



**Thèse Présentée
par N'GUESSAN
KOUAME**

**UNIVERSITE DE
BOUAKE**

**ETUDE DES OUTILS DE CONNAISSANCES
LOCALES COMME MOYEN DE REMEDIATION
AUX DIFFICULTES DE L'APPRENTISSAGE EN
SCIENCES PHYSIQUES : APPLICATION A
L'ENERGIE DANS LES LYCEES ET COLLEGES
D'ABIDJAN.**

02 MAI 2009

UNIVERSITE DE BOUAKE



ECOLE NORMALE SUPERIEURE
D'ABIDJAN



UFR Communication Milieu et Société

Département d'Anthropologie et de Sociologie Département des Sciences de l'Éducation

THESE UNIQUE DE DOCTORAT EN SCIENCES DE L'ÉDUCATION

OPTION : DIDACTIQUE DES SCIENCES PHYSIQUES

**ETUDE DES OUTILS DE CONNAISSANCES LOCALES COMME
MOYEN DE REMEDIATION AUX DIFFICULTES DE
L'APPRENTISSAGE EN SCIENCES PHYSIQUES : APPLICATION
A L'ENERGIE DANS LES LYCEES ET COLLEGES D'ABIDJAN.**

THESE DIRIGEE PAR MONSIEUR **AKA BOKO**, MAITRE DE CONFERENCES

PRESENTEE PAR MONSIEUR N'GUESSAN KOUAME

SOUTENUE LE SAMEDI 02 MAI 2009

JURY

PRESIDENT

M. **N'DA Paul**, Professeur titulaire, Sciences de l'Éducation, ENS Abidjan

MEMBRES :

M. **KOTCHI Pierre**, Professeur titulaire, Chimie-Physique, Université d'Abobo-Adjamé

M. **AKA Boko**, Maître de Conférences, Physique, ENS/Université d'Abobo-Adjamé

M. **DJETELI Gnadé**, Maître de Conférences, Didactique de Sciences Physiques, Univ. Lomé

M. **MEGNASSAN Eugène**, Maître de Conférences, Physique, Université d'Abobo-Adjamé

M. **CHRISTOPHE Yahot**, Maître de Conférences, Philosophie, Université de Bouaké

ETUDE DES OUTILS DE CONNAISSANCES LOCALES COMME MOYEN DE
REMIEDIATION AUX DIFFICULTES DE L'APPRENTISSAGE EN SCIENCES
PHYSIQUES : APPLICATION A L'ENERGIE DANS LES LYCEES ET
COLLEGES D'ABIDJAN.

THESE UNIQUE DE DOCTORAT

EN SCIENCES DE L'EDUCATION

OPTION : DIDACTIQUE DE SCIENCES PHYSIQUES

SAMEDI 02 MAI 2009

A

- **Mon épouse**
- **Mes enfants :**
 - *Régine-Flavie*
 - *Rhonda-Pascale*
 - *Ange-Alex*
 - *Rémi-Mijamin*
 - *Ruth-Eunice*
- **Tous mes frères**

A

La mémoire immortelle de mes regrettés

- **N'GUESSAN KRA, ma mère**
- **N'DA N'GUESSAN, mon père**

REMERCIEMENTS

Le présent travail a été effectué dans différentes institutions, d'abord à l'Ecole Normale Supérieure d'Abidjan au Département des Sciences et technologie, ensuite à l'Université d'Abobo-Adjamé à l'UFR des Sciences fondamentales et appliquées et également à l'Université de Lomé dans l'Unité de didactique de la Physique.

Pour cela je tiens à remercier en premier les Responsables de ces Institutions et les Directeurs des structures qui m'ont accueilli pendant mes travaux de thèse.

Ceci dit, j'adresse mes vifs remerciements à monsieur Paul N'DA, Professeur titulaire en sciences de l'éducation à l'Ecole Normale Supérieure et à l'Université de Cocody pour avoir accepté de présider le Jury, également pour ses nombreux conseils et remarques en tant que Rapporteur, qui m'ont permis d'améliorer mon travail. Je tiens à lui rendre un vibrant hommage pour sa disponibilité en dépit de ses nombreuses responsabilités.

Monsieur Pierre KOTCHI, Professeur titulaire de Chimie-Physique à l'Université d'Abobo-Adjamé a constamment manifesté son intérêt pour la didactique des sciences physiques ; selon lui tout Enseignant devrait être un bon didacticien de sa discipline. Je lui exprime toute ma reconnaissance pour ses nombreux conseils et suggestions.

Je remercie également monsieur Eugène MEGNASSAN, Maître de Conférences de Biophysique à l'Université d'Abobo-Adjamé pour avoir accepté de juger ce travail, en étant en plus Rapporteur. J'ai eu à bénéficier de ses relations qui m'ont permis d'effectuer quelques travaux de recherche à l'Université de Lomé.

Qu'il trouve ici l'expression de mon admiration et ma profonde gratitude, pour sa disponibilité et ses encouragements.

J'adresse mes sincères remerciements à monsieur Yahot CHRISTOPHE, Maître de Conférences de Philosophie à l'Université de Bouaké, que je préjuge peu familier des recherches en didactique de Sciences Physiques, pour avoir accepté de participer au Jury en faisant ainsi preuve de curiosité scientifique qui l'honore. D'ailleurs les équipes de recherche aujourd'hui ne sont-elles pas de plus en plus pluridisciplinaires ? Son regard avisé de « Formateur » tant attendu me permettra de bonifier ce travail.

Je termine mes remerciements aux membres du jury en saluant vivement deux personnalités, monsieur Boko AKA, Maître de Conférences à l'Ecole Normale Supérieure / Université d'Abobo-Adjamé et monsieur Gnandé DJETELI, Maître de Conférences à l'Université de Lomé. Je voudrais dire ici, combien il fut agréable et instructif de travailler avec eux.

D'abord au Professeur Boko AKA, le Directeur de thèse, qui m'a soutenu sans cesse dans l'effort et ses nombreuses critiques ont contribué à faire avancer ce travail. Les discussions et les débats ont toujours été constructifs. Sa rigueur, ses encouragements, et sa gentillesse ne sont pas étrangers à la réussite de ce travail.

Au Professeur Gnandé DJETELI, à qui je voudrais témoigner ici, l'immense fierté d'avoir eu à travailler avec lui. A toutes ces étapes de ce travail il a fait preuve d'un professionnalisme sans faille. L'exigence et la rigueur qui ont accompagné ce travail, tout en conservant humanité et compréhension m'ont permis de mener cette entreprise à son terme. De ces séances de travail, je retiendrai bien plus que des connaissances et des méthodes dans le champ de la didactique.

Après les membres du jury, j'aimerais également remercier toute l'équipe du Laboratoire de Physique Fondamentale et Appliquée de l'Université d'Abobo-Adjamé et l'ensemble des membres du Laboratoire de l'Unité Didactique de Physique de l'Institut National des Sciences de l'Education de l'Université de Lomé, qui tout au long de ces années ont soutenu et encouragé, ce travail. J'en garde le souvenir de moments forts à l'origine d'une grande motivation pour entreprendre cette thèse.

En tant que chercheur-enseignant, mes remerciements vont ensuite aux différents membres des établissements qui m'ont accueilli tout au long de cette recherche : Le Lycée classique d'Abidjan, le Lycée sainte Marie de Cocody, le Lycée technique d'Abidjan, le Collège Moderne de Cocody et le Collège Moderne de l'Autoroute.

Je remercie en premier lieu les chefs d'établissement et les membres des équipes d'encadrements (éducateurs, conseillers,...) qui m'ont accordé toutes les facilités possibles et m'ont manifesté un soutien constant. Je remercie ensuite les collègues des Lycées et Collèges qui se sont prêtés au jeu des questionnaires et n'ont eu de cesse d'exprimer une curiosité bienveillante et critique à l'endroit de mon travail. Leurs encouragements et les discussions que j'ai pu avoir avec eux ont permis à cette recherche de rester ancrée dans les réalités de l'enseignement.

Bien sûr, je voudrais enfin témoigner ma gratitude à tous les élèves. Ils ont grandement contribué à la réalisation de cette entreprise. Sans leur participation active, rien n'eût été possible.

Nos remerciements vont aussi à l'endroit des personnalités :

- Andrée TIBERGHIEN, Directeur de recherche au CNRS, UMR GRIC, équipe COAST Lyon (France) pour avoir mis à notre disposition tous les dossiers, rapports, livres et notes de travail ;
- Kossi NAPO, Professeur titulaire de Physique à l'Université de Lomé, pour ses critiques judicieuses et pour l'amabilité qu'il m'a toujours témoignée lors de mes différents passages à Lomé, et pour sa grande disponibilité pour toutes les questions et formalités liées à mon travail et à mes séjours.
- Bernard ANO BOA, Professeur de Linguistique à l'Ecole Normale Supérieure d'Abidjan, pour son inestimable appui et soutien.

Nous n'oublierons pas monsieur CHAFIQI Fouad du Groupe Interdisciplinaire de Recherche en Education Scientifique et Technologique (GIREST), Ecole Normale Supérieure Marrakech (Maroc) pour son apport à l'amélioration de ce travail.

Puisse les Professeurs DONQUI Bini Kouamé et Patricia NEBOUT-AKHURST tous deux de l'Ecole Normale Supérieure d'Abidjan, trouver ici la place qui leur revient, à travers tous ces sentiments de reconnaissance.

Nous tenons aussi à remercier très sincèrement le CODESRIA (le conseil pour le développement de la recherche en sciences sociales en Afrique) basé à Dakar au SENEGAL pour avoir mis à notre disposition une aide dans le cadre du programme des petites subventions, pour le travail sur le terrain et la réalisation de cette thèse.

Cette recherche fut particulièrement longue, aussi, je voudrais témoigner ma gratitude à ma famille, mes parents et mes amis qui m'ont supporté, encouragé et motivé tout au long de cette aventure.

Enfin, je remercie toutes les personnes physiques ou morales, connues ou anonymes, qui de loin ou de près, m'ont permis de terminer ce travail.

SOMMAIRE

Remerciements

Introduction.....8

**PREMIERE PARTIE : FONDEMENTS THEORIQUES ET ASPECTS
METHODOLOGIQUES DE L'ETUDE..... 12**

Chapitre I : Fondements théoriques de l'étude.....14

Chapitre II : Aspects méthodologiques de l'étude.....72

**DEUXIEME PARTIE : CONSTRUCTION DU SAVOIR ET ENSEIGNEMENT
DES SCIENCES PHYSIQUES DANS LE SECONDAIRE
EN COTE D'IVOIRE..... 87**

Chapitre III : Statut des sciences physiques dans le secondaire ivoirien.....88

Chapitre IV : Le contenu de l'enseignement.....105

Chapitre V : Les choix et approches pédagogiques adoptés dans le secondaire
ivoirien.....137

**TROISIEME PARTIE : LES FONDEMENTS DE L'ENERGIE ET SON
ENSEIGNEMENT DANS LE SECONDAIRE.....165**

Chapitre VI : Eclairages épistémologiques sur l'énergie.....168

Chapitre VII : Difficultés d'approche méthodologique dans l'enseignement
de l'énergie en Côte d'Ivoire.....206

**QUATRIEME PARTIE : PRESENTATION ET ANALYSE DES OUTILS DE
CONNAISSANCES LOCALES COMME MOYEN DE
REMEDIAION AUX OBSTACLES.....244**

Chapitre VIII : Présentation des outils de connaissances locales.....247

Chapitre IX : Analyse de ces outils et leurs mises en pratique dans la classe.....299

CONCLUSION335

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....344

ANNEXE351

PUBLICATIONS.....363

TABLE DES MATIERES..... 367

INTRODUCTION GENERALE

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

A l'instar des mutations rapides que connaît le monde, faut-il s'étonner que la transmission des connaissances change elle aussi profondément dans ses finalités et ambitions, ses formes et outils, et dans ses structures?

Cela concerne aussi la promotion sociale, l'éducation populaire, la formation à vocation culturelle ou de développement personnel et les multiples formes de formations informelles qui concourent également à la recherche de la connaissance au sein de notre culture.

Bien que l'originalité de ces derniers siècles réside dans l'élaboration des systèmes codifiant et organisant les formes d'apprentissages, les ressources mises en jeu par les sociétés contemporaines, pour éduquer et former les apprenants demeurent elles-aussi considérables. Ces systèmes d'éducation et de formation, si l'on prend le cas de notre pays la Côte d'Ivoire, drainent plus de 40% du budget annuel de l'Etat, sans compter la part que les individus et les familles y consacrent.

Le système éducatif ivoirien s'efforce toujours d'être plus efficace et de rendre l'éducation efficiente et durable. Ainsi, il s'opère des changements progressifs en matière de curricula pour l'adapter aux aspirations du pays.

La dernière loi d'orientation, la loi n° 95-696 du 7 décembre 1995 a pour ambitions de répondre aux aspirations de notre société et de l'école. Dans ses différents articles, cette loi entend rapporter à chacun, ce qu'il doit aux valeurs fondatrices de la République. Elle veut aussi inscrire l'effort de l'éducation nationale dans le cadre des engagements, poursuivre et adapter la politique de démocratisation de l'éducation, vers laquelle notre système éducatif s'est résolument tourné. Face à ces évolutions, à ces engagements et à ces constats, il faut redonner à notre école, le sens de la mission que lui confient les décideurs pour les années à venir.

Parmi les évolutions qui contribuent à composer les traits de la société d'aujourd'hui et à dessiner les contours de celle de demain, trois tendances de longue durée méritent particulièrement de retenir notre attention : il faut tenir compte des exigences de notre enseignement, de celles de notre culture et des enjeux liés à l'évolution très rapide de la population des apprenants.

Notre enseignement selon les spécialistes en la matière se caractérise par trois aspects : les formations littéraires, scientifiques, technico- professionnelles. Dans chacune de ces filières, les mathématiques et la physique étant obligatoires.

Selon ces mêmes spécialistes, les formations littéraires et scientifiques sont indissociables parce que pratiquées dans presque toutes les classes du premier et du second cycle.

Il faut cependant souligner que la physique et les sciences de la vie et de la Terre viennent après les mathématiques, occupant ainsi deux (2) heures par semaine au premier cycle, et trois (3) ou cinq (5) heures par semaine au second cycle.

A propos de ces volumes horaires, un constat s'impose : une catégorie d'apprenants, au niveau des sciences physiques semble apprécier le plus certains chapitres, quand d'autres apprenants les rejettent catégoriquement. En effet, une enquête réalisée auprès des élèves de certains lycées et collèges ivoiriens, révèle que plus de 80% (soit 4 élèves sur 5) de ces derniers, trouvent que l'apprentissage de cette matière est difficile. Ce fort pourcentage d'élèves échoue en sciences physiques et l'attitude négative des élèves face aux sciences et leur apprentissage est en constante progression (Yager & Penich, 1985). Pour ces élèves, les problèmes de cette matière peuvent se résoudre, en se fondant tout simplement sur le sens commun et non à partir des lois mathématiques et des modèles théoriques.

Subséquentement à cette enquête, les élèves ivoiriens auraient développé une attitude moins positive face à la mécanique puisque cette partie des sciences physiques allie les lois mathématiques, les modèles théoriques et les connaissances de la vie courante. C'est le cas des chapitres relatifs à la notion de l'énergie qui apparaissent moins accessibles et constituent un casse tête chinois pour les apprenants.

Et pourtant, une étude rapide du programme de physique en classe de troisième (3^{ème}) et de premières (1^{ères}) scientifiques montre que sur les trois parties essentielles que constituent la physique (Mécanique, Electricité, Optique) du programme on a :

- En classe de troisième (3^{ème}), la répartition du volume horaire dans l'année selon les différentes parties de la physique est indiquée dans le tableau ci-dessous :

Tableau 1 : Répartition du volume horaire par partie constituant la physique

Parties	Volume horaire
	31Heures
Mécanique	16 Heures soit 51.61%
Electricité	9 Heures soit 29.03%
Optique	6 Heures soit 19.36%

Sur les 16 Heures consacrées à la mécanique 10 Heures sont affectées à l'enseignement de l'énergie soient 32.36% des 51.61%.

- En classe de première scientifique (1^{ères} C et D), la répartition du volume horaire selon les différentes parties de la physique est indiquée dans le tableau ci-dessous :

Tableau 2 : Répartition du volume horaire par partie constituant la physique

Parties	Volume horaire
	137.5 Heures
Mécanique	58 Heures
Electricité	46.5 Heures
Optique	33 Heures

Il ressort du tableau n°2 que la mécanique occupe 42% du volume horaire de la physique ; et 56% de ce volume sont affectés à la notion d'énergie soient 32 Heures des 58 Heures.

Si l'énergie constitue le plus gros maillon de la partie Mécanique, alors, la question se pose de savoir l'origine de la majeure partie des difficultés des apprenants. Aussi n'y a-t-il pas besoin d'y porter une réflexion en vue de trouver des solutions plus indiquées pour rendre son enseignement plus accessible aux apprenants de Côte d'Ivoire ?

Avant d'aborder les autres aspects de notre démarche, il ne serait pas vain de jeter un bref regard sur le cadre théorique et les aspects méthodologiques de notre travail.

La suite de notre démarche consistera à faire une brève analyse des grandes articulations de notre mémoire.

Ainsi en premier lieu, nous analyserons la construction du savoir et l'enseignement des sciences physiques dans le secondaire en Côte d'Ivoire, notamment par l'analyse du contenu, ensuite par les choix pédagogiques et leurs évolutions dans le temps, et enfin par la place des sciences physiques dans cet ordre d'enseignement.

Ensuite, dans la seconde partie, nous aborderons la présentation de notre corpus. Il s'agit de porter un regard critique sur les fondements de la notion d'énergie et de son enseignement dans le secondaire, c'est-à-dire l'objet de notre étude à savoir l'énergie et le processus de sa transmission comme connaissances dans le secondaire notamment en classe de troisième (3^{ème}) et en classe de premières (1^{ères}) scientifiques. Nous donnerons les éléments essentiels de notre corpus.

Sur ce point il convient de préciser que nous serons amené de prime abord à faire un éclairage épistémologique sur la construction du concept d'énergie, à interroger certains enseignants de Côte d'Ivoire, pour avoir leurs points de vue afin de pouvoir relever des difficultés d'approches méthodologiques ; et dans une seconde approche, nous analyserons l'enseignement de l'énergie et les théories sur l'apprentissage c'est-à-dire nous toucherons les différentes théories d'apprentissage, et la psychologie de l'enfant, car l'apprenant de la classe de troisième (3^{ème}),

encore adolescent, a en général un âge compris entre 13 et 16 ans. Celui de première (1^{ère}), quant à lui, a un âge qui varie du plus précoce et au plus âgé entre 16 et 19 ans.

Enfin, nous envisagerons de présenter et d'analyser les outils de connaissances locales comme possibilité de modélisation pour une rémediation aux difficultés aussi bien pour les apprenants que pour les enseignants. Il s'agira d'abord, de la conceptualisation de la notion d'énergie par les apprenants à partir des activités de classe porteuses de sens ; ensuite, de faire un choix judicieux d'outils, pour modéliser les situations d'apprentissage ; enfin, nous mettrons en relief ce que nous apparaît particulièrement essentiel au niveau des conséquences.

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

PREMIERE PARTIE

**FONDEMENTS THEORIQUES ET ASPECTS
METHODOLOGIQUES DE L'ETUDE**

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

Chapitre I
FONDEMENTS THEORIQUES DE L'ETUDE

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

I - JUSTIFICATION DU CHOIX DU SUJET

Plusieurs raisons nous ont orienté pour le choix du sujet « *Etude des outils de connaissances locales comme moyen de médiation aux difficultés de l'apprentissage en sciences physiques : application à l'énergie dans les lycées et collèges d'Abidjan* ».

1- La notion d'énergie, comme un aspect essentiel du programme d'enseignement des sciences physiques au lycée ou au collège, a intéressé plusieurs chercheurs du fait des difficultés de compréhension. Ainsi, sur cet aspect de l'enseignement sur l'énergie, il n'y a pas de travaux réalisés localement. Cependant, divers travaux sont réalisés à l'extérieur, et sont aujourd'hui disponibles. Le corpus impressionnant des travaux sur l'enseignement de l'énergie disponibles à ce jour dans plusieurs laboratoires en Europe nous permet de faire une étude comparative en vue d'adapter aux réalités socio-culturelles ivoiriennes. Ceci est d'ailleurs aussi important pour les chercheurs qui, eux aussi, n'ont pas toujours la capacité de percevoir certaines subtilités des langues africaines et qui par conséquent, se sont permis de généraliser les conclusions de leurs travaux.

2- Bien que le mot énergie fasse partie du langage courant, le concept scientifique d'énergie est difficile à formaliser. D'une part l'énergie, contrairement à d'autres grandeurs comme la charge électrique, est multiforme et ne se mesure pas directement ; d'autre part la vérification de sa conservation n'est pas toujours évidente.

L'emploi dans le langage courant du mot « énergie », ou de l'adjectif « énergétique » se rapporte souvent au comportement humain et évoque plutôt une idée de grande puissance et de rapidité de l'action : « l'énergie du désespoir », « un individu énergique », etc. Ceci fait que les apprenants comprennent que les transferts d'énergie peuvent se manifester par des effets faibles : entretien du mouvement d'une montre par une pile par exemple. Ainsi, la meilleure compréhension de la notion d'énergie nécessite l'analyse d'une diversité de situations et de phénomènes familiers, sur lesquels les idées préalables des apprenants sont souvent inexactes : c'est le cas du courant électrique dont les apprenants pensent qu'il peut être produit sans rien consommer, et de la lumière où elle est conçue par les apprenants de façon statique, comme un état de l'espace s'opposant à l'obscurité. Pour nous donc, à défaut de donner une définition, il semble que le temps est venu de proposer d'autres moyens pour faciliter l'apprentissage de cette délicate notion qu'est l'énergie.

3- Les statistiques montrent d'une part, qu'environ 50% du temps accordé à la partie Mécanique est consacré à la seule notion d'énergie que ce soit en classe de troisième (3^{ème}) qu'en classes de premières scientifiques, et d'autre part, que la notion est difficile à comprendre et à transmettre. Ces difficultés ne seraient –elles pas liées à la nature du vocabulaire, sémantiquement inaccessible ? À la nature apparemment virtuelle du phénomène de l'énergie qui n'est pas saisissable mais qui apparaît qu'à travers ses manifestations (travail, poids, chaleur, lumière, puissance, force) ?

L'objet « énergie » non palpable, est-ce que son introduction à ces différents âges (entre 14 et 16 ans en classe de 3^{ème}, entre 17 et 20 ans en classes de 1^{ères} scientifiques) de l'évolution des apprenants tient compte de leur besoin de culture du moment ?

4- Enfin, le choix de circonscrire ce thème aux seules populations des classes de troisième (3^{ème}) et premières scientifiques (1^{ère}) se justifie par le fait que nous pouvions y trouver les conditions indispensables (capacités intellectuelles, ...) pour mener à bien cette étude. En effet, sur le plan des études culturelles, nous disposons de quelques descriptions de certaines langues locales (Baoulé, Dioula, Bété,...).

Pour ainsi dire, nous voulons non seulement porter nos recherches sur les travaux déjà existants dont certes des insuffisances existent, mais notre souci majeur a été, de vulgariser à l'aide des outils de connaissances locales le vocabulaire spécialisé.

5- Nous voulions aussi définir et montrer comment il était possible de concilier des sciences expérimentales en vue de cerner, au plan d'une étude pluridisciplinaire un sujet comme *l'énergie*, et ouvrir une meilleure lisibilité sur les phénomènes liés à la notion d'énergie. Une telle démarche doit pouvoir montrer comment les sciences physiques peuvent être mises en relation avec les autres sciences ; en un mot, comment concilier comme nous l'avons avancé, les différents outils de connaissances locales et reprendre très modestement à notre niveau un débat qui, déjà agita les esprits de Halbwachs, de Tiberghien, de Martinand, Weil-Barais, de Lemeignan (1990), de Guillaud et de Robardet (1997) sur les modélisations des activités porteuses de sens.

6- Enfin, c'est parce que les stéréotypes culturels de l'africain bien ancrés dans les mœurs de bon nombre de nos apprenants les empêchent de comprendre certains phénomènes physiques comme c'est par exemple le cas de certains concepts en sciences physiques et en particulier celui relatif au concept d'énergie.

II - REVUE CRITIQUE DE LA LITTÉRATURE

La didactique des sciences physiques s'intéresse à l'enseignement et à la diffusion des savoirs scientifiques dans les domaines de la physique et de la chimie. L'ensemble des recherches ont pour objectif d'analyser les processus en jeu dans l'appropriation et dans la transmission des savoirs scientifiques, à tous les niveaux de l'enseignement. Ceci dans le but de proposer des matériaux d'enseignement et de formation d'enseignants pour favoriser une meilleure compréhension des notions à enseigner, et une approche plus juste de la nature même de la science. Outre l'attention portée aux conceptions et aux raisonnements communs dans des domaines encore peu explorés par la recherche tels que l'optique ondulatoire et la chimie, ces quatre dernières années ont vu le renforcement de travaux portant sur l'analyse des pratiques d'enseignement et une ouverture vers la formation des enseignants du second degré. Plusieurs recherches ont également conduit à l'élaboration de matériaux d'apprentissage et de séquences d'enseignement.

Ainsi, les travaux actuels en didactique des sciences physiques sont classés selon quatre axes : « Etude des conceptions et des raisonnements communs », « Développement et analyse d'impact de matériaux et d'outils d'apprentissage », « Interactions langagières » qui est un thème en émergence, et « Analyse de pratiques et formation des enseignants ». Nous tenons toutefois à signaler que la plupart d'entre eux couvrent en réalité plusieurs axes de recherches. Ainsi, une recherche centrée sur le développement de séquences d'enseignement d'un domaine donné peut difficilement se dispenser d'une étude approfondie des difficultés des élèves concernant le contenu visé.

Le premier axe « *Etude des conceptions et des raisonnements communs* » demeure un axe de recherche incontournable, en particulier dans des domaines où les travaux de didactique apparaissent encore limités. En chimie, les thèses d'Isabelle Kermen et de Laure Gauchon ont mis à jour des raisonnements d'élèves pour des contenus d'enseignement absents du champ de la recherche en didactique : l'étude d'un système chimique dans différentes situations de dosages (Gauchon 2007, Gauchon & Méheut 2007), l'utilisation du critère d'évolution, la distinction transformation/réaction et le modèle cinétique microscopique récemment introduits dans les programmes de lycée en France (Kermen & Méheut 2004, Kermen 2007). En thermodynamique, les difficultés associées aux critères de réversibilité (ou l'irréversibilité) d'une transformation ont fait l'objet d'une étude approfondie auprès d'étudiants de premier cycle universitaire (Duprez & Méheut 2007). En optique, les travaux de Ryadh Ben Mahersia et d'Intissar Rohmdane ont jeté un nouvel éclairage sur la façon dont les étudiants comprennent les phénomènes ondulatoires

(Rohmdane & Maurines 2005) et les modèles corpusculaires de la lumière. Enfin, une récente étude centrée sur le concept de vide et sur les lois de la statique des fluides a d'ores et déjà montré que la notion de pression atmosphérique demeure difficile à appréhender, y compris au niveau de l'enseignement supérieur (de Hosson 2007, Caillarec 2007). Dans certains de ces travaux, la mise en perspective historique devient partie prenante de l'analyse des difficultés révélées (Meheut, Duprez & Kermen 2004, Rohmdane & Maurines 2005) et peut se présenter comme un champ d'investigation à part entière. Les idées des élèves orientent l'étude historiographique de façon originale (de Hosson 2007). Loin d'être un objectif en soi, l'analyse des conceptions se présente souvent comme une étape nécessaire pour l'élaboration de séquences d'enseignement ou de dispositifs d'apprentissage.

Le second axe « *Développement et l'analyse d'impact de matériaux et d'outils d'apprentissage* » occupe désormais une place prépondérante dans le paysage des recherches en didactique des sciences physiques. Les dispositifs développés intègrent des outils divers tels que les TICE (Duprez et Chauvet 2004), l'histoire des sciences (de Hosson & Kaminski 2007 et 2006, de Hosson 2005), les documents de vulgarisation (Feller, Colin & Viennot 2007), des expériences surprenantes (Kaminski 2007), etc. Des stratégies innovantes ont également été mises en place et analysées. Le travail de Francesca Bradamante a montré, par exemple, que la compréhension du concept de champ (magnétique et gravitationnel) était facilitée par l'utilisation des lignes de champs comme lignes d'orientation (Bradamante & Viennot 2007). Dans le domaine des frottements solides et de la statique des fluides, Ugo Besson et Laurence Viennot ont validé l'utilisation de modèles intermédiaires entre le registre micro et le registre macroscopique (Besson & Viennot 2004). La diversité des méthodes d'analyse de ces dispositifs (et stratégies d'enseignement) ont fait l'objet d'une présentation commentée dans un numéro spécial de l'*International Journal of Science Education* coordonné par Martine Méheut (Meheut & Psillos 2004). La réflexion menée par Martine Méheut en ce domaine offre des pistes permettant de suivre l'impact des outils développés par les chercheurs (Méheut 2004) : d'une façon générale, les effets en termes d'apprentissage (et de motivation) sont analysés en situation de « laboratoire » puis en situation réelle de classe. L'impact des séquences proposées est étudié non seulement du point de vue cognitif mais également du point de la motivation. Dans les récents travaux de Laurence Viennot, la recherche de cohérence et la mise en œuvre de l'esprit critique deviennent des moteurs de la satisfaction intellectuelle, au-delà des artifices visant à rendre tel ou tel sujet attractif (Viennot 2005, 2006 et 2007, Mathé & Viennot 2007).

Le troisième axe « *Interactions langagières* » est un domaine de recherche en expansion rapide à propos des situations d'enseignement-apprentissage en sciences. Cet axe de recherche cherche à

cerner comment la dimension sociale, articulée aux confrontations avec les objets ou les phénomènes, intervient dans les apprentissages, par le biais des multiples discours qui sont produits et qui s'échangent pendant qu'on enseigne ou qu'on apprend. Mais une piste parallèle se dessine : la mise en avant des relations étroites qui apparaissent, de plus en plus clairement, entre savoirs et productions langagières. Du coup, les recherches en didactique amorcent un double virage : d'une part, elles ne peuvent plus se contenter du recueil de représentations préalables et de l'analyse de leurs modifications comme effet d'une situation didactique dûment contrôlée, et d'autre part, elles cherchent à utiliser des méthodes des sciences du langage pour explorer les discours et les échanges recueillis.

Cet éclairage relativement nouveau dans les recherches en didactique des sciences est à situer par rapport où différents courants, développés dans d'autres contextes théoriques et dont elles s'inspirent en partie. Les interactions langagières ont donné lieu notamment à des travaux inscrits dans le champ de l'ethnométhodologie ou de l'analyse conventionnelle (Goffman, 1974 ; Grumperz&hynnes, 1972 ; kerbrat-Orecchioni, 1990). Elles ont également été envisagées au travers du rôle qu'elles jouent dans les apprentissages, considérés du point de vue des sciences du langage (halté, 1993 ; Nonnon, 1999 ; Trognon, 1995), et du point de vue des fonctionnements socio-cognitifs (Doise&Mugny, 1981 ; Perret-Clermont, 1979), ou dans les croisements de ces corpus oraux produits en classe de sciences (Grandaty&Turco, 2001). D'autres courants, comme celui qui s'intéresse à l'histoire sociale des sciences (Pestre, 1995 ; Licoppa, 1996) ont placé au premier plan des relations entre l'analyse des discours ou des textes et contenus construits.

Les didacticiens des sciences, s'appuyant diversement sur ces travaux développent actuellement des recherches dans lesquelles les échanges langagiers sont considérés dans le rôle spécifique qu'ils occupent dans ce champ de connaissances. Ils rejoignent en cela les travaux anglo-saxons sur l'argumentation dans les apprentissages scientifiques (Newton, Driver&Osborne, 1999) qui se développent depuis une dizaine d'années. Avec l'idée de « débat scientifique » dans la classe (Joshua&Dupin, 1989), ce courant avance avec les interactions langagières et l'argumentation sont épistémologiquement liées à la construction des connaissances scientifiques.

Le quatrième et dernier axe « *Analyse de pratiques et la formation des enseignants* » est devenu au fil du temps une préoccupation majeure des chercheurs. Cet axe de recherche se décline selon deux orientations distinctes. La première vise la formation des enseignants, celle-ci pouvant prendre plusieurs formes. Dans son travail de thèse, Isabelle Kermen s'appuie sur l'étude des raisonnements évoquée plus haut pour présenter à des enseignants en formation des réponses d'élèves. Celles-ci agissent comme un révélateur de leurs propres difficultés et favorisent une réflexion autour de stratégies pédagogiques alternatives (Kermen 2007). Le travail de Nicolas

Coppens s'inscrit dans cette même perspective : des enseignants sensibilisés aux difficultés des élèves (grâce à des exercices informatisés permettant de les identifier) n'hésitent pas à adapter leurs choix pédagogiques (Coppens 2005, Coppens, Munier & Rebmann 2007). La présentation d'une analyse critique du contenu à enseigner et des rituels couramment observés peut également s'avérer efficace du point de vue de la formation, ainsi que le montrent les travaux de Laurence Viennot (Viennot 2006, Martin 2007). La deuxième orientation concerne la caractérisation des pratiques des enseignants, notamment face à l'introduction de nouvelles modalités ou contenus d'enseignement. Les premiers résultats de la thèse de Stéphanie Mathé sur la « démarche d'investigation » dans les programmes du cycle central de 2005 indiquent des écarts importants entre les intentions des programmes et leur appropriation par les enseignants.

Concernant l'enseignement de l'énergie, objet de notre travail, le concept d'énergie est né en physique mais il est également présent dans d'autres disciplines: les sciences naturelles, les sciences de la société, sciences économiques et sociales. Ces différentes disciplines entretiennent des rapports différents à ce concept :

Les sciences physiques introduisent et formalisent le concept d'énergie qui est fondamental pour la discipline. Les sciences naturelles utilisent le concept pour expliquer le vivant, analyser son fonctionnement. Les sciences de la société, histoire, géographie, sciences économiques et sociales, se préoccupent de l'usage que les hommes et les sociétés ont fait ou font des sources d'énergie. » (Darot, 1986 cité par Bui Thi, 2005)

Créé pour quantifier les interactions entre différents phénomènes le concept d'énergie, selon Martinas (2005), est considéré presque toujours des manières très différentes. En effet il s'agit d'un concept relativement abstrait qui n'a pas une seule définition acceptée par les scientifiques (Sefton, 2006). Ces caractéristiques du concept d'énergie peuvent être une source de difficultés pour les apprenants. Un regard rapide aux travaux antérieurs met en évidence l'existence de difficultés, d'obstacles et de conceptions erronées des apprenants au concept d'énergie (Watts, 1983; Warren, 1983; Kemp, 1984; Nicholls & Ogborn, 1993; Goldring et Osborne, 1994 ; Odell, 1997). A ce propos certaines recherches visent à décrire la manière la plus correcte et la plus efficace d'enseignement de ce concept (Kemp, 1984; Warren, 1986; Solomon, 1986; Brook et Wells 1988; Trumper, 1990; Viglietta, 1990; Huis et Berg, 1993), tandis que d'autres s'intéressent à découvrir les conditions de l'enseignement de l'énergie ainsi que ses effets sur l'apprentissage de ce même concept (Duit, 1984; Domènech et al. 2001).

Les travaux effectués par Lemeignan et Weil-Barais (1990), Robardet et Guillaud (1997), les équipes INRP/LIREST (1992) et CRDP de Lyon (1998), ont montré que l'enseignement de l'énergie doit s'appuyer sur la démarche de modélisation. Laquelle est fondée sur la

représentation des situations physiques par des chaînes énergétiques. Lemeignan et Weil-Barais (1990) ont développé le point de vue selon lequel il convenait de réfuter la pertinence de la distinction entre les savoirs « pratiques » et les savoirs « conceptuels ». Ceci les a conduits, en ce qui concerne l'enseignement de l'énergie, à intégrer fortement les tâches à visée pratique et celles à visée de modélisation. L'utilisation des formalismes classiques ($\frac{1}{2}Mv^2$, Mgh , $F\cos\alpha$, etc.) se fera que lorsque ce travail de conceptualisation sera terminé.

Les travaux de Tiberghien et Koliopoulos (2004) sur « *les éléments d'une bibliographie concernant l'enseignement de l'énergie au niveau des collèges* » classent l'ensemble des recherches sur l'enseignement de l'énergie selon trois aspects fondamentaux : « *l'analyse conceptuelle de la matière avec ses composantes historiques et épistémologiques* », « *la connaissance des conceptions des élèves au sujet de l'énergie et leur évolution* », et « *la caractérisation des projets d'enseignement de l'énergie à caractère curriculaire* ».

Le travail que nous présentons dans ce mémoire se situe à ce point de convergence. Nous avons choisi de nous situer au carrefour de plusieurs domaines. Etude des conceptions et des raisonnements communs, Développement et l'analyse d'impact de matériels et d'outils d'apprentissages, Interactions langagières convergent et dialoguent avec la didactique des sciences. Compte tenu de cette diversité d'orientations théoriques et de pratiques d'analyse, notre contribution que nous présentons dans ce travail propose une combinaison particulière, mettant l'accent préférentiellement sur l'une ou l'autre, pour produire des analyses originales.

III - DEFINITION DES CONCEPTS

Nous sommes partis de l'idée de Cardinet¹ (2001) : « Rien n'empêche un chercheur d'utiliser un terme à sa guise, s'il prend le temps de le définir clairement. ». Ainsi, les définitions qui suivent que nous les qualifions d'outils, sont destinées à ce que tous les lecteurs puissent être en accord sur le sens des mots utilisés dans ce mémoire. Elles correspondent toutes à des concepts employés en pédagogie et en didactique.

III - 1 CONNAISSANCES LOCALES

Les connaissances locales se définiraient comme un ensemble d'opérations, de techniques, de connaissances visant à extraire les dimensions sociales de ce qui, dans la réalité, se présente comme essentiellement attaché, relié au filtre culturel. Dès lors, une des possibilités pour sortir de certains problèmes (liés à la connaissance, à l'expérience, au social) qui ont accompagné la pensée moderne pourrait se situer dans ce que nous avons appelé une « *connaissance locale* », dans laquelle la culture occuperait une place centrale.

III - 2 OUTIL DE CONNAISSANCES LOCALES

Dans la pratique, l'enseignant qui étudie un phénomène avec les apprenants dans la classe a-t-il systématiquement recours aux théories ? La réponse à cette question est le plus souvent négative pour une raison bien simple : avec le progrès et le développement scientifique des siècles derniers, les théories sont devenues très lourdes et très complexes. Cela conduit le scientifique, penché sur un problème donné, à élaborer des outils rationnels moins ambitieux mais néanmoins parfaitement adaptés à l'interprétation et à la précision du phénomène (Robardet & Guillaud ; 1997). Ces outils plus modestes, mais fonctionnels, seront appelés outils de connaissances locales.

Un outil de connaissances locales est un instrument théorique construit en vue d'interpréter et de prévoir des événements concernant des phénomènes. L'intérêt principal d'un outil de connaissances locales est donc de rendre compte, de manière particulièrement économique, de phénomènes n'ayant apparemment que peu de rapports entre eux. Pour l'élaboration des outils de connaissances locales, le scientifique utilise pour cela des langages des systèmes de signes consistant en des figures, des graphiques, des symboles mathématiques ou des propositions formées avec des mots¹ (Robardet & Guillaud ; 1997).

1. Jean Cardinet est chercheur en pédagogie à l'Institut Roman de Genève

Un outil de connaissances locales est donc un outil rationnel construit au moyen d'un langage en vue de permettre l'étude d'une réalité empirique locale parfaitement circonscrite à un ensemble de phénomènes déterminé.

Il existe différents types d'outils de connaissances locales auxquels correspondent différents types de langages. B. Walliser (1977) propose de distinguer deux catégories d'outils de connaissances locales : physiques et symboliques.

- Les outils de connaissances locales physiques (ou maquettes) traduisent les phénomènes sous formes de représentations concrètes, homothétiques (modèles réduits), ou analogiques (modèles analogiques).
- Les outils de connaissances locales symboliques traduisent la situation physique dans des langages (littéraires, iconiques, logico-mathématiques) plus ou moins abstraits qui peuvent être définis comme des systèmes cohérents et structurés de notions reliées entre elles par un ensemble de règles d'organisation appelées règles syntaxiques.

Dans le cadre de ce présent travail, les outils de connaissances locales sont les contes, les proverbes, les jeux et les images que l'on utilise dans l'éducation traditionnelle pour éduquer et former les apprenants.

III - 3 APPRENTISSAGE

L'apprentissage consiste à acquérir ou à modifier une représentation de l'environnement.

Ce processus cognitif permet à un « animal » d'utiliser son expérience passée pour assimiler l'organisation de son environnement et les conséquences de ses propres actions, et pour s'y accommoder. Il contribue donc à l'autorégulation et à l'adaptation des comportements.

L'apprentissage est ainsi l'acquisition de nouveaux savoirs ou savoir-faire, c'est-à-dire le processus d'acquisition de connaissances, compétences, attitudes ou valeurs, par l'étude, l'expérience ou l'enseignement.

Pour la psychologie inspirée du béhaviorisme, l'apprentissage est vu comme la mise en relation entre un événement provoqué par l'extérieur (stimulus) et une réaction adéquate du sujet, qui cause un changement de comportement qui est persistant, mesurable, et spécifique ou permet à l'individu de formuler une nouvelle construction mentale ou réviser une construction mentale préalable.

La définition de l'apprentissage ne fait pas l'unanimité : chez les chercheurs dans le domaine de l'apprentissage, on peut trouver différentes définitions. Aucune jusqu'à présent n'a fait l'unanimité, les différences provenant le plus souvent de l'importance accordée à tel ou tel élément.

- **Apprentissage, acquis et inné**

Tous les organismes pluri-cellulaires sont capables d'apprendre et de se souvenir. Cependant l'être humain a poussé à l'extrême l'apprentissage et la mémoire. Cela dit, tout n'est pas fixé dès le départ puisqu'il y a apprentissage. Chacun d'entre nous est le produit de son hérédité et de son milieu. On peut donc dire que inné et acquis sont intriqués, pour constituer l'expérience.

- **Apprentissage, pédagogie et neuroscience**

Certains phénomènes, trop aléatoires, ne se prêtent absolument pas à l'apprentissage : ce que l'on croit savoir est seulement un leurre, une illusion. Mais le sujet n'est évidemment pas capable de s'en rendre compte, et ce faux savoir peut être très structurant pour l'environnement, et notamment les générations futures à qui on demandera de s'en imprégner.

L'apprentissage peut être un phénomène individuel ou collectif (c'est une *population* qui apprend). La distinction entre les deux dépend d'ailleurs de l'échelle utilisée : pour un neurobiologiste, l'apprentissage individuel chez l'homme est généralement un apprentissage collectif au niveau de sa population de neurones.

A ces deux (2) types d'apprentissage, nous pouvons associer six (6) méthodes d'apprentissage :

- ***Apprentissage par association***

On associe un stimulus nouveau à un mécanisme déjà appris, pour créer un nouveau savoir (exemple : si une réaction à une odeur est déjà apprise, on peut faire apprendre la même réaction à un son en faisant systématiquement précéder l'odeur par le son).

- ***Apprentissage par essais et erreurs***

Le sujet est mis en situation, on ne lui donne aucun mode d'emploi (parfois même pas la condition de succès ou d'élimination). Pour fonctionner correctement, il faut que la solution soit assez facile à trouver, compte tenu de ce que le sujet sait déjà.

Pour apprendre des choses complexes, il faut donc s'appuyer sur l'apprentissage par association pour enchaîner des situations de difficulté croissante et permettant de nombreuses répétitions. Cela rend cet apprentissage coûteux. Mais c'est le seul qui fonctionne encore quand la solution doit être découverte, on parle alors de démarche heuristique.

On peut distinguer une variante mentale : le sujet ne fait pas vraiment certains essais, mais utilise seulement des résultats virtuels, imaginaires, pour trier les essais qui valent la peine d'être faits : les expériences de pensée sont utilisées pour raisonner sur des phénomènes que nous ne pouvons expérimenter dans la réalité (cf. Einstein se demandant ce qu'il verrait s'il se déplaçait à la vitesse de la lumière). Cette construction imaginaire peut aller très loin, jusqu'à constituer un cadre théorique complet : beaucoup de mathématiciens depuis la plus haute antiquité imaginent ainsi "se

déplacer" dans un univers de concepts mathématiques qui existerait indépendamment des humains (conception dite "platonicienne", dont Alain Connes est un des représentants célèbres).

On peut également distinguer deux stratégies : la suppression des causes d'échec (détecter les événements conduisant à l'élimination) et la recherche des facteurs de succès (détecter les événements caractéristiques du succès). Dans le premier cas, il faut être capable de supporter l'échec pour frôler la limite ; cela permet de bien délimiter le domaine, et le sujet est plus à même de transposer à d'autres situations similaires mais différentes ; mais le risque est, par association, de faire l'apprentissage de l'échec plutôt que de la réussite...

- Apprentissage par explication

On explique au sujet, oralement ou par écrit, ce qu'il doit savoir (exemple : un manuel de secourisme). C'est le principe des cours magistraux.

- Apprentissage par répétition

On fait faire au sujet ce qu'il doit apprendre, d'abord passivement, puis de plus en plus activement, jusqu'à ce qu'il puisse faire et refaire seul les opérations.

- Apprentissage combiné

C'est le plus efficace, et il très utilisé en matière d'enseignement de savoir-faire professionnel, car il combine les modalités précédentes : le sujet est mis en situation (en commençant par les plus simples), on lui montre quelques fois les bons gestes en lui expliquant les principes d'action ; on le laisse ensuite se perfectionner par une répétition de moins en moins supervisée.

- Apprentissage par immersion

Les langues s'apprennent mieux en situation d'immersion totale. Par exemple, lorsque les cours ne sont donnés que dans la langue à apprendre et que le professeur ne parle avec les élèves que dans leur langue d'immersion. À défaut, il est conseillé de passer une année ou deux dans un pays parlant la langue souhaitée afin de mieux saisir les différences d'expressions orales et écrites. De plus, en se débrouillant seul, on apprend plus facilement à comprendre la langue, les coutumes et la culture d'un pays.

III - 4 SCIENCES PHYSIQUES

Discipline scolaire et universitaire, les sciences physiques comprennent la physique et la chimie.

La *physique* (du grec « phusis ») est étymologiquement la science de la Nature. Elle se définit comme la science des phénomènes naturels. Son champ est néanmoins plus restreint : elle décrit de façon à la fois quantitative et conceptuelle les composants fondamentaux de l'univers, les forces qui s'y exercent et leurs effets. Elle développe des théories en utilisant l'outil des mathématiques

pour décrire et prévoir l'évolution d'un système. Cette science n'accepte comme résultat que ce qui est mesurable et reproductible par expérience. Celle-ci permet de valider ou d'infirmer une théorie donnée.

La *chimie* est la science qui étudie la composition et les réactions de la matière.

Il n'existe pas de frontière clairement définie entre la physique et la chimie, mais, sont considérés généralement comme relevant de la chimie, les phénomènes provoqués par les réactions entre les constituants de la matière et entraînant une modification des liaisons entre les atomes. Selon la nature de ces liaisons, ces phénomènes impliquent entre les atomes des échanges ou mises en commun d'électrons ou bien des forces électrostatiques.

Les sciences physiques manient des notions de plus en plus abstraites qui sont souvent mal connues du grand public.

La définition du concept d'énergie implique la définition de ses propriétés et son principe de conservation. Ainsi, nous allons définir :

III - 5 LE CONCEPT DE FORCE

Le concept de force est ancien, mais il a mis longtemps à obtenir une définition utilisable. En effet, à la différence de grandeurs physiques telles que la longueur ou le poids, une force est une notion abstraite, qui ne peut être appréhendée par l'expérience directe, et qui représente déjà une modélisation du monde. Les forces ne se voient pas, elles ne sont même pas *réelles*, elles ne sont qu'une explication d'effets visibles.

Archimède lors de l'étude du problème du bras de levier évoquait le poids des corps sans expliquer plus avant ce qu'il entendait par là. Lors des études sur les poulies, la notion de force est utilisée confusément comme étant la tension dans les fils. Même le problème du plan incliné ou celui de la chute des corps sont résolus par Galilée sans faire appel explicitement à la notion de force.

Parallèlement, la composition des forces apparaît implicitement dans les travaux de Stevin (*De Beghinselen der Weeghconst*, 1586). Toutefois, la distinction entre la notion de force et de vitesse ne se fait pas encore, et il faudra attendre les travaux d'Isaac Newton pour avoir une formalisation précise de la notion de force. La définition donnée dans les célèbres *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (1687) est celle qui est encore acceptée de nos jours. La définition du concept de force a permis une présentation simple de la mécanique classique par Isaac Newton (Lois du mouvement de Newton).

Aujourd'hui, la notion de force reste très utilisée dans l'enseignement et dans l'ingénierie. Pourtant, alors que les moments, l'énergie et les impulsions sont des grandeurs fondamentales de la

physique dans le sens où ils obéissent tous à une loi de conservation, la *force* n'est qu'un artifice de calcul parfois commode mais dont on peut parfaitement se passer. C'est pourquoi il existe en mécanique analytique des formulations de la mécanique classique qui n'utilisent pas le concept de force. Ces formulations, apparues après la mécanique newtonienne, font cependant appel à des notions encore plus abstraites que le vecteur force, et on considère en conséquence qu'il vaut mieux les introduire seulement dans l'enseignement supérieur.

Les *forces* sont d'autre part souvent confondues avec le concept de contrainte et notamment avec les tensions.

- **Le vecteur force : le parallélogramme des forces**

Le théorème du parallélogramme des forces provient de la constatation du fait que des mouvements peuvent être combinés entre eux sans que l'ordre de cette combinaison ait une quelconque influence sur le mouvement final.

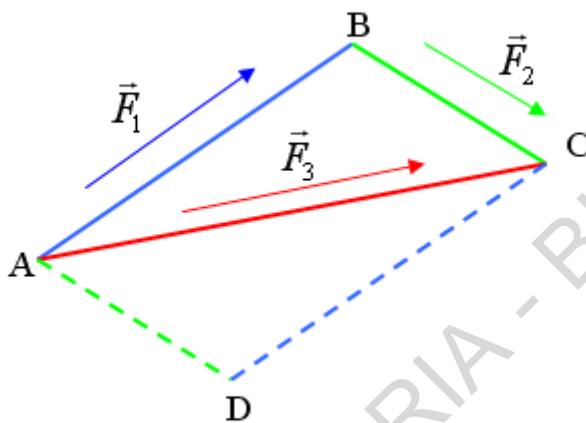


Figure n°1 : le parallélogramme des forces

Dans le parallélogramme ci-dessus on peut distinguer deux types de mouvement :

- un déplacement parallèle à AB et DC (côtés bleus du parallélogramme)
- un déplacement parallèle à AD et BC (côtés verts du parallélogramme)

Quand un solide est situé initialement au point A, l'ordre de parcours AB puis BC ou bien AD puis DC n'a aucune influence sur le résultat final : quel que soit l'ordre des mouvements, le solide est déplacé au point C.

Fort de cette constatation, lorsque le distinguo entre les forces (les causes) et les mouvements (les effets) fut fait, Simon Stevin puis Isaac Newton purent énoncer le théorème du parallélogramme des forces :

Considérons un solide au point A. Appliquons-lui une force \vec{F}_1 proportionnelle et parallèle au segment AB et qui déplace l'équilibre du solide au point B, puis une force \vec{F}_2 proportionnelle et

parallèle au segment BC et qui déplace l'équilibre du solide du point B au point C. Alors la force \vec{F}_3 parallèle au segment AC et qui déplace l'équilibre du solide du point A au point C est telle que :

$$\frac{\vec{F}_3}{AC} = \frac{\vec{F}_1}{AB} = \frac{\vec{F}_2}{BC}$$

La force \vec{F}_3 est appelée la force résultante des deux forces F_1 et F_2 .

Inversement, soit un point B quelconque et la force F_3 proportionnelle et parallèle au segment AC et qui déplace l'équilibre du solide du point A au point C. Considérons les forces \vec{F}_1 et \vec{F}_2 parallèles respectivement aux segments AB et BC et telles que :

$$\frac{\vec{F}_1}{AB} = \frac{\vec{F}_2}{BC} = \frac{\vec{F}_3}{AC}$$

Alors l'application des forces \vec{F}_1 et \vec{F}_2 au solide va déplacer l'équilibre de ce dernier du point A au point C.

Cette dernière propriété des forces permet de séparer une force en plusieurs composantes et est utilisée par exemple pour décomposer une force de réaction \vec{R} en ses composantes normale (l'effort d'appui \vec{N}) et tangentielle (l'effort de frottement T).

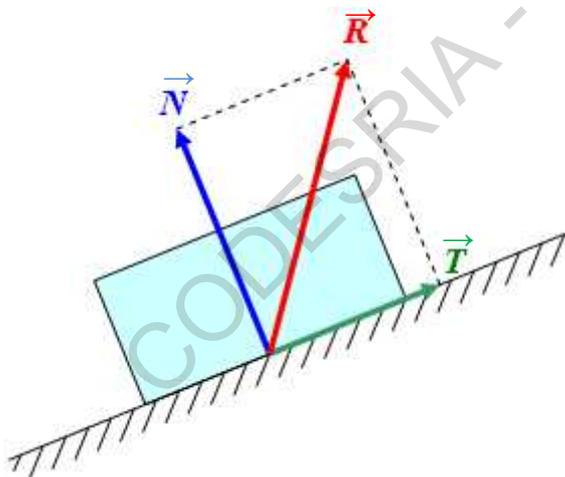


Figure n°2 : représentation des composantes de \vec{R}

Enfin, soit un point D tel que ABCD soit un parallélogramme, alors la force \vec{F}_2 , qui déplace l'équilibre du solide du point B au point C, peut aussi déplacer l'équilibre du point A au point D. Il en est de même pour la force \vec{F}_1 qui peut indifféremment déplacer le solide du point A au point B ou du point D au point C.

Le parallélogramme des *forces* amène naturellement à modéliser celles-ci par un vecteur souvent noté \vec{F} . Le sens et la direction du vecteur indiquent respectivement le sens et la direction de l'action, la longueur du vecteur indiquant l'intensité de cette même action.

Avec cette notation, le parallélogramme des forces se résume simplement à la relation vectorielle suivante :

$$\vec{F}_3 = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$$

Une *force* exerce son action en un point appelé *point d'application*. La connaissance de ce point est importante pour déterminer le moment de la force.

L'action d'une *force* peut être transmise aux autres points de l'objet par déformation élastique, par exemple, si l'on pousse une voiture, la force exercée par la paume de la main est transmise au reste du véhicule.

- ***Le concept de force : un concept très utile***

Le concept de force est très utile pour « imaginer » le mouvement d'un objet. Quelle que soit la ou les causes du mouvement (freinage par frottement, accélération par moteur, portance sur une aile par les écoulement de l'air, attraction par la terre, attraction par un aimant etc.), tout se passe comme si on attachait à cet objet des petits élastiques tendus avec la même tension que la force qui s'applique sur l'objet.

Qui plus est, il est possible de combiner les forces s'appliquant sur un même point, mais provenant de différentes causes, en une seule force. Pour cela, il suffit de sommer les vecteurs *force* (cette opération revient à remplacer deux élastiques attachés à un même point, mais tirant peut-être dans des directions différentes, par un seul élastique produisant la même tension).

C'est cette capacité à réunir et à combiner dans un même outil des phénomènes aussi variés qui confère toute sa puissance au concept de force.

Ainsi, une fois assimilées les lois du mouvement de Newton, on peut comprendre l'effet de n'importe quelle interaction sur un objet. Pourvu toutefois qu'on reste dans les conditions d'application de la mécanique classique:

Les objets doivent être suffisamment grands par rapport à un atome, pour que la matière paraisse continue (sinon, il faut utiliser la mécanique quantique)

Les vitesses doivent être relativement faibles par rapport à la vitesse de la lumière (sinon, il faut utiliser la relativité générale ou la relativité restreinte)

Le champ de gravitation doit être peu variable et d'intensité limitée, afin que l'on puisse négliger ses effets sur la géométrie de l'espace (sinon, il faut utiliser la relativité générale).

Dans notre vie quotidienne de terriens humains, les conditions d'application de la mécanique classique sont toujours satisfaites sur les objets que nous pouvons voir sur terre à l'œil nu. Mais les propriétés de ces objets (couleurs, dureté, fonctionnement d'un appareil électronique etc.) s'expliquent en général par des interactions au niveau moléculaire, et nécessitent parfois pour être expliquées, d'avoir recours à la mécanique quantique.

- **Unité de mesure**

L'unité de mesure SI d'une force est le newton, symbole N, en hommage au savant.

Le *newton* équivaut à 1 kg.m.s^{-2} , c'est à dire qu'un newton est la force colinéaire au mouvement qui, appliquée pendant une seconde à un objet d'un kg, est capable d'ajouter (ou de retrancher) un mètre par seconde à sa vitesse.

On a utilisé également le kg-force, force exercée par une masse de 1 kg dans le champ de pesanteur terrestre (au niveau de la mer, etc.), et qui vaut donc 9,81 N. L'aéronautique et l'astronautique ont fait un grand usage d'un multiple du kg-force : la tonne de poussée.

- **Quelques exemples de forces**

Les phénomènes qui provoquent l'accélération ou la déformation d'un corps sont très divers, on distingue donc plusieurs types de forces, mais qui sont tous modélisés par un même objet : le vecteur force. Par exemple, on peut classer les forces selon leur distance d'action :

- Forces de contact : pression d'un gaz, action de contact d'un objet sur un autre (appuyer, tirer), frottement ;
- Forces à distance : poids (attraction gravitationnelle), force électromagnétique.

- **Forces élastiques**

Dans le cas le plus simple de la déformation élastique, l'allongement ou la compression modérée d'un ressort dans son axe engendre une force proportionnelle à l'allongement relatif, soit :

$$F = k \cdot \Delta l$$

où k est la constante de raideur du ressort et Δl est son allongement (longueur finale moins longueur initiale). La déformation des solides est étudiée par la mécanique des milieux continus (MMC).

- **Pressions**

Lorsqu'une force s'exerce sur une surface, il est parfois intéressant de considérer la répartition de la force selon la surface. Par exemple, si l'on enfonce une punaise dans du bois, la punaise s'enfonce car la force est répartie sur une toute petite surface (l'extrémité de la pointe) ; si l'on appuie simplement avec le doigt, le doigt ne va pas s'enfoncer dans le bois car la force est répartie sur une grande surface (l'extrémité du doigt). Pour ce type d'études, on divise l'intensité de la force par la surface sur laquelle elle s'exerce, c'est la pression. Au sein d'un matériau solide, cette pression est appelée contrainte (*stress*).

- **Forces conservatives**

Certaines forces peuvent dériver d'un potentiel, dans ce cas, il existe un champ U homogène à une énergie tel que la force résultante peut s'écrire sous la forme suivante :

$$\vec{F} = -\vec{\nabla} U$$

De telles forces sont conservatives.

- **Forces volumiques**

Il existe des forces qui s'exercent sur la totalité de l'objet, comme le poids, ces forces sont dites volumiques. On démontre, dans le cas des solides indéformables, que l'action de telles forces est équivalente à l'application d'une seule force au barycentre du corps, encore appelé « centre de masse », « centre de gravité » ou « centre d'inertie ».

- **Force et lagrangien**

En mécanique lagrangienne, si l'on note $L(q, q')$ le lagrangien du système avec q la position et q' la vitesse du système, on a :

$$F = \frac{dL}{dq}$$

- **Force, travail et énergie**

L'énergie fournie par l'action d'une force sur une distance donnée est appelée travail.

En physique, force et énergie sont deux manières différentes de modéliser les phénomènes. Selon les cas, on préfère l'une ou l'autre expression. Par exemple, on pourra traiter la chute d'un objet avec les forces en se servant des lois de Newton, particulièrement la 2^{ème} (l'accélération est proportionnelle à la force et inversement proportionnelle à la masse), ou avec les énergies (la diminution de l'énergie potentielle de gravité est égale à l'augmentation de l'énergie cinétique).

- **Mesure d'une force**

Tous les appareils servant à mesurer une force reposent dans leur principe de fonctionnement sur la troisième loi de Newton : l'idée est de déterminer l'effort nécessaire qu'il faut opposer à la force à mesurer pour atteindre l'équilibre.

Dans le cas particulier, du poids, on peut utiliser une balance qui compare le poids à mesurer au poids d'une masse connue.

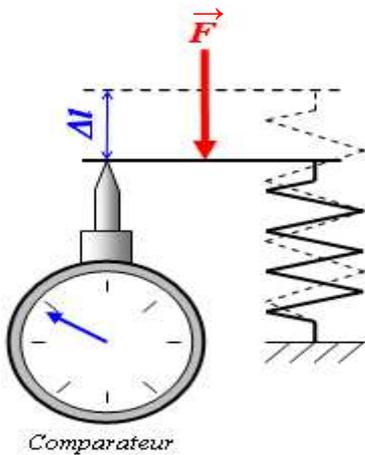


Figure n°3 : mesure de poids à l'aide d'un comparateur

Pour les autres cas, on utilise généralement un dynamomètre qui est en général constitué d'un ressort dont on connaît la raideur k et dont une extrémité est attachée à un point fixe. On applique la force à mesurer sur l'autre extrémité du ressort et l'on mesure la variation de longueur Δl du ressort. On en déduit la force F par la relation que nous avons vue plus haut :

$$F = k \cdot \Delta l$$

La mesure de la longueur Δl est généralement faite par un comparateur. La force \vec{F} étant directement proportionnelle à Δl , il suffit de graduer le cadran du comparateur en newtons plutôt qu'en mètres.

Lorsque la force à mesurer est importante, on peut utiliser une barre massive comme « ressort » (cf. la loi de Hooke). La déformation élastique de la barre est alors mesurée avec un

extensomètre ; il s'agit en général d'un fil en zig-zag collé sur la barre, et dont la résistance électrique varie avec l'allongement relatif.

- **Le concept de force et les théories modernes de la physique**

En mécanique newtonienne, la relation entre la force et le mouvement est donné par la 2^{ème} loi de Newton ou « principe fondamental de la dynamique » :

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

où \vec{p} est la quantité de mouvement de l'objet, c'est-à-dire le produit de la masse par la vitesse (tandis que le temps. Si la masse est constante, alors on a :

$$\vec{F} = m \cdot \vec{a} \text{ où } \vec{a} \text{ est l'accélération.}$$

Ernst Mach a fait remarquer dans son ouvrage *La mécanique : Exposé historique et critique de son développement* (1883) que la deuxième loi de Newton contient la définition de la force donnée par Isaac Newton lui-même. En effet, définir une *force* comme étant ce qui crée l'accélération n'apprend rien de plus que ce qui est dans $\vec{F} = m \cdot \vec{a}$ et n'est finalement qu'une reformulation (incomplète) de cette dernière équation.

Cette impuissance à définir une force autrement que par des définitions circulaires était problématique pour de nombreux physiciens parmi lesquels Ernst Mach, Clifford Truesdell et Walter Noll. Ces derniers ont donc cherché, en vain, à établir une définition explicite de la notion de force.

Les théories modernes de la physique ne font pas appel aux *forces* en tant que sources ou symptômes d'une interaction. La relativité générale utilise le concept de courbure de l'espace-temps. La mécanique quantique décrit les échanges entre particules élémentaires sous la forme de photons, bosons et gluons. Aucune de ces deux théories n'a recours aux *forces*. Toutefois, comme la notion de *force* est un support pratique pour l'intuition, il est toujours possible, aussi bien pour la relativité générale que pour la mécanique quantique, de calculer des *forces*. Mais, comme dans le cas de la 2^{ème} Loi de Newton, les équations utilisées n'apportent pas d'informations supplémentaires sur ce qu'est la nature intrinsèque d'une *force*.

- **Les quatre forces de la nature**

L'ensemble des interactions de la matière s'explique par uniquement quatre types de forces :

- La force électromagnétique

- La force gravitationnelle
- L'interaction forte
- L'interaction faible

À notre échelle, la plupart des interactions proviennent de la force gravitationnelle (essentiellement, en ce qui nous concerne, le fait qu'on est attiré par la Terre, qu'elle ne se désagrège pas en poussière, les mouvements des astres et les efforts qu'elle crée sur la croûte terrestre, participant à son évolution géologique, les marées), et de la force électromagnétique, qui est la cause de pratiquement tout ce qu'on peut observer (dureté de certaines matières, réactions chimiques, le feu, état liquide, solide ou gazeux de la matière, frottements, comportement de la lumière, électricité, stockage d'un document sur tout support magnétique, etc.). Ces phénomènes sont régis par les interactions électromagnétiques entre les molécules qui composent la matière.

L'interaction faible est responsable de la stabilité des atomes, ce qui est beaucoup, puisque c'est une des conditions de notre existence. En dehors de ça, on en voit la manifestation dans les réactions nucléaires et le fait que le soleil, aidé aussi en cela par un bel effort conjoint de la force gravitationnelle (pour créer les conditions des réactions nucléaires en son centre, et aussi pour éviter à notre terre de trop s'éloigner de lui) et de la force électromagnétique (pour transporter ses rayons lumineux jusqu'à nous) nous chauffe et nous inonde de son énergie vitale.

L'interaction forte, beaucoup plus discrète à notre échelle, permet aux particules composées de quarks, comme les protons et les neutrons, de ne pas se désagréger. En dehors des accélérateurs de particules des physiciens, elle se tient suffisamment tranquille pour ne jamais intervenir dans notre vie quotidienne, depuis, tout de même, ce fameux Big Bang, à qui on doit aussi beaucoup

III - 6 LE CONCEPT DE PUISSANCE

Ce terme est étymologiquement confondu avec la notion de pouvoir (en anglais, les deux, issus du vieux français, sont d'ailleurs identiques : Power). La puissance est une capacité à agir, cette notion peut être synonyme de quantité, ou de force mesurable (par exemple avec les moteurs), elle est donc aussi un « pouvoir ». Néanmoins, tous les acteurs ayant le pouvoir ne sont pas puissants, à l'inverse tous les acteurs dotés d'une certaine puissance n'ont pas forcément le pouvoir au sens régalien du terme (confondu avec l'Etat, la puissance étatique ou publique). La notion de puissance fait partie du vocabulaire courant des sciences physiques, elle est d'ailleurs élaborée au sein de la tradition aristotélicienne comme une dynamisation progressive, dont le point d'arrivée semble être l'interprétation de la force, capable de s'auto produire.

En physique, la puissance est la quantité d'énergie par unité de temps fournie par un système à un autre. La puissance correspond donc à un débit d'énergie : deux systèmes de puissances différentes pourront fournir le même travail (la même énergie), mais le système le plus puissant sera le plus rapide.

Dans certains cas, il faut une grande puissance au démarrage (grande énergie sur une courte durée), donc seuls les systèmes puissants peuvent faire fonctionner le dispositif. C'est notamment le cas lorsqu'il faut vaincre un frottement sec ou bien lorsqu'il y a un effet de seuil (comme par exemple la vitesse minimale de décollage d'un avion ou d'une fusée).

La puissance est toujours égale au produit d'une grandeur d'effort (force, couple, pression, tension, ...) par une grandeur de flux (vitesse, vitesse angulaire, débit, intensité du courant, ...).

L'unité de puissance du Système International est le watt, noté W, qui correspond à un joule fourni par seconde.

On utilise encore le cheval vapeur dans le cas des moteurs thermiques : 1 cv = 736 W environ.

Toujours dans le domaine automobile, la puissance fiscale, est un paramètre arbitraire défini par l'administration, le rapport avec la puissance réelle n'étant pas univoque. Le calcul prend en compte la cylindrée, le type de carburant, et l'étagement de la boîte des vitesses.

La puissance moyenne P_m est l'énergie E délivrée par un phénomène divisée par la durée de ce phénomène :

$$P_m = \frac{E}{\tau} \quad (1)$$

La puissance instantanée est la dérivée de l'énergie fournie par rapport au temps :

$$P = \frac{dE}{dt} \quad (2)$$

On a :

$$P_m = \frac{1}{\tau} \int_0^{\tau} P(t) \cdot dt \quad (3)$$

Par abus de langage, on attribue la puissance à l'objet qui la transforme :

- un moteur de 100 cv
- une lampe de 100 W

Dans ce cas il s'agit soit :

- de la puissance nominale sous condition de fonctionnement (par exemple lampe alimentée en 220V),
- de la puissance maximale (moteur à plein régime, ou à régime donné).

- **Puissance d'une force, en mécanique**

Si le point d'application d'une force \vec{F} (en N) se déplace à la vitesse instantanée \vec{v} (en m/s), alors la puissance instantanée vaut (en W)

$$P = \vec{F} \cdot \vec{v} \quad (4)$$

On retrouve aisément ce résultat en dérivant le travail d'une force.

- **Puissance d'un couple de forces**

Si l'objet est en rotation sous l'action d'un couple \vec{C} (en N·m) et tourne à la vitesse de rotation instantanée $\vec{\Omega}$ (en rad/s), alors la puissance instantanée vaut (en W)

$$P = \vec{C} \cdot \vec{\Omega} \quad (5)$$

- **En électricité : régimes variables**

Si la tension et le courant varient, la puissance instantanée consommée par un dipôle est égale au produit des valeurs instantanées du courant qui le traverse et de la tension à ses bornes.

$$p(t) = u(t) \cdot i(t) \quad (6)$$

avec P en Watt, u en volts et i en ampères.

- **Puissance en continu**

En régime de tension et de courant continu,

$$P = U \cdot I \quad (7)$$

U et I étant les valeurs constantes de la tension aux bornes du dipôle et de l'intensité du courant à travers le dipôle.

Remarques

Si la tension U est continue et l'intensité est variable on a :

$$P(t) = U \cdot \bar{i}(t) = U \cdot I_{moy} \quad (8) \text{ avec } I_{moy} : \text{valeur moyenne du courant } i(t)$$

Si l'intensité I est continue et la tension est variable on a :

$$P(t) = \bar{u}(t) \cdot I = U_{moy} \cdot I \quad (9) \text{ avec } u(t) = U_{moy} : \text{valeur moyenne de la tension } u(t).$$

- **Puissance dissipée par une résistance : effet Joule**

Si R est la résistance du dipôle, alors on a :

$$u(t) = R \cdot i(t) \quad (10)$$

Cela conduit à l'expression de la puissance instantanée :

$$p(t) = u(t) \cdot i(t)$$

$$P(t) = R \cdot i^2(t) = \frac{u^2(t)}{R} \quad (11)$$

La puissance moyenne s'écrit alors : $P = R \cdot \overline{i^2(t)} = \frac{\overline{u^2(t)}}{R}$ (12) avec

$\overline{i^2(t)}$ la moyenne du carré de l'intensité

$\overline{u^2(t)}$ la moyenne du carré de la tension

On introduit généralement les valeurs efficaces du courant ou de la tension afin de mettre la puissance moyenne sous la forme :

$$P = R \cdot I^2 = \frac{U^2}{R} \quad (13) \text{ avec}$$

$I = \sqrt{\overline{i^2(t)}}$ Valeur efficace du courant.

$U = \sqrt{\overline{u^2(t)}}$ Valeur efficace de la tension.

- **Puissance dissipée par un dipôle actif linéaire**

Bilan de puissance en fonctionnement récepteur

D'un point de vue électrique, on peut modéliser un dipôle actif linéaire (électromoteur) par un M.E.T. (Modèle équivalent de Thévenin).

Remarque : ce modèle est très sommaire et ne rend compte que des puissances électriques mises en jeu.

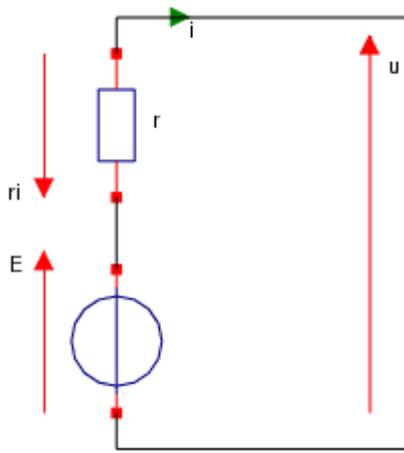


Figure n°4 : Electromoteur et son modèle équivalent

Bilan des puissances électriques (approximatif, déduit d'un modèle):

La puissance absorbée par le dipôle est fournie par l'alimentation électrique :

$$P = U_{\text{eff}} \cdot I_{\text{eff}} \quad (14)$$

Cette puissance est transformée en puissance électromagnétique et en pertes par effet Joule :

$$P \approx P_{\text{em}} + P_J \quad (15)$$

$$U \cdot I = E \cdot I + r \cdot I^2 \quad (16)$$

Dans ce cas la puissance utile est la puissance électromagnétique :

$$P_u = P_{\text{em}} = E \cdot I \quad (17)$$

Bilan de puissance en fonctionnement générateur

La puissance absorbée par le dipôle est fournie par l'extérieur sous forme de puissance électromagnétique :

$$P_a = P_{\text{em}} = E \cdot I \quad (18)$$

Cette puissance est transformée en puissance électrique et en pertes par effet Joule et dans ce cas

la puissance utile est la puissance électrique : $P_u = U \cdot I$ (19)

$$P_{\text{em}} \approx P_u + p_J \quad (20)$$

$$E \cdot I = U \cdot I + r \cdot I^2 \quad (16)$$

- **Puissances en régime sinusoïdal**

En régime sinusoïdal, la tension et le courant ont pour expression :

$$u(t) = U_{max} \cdot \cos(\omega t) = U\sqrt{2} \cdot \cos(\omega t) \quad (21)$$

$$i(t) = I_{max} \cdot \cos(\omega t + \varphi) = I\sqrt{2} \cdot \cos(\omega t + \varphi) \quad (22)$$

avec U et I: valeurs efficaces de la tension et du courant, et φ est le déphasage du courant par rapport à la tension.

Le produit de ces deux grandeurs a pour expression :

$$p(t) = UI \cdot \cos(\varphi) + UI \cdot \cos(2\omega t + \varphi) \quad (23)$$

Le premier terme de la somme est appelé puissance active, le deuxième terme de la somme puissance fluctuante. Cette somme correspond à une puissance sinusoïdale de fréquence double de celle du courant et de la tension et dont la position moyenne est égale à la puissance active.

La valeur de $\cos(\varphi)$ correspond au facteur de puissance en régime sinusoïdal. La courbe ci-dessous représente la puissance consommée par un dipôle soumis à une tension sinusoïdale de valeur efficace égale à 230 V, traversé par un courant également sinusoïdal de valeur efficace égale à 18 A et dont le facteur de puissance est égal à 0,8. On constate que la puissance instantanée varie entre +7,45 kW et -0,83 kW soit une amplitude de variation de 8,3 kW ($2UI$) et une moyenne d'environ 3,3 kW : $= UI \cos \varphi$

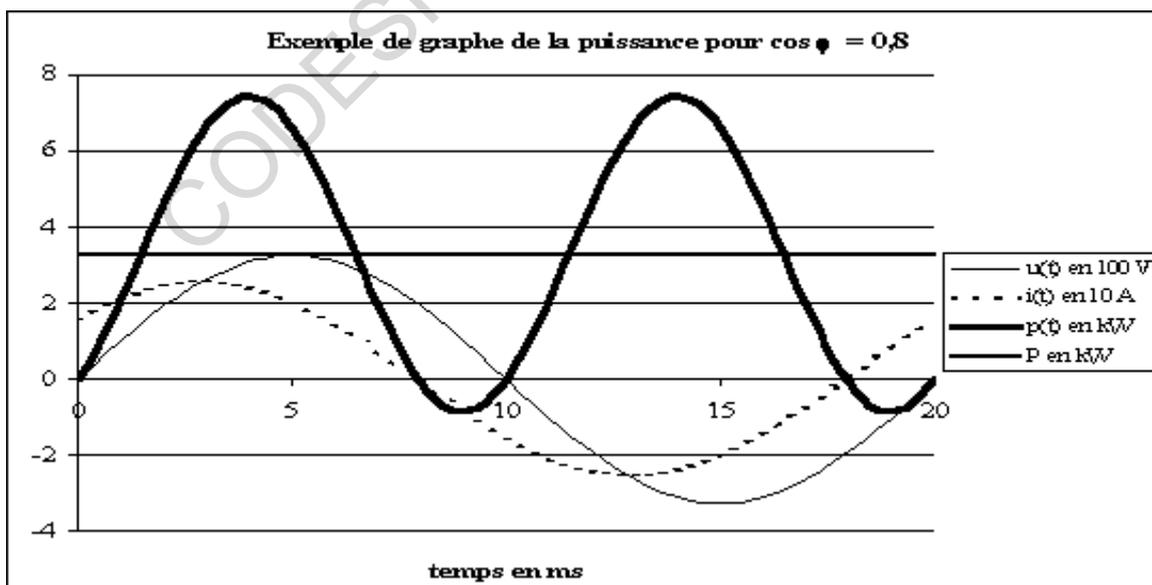


Figure n°5 : exemple de graphe de la puissance pour $\cos(\varphi)$

- **Puissance active**

La puissance moyenne consommée en régime sinusoïdal porte le nom de puissance active. Cette dénomination provient de la méthode de Boucherot (voir ci-dessous)

Elle a pour expression :

$$P = U \cdot I \cdot \cos \varphi = \frac{U_{max} \cdot I_{max}}{2} \cdot \cos \varphi \quad (24) \text{ (U et I sont des valeurs efficaces)}$$

- **Puissance fluctuante**

C'est une puissance sinusoïdale de fréquence double de celle du courant et de la tension. C'est elle qui impose une distribution en triphasé des fortes puissances.

- **Puissance apparente et réactive - Théorème de Boucherot**

Le théorème de Boucherot permet, en régime sinusoïdal de tension et de courant, de calculer la puissance totale consommée par une installation électrique comportant plusieurs dipôles de facteur de puissance divers, ainsi que le courant total appelé dans cette installation. Cette méthode permet de faire des calculs selon un formalisme de type vectoriel sans utiliser la représentation de Fresnel plus lourde lorsque l'on est en présence de nombreux dipôles.

Pour appliquer cette méthode, il est nécessaire de créer deux intermédiaires de calcul qui n'ont pas véritablement de sens physique :

La puissance apparente notée S est égale au produit des valeurs efficaces :

$$S = U \cdot I \quad (25) \text{ en Volt Ampère ou VA}$$

La puissance réactive notée Q, est telle que $Q = U \cdot I \cdot \sin \varphi$ (26) en Volt Ampère Réactif ou var.

Les unités sont différentes des « Watts » alors qu'elles sont homogènes à une puissance afin de respecter le principe physique qui autorise d'additionner des grandeurs de mêmes unités. En effet additionner des puissances actives avec des puissances réactives ou apparentes n'a aucun sens physique.

Les trois puissances sont liées par la relation :

$$S^2 = P^2 + Q^2 \quad (27)$$

Soit un dipôle dont l'impédance complexe s'écrit : $\underline{Z} = R + jX$. On a :

$$P = R \cdot I^2 ; Q = X \cdot I^2 ; S = |Z| \cdot I^2$$

De plus on a par définition : $\cos \varphi = \frac{P}{S}$ et $\sin \varphi = \frac{Q}{S}$ donc $\tan \varphi = \frac{Q}{P}$

- **Puissance complexe**

La puissance complexe est un outil mathématique de traitement des puissances électriques à l'aide de la transformation complexe.

$$\underline{S} = \underline{U} \cdot \underline{I}^* \text{ avec } \underline{I}^* : \text{nombre complexe conjugué de l'intensité complexe } \underline{I}$$

$$\underline{S} = P + jQ \text{ avec } P : \text{puissance active et } Q : \text{puissance réactive.}$$

III - 7 LE CONCEPT DE CHALEUR

Dans le langage courant, les mots *chaleur et température* ont souvent un sens équivalent : *Quelle chaleur !*

Les progrès et les succès de la calorimétrie imposent cette théorie jusqu'au XIX^e siècle. Cette conception est celle de Carnot : un moteur thermique ne peut fonctionner que si la chaleur circule d'un corps dont la température est plus élevée vers un corps dont la température est plus froide, raisonnement correspondant à une analogie avec une machine hydraulique qui tire son énergie du passage de l'eau d'un réservoir d'altitude élevée vers un réservoir d'altitude inférieure. Cette théorie a laissé de nombreuses traces dans le vocabulaire lié à la chaleur : capacité calorifique par exemple.

À cette époque, la chaleur dans le sens commun se confond avec la notion de température, car on croit toujours (parce que c'est très souvent le cas) que c'est une fonction croissante de la température : par exemple tous les corps purs dans l'état solide, liquide ou gazeux ont une capacité calorifique molaire à pression constante $C_p(P, T)$ positive. Dans ces conditions, comme nous vivons dans un environnement à pression quasi-constante $P \approx 1,013 \cdot 10^5$ pascals (pression atmosphérique), chauffer engendre un échauffement.

Ceci est également quasi-toujours vrai des solides (à quelques rares exceptions près comme le bismuth). C'est au cours du XVIII^{ème} siècle qu'apparaîtra la nécessité de séparer les deux notions

chaleur/température, avec la découverte que l'on peut chauffer un gaz et en même temps faire qu'il se refroidisse. Cette idée non-naïve et peu intuitive a été découverte par Amontons.

Au XIX^e siècle, Clapeyron développe la notion de « coefficient de chaleur latente de dilatation » qui manquait à la bonne compréhension du concept chaleur. Ce concept qui est alors définitivement « déconnecté » de celui de température.

L'énoncé du premier principe de la thermodynamique par Mayer en 1845, puis Joule en 1854, clôt définitivement le débat : on sait enfin définir la chaleur. La diffusion de la théorie se fera durant de longues années.

- **Définition microscopique**

La température mesure l'agitation microscopique des molécules et atomes (vibrations, mouvement désordonnés), contrairement à la vitesse qui mesure les mouvements d'ensembles (vent, courant, déplacement).

De même, l'énergie cinétique peut être séparée en deux :

- l'énergie cinétique macroscopique, qui correspond au mouvement d'ensemble du corps ;
- l'énergie cinétique microscopique, qui correspond aux mouvements désordonnés, que l'on appelle aussi énergie thermique de l'ordre de kT , T étant la température absolue et k la constante de Boltzmann, égale à $1.38 \cdot 10^{-23} \text{ T.K}^{-1}$.

La chaleur désigne exclusivement un flux d'énergie entre deux systèmes dont la source ou la destination est l'énergie thermique d'un des systèmes — mais si c'est une condition nécessaire, elle n'est pas suffisante (en effet, un travail peut créer une augmentation d'énergie thermique, par exemple dans le cas de la montée en température d'un gaz par compression). On peut voir une relation entre chaleur et énergie thermique analogue à la relation qui existe entre travail d'une force et énergie cinétique ou énergie élastique. Cependant, seule la thermodynamique permet de définir rigoureusement la chaleur¹.

En première approche, la chaleur est donc un gain d'énergie qui se traduit par une augmentation de l'agitation thermique, ou la perte d'énergie qui se traduit par une diminution de cette agitation (l'agitation thermique pouvant elle-même être simultanément augmentée ou diminuée par un

travail). Cela peut ne concerner qu'un des deux systèmes participant à l'échange ; un système peut par exemple recevoir de la chaleur sans lui-même s'échauffer voire même en se refroidissant.

Les échanges de chaleur mettent en œuvre un phénomène désordonné, et dont les possibilités de transformation sont limitées ; ces échanges jouent donc un rôle essentiel en thermodynamique. Une caractéristique importante des échanges de chaleur est qu'ils ne sont pas symétriques par rapport au temps : lorsque le temps avance, lorsqu'on libère les contraintes sur les systèmes, l'énergie va toujours de l'objet dont la température est la plus haute vers l'objet dont la température est la plus basse, et jamais l'inverse. Ceci mène à la notion d'entropie.

- **Définition formelle de la chaleur**

Le premier principe de la thermodynamique affirme l'existence d'une fonction d'état d'équilibre thermodynamique, l'énergie interne $U(A)$ correspondant à un état déterminé (ici l'état A) et définie à une constante additive près.

L'augmentation d'énergie interne $U(B) - U(A)$ est due à :

- la réalisation d'un **travail** macroscopique $W(A \rightarrow B)$, par exemple des forces de pression.
- la réalisation d'un transfert d'énergie microscopique, qui donc ne se voit pas, mais existe néanmoins, qui est appelé, par définition, la **chaleur** lors de la transformation $Q(A \rightarrow B)$.

On déduit donc la définition formelle de la chaleur :

$$Q(A \rightarrow B) = U(B) - U(A) - W(A \rightarrow B) \text{ le long de la transformation de A à B}$$

Si nous insistons sur « le long de la transformation », c'est que l'intégrale curviligne (par exemple des forces de pression) n'est pas indépendante du chemin suivi pour aller de A vers B .

Cela est particulièrement évident pour un cycle moteur $A \rightarrow A$ (l'état à la fin du cycle est le même qu'au début) :

- le système a fourni du travail, $W(\text{cycle } A \rightarrow A)$ est négatif
- et pourtant l'énergie interne n'a pas changé
- donc $Q(\text{cycle } A \rightarrow A) = -W$ est positif.

Le travail d'un état A n'existe pas, cela n'a aucun sens. Le travail ne peut être défini que lors d'une transformation. Mais alors de même, il n'existe pas de chaleur de la tasse à café chaude.

La chaleur n'est pas une fonction d'état. En particulier, elle n'est pas réductible à une échelle de température.

III - 8 LE CONCEPT DE TRAVAIL

Le concept de travail s'est élaboré chez les ingénieurs français, à l'articulation du XVIII^{ème} et du XIX^{ème} siècle. Le travail est une notion appartenant à la fois à l'économie et à la physique. Cette confrontation disciplinaire révélera son enjeu comme critique de l'approche techniciste du travail et de la valeur.

Le concept physico-économique de travail se dégage d'une rencontre, un « télescopage historique », entre deux histoires parallèles : celle de la mécanique rationnelle (Galilée, Descartes Leibniz) et celle de la science des machines. Au cœur du débat, qui introduit à la notion physico-économique de travail, la question de la conservation de la force vive. La mécanique rationnelle décrit un mouvement idéal sans frottement où la force vive est égale à la quantité de mouvement, où la physique expérimentale observe un processus dynamique qui lutte contre une résistance et consomme de la force vive. C'est cette résistance vaincue qui fait dire qu'une machine accomplit un travail. Le problème physique apparaît d'emblée solidaire d'une question économique : celle de la *mesure* du travail des machines et des hommes. Au moment où cette problématique se met en place, l'économie politique naissante tourne le dos aux conceptions physiocratiques de la nature nourricière pour développer avec A. Smith une conception de la production économique autour des notions de division du travail et de valeur-travail. Ce sont les idées de J.-B. Say qui, selon F. Vatin (1990), pèseront le plus sur les ingénieurs. Mais c'est dans le cadre du développement d'une économie industrielle associant l'activité des hommes à celle des machines que va s'élaborer le concept de travail dans sa double signification physique et économique. « La mécanique du travail proprement dite est élaborée entre 1815 et 1830 par un petit groupe d'ingénieurs, tous issus de l'École polytechnique, dont les travaux sont très concentrés dans le temps ». F. Vatin (1990) retient trois textes qu'il commente amplement : un texte de Coulomb, le *Mémoire sur la force des hommes*, un texte de Navier dans lequel apparaît nettement la préoccupation économique de l'auteur, enfin un texte de Coriolis, inventeur du terme travail dans son sens physique moderne.

Dans *La formation de l'esprit scientifique*, G. Bachelard écrit que « la richesse d'un concept scientifique se mesure à sa puissance de déformation », c'est-à-dire à sa capacité à « englober » des preuves expérimentales nouvelles. Cette définition repose en des termes nouveaux les rapports entre théorie et application, science et technique. Raison et expérience ne sont plus dissociées comme deux démarches successives ; l'activité rationnelle devra « incorporer les conditions d'application d'un concept dans le sens même du concept ». Ainsi le rapprochement d'une physique et d'une économie ne doit-elle pas se comprendre comme l'importation d'une notion d'un domaine (théorique) vers l'autre (pratique), mais comme la construction théorico-pratique d'un savoir socialement utile. L'histoire du concept de travail tel que F. Vatin (1990) dans son ouvrage intitulé « *Organisation du travail et économie des entreprises* » nous la restitue, est bien celle d'une succession d'approximations, compliquées par l'expérience et les préoccupations sociales des chercheurs. La réciprocité du spéculatif et de l'expérience trouve chez Coulomb à s'illustrer exemplairement : le travail qui a ici la signification ordinaire de résultat (produit) et de dépense (fatigue) pose la question de son efficacité économique, c'est-à-dire du rapport produit/fatigue. Pour contourner l'impossibilité (à son époque) de mesurer la fatigue, Coulomb introduit un concept à la fois physique et économique capable d'approcher la mesure d'un rendement : la « quantité d'action » réalisée par un homme durant une journée de travail, comme expression d'une dépense globale dont une part seulement produit un effet utile. La « quantité d'action » n'a pas qu'un sens physique, elle exprime dans des termes physiologico-économiques ce que « les hommes peuvent physiologiquement, mais acceptent, économiquement, de fournir dans une journée ».

Navier reprendra le terme « quantité d'action » qui désignera non seulement ce que produit la machine, mais ce qu'elle dépense. La véritable mesure du produit sera donc le travail utile et le rendement d'une machine, le rapport entre quantité totale d'action et travail utile. Ainsi le sens de la démarche physique de Navier est-il avant tout économique. Mais son élaboration s'opère sur l'évacuation d'une dimension déterminante dans l'établissement de la valeur économique du produit : le temps de l'opération productive. Coriolis distinguera plus nettement les problèmes physiques des questions économiques. Contrairement à ses prédécesseurs, il choisit d'utiliser le terme travail et non « puissance mécanique » ou « quantité d'action ». Il lui donne le sens physique moderne (*force* x *déplacement*) afin de prouver que le travail est la juste mesure de l'action des machines et le rendement en « travail utile » celle de leur efficacité. Dans une même démarche, il définira un principe physique théorique, celui de la transmission du travail, c'est-à-dire une grandeur abstraite de travail, de force vive, transmise par la machine, indépendamment

des résistances que son fonctionnement peut entraîner, et une exigence économique : réaliser la transmission maximale de forces vives dans le processus productif. Cette préoccupation de producteur capitaliste lui permet de clarifier l'ambiguïté terminologique attachée au concept de travail, entre dépense et produit. Il distingue « la faculté de produire le travail », c'est-à-dire la potentialité de produire quelque chose, ce qui est acheté par le capitaliste, du « travail » lui-même, c'est-à-dire du produit : distinction comparable à celle de Marx entre « force de travail » et « travail ».

En conclusion, nous dirons que « Confrontés au processus économique, les concepts issus de la mécanique classique sont " tirés " au maximum de leurs possibilités, appelant comme une nécessité la nouvelle pensée thermodynamique, dont simultanément Sadi Carnot jetait les bases ».

A partir de l'histoire de ce tissu de préoccupations économiques et de théories physiques, F. Vatin (1990) soulève chez Marx une contradiction dans la théorie de la valeur-travail : caractérisé avant tout par sa dimension technique, le travail humain n'est pas chez Marx « principalement énergétique ». Mais l'efficacité productive telle qu'il la définit possède une caractéristique particulière : la valeur du produit est supérieure à la dépense en force de travail (exprimée en valeur).

L'enjeu tient alors à la définition du travail : comme dépense de force humaine, il renvoie à la théorie énergétique et conduit à mettre en évidence une perte, une « plus-value négative » et non un surplus ; c'est en gardant une « définition conventionnelle du travail », comme temps social valorisé, qu'on pourra sauver, à travers la distinction entre travail économique et travail mécanique, la possibilité d'un surplus de valeur produite.

Le débat sur Marx ainsi que les développements du concept d'énergie, dans le cadre d'une pensée réformiste, et dans celui contemporain d'une pensée écologico-économique, renvoient aux soubassements politiques des relations entre physique et économie. F. Vatin voit dans cette histoire l'illustration exemplaire d'un lien entre sciences « dures » et sciences « molles » où les premières sont débitrices envers les secondes. Mais l'essentiel de la leçon est peut-être ailleurs ; en effet la relation physique/économie met d'abord en cause l'autonomie de la technique par rapport aux valeurs sociales.

Établir que les mécaniciens sont orientés par des préoccupations économiques réelles, jusque dans la forme qu'ils donnent aux abstractions physiques, c'est mettre en évidence la dépendance

réci-proque entre démarche spéculative et normes sociales, normes de valeur. Mais surtout, montrer les sciences physiques débitrices envers l'économie, c'est inverser la détermination habituellement admise chez les économistes entre savoir technique et calcul économique : celui-ci dépend d'une norme sociale et non d'un calcul technique, dégagé des enjeux sociaux. Au total, la pensée des mécaniciens, élaborée dans le cadre d'une économie industrielle, retrouve dans ses ultimes prolongements les enjeux de l'économie politique.

Le concept mécanique de travail tel qu'il s'est développé chez les ingénieurs du XVIII^{ème} siècle ne pouvait s'appliquer à la physiologie humaine que dans le cadre de la thermodynamique et d'une théorie de la conversion énergétique. D'abord centré sur l'étude de la « machine animale », le projet d'étudier le rendement de la « machine humaine » au travail afin d'en optimiser l'utilisation va très vite s'imposer dès la fin du XIX^{ème} siècle. C'est dans ce cadre que vont être traduits les écrits de Taylor¹. Les principes d'organisation tayloriens renvoient au système traditionnel du travail manuel : le porteur de fonte est l'homme seul face à la matière, isolé de l'ensemble productif dans lequel il évolue.

Des critiques avisés feront remarquer que la théorie de la valeur-travail repose sur un rapport entre deux grandeurs incompatibles : la dépense physique et le travail produit. La production est elle-même comprise à partir de ce point de vue particulier ; en décomposant la durée de chaque geste, Taylor réduit le processus productif à une addition d'entités temporelles élémentaires, l'ensemble de la valeur produite n'étant que la somme des valeurs créées par chaque ouvrier. Ainsi Taylor fait-il l'impasse sur le machinisme et reste-t-il au niveau d'une analyse mécaniste et décomposée d'un travail humain réduit à une machine. Théoriquement Taylor appartient au XIX^{ème} siècle, et pratiquement ses principes ne sont pertinents que dans le cadre d'une industrie de main-d'œuvre où le travail élémentaire peut être considéré comme le facteur de production principal. En tout état de cause sa « méthode » n'est rien moins que scientifique.

1 F. Vatin a publié en 1990 aux Editions d'organisation, sous le titre *Organisation du travail et économie des entreprises*, le texte de référence de Taylor « Direction des ateliers » (1902, première édition française). En contrepoint du texte de Taylor sont présentés les débats sur le taylorisme en France dans les années 1910-1920.

Pourtant la doctrine de Taylor a pu apparaître à nombre de ses critiques les plus judicieux comme un ensemble cohérent et systématique, inaugurant dans ses applications une phase de développement de la société industrielle. Cette attitude a conféré aux principes tayloriens un caractère de nécessité historique. La critique sociale et politique, celle qui a le mieux établi les effets pervers du système, a substantifié son objet en lui attribuant le caractère d'un type exprimant l'essence de la modernité industrielle. Considéré comme une « technique sociale ¹ », le « taylorisme » est apparu comme un *a priori* à toute étude sur le travail et comme le cadre général d'analyse de ses différentes formes de rationalisation et d'organisation. Le porteur de fonte est devenu le paradigme de l'OS et celui-ci la figure exemplaire de l'ouvrier exploité, écrasé de fatigue, interdit de penser, délié de toute relation.

Ainsi, c'est le plus souvent une vision globale et souvent macro-économique qui a prévalu. Certes de nombreux auteurs, et Friedman le premier, ont montré que dans le système disciplinaire de l'usine, l'ouvrier trouve un jeu, un espace d'expression, de révolte et de lutte, plus encore, que les normes opératoires n'ont d'efficacité que réinterprétées, modifiées, adaptées par les opérateurs eux-mêmes.

En adoptant le point de vue d'une histoire des sciences, F. Vatin (1990) propose une approche différente, singulière et microscopique, et renonce à la vision globale du taylorisme. L'histoire de l'analyse mécanique du travail restitue l'espace théorique de Taylor, celui auquel il ne peut échapper. Taylor est archaïque en ce qu'il représente l'extrême pointe d'une réalité qui n'est déjà plus la sienne. Dès la fin du XIX^{ème} siècle les systèmes automatisés, autorégulés, qui très vite transformeront l'homme en « interprète de la machine » (Simondon) vont se développer autour d'une autre relation au temps. Et ce sont deux conceptions du temps de la production qui, à l'époque de Bergson, s'opposent : l'une fragmente et divise le processus productif, l'autre, s'inspirant d'un principe de continuité, fonde l'efficacité économique sur la maîtrise d'une durée, celle du « temps machinique ² ».

1. Cf. *La fluidité industrielle*, p. 45, et, sur le taylorisme, tout le chapitre II.

2. Sur ce point cf. *La fluidité industrielle* entièrement consacrée à ces questions.

Nul doute que notre modernité tienne à la seconde conception, élargie à la circulation généralisée et continue des biens, des informations et des affects. Ces nouvelles formes de la production n'inaugurent certainement pas une ère de liberté et d'épanouissement dans le travail, mais dégagent des possibilités nouvelles d'intervention qui obligent à revoir les présupposés théoriques et politiques des analyses antérieures.

- **Formulation mathématique**

Avec la physique de Newton, tout problème de mécanique peut être résolu. Mais le problème fondamental de cette dynamique est que toutes les grandeurs utilisées sont en constante évolution au cours du temps. L'idée d'une mécanique se situant au niveau de grandeurs conservées au cours du temps est donc apparue.

Nous allons voir que cette "nouvelle" mécanique utilise des grandeurs comme la vitesse. Cela situe cette théorie à un niveau différent de la mécanique de Newton puisque celle-ci, à travers la seconde loi, lie la cause du mouvement à l'accélération, alors que la conservation de l'énergie est liée à la vitesse. On peut résumer cela dans la figure 6.

La conséquence mathématique de cette nouvelle situation du problème est que l'intégration nécessaire pour obtenir la vitesse à partir de l'accélération est supprimée. Si la grandeur recherchée est la vitesse (ou la position) le problème est donc considérablement simplifié.

Historiquement, en physique, le travail est une notion bien précise. Elle a pour origine l'expérience simple décrite sur la figure 6 :

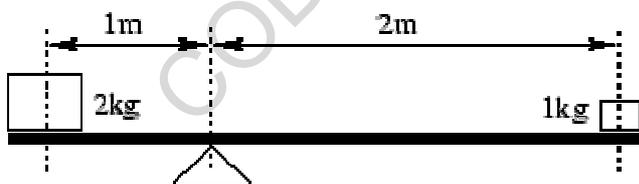


Figure 6 : La balance à fléau

L'idée est la suivante :

On considère une balance équilibrée par deux masses. La condition d'équilibre veut que :

$$m_{gauche} \cdot d_{gauche} = m_{droite} \cdot d_{droite} \quad (1)$$

Ce qui est le cas sur la figure 6.

Maintenant, si on descend la masse m_{gauche} de 10 cm, la masse m_{droite} monte de 20 cm. En effet :

$$\frac{0,1}{1} = \sin(\alpha_{support}) = \frac{0,2}{2}$$

Ainsi, on remarque que le produit A du poids de la masse par la hauteur déplacée est le même pour les deux masses :

$$A_{gauche} = 2 \cdot 9,81 \cdot 0,1 = 1 \cdot 9,81 \cdot 0,2 = A_{droite}$$

La grandeur $A = F \cdot d$ est donc identique. On peut traduire cette remarque en disant que le travail (A pour Arbeit) pour monter une masse de 1 kg sur une hauteur de 20 cm est le même que celui pour monter une masse de 2 kg sur 10 cm.

Attention, il ne faut pas voir là déjà une conservation. Bien entendu, il y a derrière cette expérience la conservation de l'énergie. Mais le concept de travail utilisé ici, s'il est intimement lié à celui d'énergie potentielle, comme nous le verrons par la suite, reste lié à un déplacement et non à un équilibre, à une situation spatiale des corps utilisés. C'est pourquoi il traduit la naissance de la notion de travail. Cependant cette liaison avec la conservation de l'énergie est assez typique pour que cet exemple ait sa place ici, même si il peut porter à confusion.

Définition

- **Travail simple**

La définition la plus simple que l'on puisse envisager est donc :

$$A_{F,d} = F \cdot d \quad (2)$$

Cette définition correspond au travail A d'une force F s'exerçant sur une masse m que l'on déplace sur une distance d (voir figure 7).

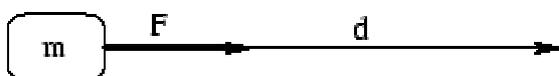


Figure 7 : Travail simple

Remarquons qu'il s'agit toujours du travail d'une force sur une distance donnée. Parler du travail sans aucune autre précision n'a pas de sens.

- **Travail et produit scalaire**

Une force qui ne s'exercerait pas parallèlement (et dans le même sens) que le déplacement, ne pourrait pas produire un travail simple. On peut comprendre intuitivement qu'une force s'exerçant perpendiculairement au déplacement ne travaille pas. On peut donc définir le travail d'une manière plus générale :

$$A_{F,d} = \vec{F} \cdot \vec{d} = \|\vec{F}\| \cdot \|\vec{d}\| \cos(\alpha) = F \cdot d \cdot \cos(\alpha) \quad (3)$$

Cette définition correspond à la situation de la figure 8.

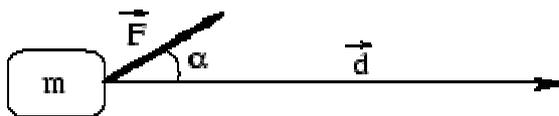


Figure 8 : Travail et produit scalaire

Attention, cette définition est valable pour un déplacement rectiligne et une force constante vectoriellement sur tout le déplacement. (constante vectoriellement signifie constante en grandeur et en direction et sens)

Remarquons les cas particuliers de cette définition :

- Si \vec{F} et \vec{d} sont parallèles et de même sens ($\vec{F} \uparrow\uparrow \vec{d}$), alors le travail est positif; on parle de **travail moteur**.
- Si \vec{F} et \vec{d} sont perpendiculaires ($\vec{F} \perp \vec{d}$), alors $\cos(\alpha) = 0$ et le travail est nul. On dit que la force ne travaille pas.
- Si \vec{F} et \vec{d} sont parallèles, mais de sens opposés ($\vec{F} \uparrow\downarrow \vec{d}$), alors le travail est négatif; on parle de **travail résistant**.

- **Travail : cas général**

Dans ce cas, le déplacement n'est pas forcément rectiligne et la force pas forcément constante vectoriellement. La situation générale correspond donc à la figure 9 :

Ainsi, pour déterminer le travail total effectué par la force sur le chemin A-B, il faut décomposer ce dernier en petits bouts de déplacement rectilignes $\vec{\Delta l}_i$, sur lesquels la force peut être considérée comme vectoriellement constante (c'est-à-dire qu'elle ne change ni en direction, ni en sens, ni en grandeurs). On est ainsi ramené au calcul d'un petit élément de travail W_i ou A_i , pour une force \vec{F}_i constante, sur un déplacement $\vec{\Delta l}_i$:

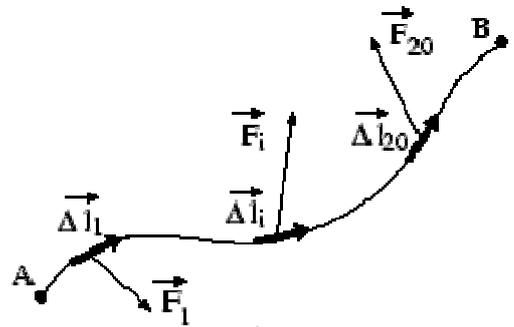


Figure 9 : Travail général

$$A_i = \vec{F}_i \cdot \vec{\Delta l}_i \quad (4) \quad \text{ou} \quad W_i = \vec{F} \cdot \vec{\Delta l}_i$$

Puis, on somme tous les W_i ou A_i pour obtenir le travail total de A à B :

$$W_{AB} = \sum_{i=1}^n A_i = \sum_{i=1}^n \vec{F} \cdot \vec{\Delta l}_i \quad \text{ou}$$

$$A_{AB} \cong \sum_{i=1}^n A_i = \sum_{i=1}^n \vec{F} \cdot \vec{\Delta l}_i \quad (5)$$

Bien entendu, plus les segments $\vec{\Delta l}_i$ sont petits, plus on "colle" au parcours. A la limite, si les $\vec{\Delta l}_i$ devenaient infiniment petits, on obtiendrait la valeur exacte du travail sur le trajet AB. On peut donc écrire :

$$W_{AB} = \lim_{\Delta l_i \rightarrow 0} \sum_i \vec{F} \cdot \vec{\Delta l}_i = \int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{l} \quad (6)$$

La définition tout-à-fait générale du travail est donc finalement :

$$W = \int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{l} \quad (7)$$

Finalement, il faut indiquer les unités SI du travail. On a :

$$[A] = [F] \cdot [l] = N \cdot m = J = \text{Joules}$$

Exemples

- a) Quel est le travail simple effectué par une force $F = 5 \text{ N}$, sur une distance $d = 5 \text{ m}$?

Solution :

$$A = F \cdot d = 5 \cdot 5 = 25J$$

- b) Quel est le travail effectué par une force $F = 5 \text{ N}$, s'exerçant avec un angle de 20° par rapport au déplacement, sur une distance de 5 m ?

Solution :

$$A = F \cdot d \cdot \cos(\alpha) = 5 \cdot 5 \cdot \cos(20) = 23,5J$$

- c) Quel est le travail effectué par une force de frottement $F = 5 \text{ N}$, sur une distance $d = 5 \text{ m}$?

Solution :

$$A = F \cdot d \cdot \cos(\alpha) = 5 \cdot 5 \cdot \cos(180) = -25J$$

Car la force de frottement s'exerce toujours dans le sens contraire du déplacement.

- d) Quel est le travail effectué par une force $F = l$, colinéaire (parallèle) au déplacement rectiligne et de même sens, sur une distance de 5 m .

Solution :

$$\begin{aligned} A &= \int_0^5 \vec{F} \cdot \vec{dl} = \int_0^5 F \cdot dl \text{ car } \vec{F} \uparrow \uparrow \vec{dl} \\ &= \int_0^5 l \cdot dl = \frac{1}{2} \cdot l^2 \Big|_0^5 = \frac{1}{2} \cdot (25 - 0) = 12,5 J \end{aligned}$$

III - 9 LE CONCEPT D'ENERGIE

L'idée d'énergie est intimement liée à celle de travail. En effet, lorsqu'on fournit un travail, quelque chose est produite. De la chaleur par exemple lorsque qu'on s'intéresse au travail de la force de frottement d'une table sur laquelle on déplace un objet. Cependant, on peut se demander ce qui est produit lorsqu'on fournit un travail pour monter une masse (énergie potentielle) ou pour augmenter sa vitesse (énergie cinétique). En réalité, dans les deux cas on fournit de l'énergie, mais sous une forme différente.

- **Énergie potentielle**

Quand on travaille pour monter une charge, on produit de l'énergie potentielle. Cette énergie peut être retrouvée si on lâche alors la masse. Arrivé en bas, cette dernière est capable de produire une déformation traduisant un travail. Tout se passe donc comme si l'énergie potentielle était quelque chose de stocké dans la masse alors qu'elle se trouve à une hauteur déterminée. Bien entendu, plus la hauteur est grande, plus l'énergie potentielle est importante (une pierre de 10 g lâchée de 10 m fera plus de dégâts arrivée au sol que la même pierre lâchée de 1 m). De même pour la masse.

Pour déterminer la valeur de l'énergie potentielle contenue dans une masse m placée à une hauteur h , il faut donc calculer le travail que cette masse produit en chutant depuis cette hauteur. Plus précisément, il faut calculer le travail du poids de la masse m se déplaçant sur la hauteur h . On doit donc écrire :

$$A = \vec{F} \cdot \vec{d} = m \vec{g} \cdot \vec{h} = mg \cdot h \quad (1)$$

où le déplacement h est décomposé en une différence de hauteur $h_i - h_f$.

$$= mg \cdot (h_i - h_f) = mgh_i - mgh_f \quad (2)$$

$$= E_{pi} - E_{pf} \quad (3)$$

$$= \Delta E_p \quad (4)$$

On remarque que ce travail se compose de deux parties. Chacune d'elle ne dépend que du lieu où elle est évaluée et de la masse de l'objet. On peut donc appeler chacun de ces termes "énergie potentielle" à la hauteur considérée. Ainsi, le travail se traduit par une différence d'énergie potentielle. Et sa définition prend la forme suivante : $E_p = m \cdot g \cdot h$ (5)

- **Énergie cinétique**

Quand on travaille pour augmenter la vitesse d'un corps, on produit de l'énergie cinétique.

Pour déterminer la valeur de celle-ci lorsque le corps de masse m passe d'une vitesse v_0 à une vitesse v , il faut donc calculer le travail pour réaliser cette transformation. On a :

$$\begin{aligned} A &= \vec{F} \cdot \vec{d} = F \cdot d = ma \cdot d & (6) \\ &= m \cdot \frac{v^2 - v_0^2}{2 \cdot d} \cdot d = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_0^2 & (7) \\ &= E_c - E_{c0} = \Delta E_c & (8) \end{aligned}$$

On remarque que ce travail se compose de deux parties. Chacune d'elle ne dépend que de la vitesse à l'instant considéré et de la masse de l'objet. On peut donc appeler chacun de ces termes "énergie cinétique" pour la vitesse considérée. Ainsi, le travail se traduit par une différence d'énergie cinétique. Et sa définition prend la forme suivante :

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2 \quad (9)$$

- **Énergie mécanique**

Définissons encore la somme des énergies cinétique et potentielle comme l'énergie mécanique d'une masse m :

$$E_m = E_c + E_p = \frac{1}{2} m \cdot v^2 + m \cdot g \cdot h \quad (10)$$

Exemple

Déterminez l'énergie mécanique d'une masse de 3 kg qui se trouve à un instant donné à une hauteur de 4 m et se déplace alors à une vitesse de 5 m/s.

Solution :

$$E_{méc} = \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot 5^2 + 3 \cdot 9,81 \cdot 4 = 155,22 \text{ J}$$

Bien entendu, on remarque que l'unité de l'énergie est la même que celle du travail, puisque le travail est une différence d'énergie. On a donc :

$$[E_{méc}] = [E_{cin}] = [E_{pot}] = J$$

- **Conservation de l'énergie**

La notion de conservation est fondamentale en physique. La première grandeur qui pourrait être conservée à laquelle on pense est la masse. Malheureusement, on sait aujourd'hui qu'elle ne l'est pas. Par contre, l'énergie l'est. Nous allons voir dans ce chapitre ce que cela signifie en étudiant le cas de la conservation de l'énergie mécanique. Nous verrons que selon les cas, celle-ci peut aussi ne pas être conservée.

- **Théorème de conservation de l'énergie mécanique**

L'idée est née de la situation suivante : une masse tombe d'une certaine hauteur ; lorsqu'on la lâche celle-ci ne possède que de l'énergie potentielle ; en descendant, cette énergie diminue et en même temps, comme la vitesse augmente, son énergie cinétique augmente ; arrivée en bas, la masse n'a plus que de l'énergie cinétique. Tout s'est donc passé comme si l'énergie potentielle s'était transformée en énergie cinétique. Ainsi, on peut dire que l'énergie mécanique, somme d'énergie potentielle et cinétique, est en fait restée constante tout au long de la chute.

Techniquement, on exprime cela de la manière suivante :

$$E_m = \text{constante.} \quad (11)$$

Ce qui signifie aussi :

$$E_{m2} = E_{m1} \quad (12)$$

$$E_{m2} - E_{m1} = 0 \quad (13)$$

$$E_m = 0 \text{ ou } E_{c2} + E_{p2} - (E_{c1} + E_{p1}) = 0 \quad (14)$$

$$\Delta E_{mec} = 0 \text{ ou } \Delta E_c + \Delta E_p = 0 \quad (15)$$

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2 - \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2 + m \cdot g \cdot h_2 - m \cdot g \cdot h_1 = 0 \quad (16)$$

Toutes ces expressions sont équivalentes. Il est important de bien comprendre que celles-ci signifient que l'énergie mécanique reste la même au cours du temps.

Il est aussi important de dire que cette loi n'est valable qu'en l'absence de frottements. Nous reviendrons par la suite sur cette remarque.

Exemples

- Un homme saute du plongeur des 10 m. A quelle vitesse arrive-t-il dans l'eau ?

Solution :

En l'absence de frottements, l'énergie mécanique est conservée. Avant de commencer, il est nécessaire de fixer le zéro de l'altitude : on le choisit au niveau de l'eau. Ainsi, on peut évaluer l'énergie mécanique à 10 m de haut et celle au niveau de l'eau. On a :

$$\begin{aligned} E_{mec\ 10m} &= E_{cin\ 10m} + E_{pot\ 10m} \\ &= \frac{1}{2} \cdot m \cdot 0^2 + m \cdot g \cdot 10 \\ &= 100 \cdot m \quad (g \cong 10\ m/s^2) \\ E_{mec\ eau} &= E_{cin\ eau} + E_{pot\ eau} \\ &= \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 + m \cdot g \cdot 0 \\ &= \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 \end{aligned}$$

Ainsi, le théorème implique :

$$\begin{aligned} E_{mec\ eau} - E_{mec\ 10m} &= 0 \\ \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 - 100 \cdot m &= 0 \\ v &= \sqrt{200} \\ &= 14\ m/s \end{aligned}$$

Pour une hauteur h quelconque, le même calcul mène à :

$$v = \sqrt{2 \cdot g \cdot h}$$

Remarque :

Bien évidemment, on retrouve cette même expression en utilisant la cinématique. En effet, pour un MRUA, on a (voir annexe x):

$$v^2 = v_o^2 + 2 \cdot a \cdot d$$

Pour un objet lâché en chute libre, on a : $a = g$, $d = h$ et $v_o = 0 \text{ m/s}^2$.

Ainsi, on peut écrire :

$$v^2 = 0 + 2 \cdot g \cdot h$$

Ce qui mène à la relation trouvée précédemment.

- Quelle est la hauteur atteinte par un objet qu'on lance verticalement avec une vitesse de 3 m/s ?

Solution :

On place le zéro de l'axe au niveau du point de décollage et on l'oriente vers le haut. On peut ainsi déterminer l'énergie mécanique en ce point par :

$$E_{mec\ bas} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$$

Car l'énergie potentielle pour $h = 0$ est nulle.

D'autre part, au niveau le plus haut atteint par l'objet, sa vitesse étant nulle, l'énergie mécanique vaut :

$$E_{mec\ haut} = m \cdot g \cdot h$$

La conservation de l'énergie implique alors :

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = m \cdot g \cdot h \Rightarrow$$

$$h = \frac{v^2}{2 \cdot g} \Rightarrow$$

$$h = \frac{3^2}{2 \cdot 10} = 0,45 \text{ m}$$

- **Limite du théorème de conservation de l'énergie mécanique**

L'idée de conservation de l'énergie implique l'idée de récupérer l'énergie que l'on a fournie. C'est à dire qu'il y a des transferts possibles entre différentes formes d'énergie, mais transferts réversibles, et pas de création ni disparition d'énergie du système dans ce cas. Ainsi, quand on augmente

l'énergie potentielle d'une masse en la montant, on peut récupérer cette énergie en la laissant redescendre. La possibilité de récupérer l'énergie dépensée est en réalité une propriété de certaines forces dites **conservatives**. Ce n'est que pour ce type de forces que l'on peut définir la notion d'énergie potentielle. C'est le cas pour le poids, qui est une force conservative, pour laquelle on peut définir une énergie potentielle par $E_{pot} = m \cdot g \cdot h$. Or, toutes les forces ne sont pas conservatives. Pour celles qui ne le sont pas, on ne peut définir d'énergie potentielle. C'est le cas pour la force de frottement par exemple, pour laquelle on ne peut définir d'énergie potentielle.

Ainsi, le théorème de conservation de l'énergie mécanique n'est valable qu'en présence de forces conservatives. Car, dans ce cas, toutes ces forces peuvent être représentées par une énergie potentielle et on peut écrire :

$$\Delta E_{mec} = 0$$

En réalité, en présence de forces non conservatives, on modifie le théorème de la manière suivante :

$$\Delta E_{mec} = A_{forces\ non\ conservatives}$$

Un exemple simple : lorsqu'une bille située en haut d'une pente commence à descendre celle-ci en partant du haut avec une vitesse nulle, cette bille a une énergie mécanique qui sera constante si l'on néglige les frottements et autres forces non conservatives. Cette énergie mécanique = énergie potentielle + énergie cinétique est constante et donc au fur et à mesure de la descente, l'énergie potentielle perdue (baisse de l'altitude la bille) est en fait transformée en énergie cinétique (vitesse de la bille qui augmente). Lors de la remontée de la bille, il se produirait l'inverse : la vitesse diminuerait lors de la montée de la bille (transfert d'énergie cinétique en énergie potentielle).

IV - UNE SITUATION POURTANT PROBLEMATIQUE

VI - 1 LE CONTEXTE

L'enseignement des sciences physiques, comme l'indiquent les instructions officielles de la physique et de la chimie au lycée et au collège repose sur la conduite des démarches : « *au travers de la démarche de modélisation, il [l'enseignement des sciences physiques] doit former les esprits*

à la rigueur, à la méthode scientifique, à la critique, à l'honnêteté » et, ainsi, « il doit montrer que cette représentation cohérente est enracinée dans l'expérience : les modélisations des situations expérimentales ont une place essentielle ». Par ailleurs, l'intérêt d'utiliser les outils de connaissances locales dans le cadre des activités de classe, où les apprenants puissent effectivement manipuler, construire, interpréter eux-mêmes, comme la nécessité en est affirmée depuis longtemps est souligné en ces termes : « plus concernés, les apprenants sont plus responsables de la construction de leur propre savoir. »

La confrontation outils de connaissances locales/modélisations est explicite dans les programmes de sciences physiques, soit dans les activités support proposées soit dans les commentaires par exemple, en classe de troisième et en classes de premières scientifiques :

- « vérification de la conservation de l'énergie à l'aide de documents chronophotographiques,
- analyse de mouvement à l'aide des capteurs. Traitement informatique des données, modélisation (exemple : chute libre et chute libre dans l'air)
- dans toute cette étude, l'apport des représentations peut être très enrichissant : interprétation des données, modélisation des grandeurs physiques, représentation graphique de la chaîne énergétique correspondant à un montage expérimental [...].»

Cette confrontation fait ressortir à la fois les plans du signifié (les propriétés, les relations et les invariants opératoires constitutifs du concept), du signifiant (qu'il soit d'ordre linguistique, graphique ou littéral) et de l'expérience pratique (les actions sur les objets dans un montage, la réalisation des expériences...). Ce point de vue rejoint celui développé par Vergnaud (1987) dans « *La théorie des champs conceptuels* » *In* : *Recherches en didactique des mathématiques*; qui repose sur l'hypothèse que les connaissances des apprenants se développent à l'occasion de la résolution des situations problématiques qu'ils rencontrent et sur l'hypothèse que les anticipations et inférences qu'ils font sont régulées par des représentations « dans la tête » (les signifiés) et des représentations explicites (les signifiants) faisant appel au langage, aux schémas, aux graphiques, aux symbolismes littéraux...

Parallèlement, le Centre National de Matériels Scientifiques (CNMS) de la Direction de la Pédagogie et la Formation Continue section « Sciences Physiques » de l'Education Nationale de Côte d'Ivoire, apporte la précision suivante : « afin d'améliorer les activités de classe », des « objectifs disciplinaires majeurs qui permettront [...] d'augmenter réellement l'efficacité de l'enseignement des sciences physiques » parmi lesquels :

- « prédire un phénomène, un résultat expérimental ;

- donner aux apprenants les outils cognitifs leur permettant de distinguer des objets des événements observables ;
- aider les apprenants à différencier progressivement ce qui relève du monde matériel de ce qui relève de la façon d'en rendre compte à l'aide des outils de connaissances locales ;
- s'initier à la démarche de modélisation ;
- distinguer les connaissances de la physique et chimie des connaissances de la vie courante ;
- mettre en relation les concepts et l'expérience (objets et événements observables);
- [...] ».

IV - 2 LA PROBLEMATIQUE

Un grand nombre d'idées reçues circulent sur l'enseignement de la physique et la chimie. Sans doute cela est-il dû au fait que chacun les a eues comme matières pendant son cursus scolaire et en a donc une expérience personnelle. Cette expérience, plus ou moins longue, plus ou moins plaisante, suffit bien souvent à légitimer les avis des uns et des autres. Pourtant, on s'aperçoit que bien des constats, souvent assez généralement partagés n'en sont pas moins contradictoires : trois constats qui mettent en exergue l'idée que se font les apprenants ou les enseignants des sciences physiques :

- Premier constat : une option fréquemment répandue dans les établissements scolaires et surtout en dehors, chez les élèves comme chez de nombreux enseignants des disciplines de physique et de chimie, est que ces disciplines scolaires sont des « plus dures » à comprendre, celles dans lesquelles il n'est pas facile d'obtenir de bonnes notes. La physique et la chimie sont bien souvent considérées comme « les disciplines couperet » (J. Toussaint, 1996), celles qui déterminent le passage ou non en classes de première C ou D quand on est en classe de seconde C.
- Second constat : la discipline des sciences physiques est relativement récente dans notre enseignement et dont la forme et les contenus ont été l'objet de nombreuses évolutions et réformes. Chacun de ces changements se donnait évidemment pour objectif d'améliorer la compréhension des apprenants par l'intermédiaire d'une mise à jour des contenus scientifiques, en n'hésitant pas parfois à bousculer les objectifs nationaux, comme lors de

« l'introduction de la physique et de la chimie en classes de sixième en 1979 en Côte d'Ivoire ».

- Troisième constat : l'enseignement des sciences physiques, tel qu'il se pratique actuellement, ne donne pas malgré les différentes réformes, les résultats qu'on serait en droit d'attendre. Les évaluations effectuées sur une période de 25 ans (1980 à 2005) dénoncent clairement cette situation. Les connaissances enseignées sont oubliées au bout de quelques semaines voire des jours. On retrouve au lycée les mêmes difficultés que celles observées au collège, même si certains apprenants sont à l'aise avec les formules que d'autres, très hermétiques et peu intéressés.

De ces trois constats, nous déduisons que toutes les évolutions proposées, toutes les bonnes intentions qui les sous-tendaient, n'ont pas enrayer l'accroissement des refus de la plupart des apprenants pour qui ces disciplines ne sont compréhensibles qu'avec des difficultés, et semblent donc particulièrement sélectives lorsqu'ils doivent suivre leur enseignement : « la physique comme la chimie résiste » à l'entendement des apprenants, mais les apprenants résistent également à leur enseignement (J. Toussaint, 1996).

Cet état de fait n'est pas le plus grave. Il n'est que le symptôme visible d'un malaise plus grand, engendré par les programmes. En effet, l'enseignement scientifique particulièrement ce qui nous intéresse ici, l'enseignement de la physique et la chimie n'est plus adapté à notre société pour laquelle il est censé préparer les citoyens. Il encombre l'esprit de détails inutiles, privant les apprenants d'éléments de compréhension importants. Il ne fournit pas de clefs de pensée permettant d'affronter le monde complexe et incertain de demain.

En conséquence, de moins en moins de jeunes s'intéressent aux sciences physiques. Ils les trouvent ennuyeuses, les formules les rebutent et ils ont l'impression d'emmagasiner pour l'examen ou les devoirs des quantités de notions qu'ils oublient ensuite.

Cette inadéquation fait que l'enseignement détourne les sciences physiques la plupart des jeunes. En ne répondant pas à leurs inquiétudes, en traitant les sujets de manière abstraite, il provoque surtout de l'ennui, du désintérêt. La preuve en est que plus les apprenants avancent dans leur scolarité et moins ils se posent de questions (F. De Closets, 1997).

Plus grave encore, malheureusement l'enseignement de la physique et de la chimie contribue à fabriquer de l'exclusion. En effet, à cause du rôle social qu'on leur fait jouer, de nombreux adolescents et jeunes adultes ne voient en elles qu'un facteur de sélection scolaire.

Plus grave enfin, les apprenants ont des difficultés à donner un sens physique aux concepts en sciences physiques, et particulièrement au concept fondamental de l'énergie et à établir des liens avec d'autres concepts. Les apprenants disposent de connaissances parcellaires à une situation particulière. Ils abordent l'apprentissage du concept d'énergie avec des représentations construites avant et /ou pendant son enseignement qui diffèrent de celles véhiculées par les modèles scientifiques.

A ce qui est dit plus haut, il convient d'ajouter une observation particulière : en effet, une lecture attentive des programmes des sciences physiques et des documents qui les accompagnent, (programmes et instructions officielles, brochure sur les activités de classe des apprenants en sciences physiques, actions de formation) révèle des aspects paradoxaux :

- les représentations de l'apprenant ne sont pas tenues compte dans les programmes du lycée et collège; il apparaît ainsi, bien souvent comme le « présent-absent » du système éducatif : il est là, on tient rarement compte de ce qu'il sait ou croit savoir,
- le savoir scientifique « passe mal » : le vocabulaire scientifique ou de spécialité utilisé leur est inaccessible. Ce qui fait que ce savoir est peu intégré ou rapidement oublié, et surtout qu'il est rarement utile, du fait qu'il s'avère peu mobilisable dans la pratique de la vie quotidienne,
- dans les documents d'accompagnement, les études devront être centrées sur des activités de classe concrètes prises dans l'environnement naturel et technique des apprenants ; en revanche, il y a peu d'indications sur la prise en compte des connaissances de la vie courante des apprenants dans les démarches de modélisation pour les activités de classe.

Pour autant, l'utilisation des outils de connaissances locales est très peu prise en compte dans la pratique de l'enseignement « ordinaire ».

Par ailleurs, différents travaux tendent à montrer un décalage entre les attentes et les réalisations. Ainsi, en particulier, dans le cadre de la conceptualisation de la notion d'énergie, les travaux

menés ont révélé d'importants « problèmes » : l'étude de modélisation de l'enseignement de l'énergie a montré notamment (Lemeignan, Weil-Barais ; 1990) que :

- les programmes actuels de l'enseignement de l'énergie ne préparent en priorité les apprenants qu'à l'évaluation terminale, ce que l'on réussit plus sûrement avec les exercices méthodiques, austères, répétitifs, qui font accepter l'effort dans l'espoir d'un succès, privilégiant ainsi le modèle de transmission du savoir au détriment de celui de la construction.

Cette façon de faire rend l'enseignement de l'énergie comme une suite de définitions, de règles et de formules que l'apprenant doit savoir apprendre et savoir appliquer docilement dans des exercices plus ou moins répétitifs. On se met dans le crâne tout cet outillage d'opérations, de relations, puis on multiplie les entraînements jusqu'à pouvoir traiter n'importe quel exercice comme un vrai petit ordinateur, et l'on est assuré de décrocher la moyenne sans avoir la moindre notion de l'énergie.

- l'enseignement de l'énergie semble se réduire à l'exposé de relations mathématiques (des formules) définitives de grandeurs physiques, sans que soit justifiée la nécessité de procéder à telles élaborations conceptuelles, sans que soient spécifiées les caractéristiques générales, des situations expérimentales et les questions afférentes, traitables à l'aide de ces grandeurs.

En fait, cet enseignement ne permet pas aux apprenants de construire le concept de l'énergie à travers le principe essentiel de sa conservation. Cela est réducteur puisque la conservation constitue un présupposé de la recherche des relations fonctionnelles entre les grandeurs décrivant les états et les transferts d'énergie.

Dans tous les cas, l'énergie dont on parle est une notion abstraite, insaisissable mais qui n'apparaît qu'à travers ses manifestations : lumière, travail, chaleur, force, puissance. Personne ne la définit avec des précisions susceptibles de permettre qu'on la balise : on a une perception intuitive de la notion d'énergie.

Partout ailleurs dans le monde, on reconnaît l'existence et l'importance de l'énergie et en Côte d'Ivoire dans toutes nos cultures (Akan, Krou, Mandé,...), elle est reconnue par ses effets qu'elle manifeste. Il paraît donc primordial de partir de nos connaissances locales à l'aide d'un vocabulaire accessible à tous ou en irriguant notre écriture aux sources de notre parler et les programmes d'enseignement en vigueur pour conceptualiser la notion d'énergie.

Le cas de l'introduction des outils de connaissances locales nous semble un cas particulièrement révélateur des écarts entre activités scientifiques et activités proposées en classe, et les résultats évoqués ci-dessus recourent ceux de rapport établi par J.Brénasin et A.Weil-Barais (1994) qui signalent que « la démarche de modélisation à laquelle sont conviés les apprenants est une démarche de confirmation de la théorie », mais les questions ainsi soulevées à propos des outils de connaissances locales se posent aussi dans le cas des activités de classe « traditionnelles » telles que celles de mécanique et électricité.

Ainsi, lors d'un travail préparatoire, nous avons choisi de vérifier à travers la question lexicale *«Une ampoule est reliée à une batterie par deux fils dont l'un comporte un interrupteur. Comment décririez-vous, en utilisant la notion d'énergie, ce qui se passe lorsqu'on ferme l'interrupteur?»*, l'idée que se font les apprenants à propos de la notion d'énergie.

Cette activité centrée sur le niveau d'interprétation a été conçue dans l'idée que l'apprenant mettra « automatiquement » en relation les objets matériels et outils de connaissances locales avec les théories. Notre observation et notre analyse ont montré (Richoux, 1998) qu'il n'en était rien : les apprenants ont réalisé l'activité proposée, fait et interprété sans aucune référence au phénomène physique, alors qu'on s'attendait qu'ils utilisent leurs connaissances pour analyser leurs observations.

L'ensemble « matériel + activité » qu'on a conçu comme un cadre potentiellement riche au niveau cognitif, a donc été appauvri par les apprenants. Ils ont, de fait, suivi à la lettre les consignes d'action données à travers la question posée, répondu, honoré leur contrat. Nous retrouvons là des résultats de l'analyse faite par K.Bécu-Robinault (1997) sur les activités des apprenants pendant les activités de classe traditionnelles : la distinction des différents registres entre la réalité expérimentale et la théorie (dans le « monde des choses » le registre des conceptions a une place particulière, et dans le « monde des théories et des modèles », c'est le modèle numérique qui s'impose) permet de mettre en évidence que sans consigne explicite l'articulation entre observation/interprétation et modèle/concept reste étrangère à l'apprenant et le passage au registre plus abstrait des modèles et concepts ne peut avoir lieu (H.Ayçaguer-Richoux, 2000).

D'ailleurs dans les travaux antérieurs, l'analyse comparative des performances des apprenants de l'enseignement sur l'énergie a révélé que de tous les concepts étudiés aussi bien en physique qu'en chimie au cycle secondaire, la compréhension de la notion d'énergie pose problème. Poser problème signifie, ici, qu'une solution s'impose pour y remédier et pour y arriver, il faudrait identifier les difficultés que les apprenants rencontrent.

Les difficultés rencontrées de l'enseignement sur l'énergie se situent de façon récurrente à plusieurs niveaux à savoir:

- D'abord, la mauvaise maîtrise du vocabulaire spécifique ou de spécialité par les apprenants, autrement dit les apprenants n'arrivent pas à irriguer leur écriture aux sources de leur parler ;
- Ensuite, la non uniformité d'introduire la notion d'énergie dans les programmes et manuels scolaires, et son caractère interdisciplinaire (physique, chimie, sciences de la vie et la terre, sciences humaines, ...); En effet, nous apprenons, en cours de physique, l'énergie cinétique, le théorème de Carnot, les Joules et les Watts. En histoire, l'invention de l'agriculture, de la voile et de la machine à vapeur. En géographie, les gisements de charbon des Etats-Unis, le pétrole du Moyen-Orient. En économie, les facteurs de production, les coûts, la croissance et les crises. Sans faire obligatoirement le lien entre toutes ces matières littéraires ou scientifiques.
- Ensuite et encore, la non analyse du mode de raisonnement de l'apprenant et le manque d'expérimentation pour améliorer l'état de connaissances des apprenants;
- Enfin, la part très importante réservée aux connaissances déclaratives.

Tous ces aspects ne peuvent que bloquer la compréhension du concept d'énergie par les apprenants.

Au terme de notre travail de recherche sur les difficultés de l'appropriation du concept d'énergie, il est à retenir que l'utilisation des outils de connaissances locales occupe une place importante. Ainsi, nous nous proposons d'orienter la présente réflexion dans le sens de la recherche de l'utilisation des outils de connaissances locales par les apprenants comme moyen de rémediation à leurs difficultés.

A l'issue de tous ces constats, les questions spécifiques de cette recherche sont :

1. Comment le concept d'énergie est-il introduit pour qu'il pose tant de difficultés aux apprenants et enseignants ?
2. Comment rendre le vocabulaire de spécialité accessible aux apprenants pour augmenter le degré de compréhension et de pratique du concept d'énergie ?
3. Comment les connaissances antérieures des apprenants peuvent-elles influencer les connaissances construites avec l'enseignant lors de l'enseignement de l'énergie ?
4. La réalisation des expériences en classe ne peut-elle influencer le degré d'assimilation du concept d'énergie par les apprenants ?

5. Comment aider les apprenants à améliorer leur fonctionnement, leur mode de raisonnement à l'aide des outils de connaissances locales ?
6. Quel type de connaissances est privilégié dans les manuels scolaires pour amener l'apprenant à comprendre et à pratiquer le concept d'énergie ?

Nous ne prétendons pas répondre à toutes ces questions, néanmoins ces interrogations ont donné naissance à notre recherche. Les travaux de recherche confirment que les apprenants paraissent s'affirmer et acquérir des savoirs plus facilement dans l'action. Généralement, dans l'enseignement des sciences, la croyance est assez répandue qu'il suffit de nommer, de définir pour savoir. Or, un mot n'est significatif pour l'élève que si cette signification a été construite par lui. En plus, la motivation est obtenue lorsque l'acteur est aussi l'initiateur de l'action. De ce fait, notre activité didactique et de recherche dans le présent travail est centrée sur l'action des apprenants.

Afin d'en faire une évaluation qualitative des difficultés d'apprentissage liées à la notion d'énergie, nous proposons d'articuler notre travail de recherche autour de la question fondamentale suivante : *les difficultés rencontrées par les apprenants lors de l'enseignement sur l'énergie ne sont-elles pas dues d'une part, au fait que les apprenants ne maîtrisent pas le vocabulaire de spécialité et d'autre part, par le fait que les notions enseignées sont désincarnées et ne font pas suffisamment référence à des situations concrètes, réalistes et qui rejoignent les apprenants ?*

Pour notre part, notre ambition est de chercher d'abord à comprendre la notion d'énergie à partir d'un vocabulaire concis afin de pouvoir identifier la nature des difficultés constatées lors de l'apprentissage.

IV - 3 L'IMPORTANCE D'UNE ANALYSE DU TRAVAIL DE L'ENSEIGNANT

Si, clairement, un certain nombre d'écarts s'expliquent par des contraintes matérielles ou de formation des enseignants, nous considérons qu'une cohérence anime chaque fois l'enseignant qui peut justifier ces choix.

La description et l'analyse détaillée des pratiques des enseignants en sciences physiques ont été l'objet de différents travaux tels que : l'enseignement par un professeur confirmé de la loi de

Newton et de la conservation de l'énergie dans un « high school » (Hewson et al, 1994), les différences entre les méthodes mises en œuvre par trois enseignants pour ce même enseignement (Olsen et al, 1996), la part des activités dans les séances de travaux pratiques sur le haut-parleur en classe de seconde (Luc et al., 1997), les interventions et l'influence d'enseignants dans la conduite d'observations expérimentales avec des apprenants (Haslam et al., 1998), les pratiques des enseignants lorsque les expériences ne « marchent » pas (Nott et al, 1995).

Notre projet, s'inscrivant dans cette approche, a donc visé la recherche des raisons qui doivent amener les enseignants à proposer aux apprenants l'utilisation des outils de connaissances locales et des méthodes d'analyse (représentations graphiques, modélisation « empirique » par une fonction mathématique, détermination de grandeurs, relations entre grandeurs, etc.). Deux axes se sont imposés d'emblée :

- L'analyse (ou la recherche) de la (des) référence(s) scientifique(s) qui sous-tend (ent) chaque association « observation-interprétation-conclusion » que l'on trouve en activités de classe.
- La prise en compte des paramètres liés à l'enseignement d'une science expérimentale au lycée : représentations plus ou moins implicites de l'apprentissage, de l'enseignement en physique, gestion d'une activité en groupe, gestion de l'articulation entre les séances d'activités pratiques et les séances de cours, contraintes matérielles, etc.

V - OBJECTIFS DE LA RECHERCHE

De ce qui précède, nous constatons que l'enseignement de l'énergie ne répond pas aux questions des jeunes. Ils trouvent l'enseignement de l'énergie « ennuyeux », les formules les rebutent et ils ont l'impression d'emmagasiner pour l'évaluation terminale des quantités de notions qu'ils oublient ensuite.

Face à cette situation, nous avons opté à travers cette étude, à appuyer les apprenants tout autant déconstruire que reconstruire car on apprend les choses en se basant sur les conceptions (justes ou fausses) que l'on a déjà des phénomènes.

Ainsi, nos objectifs visent :

1- A mettre en place des méthodes qui peuvent concourir à cerner, et ouvrir une meilleure lisibilité sur l'enseignement du concept d'énergie.

Une telle option doit permettre à rendre le vocabulaire de spécialité accessible à tous pour faciliter la compréhension et accroître le degré d'assimilation des élèves au concept d'énergie ; en

d'autres mots, il s'agit de faire en sorte que les notions enseignées soient incarnées et fassent suffisamment référence à des situations concrètes, réalistes qui rejoignent les apprenants.

2- Au plan de la remédiation, à partir de l'éducation traditionnelle des élèves, pour non seulement élaborer une représentation des situations expérimentales leur permettant de donner sens aux regroupements fonctionnels, mais aussi et surtout à utiliser les dispositifs expérimentaux de leur environnement pour faciliter la compréhension du concept d'énergie.

3- A tester le degré de compréhension et de pratique de la langue en usage dans le domaine de l'enseignement de l'énergie.

Il s'agit donc pour nous de résoudre les problèmes de compréhension que pose le concept d'énergie, dans son contenu et dans son expression au plan apprentissage.

4- A faire une étude comparative en vue de concilier les démarches antérieures et aider l'apprenant à se faire une idée plus juste dans l'interprétation d'une plus grande variété de phénomènes d'autres disciplines qu'il connaît déjà.

Autrement, il s'agit d'introduire le concept d'énergie de façon qu'il ait une signification physique pour les apprenants et qu'ils puissent le réinvestir plus facilement où ils se trouvent.

5- A permettre aux apprenants de pratiquer des essais, de manipuler du matériel, de s'initier à des techniques, de prendre en main des instruments, donc d'éprouver la consistance et la résistance du réel.

6- A vérifier, au niveau de l'expérimentation, la disponibilité du matériel didactique et la tendance observée au niveau de l'observation, l'analyse et l'interprétation des phénomènes.

7- A partir du vécu de l'apprenant ou de ses connaissances antérieures afin de lui permettre d'améliorer son mode de fonctionnement, son mode de raisonnement, de résolution de problèmes et d'utilisation des dispositifs expérimentaux. En fait, il s'agit d'aider les élèves à établir des liens non seulement entre les différentes variétés d'énergie (potentielle, cinétique, électrique, etc.), mais aussi et surtout entre les concepts de force, de puissance, de travail, d'énergie.

L'atteinte de ces différents objectifs devrait nous amener à trouver une stratégie efficace qui permettrait de passer d'un système d'enseignement hérité de l'époque coloniale à un enseignement

plus axé sur la transformation de l'apprenant et culturellement plus pertinent qui intègre les valeurs, le cadre socioculturel et linguistique des apprenants, ainsi que leurs besoins en matière d'enseignement ; c'est-à-dire l'utilisation des outils de connaissances locales.

VI - HYPOTHESES DE RECHERCHE

Notre expérience d'enseignant et de jeune chercheur nous a montré que la compréhension de la notion d'énergie par les apprenants d'une part, et la construction du savoir relatif aux chapitres de l'enseignement de l'énergie par les enseignants d'autre part, sont difficilement opérantes mêmes pour ceux qui ont suivi un cursus scolaire ou scientifique assez poussé. La forte utilisation de la notion d'énergie dans nos différents programmes d'enseignement (secondaire et universitaire), nous a amené à formuler les hypothèses suivantes:

1) La mauvaise maîtrise des notions en usage de l'enseignement de l'énergie par les élèves et les professeurs est à l'origine de la mauvaise appropriation et transmission de la notion d'énergie. Autrement dit, les difficultés de compréhension des notions en usage de l'enseignement et de l'apprentissage de la notion d'énergie proviennent de la mauvaise maîtrise du vocabulaire de spécialité par les différents acteurs.

Ainsi donc, les compétences langagières limitées des apprenants et des enseignants sont à la base des difficultés d'enseignement et d'apprentissage qu'ils éprouvent pour conceptualiser la notion d'énergie.

2) L'usage des outils de connaissances locales issus de notre éducation traditionnelle peut permettre une meilleure approche des réalités scientifiques abordées dans le cours relatif aux chapitres de l'énergie. Ainsi, le concept d'énergie sera accessible à tous les acteurs, et il y aura une croissance exponentielle aux niveaux de la transmission et de l'acquisition des connaissances.

3) Les stratégies pédagogiques mises en œuvre par les professeurs de sciences physiques pour faire construire la notion d'énergie, doivent tenir compte des idées qui font obstacles aux apprentissages. Ce qui donne l'occasion aux élèves d'exprimer les idées qui font obstacles aux apprentissages et permettent à leurs enseignants d'en prendre conscience. En d'autres mots, la reconnaissance par les enseignants des idées-obstacles à la construction de la notion d'énergie permet de remédier aux difficultés rencontrées par les élèves.

Pour tenter d'enrayer ces faits, nous pensons qu'il faut faire vivre aux apprenants des situations d'activités de classe ou des situations problèmes où ils acquièrent assez rapidement des compétences qui leur assurent une certaine autonomie de raisonnement dans cette partie essentielle du programme. Ainsi, à partir des premières idées des apprenants sur l'énergie, ils sont amenés à mettre en place le vocabulaire scientifique spécifique et à spécifier la nature et les caractéristiques des grandeurs en jeu, les relations entre les grandeurs de traitement ainsi que les formes de représentations symboliques utilisées pour exprimer et faire fonctionner l'outil de connaissances locales.

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

Chapitre II
ASPECTS METHODOLOGIQUES DE L'ETUDE

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

I - APPROCHE METHODOLOGIQUE

I – 1 LE PLAN EXPERIMENTAL

La compréhension des difficultés que nous avons mentionnées, nécessite la description et l'analyse des séances d'activités mises en jeu à partir de l'utilisation des schémas et des concepts pour communiquer, d'un vocabulaire spécialisé basé sur les structures syntaxiques et de certaines caractéristiques discursives. En effet, un apprenant de sciences physiques doit apprendre à « parler sciences physiques », c'est-à-dire : « définir en ses propres mots les concepts étudiés, décrire les objets d'études, expliquer les phénomènes observés, concevoir et décrire la procédure d'une expérience, formuler une conclusion et rédiger et présenter un rapport d'expérience » (Lemke (1990 p.156)).

Ces fonctions langagières (décrire, expliquer, calculer, formuler...) comportent une dimension scientifique de nature conceptuelle et dans certains cas, procédurale. Ainsi, pour être en mesure de maîtriser ces fonctions langagières, les apprenants doivent comprendre les concepts scientifiques impliqués comme celui de la notion de l'énergie, connaître et pouvoir utiliser correctement le vocabulaire spécialisé nécessaire, les structures syntaxiques et les caractéristiques discursives appropriées, notamment le style argumentatif et informatif à chacune de ces fonctions.

L'apprentissage s'exprimerait donc sous la forme d'un savoir langagier (parler sciences), d'un savoir procédural (faire sciences) et d'un savoir conceptuel (comprendre les sciences) (Laplante (2001, p.225)).

Vu non seulement la complexité du problème mais aussi et surtout l'interdisciplinarité de la notion d'énergie, nous avons jugé nécessaire de consulter les collègues et principalement ceux des lycées Sainte Marie de Cocody, Classique et Technique d' Abidjan, et des collèges modernes de Cocody et de l'Autoroute de Treichville, encadrant les élèves des classes de troisième (3^{ème}) et de premières (1^{ère}) scientifiques.

La majorité des élèves de 3^{ème} en question ont suivi pour la première fois un enseignement de l'énergie (deuxième fois pour ceux qui reprennent leur classe) pendant cette année scolaire. Ces cours sont portés essentiellement sur l'application du concept d'énergie à des dispositifs mécaniques et électriques.

Ceux des classes de 1^{ère} scientifiques suivent pour la deuxième fois après la classe de 3^{ème} (sauf ceux qui reprennent leur classe : 3 fois pour certains, 4 fois pour d'autres) un enseignement de l'énergie pendant cette année scolaire.

Afin d'en faire une évaluation qualitative, notre expérimentation a été entreprise auprès de 300 élèves, des deux sexes, de 14 à 20 ans poursuivant leurs études en classe de troisième (3^{ème}) et en classes de premières (1^{ère}) scientifiques durant l'année scolaire 2005/2006 (année au cours de laquelle nous avons réalisé cette expérimentation). Il en ressort que les apprenants issus de ces deux niveaux d'enseignement ont des difficultés sérieuses, ce qui est reconnu par l'ensemble des acteurs. En effet, la plupart des enseignants du secondaire sont unanimes que malgré les bonnes notes (plus de 78%) obtenues par les apprenants lors des différentes évaluations, ces derniers ne maîtrisent pas les concepts et les lois enseignées, n'arrivent pas à faire mettre en jeu les lois fondamentales de la physique dans des situations concrètes simples autant que possible proches de la pratique quotidienne, et n'arrivent pas à utiliser correctement le vocabulaire spécialisé : les articulations logiques, les structures syntaxiques et les caractéristiques discursives appropriées. Compte tenu de l'ampleur de la question, et en nous appuyant sur les travaux antérieurs existants, nous avons décidé d'axer notre démarche méthodologique sur les points suivants : le choix des enseignants et de l'échantillon, le choix du matériel, la construction du questionnaire de l'étude.

I-2 LE CHOIX DES ENSEIGNANTS ET DE LA POPULATION CIBLE

I - 2.1 Le choix des enseignants

Nous avons choisi de travailler avec 50 enseignants soit 10 enseignants par établissement avec une moyenne de 8 ans d'ancienneté, sur les différentes difficultés identifiées. Sur cet effectif d'enseignants, nous avons 14 enseignants titulaires d'un CAPES (BAC + 5), 17 titulaires d'un CAP/CPL (BAC+3) et 19 titulaires d'un CAP/CM (BAC+2). Avec ces derniers, encadrant les élèves des classes de 3^{ème} et 1^{ère} scientifique, un travail exploratoire a été fait pour dégager les activités et les questions à leur proposer.

I - 2.2 Le choix de la population cible

Du fait que le programme de l'enseignement de l'énergie au secondaire fait référence aux contenus disciplinaires enseignés en sciences physiques, nous avons opté au choix d'une population constituée de deux (2) échantillons :

- des élèves des classes de troisième (3^{ème}) des lycées et collèges suscités,
- des élèves des classes de premières scientifiques (1^{ère} C, D et E) des mêmes établissements.

Le choix des élèves interrogés dans les différents établissements est aléatoire et s'est fait comme suit :

a) Elèves des classes de 3^{ème} : 150 soit 50 par établissement (les lycées Classique et Technique ne disposent pas de premier cycle).

b) Elèves des classes de 1^{ère} : 150 soit 50 par lycée.

Le nombre total d'élèves ainsi concernés s'élève à 300 répartis comme indiqué ci-dessus dans les 5 établissements aléatoirement choisis.

I – 3 LE CHOIX DU MATERIEL DE L'ETUDE

Pour cette étude, la collecte d'informations s'est faite à l'aide d'un questionnaire auto-administré sur papier. Comme définit Muccheli (1993), les sujets sont individuellement seuls devant le questionnaire pour y répondre. Mais ce questionnaire est complété par l'entretien que nous avons eu avec les différents enseignants dont le corpus est constitué de l'ensemble des notes transcrites à partir des justifications des modes de réponses.

Pourquoi ces deux instruments de mesure ?

1- 3.1 Le questionnaire écrit

C'est un instrument de mesure standardisé, c'est-à-dire qu'il place tous les sujets dans la même situation pour permettre des comparaisons entre groupes de répondants : on ne doit pas, en cours de passation modifier les questions ou ajouter des explications. En même temps, le questionnaire devra répondre aux besoins de l'enquête : chaque question étant là parce qu'elle a une utilité.

1- 3.2 Les entretiens

Quant à l'entretien, c'est un instrument de mesure qui a pour objet de recueillir des réponses que se pose le chercheur et qu'il ne peut obtenir par d'autres moyens.

1-3.2.1 La méthodologie pour les entretiens

L'ensemble des entretiens que nous avons menés avec les enseignants sont semi-directifs, et nous nous sommes appuyés sur les références méthodologiques données par Blanchet (Blanchet et al., 1996) et De Ketele (De Ketele et al., 1991) pour les construire.

Nous avons choisi de suivre trois règles pour le contrôle de ces entretiens :

- nous avons posé des questions ouvertes pour les demandes de justifications de façon à orienter les questions destinées aux élèves.
- nous avons, avec les enseignants, orienté les questions de façon à obliger les élèves à réfléchir sur le sens des mots du texte et leur propre texte. Ce qui les amène à prendre conscience du vocabulaire utilisé, les relations syntaxiques et les articulations logiques.
- nous avons élaboré des questions qui respectent les trois typologies suivantes :

- a) *les questions de contrôle* qui permettent de vérifier la compréhension du concept d'énergie et les lois associées en proposant des formulations non traditionnelles ;
- b) *les questions d'application* qui cherchent à faire mettre en jeu les lois fondamentales issues de l'enseignement de l'énergie dans des situations concrètes simples, autant que possible proches de la pratique quotidienne ;
- c) *les questions de réflexion* permettant d'examiner la logique interne d'un raisonnement ou la validité du concept d'énergie utilisé à partir d'énoncés apparemment paradoxaux ou volontairement provocateurs, empruntés à l'histoire effective de la physique.

Ces entretiens ont pour objectifs de :

- demander des précisions sur des modifications du scénario pour tenir compte des difficultés rencontrées ;
- obtenir des indications sur les différentes interventions dans des situations qui sont apparues problématiques ;
- amener à préciser les pensées et les choix concernant les difficultés rencontrées.

De l'entretien devraient émerger les difficultés rencontrées par les différents acteurs (apprenants, enseignants) sur l'enseignement du concept d'énergie en sciences physiques et sur son apprentissage.

1-3.2.2 La grille des questions pour les entretiens

Ces entretiens nous ont amené à expliquer l'élaboration du questionnaire, à expliciter les choix faits, à indiquer les prévisions quant au déroulement et aux résultats. Ils doivent nous permettre de développer notre propre analyse. Pour notre travail, les réponses des enseignants devraient nous renseigner sur les réactions des élèves et sur le fonctionnement du test.

Le travail s'est déroulé en trois (3) phases :

- *Première phase : préparation des outils de collecte de données*

Cette phase a été consacrée à la préparation des outils de collecte des données. Ainsi, deux guides d'entretien ont été élaborés. Un premier guide à l'entretien des élèves et le deuxième destiné aux enseignants.

- *Deuxième phase : réalisation des entretiens (le pré-test)*

Cette phase nous a permis de :

- établir les consignes nécessaires pour la bonne compréhension des questions à soumettre à l'ensemble de l'échantillon ;
- améliorer l'agencement du questionnaire pour accroître sa lisibilité, réduire les ambiguïtés et clarifier certaines formulations.

Ainsi, l'étude empirique a été réalisée auprès de 15 enseignants de sciences physiques qui exercent dans les lycées et collèges ci-dessus mentionnés et de 50 élèves sur les 300 issus de ces établissements.

- *Troisième et dernière phase : enquête par questionnaire*

Un questionnaire a été adressé aux élèves à la suite des entretiens avec les enseignants et les élèves, afin de recueillir les difficultés. Il s'agissait pour nous de recueillir les raisons des difficultés. Le plus important dans cette phase de notre travail n'est pas de repérer les erreurs ponctuelles mais plutôt les structures explicatives sous-jacentes correspondant à une logique et pouvant faire obstacle à la construction du savoir sur l'énergie.

Le questionnaire administré aux 300 élèves des 5 lycées et collèges sus-cités, a été recueilli avec l'aide des 50 enseignants qui nous ont aidé à optimiser le retour des feuilles du questionnaire.

La formule définitive du questionnaire est adoptée à partir de l'analyse a priori du thème enseigné. L'élaboration d'une trame conceptuelle du savoir en jeu et la consultation des travaux antérieurs sur les difficultés de l'enseignement et de l'apprentissage de l'énergie dans l'enseignement secondaire nous ont permis de lister les termes, les mots, les relations syntaxiques, les modèles de raisonnement et autres, susceptibles d'être à la base de ces difficultés.

Notre travail a ensuite consisté à associer un ou plusieurs indicateurs à chaque difficulté pressentie. Ces indicateurs ont permis de rédiger les questions permettant de tester la pertinence de notre analyse a priori sans toute fois dévoiler notre intention et donc d'induire des réponses convenues. De nombreuses questions sont des questions fermées.

L'ensemble des questions qui sont administrées aux apprenants pour connaître leurs représentations, est basé sur des :

- photos prises dans leur livre en usage pour exiger des légendes les plus détaillées ;
- questions pour expliquer des faits ponctuels que l'on peut rencontrer quotidiennement ;
- schémas ou des photos pris dans des documents qui leur sont familiers pour discuter avec la notion d'énergie ;
- faits apparemment contradictoires pour les laisser discuter.

Pour avoir leur adhésion, nous avons expliqué aux apprenants que leurs productions ne seront pas notées mais qu'elles constitueront un outil de travail.

Pour le recueil des données, notre expérimentation a été menée à partir de deux questionnaires destinés à vérifier la maîtrise du concept d'énergie. Les deux questionnaires élaborés et analysés à l'aide de deux enseignants linguistes et anthropologues, sont destinés l'un aux apprenants et l'autre aux enseignants. Les trois sens des consignes retenus lors des pré-tests pour les tableaux de pourcentage des acteurs donnés par consigne sont les trois premiers qui ont eu de gros scores en pourcentage. Les différents types d'informations recherchés sont à peu près les mêmes dans les deux questionnaires afin de procéder à une comparaison objective. Ainsi :

- La question I est conçue en vue de permettre aux acteurs de définir d'une part la notion d'énergie, et à proposer d'autre part leur représentation personnelle de l'énergie.
- La question II est destinée à tester le répertoire linguistique et la maîtrise de la langue d'enseignement des apprenants.
- La question III est destinée à l'observation et à l'explication des photos.
- La question IV est conçue pour le repérage des éléments que les deux acteurs trouvent difficiles dans l'enseignement de la notion d'énergie.
- La question V est destinée à contrôler le lexique d'usage courant des apprenants.
- La question VI est destinée à tester leur avis sur l'expérimentation et les expériences (travaux pratiques) de classe.
- La question VII invite les apprenants à analyser les consignes dans la résolution des activités de classe tirées dans les manuels scolaires « AREX » en vigueur en 3^{ème} et 1^{ère}.

Ces questions (regroupées par thème) ont servi de trame pour le questionnaire qui est mené (**voir annexe I**). Selon les cas, les différentes questions posées dans l'ordre indiqué ci-dessus, et parfois, les réponses ont été fournies directement par l'apprenant sans qu'une question explicite ait été posée.

On peut noter que les questions posées aux apprenants portent essentiellement sur la planification des activités et les prévisions. En effet, une des difficultés de ces entretiens a été de poser des questions qui n'induisaient pas une réponse fabriquée pour la circonstance, c'est-à-dire que certaines « raisons » qui ont prévalu lors de l'élaboration de la séquence ont pu n'être qu'implicites, il s'agit alors de ne pas faire expliciter artificiellement des arguments qui ne l'étaient pas. La part d'implicite doit être prise en compte et distinguée de l'explicite, de

l'argument. C'est pour cela que nous avons posé des questions sur la compréhension, et sur le vocabulaire utilisé dans les différentes activités de classe, sur leurs perceptions.

I - 4 TRAITEMENT DES DONNEES

I- 4.1 La description de l'analyse des résultats

Les résultats sont décrits et analysés dans la deuxième partie de notre travail : LES FONDEMENTS DE L'ENERGIE ET SON ENSEIGNEMENT DANS LE SECONDAIRE, au chapitre II relatif aux Difficultés d'approche méthodologique dans l'enseignement de l'énergie en Côte d'Ivoire.

Les analyses sont faites à travers les sous chapitres Difficultés d'apprentissage des apprenants et Difficultés de transmission de la connaissance, et cela à la lumière de nos hypothèses de recherche.

Les différentes difficultés identifiées chez les enseignants et répertoriées lors du pré-test, sont analysées dans le sous chapitre Difficultés liées aux enseignants : difficultés de transmission de la connaissance.

I-4.2 Traitement des données

Pour l'analyse technique quantitative et qualitative des données, nous avons utilisé le logiciel EPI INFO 2002.

a) Présentation du logiciel EPI INFO 2002

EPI INFO (pour **INFORM**ation **EPI**démiologique) **2002** est un logiciel conçu pour faciliter la saisie, la gestion et l'analyse de données. Les premières versions ont été conçues au **Center for Disease Control** (CDC) aux Etats-Unis entre 1986 et 1987. A partir de 1988, l'OMS a également collaboré à l'amélioration du logiciel. En août 1989, la version 5 était la dernière disponible.

Par rapport aux logiciels du commerce, **EPI INFO 2002** présente plusieurs avantages :

- il a été conçu par des épidémiologistes et devrait répondre aux trois quarts des besoins du terrain;
- il est extrêmement simple à utiliser; l'apprentissage nécessaire est beaucoup plus court que pour d'autres logiciels du même type;
- il se trouve dans le *domaine public*, ce qui signifie que l'on peut copier et distribuer les disquettes et la documentation, même à grande échelle, en toute légalité; ainsi, dans un cadre pédagogique, on peut envisager de fournir des copies du logiciel à chaque étudiant.

b) Aspects techniques

Une carte est nécessaire pour l'affichage des graphiques à l'écran et une imprimante permet l'impression des données sur papier. L'installation de l'ensemble des modules d'**EPI INFO 2002** nécessite environ 1 MB sur disque dur. Les questionnaires d'**EPI INFO 2002** peuvent contenir jusqu'à environ 300 variables par sujet et l'on peut enregistrer et gérer jusqu'à 4 milliards d'enregistrements.

c) Utilisation

Normalement, une séance de travail avec **EPI INFO 2002** s'organise à partir de son menu principal où l'on peut choisir neuf options différentes. Les options les plus importantes sont celles qui permettent :

- de créer un questionnaire sur l'écran;
- de saisir les données sur ce questionnaire;
- d'analyser les données ainsi saisies.

Pour le fonctionnement de l'**EPIINFO 2002**, 10 programmes sont disponibles. Mais ceux qu'on a eu à utiliser le plus fréquemment sont :

- 1) EPED : éditeur de texte, pour créer un masque de la saisie.

La création du masque de saisie a consisté à définir pour chaque variable son nom et son format.

- 2) ENTERX : utilisé pour la saisie des données à partir du masque créé.

Après avoir inscrit le nom du fichier avec l'extension .rec, nous avons utilisé la touche 2 pour la création du fichier lors de la première saisie, la touche 2 pour ajouter des données au fichier existant.

- 3) ANALYSYS : a été utilisé pour l'analyse statistique du fichier de données créé.

Analyse statistique à partir d'un fichier de données.rec. Cela s'est fait à l'aide des commandes F2 qui :

- READ pour indiquer le nom du fichier à analyser ;
- BLANC (espace) pour lister les noms des fichiers de données disponibles ;
- FRAG pour la description des variables (fréquence ou moyenne) ;
- MEANS pour comparer les moyennes par analyse de variance ;
- LIST pour lire simplement les données en ligne ;
- HISTOGRAMM pour donner l'histogramme.

- 4) STATCALC : pour l'estimation de la « taille de l'échantillon ».

- 5) CSAMPLE : pour l'analyse statistique des données groupées.

- 6) EPITABLE : pour les calculs statistiques des données à l'écran.

d) La préparation d'un questionnaire

Les questionnaires se préparent à l'aide de l'éditeur qui fait partie du programme. Pour faciliter la saisie, la mise en page (ou plutôt la "mise en écran") peut correspondre exactement à la mise en page du questionnaire utilisé par des enquêteurs sur le terrain. Les noms des variables, par exemple **travail, force, puissance, chaleur, feu, température**, etc., apparaîtront suivis de symboles indiquant à quel endroit les valeurs doivent être introduites. Ainsi, très simplement, les symboles _____ et ## peuvent servir pour la saisie des données alphanumériques et numériques respectivement.

D'autres symboles servent à définir d'autres types de variables, comme les dates, etc. Le tout se fait sans programmation.

L'exemple ci-dessous présente un exemple de questionnaire élémentaire créé par **EPI INFO 2002**.

ETUDE SUR LA CONSIGNE

DANS UNE CLASSE DE TROISIEME DU COLLEGE MODERNE DE COCODY

CONSIGNE _____SENS1 ___SENS2 ___SENS3___

e) La saisie des données

Une fois le questionnaire créé, la saisie des données se fait à partir d'une autre option du programme. Simplement, pour chaque sujet enquêté, les informations sont relevées dans les champs prévus à cet effet qui seront affichés à l'écran.

Pour augmenter la fiabilité de la saisie, une autre option permet de définir des critères de validation pour chaque variable. Par exemple, il est possible de limiter les modalités de la variable **consigne** à "SENS1", "SENS2" et "SENS3", ou, dans une étude pédiatrique, celles de la variable **âge** à la fourchette allant de 0 à 14 (ans). Ces limites sont également définies à partir d'un menu et sans aucune programmation.

f) L'analyse des données

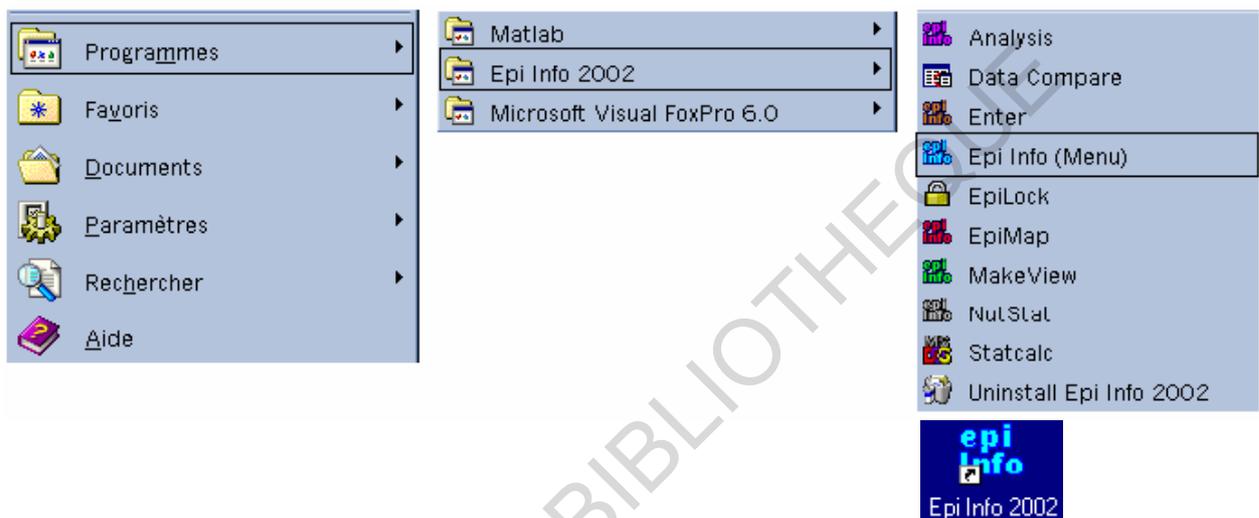
Une fois les données saisies avec **EPI INFO 2002**, l'analyse s'effectue à partir d'une autre option du programme. La plupart des analyses se font à l'aide de commandes de deux ou trois mots. Le premier mot indique le genre d'analyse que l'on veut effectuer, les mots suivants indiquent les variables sur lesquelles l'analyse doit porter. Les résultats qui vont suivre se rapportent tous au modèle du questionnaire présenté ci-dessus. Seuls, trois exemples de commandes élémentaires sont présentés ici:

- LIST pour obtenir des listes;

- **FREQ** pour obtenir des distributions de fréquences;
- **TABLES** pour obtenir des tableaux (en particulier pour des tableaux de contingences 2 x 2).

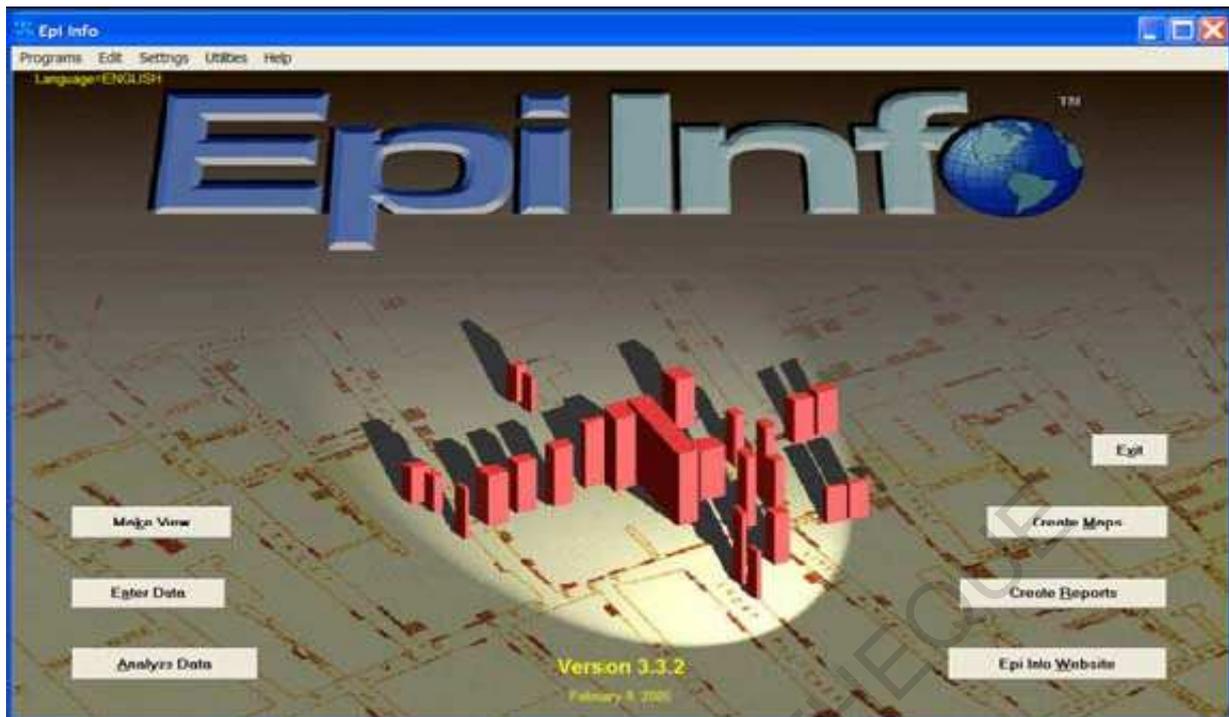
g) Ouverture EPI-INFO 2002.

Pour démarrer EPI INFO 2002, vous devez cliquer (enfoncer le bouton de gauche de votre souris après avoir positionné le curseur de la souris) sur le bouton « Démarrer » de Windows, puis positionner le curseur de la souris sur l’option « Programmes » du menu, ensuite sur l’option « Epi Info 2002» du sous-menu et enfin cliquer sur la ligne « Epi Info (Menu) » du dernier sous-menu.



On peut aussi cliquer sur le raccourci qui se trouve sur le bureau : si on en a créé un au moment de l’installation. Attention, si on double-clique sur un fichier .MDB produit par EPI INFO 2002, on risque, si ACCESS est installé sur la machine, de l’ouvrir avec ACCESS ce qui conduit à un blocage.

Le menu principal d’Epi Info 2002 est affiché



h) Fermer EPI-INFO 2002.

On clique sur le bouton depuis le menu principal.

II - DIFFICULTES METHODOLOGIQUES

De nombreuses difficultés ont été rencontrées au cours de ce travail en raison du comportement de certains de nos interlocuteurs (enseignants et apprenants) qui ont trouvé à travers nos entretiens et notre questionnaire (fermé ou ouvert) un test à leur degré de compréhension des termes, des notions ou même des phénomènes malgré les assurances que nous leur avons données.

Dans l'ensemble, l'enquête s'est bien déroulée. L'impossibilité de respecter le programme des entretiens mis en place en commun avec les différents acteurs compte tenu de la charge de travail de certaines personnes ressources en a constituée une des difficultés. Cet état de fait a entraîné que sur 50 élèves retenus pour le pré-test et 50 enseignants, seulement 50 élèves et 40 professeurs ont effectivement participé.

Quant au retour des feuilles du questionnaire, nous nous réjouissons de l'obtention de la quasi-totalité des feuilles, sauf 35 sur 300 feuilles qui ne nous sont pas parvenues.

Dans le cadre de l'entretien puis de l'enquête, les caractéristiques concernant l'âge, la catégorie sociale, les modes de pensée valaient à la fois comme variables explicatives et comme déterminants de nos capacités d'adaptation au milieu observé (Bizeul, 1998). Les représentations

que se faisaient les différents acteurs (enseignants, apprenants) et notre comportement modelaient pour partie nos relations avec ces derniers.

Les propriétés spécifiques renvoyant aux caractéristiques des acteurs influaient également sur nos possibilités d'intégration. Ainsi, nous avons pris connaissance des règles et routines respectant les différents acteurs pour adapter notre comportement et notre travail.

Notre présence a dû constituer une menace au départ à la bonne marche du fonctionnement du groupe de travail. Dès lors, il était fréquent que les différents acteurs offraient des résistances et tentaient d'annihiler notre travail de recherche.

Nous avons été amené à passer de longs moments après les entretiens avec les apprenants, à réajuster avec les collègues le questionnaire pour les réponses escomptées. Mais cela, loin d'être un handicap majeur, nous a permis de relever une situation paradoxale :

Comment des élèves qui obtiennent de bonnes notes au niveau des devoirs de classe, n'arrivent pas à donner sens à des termes comme « justifier », « montrer », « conclure », « démontrer », « interpréter »,... ? En effet, le concept d'énergie faisant partie des concepts abstraits en sciences, les apprenants lors de l'analyse des phénomènes liés à la notion d'énergie, utilisent le plus souvent le sens commun que les lois et les modèles scientifiques.

Nous avons interprété cette attitude par le fait que l'apprenant n'analyse pas les situations qui lui sont proposées, il refuse de raisonner et fait preuve de manque de compétences méthodologiques.

Cette conduite nous a amené à nous poser les questions suivantes : Est-ce que l'enseignant a-t-il développé chez l'apprenant ces capacités intellectuelles : le mode de raisonnement et les compétences méthodologiques? Le mot ou le terme n'a-t-il pas de sens pour l'apprenant que si la signification a été construite par lui et validée par l'enseignant ?

DEUXIEME PARTIE

**LA CONSTRUCTION DU SAVOIR ET
L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES PHYSIQUES EN
CÔTE D'IVOIRE**

L'organisation traditionnelle de l'enseignement secondaire en Côte d'Ivoire repose sur la gestion du temps scolaire en découpage disciplinaire.

A chaque discipline correspondant un certain nombre de plages horaires hebdomadaires ; si bien que les savoirs se présentent d'emblée aux apprenants comme segmentés.

Au sein de chaque discipline, la transmission du savoir implique souvent la division de ce dernier en objets bien délimités donnant lieu à des apprentissages désynchronisés et linéaires selon l'expression de A. Maingain (2002). Le savoir n'est distillé goutte à goutte selon une progression qui va du simple au complexe.

On peut décrire le fonctionnement habituel de l'institution scolaire par la formule suivante : des tranches d'élèves reçoivent des tranches de savoir dans des tranches horaires.

L'enseignement des sciences physiques dans le secondaire ivoirien reste, avec quelques aménagements imposés par les circonstances, dans la ligne du système français dont il est l'héritier. La Côte d'Ivoire a même constamment répercuté à la différence d'autres Etats africains, les transformations de structure ou programmes qui étaient décidées en France et ce n'est que récemment qu'elle a continué sur sa lancée sans entériner les modifications françaises.

Ce parallélisme a été tempéré par une progressive transformation des programmes, qui allait dans le sens d'une meilleure adaptation, mais la nécessité de maintenir la parité des diplômes et le souci de rester conforme au modèle ont parfois conduit à des options difficiles à justifier dans une optique de résolution africaine.

Ce maintien d'une similitude avec le système de référence a longtemps permis, et permet encore, le passage sans formalités de l'enseignement secondaire ivoirien aux universités et aux grandes écoles françaises, ce qui est un avantage pour la Côte d'Ivoire qui ne dispose pas de toutes les institutions correspondantes.

Cependant, après notre autonomie, la meilleure adaptation de nos programmes d'enseignement de sciences physiques est confiée à l'Inspection Générale du ministère de l'Education nationale sous la responsabilité du Directeur de la pédagogie, qui à son tour confie l'élaboration des programmes aux Inspecteurs Généraux des différentes disciplines.

Ces programmes conçus, pour les sciences physiques, sont expérimentés dans les antennes des directions régionales de l'Education nationale. A la suite de l'expérimentation effectuée par les animateurs et conseillers pédagogiques régionaux¹ pour la faisabilité du programme, les

Inspecteurs Généraux l'adoptent comme nouveau programme officiel d'enseignement/apprentissage pour toute la Côte d'Ivoire.

A la lumière des contenus et des programmes de sciences physiques plusieurs fois remaniés, comment, d'une part les contenus de l'enseignement des sciences physiques ont-ils évolué, et d'autre part se sont opérés les modèles et les approches pédagogiques au secondaire en Côte d'Ivoire?

Avant de répondre à cette interrogation, il convient d'analyser le statut des sciences physiques dans le secondaire ivoirien.

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

1. Les animateurs pédagogiques régionaux sont des enseignants de lycées et collèges modernes, titulaires du CAPCM ou du CAPCPL ou du CAPES de six à sept années d'expérience professionnelle au moins, qui ont réussi au concours d'animation pédagogique. Les conseillers pédagogiques régionaux sont des anciens animateurs pédagogiques qui ont bénéficié d'une promotion dans leur direction régionale. C'est parmi eux que sont nommés sur la proposition du ministre de l'éducation nationale, les inspecteurs de l'enseignement secondaire.

Chapitre III

**LE STATUT DES SCIENCES PHYSIQUES DANS
L'ENSEIGNEMENT SECONDAIRE IVOIRIEN**

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

Les sciences physiques connaissent aujourd'hui une situation très contrastée. Elles continuent à être très vivantes et productives : les nanosciences rapprochent le monde quantique microscopique et la matière condensée, la matière molle rapproche physique et chimie du vivant, des préoccupations de physique des particules rejoignent celles des sciences de l'univers; de plus toutes ces disciplines font appel aux technologies les plus avancées et les stimulent. Par ailleurs la physique illustre particulièrement bien la méthode scientifique, par son dialogue constant entre modèle et expérience et par sa capacité d'intégration de phénomènes très divers.

S'il n'est plus à démontrer l'importance de l'enseignement des sciences physiques dans la formation scientifique des élèves, il est reconnu aussi que de nombreuses difficultés entravent cet enseignement de la gestion jusqu'à l'évaluation. En effet, malgré les efforts déployés par les enseignants pour assurer un enseignement efficient des sciences physiques, celui-ci n'a pas encore atteint les objectifs souhaités. Ceci nous permet de constater que chacun des acteurs a une responsabilité qu'il ne peut bien assumer qu'en parfaite symbiose avec les uns et les autres.

Aussi pour qu'un enseignement scientifique soit de bonne qualité et pour ce qui nous intéresse, il est primordial que ses objectifs soient clairement définis. Ceci doit être établi en tenant compte de la spécificité des sciences physiques.

Même si les objectifs assignés aux sciences physiques ne sont pas clairement définis, quel est son statut dans l'enseignement secondaire ivoirien ? La réponse à cette interrogation nous oriente à la présentation des sciences physiques, leurs relations avec les autres disciplines, et leur place dans l'enseignement secondaire ivoirien.

I - LA PRESENTATION DES SCIENCES PHYSIQUES

Comparativement aux mathématiques, les sciences physiques ont pour objectif principal d'apprendre et de comprendre les différentes facettes des phénomènes physiques régissant le monde réel, pour pouvoir les utiliser, les modéliser et les manipuler en vue d'applications technologiques.

L'apprentissage et la compréhension de ces différentes facettes exigent :

- l'identification des principes de base qui permettent d'expliquer les phénomènes physiques et des dispositifs simples mettant ceux-ci en œuvre ;
- le passage de l'observation d'un phénomène physique (expérience) à la formulation d'un énoncé court, en langage courant, décrivant ce phénomène ;
- l'analyse d'une situation physique, décrite en langage courant, pour identifier le formalisme mathématique adéquat pour la décrire.

A ces caractéristiques décrites, il convient d'ajouter que l'enseignement des sciences physiques concourt non seulement à l'apprentissage de concept et de modèles, de méthodes de résolution de problèmes et d'instruments de mesures, mais qu'il contribue à la formation de compétences transversales et langagières.

Les compétences langagières concernent les attitudes (la curiosité, le sens critique, la créativité, la responsabilité, ...), des méthodes de travail (savoir organiser son travail, gérer son temps...), des capacités à représenter et à traiter les informations (rechercher, analyser, synthétiser une information) et des concepts très généraux comme le temps et l'espace.

Les compétences langagières concernent la rédaction de comptes-rendus, de résumés, de lectures de textes (descriptifs, argumentatifs, prescriptifs).

Comment ces différents éléments sont pris en compte dans l'enseignement secondaire ivoirien ?

I- 1 LES FINALITES DES SCIENCES PHYSIQUES AU PREMIER CYCLE DU SECONDAIRE

L'enseignement des sciences physiques en Côte d'Ivoire s'inscrit en droite ligne de la logique de la réforme du système éducatif et, ce, conformément à la loi directrice de l'éducation et de l'enseignement n° 95-696 du 7 décembre 1995. Cette loi stipule qu' à l'école incombe la double mission primordiale d'assurer en général « *la formation cognitive des apprenants et celle de leur faire acquérir les méthodologies de travail et de résolution de problèmes* » et qu' en particulier, la finalité des sciences est de permettre aux apprenants de « *maîtriser les diverses formes de la réflexion scientifique et de s'habituer à la pratique de la démonstration et de l'argumentation* »

ainsi que de leur faire acquérir des compétences de résolution de problèmes et d'interprétation des phénomènes naturels et humains ».

Avec l'enseignement des sciences physiques au collège, les élèves appréhendent l'univers matériel tant naturel que construit dans lequel ils vivent. Par l'observation et l'investigation (manipulations, recherches documentaires...), ils reconnaissent des interactions de tous les jours entre la matière et des phénomènes physiques courants (essentiellement ceux qui sous tendent la nature); ils construisent qualitativement des concepts et « dégagent » des lois qui régissent les phénomènes étudiés. En mettant à profit leurs acquis, ils doivent s'entraîner aux explications ou aux solutions à des problèmes d'une complexité de degré moyen, à réaliser de petits projets et à s'approprier des manières de communiquer.

I-2 LES FINALITES DES SCIENCES PHYSIQUES AU SECOND CYCLE DU SECONDAIRE

Dans une perspective de continuité et de complémentarité avec l'enseignement de base, l'enseignement au second cycle du secondaire vise chez les élèves à :

- Acquérir le goût de l'observation, de l'action, du travail en groupe ;
- Acquérir une attitude scientifique, critique ;
- Faire sienne la démarche expérimentale : systématiser la pratique de la démarche scientifique par la mise en pratique fréquente de son protocole de base (indiquer les éléments du problème posé, construire des hypothèses, recourir à l'expérience, à la recherche documentaire ou sur le terrain pour confirmer ou mettre en doute les hypothèses avancées, conclure ou déduire...);
- Développer des éléments de culture scientifique qui les aideront à se faire une représentation rationnelle des phénomènes et à se situer dans le monde contemporain ;
- Acquérir une certaine autonomie, et ce, par la prise de conscience de la responsabilité d'agir pour apprendre et par le développement de l'esprit de créativité.

Simultanément, on doit apprendre aux élèves à transférer ces savoirs, savoir faire et savoir être d'une manière intégrative dans des situations problèmes authentiques déclenchées par des phénomènes physico-chimiques.

C'est dans cette perspective que les programmes de sciences physiques sont conçus et élaborés en s'appuyant sur les idées directrices suivantes :

- centrer les contenus de l'enseignement sur l'essentiel et dégager un socle fondamental de connaissances déclaratives, procédurales et conditionnelles ;
- renforcer la corrélation de l'enseignement de la physique chimie avec celui des autres disciplines ;

- mettre l'accent sur l'unité profonde des phénomènes physico-chimiques qui structurent le monde naturel et qui permettent notamment une vision rationnelle et globale de l'environnement ;
- former l'esprit à la rigueur, à la méthode scientifique, à la critique et à l'honnêteté intellectuelle.

II - SES LIENS AVEC LES AUTRES DISCIPLINES

Toute discipline scolaire a sa raison d'être essentiellement par sa manière de concevoir le réel et d'y intervenir, voire par son regard particulier qu'elle porte sur le monde. Pour son fonctionnement, elle a besoin d'éclairages complémentaires qui peuvent être apportés par d'autres disciplines. Toutefois, elle peut à son tour éclairer ces dernières.

Donc, il n'est pas question de dissocier les apprentissages à réaliser en sciences physiques de ceux effectués ailleurs, non seulement dans les disciplines du domaine des sciences mais plutôt dans toutes les disciplines scolaires.

II-1 AVEC LES SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE (SVT) ET LA TECHNOLOGIE

Les « sciences physiques », les « SVT » et la « technologie » sont complémentaires par les nombreux Concepts qu'elles ont en commun. Pour comprendre la matière animée et l'univers vivant auxquels s'intéressent les SVT, il faut avoir un socle minimum de connaissances sur la matière inanimée et l'univers matériel qui sont de l'ordre des sciences physiques et inversement.

Pour comprendre le monde qui nous entoure, les sciences physiques s'appuient souvent sur les progrès en technologie, progrès qui sont eux-mêmes le fruit d'une exploitation efficace et efficiente de concepts, de lois et de théories de l'ordre de la physique et de la chimie.

Le développement de la technologie présente des interférences multiples avec celui des sciences physiques.

L'histoire de la technologie concerne celle des sciences physiques sur les points suivants de convergence :

- souvent, une même situation peut être abordée de deux points de vue complémentaires : la recherche d'un principe général d'explication (propriétés, loi), par une opération de décontextualisation qui relève de la physique, la mise en évidence de toutes les variables qui conditionnent l'efficacité de la pratique de l'instrument ;

- les deux disciplines ont des intersections, (en particulier la mesure et les pratiques expérimentales), ou des ressemblances dans la séparation des variables, la démarche hypothético-déductive (causalité ou preuve).

II-2 AVEC LES MATHÉMATIQUES

Pour l'étude des sciences physiques, on a besoin d'outils mathématiques (calculs ; notions de géométrie ; analyse ; modélisation ; représentations graphiques...). D'autre part, on a besoin de connaissances langagières, connaissances qu'apporte l'étude des langues véhiculaires.

Le lien entre les sciences expérimentales et les mathématiques, lien qui se crée tout au long de la scolarité, apparaît clairement au second cycle de l'enseignement secondaire, où il est fréquent de pouvoir réinvestir des connaissances mathématiques dans le cadre de la démarche d'investigation. Il est également possible d'introduire certains concepts mathématiques à l'occasion de la mise en œuvre d'une problématique basée sur une situation issue de l'enseignement des sciences et de la technologie.

La démarche d'investigation scientifique présente en effet des analogies entre son application au domaine des sciences expérimentales et celui des mathématiques. La spécificité de chacun de ces domaines, liée à leurs objets d'étude respectifs et à leurs méthodes de preuve, conduit cependant à quelques différences dans la réalisation. Une éducation scientifique complète se doit de faire prendre conscience aux élèves à la fois de la proximité de ces démarches (résolution de problèmes, formulation respectivement d'hypothèses explicatives et de conjectures) et des particularités de chacune d'entre elles, notamment en ce qui concerne la validation, par l'expérimentation d'un côté, par la démonstration de l'autre.

Les mathématiques sont un instrument irremplaçable de formation à la rigueur et au raisonnement; elles développent l'imagination, l'intuition, l'esprit critique ; elles sont aussi un langage international et un élément fort de la culture. Mais elles jouent en outre, par leurs interactions avec les sciences physiques, un rôle grandissant dans la conception et l'élaboration des objets de notre vie quotidienne.

En mathématiques comme en sciences physiques, les travaux pratiques et l'étude d'applications concrètes, notamment grâce à l'outil informatique, permettent aux élèves de reprendre confiance dans leurs capacités. Ils s'approprient la matière plus facilement parce qu'ils dépassent ainsi les difficultés que certains peuvent avoir à maîtriser une relative d'abstraction. En cela, il est essentiel de conserver des liens forts et réguliers entre l'enseignement des mathématiques et des sciences physiques.

Les sciences physiques étant écrites en termes mathématiques, elles ont depuis leur naissance eu des relations plus que profondes avec les mathématiques. Jusqu'au 20^{ème} siècle, les mathématiciens étaient d'ailleurs la plupart du temps physiciens (et souvent philosophes). De ce fait les sciences physiques ont très souvent été la source de développements profonds en mathématiques. Par exemple, le calcul différentiel, a été inventé indépendamment par Leibniz et Newton pour comprendre la dynamique en général, et la gravitation universelle en ce qui concerne le second. Le développement en série de Fourier, qui est devenu une branche à part entière de l'analyse, a été inventé par Joseph Fourier pour comprendre la diffusion de la chaleur.

II-3 AVEC LA GEOGRAPHIE

En physique, les connaissances liées à l'air, à l'eau et aux changements d'états par exemple peuvent servir à l'étude des climats en géographie.

Afin d'investir les savoirs et savoir faire en physique et en chimie pour le bien être collectif, pour préservation des ressources naturelles et pour la protection de l'environnement, on compte beaucoup sur les acquis d'ordre éthique et sur l'esprit de citoyenneté apportés par les éducations civique et religieuse, voire la philosophie.

II-4 AVEC LA PHILOSOPHIE

Pour l'étude de quelques thèmes philosophiques comme le déterminisme, l'épistémologie des sciences et la vision du monde, on a recours à des concepts, des lois et des théories de physique ou de chimie.

Quant à la pensée philosophique, elle peut favoriser le développement de l'esprit critique en physique et en chimie...

III - LEUR PLACE DANS L'ENSEIGNEMENT SECONDAIRE IVOIRIEN

III-1 ETAT DES HORAIRES DES DISCIPLINES ENSEIGNEES

Notre travail se focalise sur les sciences physiques puis sur l'enseignement de l'énergie, nous nous intéressons dans cette partie au pourcentage horaire des sciences physiques par rapport aux autres disciplines, particulièrement aux disciplines scientifiques des classes de troisième (3^{ème}) et de premières (1^{ère}) C et D.

Même si les objectifs de l'enseignement des sciences physiques sont de permettre aux apprenants de comprendre leur environnement, les scientifiques ont recours à un processus typique : ils observent, évaluent leurs données et présentent des rapports. Pour réaliser ces étapes, ils manipulent des concepts, des images mentales et visuelles.

Traitant de l'univers matériel et jouant un rôle déterminant dans le développement et l'amélioration du niveau de vie des sociétés, l'enseignement des sciences physiques dans le secondaire ivoirien tient une place importante dans les volumes horaires et dans le rythme d'évaluations.

Nous donnons dans les tableaux suivants, à titre d'exemple pour les sciences physiques dans l'enseignement secondaire, les volumes horaires des cours depuis 1980, le pourcentage que représentent les sciences physiques par rapport à l'enseignement des autres sciences (Mathématiques et Sciences de la Vie et de la Terre). De même, nous faisons cas du rythme des évaluations et terminons par le poids du coefficient des matières.

a) Classe de troisième

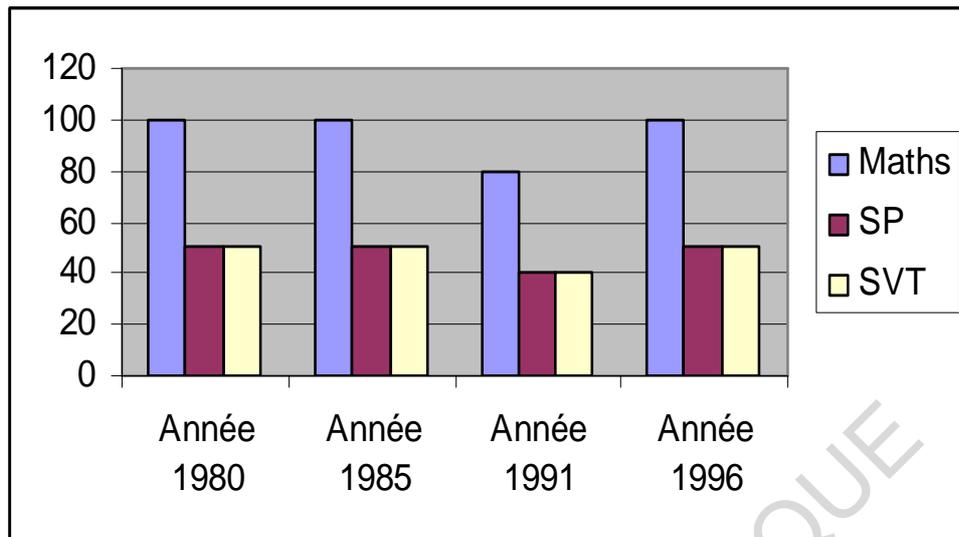
L'évolution des horaires d'enseignement en classe de troisième a été la suivante :

Tableau n°3 : Evolution des taux horaires d'enseignement en classe de 3^{ème}

Rentrée scolaire	Rentrée 1980	Rentrée 1985	Rentrée 1991	Rentrée 1996
Matière				
Français	150	150	120	150
Anglais	75	75	60	75
Espagnol	75	75	60	75
Allemand	75	75	60	75
HG	100	100	80	100
Maths	100	100	80	100
SP	50	50	40	50
SVT	50	50	40	50
Dessin/Musique	25	25	20	25
EPS	50	50	40	50

NB : de façon générale en Côte d'Ivoire, on a toujours eu 25 semaines de cours effectifs sauf à la rentrée scolaire 1990/1991, suite aux troubles sociaux dus à la réinstauration du multipartisme, on a fait 20 semaines de cours.

Histogramme n°1 : Histogramme de distribution des fréquences des taux horaires des matières scientifiques de la classe de 3^{ème}



Les tableaux n°3 et n°4 permettent de constater que les volumes horaires des sciences physiques et les sciences de la vie et de la terre restent constants et égaux, sauf en 1991 où les perturbations dues à la Réinstauration du multipartisme ont fait réduire le nombre de semaines à 25. Cependant, les volumes horaires des SP et des SVT sont égaux soit 50 heures, et viennent toutes deux en 2^{ème} position après les mathématiques avec 100 heures.

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

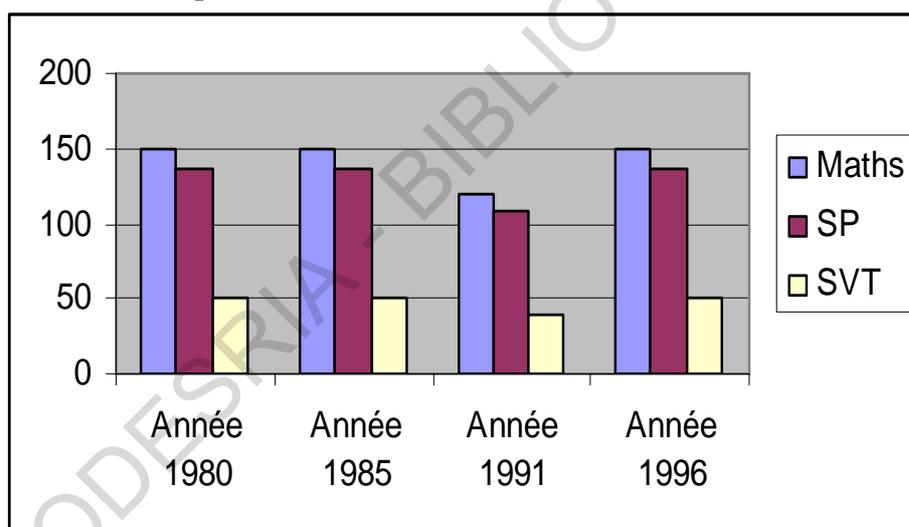
b) Classe de première C

Tableau n°4 : Evolution des taux horaires d'enseignement en classe de 1^{ère} C

Rentrée scolaire Matière	Rentrée 1980	Rentrée 1985	Rentrée 1991	Rentrée 1996
Français	75	75	60	75
Anglais	75	75	60	75
LV2	50	50	40	50
HG	100	100	80	100
Maths	150	150	120	150
SP	137.5	137.5	108.5	137.5
SVT	50	50	40	50
Dessin/Musique	25	25	20	25
EPS	50	50	40	50

NB : de façon générale en Côte d'Ivoire, on a toujours eu 25 semaines de cours effectifs sauf à la rentrée scolaire 1990/1991, suite aux troubles sociaux dus à la réinstauration du multipartisme, on a fait 20 semaines de cours.

Histogramme n°2 : Histogramme de distribution des fréquences des taux horaires des matières scientifiques de la classe de 1^{ère} C



Les deux tableaux n°3 et n°4 montrent une nette différence entre les trois disciplines. En effet, le tableau n°6 met en évidence cette tendance. Les sciences physiques viennent en 2^{ème} position avec 137.5 heures après les mathématiques qui ont 150 heures par année.

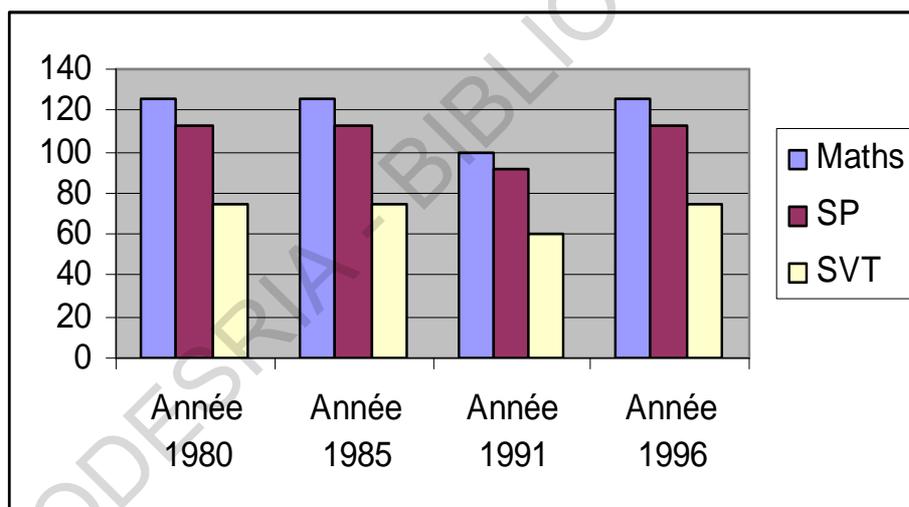
c) Classe de première D

Tableau n°5 : Evolution des taux horaires d'enseignement en classe de 1^{ère} D

Rentrée scolaire Matière	Rentrée 1980	Rentrée 1985	Rentrée 1991	Rentrée 1996
Français	75	75	60	75
Anglais	75	75	60	75
LV2	50	50	40	50
HG	100	100	80	100
Maths	125	125	100	125
SP	112.5	112.5	90.5	112.5
SVT	75	75	60	75
Dessin/Musique	25	25	20	25
EPS	50	50	40	50

NB : de façon générale en Côte d'Ivoire, on a toujours eu 25 semaines de cours effectifs sauf à la rentrée scolaire 1990/1991, suite aux troubles sociaux dus à la réinstauration du multipartisme, on a fait 20 semaines de cours.

Histogramme n°3 : Histogramme de distribution des fréquences des taux horaires des matières scientifiques de la classe de 1^{ère} D



Ce tableau n°5 et l'histogramme n°3 montrent également une nette différence entre les volumes horaires de chacune de ces trois disciplines. Les sciences physiques avec 112.5 heures occupent la deuxième place après les mathématiques qui ont un volume horaire de 150 heures.

III-2 RYTHME D'EVALUATION PAR MATIERE

L'évaluation des sciences physiques place cette discipline dans la position de première zone.

Pour harmoniser les évaluations des apprentissages au niveau national, une circulaire est adressée aux chefs d'établissements publics et privés pour le respect du rythme d'évaluation par matière et par niveau.

a) En classe de troisième

Tableau n°6 : Rythme d'évaluation par matière (sur la période de 2000 à 2005)

Discipline \ Type d'évaluation	Devoir Surveillé par trimestre	Interro Ecrite par trimestre	Interro Orale par trimestre
Anglais	2	2	2
Dessin/Musique	2	1	0
Français	5	0	0
Hist-Géo	2	2	0
LV2	1	1	1
Maths	3	3	1
SP	2	2	2
SVT	2	3	0
ECM	2	1	0

Après les mathématiques (7 évaluations par trimestre), les sciences physiques viennent en 2^{ème} position avec 6 évaluations, comme en témoigne le tableau n°6.

b) En classe de première C

Tableau n°7 : Rythme d'évaluation par matière (sur la période de 2000 à 2005)

Discipline \ Type d'évaluation	Devoir Surveillé par trimestre	Interro Ecrite par trimestre	Interro Orale par trimestre
Anglais	2	2	2
Dessin/Musique	2	1	0
Français	3	1	0
Hist-Géo	2	2	0
LV2 Allemand	2	2	2
Maths	4	3	1
SP	5	3	0
SVT	3	3	0
Philosophie	2	0	0

Le tableau n°7 montre qu'il y a une égalité entre le nombre d'évaluations en mathématiques qu'en sciences physiques, soient 8 évaluations pour chacune d'elles par trimestre.

c) En classe de première D

Tableau n°8 : Rythme d'évaluation par matière (sur la période de 2000 à 2005)

Discipline \ Type d'évaluation	Devoir Surveillé par trimestre	Interro Ecrite par trimestre	Interro Orale par trimestre
Anglais	2	2	2
Dessin/Musique	2	1	0
Français	3	1	0
Hist-Géo	2	2	0
LV2 Allemand	2	2	2
Maths	2	3	1
SP	5	3	0
SVT	3	2	0
philosophie	2	0	0

Ce tableau ci-dessus montre que les sciences physiques sont la discipline la plus évaluée, soit 8 évaluations par trimestre.

Au regard des différentes évaluations, les sciences physiques se placent dans le peloton de têtes des matières essentielles par niveau d'enseignement.

En considérant le fait que plus une discipline est évaluée plus est importante, les sciences physiques apparaissent comme une discipline essentielle (2^{ème} matière scientifique) pour les différents niveaux d'enseignement.

III-3 LE COEFFICIENT DES DIFFERENTES MATIERES PAR NIVEAU

a) Le niveau 3^{ème}

Tableau n°9 Le coefficient des différentes matières en classe de 3^{ème} (de 2000 à 2005)

Matière	Anglais	Dessin	Français	HG	LV2	Maths	SP	SVT	ECM
Coefficient	1	1	2	1	1	2	1	1	1

L'analyse du tableau n°9 montre que les mathématiques et le français sont les deux disciplines à gros coefficient 2. Les sciences physiques font partie des matières à coefficient 1.

b) Le niveau 1^{ère} C

Tableau n°10 Le coefficient des différentes matières en classe de 1^{ère} C (de 2000 à 2005)

Matière	Anglais	Dessin	Français	HG	LV2	Maths	SP	SVT	Philo
Coefficient	2	1	2	2	1	5	5	2	2

En série C, les mathématiques et les sciences physiques montrent comme l'indique le tableau n°10 qu'elles sont les disciplines qui ont le plus gros coefficient, soit 5.

c) Le niveau 1^{ère} D

Tableau n°11 Le coefficient des différentes matières en classe de 1^{ère} D (de 2000 à 2005)

Matière	Anglais	Dessin	Français	HG	LV2	Maths	SP	SVT	Philo
Coefficient	2	1	2	2	1	4	4	4	2

En série D, les trois (3) matières scientifiques ont le même coefficient 4, qui est le plus gros coefficient à ce niveau d'enseignement.

III- 4 LE POIDS REEL DES SCIENCES PHYSIQUES DANS L'ENSEIGNEMENT SECONDAIRE IVOIRIEN

Les sciences physiques, matières de base d'acquisition des connaissances scientifiques, jouent un rôle primordial dans la recherche du développement d'une culture scientifique et technique.

Sous l'influence des résultats des travaux de recherche, les contenus des sciences physiques progressent sans arrêt. L'enseignant des sciences physiques doit non seulement prendre en compte ces connaissances nouvelles, mais aussi et surtout se questionner de plus en plus sur les méthodes à mettre en œuvre dans son métier, la transmission pour l'acquisition des connaissances de cette discipline.

Les programmes sont conçus à cet effet de façon à assurer une bonne culture scientifique et technique de base à l'ensemble des élèves, et à préparer un certain nombre d'entre eux à poursuivre des études ultérieures en sciences ou dans des techniques spécialisées. Ces programmes ont pour mission de véhiculer une vision authentique des sciences en permettant aux jeunes de saisir les liens entre les sciences, la technologie, la société et l'environnement.

Le tableau ci-dessous nous donne le volume horaire par semaine et par année des sciences physiques sur le volume horaire global de l'ensemble des disciplines des deux niveaux concernés par notre travail.

Tableau n°12 : Répartition totale des horaires des classes de 3^{ème} et 1^{ère} depuis 1980*.

Classe	3 ^{ème}	1 ^{ère} C	1 ^{ère} D
Volume horaire			
Hebdomadaire de sciences physiques	2	5.5	4.5
Annuel de sciences physiques	50	137.5	112.5
Annuel total de toutes les disciplines	621	644	644

* On n'a pas tenu compte de la perturbation exceptionnelle de la rentrée 1990/1991, année de réinstauration du multipartisme en Côte d'Ivoire.

Ainsi, en classe de troisième, le volume horaire annuel est de 50 heures, soit 2 heures par semaine ; en classe de première C, on a un volume horaire total de 137.5 heures, soit 5.5 heures par semaine, et en classe de première D, on a un volume horaire 112.5 heures, soit 4.5 heures par semaine.

Au regard de ce tableau, nous constatons que la physique et la chimie occupent une place privilégiée dans le système scolaire ivoirien. D'abord, le volume horaire accordé à ces disciplines, 50 heures sur 621 heures en classe de troisième soit 8 % (sur les 10 matières y comprise l'éducation physique), 137.5 heures sur 644 heures (pour les 10 matières y comprise l'éducation

physique) en classe de première C soit 21.35 %, et 112.5 heures sur 644 heures (pour les 10 matières y comprise l'éducation physique) en classe de première D soit 17.47 % permettant aux enseignants de finir le programme dans le temps.

Ensuite, le mode d'évaluation, au Brevet de l'Enseignement du Premier Cycle (BEPC) comme au BACCALAUREAT, la physique et la chimie font parties des matières obligatoires aux différents examens et pour le passage en classe supérieure avec pour coefficient 2 en classe de troisième, 5 en classe de première C et 4 en classe de première D motivant ainsi les apprenants à fournir des efforts.

La non diminution du volume horaire malgré les modifications que subissent les différents programmes, témoigne de l'importance que les décideurs accordent et continuent à accorder aux sciences physiques.

III-5 L'ENCADREMENT PEDAGOGIQUE

Pour maintenir les sciences physiques dans le peloton de têtes des disciplines de première zone, différentes catégories d'encadreurs s'occupent du personnel enseignant. Malgré les difficultés de tous ordres (financiers, matériels didactiques, ...), l'espace national est couvert par un effectif de 51 agents pédagogiques, repartis comme suit dans les treize (13) directions régionales : 2 inspecteurs, 42 conseillers et 7 animateurs.

Tableau n°13 : Etat du personnel d'encadrement pédagogique en physique et chimie, par antenne de la pédagogie et de la formation continue (APFC) (Année 2005)

Encadreurs Pédagogiques APFC	Inspecteurs	Conseillers	Animateurs	Total
ABENGOUROU	0	5	1	6
ABIDJAN I	1	7	1	9
ABIDJAN II	0	5	2	7
BONDOUKOU	0	3	0	3
BOUAKE	0	1	0	1
DALOA	0	4	1	5
DIMBOKRO	0	3	1	4
GAGNOA	0	2	1	3
KORHOGO	0	1	0	1
MAN	0	2	0	2
ODIENNE	0	1	0	1
SAN PEDRO	1	3	0	4
YAMOUSOUKRO	0	5	0	5
TOTAL	2	42	7	51

La répartition sur l'espace national montre que la plupart des treize antennes de la pédagogie et de la formation continue bénéficient d'un encadrement pédagogique plus ou moins satisfaisant. Cependant, les directions régionales très éloignées de la capitale économique, ont un personnel d'encadrement très restreint.

L'encadrement des enseignants sur le terrain est assuré, en dehors du personnel d'encadrement, par les enseignants de l'Ecole Normale Supérieure. Tout cet ensemble de personnel participe à des visites de classe sur l'ensemble du territoire national.

Malgré ces quelques aspects positifs, il faut noter que beaucoup de nos établissements sont sous équipés en matériels didactiques mais aussi isolés des grands centres d'information et de communication.

La méthode et la démarche d'enseignement des disciplines de physique et de chimie sont en mutations perpétuelles, ce qui nécessite de la part des enseignants, une adaptation pour la mise à jour des connaissances acquises en formation initiale, par des séminaires de formation pour réduire les risques de sclérose intellectuelle des enseignants.

La situation de l'encadrement pédagogique et le problème de la formation continue des enseignants qui en découle posent le problème plus global du contrôle de l'application effective des programmes. En absence d'une telle évaluation, comment se rendre compte de l'efficacité d'un programme d'enseignement qui, lui-même, souffre déjà d'une insuffisance de préparation ? Dans ces conditions, il est extrêmement difficile de réaliser un projet pédagogique d'une telle ambition.

CONCLUSION

La tradition de l'enseignement secondaire ivoirien accorde une place particulière aux sciences physiques : si elles sont depuis plus d'un demi-siècle une discipline de formation générale, elles ne sont pas considérées comme un élément de culture. Les preuves de cette situation sont innombrables et se retrouvent à tous les niveaux, de l'école à l'université : la place des sciences physiques dans les programmes des écoles, dans le concours de recrutement, les horaires d'enseignement au collège, la possibilité, dans les séries scientifiques, de ne plus suivre d'enseignement de français, ni d'espagnol et d'anglais...

L'étude des différentes composantes des sciences physiques (physique et chimie) montre qu'elles ont une place primordiale dans l'éducation scientifique des apprenants, surtout dans un système pédagogique comme celui qui prévaut en Côte d'Ivoire et qui est caractérisé par une très forte directivité.

Les différentes statistiques : 50 heures sur 621 heures en classe de troisième soit 8 %, 137.5 heures sur 644 heures en classe de première C soit 21.35 %, et 112.5 heures sur 644 heures en classe de première D soit 17.47 % des programmes des différents niveaux d'enseignement des sciences physiques d'une part ; la couverture totale de l'espace national par un effectif de 51 agents pédagogiques, repartis dans les treize (13) directions régionales : 2 inspecteurs, 42 conseillers et 7 animateurs d'autre part ; en plus du coefficient important qui leur est affecté, lequel est soutenu par un nombre important de devoirs par trimestre, témoignent de l'importance que les décideurs accordent à la compréhension de notre univers, à l'acquisition de compétences en résolution des problèmes et au développement d'un savoir faire scientifique par les apprenants.

Ces différentes caractéristiques montrent que les sciences physiques occupent une place de choix dans l'enseignement secondaire ivoirien : elles sont pourvoyeuses d'outils méthodologiques et conceptuels pour les autres disciplines (elles ont une fonction instrumentale) quant à la formation de compétences transversales et langagières de l'apprenant.

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

Chapitre IV

REPERE HISTORIQUE ET CONTENU DE L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES PHYSIQUES

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

Dans le primaire, l'enfant est au régime du menu imposé ; dans le supérieur, l'étudiant avale le menu qu'il a choisi ; entre les deux, dans le secondaire, il compose son repas à la carte. Au collège, il goûte un peu tous les plats. Au lycée, il écarte les uns et retient les autres. Cette phase de dégustation est essentielle pour la suite des études et, plus généralement, pour le reste de la vie, car les plats dédaignés ne repassent pas.

Dans cette phase de présentation, l'enfant ne s'interroge guère, il réagit très rapidement, affectivement : « j'aime », « je n'aime pas », et la porte s'ouvre ou se referme sur le paysage à peine entrevu. C'est un piège évité ou une occasion manquée, peu importe, la sentence est tombée avant le délibéré.

Cette partie de notre travail évoque tour à tour la transformation des structures de formation, l'évolution du contenu de notre enseignement et cela depuis l'indépendance.

Ainsi, à une courte période d'euphorie succède une phase de relative stagnation, suivie par la suite d'un éclatement du système éducatif et d'un nouveau départ.

L'évolution de l'enseignement secondaire dans notre pays, depuis la fin de la deuxième guerre mondiale à aujourd'hui, se caractérise par l'évolution des structures héritées de la France avec quelques ajustements, et par une transformation des programmes et des méthodes orientées dans le sens d'une meilleure adaptation.

Cependant, après l'indépendance, la Côte d'Ivoire est longtemps restée dans le prolongement de la politique d'assimilation. Ce qui est illustré par Desalmand (2004) comme suit : « les souvenirs de l'époque de la colonisation ont créé dans l'âme africaine un étrange complexe qui fait que, tout en préconisant verbalement des solutions nationales et même nationalistes, les meilleurs esprits persistent instinctivement dans l'aliénation culturelle qui leur fût jadis imposée, par revendication jalouse d'identité complète (et mal comprise) avec les Européens. On préfère maintenir un enseignement inadapté et que l'on sait tel-les statistiques et les résultats aux examens le prouvent surabondamment- plutôt que d'oser prendre nettement position pour un système original qui saurait combler le fossé entre l'école et la vie. »

Nous allons dans ce chapitre définir d'abord les objectifs généraux des programmes, ensuite faire un aperçu historique de l'enseignement secondaire, et enfin analyser l'évolution chronologique du contenu des sciences physiques.

I- LES OBJECTIFS GENERAUX DES PROGRAMMES

I-1. LES FINALITES DE L'ECOLE IVOIRIENNE

Les finalités du système éducatif sont définies comme étant les objectifs ultimes, ou souhaités, vers lesquels tend l'école, à long terme. Ces finalités sont fixées par les responsables politiques. On en trouve la formulation dans les textes officiels (Constitution, Loi sur l'éducation, Textes officiels...).

Parmi les finalités qu'elle s'est fixées, l'école ivoirienne doit en particulier :

- favoriser l'intégration du citoyen dans la civilisation universelle ;
- préparer un citoyen responsable, agent actif du développement économique, social et culturel ;
- permettre au citoyen de comprendre les phénomènes du monde actuel, de s'adapter à l'évolution continue de la technologie moderne afin de maîtriser son milieu.

I-2. LES BESOINS DE L'ENFANT ET DE LA SOCIETE

Pour répondre aux besoins de l'apprenant et à ceux de la société, les programmes scolaires doivent être en relation, d'une part, avec son âge et son stade de développement et d'autre part, avec son niveau scolaire et son état d'avancement dans les sciences physiques.

La Nation ivoirienne qui a choisi la démocratie et le respect des droits de l'homme comme idéal de vie communautaire, et, qui donne la primauté au dialogue a besoin, pour sa cohésion, que soit favorisée chez le citoyen ivoirien dès son jeune âge l'idée de justice, de travail, d'égalité, de liberté, de solidarité, d'union, de discipline et de démocratie.

En outre pour son développement et pour répondre à l'évolution des sociétés actuelles, compétitives et sélectives, la société ivoirienne a besoin de citoyens responsables ayant l'esprit de créativité et le goût de l'action, de citoyens capables de comprendre les phénomènes scientifiques du monde actuel, de s'adapter à l'évolution continue de la technologie moderne sans pour cela perdre leur origine.

Les enfants du 1^{er} cycle de l'enseignement secondaire ont un âge qui varie entre 10 et 20 ans.

L'enfant ivoirien dans cette tranche d'âge a besoin d'exercer son esprit critique, sa curiosité et son sens de l'observation, d'acquérir un minimum culturel. Il s'interroge sur le pourquoi et le comment de certains phénomènes de son environnement. Il a besoin de communiquer, d'exercer son habilité manuelle et son esprit de créativité pour mieux intégrer son milieu.

Pour répondre aux besoins de l'enfant et de la société ivoirienne, les programmes de sciences physiques du premier cycle du secondaire par la méthode expérimentale amèneront l'élève à :

- acquérir le goût de l'observation, de l'action, du travail en groupe,

- acquérir une certaine habileté manuelle,
- acquérir un début d'attitude scientifique et critique et quelques bonnes habitudes vis-à-vis de l'approche expérimentale : description qualitative d'un phénomène, puis début quantitative,
- assimiler un certain nombre de notions et d'avoir compris quelques phénomènes physiques ou chimiques de son environnement,
- découvrir ses qualités intrinsèques et les développer.

Les enfants du second cycle du secondaire ont un âge qui varie entre 15 et 21 ans.

L'enfant ivoirien dans cette tranche d'âge a besoin de :

- comprendre certains phénomènes de son environnement ;
- exercer son esprit critique ;
- exercer son esprit de créativité ;
- acquérir un minimum culturel ;
- communiquer ;

pour son insertion dans la société.

Pour répondre aux besoins de l'apprenant et à ceux de la société ivoirienne, les programmes de sciences physiques du second cycle du secondaire, par la méthode expérimentale, amèneront l'élève à :

- acquérir le goût de l'observation, de l'action, du travail en groupe ;
- acquérir une attitude scientifique, critique ;
- faire sienne la démarche expérimentale ;
- découvrir ses qualités intrinsèques et à les développer.

I-3. LES BUTS DU PROGRAMME

Les buts du programme sont définis comme étant les objectifs globaux que poursuit ce programme, en fonction des finalités de l'école et des besoins qui ont été identifiés. Ces buts disent ce qui est visé par l'enseignement de tel programme, à quoi serviront les savoirs, les savoir-être et les savoir-faire qui y sont dispensés.

Le programme des sciences physiques de la classe de troisième des lycées et collèges vise à :

- sensibiliser les élèves à certains aspects de la physique ;
- participer à la formation, de la curiosité, de l'esprit critique, exercer les élèves à la pratique du raisonnement inductif, de la formulation d'hypothèses ;
- développer chez l'enfant le sens de l'observation, l'habileté manuelle et un certain nombre d'attitudes scientifiques.

Ses savoirs, savoir-être et savoir-faire devront permettre à l'élève de franchir les étapes importantes de son cursus scolaire, de découvrir et de développer ses qualités intrinsèques, et il est à espérer qu'ils puissent susciter des vocations scientifiques.

Le travail en équipe pendant les séances de travaux pratiques et les exposés favoriseront :

- la communication,
- l'esprit de créativité, de responsabilité et d'initiative,
- l'idée de justice, d'égalité, d'union, de discipline, de solidarité, de travail et de démocratie chez l'élève.

Le programme des sciences physiques du second cycle du secondaire vise à :

- donner à l'élève des connaissances scientifiques pour mieux s'intégrer dans la civilisation universelle ;
- développer chez l'élève (par la manipulation et l'expérimentation) l'esprit d'initiative et de créativité, le goût de l'action, et le préparer à l'exercice des divers métiers ;
- permettre à l'élève, par les connaissances scientifiques, de comprendre et d'expliquer les phénomènes du monde actuel ;
- amener l'élève, par l'acquisition des savoirs et de savoir-faire scientifiques, à s'adapter à l'évolution continue de la technologie pour mieux maîtriser son milieu.

I-4. LES OBJECTIFS GÉNÉRAUX DU PROGRAMME

Le programme d'enseignement des sciences physiques poursuit deux types d'objectifs : les objectifs généraux (OG) et les objectifs spécifiques (OS) à l'intérieur des objectifs généraux.

a) Les objectifs généraux

Généralement planifiés pour un niveau d'enseignement, les objectifs généraux traduisent les buts du programme en dispositions, cognitives affectives et psychomotrices, que l'élève doit acquérir. Ils visent un développement équilibré des connaissances, des attitudes et des comportements de l'apprenant en sciences physiques.

Pour atteindre chacun des objectifs généraux assignés pour les différents chapitres du programme dans le temps et selon le poids des différents objectifs, un tableau de spécification accompagne les objectifs généraux.

Ce tableau permet de pondérer, en pourcentage, la durée qu'il convient d'accorder, sur l'ensemble de l'année, à chacun des objectifs généraux.

Le pourcentage accordé à chaque objectif général est lui-même reparti sur trois niveaux taxonomiques, selon l'importance que l'enseignant doit accorder à la connaissance, à la compréhension et aux applications.

Les tableaux de spécification sont très utiles pour la confection des outils d'évaluation. Ils indiquent à l'enseignant le pourcentage des items qui doivent être consacrés à tel objectif et, à l'intérieur de ces questions, la proportion respective des items de connaissances, des items de compréhension et des items d'application.

b) Les objectifs spécifiques

Ces objectifs traduisent les objectifs généraux du programme des sciences physiques en comportements terminaux observables. Ils doivent être contrôlés ou évalués à la fin d'un enseignement donné.

Les objectifs spécifiques sont donc formulés en fonction de l'apprenant : ils décrivent un comportement attendu et réfèrent directement au contenu spécifique des sciences physiques.

Dans le libellé, ils doivent faire usage d'un verbe d'action qui soit l'expression opérationnelle d'une disposition cognitive, affective ou psychomotrice. Ils peuvent aussi préciser le comportement terminal observé chez l'apprenant.

Un objectif spécifique (ou terminal) peut être décomposé en sous objectifs spécifiques (ou intermédiaires).

II- REPERE HISTORIQUE DE L'ENSEIGNEMENT SECONDAIRE

L'enseignement secondaire ivoirien à l'instar des deux autres niveaux d'enseignement (primaire et supérieur) a bénéficié non seulement de gros efforts déployés par l'état, mais aussi et surtout de l'apport des spécialistes des différentes disciplines, notamment les trois premières décennies après l'indépendance. En effet, depuis l'indépendance, la transformation des structures de formation a été suivie de l'évolution du contenu de notre enseignement, laquelle est tributaire de son évolution politique.

Ainsi, à une courte période d'euphorie succède une phase de relative stagnation, suivie par la suite d'un éclatement du système éducatif et d'un nouveau départ.

L'évolution de l'enseignement secondaire dans notre pays, depuis la fin de la deuxième guerre mondiale à aujourd'hui se caractérise par l'évolution des structures héritées de la France avec quelques ajustements, et par une transformation des programmes et des méthodes orientées dans le sens d'une meilleure adaptation.

II-1 EVOLUTION DES STRUCTURES D'ENSEIGNEMENT

La structure du cursus scolaire est restée celle mise en place en 1947, qui était et reste identique à la structure d'enseignement française.

En effet, dans son livre « *Histoire de l'éducation en Côte d'Ivoire. De la conférence de Brazzaville à 1984* », Paul Désalmand (2004), signale que l'embryon d'enseignement secondaire était constitué par certains établissements religieux et de quelques « cours secondaires » ouverts pendant la guerre du fait de l'isolement des colonies.

Après la lutte politique qui avait pour principal objectif la destruction d'un système qui reléguait les ivoiriens, de façon générale les Africains, dans des cadres d'exécution, ils ont fait pression pour que se développe un enseignement semblable à celui de la Métropole.

Le résultat de la lutte a été la transformation en collèges modernes les écoles primaires supérieures et pour les rattacher au second degré.

Ainsi, est mis sur pied un « enseignement moderne court » allant de la sixième à la troisième. L'enseignement court peut être suivi, soit dans les collèges modernes « courts », soit dans les cours normaux. L'enseignement secondaire long peut être suivi dans les collèges modernes et classiques qui deviendront par la suite des lycées ou pour le second cycle de cet enseignement secondaire dans des écoles normales (de la seconde à la terminale).

A ces établissements, il faut ajouter les cours normaux (premier cycle) et les écoles normales (second cycle).

L'évolution rapide des structures va entraîner un manque d'enseignants dans ces établissements. Les enseignants des écoles primaires supérieures seront utilisés dans les cours normaux et les écoles normales. Cette manière de faire va entraîner un mécontentement général au niveau des politiques ivoiriens, puis que selon ces derniers, l'on a changé les noms mais non les choses¹.

1. La première année (1947-1948), les nouveaux collèges fonctionnent en fait avec le même personnel que les EPS récemment débaptisées ; l'année suivante quelques professeurs sont recrutés ; c'est seulement durant le premier semestre 1950 qu'un effort de recrutement est effectué. Archives Nationales du Sénégal (ANS) 2 G 50/44, p.16.

Après le 1^{er} Janvier 1956, la lutte aboutit à la mise en ordre des choses : des enseignants qualifiés et la transformation des structures scolaires.

Ainsi, les élèves qui entrent en sixième (6^{ème}) peuvent être orientés :

- soit vers un enseignement moderne court, dispensé dans des « collèges modernes courts », qui va de la sixième à la troisième et débouche sur le brevet élémentaire (BE) ;
- soit vers un enseignement classique ou moderne long, dans des « collèges longs » ou des lycées. Le premier cycle de cet enseignement long débouche sur le brevet de fin d'études du premier cycle (BEPC), qui est facultatif, et pour les bons élèves sur l'entrée dans le second cycle.

Les trois (3) années qui suivent (seconde, première, terminale) constituent ce second cycle qui débouche sur le baccalauréat et l'entrée à l'université.

Les cours normaux fonctionnent comme des collèges courts. Les écoles normales préparant au baccalauréat ont évidemment des programmes qui correspondent au second cycle de l'enseignement long.

A l'origine, comme a écrit Paul Désalmand (2004), s'est manifesté le souci de distinguer nettement un enseignement court (de la sixième à la troisième) et un enseignement long (de la sixième à la terminale) de façon à obtenir ce que l'on appelait des « cycles complets ». En effet, la distinction entre les deux systèmes repose sur les matières enseignées, l'âge des élèves, l'existence ou non de l'internat.

Comparativement aux « collèges normaux », les « collèges d'orientation » représentaient une formule intéressante consistant à ne regrouper que des classes de 6^{ème} et de 5^{ème} pour pouvoir ventiler les élèves, en fonction de leurs aptitudes, soit vers l'enseignement technique, soit vers l'enseignement secondaire général. Cependant l'ensemble de ces établissements se sont tous alignés sur les collèges normaux, avec des classes allant de la 6^{ème} à la 3^{ème}.

La création des centres d'animation et de formation pédagogiques (CAFOP) a entraîné progressivement la disparition des collèges et lycées normaux qui se transformèrent en établissements d'enseignement général à l'image de ce qui existait déjà.

A partir de 1963, l'accès en classe de seconde ne tient plus compte des différents systèmes mais des résultats des élèves. L'homogénéisation du système fut accentuée ensuite par le remplacement progressif dans les collèges d'enseignement général (CEG) issus des cours complémentaires (CC) de l'enseignement des sciences physiques et technologie (qui disparaîtront à leur tour à partir des années 1986), par une deuxième langue vivante.

En dépit des dénominations diverses données aux établissements, le premier cycle de l'enseignement secondaire constitue donc une sorte de tronc commun réservé à une partie des

élèves du cours moyen deuxième année (CM2), au terme duquel est affectée une répartition vers les filières professionnelles, l'enseignement long, la vie active ou la recherche d'un emploi.

L'évolution de ces structures aboutit dans les années 1965 à une nouvelle structuration de l'enseignement secondaire qui comprend désormais deux (2) cycles et un second cycle constitué des classes de seconde, première, et terminale.

L'examen du CEPE qui se déroulait indépendamment du concours d'entrée en sixième (6^{ème}) jusqu'aux années 1990, fait l'objet d'un seul test. A l'issue du test, ceux qui obtiennent 85 points sont déclarés admis au CEPE ; le nombre de points pour être orienté en classe de sixième (6^{ème}) est fonction des notes obtenues en classe et celles obtenues pendant l'année scolaire. La barre d'orientation en classe de sixième (6^{ème}) est fixée par le Ministre de l'éducation nationale selon le nombre de places disponibles dans les établissements.

A l'issue de la classe de troisième (3^{ème}), les élèves passaient le brevet élémentaire du premier cycle (BEPC). Les élèves des établissements publics sont orientés en classes de seconde à partir des moyennes obtenues dans les matières spécifiques : mathématiques, français, sciences physiques, anglais. Ceux des établissements privés accédaient aux classes de seconde à la suite d'un concours.

Mais depuis 1990, les données ont changé. Le test d'entrée en seconde est supprimé. L'accès en classe de seconde est fonction des notes obtenues dans les notes spécifiques en classe pendant l'année scolaire et celles obtenues pendant l'examen du BEPC.

Le premier cycle ivoirien se distingue donc de son équivalent français actuel par l'existence par le maintien du BEPC, remplacé en France par le brevet des collèges décerné en fonction du contrôle continu.

Le second cycle identique au système de référence, s'est distingué pendant la période 1980-1990 par l'institution de l'examen probatoire à l'issue de la classe de première, formule identique à la première partie du baccalauréat des années 1950.

Contrairement au système de référence, le système français, où à partir de 1982, les élèves de seconde suivent un programme commun et ce n'est que l'année suivante que s'opère une différenciation entre la première S (scientifique) et la première A (littéraire) puis ventilés selon leurs aptitudes et leurs options entre la terminale C (à dominante mathématique) et la terminale D (à dominante biologie), le système conserve les secondes A et C (tronc commun scientifique), des premières et des terminales A, C, D.

Ce maintien s'explique, comme le confirme Paul Désalmand (2004) par la volonté d'éviter un nivellement au détriment des sections C et d'aller ainsi dans le sens d'une politique tournée vers le renforcement des enseignements scientifiques.

Cette évolution très rapide de la structure scolaire due à la politique, s'est poursuivie par la transformation de l'intérieur que constitue l'évolution des programmes.

II-2 EVOLUTION DES PROGRAMMES D'ENSEIGNEMENT

De la conférence de Brazzaville à nos jours, les programmes d'enseignement ont connu trois aspects importants :

II-2.1 De l'alignement des programmes à leur adaptation

Pour prendre réellement en mains les leviers de commande à travers le développement massif de l'enseignement, les responsables ivoiriens et leurs alliés européens souhaitent l'alignement du système d'enseignement sur la France pour maintenir un rapport de type paternaliste. Mais la période après 1952 voit triompher les adeptes de l'adaptation des programmes sur ceux de l'alignement.

Contrairement à l'enseignement primaire où les mesures sont prises pour adapter partiellement l'enseignement aux réalités locales, l'enseignement secondaire, dans un rapport du recteur de l'AOF, Camerlynck, en 1953, déplore que dans le second degré « le principe de l'assimilation pure et simple aient triomphé sans réserves¹ ». En effet, comme il le signale, programmes, instructions officielles et diplômes sont strictement ceux de la Métropole².

L'enseignement local, avec ses diplômes particuliers et apparaissant comme une survivance condamnable du régime colonialiste, les Africains eux-mêmes ont opté pour un alignement complet sur les programmes français.

L'étiquette « local » marquant un produit de qualité inférieure, correspondant à un enseignement « adapté » à leur condition de « sujets français ».

Citoyens désormais, les Africains témoignent d'une extrême méfiance à l'égard d'un enseignement ou de diplômes qui ne seraient pas authentiquement métropolitains. Ils vont opter pour l'assimilation des programmes pour leur permettre d'avoir les mêmes diplômes et mêmes qualifications que les métropolitains.

1. Rapport du Recteur Camerlynck à la conférence des Directeurs de l'Enseignement (Paris, Septembre 1953) publié dans l'Education africaine n°28, 1955, p.7-32, Citation p.9

2. La seule adaptation à cette date concerne les langues vivantes. Du fait que le français n'est pas la langue maternelle des élèves, l'horaire de langue vivante est réduite au profit de l'enseignement du français. La langue vivante est supprimée dans certains cours normaux, ce qui pose un problème aux élèves qui veulent ensuite entrer dans une école normale, la préparation du baccalauréat exigeant la connaissance d'une langue vivante. ANS 2 G 49/63, p.45.

II-2.2 De l'adaptation des programmes à leur assimilation

Après la période de 1953, nous assistons à la défaite de ceux qui ont opté pour l'adaptation devant ceux de l'assimilation. Les quelques efforts d'adaptation à l'intérieur des programmes ne peuvent avoir qu'une action marginale. Pour répondre aux aspirations des Africains et donc des ivoiriens en matière de diplômes, Camerlynck estime cependant que le principe de l'assimilation et de l'identité des diplômés ayant été admis et le complexe d'infériorité des élites africaines étant en voie de disparition, une nouvelle étape peut être franchie dans le sens d'une « adaptation prudente et limitée ». Ne pouvant transformer le texte des programmes, il a conseillé des aménagements à l'intérieur du cadre imposé.

Ainsi, il décide de ce qui suit dans deux circulaires :

- dans la première circulaire datant du 14 Décembre 1953, il encourage les enseignants à procéder à « un travail local d'adaptation » et ce en particulier dans les domaines qui s'y prêtent bien : (sciences naturelles, histoire, géographie) ¹.
- dans une deuxième circulaire, il demande que la 5^{ème} année des cours normaux soit très fortement « adaptée » pour compenser la formation de type français dispensée dans les quatre (4) années qui précèdent.

Pour la première fois, apparaît dans un texte officiel un encouragement à étudier la littérature africaine : « l'adaptation insuffisante, maintes fois déplorée dans l'enseignement du second degré, serait particulièrement fâcheuse s'agissant d'instituteurs chargés d'un enseignement primaire qui doit, incontestablement, garder un contact étroit avec le milieu physique et humain ».

En attendant une refonte partielle des programmes du 1^{er} cycle du second degré, et sans interdire, notamment aux professeurs des cours normaux, d'orienter leur enseignement dans ce sens, c'est pendant l'année de formation professionnelle qu'il faut, dès maintenant, réaliser cette adaptation en mettant résolument l'accent sur l'histoire, la géographie, la littérature africaine, ... Nous devons faire en sorte que l'Ecole prenne racine, qu'elle s'en nourrisse et en devienne inséparable » : des fiches et des brochures sont produits pour aider les enseignants désireux d'adapter leur enseignement.

Ainsi, Les nouveaux programmes diffusés en 1956 restent conformes aux programmes français, les enseignants sont français et n'ont pas subi une formation spéciale, le système conduit à des diplômés français et à l'entrée dans l'université française.

La première adaptation n'ayant pas abouti aux résultats escomptés, après l'indépendance de la Côte d'Ivoire, l'élite montante opte pour la prise en compte de notre environnement socioculturel dans nos différents programmes d'enseignement. Ainsi, l'option est prise pour une meilleure adaptation de nos différents programmes.

II-2.3 De l'assimilation à une meilleure adaptation

Cette assimilation était partielle à cause des limites imposées par les coloniaux. Le système français ne devait pas être plaqué sur les réalités ivoiriennes suite à l'expérience tirée des échecs précédents ; il n'était donc pas possible avec les faibles moyens dont les coloniaux disposaient de nier les cultures en place.

Au départ, les Africains dans leurs luttes politiques, réclamèrent l'assimilation des programmes pour des raisons tactiques, mais les insuffisances constatées du fait que le colonisateur n'avait pas intérêt à pratiquer une politique d'assimilation rigoureuse, les Africains optèrent pour une meilleure adaptation des programmes d'enseignement tenant compte de nos cultures, de nos pratiques domestiques.

Après 1960 (année l'indépendance de la Côte d'Ivoire), et surtout à partir des années 1970, à travers son texte de loi portant réforme de l'enseignement en Côte d'Ivoire, nous sommes placés en présence de nécessités impérieuses qui semblaient nous créer, des obligations nouvelles et urgentes. A des besoins nouveaux, un nouveau programme d'enseignement s'impose qui doit donner un grand essor à la vie politique et économique du pays.

Pour répondre à cet impératif, la Côte d'Ivoire s'est fixée pour objectif de donner une éducation scientifique, technologique, littéraire, physique et sportive permettant à l'apprenant de comprendre les phénomènes du monde actuel et de s'adapter à l'évolution continue de la technologie moderne, afin de maîtriser le milieu dans lequel il est appelé à vivre.

Ainsi, les programmes d'enseignement doivent tenir compte des activités de production, des activités d'ingénierie, voire des activités domestiques (lesquelles activités que Jean Louis Martinand (1986) a appelées *pratiques sociales de référence*), pouvant servir de référence à des activités scientifiques scolaires.

La prise en compte de notre environnement socioculturel par les spécialistes de programmes a toujours animé ces derniers.

1. Ibid. Rapport de Camerlynck, p.10.

C'est ainsi que lors d'une mission d'étude sur l'adaptation des programmes en Côte d'Ivoire, un professeur d'Université, parlant des trois ordres d'enseignement, mais particulièrement du secondaire, déplorait la non prise en compte des pratiques sociales de référence dans nos programmes d'enseignement :

« Les souvenirs de l'époque de la colonisation ont créé dans l'âme africaine un étrange complexe qui fait que, tout en préconisant verbalement des solutions nationales et même nationalistes, les meilleurs esprits persistent instinctivement dans l'aliénation culturelle qui leur fût jadis imposée, par revendication jalouse d'identité complète (et mal comprise) avec les Européens. On préfère maintenir un enseignement adapté et que l'on sait tel-les statistiques et les résultats aux examens le prouvent surabondamment-plutôt que d'oser prendre nettement position pour un système original qui saurait combler le fossé entre l'école et la vie ».

Il donnait, à l'appui de son affirmation, quelques sujets d'histoire-géographie ou de français qui ne faisaient aucune place aux réalités ivoiriennes ou africaines et, au terme de son étude, exprimait le souhait de voir les programmes, les sujets d'examen et les manuels mieux adaptés au contexte. La situation qu'il décrit se prolongea encore, à des degrés divers selon les disciplines, mais, sous l'action conjuguée des enseignants, des responsables et des éditeurs, les choses évoluèrent.

III L'EVOLUTION CHRONOLOGIQUE DU CONTENU DES SCIENCES PHYSIQUES

Dans cette partie de notre travail, il s'agira de retracer l'évolution de l'enseignement des sciences physiques dans le secondaire ivoirien depuis le 06 Janvier 1943, année de création de l'enseignement secondaire en Côte d'Ivoire (arrêté général du 06 Janvier) jusqu'à nos jours, c'est-à-dire de 1943 à 2005.

Pour la clarté de notre travail, nous allons découper cette période selon ce qui suit :

III-1 DE 1943 A 1960, ANNEE DE L'INDEPENDANCE

Cette période d'avant les indépendances, était caractérisée par des contenus des sciences physiques qui étaient alignés sur les contenus d'enseignement de la Métropole.

Ces contenus d'enseignement ayant un caractère expérimental ou une approche dogmatique, ont subi de nombreuses évolutions. D'abord, l'enseignement français, imprégné du modèle des humanités classiques jusqu'à la fin du 19^{ème} siècle, sera pris en compte dans les programmes d'enseignement des années 1947.

Ensuite, le développement industriel prenant essor, l'on prend conscience du dogmatisme général de l'enseignement des sciences physiques, de la faiblesse de la part des sciences expérimentales et du rejet presque systématique des applications pratiques.

Le contenu des sciences physiques est influencé en premier lieu par l'époque qui fut celle du discours logique et de la démonstration, fondé sur la démarche scientifique basée sur l'observation attentive et méthodologique des lois de la nature, et en second lieu par les cinq actes de la pensée dans la méthode scientifique qui sont : observer, supposer, vérifier, interpréter, conclure.

Enfin, le contenu des programmes de l'enseignement est imprégné de la réforme de 1902 en France, orientant l'enseignement vers une formation des esprits, une éducation de la pensée : de réceptacle de la pensée. L'élève devint acteur de son savoir.

Ainsi, les sciences physiques obtinrent un statut fort : le volume horaire devint important (des horaires allant de cinq heures en classe de sixième moderne à quinze heures en dernière année, soit près de la moitié de l'horaire total). Les travaux expérimentaux, quasi inexistantes auparavant, apparurent.

Cet aspect expérimental des sciences physiques confirme le passage de l'enseignement à caractère purement descriptif au caractère expérimental faisant appel à la rigueur des mathématiques. L'apport des mathématiques comme outil du physicien, rendit les sciences physiques plus fonctionnelles à travers les représentations graphiques pour non seulement montrer aux élèves l'allure des phénomènes, mais pour faire pénétrer dans leur esprit les idées si importantes de fonction et de continuité².

C'est à la suite de la réforme de l'enseignement des sciences physiques en 1902 en France, laquelle réforme est prise en compte durant cette période, que le statut de discipline a été reconnu. Les séances d'exercices pratiques sont introduites pour faire vérifier expérimentalement une loi à la suite d'un cours.

Peu après la deuxième guerre mondiale, pour un renouveau industriel et technique de la société d'une part, un désir de justice et de démocratisation d'autre part, l'enseignement des sciences physiques est réformé. Les spécialistes tirent un bilan négatif de la période antérieure. En réaction au conservatisme ayant abouti au maintien d'un enseignement trop dogmatique, et pas assez expérimental, on systématise le recours à la méthode « *expérimentale* ». Les élèves doivent manipuler eux-mêmes, ils apprendront ainsi plus facilement, plus naturellement.

En Côte d'Ivoire, la répercussion sur notre enseignement n'est pas immédiate. L'alignement puis l'assimilation des programmes des sciences physiques sollicités par les Africains étant de façade, nous avons assisté dans un premier temps à l'introduction de quelques notions comme Matière, Force, Vitesse, ... tirées du programme des sciences physiques du programme français.

Après l'indépendance, les nouvelles autorités recherchant de nouveaux équilibres pédagogiques, optent pour l'adaptation des programmes d'enseignement au nouveau contexte sociopolitique du pays,

III-2 LA PERIODE DE 1960 A 1980

III-2.1 Le premier cycle

Après l'indépendance de 1960, la Côte d'Ivoire adopte un programme commun de sciences physiques avec les autres Etats francophones d'Afrique et Madagascar. Ce choix s'explique par la communauté de finalités éducatives partagées par les nouveaux pouvoirs politiques Africains, entre autres, le développement économique était un des chevaux de bataille.

Ainsi, dans le premier cycle, les programmes de sciences physiques ont été, jusqu'en 1968, à peu de chose près, les programmes français de 1950.

A cette date, un spécialiste est recruté pour répondre aux vœux du Gouvernement qui souhaite que l'accent soit mis sur la technologie. Il a pour charge de former les professeurs de l'Ecole Normale Supérieure, de recycler les professeurs en exercice, d'élaborer un programme de technologie et de veiller à la réalisation ou à l'achat du matériel nécessaire.

Vers 1975, toutes les classes des Collèges d'Enseignement Général (CEG) ou dans les Centres de Formation continue (CFC) où était enseignée la physique auparavant sont touchées et la technologie y remplace donc la physique. Le responsable, abrité par l'Ecole Normale Supérieure, fabrique du matériel, produit des fiches pédagogiques et forme ou recycle des enseignants.

A partir de 1977, les responsables envisagent l'introduction de la technologie dans les classes de 6^{ème} et de 5^{ème}. A terme, leur objectif était d'étendre cet enseignement à toutes les classes du premier cycle.

Dans la circulaire SDRAP/S.SP N°826, les directeurs régionaux, les chefs d'établissement et les professeurs de sciences physiques sont informés qu'un enseignement de sciences physiques et d'éducation manuelle et technologique (EMT) est introduit dans le premier cycle de l'enseignement secondaire. Comparativement aux programmes de sciences physiques qui étaient enseignés jusqu'en 1970 dans les classes de 4^{ème} et 3^{ème} des centres de formation continue, les nouveaux programmes de sciences physiques et d'éducation manuelle et technologique reprennent, avec un horaire accru, les objectifs de la technologie enseignée de 1970 à 1978 dans les classes de 4^{ème} et de 3^{ème} des CFC : acquisition de méthodes scientifiques, développement chez les élèves une attitude scientifique vis-à-vis de leur environnement naturel et technique, acquisition de divers savoir-faire de nature scientifique (habileté manuelle et le sens pratique), initiation à un certain nombre de concepts essentiels.

L'expérimentation commence dans cinq établissements en 1978-1979, mais cette expérimentation, propre à la Côte d'Ivoire, est interrompue, les autorités ayant exprimé le vœu d'un alignement sur les nouveaux programmes français de sciences physiques dans lesquels l'enseignement de la physique englobe les objectifs de la technologie. Les élèves travaillent donc sur les programmes de physique français auxquels s'ajoute l'*Education Manuelle et technologique* (EMT)¹.

Mais le système ivoirien se distingue du système français par le fait l'EMT y est enseignée par les professeurs de physique eux-mêmes (et non par un autre corps d'enseignants) et que l'on insiste sur la complémentarité de l'enseignement théorique et de l'enseignement pratique. La première cohorte formée selon ces principes passe le BEPC en 1983.

A titre expérimental, en 1979-1980, dans deux classes de quatrième, et l'année suivante, dans les mêmes classes devenues classes de troisième, est dispensée un enseignement totalement démarqué du système français et inspiré par les travaux du Physical Science Study Committee². L'évaluation faite dans les classes de seconde, l'année suivante, s'avéra très probante, mais cette évaluation ne fut pas poursuivie et l'expérience resta sans suite.

III-2.2 Le second cycle

Le second cycle travaille dans les années qui suivent l'indépendance avec les programmes français en 1968, ce sont les programmes français de 1966 qui sont adoptés. En 1970, ces programmes sont allégés en France, pour permettre le fonctionnement des 10%³, mais, cette innovation des 10% n'ayant pas été reprise en Côte d'Ivoire, tous les allègements n'y sont pas répercutés. Les horaires de physique sont aussi progressivement réduits en France sans qu'une mesure équivalente soit prise en Côte d'Ivoire⁴.

1. EMT : Education Manuelle et Technologique (en France : Education Manuelle et Technique), à titre d'exemple, les EMT peuvent être constitués par des montages électriques, des constructions d'objets en carton ou en contreplaqué, des montages d'engrenages ou de transmissions à crémaillère, l'étude et la schématisation d'objets techniques (calibre à coulisse, étau, porte-foret)

2. Organisme créé sous l'autorité du M.I.T. (Massachusetts Institute of Technology).

3. Les 10% était l'expression servant à désigner l'innovation pédagogique, qui de 1973 à 1979, en France, avait consisté à libérer 10% de l'emploi du temps pour des activités laissées à l'entière initiative des enseignants.

4. Dans ce cas, les responsables pédagogiques s'appuient sur le fait que l'année scolaire comprend 30 semaines ouvrables en France et seulement 25 en Côte d'Ivoire.

Pendant cette période de 1970, on assiste, de fait, à une systématisation des options inductivistes dans le secondaire qui s'expriment au niveau des prescriptions et à des phénomènes de sédimentation des pratiques anciennes qui se maintiennent dans l'enseignement des sciences physiques du second degré. En effet, en 1970, les sciences physiques enseignées sont très éloignées de celles qui se pratiquent dans les laboratoires : le savoir enseigné est jugé désuet, les programmes vétustes.

Résultat d'une prestation de dix ans³, les programmes français sont profondément modifiés à la rentrée d'octobre 1978. Il ne s'agit pas, comme préalable, de simples réaménagements de détail.

Les idées forces telles que approche expérimentale des concepts physiques et synthèse avec mathématisation des situations appréhendées sur le plan expérimental, impliquent une transformation des méthodes. En novembre 1978, la Côte d'Ivoire décide de s'aligner sur ces nouveaux programmes avec un an de décalage. La mise en application commence donc à la rentrée de 1979 dans les classes de seconde et se prolonge, les années suivantes, dans les classes de première puis de terminale.

Cette mise en train des nouveaux programmes bénéficie d'un concours heureux de circonstance. Parallèlement à la création du *Centre national du Matériel Scientifique* (CNMS), organisme chargé de l'achat et de la diffusion du matériel nécessaire aux expériences, un crédit exceptionnel d'un milliard cinq cents millions est débloqué en trois tranches. Il permet l'acquisition de matériel et l'organisation de stages de recyclages auxquels sont conviés les enseignants du public et du privé.

La mise en œuvre de cette réforme, qui demande une rupture avec la pratique du cours théorique au tableau noir et une importante implication des pédagogues, et suppose, de plus, une parfaite maîtrise des contenus et des méthodes, se heurte à quelques réticences, mais s'effectue progressivement. Les réaménagements du système français sont répercutés, mais souvent avec un décalage d'un ou deux ans.

Comparativement aux autres pays de l'Afrique francophone, la Côte d'Ivoire continue de travailler avec les programmes français de 1966.

On constate que l'évolution des programmes de sciences physiques se caractérise par le souci de rester en prise sur les transformations des programmes français pour préserver la parité des diplômes, de multiples actions de rénovation pédagogique, une insistance particulière sur la technique et un soutien direct de la Présidence de la République pour les opérations qui contribuent à l'élaboration d'une culture intégrant la science et la technique.

III-3 LA PERIODE D'EVOLUTION DU CONTENU DE 1980 A NOS JOURS

II-3.1 Le premier cycle

A partir de l'année 1980, on procéda à l'organisation des sciences physiques et technologiques. Ainsi, dans la circulaire MEN/DGPES/n°81 9084 du 29/05/1981, au niveau de la répartition des services, il est recommandé non seulement de « spécialiser » les professeurs de collège afin d'améliorer la qualité de fonctionnement, mais d'organiser les sciences physiques et technologiques par niveau.

En classes de 4^{ème} et 3^{ème}, les sciences physiques et E.M.T, seront regroupées sous le vocable « sciences physiques et technologiques », et enseignées par le même professeur. Ces classes sont confiées en priorité à des professeurs spécialistes de sciences physiques.

En classes de 6^{ème} et 5^{ème}, sont enseignées que les sciences physiques. Ces classes peuvent être tenues par les professeurs qui ont les sciences physiques comme une discipline seconde c'est-à-dire les professeurs de mathématiques et de sciences naturelles.

En 1980, les programmes sont rénovés. Ils correspondent à une tentative pour tenir compte de la réalité ivoirienne, sans constituer véritablement une rupture avec le passé.

Dès 1976, commença une réflexion sur les programmes. En découlèrent, dans un premier temps, des modifications relatives aux contenus dans le sens d'une prise en compte d'une adaptation du milieu africain.

La conférence des ministres de l'éducation des pays africains d'expression française et de Madagascar se penchait de son côté, sur cette question et préconisa, en 1978, de nouveaux programmes interafricains pour le premier cycle de l'enseignement secondaire en Côte d'Ivoire qui sera adopté en 1978. Ainsi, naquit en 1976 le groupe de réflexion interafricain (GRIA) pour promouvoir les sciences physiques et technologiques. Ce groupe est animé et coordonné par P.-J. CHIROUZE, un coopérant français. Pour la Côte d'Ivoire, le Directeur de la collection est l'Inspecteur général de l'éducation nationale.

A partir de cette époque, commence aussi un travail d'expérimentation et de réflexion s'attachant plus aux méthodes d'approche qu'aux seuls contenus. Une circulaire de 1978 apporte la caution officielle en faveur d'une rénovation. A la rentrée scolaire 1978/1979, la commission nationale des sciences physiques met en place la réforme élaborée au cours des années précédentes.

L'idée force qui guidera toutes les entreprises, est la rupture avec un enseignement orienté sur le monde. En effet, le groupe GRIA a pour objectifs de :

- respecter la spécificité des programmes nationaux, fondés sur les impératifs de temps et d'espace de chaque Etat ;

- catalyser la collaboration active de toutes les équipes pédagogiques nationales pour mettre en œuvre une pédagogie homogène de l'enseignement des sciences physiques ;
- collaborer à la mise en place d'un programme francophone interafricain assurant de bonnes conditions d'entrée en seconde, dans la perspective du baccalauréat scientifique ;
- rendre les manuels effectivement accessibles dans leur prix, par la scolarité financière des populations scolaires, sur la base d'un projet modulaire.

Pour atteindre ces différents objectifs, l'effort est ainsi porté sur le développement de l'esprit scientifique chez l'élève, c'est-à-dire l'on cherche à mettre en place la méthode expérimentale en suscitant la curiosité, le désir et la capacité d'observer, d'émettre des hypothèses, d'expérimenter les résultats et d'en tirer des conséquences, d'expliquer, d'exprimer et de communiquer le résultat de son travail.

Les objectifs de rénovation seront aussi guidés par le souci de donner un côté pratique à cet enseignement et de le lier à notre contexte social et culturel.

Il s'agissait donc d'une réforme qui portait, à la fois, sur les contenus dans le sens d'une « africanisation », sur les approches pédagogiques, dans l'esprit des méthodes actives, et qui cherchait à donner des éléments directement utilisables à ceux qui, au terme de la classe de troisième (3^{ème}), devaient s'insérer dans la vie active.

Toute cette réforme s'est manifestée par un travail constant entre l'Inspection générale de l'éducation nationale et la direction de la pédagogie et de la formation continue. Ainsi, en 1984, en 1990 et en 1996, les programmes, appuyés d'instructions officielles et de commentaires sont produits pour réorganiser les enseignements.

En 1985, le Directeur de la Pédagogie, par la circulaire MENRS/DPED/85 653 du 02 Octobre 1985, informe les Directeurs Régionaux, les Chefs d'Etablissement et les Professeurs de sciences physiques, des nouveaux programmes de Sciences Physiques et Technologiques de premier cycle applicables à la rentrée d'Octobre 1985.

Le document SDEACP/S.SP N°911-09/85 comportant les finalités et objectifs de l'enseignement des sciences physiques et technologiques dans le premier cycle, le tableau synoptique des programmes, les programmes des 4 niveaux d'enseignement, accompagne la circulaire MENRS/DPED/85 653.

Contrairement à la circulaire MEN/DESEC N° 2896 du 17/09/1982 où en classes de sixième et cinquième l'horaire reste inchangé : 0 (+ 1,5 heure), soit une séance hebdomadaire de travaux pratiques par demi-classe ainsi que les programmes, en classes de quatrième et troisième, les Sciences Physiques et l'Education Manuelle et Technologique sont désormais intégrées dans une

seule et même discipline dénommée « Sciences Physiques et Technologiques » et enseignées, dans une classe donnée, par le même professeur. L'horaire est, désormais de 1 heure (+ 1,5 heure) par semaine : ce qui correspond à une séance de cours en classe entière, de durée 1 heure, et une séance de travaux pratiques par demi-classe, de durée 1 heure 30 minutes.

Le nouveau libellé du programme de ces classes résulte de la fusion des programmes antérieurs de Sciences Physiques et d'Education Manuelle et Technologique.

Des allègements sont intervenus pour tenir compte de la diminution de l'horaire hebdomadaire (2,5 heures au lieu de 3 heures).

Ainsi, des directives spécifiques à l'enseignement des Sciences physiques et Technologiques sont données dans les circulaires suivantes :

- MENRS/DPED N°85 635 du 27/09/1985 "Aménagement des programmes de Sciences Physiques et Technologiques en classes de 4^{ème} et 3^{ème}",
- MENRS/DPEP N°85 636 du 27/09/1985 "Organisation de l'enseignement des Sciences Physiques et Technologiques",
- MENRS/DPED/CNMS N°85 1095 du 30/09/1985 "Organisation du Laboratoire de Sciences Physiques et Technologiques de premier cycle".

Pour le respect d'un certain équilibre entre les différentes parties du programme : Propriétés Physiques de la Matière (PPM), Electricité, Chimie en classes de sixième et cinquième, Education Manuelle et Technologique (EMT), Physique, Chimie en classes de quatrième et troisième, le volume horaire est réparti comme suit :

Tableau n°14 : Répartition en pourcentage des parties du programme classe de 6^{ème}

6 ^{ème} et 5 ^{ème}	P.P.M	Electricité	Chimie
Pourcentage	35%	35%	30%

Cette répartition en pourcentage des différentes parties des programmes des classes de 6^{ème} et 5^{ème} montre qu'on a un même volume horaire en PPM et Electricité : 35%, mais moins de 5% pour la chimie.

Tableau n°15 : Répartition en pourcentage des parties du programme classe de 4^{ème}

4 ^{ème}	E.M.T.	Physique	Chimie
Pourcentage	40%	40%	20%

Cette répartition en pourcentage des différentes parties du programme des classes de 4^{ème} montre qu'on a un même volume horaire en EMT et Physique : 40%, mais moins de 10% pour la chimie.

Tableau n°16 : Répartition en pourcentage des parties du programme classe de 3^{ème}

3 ^{ème}	E.M.T.	Physique	Chimie
Pourcentage	35%	40%	25%

Cette répartition en pourcentage des différentes parties du programme des classes de 3^{ème} montre que plus de temps est accordé à la Physique : 40%, puis suit l'EMT : 35% et vient la chimie : 25%.

En 1996, dans la continuité des réformes des programmes, l'organisation des contenus de sciences physiques s'est accrue.

Il a été décidé par la direction de la Pédagogie et de la Formation Continue Section Sciences Physiques (DPFC/S.SP N°96-121) de Octobre 1996 de reprofiler le programmes de sciences physiques par niveau en commençant par le premier cycle secondaire (6^{ème}, 5^{ème}, 4^{ème}, 3^{ème}).

Ainsi, contrairement aux précédents programmes où pour s'acquitter de ses tâches, l'enseignant se laisse guider uniquement par un manuel et une liste de notions à enseigner extraite du programme officiel (cela réduisant le programme à une liste de contenus), le nouveau programme devra alors être exprimé de manière à indiquer à l'enseignant, le plus clairement et le plus précisément possible, les objectifs à atteindre. Lesquels objectifs pour les apprenants du premier cycle de l'enseignement secondaire sont définis à deux niveaux : objectifs généraux et objectifs spécifiques. Ce programme est là pour aider l'enseignant à se retrouver, à comprendre le pourquoi de son enseignement et les orientations des sciences physiques.

Pour enseigner ce programme, l'enseignant dispose en plus du programme, d'un guide pédagogique. Dans ses choix de contenus de cours, il doit obéir à des contraintes qui sont consignées dans ces deux documents.

Le guide pédagogique est un document d'accompagnement des programmes officiels. Fruit de l'expérimentation effectuée pendant un an dans six Directions Régionales de l'Education Nationale à travers 12 lycées et collèges publics nationaux, le guide pédagogique est répertoire où chaque enseignant trouve la présentation du document « programme de sciences physiques » comment l'utiliser et quelques conseils pédagogiques (comment préparer une leçon ? la structure d'une leçon, attitudes pendant une séance expérimentale, travail de l'équipe pédagogique, les objectifs de l'évaluation des connaissances au premier cycle) pour faire évoluer son enseignement.

Le document « programme de sciences physiques » comprend quatre grandes parties :

- Des généralités qui concernent les définitions et les éléments qui les explicitent. Elles montrent les liens entre les finalités de l'école ivoirienne, les besoins de l'apprenant et de

la société, les buts du programme. Elles indiquent également l'approche pédagogique et la démarche d'apprentissage dominantes.

- Les objectifs du programme, qui sont définis à chaque niveau.
- Les contenus, des activités et des stratégies pédagogiques : par module, les objectifs généraux et les objectifs spécifiques sont repris. A chaque objectif spécifique correspondent des contenus, des activités et des stratégies pédagogiques.
- Des notions sur l'évaluation : des notions données à l'enseignant afin d'améliorer son enseignement et d'évaluer correctement les apprentissages des élèves.

En 1997, suite à la note circulaire N°00395/MENFB/CAB du 13 Juin 1997 le Ministre de l'Education Nationale et de la Formation de Base, porte à la connaissance des Directeurs Régionaux, les Chefs d'établissements du second degré public et privé, et aux professeurs de sciences physiques que les nouveaux programmes d'enseignement des sciences physiques rentrent en vigueur à la rentrée scolaire 1997-1998 dans les classes de troisième.

Ces nouveaux programmes obéissent à quatre niveaux d'objectifs à savoir :

- Les finalités de l'école qui sont les objectifs ultimes souhaités ;
- Les buts du programme qui sont les objectifs globaux visés par le programme ;
- Les objectifs généraux du programme, planifiés pour tel niveau d'enseignement ;
- Les objectifs spécifiques du programme, contrôlés à la fin d'un enseignement donné.

III-3.2 Le second cycle

Dans le cadre général des objectifs de l'éducation, l'enseignement des sciences physiques dans le second cycle de l'enseignement secondaire est construit pour répondre aux exigences suivantes :

- prolonger la formation reçue au premier cycle en développant la culture générale, les connaissances, les qualités d'observation et d'analyse, l'objectivité, l'imagination, l'habileté manuelle et le sens pratique ;
- offrir de larges ouvertures sur le monde contemporain si riche en applications ;
- faire en sorte que ceux qui désirent s'orienter vers l'acquisition d'une qualification professionnelle, disposent du bagage scientifique indispensable à la poursuite d'études spécialisées ;
- assurer la possession des grandes lois physiques qui sous-tendent les réalisations techniques, pour permettre aux élèves de progresser vers l'analyse et la compréhension de leurs structures et de leur fonctionnement et les aider ainsi à échapper au sentiment d'aliénation qu'ils pourraient ressentir dans un monde qui leur resterait étranger.

En regard de ces objectifs fixés, les enseignants travaillent d'une façon mécanique avec les manuels français dont ils ne se démarquent pas. Cependant, des réformes sont régulièrement introduites dans les programmes pour faciliter la compréhension des notions ou concepts par les élèves.

Du fait des nécessités de l'examen, les programmes du second cycle restent, en revanche, identiques aux programmes français, d'où la possibilité, contrairement à ce qui se passe pour les autres années, d'utiliser les manuels correspondants.

Un certain nombre d'éléments freinent partiellement cette rénovation. Dans le second cycle particulièrement, l'absence de manuels pour les classes de secondes, premières, et de terminales, le manque de moyens didactiques, sont des facteurs qui limitent parfois les possibilités des enseignants.

A la mise en place des programmes allégés correspond

L'évolution des programmes de sciences physiques a donc connu deux phases, comme ce fut le cas pour presque toutes les autres matières ; la première, durant laquelle on s'en tient à l'identité avec le modèle, et la seconde où les limites permises par le souci de conserver la parité des diplômes, s'est fait un effort d'adaptation aux réalités et aux besoins du pays.

Malgré les difficultés de rénovation et d'adaptation ci-dessus énumérées, des réformes sont entreprises. Ainsi, selon la circulaire SDRAP/S.SP N°832 du 07 Février 1980, les directeurs régionaux, les chefs d'établissements et les professeurs de sciences physiques sont informés que la réforme de l'enseignement des sciences physiques entreprise au niveau des classes de seconde, se poursuit en classes de premières scientifiques. Les sujets comme celui de l'énergie et celui de la transmission du signal traités dans les programmes de terminale, sont introduits en classes de premières dans un esprit différent : allègement de la partie mathématique, une place de choix est accordé à l'expérimentation pour mieux faire apparaître la réalité physique. Les chapitres de chimie doivent être en rapport avec la grande industrie chimique et métallurgique.

Dans les commentaires, il est recommandé aux professeurs de sciences physiques d'éviter toute transposition de ces anciens programmes et que le programme proposé pour la classe de première évite dans certains cas la formalisation mathématique et vise une présentation synthétique de questions. Pour éviter tout dogmatisme, l'enseignement ne doit pas perdre son caractère expérimental et sans oublier de donner une large place aux applications.

Pour les classes de terminales scientifiques, la circulaire SDRAP/S.SPN°833 du 07 Février 1980, informe les directeurs régionaux, les chefs d'établissement et les professeurs de sciences physiques qu'à la rentrée d'octobre 1981, les programmes seront modifiés. Ils sont la synthèse des programmes introduits en classes de seconde et de première. Dans les nouveaux programmes des

séries C et D, l'aspect mathématisation des concepts introduits jusque là par une approche expérimentale, est, nettement plus marqué.

La partie physique regroupe l'étude de la mécanique, de l'électromagnétisme, des oscillateurs, de l'atome et de son noyau. La partie chimie complète l'étude des solutions aqueuses d'acide et de base, introduit l'étude de la cinétique chimique et la notion de fonction en chimie organique.

En 1982, pour la rentrée 1982-1983, une nouvelle formulation des programmes de sciences physiques des classes de seconde A et C comme l'indique la circulaire SCOORP/S.SP N°878 de Juillet 1982, entre en vigueur.

Les modifications portent essentiellement sur les points suivants :

- ❖ En classe de seconde C :
 - Dynamique : introduction de la notion de vitesse,
 - Electrocinétique et Electronique expérimentales : caractéristiques des dipôles, conventions de signes, point de fonctionnement d'un circuit.
- ❖ En classe de seconde A
 - Electricité : introduction de la notion de f.é.m. d'une pile.

A ces programmes sont définis, les objectifs généraux de l'enseignement des sciences physiques dans le second cycle de l'enseignement secondaire, et les indications d'ordre général concernant la notion d'incertitude, l'utilisation des calculatrices électroniques, les unités, l'écriture et la nomenclature en chimie.

En somme, il s'agit en mécanique d'aider les élèves à analyser des phénomènes mécaniques courants, compléter et affiner les notions de masse et de force déjà rencontrées dans l'enseignement dispensé dans le premier cycle, et enfin, dégager la notion de quantité de mouvement. En électrocinétique et électronique expérimentales, le programme comporte une étude phénoménologique du courant électrique et des propriétés de quelques dipôles (étude faite principalement lors des séances de travaux pratiques), la construction et l'interprétation des graphiques traduisant ces propriétés, sans exclure la formulation mathématique.

En chimie, après son enseignement au premier cycle du secondaire, il convient de familiariser les élèves avec des phénomènes physiques et chimiques les plus immédiatement accessibles et avec la structure de la matière.

A la suite des réformes sur les programmes du second cycle de l'enseignement secondaire, la circulaire IPN/S N°892 de Juillet 1984, agréée par la Commission Nationale Pédagogique pour les sciences physiques, traduit les directives contenues dans les programmes et commentaires.

Ainsi, le programme de sciences physiques des classes de premières scientifiques, traite de deux sujets essentiels dans notre civilisation : l'énergie et la transmission d'un signal. En classe de première, outre l'aspect transfert d'énergie, l'accent est mis sur la notion de conservation.

La première partie du programme garde son découpage traditionnel : mécanique, électricité (constituant un prolongement direct du programme de seconde), thermodynamique. La formalisation mathématique ne peut être très poussée, et il est hors de question de donner à ce niveau une justification déductive axiomatique satisfaisante de la plupart des résultats essentiels. En phénomènes vibratoires et propagation, dans les anciens programmes des classes terminales, l'analyse traditionnelle de ces phénomènes était fondée sur l'étude des ondes sinusoïdales mais en classes de première, il s'agit de mettre en évidence des points fondamentaux que la manipulation systématique des fonctions trigonométriques peut avoir tendance à masquer. L'objectif essentiel est que les élèves se familiarisent avec la notion de propagation et les effets qui peuvent l'accompagner : réflexion, réfraction, dispersion, interférence, diffraction.

La deuxième partie est consacrée à la chimie organique, aux réactions d'oxydoréduction, et à la chimie minérale. Dans la partie chimie organique, il ne saurait être question de traiter ce programme sous forme de monographies ou en termes de groupements fonctionnels. De plus, toute notion de mécanisme réactionnel est strictement exclue.

En outre, la répartition horaire des divers alinéas du programme de chaque section et la liste des manipulations (la liste comporte les manipulations à réaliser en séances de travaux pratiques et les expériences de cours) font leur apparition en vue d'aider l'enseignant dans sa tâche pour mieux atteindre les objectifs assignés à notre enseignement, et, par conséquent, d'améliorer la formation scientifique de nos élèves.

Cependant, le 23 Juin 1984, la lettre N°1632 du ministre de l'éducation nationale et de la recherche scientifique, informe les directeurs régionaux de l'enseignement, les chefs d'établissement et les professeurs de sciences physiques que les programmes de sciences physiques des classes de premières scientifiques font l'objet d'une nouvelle formulation. Les modifications sont introduites au niveau des commentaires et affectent peu le contenu, excepté le chapitre « Chimie Minérale » qui a été allégé en classe de première C : *étude limitée au « passage du soufre à l'acide sulfurique »*, et renouvelé en première D : *étude des « engrais »* en liaison avec le programme de sciences naturelles.

En juillet 1984, l'Institut Pédagogique National Section sciences Physiques (I.P.N/S.SP n°892) modifie la répartition horaire des divers alinéas des programmes de sciences physiques de second cycle.

En effet, le volume horaire global par niveau a été calculé sur la base de 25 semaines « ouvrables ». Le calcul des quotas impartis à chaque discipline (physique ou chimie) a été fait à partir des directives publiées dans la circulaire MEN/DGPES/81 9084 du 29 Mai 1981 « Organisation de l'Enseignement des Sciences Physiques ».

Ces directives ont quelque fois été légèrement modifiées pour tenir compte des aménagements de programmes intervenus depuis.

En regard de chaque alinéa de programme, sont mentionnés :

- a) Le nombre d'heures de classe entière : la durée correspondante prend en compte, non seulement le « cours » proprement dit, mais aussi les exercices et les contrôles courts (interrogations orales et écrites, les devoirs surveillés doivent être faits en dehors des heures de cours).
- b) Le nombre d'heures de séances de TP : ce nombre est en relation avec la liste de manipulations présentée.

Les séances de TP peuvent être l'objet soit de manipulations individuelles (la demi-classe est organisée en 8 ou 6 groupes d'élèves), soit de manipulations à exploitation collective (l'expérience, réalisée en « démonstration », donne lieu à une série de mesures dont l'exploitation est répartie entre plusieurs groupes d'élèves).

Il peut s'agir de séances de « TP cours » où les notions abordées n'ont pas fait l'objet d'une étude préliminaire ou des séances de « TP-mesures ou vérifications ». Dans ce dernier cas, il s'agit d'atteindre surtout des objectifs de savoir-faire : les connaissances ont été acquises antérieurement. Ainsi, dans chacune des classes, les programmes font ressortir les différents allègements, le volume horaire par classe et séances de TP. En effet, dans les différentes classes du second cycle, pour tenir compte des allègements de programme consécutifs à une réduction de l'horaire hebdomadaire et d'égale importance des chapitres de Physique et de chimie dans le programme des classes de premières, la ventilation de l'horaire global sur chaque chapitre (publiée dans la circulaire « Organisation de l'Enseignement des Sciences Physiques » a été aménagée comme suit :

a. En classe de seconde A

- Horaire global : 3,5 heures /semaine * 25 semaines = 87,5 heures
- Electrocinétique et électronique expérimentale... : 30% : 26,5 heures
- Mécanique..... : 25% : 22 heures
- Chimie : 45% : 39 heures

A cette répartition horaire, s'ajoutent 21 séances de TP qui font l'objet de manipulations effectives et 4 séances consacrées à des résolutions d'exercices.

b. En classe de seconde C

- Horaire global : 5 heures /semaine *25 semaines = 125 heures
- Mécanique : 30% : 37,5 heures
- Electrocinétique et Electronique expérimentales : 30% : 37,5 heures
- Chimie..... : 40% : 50 heures

A ce niveau d'enseignement, il y a 25 séances de TP qui font l'objet de manipulations effectives.

c. En classe de première C

Compte tenu des allègements applicables à la rentrée d'Octobre 1984, l'horaire de sciences physiques passe de 41 heures prévues par les directives publiées dans la circulaire « Organisation de l'Enseignement des Sciences Physiques » à 37,5 heures par semaine. Le découpage horaire est donné comme suit :

- Horaire global : 5,5 heures/semaine *25 semaines = 137,5 heures
- Physique..... : 73% : 100 heures
- Chimie..... : 27% : 37,5 heures

Pour les séances de travaux pratiques, 24 font l'objet de manipulations effectives, et 1 séance consacrée à des résolutions d'exercices.

d. En classe de première D

Les programmes de chimie des classes de 1^{ère} C et D, quasi identiques (seul le chapitre C/ CHIMIE MINERALE est différent), nécessitent le même volume horaire.

- Horaire global : 4,5 heures/semaine * 25 semaines = 112,5 heures
- Physique : 2/3 : soit 75 heures
- Chimie..... : 1/3 : soit 37,5 heures

Quant aux travaux pratiques, on a 22 séances qui font l'objet de manipulations effectives et 4 séances consacrées à des résolutions d'exercices.

e. En classe de terminale C

- Horaire global : 6 heures /semaine * 25 semaines = 150 heures
- Physique : 70% soit 105 heures
- Chimie : 30% soit 45 heures

Pour les travaux pratiques, on a 24 séances qui font l'objet de manipulations effectives, et 1 séance consacrée à des résolutions d'exercices.

f. En classe de terminale D

Le programme de chimie de cette classe est quasiment identique à celui de la terminale C (étude de la fonction amine en plus : paragraphe 1.C : Les amines). Ainsi, la terminale D a 1 heure de plus que la terminale C, soit 4 heures de plus que ne le prévoient les directives officielles (Circulaire « Organisation de l'Enseignement des Sciences Physiques»). Le découpage horaire est donné comme suit :

- Horaire global : 5 heures/semaine * 25 semaines = 125 heures.
- Physique..... : 63% soit 79 heures
- Chimie..... : 37% soit 46 heures

Quant aux travaux pratiques, 19 séances font l'objet de manipulations effectives, et 6 séances sont consacrées à des résolutions d'exercices.

En 1985, à travers la circulaire MENRS/DPEP/N°636 du 27 Septembre 1985, des instructions sont données pour l'organisation de l'enseignement des sciences physiques et technologiques dans les établissements de premier et second cycles, lesquelles sont applicables à la rentrée 1985.

Ainsi, au niveau de la répartition des services, la physique et la chimie sont enseignées dans la même classe, par le même professeur. Dans les établissements comportant les deux cycles d'enseignement, les professeurs ayant vocation d'enseigner en second cycle, sont affectés en priorité aux classes de second cycle. Au niveau des horaires, en 6^{ème} et 5^{ème}, on a une séance hebdomadaire de 1 heure 30 minutes par demi-classe de sciences physiques ; en classe de 4^{ème} et 3^{ème}, on a 1 heure de cours et 1 heure 30 minutes de séance de TP de sciences physiques et technologiques. Au second cycle, on a en classe de seconde A : 2 heures de cours et 1 heure 30 minutes de TP ; en classe de seconde C, on a : 3 heures de cours et 2 heures de TP. Même horaire en seconde A' mais 2 heures de cours et 1 heure 30 minutes 30 en seconde A. En première, on a : 1 heure de cours et 1 heure 30 minutes de TP par quinzaine ; en première C, 3 heures 30 minutes de cours et 2 heures de TP ; en première D, 3 heures de cours et 1 heure 30 minutes de TP ; en terminale, on a : 4 heures de cours et 2 heures de TP en C, et 3 heures de cours et 2 heures de TP en D.

Pour l'élaboration des emplois du temps, les établissements sont classifiés :

- les établissements de type I : de 1 à 5 classes par niveau ;
- les établissements de type II : de 6 à 10 classes par niveau ;
- les établissements de type III : de 11 à 15 classes.

Les collections de matériel sont instituées afin de permettre aux établissements de type II et III de travailler simultanément deux ou trois classes de même niveau ; les salles spécialisées, équipées de paillasse-élèves, sont en priorité affectées aux séances de TP.

En 1990, suite aux mouvements sociaux qui ont précédé la réinstauration du multipartisme dans notre pays, la direction de la pédagogie à travers la circulaire MEN/DPéd/N°90314 du 21 Décembre 1990, informe les directeurs régionaux, les animateurs et conseillers pédagogiques, les chefs d'établissement, et les professeurs de sciences physiques que les aménagements ont été conçus pour que les enseignements se déroulent sur une période de 20 semaines au lieu de 25 comme les années antérieures. Soit des chapitres entiers, soit des paragraphes, soit des travaux pratiques sont supprimés ou aménagés. Le Bac1, le Bac probatoire est supprimé : les élèves des classes de première A ne sont tenus tous de traiter le même programme minimum.

En 1991, par la circulaire MEN/DPéd/S.SP N°1053 de juillet 1991, la direction de la pédagogie et de la production des matériels didactiques informe les directeurs régionaux, les animateurs et conseillers pédagogiques, les chefs d'établissement, les professeurs de sciences physiques que les programmes de sciences physiques des classes de secondes A et C ont été rénovés. Ce document annule et remplace la circulaire SCOOOP/S.SP N°878 de Juillet 1982, et entre en vigueur dès la rentrée de septembre 1991. Les modifications portent essentiellement sur les points suivants :

- En seconde C, en mécanique, la force est définie avant la quantité de mouvement ; une partie « électronique » comportant une étude de l'amplificateur opérationnel vient compléter l'étude de l'électricité.
- En seconde A, en mécanique, l'étude de la quantité de mouvement est supprimée.
- En chimie, l'étude des propriétés des gaz est supprimée en C comme en A.

La répartition horaire est modifiée et remplace celle de la circulaire IPN/S.SP N°892 Juillet 1984. Cette rénovation atteint les classes de terminales en 1993. En effet, s'adressant aux directeurs régionaux, aux directeurs départementaux, aux animateurs et conseillers pédagogiques, aux chefs d'établissement, et aux professeurs de sciences physiques, à travers la circulaire MEN/Dpéd/N°320 du 20 Juillet 1993, la direction de la pédagogie et de la production des matériels didactiques signale les modifications intervenues dans les programmes de sciences physiques des classes terminales C et D. Par rapport aux anciens programmes, une véritable différenciation apparaît entre les deux séries C et D. Les modifications portent essentiellement sur :

En terminale C

- a) *Electricité* : l'étude des condensateurs disparaît. Celle des circuits oscillants est complétée (entretien).
- b) *Vibration et propagation* : cette partie disparaît entièrement pour céder la place à la suite de l'optique géométrique de première.
- c) *Physique atomique et nucléaire* : l'étude de l'effet photoélectrique est supprimée, ainsi que celle de l'association onde-particule.
- d) *Chimie organique* : l'étude des acides aminés est supprimée.

En terminale D

- a) *Electromagnétisme* : cette étude est considérablement simplifiée ; on se limite au solénoïde comme producteur de champ magnétique. L'étude du phénomène d'induction disparaît. Cependant celle de l'auto-induction subsiste.
- b) *Optique* : ici aussi apparaît l'optique géométrique avec en plus un nouveau chapitre qui traite la polarisation de la lumière.
- c) *Chimie organique* : elle s'enrichit de notions de stéréochimie et d'une étude des amines.

Ces programmes sont accompagnés d'instructions et de commentaires.

Dans l'ensemble, ces nouveaux programmes ont été conçus dans le sens d'un allègement des contenus. Ainsi,

- d) en terminale C, on a 131 heures par an au lieu de 150 heures.
- e) En terminale D, on a 117 heures par an au lieu de 125 heures.

En 1996, nous assistons à une refonte en profondeur des programmes d'enseignement de sciences physiques. En effet, constatant à la suite d'une enquête faite auprès des chefs d'établissements et élèves, l'écart grandissant entre les objectifs fixés et les objectifs atteints par l'enseignement des sciences physiques au secondaire, et les limites des outils didactiques et des méthodes de travail d'une part, le manque de clarté entre les objectifs généraux et spécifiques des programmes précédents, l'inexistence de cadres appropriés pour évaluer les enseignements et les apprentissages d'autre part, le Ministre de l'Education Nationale invite à cette période les concepteurs de programmes que sont les animateurs, conseillers pédagogiques et Inspecteurs de l'enseignement secondaire à une meilleure adaptation.

Les objectifs assignés à ces nouveaux programmes sont pour non seulement permettre à l'enseignant de sciences physiques de comprendre le pourquoi de son enseignement et les orientations des sciences physiques, mais aussi et surtout de comprendre l'esprit du programme, de situer correctement l'essentiel de sa tâche, afin de guider ses élèves à acquérir le goût de l'observation, du travail en groupe, acquérir des savoirs et de savoir-faire scientifiques, comprendre et expliquer par les connaissances scientifiques quelques phénomènes physiques ou chimiques du monde actuel, acquérir un début d'attitude scientifique,....

C'est ainsi qu'il a été décidé par la Direction de la Pédagogie et de la Formation Continue (DPFC) Section Sciences Physiques (S.SP) à travers les circulaires DPFC/S.SP N°96-122 (Programme de sciences physiques en classe de seconde C) et DPFC/S.SP N°96-124 (Guide pédagogique classe de seconde C) d'octobre 1996, DPFC/S.SP N° (Programme de sciences physiques classes de 1^{ère} C et D) et DPFC/S.SP N° (Guide pédagogique classes de 1^{ères} C et D) d'octobre 1997, de reprofiler les programmes de sciences physiques du second cycle de l'enseignement secondaire. Il est ainsi mis à la disposition du professeur de sciences physiques des documents officiels et de référentiels : programmes et guides. A l'aide de ces deux documents, l'enseignant devra être à mesure de construire son enseignement autour d'objectifs clairs et précis, énoncés dans le programme et de mieux ajuster son évaluation.

En plus des objectifs généraux et les objectifs spécifiques qui sont repris par module, les activités proposées ne sont plus rangées dans un ordre chronologique mais elles sont soit centrées sur le professeur, soit sur l'apprenant, soit sur le groupe, et les tableaux de spécification apparaissent dans ces nouveaux programmes pour pondérer, en pourcentage, la durée qu'il convient d'accorder, sur l'ensemble de l'année, à chacun des objectifs généraux. Lequel pourcentage est reparti sur trois niveaux taxonomiques, selon l'importance que l'enseignant doit accorder à la connaissance, à la compréhension et aux applications.

Dans la continuité des classes de premières, de nouveaux programmes et guides pédagogiques sont mis en application à la rentrée scolaire 1997-1998 (circulaires DPFC/S.SP N°97-126 et DPFC/S.SP N°97-127 de 13 Juin 1997). Ils prennent en compte :

- a) Les finalités de l'école ivoirienne ;
- b) Les besoins de l'apprenant et de la société ;
- c) Les buts du programme ;

- d) L'approche pédagogique générale ;
- e) La démarche générale d'apprentissage ;
- f) Les objectifs généraux ;
- g) Le tableau de spécification ;
- h) Les objectifs spécifiques ;
- i) Les contenus d'enseignement, les activités et les stratégies pédagogiques.

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

Chapitre V

**LES CHOIX ET APPROCHES PEDAGOGIQUES
ADOPTES DANS L'ENSEIGNEMENT SECONDAIRE
IVOIRIEN**

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

Les programmes d'enseignement d'inspiration coloniale des lendemains des indépendances, marqués par l'encyclopédisme et la méthode traditionnelle d'enseignement qui suscitent et entretiennent la passivité des élèves ont laissé place, depuis une vingtaine d'années, à des programmes rénovés basés sur la méthode active et la pédagogie par objectifs. Lesquels programmes mettaient l'accent sur la formation de citoyens responsables imprégnés des réalités de notre pays, la Côte d'Ivoire et ouverts sur le monde.

Les programmes d'enseignement des sciences physiques comme ceux des autres disciplines sont centralisés et nationaux. Ces programmes constituent le cadre à l'intérieur duquel l'enseignant ou l'équipe pédagogique fait les choix pédagogiques adaptés aux apprenants dont il a la responsabilité.

Des dispositifs d'élaboration en évolution sont l'apanage de l'inspection générale, au bout d'une suite de délégations et missions : le Ministre de l'Education Nationale délègue sa responsabilité au Directeur de la Pédagogie (pour les lycées et collèges), qui lui-même confie l'élaboration des programmes aux inspecteurs des différentes disciplines.

Conçus par les Inspecteurs de l'Enseignement Secondaire de sciences physiques sous la supervision de l'Inspection Générale de l'Education Nationale, les programmes puis les modèles pédagogiques sont expérimentés dans les antennes des Directions Régionales. Cette expérimentation est effectuée par les animateurs Pédagogiques Régionaux et les Conseillers Pédagogiques dans certains établissements choisis comme des centres expérimentaux.

A la suite de cette expérimentation, les programmes et les modèles pédagogiques sont adoptés puis généralisés pour l'ensemble des lycées et collèges.

Nous essayerons de dégager quels sont les modèles et approches pédagogiques utilisés dans l'enseignement secondaire ivoirien après avoir analysé les choix pédagogiques effectués.

I- LES CHOIX PEDAGOGIQUES

I-1 LE COURS MAGISTRAL

Le cours magistral dans l'enseignement secondaire ivoirien fonctionne, selon un schéma que l'on peut qualifier d'oralographique (Gauthier R., Meggori A. 2002) dans la mesure où il met en face un enseignant orateur et des apprenants scripteurs. La relation d'autorité par rapport aux apprenants que confèrent à l'enseignant son profil d'expert et l'enjeu de cette communication se combine aux contraintes spatiales de la situation de communication en salle spécialisée pour aboutir à cette répartition des tâches langagières.

L'enseignant est le seul à prendre la parole. Les interventions des apprenants à la suite des questions posées par l'enseignant, ne représentent que des parenthèses dans le déroulement de la séance et ne sont pas constitutives de l'organisation discursive du cours. Il y a interactions entre l'enseignant et les enseignés, mais ces interactions sont asymétriques parce que de nature différente pour l'un et l'autre des partenaires : essentiellement verbales chez l'enseignant, elles prennent chez l'enseigné une forme mimogestuelle.

A la parole ou aux questions de l'enseignant, les élèves réagissent soit par la prise de notes, soit par des réponses. Et réciproquement, les modalités de ces activités d'écriture (tension, relâchement, regards sur l'écrit du voisin,...) et de réponses (correctes ou non) sont pour l'enseignant autant de signaux auxquels il va répondre par des mots et, plus largement, par une certaine façon de gérer la transmission du contenu de l'enseignement : reprises, explications, rappels,...

La prise de notes des apprenants pendant le cours est en quelque sorte la ligne d'horizon à partir de laquelle l'enseignant organise sa parole, son enseignement. Cela induit dans sa manière de parler certaines modalités langagières faites d'une combinaison d'éléments vocaux et verbaux. Un ralentissement indique généralement une insistance sur une donnée, laquelle est écrite ou soulignée avec un stylo rouge ou vert, signalant ainsi l'importance que l'enseignant lui accorde.

D'une manière générale, l'enseignant explique la leçon, écrit certains mots qu'il juge important au tableau, pose des questions aux apprenants pour avancer dans son explication. Ils prennent des notes à la suite de ses explications.

Au premier cycle de l'enseignement secondaire, après l'explication du cours de sciences physiques par l'enseignant, la leçon leur est dictée en insistant sur certains mots, généralement écrits au tableau ainsi que les schémas et symboles ; fait les rangées pour contrôler l'écrit des apprenants pour éventuellement corriger certaines fautes d'orthographe.

Au second cycle, on procède de la même façon. Mais à ces niveaux d'enseignement, l'enseignant laisse l'attitude aux apprenants de prendre des notes à la suite de ses explications. On écrit rarement les mots au tableau, seules les formules et les noms des savants sont mis au tableau.

Généralement, que ce soit au premier ou au second cycle de l'enseignement secondaire ivoirien, le débit ralenti va souvent de pair avec des répétitions et une forme intonative particulière à la dictée ; par contre, une accélération du débit indique que l'information n'est pas trop importante. Ces variations permettent ainsi aux apprenants de catégoriser les informations, en distinguant des données centrales des données périphériques. Au plan de l'interaction, les variations constituent des consignes implicites équivalentes à des formules telles que *cela est très important, vous notez bien cela* ou, l'inverse, *ce n'est pas essentiel, inutile de noter mais je vous précise au passage que...*

Lors de la prise d'un schéma au tableau ou d'une copie, l'enseignant profite de ces suspensions pour apporter un éclairage sur des informations qu'il juge utiles à une bonne compréhension de la leçon.

Le plus grand défaut de l'usage de la méthode magistrale est sans doute de maintenir les apprenants dans un rôle passif de récepteurs d'informations. La participation exigée des apprenants en classe se résume souvent à être attentifs afin de pouvoir régurgiter individuellement et intégralement ces connaissances transmises par l'enseignant lors des tests d'évaluation sommatifs. Cela relègue l'apprenant dans son apprentissage au rôle de consommateur de connaissances provoquant ainsi un sentiment d'impuissance et de frustration, d'où émerge un manque de confiance en soi et un désintérêt pour l'apprentissage.

I-2. LES SALLES SPECIALISEES

Généralement, les cours et les travaux pratiques se déroulent dans des salles spécialisées. Ces salles sont situées à proximité des salles de collection.

Les salles de collection au moins deux par établissement soit au moins un par cycle d'enseignement, sont exclusivement réservées au rangement du matériel de sciences physiques (et technologiques pour le premier cycle). En aucun cas, les collections de matériel 1^o et 2^o cycles ne doivent se trouver dans la même salle. Les transferts de matériel d'un cycle vers l'autre doivent rester exceptionnels et ne peuvent se faire qu'avec l'accord du Professeur Responsable de Laboratoire. Ces salles sont climatisées, les portes d'accès munies de serrures de sûreté, les fenêtres munies de grilles. Leur accès est strictement interdit aux apprenants et à toute personne étrangère en absence de professeur de département.

Les salles de collection sont équipées de rayonnages permettant un rangement du matériel. Les appareils sont regroupés par rubrique (conformément aux directives du C.N.M.S.) et ne doivent pas être entassés pour permettre toujours un contrôle du matériel.

En premier cycle, compte tenu du nombre insuffisant de salles spécialisées, un nombre suffisant de salles ordinaires est réservé à l'enseignement exclusif des sciences physiques. Généralement, les salles affectées à l'enseignement des sciences physiques, sont situées à proximité des salles de collection. Les salles qui sont destinées aux TP n'accueillent à chaque séance qu'une demi-classe, soit environ 30 élèves. Elles sont équipées de 12 plans de travail élèves (tables horizontales) et de 30 sièges. L'objectif est de rendre facile les déplacements du professeur et des élèves, et d'éliminer presque la précarité des conditions de sécurité. Un évier muni d'un robinet d'eau et de prises électriques y sont installés.

Les salles affectées aux cours (classe de 4^{ème} et 3^{ème}) sont destinées à accueillir une classe entière, soit environ 60 élèves. Ces salles sont pourvues d'un évier muni d'un robinet d'eau, et d'une prise électrique.

Les salles de cours sont utilisées en commun avec les sciences de vie et de la terre. Pour les travaux pratiques, en raison d'une tranche horaire (3heures/classe) par demi-journée, la salle est utilisée durant 30 heures (10 demi-journées/semaine) chaque semaine. Ainsi, les deux groupes de TP d'une même classe, sont placés consécutivement, dans la même demi-journée.

Pour les classes de 6^{ème} et de 5^{ème} où l'enseignement se fait uniquement en classe dédoublée, donc avec deux groupes indépendants, dans le but « d'économiser les salles », les deux groupes d'une même classe sont placés sur deux matinées différentes. Par contre, en classe de 4^{ème} et 3^{ème}, les deux groupes de TP d'une même classe ne sont en aucun cas dissociés : en effet, tous les élèves, quelque soit leur groupe, doivent être au même niveau lorsqu'ils se retrouvent en classe entière.

Cependant, il est interdit de placer pour un même niveau (4^{ème} et 3^{ème}) un cours et une séance de TP pendant la même tranche horaire dans un établissement de type I, deux dans un établissement de type II, ...

En second cycle, les salles de travaux pratiques, équipées de paillasse élèves, sont affectées en priorité aux TP. Pour les cours de sciences physiques, les salles ordinaires situées à proximité immédiate de la salle de collection sont utilisées. Ces salles ordinaires destinées aux cours, sont sommairement équipées d'un évier muni d'un robinet d'eau, de prises électriques et d'une grande table horizontale pour l'enseignant. Ces dispositions prises, permettent à chaque enseignant de recevoir au moins une fois par semaine, chacune de ses classes en « salle spécialisée » pour présenter des expériences de cours.

Les séances de TP de sciences physiques et de sciences de la vie et de la terre d'une même classe sont jumelées, et les deux groupes de TP, sont placés consécutivement, dans la même demi-journée (sauf en TD : l'alternance avec les TP de sciences de la vie et de la terre de durée 3 heures conduit à placer un groupe le matin, l'autre l'après-midi).

II- LES MODELES PEDAGOGIQUES

II-1. APPROCHE HISTORIQUE

D'un point de vue historique, il apparaît clairement que les modèles pédagogiques de chaque époque ont des retentissements directs sur l'enseignement des sciences physiques.

Skinner (1950) propose une méthode d'enseignement reposant sur le modèle théorique du behaviorisme. Il remet en question le modèle traditionnel d'enseignement de masse dans lequel l'enseignant est au cœur du dispositif. Ce cadre d'enseignement habituel laisse peu de place notamment à l'initiative, à la résolution de problèmes contextualisés, à la culture scientifique, à la communication orale et écrite, à la synthèse et à l'intégration.

La méthode utilisée, connue sous l'appellation d'enseignement programmé, les contenus sont découpés en petites unités (les plus petites possibles) auxquelles on associe les réponses prévisibles des apprenants.

Depuis, de nombreuses critiques ont été faites sur cette méthode (principalement sa rigidité), elle perdure néanmoins. Malgré son caractère restrictif, cette méthode a permis d'introduire une forme d'individualisation dans l'enseignement secondaire, modifiant ainsi la relation enseignant-enseigné.

Ce modèle, s'il a pu correspondre aux représentations des pédagogues des années 1960, a été rapidement évincé par le modèle cognitiviste dans les années 1970-1980. Les cognitivistes ne se satisfont pas de l'observation externe des comportements des apprenants ; ils veulent comprendre comment ces comportements sont produits et identifier les activités mentales mises en jeu en situation d'apprentissage.

Pour analyser les modèles pédagogiques des enseignants, il nous est apparu nécessaire de cerner leurs conceptions théoriques en matière de pédagogie. Nous entendons par « *conceptions pédagogiques* », les connaissances et les représentations qu'ils mobilisent pour concevoir, construire, organiser et mettre en œuvre leurs cours.

Ainsi, nous regrouperons les différents modèles utilisés dans le système ivoirien en deux groupes :

« Modèle de pédagogie traditionnelle ou transmissif », et « modèle de pédagogie active ou le modèle de pédagogie par objectifs ».

II-2. LE MODELE DE PEDAGOGIE TRADITIONNELLE OU LE MODELE TRANSMISSIF

II-2.1 Les caractéristiques générales du modèle transmissif

On qualifie généralement ce modèle d'enseignement traditionnel. Historiquement, dans les lycées napoléoniens, par exemple, les apprenants travaillaient beaucoup en réalisant des exercices écrits, et le rôle des enseignants consistait surtout à préparer et à commenter les activités de ceux qui apprenaient.

Ce modèle de pédagogie a pour finalité la transmission d'un savoir constitué et privilégie le savoir venu de la Tradition, structuré par l'enseignant qui le transmet et est centré sur la prestation de ce dernier. La situation est organisée par le Maître, la Communication vient du Maître, est dirigée par lui, l'apprenant écoute et reçoit le savoir du Maître, un savoir indifférencié, le même pour tous. Ici, l'acte d'enseigner est fondamental. Le centre essentiel de l'activité est celui qui enseigne, c'est son savoir ; l'interaction privilégiée est celle entre enseignant et savoir ; l'élève reçoit les contenus en s'adaptant aux activités magistrales ou interrogatives proposées dans une situation de communication collective et verticale.

Basé sur la maîtrise du Verbe et la Rhétorique, le modèle transmissif permet un apprentissage conçu comme un processus de réception, d'accumulation de savoirs.

II-2.2 Son fonctionnement dans le système ivoirien

Dans le cas le plus fréquent de l'enseignement des sciences physiques en Côte d'Ivoire, les activités pédagogiques sont conçues par les enseignants suivant le modèle transmissif où l'enseignant est au cœur du dispositif. Les connaissances se donnent ; les apprenants les reçoivent, les comprennent, les mémorisent, selon le principe qui s'apparente à celui des vases communicants.

A l'instar des cours en classe entière, la transmission magistrale des contenus par l'intermédiaire d'une plate forme est un objectif pédagogique prégnant. En plus de la trace écrite, des photocopiés, des exposés ou des extraits d'exposés permettent à l'apprenant de récupérer des ressources en vue de disposer de l'ensemble du cours magistral.

On observe ainsi deux cas dans notre enseignement. Dans l'un, l'enseignant met à disposition ses ressources avant le cours magistral (quelques jours avant) en donnant la consigne aux apprenants de préparer leurs questions pour la séance d'après ; l'objectif étant de favoriser les interactions entre lui et les apprenants.

Dans l'autre cas, l'enseignant met ses ressources à disposition après le cours car il pense que les apprenants ne se déplaceront plus pour assister à son enseignement s'ils disposent des documents relatifs au cours au préalable.

Dans les deux cas, les documents sont exploités par les apprenants en temps différé et à distance (domicile, ...). L'apport principal de connaissances est effectué par le cours en classe entière en présence d'un grand nombre d'élèves ; les différents documents venant en appui au cours.

Dans ce modèle, basé sur la transmission des connaissances, les contenus et les outils servent à gérer ces contenus qui complètent le cours.

Dans la première situation pédagogique, la consultation des documents distribués en amont du cours favorise l'interactivité entre les enseignants et les élèves en situation présenteielle ; ce qui n'est pas le cas de la seconde situation où le recours aux documents photocopiés permet de mémoriser et de consolider les connaissances acquises après le cours sans favoriser particulièrement les interactions entre les enseignants et apprenants.

Assez fréquemment aussi, nos enseignants s'inspirent de modèles behavioristes où les contenus sont divisés en petites unités sur lesquelles l'apprenant sera évalué.

Les enseignants adjoignent aussi à des parties de photocopiés (une notion, un cours, ...), soient des exercices auxquels l'apprenant devra répondre par oui ou non ou cocher la bonne réponse ; ce sont la plupart du temps des questionnaires à choix multiples (QCM), soient des exercices auxquels l'apprenant devra compléter par les mots ou expressions qui conviennent ; ce sont des phrases à trou (cette méthode reconnue sous le nom de *contrôle tes connaissances*, est utilisée généralement dans les classes du premier cycle de l'enseignement secondaire ivoirien).

Cette méthode de contrôle des connaissances est vérifiée à travers l'ensemble des exercices des différents chapitres dont ceux du chapitre *Energie cinétique, énergie potentielle de pesanteur. Leurs transformations mutuelles* du livre de Sciences Physiques de la classe de 3^{ème}, collection « AREX » de la façon qui suit :

1. Complète les phrases suivantes à l'aide des mots et expressions suivantes : *travail, énergie cinétique, énergie potentielle, poids, vitesse.*
 - a) Un mobile M, du fait de sa, est capable de fournir du : on traduit cela en disant que le mobile M possède de
 - b) On appelle pesanteur, la forme d'énergie dépendant à la fois de l'altitude et du
2. Complète les expressions suivantes :
 - a) $E_c = \dots mv^2$; $m = 2 E_c / \dots$

b) $E_p = \dots g \cdot h$; $h = E_p / \dots$

3. De ces affirmations concernant les formes d'énergie, dis lesquelles sont vraies et lesquelles sont fausses

Affirmations	Vrai	Faux
L'énergie cinétique d'un corps augmente avec sa vitesse.		
L'énergie cinétique diminue avec la masse.		
L'expression de l'énergie cinétique est $E_c = mv^2$		
L'énergie potentielle de pesanteur dépend de l'altitude.		
L'énergie mécanique est la différence entre l'énergie potentielle et l'énergie cinétique.		
Les frottements entraînent la production d'énergie thermique.		

Ces consignes montrent que l'apprenant n'est pas autonome et le rendent dépendant dans le sens où elles ne lui permettent pas de réfléchir, et les compétences techniques simples ou complexes sont réalisées par imitation et répétition. La compétence se transmet en regardant faire et répétant le geste (De Vecchi, 2005).

Ce modèle de pédagogie ou transmissif utilisé dans l'enseignement secondaire ivoirien, nommé de pédagogie magistrale ou frontale suppose donc, une relation linéaire et directe entre l'enseignant détenteur d'un savoir et un apprenant qui mémorise successivement des messages.

L'apprentissage n'est qu'une simple mécanique d'enregistrement et de restitution. L'enseignant fixe la règle du jeu soit en expliquant le mode opératoire, soit en fournissant un document ressource très complet ou l'apprenant applique les consignes à la lettre ou les deux en exécutant une série de consignes séquentielles sans construire de schéma mental cognitif.

II-2.3 Les limites du modèle transmissif

Les limites de ce modèle ci-dessus décrites font dire à Blouin (1986) que les contenus sont très chargés et seraient plus propices au bourrage de crâne qu'à l'assimilation du concept d'énergie.

Ainsi ce cadre d'enseignement, d'une part, laisse peu de place notamment à l'initiative, à l'autonomie dans l'apprentissage, à la résolution de problèmes contextualisés, à la recherche documentaire, à la culture scientifique, à la communication orale, à la synthèse et à l'intégration de l'apprenant et d'autre part, les connaissances acquises par ce modèle par les apprenants sont inertes et volatiles, et réalisées essentiellement par imitation et répétition (la compétence se transmet en regardant faire et en répétant le geste).

C'est à la suite de ces différentes insuffisances de ce modèle qu'à partir de la fin de la rentrée scolaire 1994/1995 que les concepteurs de programme vont opter pour un autre modèle de pédagogie : le modèle de pédagogie par objectifs.

Ce choix pédagogique est rentré en vigueur officiellement à la rentrée 1995/1996 où dans les programmes officiels, les objectifs généraux puis les objectifs spécifiques de chaque leçon sont définis en comportements terminaux observables.

II-3. DU MODELE TRANSMISSIF AU MODELE DE PEDAGOGIE PAR OBJECTIFS

II-3.1 Les caractéristiques du modèle de pédagogie par objectifs

La pédagogie par objectifs est une méthode qui s'appuie sur une analyse extrêmement détaillée des objectifs, passant par leur opérationnalisation. Elle préconise de définir les activités qui seront proposées aux élèves en termes de capacités observables, ou même mesurables, et cela, d'une manière aussi peu équivoque que possible.

Ce modèle a pour finalité de développer, de former l'élève personne, de l'épanouir. Il se recentre sur le sujet, l'apprenant, sa personne, part de ses intérêts, et vise la découverte, la structuration du savoir par l'apprenant. Ici, l'enseignant suscite des situations d'apprentissage qui mettent l'apprenant en activité, l'accompagne dans sa recherche et sa construction du savoir.

Dans ce modèle, la pédagogie est de l'ordre de la découverte par l'apprenant, la communication vient de l'apprenant et est horizontale entre l'élève et l'enseignant. L'apprentissage dans ce cas, est un processus de construction personnelle. En d'autres termes, l'apprenant ne peut acquérir de compétences de façon durable que s'il est acteur de sa formation. Pour ce, il faut qu'il acquière un mode de raisonnement, un état d'esprit qui lui permettent de comprendre ses actions. Ce modèle prône la libre expression et met ainsi en avant la découverte autonome. Ainsi, l'apprenant ne se contente plus de recevoir des données brutes, il les sélectionne et les assimile, et l'enseignant lui, scénarise son cours en fonction des objectifs et de l'organisation globale de ses enseignements en insistant sur l'activité de l'apprenant.

Dans ce modèle, l'apprenant occupe une place centrale dans le dispositif car on se situe dans une démarche davantage appropriative où il doit apprendre par l'action. Par exemple, des expériences ou des exercices dont l'objectif est la compréhension des mécanismes complexes (sciences physiques, ...) permettent à l'apprenant de tester virtuellement des phénomènes. Dans cette approche, on observe que ce modèle se repose sur les interactions entre pairs. La pédagogie est beaucoup plus individualisée et les ressources sont souvent scindées pour répondre à des objectifs spécifiques.

II-3.2 Son fonctionnement dans le système ivoirien

L'écart constaté entre les objectifs fixés et les objectifs atteints par l'enseignement des sciences physiques au secondaire invita à partir de la rentrée scolaire 1994/1995 à une révision des programmes, des outils didactiques et des méthodes de travail.

C'était dans cette perspective qu'une enquête a été menée auprès de chefs d'établissement, d'enseignants et d'élèves. Les résultats de cette action, la lecture et l'analyse des programmes en vigueur dans les classes du premier et second cycle ont amené les décideurs à une révision et une actualisation des programmes et des méthodes de travail dans ces cycles.

Ainsi, à la rentrée scolaire 1995/1996, en Côte d'Ivoire, ce modèle appelé le modèle de pédagogie par objectifs est rentré en vigueur. Il consiste en dehors des moyens logistiques, matériels et didactiques, à formuler de manière explicite les objectifs spécifiques qui traduisent les objectifs généraux de la leçon en comportements terminaux observables avant de commencer le cours.

Ainsi,

- Au niveau du premier cycle

L'objectif général (OG) de l'enseignement de l'énergie du niveau troisième (3^{ème}) permettra à l'élève de : « *Appliquer le concept d'énergie à des dispositifs mécaniques et électriques* ». A cet objectif général, les objectifs spécifiques (OS) visés sont répertoriés dans le tableau ci-dessus. Ainsi, l'élève doit être capable de :

Tableau n° 17 des objectifs spécifiques liés à l'application du concept d'énergie.

OS ₁	Utiliser les relations, entre les forces et les déplacements de leurs points d'application, à l'entrée et à la sortie des dispositifs suivants : poulies, treuil.
OS ₂	Déterminer le travail et la puissance mécaniques dans le cas où la force et le déplacement sont colinéaires.
OS ₃	Utiliser dans des situations simples, les notions d'énergie cinétique et d'énergie potentielle de pesanteur, et leurs transformations mutuelles.
OS ₄	Expliquer la consommation d'énergie électrique par un appareil ou une installation électrique.
OS ₅	Déterminer le rendement d'une machine faisant intervenir une transformation d'énergie électrique en énergie mécanique et vice versa.

Ce tableau à travers les objectifs spécifiques, rend l'apprenant actif en lui proposant des situations d'apprentissage où il agit seul et à son rythme bien que l'enseignant ait un rôle qui consiste à analyser les problèmes liés à l'enseignement-apprentissage et à concevoir l'enseignement-apprentissage en termes de gestion de programmes, d'optimisation des ressources, d'évaluation des produits et des processus pour réaliser au mieux les objectifs que l'on se fixe.

- Au niveau du second cycle

Les objectifs généraux (OG) de l'enseignement de l'énergie en classe de premières scientifiques (1^{ère} C et D) permettra à l'élève de :

Tableau n° 18 des objectifs généraux visés par l'enseignement de l'énergie

OG ₁	Appliquer le théorème de l'énergie cinétique
OG ₂	Appliquer le principe de la conservation de l'énergie mécanique
OG ₃	Analyser le bilan énergétique d'un circuit

Ce tableau traduit les buts du programme en dispositions, cognitives affectives et psychomotrices, que l'élève doit acquérir. Ces objectifs généraux visent un développement équilibré des connaissances, des attitudes et des comportements de l'apprenant.

A ces objectifs généraux, les objectifs spécifiques ci-dessous répertoriés dans le tableau n°23 sont visés. Ainsi, l'élève doit être capable de :

Tableau n°19 des objectifs spécifiques liés à l'enseignement de l'énergie

Objectif général n°1	Appliquer le théorème de l'énergie cinétique
Objectifs spécifiques	<ol style="list-style-type: none"> 1- Déterminer le travail d'une force constante. 2- Déterminer le travail de la tension d'un ressort. 3- Déterminer la puissance d'une force constante. 4- Connaître les caractéristiques d'un mouvement de rotation autour d'un axe fixe. 5- Déterminer le travail et la puissance d'une force agissant sur un solide en rotation autour d'un axe fixe. 6- Résoudre un problème en utilisant le théorème de l'énergie cinétique.
Objectif général n°2	Appliquer le principe de la conservation de l'énergie mécanique
Objectifs spécifiques	<ol style="list-style-type: none"> 1- Déterminer la variation de l'énergie potentielle d'un solide. 2- Déterminer l'énergie mécanique totale d'un solide. 3- Utiliser la conservation de l'énergie mécanique totale pour résoudre des problèmes.
Objectif général n°3	Analyser le bilan énergétique d'un circuit électrique
Objectifs spécifiques	<ol style="list-style-type: none"> 1- Connaître la relation entre le champ et la force électrostatiques. 2- Calculer l'énergie potentielle électrostatique d'une charge ponctuelle dans un champ électrostatique uniforme. 3- Appliquer la loi d'Ohm. 4- Appliquer l'expression de la puissance et de l'énergie électrique reçues ou fournies par un dipôle.

Ces différents objectifs spécifiques du tableau n°23 sont donc formulés en fonction de l'apprenant : ils décrivent un comportement attendu et réfèrent directement au contenu spécifique de l'enseignement de l'énergie. Ils font usage d'un verbe d'action qui est l'expression opérationnelle d'une disposition cognitive, affective ou psychomotrice. Ils précisent également le comportement terminal observé chez l'élève.

Ce tableau laisse entrevoir que la démarche est claire, et permet aux enseignants d'être non seulement plus rigoureux dans l'analyse de la notion d'énergie mais aux apprenants de réussir relativement bien puisque les activités sont limitées et bien cernées.

En revanche, l'opérationnalisation systématique des objectifs semble largement superflue ; elle peut convenir plus à l'enseignement technique qu'à l'enseignement général, qui quelquefois, doit s'appuyer sur une succession d'actes dans un ordre bien précis. Mais dans un apprentissage général, la traduction de l'objectif général en objectifs spécifiques nous semble suffisante puisqu'elle est suivie par l'élaboration précise des actions dans lesquelles on va placer les apprenants, et des consignes qui leur seront données au départ.

L'enseignant en clarifiant ainsi sa pratique éducative précise les objectifs, choisit des méthodes appropriées pour faire atteindre ces objectifs opérationnels fixés et prévoit l'évaluation pertinente.

En fixant des objectifs, l'enseignant passe d'une pédagogie des contenus à une pédagogie centrée sur l'apprenant dans la mesure où l'objectif implique la réussite. Cela signifie pour l'enseignant, qu'une fois fixé le résultat auquel l'apprenant devra aboutir, il devra mettre en œuvre les moyens d'enseignement et d'apprentissage pour faire réussir les apprenants (Bloom, A. 1969).

La centration du programme ivoirien sur les objectifs, vise l'atteinte de performance à cours terme, la réussite la plus rapide possible ; en laissant de côté la question de moyens qui permettent véritablement à l'apprenant de réussir, non pas une tâche précise, mais de transférer son savoir dans des situations nouvelles, de se construire des compétences.

Cependant, les outils de gestion de contenus permettent l'accès à des ressources qui sont le plus souvent des aides méthodologiques ou des exercices interactifs. Lorsque l'enseignant s'appuie sur du travail collaboratif, il a recours aux activités de classe pour favoriser les échanges entre enseignant /enseignés et entre enseignés. Ces activités de classe servent aussi à diffuser des informations à l'ensemble des apprenants en même temps, leur permettant d'échanger et de confronter des positions selon la théorie du conflit cognitif (Piaget, Vygotsky).

Ainsi, la pierre angulaire de cette pédagogie est l'enfant, ses projets, ses désirs et ses réalisations. L'enfant est donc l'acteur principal de sa formation, il doit peu à peu découvrir sa propre manière d'apprendre en utilisant les ressources humaines, matérielles, organisationnelles, théoriques mises à sa disposition. On lui apprend à définir des objectifs pour l'accomplissement d'une tâche, à structurer et à organiser les moyens dont il a besoin pour les atteindre, puis on lui enseigne l'auto évaluation et la mise en œuvre d'actions correctrices. C'est aussi, une pédagogie qui laisse l'enfant découvrir et apprendre par ses propres observations et expériences, il peut observer, manipuler, analyser, comprendre, proposer et tester des solutions et évaluer les résultats.

II-3.3 Les limites du modèle de pédagogie par objectifs

En réalité, les limites de ce modèle de pédagogie, structuré, dirigé par l'enseignant, s'observent d'une part, dans le fait que l'apprenant est un simple exécutant qui n'a pas conscience des buts visés et ne comprend pas la signification de ses actes, et d'autre part par le fait que :

- une entrée étroite par les objectifs peut isoler le comportement du contexte social dans lequel il est produit ;
- l'élimination des valeurs humaines par l'illusion de la transparence, de la clarification des intentions ;
- le morcellement des contenus implique la perte d'un point de vue d'ensemble ;
- un trop grand découpage des contenus est réducteur et contribue à une perte de sens ;
- l'apprenant risque d'être soumis aux objectifs de l'enseignant, celui-ci ne fait aucune place à l'imprévu ;
- l'apprenant a une place d'exécutant, il ne prend pas part à la découverte progressive des contenus en suivant sa propre progression ;
- le travail intellectuel de l'apprenant est réduit, le travail est « mâché ».

En plus des limites ci-dessus énumérées, les principaux inconvénients de la pédagogie par objectifs sont :

- une rigidité qui ne tient pas compte de l'apprenant et qui le transforme en machine à répondre, en automate obéissant ; cette méthode, à travers des processus de stimulus-réponse, s'apparente aux réflexes conditionnés et au behaviorisme. Or, apprendre, ce n'est pas devenir docile, savoir travailler à la chaîne et recevoir des récompenses et/ou des punitions (De Vecchi, 2005).
- une trop grande décomposition des objectifs n'a plus de sens, et le processus devient un outil *pseudo-scientifique* : la technique n'est plus un moyen mais un but.
- en abordant les objectifs les uns après les autres (*saucissonnage*), les phénomènes ne sont pas intégrés d'une manière globale : on peut être capable de réaliser une série d'actions, sans appréhender le phénomène dans son ensemble ; d'autant plus qu'apprendre n'est pas accumuler, mais mettre en relation. En effet, on n'apprend donc pas en étant placé face à une suite d'exercices simplistes car le réinvestissement dans la réalité ne se fait pas.

L'enseignement par objectifs privant l'apprenant de la créativité et de la redécouverte, nous pensons qu'il est nécessaire de songer à une pratique enseignante qui se manifeste dans un comportement qui laisse plus d'initiative à ce dernier pour arriver lui-même aux connaissances

scientifiques (questionnement abordant la nature à connaître les connaissances préalables de l'apprenant pour les réinvestir dans la construction de nouvelles connaissances, soit pour l'inciter à contribuer aux démonstrations qui ont abouti à retrouver les expressions des différentes formes d'énergie, utilisation d'une démarche de résolution de problèmes, aider l'apprenant à corriger lui-même les erreurs...).

Les limites de l'enseignement par objectifs font que depuis l'année scolaire 2003/2004, la Direction de la pédagogie et de la formation continue du ministère de l'Éducation nationale de Côte-d'Ivoire s'attelle à la mise en œuvre de la formation par compétence à travers séminaires et ateliers de renforcement des capacités des enseignants en formation par compétence. Ces rencontres ont pour but d'améliorer les acquis de la pédagogie par objectifs afin d'accroître les capacités d'insertion des apprenants dans la société, en leur permettant de construire des compétences pour résoudre des problèmes de vie courante.

Aussi convient-il de noter que le processus de rénovation actuelle des programmes, par le ministère de l'Éducation nationale, s'inscrit dans une optique d'amélioration des agents pédagogiques.

II-4. DE LA PEDAGOGIE PAR OBJECTIFS A LA FORMATION PAR COMPETENCES

Plusieurs raisons militent en faveur d'une approche de formation centrée sur le développement de compétences et pas seulement sur l'acquisition de connaissances. Le passage des programmes par objectifs aux programmes par compétences peut être mis au relief avec :

- Les résultats des recherches en sciences de l'éducation, relatifs aux théories de l'éducation du constructivisme (processus actif par lequel chaque apprenant construit ses propres savoirs en les rattachant à ce qu'il sait déjà), du cognitivisme (fonctionnement de la mémoire faisant ressortir que l'on retient mieux ce que l'on a compris) et le socioconstructivisme (l'apprenant développe ses compétences en comparant ses performances à celles de ses pairs et des adultes qui l'entourent), ont montré que les idées les plus importantes concernent la réussite pour tous, l'autonomie progressive de l'élève, la coopération et l'interdisciplinarité qui constituent des éléments essentiels de la formation par compétences.

- Les crises actuelles des systèmes éducatifs à travers le monde ont conduit à faire de la formation par compétences une volonté internationale et nationale pour l'Etat de Côte-d'Ivoire.

C'est dans ce contexte que les conférences internationales, CONFEMEN de 1990 et 2000, ont défini un cadre d'action qui prône "l'éducation pour tous". En effet, la CONFEMEN affirme dans son document *Stratégies pour une refondation réussie des systèmes éducatifs*, "l'approche par compétences, par souci du décloisonnement disciplinaire et du réinvestissement dans la pratique, suscite une adhésion assez générale". Ainsi après l'école des années 1990 qui menait un petit nombre d'élèves à l'excellence, l'école du XXIème siècle prône un enseignement de qualité accessible à tous, sans oublier les connaissances, l'éducation mettant l'accent sur le développement de compétences.

Quelques caractéristiques de la formation par compétences mettent en évidence son impact sur le système éducatif. En effet, la formation par compétences est intégrée, car elle considère l'enseignement, l'apprentissage et l'évaluation comme un tout rattaché aux finalités éducatives et aux curricula. Cette intégration est rendue possible par le fait qu'on ne vise plus l'acquisition d'objectifs isolés et morcelés, mais le développement progressif de compétences complexes regroupant un certain nombre de composantes. La formation est alors dynamique, car les compétences en construction chez l'apprenant sont en perpétuelle évolution, les nouvelles acquisitions ne venant pas se juxtaposer aux anciennes, mais au contraire s'intégrer dans un processus favorisant une maîtrise de plus en plus grande.

En somme, la formation par compétences sans constituer une rupture totale avec la pédagogie par objectifs, apparaît comme une réponse aux problèmes du système éducatif en vigueur. Par son souci de s'adapter aux besoins des élèves, des enseignements, au contexte socioculturel, et aux finalités éducatives du système scolaire, elle contribue à l'épanouissement personnel, social et professionnel du futur citoyen. Ainsi cette mutation, loin d'être un effet de mode, est en réalité une option pertinente susceptible d'améliorer les rendements des programmes d'enseignement et du système éducatif dans tout son ensemble.

La formation par compétences est en expérimentation depuis la rentrée scolaire 2005/2006 dans le premier cycle dans les classes de sixième (2005/2006) et de cinquième (2006/2007).

L'analyse des différents modèles pédagogiques utilisés par les enseignants ivoiriens, nous amène à distinguer des différences au niveau des pratiques. Ainsi, à partir des styles pédagogiques adoptés par les enseignants, nous avons défini une typologie d'approches pédagogiques.

III- APPROCHES PEDAGOGIQUES UTILISEES

III-1. APPROCHE HISTORIQUE DE L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES PHYSIQUES

L'enseignement des sciences physiques en Côte d'Ivoire a pour objectif premier, comparativement aux mathématiques, de faire comprendre le monde naturel aux apprenants par l'utilisation d'une méthodologie expérimentale fondée sur l'observation méticuleuse et sur le rapport étroit de la réalité.

Le principe de cet enseignement voulu par ses promoteurs, est « *de faire comprendre certains phénomènes de notre environnement, et à faire acquérir un minimum culturel en exerçant l'esprit critique et de créativité de l'apprenant à travers la véritable méthode scientifique, la méthode inductive* ».

Il s'agit de mettre fin à la tradition scolastique dominante des années d'avant l'indépendance qui consiste à enseigner les sciences physiques de manière dogmatique au tableau noir, en absence de toute expérimentation effectuée devant ou par les élèves. Cette méthode, caractérisée d'inductiviste, se résume comme suit : faire l'expérience suivie des mesures. Les valeurs relevées sont rassemblées dans des tableaux. Les nombres qui résultent des mesures conduisent soit à la détermination d'une constante physique, soit à la construction d'un graphique d'où découlent les lois.

Après 1960, les insuffisances de cette méthode sont mises au grand jour. Lesquelles (insuffisances) sont dues, d'une part, au fait que l'expérience se limitait souvent à une démonstration introductive, et d'autre part, les exercices pratiques consistaient le plus souvent à faire vérifier expérimentalement les lois à la suite du cours. Ces insuffisances ont entraîné l'adoption d'une nouvelle méthode, la méthode expérimentale.

Cette méthode doit permettre aux élèves de manipuler eux-mêmes ; ainsi, ils apprendront facilement, plus naturellement. Dans cette méthode, l'enseignant a pour rôle de développer un goût et une aptitude sérieuse pour l'observation.

En 1970, le savoir enseigné est jugé désuet, les programmes vétustes. Une réforme est entreprise qui aboutira à l'introduction de nouveaux contenus, plus modernes, mais aussi à la mise en pratique de la méthode « naturelle inductiviste ». On assiste ainsi à une initiation aux sciences

physiques et à l'introduction de la démarche expérimentale au collège ayant pour mission de mettre en œuvre un enseignement (principalement) orienté vers l'étude des phénomènes.

Au lycée s'ajoute la volonté de construire, en plus, un enseignement autour de savoirs fortement structurés par des lois et des modèles très formalisés.

A partir des années 1980, il est question que les sciences physiques permettent aux apprenants de « *maîtriser les diverses formes de la réflexion scientifique et de s'habituer à la pratique de la démonstration et de l'argumentation ainsi que de leur faire acquérir des compétences de résolution de problèmes et d'interprétation des phénomènes naturels et humains* »

Avec l'enseignement des sciences physiques au collège, les élèves doivent appréhender l'univers matériel tant naturel que construit dans lequel ils vivent. Par l'observation et l'investigation, ils doivent reconnaître des interactions de tous les jours entre la matière et des phénomènes physiques courants ; ils doivent construire qualitativement des concepts et « dégager » des lois qui régissent les phénomènes étudiés.

Dans une perspective de continuité et de complémentarité avec l'enseignement de base, l'enseignement au secondaire vise chez les élèves à :

- développer des éléments de culture scientifique qui les aideront à se faire une représentation rationnelle des phénomènes naturels environnants et à se situer dans le monde contemporain ;
- acquérir une certaine autonomie, et ce, par la prise de conscience de la responsabilité d'agir pour apprendre et par le développement de l'esprit de créativité ;
- systématiser la pratique de la démarche scientifique par la mise en pratique fréquente de son protocole de base (indiquer les éléments du problème posé, construire des hypothèses, recourir à l'expérience, à la recherche documentaire ou sur le terrain pour confirmer ou mettre en doute les hypothèses avancées, conclure ou déduire, ...)
- perfectionner les habiletés méthodologiques telles que l'utilisation et l'exploitation des données.

Simultanément, on doit apprendre aux élèves à transférer ces savoirs, savoir faire et savoir être d'une manière intégrative dans des situations problèmes authentiques déclenchées par des phénomènes physico-chimiques.

C'est dans cette perspective qu'à partir des années 1995, les programmes de sciences physiques sont conçus et élaborés en s'appuyant sur les idées directrices suivantes :

- centrer les contenus de l'enseignement sur l'essentiel et dégager un socle fondamental de connaissances déclaratives et procédurales ;
- renforcer la corrélation de l'enseignement des sciences physiques avec celui des autres disciplines ;

- mettre l'accent sur l'unité profonde des phénomènes physico-chimiques qui structurent le monde naturel et qui permettent notamment une vision rationnelle et globale de l'environnement ;
- former l'esprit à la rigueur, à la méthode scientifique, à la critique constructive et à l'honnêteté intellectuelle.

Les différentes réformes entreprises ont pour principal objectif d'introduire une culture scientifique expérimentale par l'introduction d'exercices pratiques (Robardet et Guillaud, 1997).

Cette nouvelle orientation de l'enseignement scolaire des sciences physiques dans tous ses niveaux replace l'apprenant à sa vraie place, c'est-à-dire au centre de l'action éducative, par l'utilisation des principes constructivistes et d'intégration des connaissances.

III-2. L'APPROCHE PEDAGOGIQUE : LA DEMARCHE EXPERIMENTALE

III-2.1 L'approche pédagogique globale

Comme il est stipulé dans les programmes officiels de sciences physiques de l'enseignement secondaire ivoirien, l'approche pédagogique globale guide et éclaire les interventions de l'enseignant : « *c'est une façon générale de concevoir les relations entre l'enseignant et l'élève qui devrait présider au choix et à l'organisation de toutes les activités et de toutes les stratégies pédagogiques* ».

La pratique expérimentale est, dans la mesure du possible, le fait de l'apprenant lui-même, en laissant une part suffisante à son initiative et en suscitant ses questions.

Les études sont centrées sur des situations expérimentales concrètes prises dans l'environnement naturel et technique des apprenants.

L'approche pédagogique souhaitée reste simple et concrète, puisqu'elle privilégie le travail de groupe afin de développer chez l'apprenant certaines attitudes, certaines habiletés autres cognitives.

III-2.2 La démarche générale d'apprentissage

Comparativement à la démarche expérimentale O.H.E.R.I.C (Observation, Hypothèse, Expérience, Résultats, Interprétation, Conclusion) de Claude Bernard (1865) où la démarche expérimentale est présentée comme étant la voie royale d'accès à la démarche scientifique, la démarche générale d'apprentissage de l'enseignement des sciences physiques en Côte d'Ivoire, est un découpage logique et séquentiel des différentes étapes méthodologiques d'un processus d'apprentissage.

Ainsi, de manière générale, il est recommandé à l'enseignant, dans toutes ses leçons, dans les programmes d'enseignement, à suivre la démarche scientifique suivante :

1. Le fonctionnement de la démarche d'apprentissage

Au premier cycle

Les démarches pédagogiques comme stipulent les documents officiels, sont en accord avec une logique pédagogique, et logique des sciences physiques. Enseigner les sciences physiques n'est pas reproduire le cheminement historique (la démarche OHERIC) de celles-ci, ni reproduire le contenu d'un manuel. Une démarche est à construire.

La démarche dans le cas du premier cycle répond aux soucis suivants :

- veiller à ce que la pratique expérimentale soit le plus possible le fait de l'apprenant lui-même.

La démarche adoptée est la suivante : expérience, observation, interprétation, formulation d'une conclusion, vérification de la compréhension des apprenants par une question ou un exercice de transposition de la conclusion énoncée.

Comment cette démarche est-elle prise en compte au niveau de l'unité E3 : « Energie cinétique, énergie potentielle de pesanteur. Leurs transformations mutuelles » ?

Analysons à cet effet, le paragraphe 1 : Energie Cinétique pp50-51. Comment les auteurs sont-ils arrivés à la définition ?

- Expérience : les auteurs présentent 3 expériences.
- Observation : les auteurs n'ont pas écrit, mais les élèves identifient les différentes positions (initiales et finales) et portent une attention particulière sur les parties de la piste.
- Interprétation : avec l'aide de l'enseignant, les élèves donnent leur point de vue sur le fonctionnement du dispositif.
- Conclusion : l'enseignant donne aux élèves la définition de l'énergie cinétique suivie de la formule algébrique.

Ce cheminement pour ces genres de phénomènes simples, est majoritairement suivi par les enseignants de sciences physiques.

Pour les phénomènes plus complexes (exemple : la poussée d'Archimède), une recherche de facteurs de ce phénomène est reproduite après discussion critique, émission d'hypothèses, élaboration de protocoles expérimentaux pour tester les hypothèses faites.

Lors de la recherche de relations quantitatives, l'observation passe par un tableau de mesures, et d'interprétation pour aboutir à une formulation. Un temps convenable est assigné aux savoir faire

méthodologiques qui sont alors regardés comme des contenus d'enseignement de première importance.

- La pédagogie devra être constamment active, c'est-à-dire recherchant la participation active des élèves.

Le moment privilégié dans cette partie, est l'exploitation des expériences ou des faits observés par les apprenants. Par la méthode interrogative, on dirige les apprenants à chaque étape de l'exploitation des expériences. Les questions sont formulées de sorte qu'elles aient un sens pour les apprenants. Ainsi, les questions sont posées pour faire:

- découvrir ce qui doit être vu,
- interpréter ou traduire ce qui est observé,
- énoncer une conclusion,
- tester la compréhension des apprenants.

Cette démarche permet de mettre à contribution la recherche des solutions et la formulation des conclusions par les apprenants, et l'utilisation par l'enseignant de la pédagogie de l'erreur pour exploiter le mieux les fausses conceptions des apprenants.

- Evolution au cours du premier cycle

En 6^{ème} et 5^{ème}, les performances des apprenants se traduisent très majoritairement par niveau de langage, rendant prioritaire à ce niveau une recherche des situations de formulation et d'énonciation.

En 4^{ème} et 3^{ème}, les démarches d'exploitation, et les savoir-faire méthodologiques prennent toute leur importance, car ils sont les plus formateurs de l'esprit critique et scientifique.

Il est recommandé, au premier cycle, de tout faire pour ne pas donner une image abstraite et mathématisée à outrance de la physique, afin de ne pas décourager voire dégoûter les apprenants.

Au second cycle

A ce niveau d'enseignement, il est indiqué dans les programmes du second cycle que la méthode scientifique doit suivre la démarche expérimentale suivante :

- *expérimentation (manipulation)* : l'apprenant est encouragé à diverses expérimentations ou manipulations qui lui feront mieux comprendre le phénomène ou qui le mettront sur la piste d'une solution au problème posé ;

- *observation* : l'apprenant est placé devant un problème ou un phénomène ; il est amené à observer, à en décomposer les éléments, à en saisir les rapports concrets avec lui-même et son environnement ;
- *interprétation* : l'apprenant constatera les résultats de son expérience et essaiera d'expliquer les données recueillies dans le cadre de cette expérimentation ;
- *conclusion* : l'apprenant tirera les conclusions de ce qu'il vient de faire, s'efforcera d'en dégager un concept ou une règle, et s'emploiera ultérieurement à investir ses nouvelles connaissances dans de nouveaux problèmes.

Parfois cette démarche est dictée par la nature même des sciences physiques, ou elle est fondée sur les principes généraux de l'apprentissage. L'enseignant est tenu de la respecter et d'en favoriser l'application chez l'apprenant.

Il est en outre demandé à l'enseignant d'éviter une démarche trop abstraite qui ne pourrait que détourner la majorité des apprenants des sciences physiques. En conséquence, les situations expérimentales rencontrées par les élèves devraient leur permettre de mettre en œuvre certains des processus de la méthode scientifique.

Mais dans les deux cycles d'enseignement, combien d'enseignants en Côte d'Ivoire, suivent l'une des démarches d'apprentissage ? En fait, l'enseignement des sciences physiques fortement influencé par l'empirisme ou le savoir issu des faits de l'expérience, consiste généralement en des activités centrées sur la découverte de lois qu'on suppose induites à partir de l'expérimentation, des phénomènes observés et des mesures effectuées. Cet état des faits sont mis en exergue dans « *les concepts scientifiques* » de Isabelle Stengers (1991), où elle décrit l'enseignement actuel des sciences dans la classe de la manière suivante : « *aujourd'hui encore, lorsqu'il s'agit d'initier un élève à la physique, ou de vulgariser une théorie dans le public, une stratégie est de rigueur : exposer les faits (observation, résultats expérimentaux) qui légitiment cette théorie, et la présenter comme une déduction autorisée par ces faits* ».

D'ailleurs, une telle présentation de la démarche dans le cas de notre enseignement des sciences physiques n'invite pas l'apprenant à développer une démarche scientifique personnelle, car c'est l'enseignant qui fait toutes les interventions. De plus, un tel enseignement donne une fausse idée de la démarche expérimentale car les problèmes sont posés en des termes qui montrent que la solution est déjà connue, par conséquent l'expérience n'apporte rien et elle devient la simple illustration d'un raisonnement déductif.

En fait, l'expérience étant irréalisable dans la classe (soit par manque de matériels didactiques, ...), l'enseignant simplifie abusivement le cours, ce qui aboutit à une présentation aberrante qui saute toutes les étapes intermédiaires, rendant incompréhensible pour l'apprenant.

Le manque d'aides didactiques oblige l'enseignant ivoirien à utiliser la démarche inductiviste, simple, rapide, évidente et naturelle qui l'invite à commencer par la mise en évidence de la loi la plus générale que l'on pourra toujours appliquer ultérieurement dans les cas particuliers. Il s'agit en fait d'une démarche qualifiée de démarche expérimentale scolaire, qui commence par des observations, en passant par la réalisation d'une expérience prototype pour aboutir à la loi physique. Cette démarche a été qualifiée par Bachelard (1938) d'obstacle à la connaissance scientifique. En effet, Bachelard (1938) soulevait déjà le problème posé à l'enseignement par la formulation trop hâtive de lois générales. « *L'on peut en effet voir que de telles lois générales bloquent actuellement la pensée. Elles répondent en bloc, ou mieux, elles répondent sans qu'on questionne. (...) Alors tout est clair, tout est identifié. Mais, à notre avis, plus court est le procédé d'identification, plus pauvre est la pensée expérimentale...* ».

Ainsi, l'enseignement des sciences expérimentales en Côte d'Ivoire nous donne l'impression que seul celui qui connaît la loi peut monter l'expérience correspondante : la démarche utilisée fortement imprégnée d'inductivisme nécessite la maîtrise du milieu, du matériel et des manipulations à effectuer. Dans cette démarche, l'expérience étant à la fois monnatrice du phénomène et fondatrice des faits, a pour la fonction essentielle la mise en évidence de la loi. Donnant ainsi, toute la latitude à l'enseignant de ne pas s'attarder dans une étude approfondie de la phénoménologie puis que c'est la loi, expression de la réalité des faits, est visée.

Cette manière de procéder, bien que cette démarche ait l'avantage au niveau de l'économie du temps, apparaît aux yeux des apprenants que l'enseignement des sciences physiques est une suite de définitions, de règles et de formules qu'ils doivent apprendre et savoir appliquer docilement dans des exercices plus ou moins répétitifs (Robardet et Guillaud, 1997).

2. Les limites de la démarche expérimentale

Cette démarche, séduisante pour l'enseignant n'est pas satisfaisante pour l'apprenant : l'apprenant est spectateur d'un raisonnement sans tâtonnement, construit en dehors de lui ; l'expérience est simplifiée pour coller au modèle, elle est donc déconnectée de la vie courante ; les représentations des apprenants ne sont pas prises en compte par manque de formulation d'hypothèses, ce qui devrait les obliger à dévoiler leurs représentations.

Cette démarche ne permet pas aux apprenants de révéler l'écart qui existe entre leurs représentations et les faits expérimentaux, de les rendre actifs dans la construction de leur savoir : passage du statut « d'exécutants » à celui de « concepteurs manipulateurs »

III-3. LES ACTIVITES ET LES STRATEGIES PEDAGOGIQUES

III-3.1 Les activités pédagogiques

Ce terme général englobe dans notre système éducatif les activités, les exercices, les interventions et les situations qu'un enseignant doit planifier et organiser pour réaliser un enseignement ou un apprentissage en vue d'atteindre un objectif.

Les activités pédagogiques adaptées aux objectifs d'apprentissage poursuivis ou aux compétences à développer, sont directement reliées aux verbes d'action des cibles d'apprentissage.

Ces activités sont classées en deux catégories : celles qui se déroulent en classe (exposés magistraux, discussions en groupe, exercices,...) et celles qui se déroulent en dehors de la classe (lectures préparatoires, préparation des exercices, rédaction de travaux,...). Ces catégories sont conditionnelles au nombre d'heures de travail en classe et hors classe que le temps nécessaire implique. Elles dépendent de l'objectif général et des objectifs spécifiques poursuivis par le cours.

Ainsi, dans les classes concernées par notre travail et en rapport avec le projet de recherche, les deux exemples pris ci-dessous, confirment les manières dont les différentes activités sont exercées par les deux acteurs (Enseignants et Apprenants) :

- En classe de troisième (3^{ème}), à partir de l'objectif général n°3 « *Appliquer le concept d'énergie à des dispositifs mécaniques et électriques* », l'objectif spécifique OS₃ : « *Utiliser dans des situations simples, les notions d'énergie cinétique et d'énergie potentielle de pesanteur, et leurs transformations mutuelles* » permet de mettre en relation les contenus d'enseignement et les activités pédagogiques. Ce qui a permis d'établir le tableau n°25 ci-dessous :

Tableau n°20 : Le type d'activités exercées par les deux acteurs en fonction des contenus d'enseignement.

Type d'activités pédagogiques exercées par Contenus d'enseignement	L'enseignant	L'apprenant
Notion d'énergie cinétique de translation, et expression mathématique $E_c = \frac{1}{2}mV^2$	Présenter les notions d'énergie cinétique et potentielle à travers des situations ou des expériences simples.	
Notion d'énergie potentielle de pesanteur et expression mathématique $E_p = mgz$	Donner les expressions de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle.	
Notion d'énergie mécanique : $E_m = E_p + E_c$	Réaliser un montage expérimental montrant la transformation mutuelle de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle.	
Transformation de l'énergie cinétique en énergie potentielle et transformation inverse		Utiliser l'expression mathématique des énergies cinétique et potentielle dans des exercices.
Transformation de l'énergie mécanique en chaleur	Discuter de situations simples faisant apparaître la transformation d'énergie mécanique en chaleur (frottements).	

- De même en classes de premières (1^{ère}) scientifique, à partir de l'objectif général OG₁ « *Appliquer le théorème de l'énergie cinétique* », l'objectif spécifique OS₆ « *résoudre un problème en utilisant le théorème de l'énergie cinétique* », ont permis d'établir à partir des contenus d'enseignement et les différentes activités pédagogiques exercées par chacun des acteurs le tableau n°21.

Tableau n°21 : Le type d'activités exercées par les deux acteurs en fonction des contenus d'enseignement.

Type d'activités pédagogiques exercées par Contenus d'enseignement	L'enseignant	L'apprenant
Définition de l'énergie cinétique d'un solide en mouvement : <ul style="list-style-type: none"> - de translation dans un repère galiléen - de rotation autour d'un axe fixe Unité. Enoncé du théorème de l'énergie cinétique : $E_C = E_{CB} - E_{CA} = W_{AB}(F)$ Moment d'inertie Résolution d'exercices	a) Définir l'énergie cinétique. b) Définir le moment d'inertie d'un solide par rapport à un axe fixe. c) Énoncer le théorème de l'énergie cinétique. d) Donner une méthode de résolution d'un problème de mécanique.	a) TP : mesurer la vitesse d'une bille en fonction de la hauteur de chute ou exploiter l'enregistrement du mouvement de chute libre d'une bille pour établir la relation : $1/2mV^2 = mgh$. b) Le vérifier.

Chacun des deux tableaux (n°20 et n°21) montrent que chacune des activités est orientée soit vers l'enseignement (enseigner), soit orientée vers l'apprentissage (apprendre). En revanche certaines activités font appel à l'enseignant par l'utilisation de la voix (exposé oral), d'autres sont écrites par l'enseignant ou l'apprenant, et d'autres enfin sont montrées par le geste (une manipulation, une démonstration) de l'apprenant ou de l'enseignant.

III-3.2 Les stratégies pédagogiques

Une stratégie pédagogique (Raynal F. et Rieunier, 1997) est un ensemble de méthodes et de démarches, qui vont déterminer des choix de techniques, de matériels et de situations pédagogiques, par rapport à l'objet, au but de l'apprentissage.

Une stratégie pédagogique selon Jean-Claude Maurin (2000) est une description complète de la manière dont devrait se comporter l'enseignant ou l'élève dans une situation de pédagogie en vue de la réussite dans la tâche assignée à chacun.

De ces deux définitions, nous pouvons dire que les stratégies pédagogiques comprennent les méthodes et les moyens pédagogiques :

- Les méthodes pédagogiques sont les façons particulières d'organiser les activités pédagogiques pour atteindre l'objectif fixé. Elles sont regroupées généralement en trois catégories :
 - a) méthodes centrées sur l'action de l'enseignant (exemple : exposé magistral),
 - b) méthodes centrées sur le groupe (exemple : travail d'équipe),

c) méthodes centrées sur l'apprentissage individuel (exemple : recherche ou manipulation individuelle).

Comment ces méthodes sont-elles appliquées sur la notion d'énergie dans les classes de troisième et premières scientifiques :

Classe de troisième

Nous nous intéressons à l'Objectif Spécifique n°3 (OS₃) de l'Objectif Général n°3 (OG₃) : *Utiliser dans des situations simples, les notions d'énergie cinétique et d'énergie potentielle de pesanteur, et leurs transformations* pour analyser les façons dont sont organisées les activités pédagogiques pour atteindre cet objectif.

Tableau n°22 : Tableau de description de la manière dont se comporte l'enseignant ou l'apprenant pour réaliser l'objectif spécifique n°3 (OS₃).

Contenu d'enseignement	Activités pédagogiques	Méthodes centrées sur	Moyens
Notion d'énergie cinétique de translation, et expression mathématique $E_c = mV^2$	Présenter les notions d'énergie cinétique et potentielle à travers des situations ou expériences simples.	Le professeur	
Notion d'énergie potentielle de pesanteur et expression mathématique $E_p = mgz$	Donner les expressions de l'énergie cinétique et l'énergie potentielle. Réaliser un montage expérimental montrant la transformation mutuelle de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle.	Le professeur	- bille en acier - chariot. - plan de roulement avec rampe de lancement. - supports. - règle.
Notion d'énergie mécanique $E_m = E_c + E_p$	Utiliser l'expression mathématique des énergies cinétique et potentielle dans des exercices.	L'élève	
Transformation de l'énergie cinétique en énergie potentielle et transformation inverse.	Discuter de situations simples faisant apparaître la transformation d'énergie mécanique en chaleur. (frottements)	Le professeur	
Transformation de l'énergie mécanique en chaleur			

Classes de premières scientifiques

Nous nous intéressons à l'Objectif Spécifique n°6 (OS₆) de l'Objectif Général n°1 (OG₃) : *Résoudre un problème en utilisant le théorème de l'énergie cinétique* pour analyser les façons dont sont organisées les activités pédagogiques pour atteindre cet objectif.

Tableau n°23 : Tableau de description de la manière dont se comporte l'enseignant ou l'apprenant pour réaliser l'objectif spécifique n°6 (OS₆).

Contenu d'enseignement	Activités pédagogiques	Méthodes centrées sur	Moyens
<ul style="list-style-type: none"> - Définition de l'énergie cinétique d'un solide en mouvement : a) de translation dans un repère galiléen. b) de rotation autour d'un axe fixe. - Unité - Enoncé du théorème de l'énergie cinétique $E_c = E_{cB} - E_{cA} =$ - Moment d'inertie -Résolution d'exercices 	<ul style="list-style-type: none"> a) TP : mesurer la vitesse d'une bille en fonction de la hauteur de chute ou exploiter l'enregistrement du mouvement de chute d'une bille pour établir la relation : $mv^2 = m.g.h$ b) Définir l'énergie cinétique. c) Définir le moment d'inertie d'un solide par rapport à un axe fixe. d) Enoncer le théorème de l'énergie cinétique. e) Le vérifier. f) Donner une méthode de résolution d'un problème de mécanique. 	<ul style="list-style-type: none"> - Le groupe - Le professeur “ “ - L'élève ou le groupe - Le professeur 	<ul style="list-style-type: none"> -dispositif d'étude de la chute libre. -enregistrement du mouvement de chute libre d'une bille. -dispositif de la chute sur un plan incliné avec frottement (chute ralentie) -série d'exercices

L'analyse de ces deux tableaux (n°22 et n°23) montre que les stratégies mises en œuvre par l'enseignant pour faire construire la notion d'énergie ne permettent pas aux élèves de surmonter les obstacles qu'ils rencontrent. On peut penser que ces stratégies ne donnent pas aux élèves l'occasion d'exprimer les idées qui font obstacles aux apprentissages et ne permettent pas ainsi à l'enseignant d'en prendre conscience.

La méconnaissance des idées-obstacles par l'enseignant à la construction de la notion d'énergie fait qu'il n'est pas en mesure de remédier aux difficultés rencontrées par les élèves.

Les moyens pédagogiques sont les supports techniques et matériels auxquels on a recours pour favoriser un enseignement ou un apprentissage (exemple : conducteur ohmique, ampèremètre, voltmètre, pile...).

TROISIEME PARTIE

**LES FONDEMENTS DE L'ENERGIE ET SON
ENSEIGNEMENT DANS LE SECONDAIRE**

Dans cette partie de notre travail, il s'agit de mettre en évidence l'éclairage apporté par les sciences physiques sur les questions énergétiques. En deux siècles, l'énergie a envahi notre vie quotidienne, facilitant les transports, l'industrie ou les multiples usages domestiques de l'électricité. Les problèmes économiques, sanitaires, géopolitiques, technologiques qu'elle pose font la une des médias. Pourtant, le discours sur l'énergie gagnerait en pertinence s'il s'appuyait mieux sur les données scientifiques qui sous-tendent sa « production » et son emploi, et qui sont trop fréquemment ignorées par les médias ou par les politiciens. Le physicien s'irrite souvent devant des affirmations simplistes en contradiction avec les justifications ou interprétations qui devraient être connues de tous. Il est vrai que le concept d'énergie est l'un des plus abstraits et des plus multiformes de la science et qu'il ne date que d'un siècle et demi ; ceci explique sans doute pourquoi l'enseignement n'est pas encore parvenu à rendre familières des notions de physique fondamentale qui sont essentielles à la formation du citoyen, dans un monde où l'énergie est omniprésente.

De ce qui précède, nous constatons qu'il n'y a pas de définition claire et partagée de la notion d'énergie. Le mot énergie se prête à de multiples usages et nul ne saurait prétendre donner la définition. Que faire alors ? Se résigner à la tour de Babel ? Tenter d'identifier le sens le plus courant dans notre institution scolaire ? Avancer une définition explicite et s'y tenir ?

Voilà autant d'interrogations auxquelles nous ne saurons répondre immédiatement. Ces interrogations nous orientent vers l'élaboration du concept d'énergie.

Cependant, en consultant dictionnaires ou encyclopédies, l'énergie ne peut être définie qu'indirectement. L'énergie est aussi difficile à définir que le temps et l'espace. Pourtant, nous comprenons intuitivement ce que signifie manquer d'énergie, manquer d'espace, ou manquer du temps. L'énergie est un concept qui joue un rôle essentiel dans notre compréhension du monde qui nous entoure. En effet toutes nos actions et, plus généralement, tous les processus physiques qui ont lieu dans notre univers mettent en jeu des échanges d'énergie et, au cours de ces échanges, l'énergie est conservée.

Bien que l'énergie soit liée aux propriétés de la matière, c'est un objet mathématique abstrait. Il s'agit d'une quantité que l'on peut associer à tout système et qui est fonction des divers paramètres caractérisant l'état de celui-ci à l'instant considéré ; elle dépend en particulier des positions et vitesses des parties du système et de leurs interactions mutuelles. Son caractère essentiel est de rester constante au cours du temps lorsque le système est isolé.

L'assimilation du concept d'énergie suppose une longue familiarisation avec ses divers aspects et avec les phénomènes où il intervient.

Dans le but de cerner les différents contours de cette notion polysémique, nous articulerons la présente partie de notre travail autour de trois axes à savoir :

- Les éclairages épistémologiques sur l'élaboration du concept d'énergie où en premier lieu, nous ferons cas de l'histoire de l'élaboration du concept d'énergie, ensuite nous analyserons les contributions de certains savants comme Helmholtz et Thomson.
- Les éclairages sur les modes d'approche proposées dans les manuels scolaires.
- Le contenu conceptuel du curriculum ivoirien concernant l'énergie.

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

Chapitre VI
ECLAIRAGES EPISTEMOLOGIQUES SUR
L'ELABORATION DU CONCEPT D'ENERGIE

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

Le mot énergie est d'un usage quotidien très répandu et personne, quels que soient son degré d'instruction, son métier, ses fonctions n'hésite à le prononcer. Pourtant, beaucoup seraient embarrassés pour donner d'emblée une définition précise de l'énergie. Ceux qui le feraient ne satisferaient sûrement pas tous un professeur de physique soucieux de rigueur scientifique !

Ceci nous montre déjà plusieurs choses :

- que l'énergie fait réellement partie de notre vie de tous les jours ;
- que le public en est conscient, même si c'est à des degrés variables ;
- qu'on peut utiliser un mot, quelle que soit la pluralité de ses significations et même sans connaître sa définition conceptuelle.

En fait l'énergie, de quoi s'agit-il ?

Le recours au dictionnaire nous renverra bien vite du mot énergie au mot travail, et nous orientera presque aussitôt vers les différentes formes d'énergie. Que de difficultés et d'insatisfaction nous annonce déjà cette petite incursion dans le domaine de l'énergie ! C'est que le mot énergie recouvre en réalité une notion abstraite, un concept difficile à atteindre ; pourtant, les effets de l'énergie, les usages que nous en faisons nous sont familiers.

Nos connaissances sont ainsi éclatées, entre trois sources différentes et mal articulées entre-elles : l'expérience vécue, l'enseignement et les médias.

- l'expérience vécue présente l'avantage d'être concrète : l'essence vient de la station service, l'électricité vient de la prise de courant. Au-delà c'est le mystère. Les appareils et les produits que nous utilisons tous les jours cachent la source d'énergie.
- l'enseignement est divisé en différentes disciplines. Nous apprenons, en cours de physique, l'énergie cinétique, le théorème de Carnot, les Joules et les Watts. En histoire, l'invention de l'agriculture, de la voile et de la machine à vapeur. En géographie, les gisements de charbon des Etats-Unis, le pétrole du Moyen-Orient. En économie, les facteurs de production, les coûts, la croissance et les crises.
- des médias, nous retenons surtout le côté spectaculaire des événements : un pétrolier échoué, un accident dans une mine de charbon, une manifestation anti-nucléaire.

Cependant, l'histoire de l'élaboration du concept d'énergie nous apprend que deux formulations classiques ont été arrêtées :

- l'énergie comme la capacité à fournir du travail,
- l'énergie comme ce qu'il faut fournir ou enlever à un système matériel pour le transformer.

Comment est-on arrivé à élaborer le concept d'énergie ?

I- ECLAIRAGES EPISTEMOLOGIQUES SUR L'ELABORATION DU CONCEPT D'ENERGIE

I-1. HISTOIRE DE LA NAISSANCE DU CONCEPT D'ENERGIE.

La dynamique moderne prend naissance au début du XVII^{ème} siècle. Période marquée par les contributions de Galilée à la science du mouvement, et notamment de ses études sur « l'inertie » et sur « la chute des corps ». Les recherches de Galilée orientent le développement de la dynamique dans deux directions différentes à partir de deux hypothèses émises lors des expériences suivantes :

- l'expérience sur la chute libre des corps où Galilée suppose que la vitesse acquise par un corps en chute libre dépend directement de la durée de la chute ;
- l'expérience du pendule où cette fois-ci, il postule que, par la vitesse acquise, un corps peut remonter à la hauteur d'où il est tombé.

De ces deux hypothèses, deux groupes se créent : le premier groupe, issu de la première hypothèse se compose d'abord de Descartes, inventeur du concept de quantité de mouvement, puis de Newton, l'inventeur du concept de force ; le deuxième groupe issu de la deuxième hypothèse se compose de Huygens et de Leibniz. Ces derniers approfondissent cette question et posent les fondements de ce qui sera appelé plus tard *le principe de travail* et de *la force vive*.

Ainsi, dans l'étude d'un problème de la dynamique quelconque, deux voies peuvent être empruntées : soit on considère la quantité de mouvement comme déterminée par la force, et l'on suit alors la tradition de Galilée-Newton, soit on regarde la force vive comme déterminée par le travail, et l'on suit alors la tradition de Galilée-Huygens-Leibniz.

Ces deux dynamiques cohabitent jusqu'au milieu du XIX^{ème} siècle avant de rentrer en conflit, lequel est baptisé [sous le nom de] « querelle des forces vives » ou « controverse sur la mesure de la force des corps en mouvement ».

Ce conflit oppose d'abord Leibniz aux cartésiens, puis les leibniziens aux newtoniens. On se dispute (Pourprix, 2004) pour savoir quelle est la mesure de la force conservée au cours d'un processus dynamique, par exemple un choc : est-ce la quantité de mouvement, ou bien la force vive ?

En effet, depuis le milieu du XVII^{ème} siècle, la mécanique servant de cadre interprétatif pour l'ensemble des phénomènes de la nature, la querelle va déborder largement le domaine de la mécanique ordinaire pour pénétrer dans le monde de la philosophie naturelle. Donnant ainsi, deux mondes : celui des newtoniens caractérisé par une réserve inaltérable de quantité de mouvement et celui des leibniziens, pourvu d'une quantité de force vive. Ces deux dynamiques vont longtemps coexister, plus ou moins pacifiquement, en donnant la possibilité à chaque pays de choisir sa préférence.

Dans les pays comme la France, où domine la grande figure de Laplace tout le long du XVII^{ème} siècle, la voie newtonienne est généralement préférée à la voie leibnizienne. Ce qui fait la force du newtonianisme, au moins dans sa version laplacienne, c'est que les concepts et les principes semblent plus simples et plus évidents, et constituent à la fois une mécanique, une physique et un système du monde. On est convaincu que tous les phénomènes de la nature sont réductibles à des actions mécaniques conçues sur le modèle de l'attraction entre les astres, c'est-à-dire des forces centrales, et que la considération de ces actions doit servir de base à la mathématisation. Entre 1800 et 1815 environ, la physique laplacienne occupe une position dominante, hégémonique, et ses succès sont considérables. Ainsi, les laplaciens (Pierre-Simon de Laplace, Jean-Baptiste Biot, Siméon-Denis Poisson, Augustin-Louis Cauchy, etc.) donnent une impulsion décisive à la mathématisation dans toutes les branches de la physique.

Le XIX^{ème} siècle est, selon la formule consacrée, « le siècle du progrès ». Et l'invention des machines thermiques et électriques ouvre une nouvelle ère. Le début de ce siècle, largement influencé par le newtonianisme où tous les phénomènes de la nature sont censés être réductibles à des actions mécaniques conçues sur le modèle de l'attraction des astres, c'est-à-dire des forces centrales, cette « vision astronomique » des phénomènes naturels, est battue en brèche par la découverte de nouveaux faits. A savoir :

- la découverte d'Oersted, en 1820, qu'un courant électrique change l'orientation d'une aiguille aimantée, la fait tourner, invalidant ainsi la généralité de la notion de force centrale ;
- puis la découverte, en 1840, par Mayer et Joule, de l'équivalent mécanique de la chaleur, sonne non seulement le glas du calorique matériel, mais aussi fait apparaître au grand jour la faille d'une mécanique qui ne maîtrise pas les lois du choc des corps.

Dès lors, on assiste à la décomposition du newtonianisme : la « vision astronomique » des phénomènes naturels.

Ces découvertes entraînent, d'une part la disparition du calorique matériel, la reconnaissance de son caractère fictif, d'autre part cette mécanique ne permet pas de répondre à certaines questions simples, et notamment celles-ci : que devient le mouvement lorsqu'il paraît s'annihiler lors d'un choc ? Comment expliquer l'échauffement des corps qui sont entrés en collision ? Ces interrogations invitent à la mise en place d'un nouveau cadre conceptuel d'analyse de ces phénomènes.

C'est dans la perspective ouverte par ce vide théorique laissé par la perte de l'importance de la force au sens newtonien que va naître un concept nouveau : « le concept d'énergie ». Et quand le

newtonianisme s'est délité sous l'action du temps, c'est la physique de l'énergie qui fournit le cadre conceptuel unificateur.

I-2 L'ELABORATION DU CONCEPT D'ENERGIE

Les découvertes issues de très nombreux phénomènes dans des champs expérimentaux très différents de la période 1790-1840, ont permis expérimentalement de mettre en relation : la connexion entre l'électricité et la chimie (Volta invente la pile en 1800 et Davy fait des expériences d'électrolyse à partir de 1805) ; la connexion entre l'électricité et le magnétisme (à partir de 1820, grâce aux travaux d'Oersted, Ampère et Faraday) ; la connexion entre l'électricité et la chaleur (Seebeck découvre l'effet thermoélectrique en 1821 et Peltier découvre l'effet inverse en 1834) ; la connexion entre la chaleur et la force mécanique (Sadi Carnot publie sa théorie de la machine à vapeur en 1824).

Ainsi, dans les années 1840, un pas décisif est franchi dans la mise en relation de ces différents champs. Ces connexions entre les phénomènes mécaniques, chimiques, électriques, magnétiques, caloriques, lumineux sont interprétés comme des conversions, des transformations : quelque chose se convertit d'une forme à une autre. Dans cette confusion, quelque chose se conserve quantitativement tout en changeant de forme qualitative. Ce « quelque chose » sera plus tard identifié comme étant l'Energie. Il unifie, pour beaucoup de savants (Joule, Mayer, Thomson, Helmholtz, etc. pour ne citer qu'eux parmi la dizaine de noms considérés comme les pères fondateurs de la physique de l'énergie), non seulement les différents champs expérimentaux mais la nature tout entière.

Analysons les contributions de certains savants sur l'élaboration du concept d'énergie :

- ***La contribution de Helmholtz***

La contribution de Helmholtz débute dans le domaine de la physiologie.

A cette même époque où l'on cherchait à identifier ce « quelque chose » qui se conserve, dans le domaine de la physiologie, ont lieu de grands débats au sujet de l'existence d'une force vitale. Cette force coordonnerait l'action des forces chimiques et physiques dans les êtres vivants, et sa disparition entraînerait la libération de celles-ci, et, par conséquent, la putréfaction de l'organisme. Helmholtz, médecin, physiologiste puis physicien, sur ces grands débats, tient le raisonnement suivant : si un corps possédait véritablement une force vitale, il serait animé d'un « mouvement perpétuel », c'est-à-dire qu'il pourrait produire du travail indéfiniment sans rien consommer, ce qui est absurde. L'existence de la force vitale doit donc se déduire de l'impossibilité absolue du

mouvement perpétuel, ou, en d'autres termes, de la conservation de la force dans toutes les opérations de la nature. C'est ce principe qu'il lui faut établir de manière indiscutable.

Face à ces différentes interrogations, Helmholtz élabore son mémoire *Sur la Conservation de la Force* (1847), en ayant pour ambition de construire une physiologie selon les lignes mécanistes, et en s'inspirant des méthodes de la physique. Dans cette perspective, le plaidoyer d'Helmholtz pour l'impossibilité du mouvement perpétuel apparaît comme lié à son combat, et celui de ses collègues, contre la force vitale.

Helmholtz s'emploie à exprimer, à formaliser le principe de l'impossibilité du mouvement perpétuel dans un cadre conceptuel mécanique. Ce faisant, il rencontre les travaux des géomètres et autres mécaniciens qui, depuis longtemps, ont établi différentes versions de la loi de la « conservation de la force vive ». Il montre mathématiquement dans les travaux de son mémoire que, la nature renferme une réserve d'énergie inaltérable, constante, et que, cette énergie se présente sous deux formes : la force vive T (énergie cinétique) et la force de tension V (énergie potentielle), avec passage d'une forme à une autre.

Lagrange va plus loin sur ce point dans sa mécanique analytique (1788) en montrant que dans un système isolé, constitué de corps qui se déplacent en obéissant à leurs attractions et répulsions mutuelles, la somme de la force vive T et d'une fonction V de la position des points du système reste constante. Mais l'attention sur la relation nécessaire et fondamentale de ces deux formes d'énergie, est attirée en premier par Helmholtz.

Cependant la conservation de la force au sens d'Helmholtz n'est pas la conservation de l'énergie au sens où nous l'attendons aujourd'hui. A la place des expressions de l'énergie cinétique et l'énergie potentielle, on trouve les expressions de force vive (*lebendige Kraft*) et de force de tension (*Spannkraft*). La construction du concept nouveau de force de tension, ébauche de l'énergie potentielle par Helmholtz est parti du postulat selon lequel après le choc entre deux corps sphériques parfaitement inélastiques et identiques se dirigeant l'un vers l'autre avec des vitesses égales, l'énergie mécanique entière du système, potentielle et cinétique, tout comme le mouvement, semble disparaître complètement. C'est ce genre de difficulté que doit surmonter Helmholtz pour établir une loi de conservation universelle, avec une formulation quantitative exacte.

La thèse principale de Helmholtz, en se représentant la chaleur, la lumière, l'électricité, etc. comme des formes de mouvement (ces phénomènes diffèrent seulement dans la nature des mouvements et dans celle des corps qui se meuvent), les lois de la mécanique déjà connues sont censées s'appliquer à tous les phénomènes, et notamment la loi de conservation de la force vive, qui doit être vraie universellement.

Cette perspective qui s'ouvre dans tous les domaines de la physique renouvelle complètement la manière de se représenter les phénomènes. Ainsi, la force existe sous deux formes : la « *force vive* » (mouvement visible des masses, lumière, chaleur, etc.) et la « *force de tension* » (élévation d'un poids, tension élastique, tension électrique, affinité chimique, etc.).

En somme, le travail d'Helmholtz Sur la Conservation de la Force, ouvre une nouvelle perspective théorique, un cadre unificateur sans précédent : le principe de conservation de la force affirme que tout phénomène naturel peut être interprété par le jeu de deux formes basiques de force, la force vive et la force de tension, dont la somme reste constante.

Le travail de Helmholtz étant à la charnière de deux époques, est intermédiaire entre la physique de la force (celle de Laplace, par exemple) et la physique de l'énergie (celle de W. Thomson et J.C. Maxwell, par exemple), et sa physique théorique fait la jonction entre les deux traditions, newtonienne et leibnizienne, de la dynamique pour ouvrir la voie à la physique de l'énergie.

- ***La contribution de Thomson***

Le principe de conservation de la force ou de l'énergie selon W. Thomson signifie que la quantité de force capable d'agir, existant dans la nature, est éternelle et invariable, tout comme la quantité de matière. Aucune portion de force ne peut être anéantie, mais est-on assuré qu'elle ne reste pas stérile pour l'usage de l'homme ? Préoccupé par cette question vers 1850, W. Thomson formule l'idée de la dissipation de l'énergie mécanique, ou tendance à la dégradation universelle de l'énergie, dont la conséquence la plus frappante est la condamnation à un repos éternel.

Ses conceptions largement influencées par les travaux de Joule exposés au colloque d'Oxford en 1847 sur l'équivalent mécanique de la chaleur, Thomson trouve que les idées de ce dernier sont en contradiction avec la théorie de Sadi Carnot sur la puissance motrice de la chaleur. Ne croyant pas à la conversion effective de chaleur en travail dans la machine thermique, Thomson postule comme Carnot que la « chute » d'une quantité de chaleur d'une température « haute » à une température « basse » est nécessaire à la production d'un effet mécanique et que, durant tout ce processus, la quantité de chaleur reste inchangée.

Faisant sienne, l'idée de conversion du travail en chaleur, et sceptique à la conversion inverse, Thomson commence à douter de la théorie calorique (la chaleur conçue comme une substance), non plus convaincu de la supériorité de la théorie dynamique (la chaleur conçue comme mouvement), il envisage la machine thermique du point de vue de l'utilisateur, qui regarde comme seul effet utile la résistance vaincue, fréquemment appelée travail exécuté ou effet mécanique de la machine. Son étude est organisée autour de deux questions : Quelle est la nature de l'action

thermique par laquelle l'effet mécanique est produit ? Quelle est la valeur de l'action thermique nécessaire pour l'exécution d'une quantité donnée de travail ?

Obsédé d'une part, par l'idée de Carnot de « *machine thermodynamique parfaite* », machine au moyen de laquelle le plus grand effet mécanique possible est obtenu à partir d'une action thermique donnée, et d'autre part, par l'idée de Joule selon laquelle la conversion effective de chaleur en travail est vérifiée dans la machine thermique, Thomson est maintenant convaincu de la généralité du « *principe de l'effet mécanique* » : le monde possède une réserve indestructible d'effet mécanique. En conséquence, aucun travail ne peut être absolument perdu dans les opérations de la nature, ni dans les machines.

Face à ce dilemme, il mentionne dans une de ses notes (pour la première fois le mot **énergie** apparaît dans ses notes) ce qui suit : « *Quand l'action mécanique est ainsi dépensée dans la conduction de chaleur à travers un solide, que devient l'effet mécanique qu'elle pourrait produire ? Rien ne peut être perdu dans les opérations de la nature-aucune énergie ne peut être détruite. Quel effet est alors produit à la place de l'effet mécanique qui est perdu ? Une théorie parfaite de la chaleur demande impérativement une réponse à cette question ; aucune réponse n'a pu encore donnée dans l'état présent de la science* ».

Clausius¹ apporte un nouvel éclairage sur ces délicates questions, et montre que les vues de Joule et de Carnot peuvent être mises en concordance au moyen d'une modification minimale de la théorie de Carnot. Ainsi, la chaleur extraite de la source peut être considérée comme composée de deux parties, l'une est transférée au condenseur, l'autre est convertie en travail et détruite.

A la suite des travaux de Clausius, Thomson se persuade qu'une théorie dynamique de la chaleur (B. Pourprix, 2004), permettant la conversion effective de chaleur en travail, offre la meilleure manière de réformer la théorie de la puissance motrice de la chaleur. Cette théorie dynamique pour Thomson n'est rien de plus qu'une assertion, une croyance, qui n'offre pas de solution à la question qui l'obsède, celle de savoir si oui ou non l'effet mécanique perdu dans la conduction peut être retrouvé sous forme d'un effet mécanique disponible pour la production d'un travail utile.

A partir de sa conviction fondamentale selon laquelle « *toute chose dans le monde matériel est progressive* », Thomson donne la solution à l'antagonisme entre les vues de Joule et de Carnot : l'homme ne peut pas créer ni annihiler l'énergie mécanique, il ne peut pas non plus renverser la transformation progressive de l'énergie dans la nature. L'homme peut cependant diriger, orienter l'énergie à des fins avantageuses et productives. Ces vues sont nettement affirmées selon B.

Pourprix (2003) dans l'article que Thomson publie « *sur une tendance universelle dans la nature à la dissipation de l'énergie mécanique* » :

*L'objet de la présente communication est d'attirer l'attention sur les conséquences remarquables qui découlent de la proposition de Carnot, selon laquelle il y a un gaspillage absolu de l'énergie mécanique dont l'homme peut disposer, quand il permet à la chaleur de passer d'un corps à un autre corps de température plus basse, par un moyen quelconque ne remplissant pas son critérium d'une « machine thermo-dynamique parfaite », établi, sur une nouvelle base, dans la théorie dynamique de la chaleur. Comme il est certain que la puissance Créatrice seule peut appeler à l'existence ou bien annihiler l'énergie mécanique, le « gaspillage » en question ne peut pas être une annihilation, mais doit être une certaine transformation de l'énergie. Pour expliquer la nature de cette transformation, il est commode, en premier lieu, de diviser les **provisions** d'énergie mécanique en deux classes, **statique** et **dynamique**. Des poids à une certaine hauteur, prêts à descendre et à effectuer un travail quand on veut, un corps électrisé, une quantité de combustible, contiennent des provisions d'énergie mécanique du genre statique. Des masses de matière en mouvement, un volume de l'espace à travers lequel passent des ondulations de lumière ou de chaleur rayonnante, un corps ayant des mouvements thermiques parmi ses particules ('c'est-à-dire non infiniment froid) contiennent des provisions d'énergie mécanique du genre dynamique.*

Par la suite, Thomson remplacera les expressions « énergie statique » et « énergie dynamique » respectivement par « énergie potentielle » et « énergie actuelle », qui sont les expressions introduites par Rankine¹.

En somme, le mérite de Thomson est d'avoir pris conscience de l'insuffisance du principe de l'effet mécanique. Il a introduit le mot « énergie » à partir de l'idée de gaspillage, il y a quelque sorte de l'effet mécanique. Ce gaspillage n'est pas, selon Thomson, une annihilation mais une transformation.

1. R. Clausius, Théorie mécanique de la chaleur, tr.F. Folie, Paris, E. Lacroix, 1868, J. Gabay, 1991.

I-3. LE DEVELOPPEMENT DU CONCEPT D'ENERGIE ET SON UTILISATION DANS LES RAISONNEMENTS SCIENTIFIQUES : LA PERIODE DE 1850 AUX PREMIERES DECENNIES DU XX^{EME} SIECLE.

I-3.1 Le développement du concept d'énergie

Bien que le concept d'énergie ait été le fruit d'une lente élaboration jusqu'au milieu du XIX^{ème} siècle, la dernière phase de son édification fut liée plus particulièrement aux travaux d'un groupe de philosophes écossais de la nature qui firent de l'énergie une science, l'énergétique, dans les années 1850. Ils dépassèrent l'ancienne notion de force mécanique et conceptualisèrent l'énergie comme étant soit une mesure du mouvement ou énergie cinétique, soit la production ou la potentialité d'un travail. Avant que son existence et son implication ne soient reconnues, le concept d'énergie dut franchir une première série d'obstacles immédiats, dressés par les théories qu'il remettait en question et les croyances qu'il bouleversait; car sur le plan géologique, l'énergie remettait en cause l'histoire de la terre et sur le plan théologique, le récit de la genèse.

Dans la bible, référence des religions chrétiennes, la création du monde est la conséquence de la volonté de Dieu. La prise en compte de l'énergie nécessite un partage difficile à gérer pour les différentes Eglises, peu accueillantes à toute modification de leurs dogmes. L'Eglise presbytérienne d'Ecosse réaménagea, cependant, un espace religio-culturel non conflictuel qui favorisa très probablement l'évolution de la physique de l'énergie en Ecosse. Cette stratégie de conciliation entre l'Eglise et la science n'a pas d'équivalent dans les autres pays occidentaux au XIX^{ème} siècle.

L'obstacle constitué par l'histoire de la Terre, vue par les géologues, avait pour bases les théories géologiques récentes, les premières, cycliques, admettant l'origine solaire de l'énergie et sa dégradation en chaleur contrebalançant le couple volcanisme-érosion, les secondes, directionnalistes admettant une chaleur interne résiduelle conditionnant une histoire irréversible de la Terre et une durée de vie limitée par la quantité de chaleur d'origine.

Comment les géologues anglais et les théoriciens de l'énergie parvinrent-ils à un accord sur l'origine et l'utilisation de l'énergie par la nature et comment le contenu de cet accord fut-il concilié avec le récit de la genèse ?

La résolution de ces deux conflits « science/religion », qui modifie l'herméneutique biblique, ouvrit dans le contexte considéré, un vaste espace d'évolution sans contraintes à la physique de l'énergie ; son analyse doit permettre de comprendre, en prenant la mesure de ces difficultés, maîtrisées vers le milieu du XIX^{ème} siècle, l'importance prise par le concept d'énergie à la fin du

siècle dernier, période où il fut accepté comme un concept unificateur universel pour toutes les sciences organiques et inorganiques, et où fut posée la question de sa relation à la matière. Cette question ouvrit la porte à quelques déviations de la science thermodynamique comme celle du système philosophique appelé Energétisme de Wilhelm Ostwald, dans lequel la matière disparaissait au profit de l'énergie. Et bien que l'adhésion à cette vision de l'énergie ait été minoritaire, l'influence des énergétistes reste encore à déterminer.

Car, les années 1900, furent une période de foisonnement intellectuel et de remises en question considérables dans lesquelles l'augmentation du champ d'influence du concept d'énergie semble avoir joué un rôle central si l'on considère les réaménagements théoriques et expérimentaux intervenus au niveau de certaines sciences. L'exemple que nous donnons est celui de la biochimie, dont le développement commence en 1901, lorsque Franz Hofmeister énonce la théorie enzymatique de la vie qui fait des enzymes, le support biologique des mécanismes vitaux. En même temps, la relation entre enzymes, colloïdes, matière vivante, catalyse, énergie et dynamisme, se renforce et a pour résultat une conceptualisation des mécanismes vitaux dans laquelle l'absence des structures apparaît comme une conséquence de la négation de la matière chez les énergétistes. Ce fut la fin du paradigme structural et le début du paradigme énergétique pour les théories de la vie jusqu'à la fin des années 1920. L'exemple de la biochimie est donc celui d'une science dont le développement fut totalement modifié par l'importance prise par le concept d'énergie et par ce qu'on peut interpréter comme la nécessité d'imaginer les mécanismes vitaux sur le modèle de la nouvelle physique thermodynamique et de la pensée philosophique de cette période.

Le concept d'énergie, qui s'impose vers 1850, inscrit l'énergétisme dans l'histoire de la science et de la philosophie occidentales. Car Macquorn Rankine en faisant l'objet d'une nouvelle science, établit un lien entre tous les phénomènes, statiques ou dynamiques, physiques ou psychiques, matériels ou spirituels : « Le monde où nous vivons est entièrement soumis à leurs influences (des différentes formes d'énergie), « Toutes nos actions, toutes nos opérations psychiques, reposent sur des variations ou des transformations d'énergie » » diront Emile Nyssens et Wilhem Ostwald.

Son existence révolutionne tout d'abord la physique, modèle des autres sciences de la nature. La physique du XIX^{ème} siècle est fondée sur les lois du mécanisme dont l'unité est brisée par le concept d'énergie. Ce fut la cause de la crise historique de la physique au tournant du siècle du débat mécanisme/énergétisme. La question se posa d'une nouvelle théorie physique fondée sur la thermodynamique (énergétique de Rankine) car le sentiment d'unité de la nature et de l'univers, qui existe depuis l'Antiquité, est extrêmement fort au tournant du siècle.

I-3.2 L'énergie comme objet d'enseignement

Dans la seconde partie du XIX^{ème} siècle, en même temps que le concept d'énergie s'infiltrait dans les champs du savoir, il y eut une réaction contre la philosophie romantique principalement allemande (Hegel). Les philosophes rejetèrent l'a priori et la spéculation et décidèrent dans un premier temps de se contenter du monde donné, c'est-à-dire de décrire les phénomènes, les résultats de l'expérience sans chercher à les expliquer par les hypothèses qui nécessitent de sortir du domaine de la réalité. Ce raisonnement est à l'origine du succès des sciences de l'esprit, psychologie et sociologie, dont la démarche est celle d'une connaissance de sens interne (la connaissance de soi) qui n'est pas exposée aux apparences et aux perceptions trompeuses et qui permet la connaissance absolue des objets de sens interne. Les philosophies qui en résultèrent furent majoritairement monistes, c'est-à-dire qu'elles confondirent les deux principes, esprit et matière ou énergie et matière en seule substance. Ce qui était cohérent avec le fait que l'énergie et la matière étaient deux caractéristiques inséparables de tout objet et avec l'idée d'unité de la nature. Ernst Haeckel fonda la ligue moniste en 1906, qui devint internationale en 1911. Le monisme, dont les adhérents furent très nombreux dès 1906, était représenté depuis plusieurs années aux USA (Carus). Il avait pour but de développer une nouvelle civilisation ayant une unité parfaite pour inaugurer une nouvelle époque de l'humanité.

Au tournant du siècle, les concepts physiques d'énergie et de matière ont donc déjà modelé les concepts philosophiques à leur image, mais cela ne semble pas satisfaisant puisqu'on assiste à une remise en question du scientisme régnant dans la seconde partie du siècle. On parle de faillite de la science qui n'a pas su répondre aux grandes questions posées par l'humanité : « d'où vient l'univers ? A-t-il des limites dans l'espace et dans le temps ? Qu'est-ce que la vie ?... », Max Verworn disait « où est la synthèse définitive du monde minéral et du monde biologique ? », Tout en réfutant les théories de Haeckel, qui répondaient à cette question mais qui n'avaient aucune base expérimentale.

Cette remise en cause de la science fut le signal de l'intégration du concept d'énergie dans tous les domaines scientifiques où il n'avait pas encore pénétré et des changements complets de paradigmes, comme si la considération pour la science dépendait de l'intégration de tous les progrès de la physique. Car l'énergie était partout, à l'origine de tout, y compris l'origine de la pensée... c'est-à-dire dans les idées, ou tout au moins dans certaines idées car toutes les idées n'ont pas la même valeur : il y a de bonnes et de mauvaises idées ; ce qui les différencie, c'est d'atteindre ou non leur objectif. Celles qui l'atteignent sont des idées dynamiques, Fouillée les

appelle « idées-forces » ; les idées qui n'ont pas d'effet (partie expérimentale), sont des idées sans énergie. Elles sont statiques.

Les systèmes philosophiques avaient jusque là, pris en compte le concept d'énergie dans la vision du monde qu'ils analysaient. Vers la fin du siècle, l'énergie devient pratiquement le premier acteur de toute discipline. Ernest Solvay l'applique aux phénomènes sociaux. Il intervient dans les arts, peinture, sculpture, littérature et différentes religions comme celle de la vitesse et de l'énergétisme. Cette dernière fut d'abord une philosophie dans laquelle, son fondateur, Wilhelm Ostwald, rejeta le concept de matière, probablement parce que l'hypothèse atomique obligeait à spéculer, à sortir du « monde donné ». Ce fut une autre tendance des philosophies monistes du XIX^{ème} siècle d'évoluer en religion et d'affirmer qu'ainsi elles réconciliaient science et religion (Ostwald, Haeckel, Comte).

Cette invasion de tout raisonnement par le concept d'énergie cessa progressivement dans les premières décennies du XX^{ème} siècle sans que la raison apparaisse évidente. Fut-ce la découverte des quanta et la confirmation de l'existence des atomes qui associèrent définitivement matière et énergie sans possibilité de nier l'un des deux aspects ? Fut-ce l'habitude qui « relativisa » l'importance du concept d'énergie ?

L'évolution des sciences reprit un cours plus régulier. Toutefois, dans certaines disciplines comme la biochimie, le paradigme induit par l'importance donnée au concept d'énergie ne disparut progressivement qu'à la fin de l'année 1920.

II- MODES D'APPROCHE PROPOSES ET DEFINITION DE LA NOTION D'ENERGIE DANS LES MANUELS SCOLAIRES.

II-1. ETUDES SPECIFIQUES DES MODES D'APPROCHE PROPOSES DANS LES MANUELS SCOLAIRES AU PLAN INTERNATIONAL

Le mot énergie est d'un usage quotidien très répandu et personne, quel que soit son degré d'instruction, son métier, ses fonctions n'hésite à le prononcer. Pourtant, beaucoup seraient embarrassés pour donner d'emblée une définition précise de l'énergie ; et ceux qui le feraient ne satisferaient sûrement pas tous un professeur de physique soucieux de rigueur scientifique !

Ceci nous montre déjà plusieurs choses :

- que l'énergie fait réellement partie de notre vie de tous les jours ;
- que le public en est conscient, même si c'est à des degrés variables ;
- qu'on peut utiliser un mot, quelle que soit la pluralité de ses significations et même sans connaître sa définition conceptuelle.

Le recours au dictionnaire nous renverra bien vite (du mot énergie) au mot travail, et nous orientera presque aussitôt vers les différentes formes d'énergie. Que de difficultés et d'insatisfaction nous annonce déjà cette petite incursion dans le domaine de l'énergie ! C'est que le mot énergie recouvre en réalité une notion abstraite, un concept difficile à atteindre ; pourtant, les effets de l'énergie, les usages que nous en faisons nous sont familiers.

C'est à partir de 1900 que l'« *énergétiste* » Ostwald, donnât le même statut à toutes les énergies, y compris la chaleur.

Dans les manuels d'enseignement, jusqu'au milieu du XX^{ème} siècle, on peut trouver deux formulations classiques ; la première est celle que l'on trouve dans la plupart des dictionnaires : « *l'énergie est la capacité à fournir du travail* ». Mais cette première définition est insuffisante et restrictive. On connaît beaucoup de transformations qui font intervenir l'énergie, sans qu'il soit nécessaire de faire appel à la notion de travail. Lorsque par exemple on fait brûler un morceau de charbon, ou lorsqu'on s'éclaire à l'aide d'une ampoule ou d'une bougie, il y a bien une transformation énergétique, mais pas de travail. La deuxième formulation de définition de l'énergie, plus générale et sûrement plus abstraite est : « *l'énergie est ce qu'il faut fournir ou enlever à un système matériel pour le transformer* ».

Cependant celle qu'on trouve dans la plupart des manuels scolaires est la définition suivante : « *nous dirons qu'un corps ou un système de corps possède de l'énergie s'il peut nous fournir du travail* ». Cette définition ne risque-t-elle pas de conforter l'idée fautive que « *l'énergie est la capacité de produire du travail* » ? Certes dans des cas particuliers l'énergie et la capacité de produire du travail se confondent, mais ces deux grandeurs sont en général fort différentes.

Depuis cette période, les auteurs des manuels scolaires selon leurs conceptions, adoptent des démarches pour définir la notion d'énergie. Nous allons analyser à travers les différences de formulation utilisées, la variété de définitions de la notion d'énergie qu'ils en donnent. Cette variété de niveaux de définition appelle évidemment à s'interroger sur les références : savantes, sociales ou techniques qui servent à chacun.

Nous analysons maintenant comment le concept d'énergie est abordé par le côté mécanique par les auteurs ; notre activité est détaillée sur quatre ouvrages suffisamment connus, et traduits en français, et un ouvrage en français.

Nous prenons dans un premier temps, connaissance des modes d'approche proposés dans chacun des cinq ouvrages suivants, en cherchant dans un deuxième temps, à répondre à la question : « quelle est la définition de l'énergie que proposent les auteurs ? ». Nous avons observé la notoriété des ouvrages, l'organisation interne, les titres, le thème (l'énergie), les leçons, les

différents programmes qui ont été et sont en vigueur en Côte d'Ivoire, et les activités. L'analyse s'appuie sur les indicateurs de l'approche méthodologique et la démarche mise en œuvre dans chacun des ouvrages mentionnés dans le tableau suivant :

Tableau n°24 Les modes d'approche proposés et la définition de l'énergie dans chacun des différents ouvrages.

AUTEURS	OUVRAGES	MODES D'APPROCHE PROPOSES ET DEFINITION DE L'ENERGIE
L. LANDAU et E. LIFCHITZ	Mécanique, Ed. Mir, Moscou	Chapitre II : Lois de conservation ; paragraphe 6 : Energie, pp 23-25. Selon ces auteurs, l'énergie est une intégrale première du mouvement (bas de la seconde page) : une telle définition, très abstraite, se place dans un contexte de physique théorique, très mathématisée, de la mécanique hamiltonienne qui engage ensuite les mécaniques relativistes et quantiques. La référence savante est très importante dans ce cas : peu d'ouvrages scolaires (aucun ?) font appel à ce niveau.
R.P FEYNMAN et al.	Le cours de physique de FEYNMAN, tome I : Mécanique. Traduction française Ed. Bilingua Addison Wesley, 1969.	Chapitre IV: conservation de l'énergie ; paragraphe 4-1 : qu'est-ce que l'énergie ? pp4-1 à 4-3. Pour le cours de Feynman, qui avoue « qu'on ne sait pas ce qu'est l'énergie », c'est toutefois une grandeur constante, outil de raisonnement qui permet de ne pas oublier d'éléments dans l'analyse de phénomènes.
COLLECTIF	Harvard Project physics (HPP) Course, tome 3: le triomphe de la mécanique, Ed.Holt, Rinehart, Winston. Diffusion en France : Ed. Vuilbert, Paris 1971	Chapitre X, paragraphe 10-10 : énoncé précis et général de la conservation de l'énergie. Pour la présentation du HPP, très liée à l'aspect historique de la construction de la notion d'énergie, c'est une grandeur transférable sous différentes formes, dont la chaleur, et son aspect historique, laisse penser à des références économiques et techniques, en termes d'échanges et donc de « chaînes de transfert » que l'on retrouve également dans nombre d'ouvrages scolaires, en particulier de collègue.
C. KITTEL et al.	Cours de physique de Berkeley, tome I : Mécanique. Traduction française Lib Armand Colin, Paris, 1972	Chapitre V : conservation de l'énergie, P 140. Pour le cours de Berkeley, on le perçoit au fil des lignes, l'énergie est une fonction d'état d'un système, qui est invariante. Une approche des phénomènes physiques en termes de systèmes est ici assez évidente ; on la retrouve dans plusieurs ouvrages récents du secondaire français.
COLLECTIF	Dictionnaire de physique et de chimie du GREP, tome II : Premières C, D, E Ed. Hachette, Paris, 1979. Article Energie, pp 199-203.	Pour la présentation du Dictionnaire du GREP, prenant appui sur le sens courant du terme énergie, c'est d'une part le capital qui se conserve d'un système et qui peut s'échanger avec d'autres systèmes, d'autre part la cause de l'évolution du système à l'instar de la notion newtonienne de force (cause du mouvement). On repère dans cette présentation à la fois les références économiques et techniques du capital transférable déjà rencontrées plus haut ainsi la tendance à l'inductivisme et au raisonnement causal : l'énergie, sous différentes formes, peut être la cause de différents effets. Cette double définition est relativement originale dans l'enseignement français.

La lecture du tableau n°24 montre que l'énergie, concept central du paradigme dynamique, a été dans l'histoire, et reste aujourd'hui dans l'enseignement, un des concepts physiques les plus difficiles à construire. Il est une illustration exemplaire du grand écart entre la pensée naturelle et la pensée scientifique. Le sens commun voudrait que l'énergie soit aussi réelle qu'une substance.

L'énergie conçue comme substance est probablement une erreur nécessaire, un obstacle épistémologique bien identifiable, contre lequel il est possible de lutter.

Les différents ouvrages ci-dessus énumérés laissent entrevoir que la définition scientifique de l'énergie, tout comme l'énoncé du principe de la conservation de l'énergie, n'a pas été unique. Leur lecture indique qu'il en est une qui a connu un succès durable, bien qu'elle fût porteuse de représentations erronées : c'est celle de l'énergie comme capacité à produire du travail. On la retrouve encore, entourée de son cortège d'idées fausses, dans la plupart des manuels scolaires en usage en Côte d'Ivoire. La chaleur y est présentée comme une forme d'énergie qui peut se transformer en travail ; les transformations de chaleur en travail, et vice versa, font partie de la longue liste des transformations mutuelles des différentes formes d'énergie.

Les développements actuels de la thermodynamique et de l'électromagnétisme ont fait de l'énergie une « fonction d'état », c'est-à-dire une grandeur caractéristique d'un système, et ont mis en avant l'idée de « transfert d'énergie » entre systèmes, la chaleur et le travail étant conçus comme des modes de transfert d'énergie. La façon incorrecte « transformation de travail en chaleur » de s'exprimer, et couramment employée permet de simplifier le langage. Cette expression témoigne aussi que les concepts d'énergie et de transfert sont mal maîtrisés par les apprenants et les enseignants.

De ce qui précède, nous constatons avec regret que malgré l'importance accordée à l'énergie dans notre environnement, le concept scientifique d'énergie est difficile à formaliser : d'une part l'énergie, contrairement à d'autres grandeurs comme la charge électrique, est multiforme et ne se mesure pas directement ; d'autre part la vérification de sa conservation n'est pas toujours évidente. Généralement, l'énergie est identifiée à ses différentes formes.

Ainsi, « l'étude des systèmes purement mécaniques a conduit à distinguer deux formes d'énergie » à savoir l'énergie cinétique et l'énergie potentielle.

L'énergie cinétique dépend de la vitesse du système : l'énergie cinétique d'un objet abandonné au dessus du sol sans vitesse initiale augmente au cours du mouvement. En revanche, quand on le lance vers le haut, elle diminue. L'énergie cinétique d'un objet abandonné sans vitesse initiale au-dessus du sol, initialement nulle, augmente au cours de la chute. Le seul fait qu'il soit situé à une

certaine hauteur au-dessus du sol lui donne la possibilité d'acquérir et donc de stocker ultérieurement de l'énergie sous forme cinétique.

En physique, on traduit cela en disant que de l'énergie est initialement stockée sous forme potentielle, mot exprimant la potentialité d'un mouvement ultérieur. On la nomme souvent énergie potentielle de pesanteur.

A mesure que se développaient les différentes parties de la physique se multipliaient les formes d'énergie : électrique, magnétique, chimique, nucléaire, chimique. Ainsi, au niveau macroscopique, les formes d'énergie sont nombreuses, elles sont liées aux phénomènes et aux grandeurs physiques macroscopiques qui les décrivent, par exemple l'énergie thermique s'exprime par $mc\Delta\theta$. En revanche, au niveau microscopique, il n'y a finalement que deux formes d'énergie, cinétique et potentielle, quelles que soient les diverses interactions fondamentales que l'on est amené à distinguer. En particulier, l'énergie thermique s'interprète comme de l'énergie désordonnée des particules qui composent un système.

Nous récapitulons dans le tableau 25 les termes habituellement associés au mot énergie en physique :

Tableau 25 : une catégorisation des termes habituellement associés au mot énergie en physique

Domaine	Mécanique, Calorimétrie, Chimie, Electricité, Magnétisme, Nucléaire, Optique.
Qualitatif	Rotation, Translation, Elastique, Gravitation, Torsion.
Forme (Modèle macroscopique)	Cinétique (mécanique), Potentielle (mécanique), Thermique, Nucléaire.
Forme (modèle microscopique)	Cinétique, Potentielle.

II-2. ETUDE COMPARATIVE DES DIFFERENTES MODES D'APPROCHE PROPOSES AU SECONDAIRE DE L'ENSEIGNEMENT DE L'ENERGIE DANS LES MANUELS SCOLAIRES DE SCIENCES PHYSIQUES : PERIODE DE 1980 A 2005 EN COTE D'IVOIRE.

En Côte d'Ivoire, de façon générale, l'enseignement sur l'énergie est essentiellement consacré à la caractérisation de quatre (4) de ses formes au premier cycle : énergie cinétique, énergie potentielle, énergie mécanique, énergie électrique ; et au second cycle, en plus de ces quatre formes, il faut ajouter l'énergie thermique ou calorifique, l'énergie nucléaire, l'énergie électrostatique, l'énergie électromagnétique, Donc définir l'énergie, revient à définir ces différentes formes.

L'analyse comparative des manuels scolaires pendant la période 1980 à 2005 présente un aspect général : après 1990, la conception des manuels scolaires des sciences physiques dans le secondaire a vu la participation active de l'Inspection Générale de l'enseignement secondaire.

Ainsi, nous avons sélectionné des manuels scolaires récents adaptés aux différents programmes des sciences physiques utilisés pendant la période ci-dessus indiquée :

- avant 1990, les manuels de physique et de chimie utilisés par les enseignants sont ceux utilisés dans le programme français (A. Saison, Eurin, Jean Lacourt, Eurin Gié), mais avec un programme aménagé.

- depuis 1990, deux ouvrages (GRIA, AREX) édités par les classiques africains selon le programme, sont mis sur le marché pour les élèves de premier et second cycle du secondaire. Mais les enseignants nostalgiques utilisent toujours l'ouvrage de sciences physiques EURIN-GIE.

Nous articulerons notre travail autour de trois axes à savoir : dans un premier temps, nous essayerons à la lumière des ouvrages suscités d'analyser les différentes modes d'approche proposées dans chacun des manuels scolaires; ensuite dans la deuxième partie, nous analyserons le contenu conceptuel du curriculum ivoirien concernant l'énergie ; et enfin nous terminerons par la détermination de la typologie de connaissances véhiculées (on s'intéresse à l'ouvrage « AREX » en vigueur dans les programmes actuels) dans l'enseignement de l'énergie.

II-2.1. Les modes d'approches proposées dans les manuels scolaires en usage.

Les physiciens distinguent deux types d'énergie : l'énergie cinétique et l'énergie potentielle.

Une analyse des manuels d'enseignement au niveau du lycée et du collège, anciens ou actuels, montre une grande différence de traitement de ces deux concepts. L'énergie cinétique est à peu près toujours introduite de la même manière : même définition, même formalisme mathématique, même interprétation physique. Il n'en est pas de même pour l'énergie potentielle. Pour certains c'est l'énergie « en réserve », pour d'autres une énergie qui ne transforme qu'en énergie cinétique ou qui se confond plus ou moins avec l'énergie interne. L'énergie potentielle de pesanteur occupe une place privilégiée.

C'est elle qui sert à introduire « que l'énergie potentielle n'est définie qu'à une constante près ». Les autres énergies potentielles sont définies par une généralisation rapide et ne sont pas vraiment réinvesties par la suite. En effet, les énergies électriques ou magnétiques par exemple ne sont pas qualifiées de « potentielle », et l'introduction du potentiel électrique se fait sans référence à l'énergie potentielle.

La consultation des écrits de Rankine ou de Maxwell montre que la transposition reproduit les débats des physiciens. Cependant ceux-ci s'accordent tous sur le fait que l'énergie potentielle est

une énergie d'interaction entre éléments d'un système déformable, énergie qui dépend donc des positions relatives des éléments les uns par rapport aux autres.

Que proposent les manuels aux apprenants ? Comment le savoir proprement dit, est-il présenté ? Les réponses à ces interrogations nous renvoient à l'analyse de certains ouvrages scolaires utilisés pendant la période de 1980 à 2005. En fait, comment les différents manuels utilisés pendant cette période en Côte d'Ivoire se situent ?

a) Les manuels de la classe de troisième

Nous avons observé l'organisation interne, les titres, les chapitres, le thème (l'énergie), les leçons, la référence aux différents programmes des sciences physiques, et les activités. L'analyse s'appuie sur les modes d'approche proposés et la définition des différentes formes d'énergie donnée par les différents auteurs des manuels. Ainsi, nous dégageons le tableau qui suit :

Tableau n°26 : Les modes d'approche proposés et la définition de l'énergie dans les différents ouvrages de sciences physiques utilisés de 1980 à 2005.

AUTEURS	OUVRAGES	MODES D'APPROCHE PROPOSES ET DEFINITION DE L'ENERGIE
COLLECTION CHIROUZE- LACOURT	Sciences Physiques classe de troisième, Armand Colin, 1984	<p>Chapitre XIX : L'énergie et le mouvement. L'énergie n'est pas définie. Ce sont les deux formes d'énergie (cinétique et potentielle de pesanteur) qui sont définies. Paragraphe 1 : Energie cinétique, pp 76-77. Selon les auteurs, on appelle énergie cinétique, l'énergie que possède un corps du fait de sa vitesse. Paragraphe 4 : Véhicule dans une pente, pp 77-78. Selon ces mêmes auteurs, l'énergie potentielle de pesanteur est l'énergie que possède le véhicule en haut de la pente. Aucune relation mathématique dans les deux cas n'est donnée aux élèves.</p> <p>Chapitre XXII : l'énergie électrique Paragraphe 2 : Energie électrique pp 88-89. Les auteurs demandent d'abord, aux élèves de se souvenir de la définition du travail, définie à la page 65. Ensuite, la formule de l'énergie électrique est établie. Enfin des mesures expérimentales sont faites pour déterminer l'énergie consommée par un réchaud portant une masse d'eau en ébullition.</p> <p>Chapitre XXIII : Transferts d'énergie Paragraphe 1-3 : Conservation de l'énergie, P92. Selon les auteurs, l'énergie est une fonction d'état d'un système, qui est invariante. Ainsi, selon eux, dans ses transferts, l'énergie change de forme : elle ne peut être ni créée ni détruite. Il y a conservation de l'énergie. Au paragraphe 5 : Dégradation de l'énergie, P 94. Ils confirment pour dire que dans tout transfert d'énergie, l'énergie totale se conserve, mais elle se dégrade.</p>

GRIA	Sciences Physiques et Technologiques Classe de troisième (3 ^{ème}) Armand Colin Paris, 1990	<p>Chapitre II : Energie électrique E8-8 à E8-10. Paragraphe 1 : Notion d'énergie électrique, E8-8, les auteurs définissent l'énergie électrique consommée par un appareil comme étant égale au produit de sa puissance par la durée de son fonctionnement. La relation mathématique est donnée aux élèves.</p> <p>Chapitre III : Energie Mécanique Transfert Rendement, ppM2-12 à M2-14. Paragraphe 1 : L'énergie cinétique pM2-12. Ils définissent l'énergie cinétique comme étant l'énergie qu'un corps possède du fait de sa vitesse. Paragraphe 2 : L'énergie de pesanteur ppM2-12 à M2-13 est définie par les auteurs comme étant l'énergie que possède au corps, du fait de sa position élevée par rapport au sol. La relation mathématique du travail du poids est donnée. Paragraphe 3 : Energie mécanique pM2-13. Dans les trois paragraphes, on repère dans cette présentation la tendance au raisonnement causal : l'énergie, sous différentes formes, peut être la cause de différents effets.</p>
GRIA	Sciences Physiques et Technologiques Classe de troisième Servedit/SEI Paris, 1994.	Idem que GRIA, 1990
GRIA	Sciences Physiques classe de troisième, Nouvelle Edition, Beauchemin, 1997. Côte d'Ivoire.	<p>La particularité de cet ouvrage est qu'il est conforme aux nouveaux programmes de sciences physiques entérinés par la Commission Nationale Pédagogique et entrés en vigueur à la rentrée scolaire 1997-1998. Le programme dans cet ouvrage est libellé en termes d'objectifs : objectifs généraux et spécifiques.</p> <p>Chapitre 9 : Energie électrique ppE8-8 à E8-10. Au paragraphe 1.3, on donne la définition de l'énergie électrique consommée par un appareil suivie de la relation mathématique.</p> <p>Chapitre 13 : Energie : Energie mécanique- Transfert-Rendement ppM2-11 à M2-13. Paragraphe 1 : L'énergie cinétique ; au paragraphe 1.2, on définit l'énergie cinétique. Paragraphe 2 : Energie de pesanteur ; au paragraphe 2.2, on définit l'énergie potentielle de pesanteur. Paragraphe 3 : Energie mécanique ; au paragraphe 1.1, les auteurs définissent l'énergie mécanique. Cette présentation est liée au raisonnement causal : l'énergie, sous différentes formes, peut être la cause de différents effets. Toute fois, l'énergie mécanique est une grandeur constante mais transférable sous différentes formes dont l'énergie cinétique et l'énergie potentielle de pesanteur.</p>
		<p>Unité E3 : Energie cinétique, énergie potentielle de pesanteur. Leurs transformations mutuelles, pp50-53. Paragraphe 1 : Energie cinétique, pp50-51. A la suite du paragraphe 1.1 : Mise en évidence (3 expériences), on définit l'énergie cinétique au paragraphe 1.2 : Définition, les auteurs définissent littéralement l'énergie cinétique d'un solide en</p>

AREX	Sciences Physiques classe de troisième, NEI/EDICEF, 2004.	<p>mouvement de translation, suivie de son expression algébrique.</p> <p>Paragraphe 2 : Energie potentielle de pesanteur, à partir des expériences précédentes, les auteurs la définissent par la relation algébrique.</p> <p>Paragraphe 3 : Transformations mutuelles, les auteurs définissent l'énergie mécanique et l'énergie thermique.</p> <p>Unité 4 : Puissance et énergie électriques pp56-59.</p> <p>L'expression de l'énergie, paragraphe 3.2 est donnée à partir de l'observation des caractéristiques (tension nominale, intensités minimale et maximale du courant, la fréquence de la tension de secteur, la consommation d'énergie pendant un tour du disque) sur un compteur électrique, suivie de son expression mathématique.</p> <p>Unité 5 : Transformations d'énergie- Rendement pp62-64.</p> <p>Paragraphe 1 : L'énergie : faisons le point. Selon les auteurs, l'énergie se conserve signifie que l'énergie ne peut être ni créée, ni détruite. Elle ne peut être que transformée d'une forme en une autre.</p> <p>Paragraphe 2 : Transformation de l'énergie électrique en énergie électrique et paragraphe 3 : Transformation de l'énergie mécanique en énergie électrique, deux circuits électriques sont réalisés. Dans l'un, le fonctionnement de la lampe du circuit se fait grâce à un moteur, et dans l'autre, le fonctionnement se fait à partir d'un alternateur.</p> <p>Ces deux circuits permettent les transformations mutuelles de l'énergie mécanique en énergies thermique et électrique, de l'énergie électrique en énergies thermique et mécanique.</p> <p>La présentation est liée à la fois aux références économiques et techniques du capital transférable au raisonnement causal : l'énergie, sous différentes formes, peut être la cause de différents effets. Une approche des phénomènes physiques en termes est ici assez évidente. L'énergie, grandeur transférable sous différentes formes, dont la chaleur (transfert thermique), laisse penser à des références économiques et techniques, en termes d'échanges et donc de « chaînes de transfert ».</p>
------	---	--

CONCLUSION

La lecture de ces différents ouvrages utilisés en classe de troisième dans le programme ivoirien montre avec évidence que le domaine de l'énergie peut-être abordé de façons très diverses, donc qu'il n'existe pas a priori de mode canonique de présentation. Les modes de présentation proposés sont, d'ailleurs, rarement ceux que l'histoire a pu repérer.

Dans l'ouvrage de collection CHIROUZE-LACOURT (1984), l'énergie cinétique et l'énergie potentielle sont définies à partir de l'expérience de la roue alourdie.

Il en est de même pour l'ouvrage de collection GRIA (1994). L'énergie électrique et les transferts d'énergie sont traités après les chapitres relatifs aux énergies cinétique, potentielle, et mécanique.

Dans l'ouvrage de collection GRIA (1997), nouvelle édition, la partie énergie électrique est traitée avant les parties énergies potentielle et cinétique. Cependant l'expérience de la roue alourdie est restée la même.

Dans l'ouvrage AREX (2004), on garde le même cheminement que les deux premiers ouvrages : CHIROUZE-LACOURT (1984) et GRIA (1994). L'aspect essentiel constaté est le changement des expériences (3 expériences) et l'introduction de la relation mathématique au niveau de l'énergie cinétique, l'énergie potentielle, et de l'énergie mécanique.

Cependant les modes d'approche proposés dans chacun des ouvrages utilisés durant la période 1980-2005, comparativement aux définitions des différentes formes d'énergie qui n'ont pas varié, ne sont pas toutes identiques. Les quatre (4) premiers ouvrages présentent l'énergie comme une grandeur constante, comme une fonction d'état d'un système, qui est invariante. C'est une grandeur transférable sous différentes formes. Quant au dernier ouvrage, en plus de la présentation de l'énergie en tant que fonction d'état d'une grandeur et grandeur constante, ses différentes formes dont la chaleur, laisse penser à des références économiques et techniques, en termes d'échanges et donc de « chaînes de transfert ». A cette présentation, s'ajoutent les définitions mathématisées de l'énergie cinétique, potentielle de pesanteur, mécanique, électrique.

b) Les manuels des classes de première scientifique

Nous avons observé l'organisation interne, les titres, les chapitres, le thème (l'énergie), les leçons, la référence aux différents programmes des sciences physiques, et les activités. L'analyse s'appuie sur les modes d'approche proposés et la définition des différentes formes d'énergie données par les différents auteurs des manuels. Ainsi, nous dégagons le tableau qui suit :

Tableau n°27 : Les modes d'approche proposés et la définition de l'énergie dans les différents ouvrages de sciences physiques utilisés de 1980 à 2005.

AUTEURS	OUVRAGES	MODES D'APPROCHE PROPOSES ET DEFINITION DE L'ENERGIE
		<p>Chapitre 2 : Energie cinétique pp30-40. Paragraphe 2 : Définition de l'énergie cinétique d'un solide p34 ; à la suite de 2 expériences du paragraphe 1 : Expériences, les auteurs donnent la définition de l'énergie cinétique.</p> <p>Chapitre 6 : Théorème de l'énergie cinétique pp76-83. Paragraphe 2 : Théorème de l'énergie cinétique pp81-83 ; à la suite du paragraphe 1 : Exemples, on généralise les résultats de ces exemples (3) à toute force, quelle qu'en soit la nature, et les auteurs demandent d'admettre sans démonstration le théorème.</p> <p>Chapitre 7 : Energie potentielle pp87-92. Paragraphe 1 : Définition p87, les auteurs définissent l'énergie potentielle comme étant l'énergie qu'un système peut libérer en modifiant les positions relatives de ses éléments.</p>

<p>A. SAISON</p>	<p>Physique 1^{ère} C E, Imp. Georges Land, Paris, 1979.</p>	<p>Paragraphe 2 : Exemples, ils donnent des expressions des différentes énergies potentielles.</p> <p>Paragraphe 3 : L'énergie potentielle est une fonction d'état p91. ces auteurs indiquent que l'énergie potentielle d'un système dépend uniquement de son état actuel défini par des paramètres de positions mesurés sur le système.</p> <p>Chapitre 8 : Energie mécanique pp93-100.</p> <p>Paragraphe 1 : Définition p93, les auteurs donnent la définition de l'énergie mécanique.</p> <p>Paragraphe 2 : Systèmes conservatifs p93, ils énoncent que l'énergie mécanique totale d'un système conservatif est constante au cours du temps.</p> <p>Paragraphe 3 : Systèmes non conservatifs p98 ; à partir de 3 exemples, ils énoncent que l'énergie mécanique totale d'un système non conservatif n'est pas constante, elle décroît au cours du temps.</p> <p>Chapitre 9 : Energie interne pp111-115.</p> <p>Paragraphe 1 : Exemples de non conservation de l'énergie mécanique d'un système pp111-113, les auteurs montrent à l'aide de 3 exemples que l'effet thermique est corrélatif à la diminution de l'énergie mécanique du système.</p> <p>Paragraphe 2 : Interprétation de la non conservation de l'énergie mécanique. L'énergie interne d'un système, les auteurs définissent l'énergie interne et au paragraphe 2.3, ils indiquent que l'énergie interne est une fonction d'état mais non calculable.</p> <p>Paragraphe 3 : Energie totale d'un système, ils indiquent la somme des variations de l'énergie mécanique et des variations de l'énergie interne du système est nulle.</p> <p>Chapitre 10 : La chaleur. Le premier principe de la thermodynamique pp116-126.</p> <p>Paragraphe 1 : La chaleur pp116-123, les auteurs indiquent que la chaleur correspond à un mode de transfert de l'énergie, et qu'un corps ne stocke pas de la chaleur, mais de l'énergie.</p> <p>Chapitre 17 : Quelques applications pratiques de l'électricité pp191-198.</p> <p>Paragraphe 6 : L'énergie électrique et sa production, les auteurs donnent l'expression de l'énergie électrique.</p> <p>Chapitre 18 : Conservation de l'énergie. Sources énergétiques utilisables sur terre pp199-219.</p> <p>Paragraphe 1 : Conservation de l'énergie, les auteurs identifient au paragraphe 1.1 les différentes formes d'énergie. Ils indiquent au paragraphe 1.2 que l'énergie peut changer de forme. Paragraphe 1.3, ils montrent que l'énergie totale d'un système isolé est constante.</p> <p>Paragraphe 2 : Energie nucléaire.</p> <p>Cette présentation de l'énergie à travers les différents chapitres de cet ouvrage, est liée à l'aspect historique de la construction de la notion d'énergie, c'est une grandeur transférable sous différentes formes, dont la chaleur, et son aspect historique, laisse penser à des références économiques et techniques, en termes d'échanges et donc de « chaînes de transfert ».</p> <p>Au fil des lignes de l'ouvrage, les auteurs indiquent que l'énergie est une fonction d'état d'un système, qui est invariable. Une approche des phénomènes physiques en termes de systèmes est ici assez évidente.</p>
------------------	--	---

<p>JEAN LACOURT</p>	<p>Physique 1^{ère} S et E, Armand Colin, Paris, 1982.</p>	<p>La préface de l'ouvrage est édifiante. Elle aborde non seulement la complexité de la notion d'énergie, sa définition mais aussi son importance pour l'homme (ses applications concrètes). Lisons plutôt ce qui suit :</p> <p><i>« Omniprésente bien qu'invisible, l'énergie imprègne tout l'univers. Avant même de connaître sa nature, l'homme n'a cessé de l'utiliser, d'abord pour survivre, plus tard pour satisfaire sa soif de domination. C'est dans la deuxième moitié du XIX^e siècle qu'apparaît une importante mutation : le progrès scientifique, qui permet de mieux comprendre la nature de l'énergie, et le développement technologique, qui intensifie son utilisation, conduisent l'humanité d'une consommation effrénée d'énergie qui prend, en cette fin du XX^e siècle, toutes les apparences d'une orgie.</i></p> <p><i>Cependant, l'énergie obéit à des lois très strictes, en particulier à cette implacable loi de conservation qui lui impose de rester constante, à l'échelle de notre univers. Sous ses multiples aspects, elle ne se détruit certes pas, mais elle ne se crée pas et tend à devenir de moins en moins utilisable.</i></p> <p><i>Notion abstraite aux applications très concrètes sinon brutales, l'énergie est difficile à définir. Il est cependant indispensable de bien comprendre sa nature afin de mieux l'utiliser et de préparer ainsi notre prochaine entrée dans le XXI^e siècle. »</i></p> <p>Cette préface définit clairement l'« état d'esprit » des auteurs de l'ouvrage. Et les interprétations pédagogiques à travers l'ouvrage sont leur reflet des représentations. Ainsi, la structuration du savoir sur l'énergie est définie comme suit :</p> <p>Au chapitre 2 : Mouvement du centre d'inertie d'un solide dans le champ de pesanteur, les lois de chute libre à partir d'abord d'observations (tube de Newton, solide abandonné sans vitesse initiale, cf. cours de seconde), ensuite de deux expériences (mobile autoporteur abandonné sur un plan incliné et un objet ponctuel lancé vers le haut suivant une verticale ascendante) sont établies. Elles sont par la suite utilisées dans les chapitres qui suivent.</p> <p>Au chapitre 5 : Energie cinétique, les résultats de l'étude effectuée au chapitre 2 permettent d'abord , d'établir le gain maximum d'altitude, ensuite de donner la relation mathématique de l'énergie cinétique, et enfin , de donner une définition littérale de l'énergie cinétique.</p> <p>Au chapitre 6 : Théorème de l'énergie cinétique, à partir du mouvement de chute libre d'un solide ponctuel, l'on calcule d'abord, la variation de l'énergie cinétique du mobile, ensuite on donne l'énoncé du théorème, et enfin, on l'applique aux pendules (élastique, de torsion, pesant).</p> <p>Au chapitre 7 : Energie potentielle-Energie mécanique, après la définition de l'action d'un champ de forces, on définit l'énergie potentielle de pesanteur à partir d'un solide de masse m qui descend de l'altitude z à l'altitude 0. A la suite de cette définition, on passe à la détermination pratique de l'énergie potentielle de pesanteur par application à un objet en chute libre, au pendule élastique, et au pendule de torsion. Au dernier paragraphe du chapitre, on donne la définition de l'énergie mécanique totale d'un solide, qui est appliquée d'abord, au mouvement d'un véhicule sur une rampe de profil quelconque, ensuite, au pendule élastique à un</p>
-------------------------	--	---

		<p>axe horizontal, et enfin, au pendule de torsion.</p> <p>Le chapitre 8 : Energie calorifique, traite la notion d'énergie calorifique à partir de l'origine et des effets des forces de frottement, de l'expérience de Tyndall et des moteurs thermiques pour arriver au fait que la chaleur est une forme de l'énergie.</p> <p>Au chapitre 11 : Energie électrique- Puissance électrique, on définit l'énergie potentielle d'une charge électrique à partir du travail d'une force électrostatique, suivie de son expression algébrique. A la suite de la loi d'Ohm, on définit d'abord, l'énergie fournie par le générateur, ensuite l'énergie électrique reçue par le dipôle, et enfin, on établit le bilan énergétique total d'un circuit.</p> <p>Cette première partie de l'ouvrage se termine par le chapitre 12 : Sources d'énergie utilisables sur Terre.</p> <p>Cette présentation obéit à celle de l'ouvrage A. SAISON (1979). Comme on le constate, le terme énergie est difficile à définir. Cependant c'est un capital qui se conserve d'un système, et est la cause de l'évolution du système à l'instar de la notion newtonienne de force (cause du mouvement).</p> <p>On repère dans cette présentation à la fois les références économiques et techniques du capital transférable déjà rencontrées dans l'ouvrage A. SAISON (1979).</p>
<p>A. TOMASIMO</p>	<p>Physique 1^{ère} S, Nathan, Aubin Imprimeur, Paris, 1994</p>	<p>Chapitre 6 : L'énergie. Transfert d'énergie pp87-98.</p> <p>Paragraphe 1 : Qu'est-ce que l'énergie ? une définition dite pragmatique selon les auteurs est donnée de la façon suivante : le mot énergie est d'un usage très répandu. Qui n'a jamais entendu parler d'énergie nucléaire, solaire, hydraulique ou fossile, d'énergie d'un aliment, sans compter les phrases telles que : « il y a de l'énergie à revendre », « c'est la crise de l'énergie », « il faut faire des économies d'énergie ». Les auteurs reconnaissent par la suite que malgré une perception intuitive de la notion d'énergie, sa définition reste délicate.</p> <p>Paragraphe 2 : Les différentes formes d'énergie, les auteurs identifient les différents types d'énergie.</p> <p>Paragraphe 3 : Transferts d'énergie, les auteurs indiquent les modes et les sens de transfert de l'énergie.</p> <p>Paragraphe 4 : Chaînes énergétiques.</p> <p>Chapitre 7 : Conservation de l'énergie. Bilans énergétiques pp103-114.</p> <p>Paragraphe 1 : Principe de conservation de l'énergie, les auteurs énoncent le principe pour dire que l'énergie d'un système isolé demeure constante.</p> <p>Paragraphe 2 : Transfert d'énergie pour un système non isolé, ils indiquent qu'en régime permanent, l'énergie reçue par un système est continuellement égale à l'énergie qu'il cède à l'extérieur.</p> <p>Paragraphe 3 : Les transferts d'énergie par chaleur, les auteurs indiquent les deux modes de transfert par chaleur.</p> <p>Chapitre 8 : L'énergie cinétique pp121-126</p> <p>Paragraphe 1 : Calcul de l'énergie cinétique, les auteurs donnent son expression pour un objet ponctuel et un solide en translation.</p> <p>Paragraphe 2 : Les effets d'une force, ils indiquent que la force appliquée à un solide fait varier son énergie cinétique.</p> <p>Chapitre 9 : Conservation de l'énergie mécanique pp131-139.</p>

		<p>Paragraphe 1 : Energie potentielle de pesanteur. Energie mécanique, les auteurs donnent d'abord, la définition de l'énergie potentielle, ensuite celle de l'énergie mécanique et enfin l'expression de l'énergie potentielle.</p> <p>Chapitre 11 : Les machines thermiques pp163-170</p> <p>Paragraphe 2.2 Bilan énergétique, ils indiquent qu'en régime permanent, il n'y a pas de variation de l'énergie totale du système.</p> <p>Chapitre 12 : Les récepteurs électriques. Effet Joule pp175-187.</p> <p>Paragraphe 2.2 Energie Electrique, les auteurs donnent son expression algébrique</p> <p>Paragraphe 4.3 Bilan d'énergie, ils font une interprétation énergétique de la loi d'Ohm avant d'indiquer que le bilan s'obtient en multipliant le bilan de puissance par la durée t de fonctionnement du récepteur.</p> <p>Chapitre 13 : Les générateurs. Bilan d'énergie dans un circuit pp193-205.</p> <p>Paragraphe 3 : Bilan énergétique d'un circuit.</p> <p>Cet ouvrage indique qu'on ne sait pas ce qu'est l'énergie. Les auteurs reconnaissent cependant que c'est une grandeur constante, outil de raisonnement qui permet de ne pas oublier d'éléments dans l'analyse de phénomènes.</p>
EURIN-GIE	Physique 1 ^{ère} S et E, Hachette Lycées, Paris, 1998.	<p>Chapitre 2 : Solide en chute libre, travail du poids pp16-21 ; les auteurs font l'étude de la chute des corps d'abord dans l'air, puis avec le tube de Newton. Ce qui aboutit à l'établissement de la relation $v^2 = 2gh$. A la suite de cette relation, après avoir donné la définition de l'énergie cinétique, une autre relation est établie entre l'énergie cinétique de translation et le travail du poids.</p> <p>Chapitre 5 : Energie cinétique pp52-58, les différents types de l'énergie cinétique sont énoncés, ainsi que le théorème de l'énergie cinétique.</p> <p>Chapitre 6 : Energie potentielle de pesanteur-Energie mécanique pp65-71. A partir de la relation de la chute libre des corps, de l'eau d'un barrage et d'un ressort comprimé la notion d'énergie potentielle est donnée par les auteurs.</p> <p>A la suite de l'expérience du corps lancé dans le champ de pesanteur, considéré comme uniforme, l'énergie mécanique est définie, et une relation est établie entre l'énergie cinétique et l'énergie potentielle. De cette relation, la définition de l'énergie potentielle est énoncée.</p> <p>Chapitre 9 : Travail et chaleur pp106-121.</p> <p>Paragraphe 1 : La chaleur, bilan d'un transfert d'énergie.</p> <p>Paragraphe 2 : Transmission de la chaleur.</p> <p>Chapitre 12 : Energie potentielle électrostatique pp146-152.</p> <p>Paragraphe 2 : Energie potentielle électrostatique, cette énergie est définie à partir du travail d'une force électrostatique et du théorème de l'énergie cinétique à une particule de charge q et de masse m placée dans un champ électrique.</p> <p>Chapitres 13 : Les récepteurs-bilan énergétique pp156-165.</p> <p>Paragraphe 1 : Bilan énergétique d'un dipôle récepteur, l'énergie électrique reçue par un dipôle récepteur est définie après l'établissement du bilan énergétique microscopique.</p> <p>Chapitre 14 : Les générateurs-Bilan énergétique d'un circuit</p>

		<p>pp168-173. Paragraphe 3 : Bilan énergétique d'un circuit, l'énergie électrique est définie à partir de la caractéristique intensité-tension d'un générateur linéaire, du bilan énergétique microscopique et du bilan énergétique d'un générateur.</p> <p>Comme on le constate, le terme énergie est difficile à définir. Cependant c'est un capital qui se conserve d'un système, et est la cause de l'évolution du système à l'instar de la notion newtonienne de force (cause du mouvement). On repère dans cette présentation à la fois les références économiques et techniques du capital transférable déjà rencontrées dans l'ouvrage A. SAISON (1979)</p>
AREX	Physique Premières C et D, Les classiques africains, 1999.	<p>Chapitre 3 : Energie cinétique Théorème de l'énergie cinétique pp28-32. Paragraphe 1 : Introduction, après une brève introduction pour dire que quelque soit le dispositif, il ne peut créer de l'énergie mais uniquement la transformer d'une forme à une autre, on fait d'abord, un bref rappel (classe de 3^{ème}) des paramètres dont dépend l'énergie cinétique, ensuite, on donne la définition et l'expression mathématique suivies d'un exercice d'application Paragraphe 2 : Energie cinétique, et enfin à partir de la loi de chute libre d'une bille sans vitesse initiale, on énonce le théorème de l'énergie cinétique Paragraphe 3 : Théorème de l'énergie cinétique suivi d'un exercice d'application.</p> <p>Chapitre 4 : Energie potentielle-Energie mécanique pp36-42. Après avoir défini le champ de pesanteur, on donne d'abord la définition littérale de l'énergie potentielle, ensuite à partir du travail du poids de la bille qui tombe en passant de position 1 à la position 2, on donne son expression mathématique (paragraphe 1 : Energie potentielle de pesanteur) ; on fait autant pour un ressort à spires non jointives de masse négligeable et de raideur k pour déterminer à partir de 2 positions occupées par le ressort l'expression mathématique de l'énergie potentielle, suivie d'un exercice d'application. Enfin, par application du théorème de l'énergie cinétique au système « bille », puis au cas de ressort, donnant la relation mathématique entre les 3 énergies (cinétique, potentielle et mécanique), on donne la définition littérale de l'énergie mécanique (Paragraphe 2 : Energie mécanique), suivie de l'énoncé de la conservation et de la non conservation de l'énergie mécanique.</p> <p>Chapitre 6 : Energie potentielle électrostatique pp52-58. Paragraphe 3 : Energie potentielle électrostatique, les auteurs déterminent le travail de la force électrostatique qui s'exerce sur une charge q placée dans un champ électrostatique uniforme, puis ils énoncent la relation entre le travail de la force et l'énergie potentielle de la charge. Paragraphe 4 : Conservation de l'énergie mécanique d'un porteur de charge, les auteurs par application du théorème de l'énergie cinétique à la particule entre deux instants, ils énoncent que l'énergie mécanique d'une particule chargée, évoluant spontanément et sans frottement dans un champ électrostatique, est constante.</p>

	<p>Chapitre 7 : Puissance et énergie électriques pp61-68.</p> <p>Paragraphe 1.3 Energie électrique, à partir du travail de la force électrostatique, les auteurs donnent l'expression de l'énergie électrique.</p> <p>Paragraphe 5 : Bilan énergétique dans un circuit électrique (Loi de Pouillet), les auteurs ont établi d'abord, la loi de Pouillet à partir d'un circuit électrique, ensuite ils ont donné les différentes énergies intervenant dans le circuit.</p> <p>Cette présentation de l'énergie à travers les différents chapitres de cet ouvrage, est liée à l'aspect historique de la construction de la notion d'énergie, c'est une grandeur transférable sous différentes formes, dont la chaleur, et son aspect historique, laisse penser à des références économiques et techniques, en termes d'échanges et donc de « chaînes de transfert ».</p> <p>Au fil des lignes de l'ouvrage, les auteurs indiquent que l'énergie est une fonction d'état d'un système, qui est invariante. Une approche des phénomènes physiques en termes de systèmes est ici assez évidente.</p>
--	---

CONCLUSION

Les enseignants sont tenus de suivre le programme. Celui-ci définit clairement un état d'esprit. Pourtant, lorsqu'on se penche sur les manuels scolaires correspondants, on rencontre des interprétations pédagogiques assez différentes qui sont le reflet même des représentations de ceux qui les écrivent.

Les auteurs de manuels scolaires ont tout d'abord des représentations sur ce que doit être l'enseignement de la notion d'énergie. Certains pensent, par exemple, que l'enseignement de la notion d'énergie doit être une accumulation d'un ensemble d'informations. Pour eux, le fait d'adopter un tel cheminement à partir d'une série de notions ponctuelles, va permettre à l'apprenant d'appréhender le phénomène général résultant. Cela est à mettre en relation avec des pièges de l'enseignement programmé et de la pédagogie par objectifs ; le fait d'avoir intégré une somme d'unités n'implique pas la maîtrise du concept d'énergie dans son ensemble.

De façon générale, le contenu des manuels scolaires est nettement décalé du vécu quotidien des apprenants. Ce qui ne manque pas de créer ou de renforcer certains obstacles et qui met en évidence les modèles explicatifs organisés, simples, logiques, utilisés le plus souvent par analogie par les auteurs en ce qui concerne l'enseignement de l'énergie. Le terme énergie est utilisé le plus souvent sans qu'il soit défini. La symbolisation introduit un ensemble de confusions : on emploie, par exemple, la même lettre (E) pour représenter l'énergie mécanique, l'énergie électrique, le champ électrostatique...

Les dysfonctionnements, relevés ici sur quelques uns des livres en usage, traduisent bien l'état de l'enseignement de l'énergie. Les livres scolaires sont-ils trop rapidement faits ?

Ils donnent en tous cas, trop souvent l'impression d'être réalisés a priori et donc à travers la logique et les présupposés d'adultes qui « savent ».

III - LE CONTENU CONCEPTUEL DU CURRICULUM IVOIRIEN CONCERNANT L'ENERGIE

III-1. LE CONTENU CONCEPTUEL CONCERNANT L'ENERGIE DANS LES PROGRAMMES ET MANUELS SCOLAIRES IVOIRIENS.

Le cadre dans lequel se développe l'enseignement des sciences physiques en Côte d'Ivoire est défini par le genre du curriculum, les contraintes matérielles imposées par les conditions réelles de travail, et par les conceptions des enseignants quant à leur travail, les sciences physiques et leur apprentissage.

L'élucidation des conditions de travail au lycée et au collège concernant l'enseignement de l'énergie devrait permettre à l'Inspection Générale de l'Enseignement Secondaire, responsable des programmes d'enseignement d'apprécier la signification des matériels et des décisions des enseignants, la codification de l'analyse des pratiques pédagogiques et des activités didactiques, et aider les enseignants à prendre conscience de la cohérence de leurs choix, de mieux mettre en valeur les matériels et les manuels scolaires, et engendrer la rationalisation des réorganisations possibles de leur travail.

L'intention explicite ou implicite du contenu de programmes d'enseignement de l'énergie est que le concept d'énergie comparativement à d'autres concepts enseignés au lycée et au collège est abordé de la même façon. Cependant depuis 1996, dans le « *Guide de la matière à enseigner et l'enseignement des cours au lycée et au collège* », qui accompagne le programme ivoirien, en plus des objectifs généraux, les objectifs spécifiques sont clairement définis.

Dans les curricula datant avant le programme de 1980, une des principales caractéristiques de ce contenu qui découle de l'intention précédente, est la dispersion du concept d'énergie à travers les différentes unités thématiques. Dans le programme ivoirien, nous rencontrons le concept d'énergie dans les unités thématiques très différentes comme « Travail-Energie-Puissance », « Machines simples ». Cette manière fortuite d'introduire et d'analyser le concept d'énergie semble être due au fait qu'il n'existe pas d'autre critère extérieur, objectif didactique, hormis la compréhension du contenu de la science. Une des conséquences majeures est que l'étude du concept d'énergie devrait être réalisée dans des cadres conceptuels différents, et que dans chacun d'eux, le concept

d'énergie obtienne un sens systématique et empirique différent, c'est-à-dire une autonomie conceptuelle relative. Ainsi, dans les unités thématiques du programme sont juxtaposés et/ou sont mélangés les cadres conceptuels de la mécanique, de l'électricité, etc. En plus, aucun rapport n'existe entre ces différents cadres conceptuels ; ce qui fait que l'étude du concept d'énergie représente chaque fois une approche indépendante.

Cette façon de procéder montre que le concept d'énergie à travers les différents cadres conceptuels réduit le fonctionnement du concept puisque à chaque fois l'apprenant est confronté à un sens différent du même concept.

La deuxième caractéristique essentielle liée à la précédente, est que le concept d'énergie est introduit soit en tant que concept dérivé du travail (dans le cadre conceptuel de la Mécanique par exemple) soit en tant que fonction des grandeurs observables qui décrivent le champ phénoménologique d'application du concept (comme par exemple le cadre conceptuel de l'électricité).

La caractéristique de l'introduction du concept d'énergie, en tant que fonction des grandeurs, s'observe également dans le programme d'enseignement aussi bien niveau collège qu'au niveau lycée, où les cadres conceptuels sont la Mécanique et l'Electricité. Le contenu conceptuel du curriculum concerne le noyau dur conceptuel qui n'est autre que la définition de l'énergie en tant que concept dérivé dans le cadre de la Mécanique. Cette approche est considérée comme insuffisante et fautive selon des critères scientifiques, sociaux et psychologiques.

La troisième caractéristique du curriculum concernant l'énergie est la sélection fortuite du champ d'application des concepts physiques, c'est-à-dire du champ des phénomènes qui fonctionnent en tant qu'applications du cadre conceptuel en question. Ceci semble être une conséquence supplémentaire de la dispersion des concepts physiques dans les diverses unités thématiques du curriculum. Tous les phénomènes constituent pour le concept d'énergie le champ phénoménologique d'application potentielle. Tout phénomène est au service de l'étude du champ conceptuel concerné avec lequel le concept d'énergie est en corrélation. Ceci provoque parfois une étude conceptuelle différente de certains phénomènes physiques mêmes s'ils sont thématiquement proches. Par exemple, le pendule pesant simple est utilisé en classe de 3^{ème} dans « AREX » comme un phénomène physique adéquat à l'introduction du principe de conservation de l'énergie mécanique sous la forme « l'addition de l'énergie cinétique et de l'énergie potentielle reste constante ». Mais dans l'unité relative à l'étude des machines (poulies et treuils), la machine simple est considérée comme un système ouvert d'entrée-sortie de l'énergie même si cela n'est pas clairement exprimé.

Ces deux exemples montrent précisément la relation fragile du cadre conceptuel et du champ d'application quant au concept d'énergie, qui est le résultat d'un choix fortuit de sujets et de concepts.

Dans les programmes des années 1980, les manuels en usage mettent en évidence la dispersion du concept d'énergie en diverses unités thématiques, à une large unité conceptuelle ou même au fait de considérer l'énergie comme principe organisateur du curriculum en entier.

L'énergie est introduite pendant cette période en tant que concept premier, où est accentué le caractère unificateur et trans-phénoménologique qui est assuré à travers les concepts de transfert, de transformation et de conservation de l'énergie. Le concept d'énergie acquiert en général une signification unique pour toutes les unités thématiques, puisqu'il est désormais intégré dans un système conceptuel unique.

Depuis les années 1990, la formulation est en général réalisée de façon à ce qu'apparaisse le processus d'élaboration conceptuelle sans pour autant qu'il y ait un seul type de formulation. Le champ d'application du concept d'énergie contribue à la compréhension du caractère unificateur et trans-phénoménologique du concept d'énergie ainsi qu'à la description et à l'interprétation des situations et problèmes physiques qui proviennent de l'environnement social familial (AREX, 2004).

L'approche des phénomènes thermiques est supprimée depuis la rentrée scolaire 1990/1991, et désormais dans le curriculum ivoirien quelle que soit la classe (3^{ème} ou 1^{ère}), l'approche des phénomènes mécaniques précède l'approche des phénomènes électriques. Cependant, l'introduction du concept d'énergie en tant que fonction de mesures physiques observables limite l'approche énergétique au niveau quantitatif bien que le rapprochement entre les conceptions qualitatives pré-énergétiques des apprenants et la nature quantitative de l'énergie soit nécessaire pour une meilleure compréhension.

III-2. LE TYPE DE CONNAISSANCES PRIVILEGIEES DANS LES MANUELS SCOLAIRES CONCERNANT L'ENERGIE.

III-2.1. La classe de troisième

Pour déterminer la typologie des connaissances dans le manuel « AREX » de la classe de 3^{ème}, les 150 élèves de notre population cible et les enseignants choisis pour notre expérimentation ont travaillé sur l'exercice suivant :

- a) *Répertorier tous les exercices des chapitres de l'enseignement de l'énergie.*
- b) *Déterminer la fréquence des différentes consignes utilisées.*
- c) *Conclure.*

Ce travail nous permet non seulement d'interroger les diverses consignes pour dégager la typologie de connaissances privilégiées dans le manuel « AREX » en vigueur mais aussi et surtout d'interroger les programmes de sciences physiques concerna l'énergie dans le premier cycle du secondaire. Cette interrogation nous oriente à la réflexion suivante : quelles incidences ces types de consignes peuvent-elles avoir sur la maîtrise ou la compréhension des notions, des phénomènes liés à la notion d'énergie par les apprenants ? Ces consignes ne participent-elles pas d'une part, à la mauvaise construction des connaissances et d'autre part, aux difficultés d'acquisition du savoir sur la notion d'énergie ?

La collecte des données à partir de la question a), nous a amené à identifier sur l'ensemble des 5 chapitres faisant référence à l'énergie, 127 consignes des 53 exercices proposés.

La consigne, selon Le petit Larousse Compact (2002), étant une instruction formelle donnée à quelqu'un qui est chargé de l'exécuter, ou un ordre de faire quelque chose, est utilisée pour l'exécution des tâches scolaires. Ainsi, les 127 consignes identifiées sont classées selon les trois (3) typologies de connaissances à savoir : les connaissances déclaratives, les connaissances procédurales et les connaissances conditionnelles dans le tableau qui suit. Nous entendons par :

- Connaissances déclaratives (qui s'identifient aux savoirs), la description de la réalité sous forme de faits, lois, constantes ou régularités. Ces connaissances sont donc de l'ordre du discours, des savoirs formels : savoir une règle de grammaire ou une formule en sciences physiques, un théorème de mathématiques, une loi en physique, savoir une définition...
- Connaissances procédurales en psychologie cognitive (qui s'identifient aux savoir-faire), la description de la procédure à suivre pour obtenir tel ou tel résultat. Ces connaissances sont liées à la mise en œuvre des connaissances déclaratives : les connaissances méthodologiques en sont une espèce. Ces connaissances sont de l'ordre de l'action, du savoir – faire (en pédagogie) : savoir utiliser une règle de grammaire, un théorème dans la résolution d'un problème. Selon Anderson, J.R. (1983), les connaissances procédurales seraient à l'œuvre dans tout passage à l'action, autrement dit dans toute activité nécessitant de réaliser « quelque chose » en mettant à profit les connaissances déclaratives. Les connaissances procédurales consigneraient ainsi des règles d'action (comment faire) et des règles conditionnelles (quand le faire).
- Connaissances conditionnelles, la précision des conditions de validité des connaissances procédurales.

La question b) nous a permis de dégager la répartition des consignes par chapitre et par typologie de connaissances comme indique le tableau 28 :

Tableau n°28 : Répartition des consignes par typologie de connaissances

Intitulé du chapitre	Typologie de connaissances
E ₁ : Machines simples : poulies et treuils	- connaissance déclarative : 19 - connaissance procédurale : 3 - connaissance conditionnelle : 0
E ₂ : Travail et puissances mécaniques	- connaissance déclarative : 22 - connaissance procédurale : 3 - connaissance conditionnelle : 3
E ₃ : Energie potentielle de pesanteur. Leurs transformations mutuelles	- connaissance déclarative : 19 - connaissance procédurale : 5 - connaissance conditionnelle : 0
E ₄ : Puissance et énergie électriques	- connaissance déclarative : 27 - connaissance procédurale : 8 - connaissance conditionnelle : 0
E ₅ : Transformations d'énergie. Rendement	- connaissance déclarative : 17 - connaissance procédurale : 1 - connaissance conditionnelle : 0

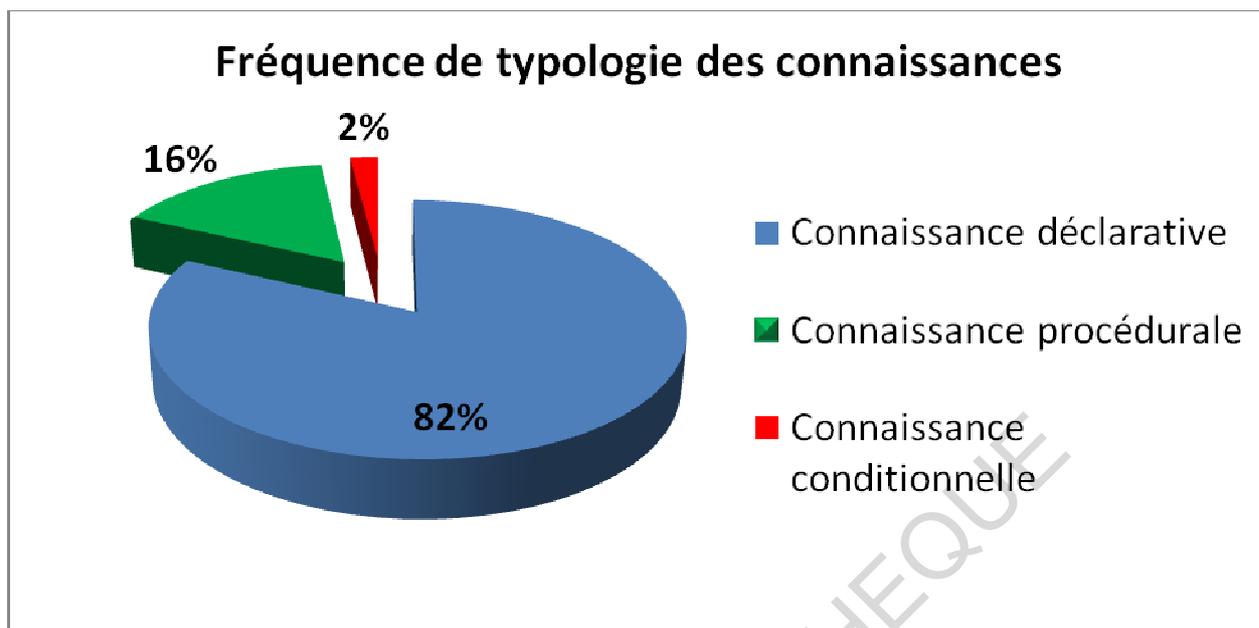
Le tableau n°28 rend compte des différents types de connaissances en présence : connaissance déclarative, connaissance procédurale, connaissance conditionnelle.

Ces données fournies par le manuel « AREX » de la classe de 3^{ème} laissent entrevoir les logiques de stratégie didactique qui président à l'enseignement/apprentissage dans l'enseignement de l'énergie à ce niveau d'enseignement.

Pour une meilleure lisibilité des différentes fréquences mises en exergue dans le tableau 21, le tableau 22 récapitule le total d'apparition des trois types de connaissances :

Le diagramme n°1 présente la fréquence d'apparition de chacune des trois (3) connaissances. La fréquence d'apparition de la connaissance déclarative est la plus dominante (82%). Ces connaissances semblent être le choix didactique privilégié par le manuel scolaire qui est lui-même conforme au nouveau programme d'enseignement des sciences physiques en Côte d'Ivoire.

Diagramme n°1 : diagramme de fréquence de typologie des connaissances



CONCLUSION

Des questions a) et b), nous déduisons que l'enseignement des sciences physiques au collège, nous paraît souffrir aujourd'hui de graves déséquilibres (82% pour les connaissances déclaratives, 16% pour les connaissances procédurales et 2% pour les connaissances conditionnelles). L'analyse des différents exercices montre que plus des 2/3 des connaissances déclaratives privilégient les formules et les lois mathématiques. Nous pensons de ce qui précède que le lien entre mathématiques et sciences physiques doit être soigneusement repensé d'une part, pour fournir des applications concrètes et vivantes aux concepts mathématiques qui sont introduits d'autre part, pour éviter une déviance de l'enseignement des sciences physiques qui peut rapidement devenir formel et superficiel s'il n'est pas lié intimement à une certaine forme de modélisation mathématique, et à la possibilité concrète de traiter des aspects quantitatifs.

C'est entre autres le cas du chapitre « Puissance et énergies électriques » où on assène comme entrée en matière du dit chapitre quelques formules brutes telles que $P=U \cdot I$, $E=Pt$, sans introduire ces notions d'une manière progressive et compréhensible, en confondant ainsi dans un même mode de présentation ce qui est une loi physique ($P=UI$) et ce qui est une définition ($E=Pt$).

Ces « aberrations » ne sont pas seulement la faute des auteurs des manuels, mais résultent de la conception même des programmes qui privilégient souvent les seuls aspects qualitatifs, prenant probablement en compte l'absence, chez les apprenants, d'une maîtrise mathématique suffisante pour aborder les concepts élémentaires de la physique. Mais cette dérive formaliste résulterait

aussi d'une mathématisation exclusive des cours de physique au détriment des phénomènes, d'où le saupoudrage de formules assénées dogmatiquement, sans lien logique les unes avec les autres. Cette façon d'orienter l'enseignement des sciences physiques privilégie la maîtrise des définitions et les formules au détriment d'un raisonnement dans l'interprétation des phénomènes.

III-2.2. Les classes de premières scientifiques

Comme précédemment fait avec les élèves des classes de 3^{ème}, nous avons pour déterminer la typologie des connaissances dans le manuel « AREX » des classes de 1^{ères} scientifiques, travaillé avec les 150 élèves des dites classes et leurs enseignants sur l'exercice le même type d'exercice :

a) Répertorier tous les exercices des chapitres de l'enseignement de l'énergie.

b) Déterminer la fréquence des différentes consignes utilisées.

L'interrogation faite à partir des diverses consignes pour dégager la typologie de connaissances privilégiées montre non seulement un déséquilibre au niveau des différentes connaissances dans le présent manuel mais aussi et surtout dans les programmes de sciences physiques dans le second cycle du secondaire. Cette interrogation nous oriente à la réflexion suivante : quelles incidences ces types de consignes peuvent-elles avoir sur la maîtrise ou la compréhension des notions, des phénomènes liés à la notion d'énergie par les apprenants ? Ces consignes ne participent-elles pas, d'une part à la mauvaise construction des connaissances, et d'autre part aux difficultés d'acquisition du savoir sur la notion d'énergie ?

Le travail nous a amené à identifier sur l'ensemble des 4 chapitres faisant référence à l'énergie, 149 consignes des 53 exercices proposés.

La consigne, étant une instruction, un ordre de faire quelque chose, est utilisée pour l'exécution des tâches scolaires.

Tout au long de leur éducation, les apprenants doivent acquérir des connaissances. Cette confrontation au savoir sur l'énergie dure aujourd'hui entre 6 et 10 ans voire parfois plus. Les connaissances acquises sont diverses et nombreuses. Certaines, déclaratives constituent le fondement des futures compétences, d'autres deviennent des connaissances procédurales, d'autres encore sont des connaissances conditionnelles, d'autre enfin sont, selon toute apparence, oubliées.

- Ainsi, les 166 consignes identifiées dans le manuel « AREX » sont classées selon les trois (3) typologies de connaissances suscitées et donnent le tableau suivant :

Tableau n°29 : Répartition des consignes par typologie de connaissances

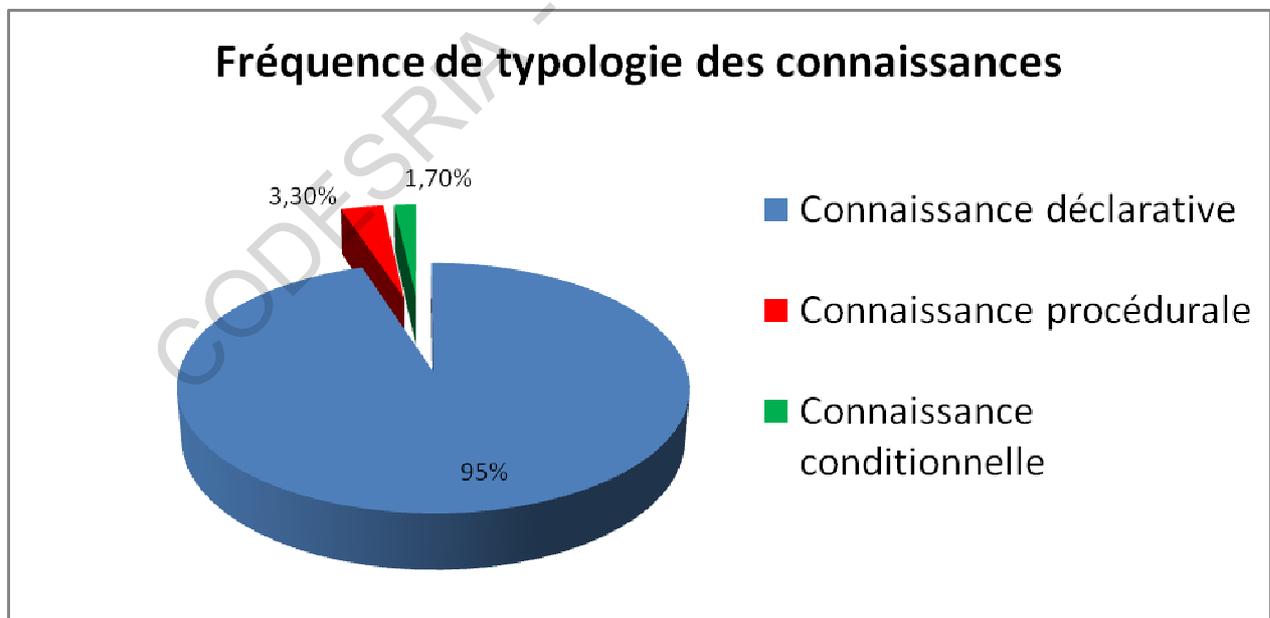
Intitulé du chapitre	Typologie de connaissances
E ₁ : Energie cinétique – Théorème de L'énergie cinétique	a) connaissance déclarative : 26 b) connaissance procédurale : 2 c) connaissance conditionnelle : 6
E ₂ : Energie potentielle – Energie mécanique	a) connaissance déclarative : 29 b) connaissance procédurale : 2 c) connaissance conditionnelle : 2
E ₃ : Energie potentielle électrostatique	a) connaissance déclarative : 32 b) connaissance procédurale : 5 c) connaissance conditionnelle : 0
E ₄ : Puissance et énergie électriques	a) connaissance déclarative : 45 b) connaissance procédurale : 2 c) connaissance conditionnelle : 0

Le tableau n°29 rend compte des différents types de connaissances en présence : connaissance déclarative, connaissance procédurale, connaissance conditionnelle.

Ces données fournies par le manuel « AREX » de la classe de 1^{ère} laissent entrevoir les logiques de stratégie didactique qui président à l'enseignement/apprentissage dans l'enseignement de l'énergie à ce niveau d'enseignement.

Le récapitulatif du tableau n°29 donne le diagramme n°2

Diagramme n°2 : diagramme de fréquence de typologie des connaissances



Le diagramme n°2 présente la fréquence d'apparition de chacune des trois (3) connaissances. La fréquence d'apparition de la connaissance déclarative est la plus dominante (95%). Ces connaissances semblent être le choix didactique privilégié par le manuel scolaire qui est lui-même conforme au nouveau programme d'enseignement des sciences physiques en Côte d'Ivoire.

CONCLUSION

La connaissance déclarative reste le type de connaissances que l'on a recours le plus fréquemment. Ces résultats (95% pour les connaissances déclaratives, 3.2% pour les connaissances procédurales et 1.7% pour les connaissances conditionnelles) nous éclairent sur la nature de la stratégie mise en place pour tester les connaissances. Ainsi, la plupart des questions tendent à vérifier les connaissances déclaratives qui sont le contrôle des définitions, des propriétés et des formules mathématiques. Ils confirment les choix didactiques retenus et recommandés aux enseignants.

Nous pensons que lors de la réalisation de toute activité (ou tout exercice dans le cas spécifique d'un apprenant), les deux premiers types de connaissances sont nécessaires : les connaissances déclaratives ne suffisent pas seules à réaliser cette activité et les connaissances procédurales ne peuvent être appliquées indépendamment des connaissances déclaratives (l'apprenant ne peut pas connaître les conditions d'application d'une formule ou d'un théorème s'il ne connaît pas cette formule ou ce théorème !); d'autant plus que les connaissances déclaratives et procédurales forment un couple en permanente interaction.

Ainsi, l'évolution des connaissances déclaratives (la restructuration d'un modèle mental ou la complétion d'un schéma mental, par exemple) va entraîner la restructuration des connaissances procédurales (ajout de nouvelles conditions d'application des nouvelles connaissances déclaratives préalablement restructurées). Inversement, la confrontation à la réalisation d'un exercice peut instaurer de nouvelles connaissances procédurales (la découverte, par l'exercice, de nouvelles conditions d'application du théorème de l'énergie cinétique) qui vont entraîner la nécessité de restructurer les connaissances déclaratives (l'apprenant va devoir modifier son point de vue sur le théorème de l'énergie cinétique après en avoir découvert de nouvelles conditions d'application).

En ne tenant pas compte des connaissances (déclaratives et procédurales) que nous qualifions de connaissances fondamentales, dans les mêmes proportions, notre programme oriente l'enseignement des sciences physiques vers la mémorisation par nos apprenants des définitions, des formules... limitant ainsi leurs manières de raisonner face à un phénomène.

Nous pouvons dire de ces résultats que notre système d'enseignement ne forme pas de vrais scientifiques. Il suffit de savoir appliquer docilement les formules pour « récolter » de bonnes notes. La compréhension du phénomène n'est pas privilégiée. Ainsi, nous formons de « vrais-faux » scientifiques issus en majorité d'enfants de paysans qui n'arrivent pas à irriguer leur raisonnement et leur écriture aux sources de leur culture car ils ont une mauvaise maîtrise de la langue d'enseignement ; et la seule alternative pour eux d'avancer dans leurs études ne reste que la mémorisation.

Chapitre VII

**LES DIFFICULTES D'APPROCHE
METHODOLOGIQUES DANS L'ENSEIGNEMENT DE
L'ENERGIE EN CÔTE D'IVOIRE**

L'étude des difficultés liées à l'enseignement des concepts en sciences physiques notamment du concept d'énergie est un sujet qui reste d'actualité, en témoigne les nombreux travaux à l'échelle internationale, répertoriés dans les revues spécialisées, consacrées au domaine de l'énergie. Le présent travail, à l'instar des travaux de didactique des sciences physiques sur la scène internationale, l'une des principales motivations était de mieux cerner les difficultés de l'apprenant ivoirien dans l'appropriation du savoir scientifique afin de mieux l'aider dans son apprentissage.

L'ensemble des travaux présentés s'articule autour de cinq catégories de difficultés. Il s'agit de :

- les théories d'apprentissage,
- la langue d'enseignement,
- les connaissances antérieures,
- la résolution des problèmes,
- la démarche expérimentale.

Pour l'analyse de ces difficultés, nous avons utilisé le modèle du triangle didactique (Develay, 1989). En tant que modèle d'intelligibilité des situations didactiques, le triangle nous apprend deux choses importantes :

- les situations didactiques sont toujours circonscrites entre trois pôles : l'apprenant, l'enseignant et enfin le savoir.

- les processus d'enseignement apprentissage ainsi que les obstacles qui empêchent leur finalisation s'expliquent généralement par l'interaction des trois pôles constitutifs du triangle. Il est ici impensable d'expliquer un processus didactique en se référant à un seul pôle du triangle. Les difficultés que rencontre un apprenant, s'expliquent, dans cette perspective, par l'interaction entre l'apprenant, l'enseignant et la nature de la connaissance scientifique.

Pour mieux cerner ces difficultés, il est utile de chercher des éclairages théoriques. Ainsi, nous nous tournerons d'abord vers les deux champs disciplinaires que sont la psychologie cognitive et l'épistémologie, ensuite, nous procéderons à l'analyse du fonctionnement intellectuel de l'apprenant : les théories de l'apprentissage ; ces théories doivent être connues par l'enseignant pour lui permettre de justifier sa pratique, d'en mesurer la pertinence, et de cadrer et guider sa « créativité pédagogique », et enfin aux interactions entre les différents pôles du triangle didactique.

I- LES ECLAIRAGES THEORIQUES

I-1. LES ECLAIRAGES APPORTES PAR LA PSYCHOLOGIE COGNITIVE

En psychologie cognitive, l'accent est davantage mis sur les concepts et les modèles conceptuels dans la construction de la connaissance par la personne en situation d'apprentissage. Autrement dit, la psychologie cognitive en partant du principe que l'on peut inférer des représentations, des structures et des processus mentaux à partir de l'étude du comportement, étudie les grandes fonctions psychologiques de l'être humain que sont la mémoire, le langage, l'intelligence, le raisonnement, la résolution de problèmes, la perception ou l'attention, et elle met l'accent sur les paramètres interactifs dans le groupe classe (Mc Lean, 1988).

Outre l'idée qui date des Grecs et qui stipule que la personne construit sa propre signification des événements et des phénomènes vécus, quelques idées rencontrent aujourd'hui un assez large consensus tant par les résultats de recherches individuelles que par les synthèses internationales.

La première de ces idées est que les conceptions des personnes relatives aux phénomènes naturels sont construites tôt par ces dernières. C'est ce que certains auteurs qualifient de conceptions spontanées. La deuxième idée dit que certaines de ces conceptions sont erronées. De nombreux travaux faisant cas des conceptions erronées, de pré-conceptions, de représentations, de facettes de connaissances, de primitives phénoménologiques, de raisonnements spontanés, du sens commun ont révélé des manières de « voir » le monde, qui présentent des différences significatives par rapport aux concepts et raisonnements scientifiques (Tiberghien, 1984 ; Shipstone, 1985 ; Viennot, 1996). Certains de ces travaux apportent des informations sur les manières de se représenter tel ou tel type de phénomènes (cas des travaux en électrocinétique, en mécanique, en optique, en chimie et en biologie) ; d'autres travaux s'intéressent plus particulièrement à caractériser des structures générales de raisonnement sous-jacentes au fonctionnement de ces différents modèles interprétatifs de phénomènes variés. Ceci a été observé aussi bien chez des personnes en apprentissage que chez des savants qui ont contribué au développement de la science (Aristote par exemple). De nombreuses études en didactique des sciences ont montré que ces conceptions sont comparables aussi bien sur le plan psychogénétique que sur le plan phylogénétique (Piaget et Garcia, 1983 ; Guendouz et al. 1988) ; la troisième idée est que ces conceptions souvent stables et persistantes à des niveaux d'études différents, à des périodes différentes de l'histoire de développement de la science, et dans l'espace (pays et continents différents, cultures différentes, etc.). Les travaux de Viennot (1979) illustrent bien cette idée.

Une autre idée est que la connaissance est emmagasinée de façon hiérarchique de telle sorte qu'au cours d'un apprentissage, les nouveaux concepts sont subordonnés aux concepts existants

(Behallam, 1991). Des auteurs comme Larkin (1980), Chi et al. (1981) ont montré que les experts possèdent une connaissance beaucoup plus organisée et plus hiérarchisée que les novices.

Ces différentes conceptions doivent être maîtrisées par l'enseignant en vue de faire un choix didactique tenant compte de l'apprenant.

I-2. LES ECLAIRAGES APPORTES PAR L'ÉPISTEMOLOGIE

L'épistémologie contemporaine met davantage l'accent sur la complémentarité des concepts, principes et théories que nous appliquerons pour observer des événements ou des objets et la construction qui en résulte. La science étant alors une construction de modèles explicatifs.

Dans l'examen des causes des difficultés, nous partirons de la conception de la connaissance scientifique telle que véhiculée par la pratique de l'enseignement des sciences dans nos classes du secondaire. Les instructions officielles préconisent un enseignement expérimental des sciences. La démarche expérimentale se résume ainsi :

Au premier cycle

La démarche se basant sur la présentation dogmatique puis expérience de vérification est à proscrire. Dans le document officiel, il est demandé de suivre la démarche suivante : expérience, observation, interprétation, formulation d'une conclusion.

Au second cycle

Il est demandé aux enseignants d'éviter une démarche trop abstraite qui ne pourrait que détourner la majorité des élèves des sciences physiques. De façon générale, dans toutes les leçons, l'enseignant s'efforcera d'observer la démarche suivante : expérimentation (manipulation), observation, interprétation, conclusion.

Sur les six (6) étapes de la démarche OHERIC, seules quatre (4) sont prises en compte. Il n'y a pas d'hypothèses émises. L'enseignant sait où il va : l'expérience proposée et planifiée par lui conduit toujours à la détermination de la formule, de la loi. Ainsi la décision relative au résultat à retenir revient à l'enseignant (Dralat, 1984 ; Cissé Ndouga, 1989).

Cette façon de présenter la démarche expérimentale relève d'une conception de la production de la connaissance scientifique qui emprunterait à l'empirisme, au positivisme logique et au « falsificationnisme » (Popper, 1973). Dans ce cadre, le statut de l'observation est réduit à la perception par les sens d'une réalité extérieure au sujet en quête de connaissance.

A partir de ces observations, des généralisations peuvent être induites et des conclusions sont émises par l'enseignant pour expliquer les faits observés et donner des lois et théories. La connaissance paraît dans ce cas comme une accumulation de théories et de lois. Ainsi,

l'observation est première : il n'y a pratiquement jamais de questionnement préalable de problème à résoudre (Robardet et Guillaud, 1997). Or, les travaux actuels en épistémologie soutiennent que la théorie constitue une limite à l'observation d'autant plus que nous observons à partir de notre filtre culturel.

Il est donc clair que si les savants se construisent eux-mêmes leur vision de la science à partir de leur filtre culturel, de leur pratique, que dire, alors, des apprenants en situation d'apprentissage ?

II- LES THEORIES DE L'APPRENTISSAGE

Les théories contemporaines sur l'apprentissage convergent vers un ensemble de points mettant l'accent sur le rôle implicite et explicite de l'apprenant lors de l'acquisition d'un savoir. L'ensemble de ces théories de l'apprentissage met en lumière d'une part, que les structures mentales s'élaborent les unes à partir des autres et d'autre part, que ce qu'un individu peut apprendre et assimiler, dépend principalement des structures mentales dont il dispose.

Piaget se basant sur le principe que l'acquisition des connaissances dépendrait d'une interaction étroite entre l'individu et l'environnement c'est-à-dire l'acquisition de connaissances serait ainsi déterminée par les capacités de l'individu (biologiques, génétiques) qui limiteraient plus ou moins le champ de ses expériences possibles dans l'environnement alors que ce dernier pourrait, en retour, faire évoluer ces capacités, a proposé un modèle du développement de l'intelligence chez l'homme. En effet, selon Piaget¹ (1970), le fonctionnement intellectuel de l'individu dépend, entre autres, des variables : âge, contenu des connaissances et milieu social. Ce dernier, avant tout enseignement, manipule un mode d'explication spécifique basé sur des concepts en réseau qui constituent sa structure cognitive et son univers conceptuel.

Cette structure cognitive qui est facteur déterminant pour la réussite d'un apprentissage, est un système structuré composé d'un certain nombre de concepts et de leurs interactions qui siègent dans la mémoire à long terme.

C'est ainsi que pour étudier comment se construisent et s'accroissent nos connaissances, Piaget a mis en œuvre une méthode clinique qui distingue le développement de la structure de l'intelligence en un ensemble d'étapes caractéristiques qu'il appelle stades et sous stades (Droz&Rohmy, 1972). Piaget rend ainsi compte de la construction progressive des structures mentales du nouveau-né à l'adolescent sous la double influence des facteurs internes et externes.

1. Piaget (1896-1980), initialement biologiste, est l'un des premiers psychologues à fournir une explicitation des structures mentales qui soutendraient l'intelligence humaine

Partant de l'idée selon laquelle *on n'apprend pas n'importe quoi, à n'importe quel âge* d'une part, et se basant sur les travaux de Piaget d'autre part, Droz & Rohmy (1972) montrent que les structures mentales peuvent être définies à travers la notion de schèmes qui correspondent à des ensembles organisés de mouvements ou d'opérations mentales. C'est ainsi qu'un jeune enfant disposerait initialement (jusqu'à l'âge de 2 ans) de schèmes sensori-moteurs lui permettant de trier, sucer, prendre, etc. Au fur et à mesure du développement de cet enfant, ces premiers schèmes sensori-moteurs seraient complétés par des schèmes opératoires (consignant des opérations mentales).

Ces schèmes opératoires sont de deux types :

- Les schèmes opératoires concrets qui permettent à l'enfant de classer, sérier, dénombrer, mesurer, comparer, etc. des objets et des faits.
- Les schèmes opératoires formels, plus complexes et difficiles à mettre en œuvre, lui permettant de déduire, d'induire, de procéder à des raisonnements hypothético-déductifs.

L'acquisition et la maîtrise, par l'enfant, de ces deux types de schèmes ne sont que progressives. Une période de 15 à 17 ans est nécessaire, selon Piaget, pour que l'être humain, en partant des schèmes sensori-moteurs, construise progressivement des schèmes opératoires concrets puis formels.

Le développement de l'intelligence de l'apprenant à travers les différents schèmes nous amène à l'interrogation suivante : comment l'apprenant intègre-t-il la notion d'énergie à l'ensemble des objets et des situations ?

Des recherches liées à l'enseignement/apprentissage des sciences physiques ont montré l'existence d'un parallélisme entre les stades du développement intellectuel selon Piaget et l'avancement dans la discipline. La réussite et l'efficacité de l'enseignement des concepts en sciences physiques doivent tenir compte de ces trois stades.

Ces trois stades ou périodes correspondent à trois modes d'intelligence, c'est-à-dire à trois modes d'interaction entre l'apprenant et son environnement.

Sur le plan de l'acquisition des connaissances, la théorie constructiviste ne considère pas l'apprentissage selon un modèle additif dans lequel des connaissances associatives se cumuleraient. Acquérir des connaissances revient, selon Piaget (1975), à restructurer des schèmes. Cette restructuration consiste globalement à passer progressivement d'un mode de pensée lié à l'action et à des objets physiques (intelligence sensori-motrice), à un mode de pensée basé sur des

actions et objets mentaux (intelligence opératoire concrète, symboles, représentations mentales), puis, à l'apogée du développement de l'intelligence, à un mode de pensée mettant en jeu des règles abstraites et formelles. Le mode de raisonnement scientifique constitue un bon exemple de ce stade de l'intelligence.

L'abstraction augmentant ainsi avec l'âge des apprenants, il est nécessaire que l'enseignement soit planifié.

Ainsi,

- pendant la période de la pensée concrète, les concepts pouvant être enseignés sont les concepts concrets, qui ont des attributs et des exemples perceptibles et tangibles, tels que « liquide » et « solide » : le passage d'un état à un autre : état liquide à état solide, « piles » et « lampes » : l'étude d'un circuit électrique simple ;
- pendant la période de la pensée formelle, deux catégories de concepts peuvent être enseignées en profondeur :
 - 1) les concepts ayant des exemples perceptibles mais des attributs non perceptibles tels que « énergie » et « montages électriques » ;
 - 2) les concepts qui n'ont ni exemples ni attributs perceptibles tels que « l'atome » et « la molécule ».

Cette analyse laisse entrevoir que si les contenus abordés sur la notion d'énergie ne sont pas adaptés au mode de pensée de l'apprenant, celui-ci ne sera pas en mesure de les appréhender et les assimiler car il ne possédera pas encore les opérations mentales adéquates : l'entraînement, des essais et des erreurs, une multiplication d'exercices ne changeront rien à la compréhension de l'apprenant. Il ne sera pas en mesure de comprendre, au sens fort du terme.

Or, les élèves qui sont concernés par l'enseignement de l'énergie, ont leur âge qui varie de 14 à 21 ans. Pendant cette période le jeune adolescent commence à sentir davantage les différences entre lui et le monde extérieur. Il voudrait établir lui-même sa relation avec le monde extérieur.

Alors, l'enseignement doit lui montrer le monde avec ses lois. Le jeune adolescent réclame une relation directe avec les choses, il voudrait comprendre les phénomènes de la nature.

L'enseignement doit s'adresser essentiellement à l'exercice de la raison, aux activités d'abstraction et à la conceptualisation exigée par l'adolescent qui commence à former ses propres jugements

L'enseignement de l'énergie étant basé sur la maîtrise des formules, définitions, lois et théorèmes, leur parfaite connaissance ne suffit pas forcément à l'apprenant pour résoudre un problème nécessitant le recours à ces différentes connaissances. Il est ainsi souvent nécessaire à cet

apprenant de structurer, également sous formes de connaissances, les conditions d'application et les modalités d'utilisation de ces connaissances encyclopédiques.

De ce qui précède, il est donc clair que les difficultés des apprenants liées à la notion d'énergie sont dues au fait qu'une proportion notable des apprenants à ce niveau d'enseignement n'a pas vraiment atteint le stade de la pensée formelle. La langue étant la base indispensable pour une bonne assimilation de la notion d'énergie, la construction du concept afférent à la notion nécessite non seulement la maîtrise des différents types de connaissances mais aussi des fonctions langagières. En fait, la maîtrise de la langue donc des fonctions langagières permettra à l'apprenant d'irriguer son écriture ou son parler aux sources de sa pensée.

Par ailleurs, avant tout enseignement, un apprenant (enfant ou adulte) possède un certain nombre d'idées, de références et de pratiques qui orientent la façon dont il décode les informations. Autrement, il manipule un mode d'explication spécifique basé sur des concepts en réseau qui constituent sa structure cognitive et son univers conceptuel.

III- DIFFICULTES D'APPRENTISSAGE CHEZ LES APPRENANTS

L'ensemble des travaux didactiques s'intéressant à l'apprentissage et l'enseignement de l'énergie concernant des apprenants qui utilisent une langue étrangère comme langue d'enseignement, précise que ces derniers sont confrontés à des difficultés d'apprentissage à tous les niveaux scolaires. Bien qu'on connaisse la liste des obstacles dressée par Bachelard (1938) : sens commun, langues naturelle et d'enseignement, substantialisme, finalisme, anthropomorphisme, et autres, le présent travail nous a conduit à bien des interrogations sur les difficultés de l'apprenant en classe de 3^{ème} et 1^{ère} scientifique dans le secondaire ivoirien. A tous ces obstacles connus et analysés par la littérature spécialisée (Bednarz & Garnier, 1989 ; Kerlan, 1987), notre travail de recherche de DEA sur le thème « *l'Impact de la culture sur l'interprétation de la notion d'énergie : cas des élèves de première scientifique de l'enseignement secondaire ivoirien (2005)* », a montré la présence d'un obstacle de type culturel : la pensée métaphysique qui prévaut dans la culture originelle de jeunes ivoiriens constituerait un obstacle supplémentaire à l'apprentissage de la notion d'énergie. Afin d'appréhender ces difficultés lesquelles la didactique des sciences aborde en termes d'obstacles au sens Bachelardien, nous avons utilisé une grille d'analyse qui prend appui sur trois discriminants principaux : la langue d'enseignement, les connaissances antérieures des acteurs, et l'expérimentation et démarches utilisées lors de l'enseignement.

III-1. LA LANGUE D'ENSEIGNEMENT

Le système éducatif ivoirien est un produit de la colonisation. L'une des conséquences en est que la langue officielle d'enseignement est une langue étrangère : le français. La transmission des savoirs se faisant à l'aide d'un code linguistique, si celui-ci n'est pas maîtrisé, réduit considérablement la qualité des conditions d'apprentissage. Cette situation d'utilisation du français comme langue officielle d'enseignement, fait écrire G. Dumestre (1994) que *l'Afrique subsaharienne est la seule région au monde où l'enfant est majoritairement scolarisé dans une langue étrangère à tous égards très différente de celle qu'il utilise en dehors de l'école*. Cet état de fait ne peut pas ne pas affecter les conditions d'apprentissage. Ainsi, les ambitions de la réforme de l'enseignement de 1977 puis celles de la dernière loi d'orientation, la loi n° 95-696 du 7 décembre 1995, se résument à une adaptation de l'enseignement à l'environnement de l'apprenant. A cet effet, des établissements pilotes depuis quelques années sont mis en place pour tester l'introduction des langues nationales dans notre enseignement-apprentissage. Malgré ces efforts entrepris, la problématique liée à la langue d'enseignement n'est pas résolue.

Aujourd'hui plus qu'hier l'apprenant ivoirien doit relever le défi, celui de réussir dans un système scolaire dont le mode de fonctionnement est basé sur une autre réalité. Décrivant globalement les problèmes du système scolaire en Afrique, Ki Zerbo (1990) dit que « *la société globale coloniale s'est retirée en laissant derrière elle comme une bombe à retardement qui n'a pas été désamorcée et adaptée en fusée porteuse d'une société nouvelle ; les pays africains ont traîné le système éducatif scolaire comme un boulet et un mal nécessaire, sans imaginer et mettre en évidence aucun modèle alternatif.* »

L'apprenant qui va en classe doit s'adapter et aussi subir la langue d'enseignement à laquelle il ne s'adaptera qu'avec beaucoup de difficultés.

S'adapter et subir la langue d'enseignement implique en fait que l'apprenant :

- comprenne le sens et l'usage des formes nouvelles qu'il découvre ;
- mémorise ces formes et le système des marques qui l'actualise.

Les difficultés auxquelles l'apprenant est confronté, seraient certainement liées à la mauvaise maîtrise des outils de la langue d'enseignement. Maîtriser la langue d'enseignement, c'est faire un bon usage des outils de la langue, c'est-à-dire de toute la partie organisée en systèmes, selon un répertoire de marques précisément identifiées, ce qui couvre aussi bien la grammaire avec les domaines de la syntaxe et de la morphologie, que l'orthographe et le lexique dans certains de ses aspects.

Mais la mauvaise maîtrise de la langue par les apprenants n'est-elle pas liée au fait que les outils de la langue sont des éléments de parasitage de la connaissance aussi bien dans la perception que dans la transmission du message ?

Cette interrogation en recèle d'autres questions :

- s'agit-il d'un manque de vocabulaire où les apprenants ne seraient pas familiers aux mots ?
- s'agit-il d'un manque de connaissances lexicales et grammaticales de la langue d'enseignement c'est-à-dire en rapport avec la morphologie de la langue d'enseignement ?
- s'agit-il enfin d'une difficulté de nature cognitive ou linguistique (habileté à définir des concepts dans ses propres mots) ?

Quelles sont les conséquences de l'utilisation des outils de la langue dans les processus d'apprentissage surtout lorsque ceux-ci ne sont pas maîtrisés ?

L'ensemble de ces différentes interrogations nous a amené à analyser dans un premier temps dans le cadre de notre travail de recherche sur l'enseignement de l'énergie, les devoirs d'évaluation.

Il ressort de cette analyse les observations suivantes :

- des erreurs récurrentes dues à une approche insuffisante de la notion d'énergie (par exemple, dans certains contextes nous avons vu qu'en ne permettant pas à l'apprenant d'irriguer son écriture aux sources de son parler, les performances s'en sont ressenties) et à une difficulté de comprendre une consigne ou à un document (manque de diversification des approches, l'apprenant ne « reconnaît » pas le type d'exercice proposé) ;
- des erreurs d'ordre « langagier » : l'apprenant n'a pas le lexique.
- des erreurs de lecture ;
- des erreurs relatives au sens de l'exercice : l'apprenant ne comprend pas ce qui est attendu ou interprète la consigne en fonction de ce qu'il imagine être attendu par l'enseignant (certains apprenants ne « voient pas l'évidence » et vont chercher des réponses très compliquées, car ils pensent que pour un devoir on ne pourrait pas leur demander quelque chose de trop facile ;
- des erreurs dues à des habitudes scolaires : une consigne habituelle de la classe s'oppose à celle du devoir ou l'apprenant n'a pas l'habitude de travailler avec des outils proposés.

A la suite de ce diagnostic, nous avons dans un second temps, approfondi notre recherche en menant une enquête auprès de notre population cible élèves c'est-à-dire auprès des 300 élèves (dont 150 élèves des classes de première scientifique et de 150 autres des classes de troisième) à travers les questions IV, V sur le niveau de maîtrise du vocabulaire, et leurs connaissances grammaticales et lexicales de la langue d'enseignement.

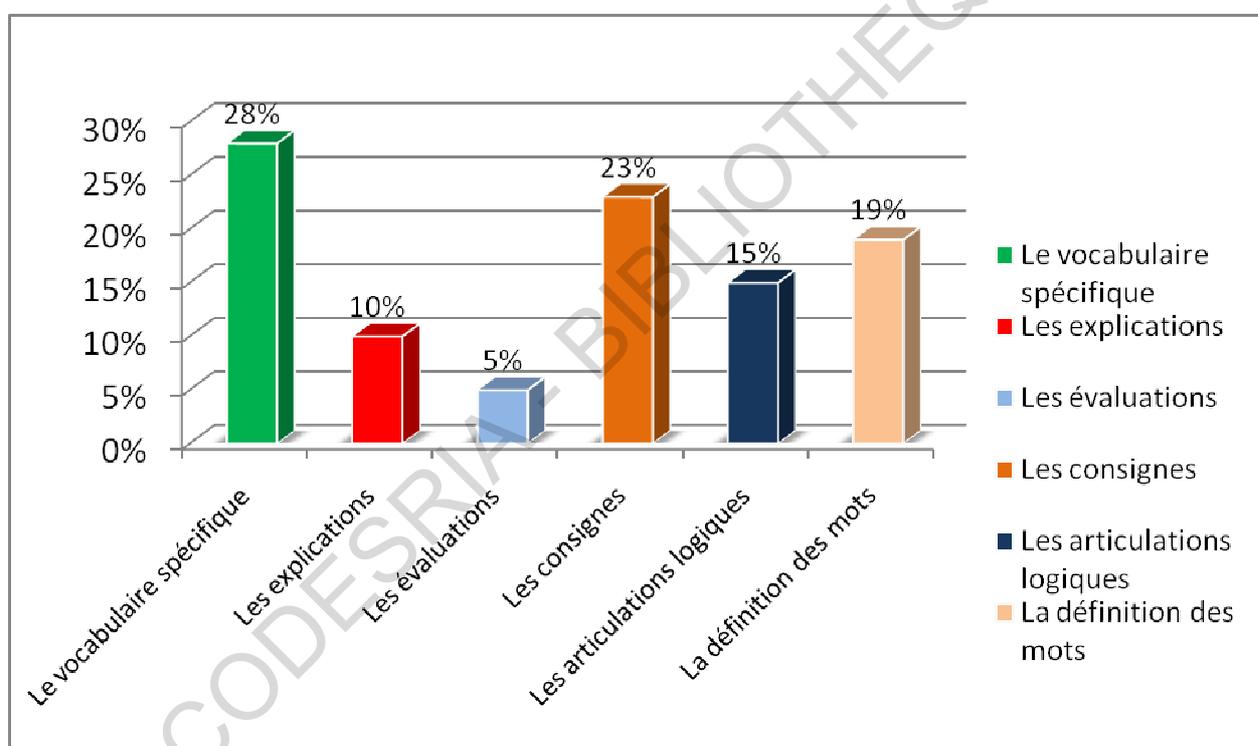
Pour une meilleure lisibilité des résultats de ces différentes difficultés, nous avons choisi de faire notre analyse question par question avant de passer à la discussion.

RESULTATS ET ANALYSE DES REPONSES AU QUESTIONNAIRE

Nous présentons les différents résultats d'analyse pour les 300 élèves enregistrés dans les cinq établissements choisis en les regroupant afin de mieux les analyser. Les figures présentées ci-dessous donnent le pourcentage de chaque catégorie d'analyse. Ainsi, à la

Question IV «*Selon vous, qu'est ce que vous trouvez difficile dans l'enseignement de l'énergie ?* », nous avons établi les résultats suivants :

Histogramme n°4 : répartition en pourcentage des réponses des élèves



L'analyse de l'histogramme n°4 font ressortir que sur 289 réponses reçues des 300 élèves soit 96,33%, nous avons relevé que les 28% ne maîtrisent pas le vocabulaire spécifique (les lexies comme énergie, force, travail, lumière, chaleur, puissance, ...) pour raisonner et communiquer ; 23% trouvent les consignes qui sont des conduites discursives trop complexes, 19% s'estiment incapables de définir les mots et 15% justifient leurs difficultés par la mauvaise maîtrise des articulations logiques.

Question V « *Quels sens donnez-vous aux termes ou expressions suivants :* » faisant référence aux conduites discursives, permet aux apprenants d'analyser comment ils gèrent ces conduites discursives complexes, telles que *donner, décrire, justifier, montrer, calculer,...*

Dans la classe, on voit sans cesse les enseignants donner des consignes, et les élèves doivent sans cesse les exécuter.

En fait que signifie pour les apprenants : *donner, exprimer, expliquer, interpréter, montrer, démontrer, déduire, conclure...* ? Qu'ont-ils à faire exactement quand ils rencontrent ces différentes consignes ?

Généralement le sens que donnent les apprenants aux différentes consignes dans une activité de classe n'est pas le même pour l'enseignant qui les pose. Quel sens donnent les apprenants aux consignes suivantes dans un test d'évaluation :

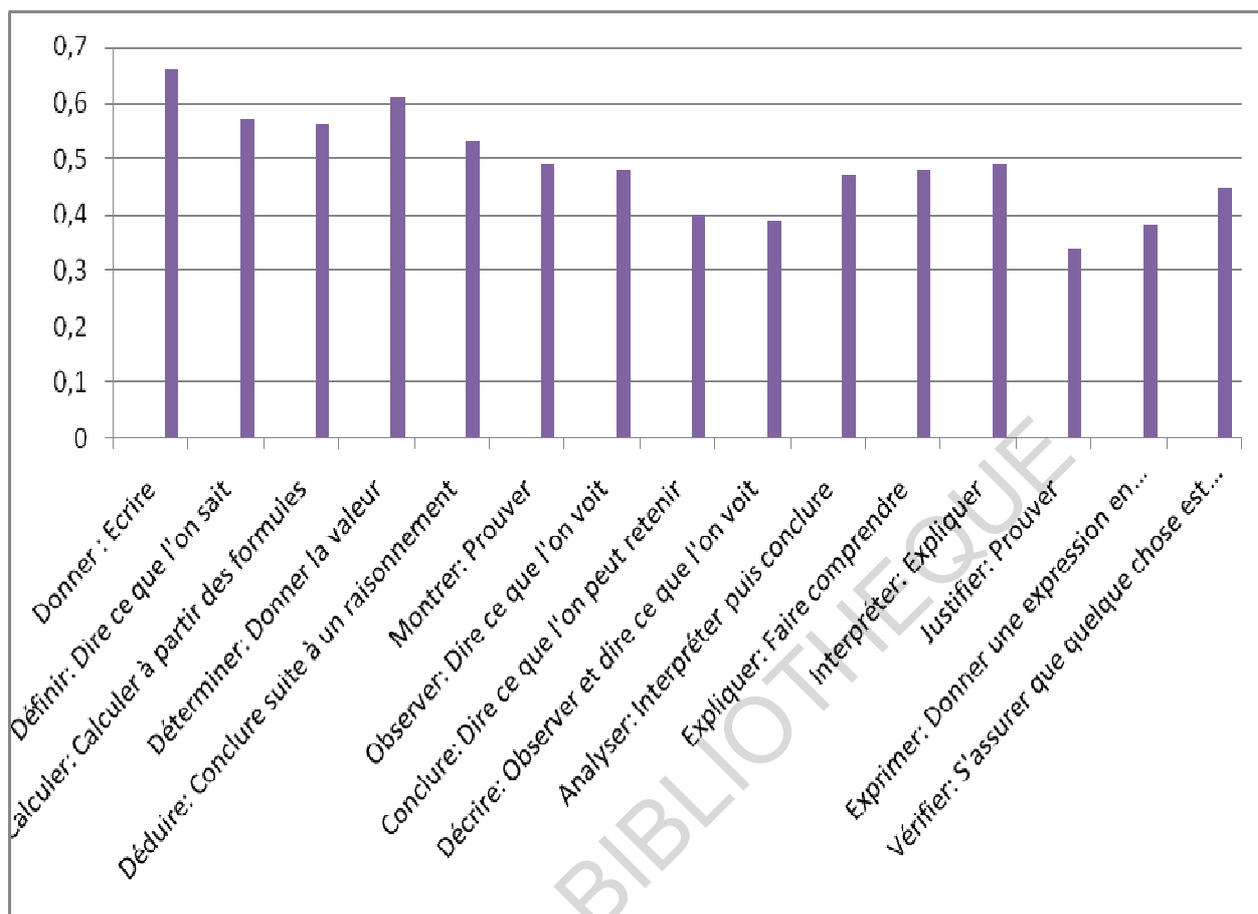
- *Donner l'expression de l'énergie potentielle élastique ;*
- *Calculer l'énergie cinétique du système (ressort-solide) ;*
- *Montrer que la masse va osciller entre deux positions extrêmes.*

Cette question met en évidence à travers les résultats du tableau n°30 que dans l'enseignement, les consignes données aux apprenants présentent parfois une source de confusion ou d'incompréhension et même de malentendus.

Tableau n°30 : Pourcentage des élèves donné par sens de consignes

Consignes	Sens	Pourcentage
Donner	Ecrire	66%
	Dire simplement	16%
	Reproduire	18%
Définir	Dire ce que l'on sait	57%
	Donner le sens	28%
	Expliquer	15%
Calculer	Calculer à partir des formules	56%
	Donner l'application numérique	21%
	Effectuer des opérations mathématiques	23%
Déterminer	Démontrer puis faire l'application numérique	12%
	Trouver par le calcul	27%
	Donner la valeur	61%
Déduire	Trouver un résultat à partir d'un autre	25%
	Conclure suite à un raisonnement	53%
	Donner la conséquence	32%
Montrer	Prouver	49%
	Expliquer	21%
	Justifier	30%
Observer	Regarder avec attention	25%
	Dire ce que l'on voit	48%
	Faire des remarques	27%
Conclure	Donner son avis	32%
	Ce que l'on peut retenir	40%
	Faire le bilan	28%
Décrire	Donner les caractéristiques	28%
	Observer et dire ce que l'on voit	39%
	Expliquer le fonctionnement	33%
Analyser	Donner les caractéristiques	34%
	Interpréter puis conclure	47%
	Dire comment un phénomène s'est produit	21%
Expliquer	Faire comprendre	48%
	Dire pourquoi	17%
	Donner la raison	35%
Interpréter	Donner un résultat	32%
	Expliquer	49%
	Dire le pourquoi	19%
Justifier	Prouver	34%
	Donner des arguments	33%
	Soutenir le résultat	33%
Exprimer	Ecrire en fonction de	35%
	Donner une expression en fonction d'autres	38%
	Etablir des relations	27%
Vérifier	Déduire	12%
	S'assurer que quelque chose est exacte	45%
	Montrer si c'est vrai ou faux	43%

Histogramme n°5 : le pourcentage le plus élevé donné par sens de consignes



DISCUSSION DES RESULTATS OBTENUS

Les résultats du tableau n° 30 et l'histogramme n°5 rapportent les réponses des élèves au sujet des éléments qu'ils trouvent difficiles dans l'enseignement de l'énergie. Dans l'histogramme comme le tableau, on trouve principalement deux problèmes (le vocabulaire : 28% + 19%) et les consignes. On constate que les élèves sont conscients de certaines difficultés langagières puisqu'ils en parlent spontanément. Ils diront :

- Tu sais, dans l'enseignement de l'énergie, il y a des mots, plein de mots. Je n'ai jamais vu ces mots ! (Yao en classe de 3^{ème}) ou
- Je ne peux pas me rappeler de tous les concepts liés au concept d'énergie. (Léonie 1^{ère} D).

Les différents pourcentages du tableau n°30 et l'histogramme n°5 montrent que beaucoup de termes, habituellement utilisés dans les consignes données aux apprenants, représentent une source de confusion ou d'incompréhension. Le pourcentage des consignes comme « Donner » est élevé (66%). Par contre les pourcentages des verbes dits mentalistes, n'ayant de sens précis, fluctuent entre les trois réponses des élèves. Nous constatons que ces verbes mentalistes qui sont des verbes d'action, contenus dans des activités de classe, restent assez énigmatiques même pour les élèves

de lycée. Il est à noter soit deux ou trois des sens donnés à certains mots par les apprenants sont synonymes. C'est le cas de : **justifier** (*prouver, donner des arguments, soutenir un résultat*) ; expliquer (*donner la raison, dire pourquoi, faire comprendre*), ... Les consignes en rapport avec les verbes comme *Donner, Définir, Calculer, Déterminer* sont bien compris avec des pourcentages qui sont au delà de 50% (*Histogramme n°5*).

A part ces cas particuliers, les résultats du tableau n°30 met clairement en évidence l'énorme déficit dont souffrent les apprenants au niveau de la langue d'enseignement. Ils font ressortir le constat de difficultés avérées dans l'acquisition de compétences langagières, lesquelles affectent dangereusement la maîtrise des savoirs. Les sens des mots sont différemment compris.

L'analyse des deux tableaux de résultats montre que les confusions proviennent de la méconnaissance d'un vocabulaire précis particulièrement important dans l'enseignement de l'énergie. Elle révèle la difficulté d'avoir recours de manière fine aux outils de la langue et à structurer la phrase.

Cette enquête interroge donc en partie la capacité des élèves à structurer un discours en français pour l'accomplissement des tâches qui leur sont demandées à l'école.

Ces différents résultats renforcent notre hypothèse selon laquelle les compétences langagières limitées des élèves peuvent être à la base des difficultés d'apprentissage qu'ils éprouvent pour conceptualiser la notion d'énergie, et confirment les travaux de Vygotski (1934, 1985) qui a mis en évidence le fait que les obstacles langagiers rendent complexes le passage des « concepts quotidiens » aux « concepts scientifiques ».

En effet, le vocabulaire et la grammaire constituant les deux principaux maillons du langage ou les deux composantes essentielles de la langue d'enseignement, nous sommes en droit de dire que la langue n'étant pas bien maîtrisée, il y a une réduction du degré de motivation, entraînant ainsi une mauvaise qualité du transfert du savoir. Les connaissances sont ainsi mal comprises et quelques fois déformées.

Le répertoire linguistique de l'apprenant d'une part, étant très limité, et d'autre part, ne possédant pas de pré requis nécessaires, on assiste à une mauvaise interprétation des cours, et à une réduction de la capacité d'analyse et de réflexion.

Ainsi, les processus d'interprétation et d'intégration de nouvelles informations chez l'apprenant dans le cadre de ses connaissances antérieures sont souvent court-circuités par la pauvreté de son vocabulaire, et les carences dues à la mauvaise maîtrise de la langue, de la grammaire et de

l'orthographe soulèvent de graves difficultés même pour l'apprentissage de l'énergie, car il est impossible de raisonner sans une bonne maîtrise de la langue d'enseignement.

III-2. LES CONNAISSANCES ANTERIEURES DES APPRENANTS SUR L'ENERGIE

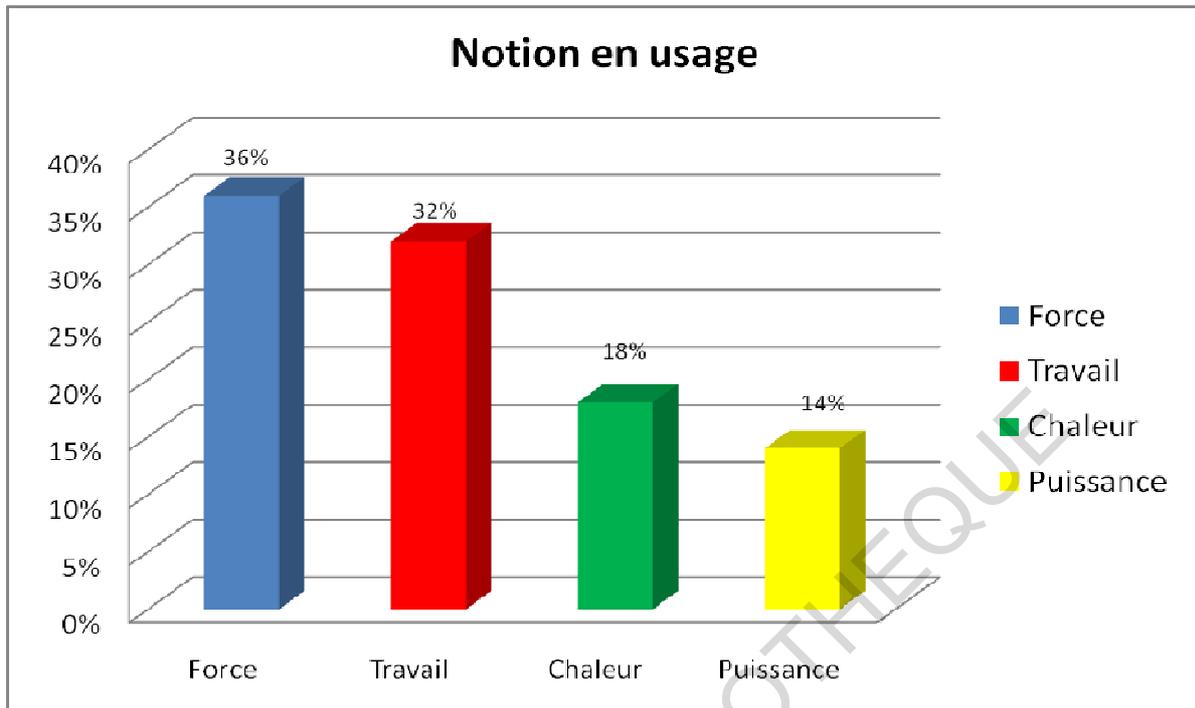
Les recherches sur l'apprentissage convergent aujourd'hui sur un ensemble de points. En particulier, elles explicitent les limites tant d'un certain nombre de pratiques éducatives traditionnelles que de certaines innovations (méthodes actives, non-directives, de découverte). Elles montrent que ce n'est pas parce que l'enseignant a traité tout son programme et mené son cours avec sérieux qu'il a nécessairement fait "passer" un savoir. En effet, avant tout enseignement, les apprenants possèdent un certain nombre de questions, d'idées, de références et de pratiques. En d'autres termes, il manipule un mode d'explication spécifique que nous appelons conceptions ou connaissances antérieures. Ces dernières orientent la façon dont l'apprenant (enfant ou adulte) décode les informations. Tout savoir dépend ainsi des connaissances antérieures mobilisées. C'est à travers elles que l'apprenant interprète les données recueillies et produit éventuellement une nouvelle connaissance. Chaque fois qu'il y a compréhension d'un modèle ou mobilisation d'un concept, sa structure mentale est complètement réorganisée.

Pour tester les connaissances antérieures de nos apprenants sur la notion d'énergie, en fait les idées qu'ils se font sur la notion d'énergie, nous les avons interrogés sur la signification et la représentation qu'ils donnent à cette notion, et cela à travers la question I, II et III.

RESULTATS ET ANALYSE DES REPOSES AU QUESTIONNAIRE

Question I a) « *L'énergie, de quoi s'agit-il ?* », les résultats de notre étude sont représentés dans l'histogramme n°6 ci-dessous :

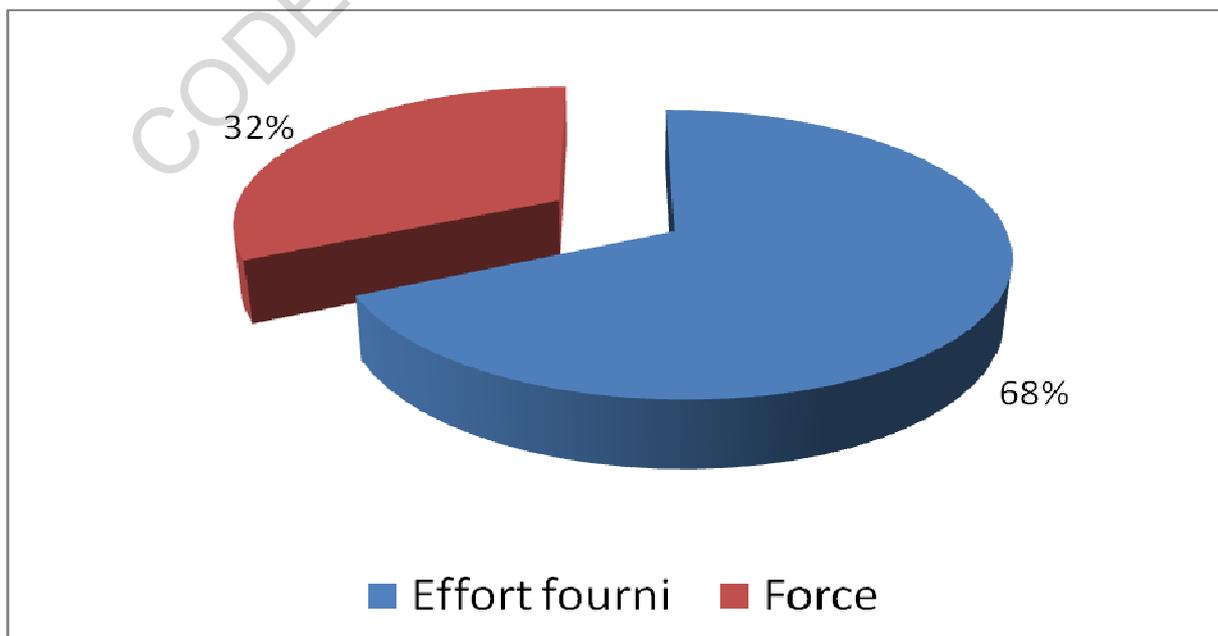
Histogramme n° 6 : pourcentage donné par les élèves par notion



L'histogramme n°6 montre que 36% des élèves identifient l'énergie à la force, 32% au travail, 18% à la chaleur, 14% à la puissance.

Question I b) « Pourriez-vous proposer votre représentation personnelle de l'énergie, telle qu'elle vous vient à l'esprit ? », les réponses des élèves sont consignés dans les figures ci-après :

Diagramme n°3 : Pourcentage de réponses des élèves de l'idée qu'ils se font de l'énergie



Plus de 60% des apprenants interrogés ont proposé l'*effort fourni* comme leur représentation personnelle de l'énergie.

Question II a), les résultats fréquemment rencontrés dans les écrits des élèves sont les suivants :

- Lorsqu'on ferme l'interrupteur, l'énergie qui traverse le circuit modifie l'état de repos de la lampe. La lampe brille et chauffe quelques instants après. L'énergie mise en jeu l'énergie thermique.
- Etant donné que l'énergie est la capacité qu'un corps dispose pour modifier son état de repos ou de mouvement, l'interrupteur ouvert, l'ampoule ne peut pas s'allumer car il n'y a pas d'énergie. Lorsque l'interrupteur est fermé l'ampoule s'allume, donc la batterie possède de l'énergie.
- La batterie étant chargée, elle provoque une énergie chimique qui permet à l'ampoule de s'allumer lorsque l'interrupteur est fermé.
- La batterie produit de l'énergie électrique lorsqu'on ferme l'interrupteur. Celle-ci alimente l'ampoule par conséquent elle s'allume.
- L'interrupteur étant fermé, la batterie fournit du courant à l'ampoule. Et l'ampoule, dotée d'une puissance s'allume pendant un certain temps.
- Lorsqu'on ferme l'interrupteur, l'énergie qui traverse le circuit modifie l'état de repos de l'ampoule. Donc l'ampoule éclaire. Il s'agit de l'énergie thermique.

Question II b), les réponses des élèves tournent autour des points qui suivent :

- La voiture positionnée en hauteur possède une énergie potentielle.
Ce qui permet le déplacement du véhicule qui s'écrase contre le mur.
- Pendant cette scène, l'automobile étant garée sur une pente a une énergie potentielle. Quand l'automobile dévale la rue cette énergie se transforme en énergie cinétique et en s'écrasant il y a une perte de cette énergie.
- L'automobile possède un poids. En hauteur, l'automobile attirée par la terre commence à descendre la pente. Ainsi, la voiture à la descente acquiert de la vitesse, de l'énergie cinétique.

DISCUSSION DES RESULTATS OBTENUS

Les réponses de la question I [I a) et I b)] données par certains apprenants semblent évoquer l'utilité de l'énergie, en liaison avec l'état de repos ou de mouvement des corps bien que d'autres

restent indécis. Les élèves ont rencontré les lexies force, travail, puissance au cours de leur scolarité et peuvent les proposer comme réponse.

Ces résultats quantitatifs et qualitatifs renforcent notre hypothèse selon laquelle les stratégies des professeurs qui tiennent en compte les idées préalables des élèves, les conduisent au franchissement des obstacles et à avoir un raisonnement cohérent. En effet, les connaissances acquises par l'apprenant tout au long de sa vie qui sont qualifiées par Bachelard (1938) de « connaissances empiriques déjà constituées » amènent nos apprenants à approcher souvent les phénomènes quantitatifs et qualitatifs de l'énergie d'une façon très algorithmique, sans recours à des mécanismes opérationnels. Leurs compréhensions des phénomènes énergétiques confirment l'étude menée par Bunce et Gabel (Bunce, 1991) sur les apprenants en chimie qui utilisent la méthode « Rolodex » pour résoudre les problèmes.

Cependant les questions II a) et II b) suggèrent que le problème essentiel des élèves pourrait résulter de l'intrication de deux modèles : un modèle descriptif de type « circuit électrique » et un modèle descriptif de type « chaîne énergétique ». La gestion de cette modélisation n'étant pas toujours maîtrisée. Les élèves identifient l'énergie à partir de ses différentes formes (énergie thermique, énergie cinétique, énergie potentielle) et propriétés. Ces réponses reflètent non seulement les contenus des programmes : formes d'énergie, transfert, transformation, ... mais aussi et surtout l'influence des connaissances acquises dans la vie courante. Les différents groupes constitués par les différentes réponses montrent que ces dernières sont caractérisées par ce que Reinert (1990) appelle « un univers de pensée » ou « un monde ». Leur univers de pensée utilisé est celui de la transformation de l'énergie potentielle en énergie cinétique. Il semble que ces élèves essaient d'appliquer également ce qu'ils ont étudié en classe de 3^{ème} pour certains, pour d'autres ce qu'ils ont étudié avant la réalisation de notre enquête : notion de force, de travail, de puissance. Il y a une partie des élèves qui ont leurs réponses caractérisées par une description issue de la vie courante : l'automobile prend de la vitesse, son énergie augmente. Il y a d'autres qui procèdent en deux étapes : une étape descriptive en termes de forces suivie d'une étape descriptive en termes d'augmentation de la vitesse de l'automobile qui débouche sur la prise en compte d'une transformation d'énergie potentielle en énergie cinétique. Ainsi, les élèves identifient l'énergie par ses effets et par ses transformations.

Des résultats précédents, nous pouvons dire que les élèves n'ont pas attendu l'enseignement de l'énergie pour lui construire un sens. Si l'on prend l'idée selon laquelle l'élève apprend à partir de ce qu'il connaît déjà, on ne peut pas ignorer ces connaissances acquises dans la vie quotidienne.

Ainsi, toutes ces idées reçues tout au long de leur vie font que la pensée d'un apprenant ne se comporte nullement comme un système d'enregistrement passif. En effet, le contexte social et culturel dans lequel s'inscrivent nos lycées et collèges met l'apprenant ivoirien dans une situation d'interculturalité manifeste : interculturalité du fait de la présence de plusieurs groupes ethniques (60 ethnies dont les référents culturels sont variés). Issu de ce milieu, l'apprenant arrive dans la classe avec des savoirs, des représentations culturellement construits. Ces savoirs de la vie courante qualifiés de savoirs « populaires » (Falcou, 2003), véhiculés par l'environnement socioculturel et familial, diffèrent de ceux que l'enseignant à enseigner, que leurs natures même soient divergentes et qu'ils appartiennent à deux systèmes de représentation du monde environnant différents.

Les résultats de notre analyse sur les difficultés provenant des idées préalables des apprenants sur l'énergie confirme les travaux antérieurs dans ce domaine sur le fait que leurs idées sont souvent inexactes. C'est ainsi qu'en mécanique, les apprenants caractérisent l'énergie comme tout ce qui permet d'effectuer un travail, de fabriquer de la chaleur, de la lumière, de produire un mouvement.

C'est le cas aussi en électricité où les apprenants pensent que le courant électrique est produit sans rien consommer : caractère mystérieux et magique des centrales nucléaires, eau se transformant en courant électrique dans les centrales hydrauliques, prises de courant « donnant du courant » dès qu'elles sont installées dans une pièce, sans même être reliées au réseau électrique CIE (Compagnie Ivoirienne d'Electricité).

De même, en optique, la lumière est plutôt conçue par les apprenants de façon statique, comme un état de l'espace s'opposant à l'obscurité. L'absence de l'idée d'une émission en continu et d'une propagation constitue un obstacle pour la mise en relation de la lumière avec la notion d'énergie.

Dans le domaine de la thermodynamique le mot « chaleur » est largement utilisé non seulement comme caractéristique d'un transfert d'énergie (« la chaleur se déplace », « se propage », etc.) mais aussi dans le sens d'une grandeur d'état. Ils ont tendance à confondre chaleur et source de chaleur, et cela résulte de la croyance en l'existence autonome du « chaud » et du « froid », et de l'association systématique voire l'identification de la chaleur à l'énergie interne. Quant à la température, ils n'arrivent pas à établir une différence entre la chaleur et elle, mais lorsqu'elle n'est pas niée, est parfois associée à une « mesure ». La chaleur est considérée comme l'unique cause de changement de température. Les élèves n'identifient pas la différence entre la température, la chaleur et l'énergie dans le sens de la description de l'état d'un système ou de l'interaction entre systèmes (Tiberghien, 1983).

Dans le domaine de l'électricité (Ludwigsburg, 1985), plusieurs travaux signalent l'existence, chez les élèves, d'un point de vue « énergétique » dans leur lecture du circuit électrique faite également faite également en termes de courant et de circulation d'électrons.

Cette situation comme souligne Falcou (2003), va mettre en exergue trois types d'erreurs empêchant l'apprenant d'avoir un raisonnement cohérent sur les faits énergétiques : d'abord, des erreurs qui sont la conséquence d'un maintien du système de représentation préexistant chez l'apprenant, ensuite, des erreurs dues à une inadéquation entre le stade d'avancée dans le cycle des apprentissages et le développement cognitif de l'apprenant, et enfin, des erreurs dues à la pédagogie mise en place par l'enseignant.

III-3. L'EXPERIMENTATION ET LES DEMARCHES UTILISEES

Les objectifs de l'enseignement des sciences en général, en plus de l'acquisition des connaissances scientifiques, comprennent l'acquisition des démarches scientifiques théorique et expérimentale, la stimulation de la curiosité scientifique et de l'esprit de recherche de l'apprenant, le développement de l'esprit d'initiative de celui-ci et de son esprit critique.

Pour atteindre ces objectifs, les apprenants doivent être amenés à réfléchir, à comprendre le fait scientifique par toute une série d'hypothèses, de vérifications expérimentales qui exigeront d'eux initiative, savoir-faire, rigueur... Il s'ensuit que l'activité expérimentale doit comporter non seulement la manipulation proprement dite, mais aussi des temps de réflexion, de construction intellectuelle, de retour de soi, d'échanges avec l'enseignant. « L'activité de l'apprenant porte donc sur les opérations que le sujet a effectuées, sur leurs résultats et sur la mise en relation des deux (opérations et résultats), elle ne se réduit donc pas du tout aux activités concrètes de manipulations effectuées par l'apprenant. En terme d'apprentissages scolaires, toute la différence entre apprentissage et bricolage¹ se trouve dans cette distinction » (Jonnaert, 1999, p.53).

1. Le mot bricolage est apparu dans le programme de formation pour désigner des travaux dans lesquels les élèves professeurs de l'ENS doivent s'occuper de petites réparations et la fabrication de certains instruments. Ces travaux étaient intégrés aux compléments de formation en physique et en chimie.

Les spécialistes distinguent de manière générale deux types de démarches expérimentales : la démarche expérimentale du chercheur et la démarche expérimentale scolaire. D'après Guillon (1996), la démarche savante sous-tend l'élaboration des concepts physiques en six étapes : formulation d'un problème de recherche ; formulation des hypothèses- élaboration d'un protocole expérimental- réalisation pratique et capitalisation des résultats des mesures- analyse et interprétation des résultats- conclusions. Cette démarche est ni séquentielle, ni linéaire.

Cependant du côté de l'enseignement, plusieurs travaux de recherche (Giordan, 1978 ; Joshua, 1989) ont montré que la démarche expérimentale scolaire généralement suivie dans la pratique didactique consiste en une méthode stéréotypée en quatre étapes : observation- expérience prototype- interprétation- formulation.

C'est ainsi que dans la quasi-totalité des manuels scolaires de sciences physiques en usage dans notre enseignement actuel, l'agencement des concepts et des lois s'y fait selon une démarche qui commence par des observations, en passant par la réalisation d'une expérience prototype qui sert le plus souvent de support à l'induction d'une définition ou d'une loi de la physique (Voir les livres AREX des classes de 3^{ème} sur *Energie cinétique, énergie potentielle de pesanteur. Leurs transformations mutuelles* où le cours commence par l'observation d'une photo d'un véhicule dans une descente suivie d'expériences prototypes pour enfin donner la définition de la forme d'énergie ; en classe de 1^{ère} C et D sur *Énergie potentielle – Énergie mécanique* où l'enseignement débute par l'observation des photos du barrage hydroélectrique de Kossou et de l'eau retenue dans un barrage suivie de l'expérience d'une bille qui tombe pour enfin aboutir aux définitions de l'énergie potentielle et de l'énergie mécanique).

Cette manière de procéder dans notre enseignement permet-elle aux apprenants de s'approprier des expériences et de la démarche expérimentale ?

La réponse à cette importante question nous a amené à recueillir le point de vue des élèves sur l'expérimentation et la démarche expérimentale à travers la question VI.

ANALYSE ET DISCUSSION DES RESULTATS

Question VI a) « *Quel rôle donnez-vous à l'expérimentation* », 83% des élèves interrogés ont mentionné que l'expérimentation dans le cadre de l'enseignement joue un rôle de confirmation des lois et formules alors 17% pensent que l'expérimentation a un rôle de découverte.

Question VI b) « *Votre laboratoire dispose t-il du matériel didactique pour les expériences de classe ?* », la quasi-totalité des élèves (98%) reconnaissent que leurs laboratoires sont pauvres en matériels didactiques. Selon des études faites par l'Inspection générale des sciences physiques de l'enseignement secondaire (2003) ont mis en évidence de nombreuses contraintes pour l'organisation des travaux pratiques, entre autres : des effectifs au-delà du souhaitable, le vieillissement et le non-renouvellement du matériel scientifique, manque d'équipements, la quasi-inexistante du service de maintenance et de production de matériel didactique,... Ce qui confirme que les expériences sont rarement faites avec un pourcentage de 96% à la **question VI c)** « *Avez-vous déjà vu faire des expériences ?* ». Ainsi par manque d'aides didactiques, les quelques rares expériences sont réalisées par l'enseignant, reconnaissent 97% des élèves interrogés à travers la **question VI d)** « *Qui réalise en classe les différentes expériences ?* » lors de notre travail de recherche.

Question VI e) « *Qui fait la description des expériences ?* » plus des 2/3 (76%) reconnaissent que la description des expériences est faite par l'enseignant, et que la démarche expérimentale utilisée pour aboutir à la formulation de la loi ou aux relations mathématiques n'est pas standard ce qui est confirmé par près 75% de réponses à la **question VI f)** « *Quelles démarches expérimentales utilisez-vous avec votre enseignant ?* ».

L'ensemble de ces résultats laissent entrevoir que l'apprenant est rarement impliqué dans les activités intellectuelles du scientifique (problématisation, élaboration des hypothèses...). Il est principalement amené pour lui donner l'impression de participer aux activités expérimentales à effectuer des tâches techniques (relevé des mesures, essais de montage ou encore de démontage...). Cette façon de faire, ne permet pas à l'apprenant de percevoir la connexion entre l'expérience et la théorie (Guillon, 1996).

La gravité d'une telle situation est qu'une partie de ces élèves est destinée à embrasser une carrière scientifique qui sera déterminante pour l'avenir du pays.

Comme on le constate, l'enseignement sur l'énergie n'est pas en reste. En effet, par manque d'aides didactiques (matériels appropriés,...), les enseignants sont amenés soit à réduire le nombre de manipulations à une simple illustration, le plus souvent faite par l'enseignant, quand cela est possible, soit à dessiner ou à schématiser le montage de l'expérience au tableau noir suivi de commentaires faits par l'enseignant lui-même, ce qui est confirmé par les réponses des questions VI d) et VI e). Ainsi, la tendance généralement observée chez les enseignants est une présentation

descriptive qu'explicative des leçons, du reste avec un contenu trop souvent atomisé, sans relation des éléments et les faits observés, rendant presque nulle toute réutilisation des acquis de la formation dans la vie quotidienne.

Les conséquences d'une telle pratique (absence de pratique expérimentale) sont connues : les apprenants de notre population cible ne savent pas observer, ne savent pas dessiner (puisque dans la plupart du temps les schémas ou dessins leur sont distribués), ne savent pas tirer profit d'un travail effectué sur du matériel concret, et les apprenants n'ont pas une pensée structurée à travers les activités scientifiques. Ainsi, l'activité d'apprentissage des apprenants lors de l'enseignement sur l'énergie se réduit en exercices de mémorisation et ces derniers préférant les facilités illusives, font appel plus à la mémoire qu'à la pratique réfléchie. Cette façon de procéder fait fi aux apprentissages de comportements (savoir manipuler) qualifiés par Richard (1994) d'apprentissages cognitifs de plus haut niveau, et développe les compétences cognitives de bas niveau : répétition (apprendre et répéter les définitions, des lois), application d'algorithmes (savoir appliquer des formules, savoir résoudre des exercices standardisés). Cette situation sur l'enseignement de l'énergie constitue une vraie pierre d'achoppement pour nos apprenants d'autant plus que l'enseignant est l'acteur principal, et ces derniers n'arrivent pas à réaliser eux-mêmes les expériences simples, à les observer dans tous leurs détails pour en tirer les conclusions nécessaires.

CONCLUSION

Ces études témoignent de la très grande difficulté rencontrée par les élèves dans les problèmes de l'enseignement de l'énergie.

Apprenants et enseignants ne donnent pas toujours le même sens à une activité que tous considèrent comme importante. En effet, dans l'enseignement, ce n'est pas toujours le sens proposé par le maître qui est celui retenu par l'élève. L'interprétation d'une formulation se fait avec la propre grille de lecture de l'apprenant. Faire sans savoir pourquoi, n'est-ce pas ce qui arrive journallement en classe à beaucoup d'élèves ?

Les différents écarts constatés dans les différents cas d'étude, montrent que le sens est fortement lié à la culture, au milieu social et à la propre histoire de chaque apprenant.

L'enseignement de l'énergie dans le secondaire en Côte d'Ivoire présente des éléments qui hypothèquent sa qualité, et ce dans les domaines pédagogique, technique et organisationnel.

- *au plan pédagogique*, l'enseignement de l'énergie est souvent présenté de façon expositive, l'expérimentation est rare voire inexistante et l'activité des élèves est faible, réduite le plus souvent à l'observation attentive, à la mémorisation et à la restitution théorique.

- *au plan technique*, les infrastructures spécialisées (tables de laboratoire, hottes, armoires...) et le matériel didactique sont presque partout inexistantes, en mauvais état, incomplets ou inutilisables.

- *au plan organisationnel*, on note l'insuffisance du suivi pédagogique des enseignants ou l'absence de formation continue, tant au niveau scientifique (mise à jour des connaissances, nouvelles technologies) qu'au niveau didactique.

Ces insuffisances empêchent nos apprenants de disposer de connaissances nécessaires sur la notion d'énergie pour traduire le langage commun en langage scientifique.

IV- DIFFICULTES LIEES AUX ENSEIGNANTS : DIFFICULTES DE TRANSMISSION DE LA CONNAISSANCE

L'analyse des problèmes généraux posés par la pédagogie didactique et linguistique de l'énergie en Côte d'Ivoire, parmi lesquels on note la rigidité du programme et une pédagogie favorisant un apprentissage machinal, la présente partie de notre travail aborde l'épineux problème des difficultés de transmission de la connaissance.

Les recherches sur les processus cognitifs des enseignants révèlent que les conceptions de ces derniers sur la notion d'énergie s'organisent de façon cohérente au point de constituer une théorie qualifiée « d'implicites » et ne cessent de défendre la thèse selon laquelle leurs conceptions déterminent leurs pratiques éducatives (Bugental et Shennum, 1984 ; Sigel, 1986, 1984 ; Clark & Peterson, 1986 ; Tochon, 1993).

Les croyances du corps enseignant sur la nature des connaissances ont un rapport direct avec la façon de comprendre et d'enseigner la notion d'énergie. Elles constituent fréquemment de véritables obstacles au développement intellectuel des enseignants et à l'amélioration des processus d'enseignement/apprentissage.

Il existe ainsi un lien entre le mode de pensée des enseignants et leur manière d'enseigner et réciproquement (De Jong, 1998). Les différentes connaissances des enseignants se regroupent en (Schulman, 1987) : connaissance du contenu, en connaissance pédagogique générale et connaissance du contenu pédagogique :

- Les connaissances de contenu s'enseignent soit à l'université soit à l'Ecole Normale Supérieure jusqu'aux différents certificats (CAP/CM, CAP/CPL, CAPES).

- Les connaissances pédagogiques générales regroupent les connaissances sur les principes pédagogiques et les stratégies générales d'enseignement (connaissances sur Piaget, sur la gestion d'une classe).
- Les connaissances du contenu pédagogique représentent l'amalgame particulier de contenu et de pédagogie qui incluent les connaissances sur la transposition des connaissances et la façon dont les apprenants peuvent les apprendre.

De ce qui est dit plus haut, il ressort que les propres études reçues des enseignants quand ils étaient apprenants, influencent beaucoup leur point de vue sur l'enseignement (Huibregtse, Korthagen et Wubbels, 1994). En effet, comme McDermott (1990) l'a montré, les cours postsecondaires ne fournissent en général pas le type de connaissances que les enseignants devraient avoir :

- l'enseignement sous forme de cours dans les classes stimule l'apprentissage passif ; les futurs enseignants sont accoutumés à recevoir qu'à transmettre des connaissances ;
- les problèmes traditionnels présentés dans les classes conduisent à des solutions algorithmiques, répétitives et ils ne parviennent pas à stimuler le type de raisonnement nécessaire à l'approche de nouvelles situations telles que des questions imprévues que les apprenants peuvent soulever ;
- le travail en laboratoire met en jeu du matériel complexe qui n'est pas disponible dans les écoles secondaires, et surtout, il est restreint à de simples vérifications, comme des recettes de cuisine, qui donnent une idée réductionniste et déformée de l'activité scientifique.

D'un autre côté, les cours de didactique ou de pédagogie sont complètement séparés de l'enseignement du contenu, et les enseignants ne peuvent pas voir l'intérêt de ces cours pour leurs propres problèmes d'enseignement et d'apprentissage.

Ainsi, nous articulons les différentes difficultés de transmission des connaissances autour des deux points suivants: les pratiques pédagogiques et la maîtrise du contenu sur l'énergie.

IV-1. LES PRATIQUES PEDAGOGIQUES

La mise en lumière des difficultés d'apprentissage propres au domaine de l'enseignement de l'énergie, des conceptions et modes de raisonnement du sens commun et de leur résistance aux différentes pratiques pédagogiques conduit à rechercher les facteurs inhibiteurs susceptibles de freiner la pensée scientifique des apprenants.

De nombreux travaux se sont développés dans cette perspective, donnant lieu à l'élaboration et à l'expérimentation de situations d'enseignement dans des domaines variés : mécanique, électrocinétique, optique, énergie, chimie, structure de la matière en particulier (Méheut et Psillos, 2004).

La conduite des élèves à une pensée structurée à travers les activités scientifiques implique d'abord de bien distinguer selon Astolfi et al (2006) différents registres didactiques dans lesquels peut s'insérer les pratiques pédagogiques (cours magistral, expérimentation,...), de façon à pouvoir opérer les choix raisonnés qui organisent la conduite de la séance ainsi que la façon dont l'enseignant intervient dans la classe pour les faire progresser.

Nous articulerons les différentes pratiques pédagogiques autour des points suivants :

IV-1.1 Le cours magistral

L'enseignement en général dans les classes du secondaire, des sciences physiques en particulier en Côte d'Ivoire, se fait par l'utilisation de la méthode pédagogique suivante : l'enseignement que se fait dans la classe est entrecoupé par un ensemble de méthode. Tantôt, il utilise la méthode expositive : l'enseignant transmet un contenu structuré et ses connaissances sous forme d'exposé. Mais cette méthode laisse peu de place à l'interactivité avec l'apprenant ; tantôt il fait appel à la méthode démonstrative : l'enseignant montre (démonstration), puis fait faire (expérimentation) pour que l'apprenant s'approprie le contenu, et dit ou fait dire (reformulation) pour évaluer le degré de compréhension. L'enseignant jouant le rôle d'animateur et de facilitateur doit disposer des atouts certains pour guider les apprenants lors des exercices, de sa confrontation au réel.

Malheureusement, les difficultés dues essentiellement aux manques de matériel ou état détérioré du matériel didactique, de motivation des apprenants, et aux effectifs très élevés dans les classes ne facilitent pas la transmission du savoir par l'enseignant aux apprenants, malgré les différentes reformulations des questions aux apprenants.

En outre, il fait appel dans une certaine mesure à la méthode interrogative. Malheureusement, la mauvaise formulation et reformulation des questions de l'enseignant empêchent l'apprenant de répondre correctement aux questions et de découvrir ses connaissances par lui-même.

Et enfin dans d'autres circonstances, l'enseignant emploie la méthode active l'utilisation des essais et des erreurs. Cette méthode exige la mobilisation de l'expérience personnelle de l'apprenant pour faire faire, faire dire puis reformuler.

L'utilisation de ces différentes méthodes exige leur maîtrise. Or la plupart des enseignants du secondaire sont sortis de l'université où la didactique comme la pédagogie ne sont pas enseignées, nous assistons ainsi à un manque de cohérence dans le cours.

Comme ont montré Coll (1987) et Bromme (1988), « connaître la notion à enseigner » suppose la connaissance pédagogique, des connaissances qui se prolongent bien au-delà de celles pratiquées traditionnellement dans les cours secondaires, il apparaît donc nécessaire que les enseignants maîtrisent ces différents contours en vue de mieux construire et transmettre les connaissances.

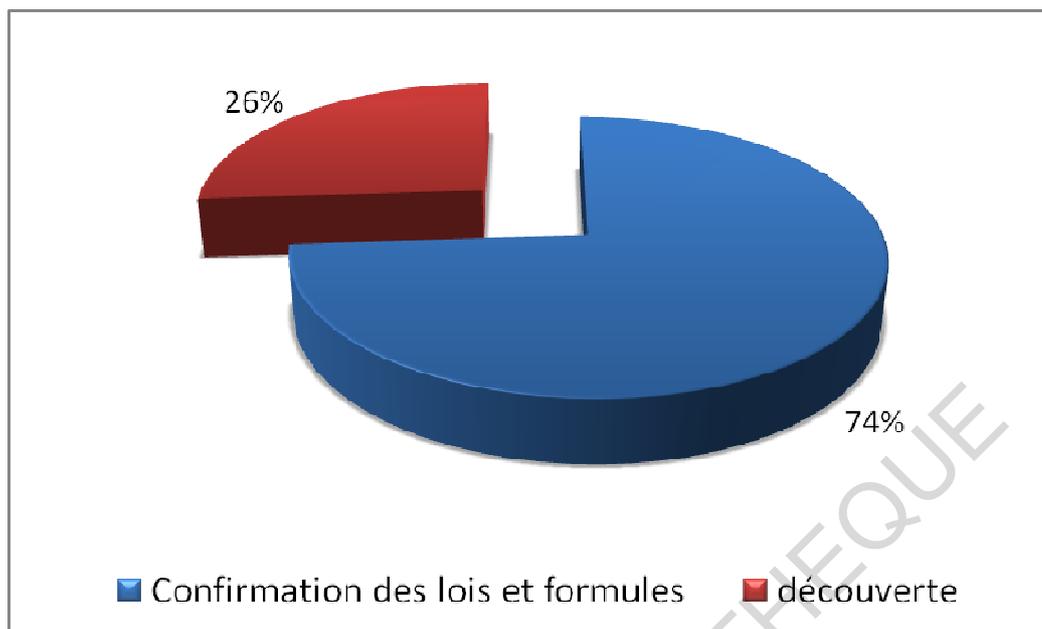
A la lumière des différents aspects ci-dessus énumérés, il apparaît clairement que ce cadre d'enseignement laisse peu de place notamment à l'initiative, à l'autonomie dans l'apprentissage, à la culture scientifique, à la synthèse et à l'intégration.

En conclusion, le cours magistral reste malheureusement le seul type de méthode en vigueur. Une preuve de cet immobilisme est la faible pénétration de l'outil informatique dans les cours du programme, outil pourtant omniprésent dans le monde scientifique d'aujourd'hui. Le plus grand défaut de l'usage exclusif de la méthode magistrale est sans doute de maintenir les apprenants dans un rôle passif de récepteurs d'informations. La participation exigée des apprenants en classe se résume souvent à être attentifs afin de pouvoir régurgiter individuellement et intégralement ces connaissances lors des tests sommatifs. Comme l'apprenant dispose personnellement de tout le matériel pédagogique nécessaire à la réussite de ses cours, il a peu l'occasion de faire des recherches bibliographiques, de questionner d'autres intervenants du milieu, bref d'élargir son champ d'investigation. En conséquence, l'enseignant est souvent perçu comme l'unique source d'information valable pour la réussite d'un cours, ce qui provoque une grande dépendance de l'apprenant.

IV-1.2 L'expérimentation

La réponse à la question « *Quel rôle donnez-vous à l'expérimentation* » posée aux enseignants lors de l'étude donne les résultats portés dans le diagramme n° 4 ci-après :

Diagramme n°4 : Pourcentage des enseignants de l'attribution du rôle de l'expérimentation.



ANALYSE ET DISCUSSION DES RESULTATS

Le diagramme n°4 révèle que 74% d'entre eux attribuent à l'expérimentation un rôle de confirmation des lois et des formules.

Ainsi, à propos de l'expérimentation, l'idée partagée par une majorité d'enseignants praticiens du secondaire interrogés sur la définition qu'ils donnent et le rôle qu'ils attribuent à la démarche expérimentale peut être résumée dans la citation de cet enseignant :

« Oui, la démarche expérimentale occupe une partie importante du cours. Lors de chaque leçon concernant la notion d'énergie, on est obligé de recourir à l'expérimentation pour faciliter à nos apprenants la compréhension ».

Ces propos révélateurs montrent que les enseignants éprouvent des difficultés à différencier manipulation et démarche expérimentale. Plusieurs enseignants interrogés (35 sur 50 enseignants soit 70%) pensent fortement que les rares expériences qu'ils réalisent en classe permettent aux apprenants de suivre les étapes de la démarche scientifique dite aussi démarche expérimentale.

D'après Develay (1989), l'expérimentation est un processus qui commence par l'émission d'une hypothèse et qui finit par la réalisation d'une expérience et l'analyse de ses résultats ; elle ne représente qu'une partie de la démarche expérimentale. Pour Zimmerman (1994), l'expérience diffère d'une observation en ce que la connaissance qu'une observation nous procure semble se présenter d'elle-même, alors que celle qu'une expérience fournit est le fruit de quelques tentatives faites dans le dessein de savoir si une chose est ou n'est point...

On peut retenir de ces deux énoncés que le concept d'expériences ne peut être défini que par rapport à un cadre de référence. Dans la science qui s'enseigne, le rôle de l'expérience se résume souvent à l'illustration des concepts introduits (ici le concept d'énergie) dans la plupart des cas de façon dogmatique. Or, pour que l'apprenant puisse acquérir l'esprit scientifique, les spécialistes recommandent vivement que les stratégies d'enseignement s'appuient sur les stratégies d'investigation (Fourez, 1991 ; Develay, 1989).

Ainsi, comme le soulignent Robardet & Guillaud (1993), le passage de la pédagogie de la réponse toute prête à la pédagogie du problème pose problème.

Dans ce sens, la mise en œuvre de la démarche expérimentale exige non seulement que l'enseignant connaisse la discipline enseignée, mais les compétences didactiques de celui-ci doivent lui permettre de pouvoir transposer ses savoirs scientifiques dans un contexte précis de façon pragmatique. Pour l'enseignant des sciences expérimentales, l'ampleur de sa tâche s'accroît davantage que les moyens à mobiliser ne sont souvent pas disponibles.

En conséquence, les buts assignés aux démarches expérimentales dans l'enseignement de l'énergie dans les différents documents officiels en vue de motiver les apprenants, développer leurs habiletés manipulatoires, favoriser l'apprentissage des connaissances, prendre en main des instruments, d'éprouver la consistance et la résistance du réel par des méthodes et d'attitudes scientifiques sont remplacés par des démarches expérimentales qui paraissent trop souvent sous des formes stéréotypées (Leach et Paulsen, 1999).

La tendance généralement observée chez les enseignants lors de l'enseignement sur l'énergie est une présentation plus descriptive qu'explicative, du reste avec un contenu trop souvent atomisé, sans relation des éléments et des faits observés, rendant presque nulle toute réutilisation des acquis de la formation dans la vie quotidienne. En outre du manque de matériels pédagogique et didactique, on note l'inexistence ou l'insuffisance de la formation professionnelle des enseignants sur les principes de base des différents travaux pratiques inhérents à l'enseignement sur l'énergie. Ce qui montre clairement (Joshua et Dupin, 1993 ; Windschith, 2003) que dans l'enseignement de l'énergie dans le secondaire, les expériences sont principalement utilisées (si elles sont réalisées) dans une perspective :

- d'illustration du concept,
- de vérification du théorème de l'énergie cinétique,
- ou dans une démarche inductiviste : manipulation, observation et mesures, conclusions.

Ce qui est corroboré par l'enquête menée sur la réalisation des expériences programmées sur les chapitres de l'énergie auprès de cinquante (50) enseignants des lycées et collèges (25 du second cycle et 25 autres du premier cycle). Cette enquête révèle que plus de 70% des enseignants interrogés sur la question « *Pourquoi les expériences programmées ne sont-elles pas réalisées ?* » ne réalisent pas les différentes expériences, et ils justifient ceci par les éléments suivants :

- l'effectif très élevé des apprenants (51%)
- la non disponibilité du matériel nécessaire pour les expériences (68%)
- le rendement didactique des expériences réalisées est très faible (29%)
- l'absence de motivation de la part des apprenants (13%).

L'analyse des faits précédents place l'élève en situation d'exécuter des manipulations qui lui sont prescrites, d'effectuer des observations et des mesures, les conclusions semblent s'imposer d'elles-mêmes, lorsqu'elles ne sont pas connues d'avance.

Ces éléments sont autant de faits qui rendent les préjugés inhibiteurs très vivaces qu'ont la plupart des apprenants à l'égard de l'enseignement sur l'énergie. En effet, la plupart des apprenants croient mordicus que le concept d'énergie est abstrait et accessible à une catégorie d'apprenants. L'une des preuves de la perpétuation de telles idées réside dans le fait que les travaux pratiques apparaissent, orientés vers l'apprentissage des lois, des relations entre variables (apprendre à traiter les données, utiliser les données pour conclure) (Tiberghien et al, 2001). Ainsi, les ingrédients de démonstration ou de conceptualisation que sont les travaux pratiques et les activités expérimentales qui devaient permettre aux apprenants d'emporter leur conviction et de provoquer leur adhésion, leur font défaut, et la plupart des apprenants des classes de 1^{ère} scientifiques et de 3^{ème} préfèrent les facilités illusives des parties des cours faisant appel à la mémoire (les formules, ...) qu'à la pratique réfléchie.

Ce genre d'expérimentation qualifié d'expérimentation-outil par Maryline Coquidé (1997), est conçu comme des moyens didactiques au service d'une conclusion annoncée, sans laisser aux apprenants la possibilité effective d'en « faire le tour » et, en quelque sorte, de les apprivoiser. Samuel Joshua (1989) a introduit le terme de « monstration » ou de « validation opératoire » pour insister sur le fait que, l'expérience n'est qu'un artifice pour exhiber la notion d'énergie qu'elle concrétise et manifeste.

Cette expérimentation-outil se limite généralement par manque d'aides didactiques dans les lycées et collèges à de simples exercices pratiques d'application, à une simple entrée empirique destinée

à introduire un contenu de programme pour donner au niveau des apprenants un savoir « appris-récité » (Astolfi, 2006).

C'est le cas de l'enseignement classique des sciences physiques qui utilise de manière privilégiée la démarche inductiviste : une expérience prototypique bien choisie permettant de mettre en évidence les concepts et les lois. Cette démarche, séduisante pour l'enseignant, n'est pas satisfaisante pour l'apprenant : l'apprenant est spectateur d'un raisonnement sans tâtonnements, construit en dehors de lui ; l'expérience est simplifiée pour coller au modèle ; les représentations des apprenants ne sont pas prises en compte.

IV-2. LA MAITRISE DES CONNAISSANCES SUR L'ENERGIE

Dans une étude sur l'enseignement de l'énergie en mécanique, Koliopoulos et Ravanis (1998) distinguent quatre types de conceptions : traditionnelle, pseudo innovante, innovante et constructiviste.

La conception traditionnelle se caractérise par une référence exclusive au contenu disciplinaire avec un enseignement modulaire ou un concept unificateur comme l'énergie est traitée au sein du module sans souci d'unification.

La conception pseudo innovante se caractérise par une reconnaissance du rôle primordial que doit jouer l'énergie dans l'enseignement de l'énergie sans parvenir à élaborer une organisation conceptuelle adéquate. Cette reconnaissance apparaît dans le vocabulaire utilisé pour l'énergie (conservation, forme de transfert).

La conception innovante est telle que le rôle primordial de l'énergie structure effectivement l'enseignement. On retrouve alors la notion de chaîne énergétique.

La conception constructiviste est telle que l'enseignant cherche à faire exprimer aux élèves leur connaissance initiale sur l'énergie et sur la mécanique avant de commencer l'enseignement.

Ces différentes conceptions acquises tout au long de leur apprentissage influencent le contenu de leurs enseignements.

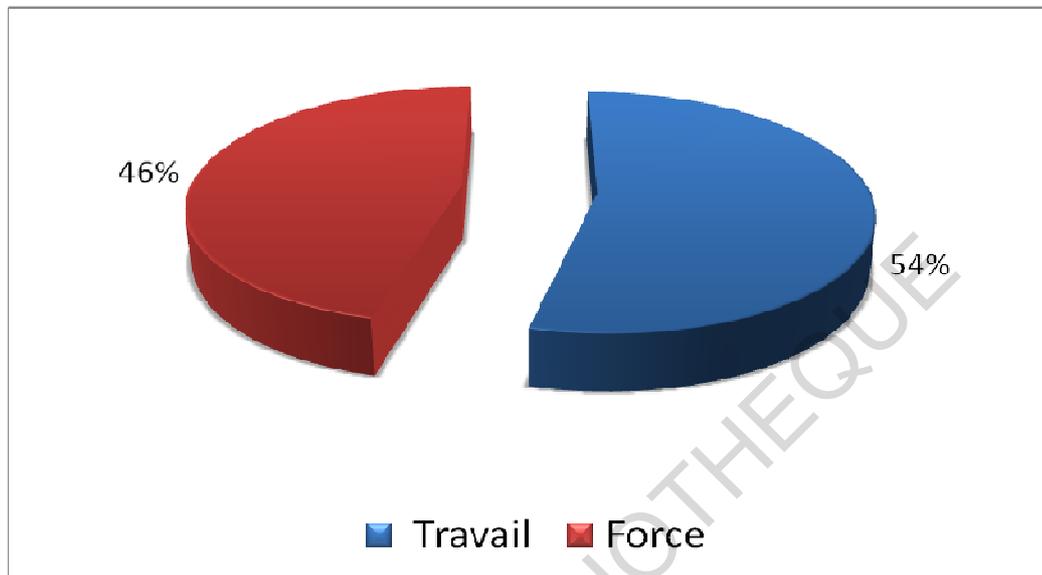
- **L'influence des conceptions des enseignants sur le contenu**

Comment les conceptions des enseignants peuvent-elles jouer sur le contenu à transmettre ?

La réponse à cette interrogation fait suite à l'enquête que nous avons menée au près des enseignants des classes de 3^{ème} et 1^{ère} scientifiques sur le sens qu'ils donnent à la notion d'énergie à travers la :

Question I a) « *L'énergie, de quoi s'agit-il ?* » Les résultats sont portés dans le diagramme n°5 ci-après :

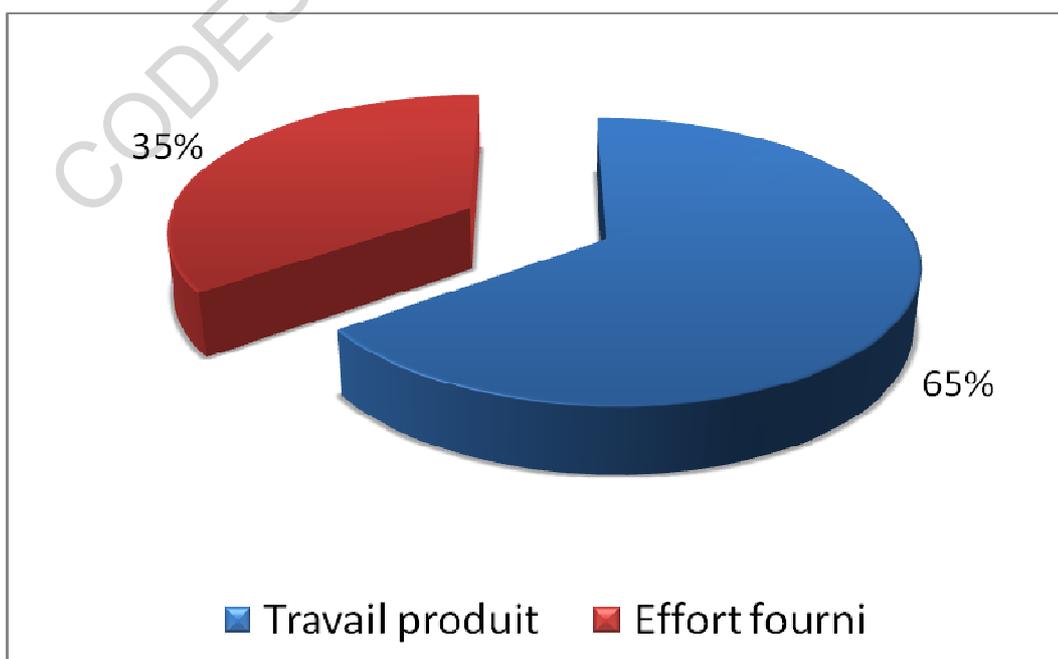
Diagramme n°5 : pourcentage des enseignants pour la définition de l'énergie.



Question I b) « *Pourrez-vous proposer votre représentation personnelle de l'énergie, telle qu'elle vous vient à l'esprit ?* »

Les résultats sont portés dans le diagramme n°6 ci-après :

Diagramme n°6 : pourcentage des enseignants pour la représentation de l'énergie.



RESULTATS ET ANALYSE DES REPONSES AU QUESTIONNAIRE

Ces résultats (diagramme n°5) montrent les enseignants interrogés (50 enseignants) définissent l'énergie à travers ses différentes formes. Ainsi, 54% d'entre eux assimilent l'énergie au travail, et 46% à la force.

Les résultats ci-dessus (diagramme n°6) montrent que 65% des enseignants représentent l'énergie par le travail produit et 35% la représentent par l'effort fourni.

DISCUSSION DES RESULTATS OBTENUS

Ces différents résultats montrent que le sens que les enseignants donnent à l'énergie est influencé par le fait que dans le langage de la vie quotidienne, la notion « d'énergie » est indissociable de la vitalité, du dynamisme, de l'action, du confort et de la performance. Ces résultats indiquent aussi que les enseignants ont des idées, des attitudes et des comportements relatifs à l'enseignement de l'énergie qui sont fondés sur une très longue période de formation « environnementale », période pendant laquelle ils ont été eux-mêmes élèves (Hewson et Hewson, 1988). L'influence de cette formation « en toile de fond » est comme quelque chose de naturel et échappant donc à la critique.

Selon Ausubel (1986), le plus important des facteurs influençant l'apprentissage est ce que l'enseignant sait déjà : on ne peut enseigner que si l'on connaît déjà. Pour la psychologie cognitive, enseigner ne consiste pas simplement à donner des informations et/ou à empiler les connaissances : il est nécessaire de comprendre pour enseigner. Ainsi, les connaissances antérieures acquises par l'enseignant lorsqu'il était apprenant, sont indispensables au processus de donner les informations car elles représentent un « berceau » pour transmettre les nouvelles connaissances inhérentes à l'enseignement de l'énergie.

Les difficultés que les enseignants ont à définir ou à donner sens à la notion d'énergie, affecte sérieusement leur enseignement, puisque les conceptions empiristes et réifiantes qu'ils se font de la notion d'énergie vont passer à leurs apprenants, empêchant ces derniers d'appréhender la notion d'énergie à sa juste valeur et dans le cadre de ses limites épistémologiques réelles.

Ces différentes conceptions des enseignants jouent un rôle primordial lors de la préparation des cours, surtout dans un système pédagogique comme celui qui prévaut en Côte d'Ivoire et qui est caractérisée par une très forte directivité. C'est pour cela que nous pensons que ces conceptions qu'ils développent sur l'énergie influencent fortement leurs attitudes.

Par ailleurs, les recherches sur les processus cognitifs des enseignants¹ (Tochon, 1993 ; Schön, 1983) ne cessent de montrer que les enseignants dispensent leurs enseignements en fonction de leurs conceptions de l'acte d'apprendre et celui d'enseigner.

Leurs conduites pédagogiques en classe résultent, dans une large mesure, de ce qu'ils pensent, de la signification qu'ils accordent à la notion d'énergie : « ce que les enseignants font, est influencé par ce qu'ils ont reçu quand ils étaient sur les bancs et ce qu'ils pensent...La façon dont les apprenants apprennent, est en partie liée aux conceptions de leurs enseignants » (Clark & Peterson, 1986).

- **L'influence de langue d'enseignement**

Bien que l'approche des sciences physiques soit du domaine de l'étude scientifique, son enseignement est fondé sur le langage qui est le principal outil pédagogique. Le langage est constitué principalement de deux éléments importants que sont le lexique (vocabulaire) et la grammaire.

Dans le cadre de l'enseignement, le langage représente non seulement un outil de transmission d'informations entre l'enseignant et ses apprenants, mais il demeure sur le plan mental, surtout un outil puissant de réflexion, et par là même, de modification, par un enseignant, de ses propres connaissances. La maîtrise des connaissances antérieures exige la maîtrise du langage.

Vue l'importance du langage à travers la langue d'enseignement, nous avons entrepris au près de notre population cible enseignante (50 enseignants) une enquête pour tester leur niveau de maîtrise du vocabulaire spécifique, c'est-à-dire leur niveau sur les significations courantes des mots usuels et les verbes mentalistes utilisés dans les consignes dans l'enseignement de l'énergie.

En fait, nous nous sommes aperçus que beaucoup de termes, habituellement utilisés dans les consignes données aux apprenants (Donner l'expression de l'énergie cinétique, Calculer l'énergie mécanique, Analyser la trajectoire du mobile,...), représentaient parfois une source de confusion ou d'incompréhension (voir tableau n°26). Mais est-ce que les différentes consignes dans une activité de classe ont le même sens pour les mêmes enseignants de sciences physiques ?

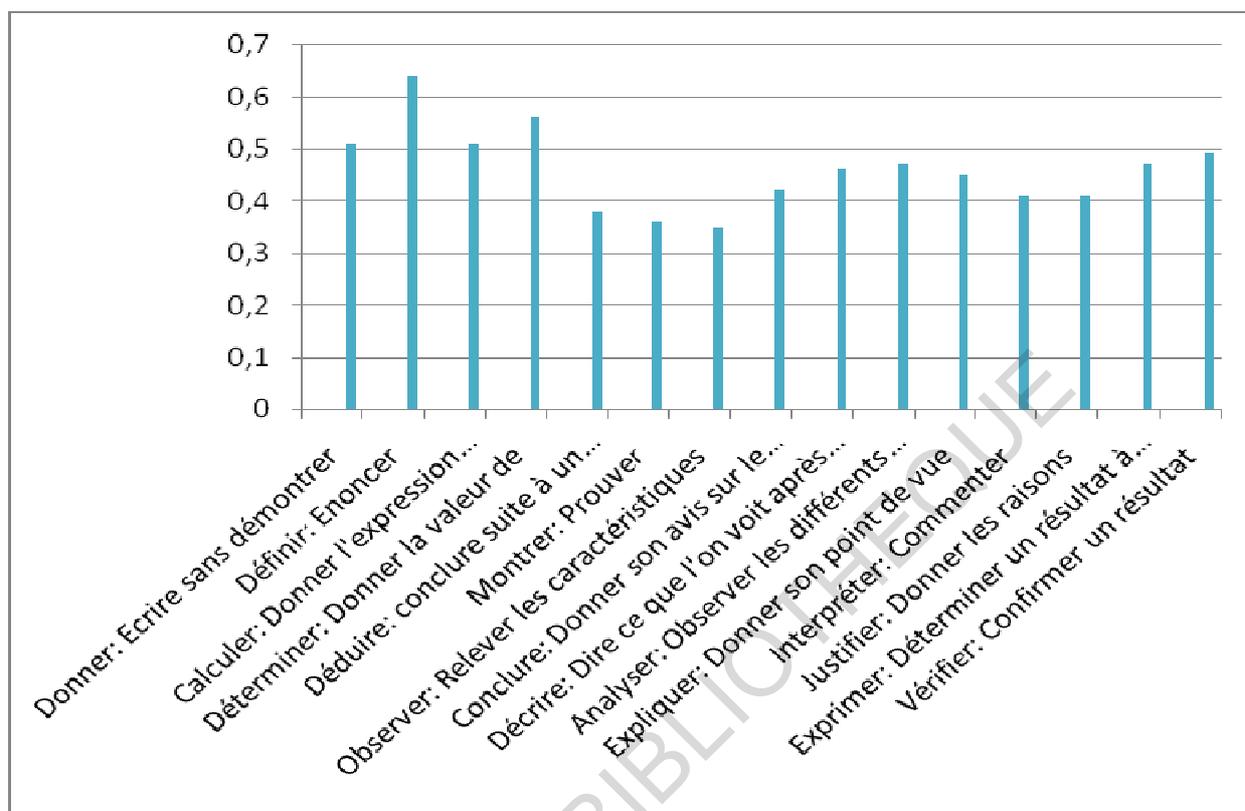
Les réponses à cette interrogation sont les résultats de notre enquête. Lesquels sont consignés dans le tableau n°31.

1. Les recherches sur les processus cognitifs des enseignants révèlent que les conceptions de ces derniers s'organisent de façon cohérente au point de constituer une « théorie d'implicite » et ne cessent de défendre la thèse selon laquelle les conceptions des enseignants déterminent leurs pratiques éducatives Bugental et Shennum, 1984 ; Segel, 1986, 1984 ; Clark & Peterson, 1986 ; Tochon, 1993).

Tableau n°31 : Pourcentage des enseignants pour le sens donné à chaque consigne

Consignes	Sens	Pourcentage
Donner	Reproduire une formule, une définition	13%
	Rendre sans démonstration une formule, une définition	36%
	Ecrire sans démontrer	51%
Définir	Enoncer	64%
	Donner une signification	29%
	Expliquer	7%
Calculer	Donner l'expression littérale puis faire l'application numérique	51%
	Chiffrer	10%
	Trouver un résultat numérique	39%
Déterminer	Préciser	21%
	Donner la valeur de	56%
	Donner l'expression littérale	23%
Déduire	Faire un calcul numérique ou donner une expression littérale	29%
	Conclure suite à un raisonnement	38%
	Donner une réponse à partir des éléments du texte	33%
Montrer	Faire ressortir	30%
	Expliquer un résultat à partir d'une loi, d'un théorème, ...	34%
	Prouver	36%
Observer	Regarder avec un esprit critique	34%
	Décrire	31%
	Relever les caractéristiques	35%
Conclure	Déduire d'une démonstration	35%
	Donner son avis sur le résultat obtenu	42%
	L'essentiel tiré d'un raisonnement	23%
Décrire	Présenter quelque chose telle qu'elle se présente	28%
	Dire ce que l'on voit après une observation	46%
	Donner les aspects caractéristiques	26%
Analyser	Critiquer une situation	35%
	Observer les différents aspects pour expliquer	47%
	Confronter l'observation à nos connaissances personnelles	18%
Expliquer	Dire le déroulement d'un phénomène	25%
	Donner son point de vue	45%
	Faire comprendre	30%
Interpréter	Commenter	41%
	Donner une explication	20%
	Expliquer un résultat	39%
Justifier	Donner les raisons	48%
	Eclairer sa réponse par une argumentation	41%
	Prouver un résultat	11%
Exprimer	Donner une expression littérale	38%
	Prouver	15%
	Déterminer un résultat à partir des données du problème	47%
Vérifier	Comparer	41%
	Confirmer un résultat	49%
	Démontrer	10%

Histogramme n°7 : pourcentage le plus élevé donné par sens de consignes



ANALYSE ET DISCUSION DES RESULTATS OBTENUS

L'histogramme n°7 montre que la consigne, la tâche à effectuer pendant une activité de classe, n'a pas la même signification pour les enseignants de sciences physiques. C'est le cas de la consigne « *Expliquer un phénomène* » où 45% des enseignants l'assimilent à « *donner leur point de vue* », 30% à « *faire comprendre le phénomène* », et 25% à « *dire le déroulement du phénomène* ». C'est aussi le cas de la consigne « *Exprimer l'énergie potentielle élastique en fonction de ...* » où 47% des enseignants définissent cette consigne par « *donner l'expression littérale de l'énergie potentielle élastique en fonction de...* », 38% des enseignants la traduisent par « *déterminer l'énergie potentielle élastique par les données du problème* », et 15% à « *prouver que l'énergie potentielle élastique s'écrit en fonction de ...* ».

Cependant, les consignes comme « *Définir* », « *Donner* », « *Calculer* », et « *Déterminer* » ont leur sens qui sont clairement définis par les enseignants, avec un pourcentage de 87% pour « *Donner* », 93% pour « *Définir* », 90% pour « *Calculer* », et 77% pour « *Déterminer* ». A ces consignes où leurs sens semblent être maîtrisés, il faut ajouter la consigne « *Quelle est ...* » liée à la valeur du paramètre à déterminer.

Ainsi, une des difficultés pour l'enseignant consiste le plus souvent à ne pouvoir pas faire repérer par les apprenants, dans le flux du texte ou du discours, les informations pertinentes qui doivent ou peuvent être intégrées dans une structure mentale et un contexte plus larges. Or les différents résultats montrent que l'enseignant n'est pas capable d'aménager et d'adapter le plus souvent possible le contenu et la forme c'est-à-dire le niveau langagier de son discours et des documents écrits qui lui servent de support. En outre, l'enseignant éprouve d'énormes difficultés à adapter ses propos afin d'établir avant tout un réel espace de communication entre les apprenants et lui.

Les résultats du tableau n°28 et l'histogramme n°10 montrent aussi que, sur le plan de l'oral, la difficulté se manifeste par l'impossibilité pour l'enseignant de s'adapter à l'auditoire par exemple en ajustant le niveau du vocabulaire et la syntaxe utilisés ; en intégrant des temps de pauses dans son débit verbal (temps de pauses qui sont autant de moments durant lesquels les apprenants vont pouvoir intégrer les nouvelles informations) ; en marquant l'importance de certaines informations (par l'intonation ou par des instructions orales comme « faites attention à ceci », « cela est très important », etc.) ou encore, en ignorant la gestion des reformulations, c'est-à-dire en étant volontairement redondant sans toutefois se répéter (ce qui est sans doute le plus difficile à réaliser...) ; et sur le plan de l'écrit, l'enseignant n'arrive pas à utiliser les nombreux indices d'aides à la compréhension qui peuvent être insérés dans les textes pour marquer et signifier au lecteur la contextualisation et l'importance des informations. Ces indices de compréhension peuvent être constitués par le titre, les sous-titres d'un texte, les mises en gras de certains mots, les soulignés, l'utilisation d'encadrés, de phrases offrant une synthèse des informations contenues dans une partie du texte ou quelques uns de ses paragraphes. De la même façon, le recours à des illustrations ou des graphiques dans un document écrit peut jouer un rôle facilitateur déterminant pour la compréhension des informations linguistiques.

Ces différents résultats renforcent notre hypothèse selon laquelle les compétences limitées des professeurs peuvent être à la base des difficultés de transmission des connaissances sur la notion d'énergie et renforcent les travaux de Bugental et Shennum, 1984 ; Sigel, 1986, 1984 ; Clark & Peterson, 1986 ; Tochon, 1993).

En définitive, ces différents handicaps obligent l'enseignant à privilégier l'aspect technique (calculs). En effet, l'aspect technique prend ainsi une importance exagérée par rapport au raisonnement lui-même et à l'aspect qualitatif d'un phénomène, pourtant essentiel à sa compréhension. Trop souvent les problèmes sont réduits à des tâches se résolvant aux calculs

numériques et celles exigeant un changement de registre sémiotique au sens de Duval (1993) viennent en dernier lieu. Les tâches nécessitant une explication à propos de certaines caractéristiques d'un système ou une comparaison entre différentes propriétés d'un ou plusieurs systèmes sont fortement minoritaires. En conséquence, les notions enseignées sont ainsi désincarnées et ne font pas suffisamment référence à des situations concrètes, réalistes et qui rejoignent les apprenants.

CONCLUSION

Il ressort de l'étude des difficultés rencontrées par les enseignants que celles-ci apparaissent au niveau du lexique courant. Cette étude interroge donc en partie sur le sens et la signification des mots couramment utilisés dans l'enseignement de l'énergie par les enseignants pour l'accomplissement des tâches qui sont demandées aux apprenants.

Comme nous avons constaté au niveau des apprenants, l'enseignement de l'énergie en particulier et des sciences expérimentales en général, présente des éléments qui hypothèquent dangereusement sa qualité, et ce dans les trois domaines pédagogique, technique et organisationnel. Ce qui fait qu'en général, les professeurs admettent qu'il ne leur est pas possible d'enseigner les disciplines scientifiques dans de bonnes conditions. Tous mettent en cause l'absence de matériel, d'autres également l'absence de documentation et d'initiation aux nouvelles technologies.

Ces différents éléments en plus de ceux ignorés par les enseignants (les méthodes pédagogiques utilisées, ignorance au niveau de l'existence des procédés didactiques plus efficaces même en absence de supports didactiques) font que l'enseignement de l'énergie passe mal, et les apprenants pour passer en classe supérieure se sentent obligés de se réfugier dans l'apprentissage par « cœur ».

QUATRIEME PARTIE

**PRESENTATION ET ANALYSE DES OUTILS DE
CONNAISSANCES LOCALES ET LEURS MODELISA-
TIONS COMME STRATEGIES DE REMEDIATION AUX
OBSTACLES**

Depuis quelques années, la référence aux outils de connaissances locales et leurs modélisations dans l'enseignement des sciences physiques, notamment l'enseignement de l'énergie, est sollicitée pour l'utilisation à des fins pédagogiques. Au niveau international, plusieurs études ont été publiées à cet égard. Celles-ci contiennent des réflexions qui incitent à l'inspiration des modélisations des outils de connaissances locales comme stratégies pour remédier aux difficultés que rencontre l'enseignement de l'énergie.

Dans certains pays, notamment en France, il y a eu même une incitation officielle à introduire la modélisation des outils de connaissances locales dans l'enseignement des sciences physiques. C'est d'ailleurs dans cet esprit qu'a été construit le nouvel enseignement de l'énergie en classe de 1^{ère} S qui est ainsi présenté dans les textes officiels (Bulletin Officiel de l'Éducation Nationale : BOEN, 1994) : *« il est donc proposé de partir des premières idées des élèves sur l'énergie, pour amener ceux-ci à mettre en place le vocabulaire scientifique. Le principe de conservation est alors posé et annoncé comme régissant toutes les analyses énergétiques qui seront envisagées par la suite, en physique, en chimie comme en sciences de la vie. L'analyse des chaînes énergétiques, et leur présentation sous forme d'un schéma conventionnel, est exploitée à chaque occasion possible tout au long de l'année. »*

A ce stade, la plupart des élèves ont conceptualisé les différentes formes d'énergie et les modes de transfert ainsi que le bilan effectué sur le système qu'ils ont appris à choisir. Il devient alors possible d'étudier les relations permettant les calculs : le modèle qualitatif peut céder la place à un outil de connaissances locales quantitatif.

Au niveau national, on constate une prise de conscience grandissante du rôle que peuvent jouer les outils de connaissances locales et leurs modélisations dans l'enseignement des sciences physiques. Plusieurs indices témoignent de cet intérêt. Tout d'abord, la mise sur pied au niveau Africain d'un groupe de réflexion pour promouvoir les sciences physiques et technologiques (GRIA). Ce qui va aboutir après les années 1990, à la confection d'un manuel nommé GRIA. Ce manuel selon ses auteurs, vise non seulement à l'acquisition des langages et au développement d'attitudes scientifiques, mais aussi et surtout à l'élaboration des outils de connaissances locales. Et ensuite, le fait d'en faire un axe privilégié au niveau de l'Inspection Générale des sciences physiques.

Dans ce dernier cadre, les rencontres pédagogiques entre inspecteurs, conseillers pédagogiques et enseignants de sciences physiques sont organisés pour l'utilisation des outils de connaissances locales et leurs modélisations dans l'enseignement comme une possibilité d'innovation pédagogique.

Les indices relatés ci-dessus témoignent donc d'une conviction que l'utilisation des outils de connaissances locales et leurs modélisations ne peut être que bénéfique. Ils montrent aussi qu'il y a un besoin réel et une prise de conscience de la part des enseignants et des inspecteurs de l'apport des outils de connaissances à l'enseignement des sciences physiques, notamment l'enseignement de l'énergie.

Cette dernière partie de notre travail se compose de deux phases. Dans la première phase, est faite une présentation des outils de connaissances locales et leurs modélisations. Et dans la deuxième phase, nous analyserons ces outils après les avoir présentés.

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

Chapitre VIII

**PRESENTATION DES OUTILS ET LEURS
MODELISATIONS**

CODESRIA BIBLIOTHEQUE

L'énergie est un concept qui fait couler beaucoup d'encre au sein de la communauté des chercheurs en didactique durant ces deux dernières décennies (Tiberghien, 1986 ; Robardet &Guillaud, 1997). Selon ces différents auteurs, les difficultés d'acquisition du concept Energie tiennent surtout aux spécificités de cette notion. Contrairement à la Force qui est une grandeur non transférable et non conservée et décrit un certain type de relation entre systèmes, l'Energie est une grandeur transférable et conservée décrivant un système.

Les difficultés éprouvées par les élèves dans l'acquisition des notions et par les enseignants dans la transmission de ces notions en sciences physiques, sont souvent attribuées à une insuffisance de la maîtrise des connaissances par ces derniers. Nous pensons en revanche que ces difficultés sont aussi dues au fait que d'une part, les élèves ne maîtrisent pas le langage scientifique : or, comme disait Bachelard (1938), pour être entendu dans la cité scientifique, il faut parler scientifiquement le langage scientifique en traduisant les termes du langage commun en langage scientifique ; et d'autre part, ils ne sont pas initiés aux processus intellectuels spécifiques à la physique, notamment les activités de modélisation lesquelles doivent être basées sur l'utilisation de nos outils issus de notre éducation traditionnelle.

Comme on le voit, ce n'est pas seulement la notion d'énergie elle-même qui engendre des difficultés d'apprentissage mais la façon dont elle est enseignée, conceptualisée, qui peut être liée à la façon dont l'enseignant la conçoit et l'apprenant la reçoit.

En regardant du côté des manuels d'enseignement (GRIA, 1996 ; AREX, 1999), nous constatons que l'énergie est introduite non seulement en tant que concept dérivé du travail mais aussi et surtout en tant que fonction des grandeurs observables qui décrivent le champ mono phénoménologique d'application du concept d'énergie.

La parcellisation des expériences, le cloisonnement des enseignements et la division des opinions font que l'énergie est le reflet de trois miroirs brisés. Ainsi, la catégorisation de l'énergie (énergie cinétique, potentielle, électrique,...) est à l'origine de certaines conceptions d'origine anthropomorphique. Dans la même veine, Lemeignan et Weil-Barais (1993) affirment que lorsqu'on introduit des classifications au début de l'enseignement d'une grandeur physique observable comme l'énergie, on renforce implicitement chez les élèves l'idée selon laquelle les concepts de la physique sont de même nature que ceux avec lesquels ils sont familiers soit dans le langage courant (table, voiture...) soit en sciences naturelles (arbre, mammifères, vertèbres...). En effet, l'assimilation de l'énergie à un concept catégoriel est d'autant plus aisée surtout que

l'énergie est désignée par un vocable familier ayant une polysémie accentuée dans le langage quotidien.

Ainsi, pour les élèves dans l'apprentissage des concepts clefs de la physique, nous pensons qu'il est souhaitable de s'appuyer sur les outils de connaissances locales, à partir desquels l'enseignant doit transmettre aisément aux élèves le sens conventionnel du concept d'énergie.

En fait, nos connaissances sont éclatées, entre trois sources différentes et mal articulées entre-elles : l'expérience vécue, l'enseignement et les médias.

- L'expérience vécue présente l'avantage d'être concrète, mais l'inconvénient est qu'elle est limitée et fragmentaire. L'essence vient de la station service. L'électricité de la prise de courant. Le gaz de chez le mauritanien. Au-delà c'est le mystère. Les produits et les appareils que nous utilisons tous les jours cachent la source d'énergie, la font oublier.
- L'enseignement est divisé en différentes disciplines. Nous apprenons, en cours de physique, l'énergie cinétique, le théorème de Carnot, les Joules et les Watts. En histoire, l'invention de l'agriculture, de la voile et de la machine à vapeur. En géographie, les gisements des Etats-Unis, le pétrole du Moyen-Orient. En économie, les facteurs de production les coûts, la croissance et les crises. Sans faire obligatoirement le lien entre toutes ces matières littéraires ou scientifiques.
- Les médias, nous retenons surtout le côté spectaculaire des événements. Un pétrolier échoué. Un accident dans une mine de charbon. Une manifestation anti-nucléaire.

Face à ces connaissances éclatées, notre but est de donner une nouvelle approche de l'enseignement de l'énergie ; laquelle doit être basée sur notre éducation traditionnelle. C'est-à-dire une approche de l'enseignement de l'énergie en classes de 3^{ème} et 1^{ères} scientifiques devant se faire à partir des contes, des jeux, du mythe des origines, des dessins et des proverbes.

Il s'agit donc d'apporter, avec la connaissance d'une « langue venue d'ailleurs », des schèmes mentaux spécifiques à cette langue, une manière différente de dire et, partant, de vivre le monde et, dans le même temps, de ne pas arracher l'élève ivoirien à sa culture native, à un imaginaire collectif et prégnant qui exprime « *l'âme nègre* ».

L'objectif d'un tel enseignement serait d'élaborer un enseignement adapté aux attentes, aux besoins et surtout à la personnalité collective des élèves.

L'adaptation des contenus d'enseignement de l'énergie aux univers mentaux des élèves consiste à faire de la « pédagogie convergente », c'est-à-dire se faire Nègre avec les Nègres, afin de gagner leur adhésion à la conceptualisation de l'énergie.

Avant d'analyser les différents éléments de l'éducation traditionnelle, nous décrirons comment celle-ci fonctionne en Afrique.

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

I- ASPECT HISTORIQUE DE L'EDUCATION EN AFRIQUE

En Afrique, l'éducation est fondée sur un système d'intégration globale. Elle se donne en tout temps, partout et par tous. L'éducation traditionnelle est tournée vers une formation globale, incluant à la fois l'être physique et spirituel et prend donc en compte la totalité de la personne. Elle se confond pratiquement avec la vie concrète du groupe. Il n'y a ni scolarité ni vacances ni diplômes puisque la formation consiste en une imprégnation de tous les instants.

Dans un tel système éducatif où tout est basé sur la tradition orale, comment les enfants apprennent-ils et de quelles manières les apprentissages sont-ils réalisés ?

Nous allons centrer notre réflexion autour des points suivants : apprentissages ritualisés, les apprentissages de l'ordre du commun, et les procédures de transmission et d'acquisition des connaissances.

I-1. APPRENTISSAGES RITUALISES

Dans les sociétés négro-africaines, les rites et leur déroulement sont fondamentaux. Ils déterminent l'enfant et prépare ce dernier à entrer dans la société des adultes pour s'y intégrer.

Avec ces rites initiatiques, les choses se passent différemment et le temps qu'ils durent participent du sacré et est même autrement plus spécialisé que le temps scolaire à l'occidentale.

Relevant de la responsabilité de toute la parenté et même du groupe social tout entier, dans le village, l'éducation traditionnelle est assurée par les aînés (Moumouni, 1964). Tous les aînés ont un rôle prépondérant à jouer dans la transmission de tous les savoirs à l'exception de ceux reliés à des métiers spécialisés (forgerons, tisserands, griots, guérisseurs, sculpteurs, etc.). L'acquisition de savoirs se fait naturellement sous la direction d'aînés ayant eux-mêmes la maîtrise de leurs métiers. Cette éducation débouche sur une totale intégration de l'individu. L'enfant est ainsi précocement intégré à la production grâce à ce qu'on peut appeler une pédagogie de la participation et de la responsabilisation. Par exemple, l'enfant qui doit participer au labour des champs aux côtés de son père et d'autres adultes, labore réellement avec un vrai outil (il ne fait pas semblant). Même si les parents n'attendent pas vraiment une performance de la part de l'enfant, ils s'attendent à ce qu'il s'applique à exécuter ce qu'il fait. Cette attitude valorise en même temps qu'elle responsabilise l'enfant qui ne peut du reste qu'apprendre avec amour et respect.

C'est naturellement à partir des représentations qu'ils se font de l'enfance en termes de significations, que les adultes des sociétés africaines éduquent leurs enfants. Cette éducation traditionnelle vise à produire un être devant posséder des compétences cognitives et sociales dont la seule justification semble être le bien de la collectivité (Erny, 1968).

Certains apprentissages sont ritualisés. Ainsi, chez les Bambara du Mali et les sociétés lagunaires de Côte d'Ivoire (Adioukrou, Abouré et Attié) l'apprentissage se fait par l'appartenance à une certaine classe d'âge groupant les enfants ayant reçu leurs initiations en même temps.

L'institution des sociétés d'initiation joue le rôle de structure sociale fondamentale. Ce qui se passe au niveau de l'adulte, l'accession à la sagesse à travers une série d'initiations qui le prennent à partir de sa circoncision se reflète au niveau des enfants, dans la société des circoncis appelé « n'domo » au Mali. Cette société officielle, nécessaire au plein épanouissement de la personne est subdivisée en cinq classes : la classe des lions (l'homme est supposé à la manière du lion qui de ses griffes gratte le sol et déchire sa proie, creuser avec son esprit les mystères du monde pour atteindre la vérité), la classe des crapauds (le crapaud qui donne son nom à cette deuxième classe est censé avoir deux vies et subir une métamorphose), la classe des oiseaux (l'oiseau, être aérien symbolise ce qui, dans l'homme est immatériel), la classe des pintades (la pintade se caractérise par sa vitalité, son énergie, son instinct maternel), la classe des chiens (le chien évoque la manifestation de l'homme sur le plan des relations sociales).

I-2. LES APPRENTISSAGES DE L'ORDRE DU COMMUN

Faisant partie des savoirs quotidiens, la connaissance de l'environnement se fait à l'aide de l'adulte. L'adulte contrôle l'esprit d'observation et d'acquisition des connaissances par des épreuves, des questions, des attrapes « nigos ».

Pour s'assurer de la mémoire et de la faculté d'observation d'un jeune Gikouyou¹, on mélange deux ou trois troupeaux différents et on lui demande de rassembler le sien.

On peut aussi cacher des bêtes et demander à l'enfant de les retrouver à la trace, puis on note ses réactions et on ne lui fait aucune remontrance en cas d'erreur, il doit simplement recommencer, l'objectif étant le succès à l'épreuve.

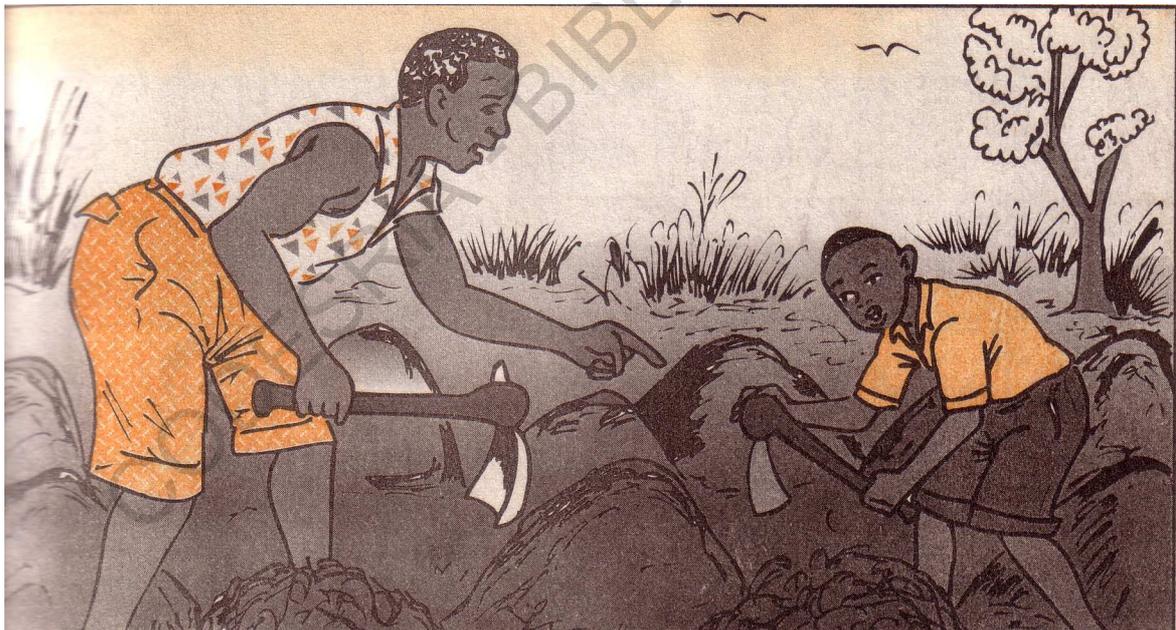
Le contrôle de l'intelligence chez le négro-africain se fait à partir des devinettes et les énigmes qui sont du genre « jeu de cache-cache par la parole » auquel se livrent grands-parents et petits enfants.

1. Groupe ethnique au sud de l'Afrique.

Dans la société négro-africaine, à partir de l'âge de six (6) ans, l'enfant apprend auprès de son père en l'accompagnant à la chasse, à la pêche, au marché, au champ, à la place des palabres, etc. Avec ses camarades, l'enfant va à la chasse aux oiseaux et aux petits rongeurs. Il apprend à connaître un très grand nombre de bêtes et d'herbes nuisibles, et il sait très tôt identifier par leur nom de multiples espèces de champignons et de chenilles comestibles.

En Afrique, comme ailleurs, l'acquisition des connaissances n'est pas innée, ni intuitive. Elle résulte d'un processus d'apprentissage.

La connaissance du monde de l'outil, artisanal, agricole, pastoral, ménager ou artistique, se réalise aux côtés de l'adulte, et au sein d'un groupe d'enfants. Le jeune Mukongo¹ apprend dès l'âge de six (6) ans de son père ce qu'un homme doit connaître. Le père lui montre comment fabriquer les outils de pêche, de chasse, de labour, etc. Il apprend à soigner le bétail, à manier la pirogue. Au champ, le père fait sarcler l'enfant à ses côtés avec une houe miniature spécialement confectionnée pour ce dernier. L'adulte montre, incite à l'imitation, aide mais n'accomplit jamais à la place de l'enfant. Les outils miniatures ne sont pas des jouets mais de vrais outils, conçus pour être maniés par l'apprenant.



Dessin n°1 : Un enfant en apprentissage auprès de son père

La connaissance de la parenté, des modes de salutation et des règles morales et de bonne conduite représentent la pièce maîtresse de l'initiation aux coutumes. Il s'agit de savoir chez qui on peut manger, à qui on peut demander l'hospitalité au cours d'un voyage, la conduite adoptée en présence des ressortissants de tel groupe social.

1. groupe ethnique localisé en Afrique centrale.

Chez les Baoulé¹ de Côte d'Ivoire le découpage et la répartition d'un animal domestique tué lors d'une cérémonie de même que celui d'un gibier après une partie de chasse suit toujours des règles sociales minutieuses et s'opère en présence d'un aîné car tout ceci demande un apprentissage.

Chaque morceau a son attribution particulière et tient non seulement compte du droit d'aînesse mais aussi et surtout des obligations sociales qui découlent du système de parenté.

Par imitation, l'enfant apprend les différentes formes de salutations et d'invectives. Celles-ci varient en fonction des personnes visées et des contextes. Les règles de conduite assimilées sans réticence ont en apparence un caractère obligatoire, mais tiennent entre elles et se renforcent (Dembélé, 1997).

La maîtrise de la parole chez l'apprenant s'acquiert d'abord auprès de la mère qui lui apprend les premiers éléments de vocabulaire, de diction et de grammaire implicitement. Après l'âge de quatre (4) ans, une part importante du vocabulaire est acquise au contact des adultes et des autres enfants. Il s'agit notamment du langage propre aux jeux et de celui des subtilités des différences dialectales et des « moqueries du village ». La maîtrise du verbe se fait à partir des chants qui occupent une place importante dans le répertoire de la littérature orale africaine. Le chant est même défini par certains comme étant « la parure » du verbe. Les chants interviennent à tous les moments de la vie, surtout à l'occasion des cérémonies rituelles telles que les moissons et les circoncisions.

On réprime par le rire et la raillerie toute erreur pour amener l'enfant à parler correctement sans être offusqué.

Très fréquemment en Afrique, c'est le père qui instruit les fils et la mère, les filles. Dans certaines sociétés, l'oncle utérin joue un rôle plus important que le père auprès du garçon, celui-ci étant plus libre avec lui qu'avec son père. Le jeune garçon qui accompagne son père ou son oncle au champ, à la chasse ou à la pêche, la fillette qui aide sa mère, qui se rend avec sa mère au puits, reçoivent non seulement une instruction technique mais toute sorte d'informations sur le milieu naturel ou la vie sociale, dont le prétexte est généralement trouvé dans la tâche qu'ils sont en train d'accomplir ou les rencontres faites en chemin.

1. groupe ethnique vivant au centre de la Côte d'Ivoire.

C'est aux grands-parents, qu'il incombe le plus la transmission de la tradition aux enfants, en raison de la sagesse acquise par l'âge et en raison de leur disponibilité. Ils apparaissent partout comme des agents éducatifs importants dans les domaines qui n'ont pas directement trait à la productivité, en particulier dans l'enseignement oral. Leur rôle est véritablement notable au plan de l'intégration sociale proprement dite. Ils servent de trait d'union entre le passé et le présent. C'est souvent chez eux que va habiter le petit enfant après le sevrage ou quand, à l'âge de 4 ans, il commence à reconnaître les choses et à poser des questions.

La transmission orale des connaissances est assurée par la grand-mère. En effet, dans toutes les sociétés, la grand-mère est ce personnage caractérisé par une grande tolérance, une expérience humaine qui en fait la « bibliothèque humaine ». Dans l'Afrique traditionnelle, la grand-mère était la seule habilitée à parler ouvertement de sexe aux enfants, qui en profitaient pour poser toute sorte de questions.

Après cette période d'apprentissage auprès de l'oncle, des grands-parents, de la mère et du groupe d'appartenance de l'enfant, le père assure l'approfondissement du savoir, du savoir-faire et du savoir-être de l'enfant à travers les contes, les proverbes et le mythe des origines de la communauté. Au village, autour du feu, sous l'arbre de la cour familiale, le père transmet à ses enfants non seulement son patrimoine littéraire, juridique ou religieux, mais aussi toute une tournure d'esprit et une forme de sensibilité.

Tel que cela apparaît, l'éducation traditionnelle est fondamentalement tournée vers une connaissance de l'environnement proche (Dadié, 1980), et en relation étroite avec les besoins de la société et les options de la communauté. Les contes, les proverbes et le mythe des origines ne s'acquièrent pas selon un calendrier précis mais cela est laissé à l'appréciation de l'adulte qui sait plus que quiconque le moment propice pour les séances d'apprentissage.

Il convient de noter qu'en Afrique tout vieillard peut intervenir dans la transmission de la tradition, qu'il soit ou non le grand-parent de l'initié. Les personnes âgées sont des sources toujours disponibles qui, dégagées des corvées quotidiennes, peuvent mettre leur expérience et leur mémoire au service de l'éducation des enfants.

I-3. LES PROCEDURES DE TRANSMISSION DES CONNAISSANCES

En Afrique traditionnelle, la transmission des connaissances se fait à travers les mythes, contes, proverbes ou les jeux d'enfants.

Un conte, avait coutume de dire Amadou Hampâté Bâ, c'est le message d'hier, destiné à demain, transmis à travers aujourd'hui.

Les mythes, contes, légendes ou jeux d'enfants, précisait-il, ont souvent constitué, pour les sages des temps anciens, un moyen de transmettre à travers les siècles d'une manière plus ou moins voilée, par le langage des images, des connaissances qui reçues dès l'enfance, resteront gravées dans la mémoire profonde de l'individu pour ressurgir peut-être au moment approprié, éclairées d'un sens nouveau. Si vous voulez sauver des connaissances et les faire voyager à travers le temps, disaient les vieux initiés bambaras, confiez-les aux enfants (A. Hampâté Bâ, 1985).

Comme nous le constatons, dans l'Afrique traditionnelle, le conte n'était pas seulement récréatif, mais un support de formation et d'enseignement s'adressant à tous les âges. Le conte peut être raconté aussi bien à des enfants que développé à des savants. Il n'y a pas de séparation entre ces différents sens. Ils s'imbriquent les uns dans les autres ; il n'y a pas non plus de systématisation.

Les maîtres conteurs pouvaient introduire librement des développements éducatifs au fil du récit. En effet, les conteurs traditionnels qualifiés ont coutume d'entrecouper leurs récits de nombreux développements instructifs. Chaque arbre, chaque animal peut faire l'objet de tout enseignement à la fois pratique et symbolique. Selon le moment, l'âge ou le niveau d'attention de son auditoire, le conteur peut contracter le conte et le réduire à l'essentiel, ou le développer à l'infini...

Le conte n'est jamais systématique, mais lié aux circonstances de la vie. Lorsqu'un maître se promène dans la brousse avec un groupe d'enfants, petits ou grands, chaque détail, chaque élément rencontré sur le chemin : une plante, un baobab, une colonne de fourmis, une termitière, peut donner lieu à tout un enseignement non seulement d'ordre pratique ou scientifique, mais d'ordre moral ou social, voire initiatique. En effet, toute chose est porteuse de symbole et constitue langage à déchiffrer. « Tout ce qui est, enseigne en une parole muette. La forme est langage. L'être est langage. Tout est langage. » (A. Hampâté Bâ, 1976).

Les grands contes traditionnels peuvent être entendus à plusieurs niveaux, dont les plus profonds ne se dévoilent qu'avec le temps, ou l'aide d'un maître. Au premier niveau, les contes visent à distraire les enfants et les grands : mais pour les enfants, qui le racontent à leur tour ou plutôt le "jouent" devant leur famille ou leurs petits camarades, il constitue aussi un apprentissage du langage et de certains mécanismes de pensée. A un autre niveau, le conte est un support d'enseignement pour l'initiation aux règles morales, sociales et traditionnelles de la société, dans la mesure où il révèle ce que doit être le comportement humain idéal au sein de la famille ou de la communauté. Enfin, le conte est dit initiatique dans la mesure où il illustre les attitudes à imiter ou à rejeter, les pièges à discerner et les étapes à franchir lorsqu'on est engagé dans la voie difficile de la conquête et de l'accomplissement de soi.

Comparativement aux contes ou tout autre support de transmission de connaissance dans la tradition africaine, les proverbes offrent un condensé, exprimé souvent de manière poétique, de l'expérience humaine et de la vision du monde locale. Dans de nombreuses traditions culturelles, le terme "proverbe" lui-même en est l'illustration. Dans la langue *haoussa* par exemple, le terme qui désigne le « proverbe » est "*karin magana*", qui littéralement veut dire "parole, (discours) enveloppé". En pays Agni de Côte d'Ivoire, le concept de proverbe est rendu par « *agnindra* » qui signifie "ce qui ne se perçoit pas à première vue", ce dépasse les yeux.

Les proverbes, en Afrique comme ailleurs, sont en fait des formes d'expression délicatement forgées, dont les significations sont en quelque sorte étroitement intercalées, créant des associations entre des domaines d'expression apparemment disparates, jetant une lumière nouvelle sur les événements et les perceptions.

Les contes, les mythes africains, proverbes... considérés comme les symboles oraux et graphiques, ces supports de transmission de la connaissance constituent pour les Africains comme une "véritable pédagogie orale".

I-4. LES PROCESSUS D'ACQUISITION DES CONNAISSANCES

Le processus pour l'apprentissage des habiletés et des valeurs traditionnelles est fondamentalement le même sous toutes les latitudes où règne un système d'éducation traditionnelle. Les étapes ne sont pas linéaires et orthonormées, ni écrites dans un livre.

Dans un système où tout est basé sur la tradition orale, l'observation est une étape importante du processus d'apprentissage. C'est en regardant attentivement l'activité exercée par l'adulte puis en procédant par essais répétés que l'apprenant acquiert des habiletés. Comme le fait remarquer Dasen (Dasen, 1988), la personne qui transmet un savoir ou un savoir-faire se concentre sur son œuvre et travaille soit en silence, soit en parlant à l'apprenant. Pour captiver l'attention de l'apprenant, l'adulte qui enseigne raconte des histoires au sujet d'ancêtres habiles dans ce qu'ils pratiquaient.

Après cette période d'observation et en fonction de l'intelligence de l'apprenant, évaluée selon son comportement, ses questionnements et ses prises de parole, celui-ci passe à l'épreuve. Il s'essaie avec l'aide de l'adulte. Lorsqu'il commet une erreur ou éprouve quelque difficulté, l'adulte le reprend calmement en attirant son attention sur l'erreur à éviter désormais.

Les connaissances sont aussi transmises par les professionnels de la parole : les griots. Le griot a de tout temps été considéré comme le détenteur de la parole et la mémoire sociale du groupe. Il retient les faits et les événements importants de son temps mais aussi des temps passés, que ses

pères lui ont confiés pour qu'il les restitue aux générations futures. C'est ainsi qu'en véritable professionnel de la parole, le griot veille à leur bonne transmission. On fait appel à lui lors des événements importants pendant lesquels il ne se fait pas prier pour restituer la généalogie d'une famille donnée au son de la 'kora' ou d'un autre instrument de musique selon le type de société. Périodiquement, de grandes réunions à caractère ésotérique rassemblent les griots initiés pour des récapitulations de l'histoire des peuples. Lors de ces cérémonies, les plus jeunes d'entre eux acquièrent de nouvelles connaissances. Les aînés leur présentent des sites sacrés, des tombes ou d'anciens autels, leur apprennent les systèmes de décompte du temps pour chaque ethnie et les formes anciennes des langues qui permettent aux chefs des sous-groupes de se comprendre.

Tel que cela transparait, tout apprentissage a un sens pour l'apprenant puisque toutes les différentes activités sont prises dans son environnement et pour un usage en vue d'une meilleure adaptation au milieu.

II- LA CONCEPTUALISATION DE L'ENERGIE PAR LES APPRENANTS

L'enseignement traditionnel en Afrique, comparativement à celui de l'Occident, repose sur les activités quotidiennes prises dans l'environnement de la population. Cet apprentissage basé sur l'observation, se fait à travers les veillées de contes autour du foyer, les danses et les chants, les jeux, des proverbes, les drames et les comédies qu'éclairent les hautes flammes du feu, allumé spécialement pour la soirée de contes.

C'est au moyen de ces différents modes de transmission des informations que les notions, les théories ou autres connaissances sont véhiculées.

L'enseignement traditionnel ne se faisant pas à partir d'un programme avec différents chapitres ordonnés comme c'est le cas ailleurs, on peut avoir l'impression que la notion d'énergie n'a pas une place importante dans l'éducation traditionnelle et que toutes les connaissances acquises à ce niveau par l'Africain résulteraient de son apprentissage sur cet objet d'enseignement à l'école occidentale. Mais à voir de près, on découvre à travers les principes généraux de l'éducation traditionnelle une place remarquable à la notion de l'énergie dans l'éducation du Négro-Africain à travers les contes, les proverbes, le mythe des origines et les jeux de la vie courante.

A travers cette éducation, le Négro-Africain développe de façon implicite toutes les théories sur la connaissance des manifestations de l'énergie que sont la chaleur, la force, le travail, la lumière, le feu, et la puissance.

Dans la vie courante, le principe de l'énergie est utilisé pour des raisons d'hygiène, de conservation et de thérapeutique.

Cet apprentissage à partir de la langue française et d'un univers mental exogènes par l'utilisation de contenus endogènes à travers les mythes, contes, fables, proverbes et devinettes qui peuplent les veillées, nécessite la maîtrise des contenus endogènes. Il s'agit de créer un monde où se côtoieraient l'imaginaire et le réel, la fantaisie et le sérieux, le rêve et l'apprentissage.

C'est naturellement à partir des contes, des proverbes, le mythe des origines et les jeux que les adultes des sociétés traditionnelles éduquent leurs enfants. Comme tous les autres systèmes d'éducation, le système éducatif traditionnel en Afrique Noire a pour but de produire un idéal d'enfant. Mais comment cet enfant sorti du moule de la culture négro-africaine conçoit t-il l'énergie ? La réponse à cette interrogation nous amène à articuler cette partie de notre travail autour des points suivants : d'abord, la conceptualisation de l'énergie à travers les contes ; ensuite à travers les proverbes ; le mythe des origines ; et enfin sa conceptualisation à travers les jeux.

II.1. LA CONCEPTUALISATION DE L'ENERGIE A TRAVERS LES *CONTES*

Un *conte*, avait coutume de dire Amadou Hampâté Bâ, c'est le message d'hier, destiné à demain, transmis à travers aujourd'hui.

Le *conte* est l'élément le plus connu de la tradition orale. Il est généralement défini comme un récit d'aventures imaginaires à vocation didactique.

Il est populaire, c'est-à-dire créé par et pour le peuple : il naît et vit de la collaboration entre le peuple auditeur et le conteur respectueux de son idéologie, de sa culture. Traditionnellement, il se transmet oralement de génération en génération. Il dépend étroitement de la culture et de la géographie physique du peuple qui l'a produit.

Il est généralement dit aux jeunes par les anciens, la nuit ; la nuit étant plus propice au rêve et à l'imagination créatrice, et l'esprit est plus libre après les travaux et les soucis diurnes.

Le *conte* (ou *soalem wokdo* en Moose) africain en tant que production collective est un espace de rencontres, d'échanges et distraction. Au cours des soirées de contes, les frontières sociales disparaissent et de manière indifférenciée, les hommes, les femmes, les enfants, les notables, les indigents, les riches, les handicapés, les jeunes et les vieux se retrouvent égaux devant le conte.

Dans l'Afrique traditionnelle, en effet, le *conte* n'était pas seulement récréatif, mais un support de formation et d'enseignement s'adressant à tous les âges.

Ainsi, dans les *contes*, le Négro-Africain a une série de leçons sur les manifestations de l'énergie et quelquefois sur sa nature. En effet, les thèmes d'instruction fournis par les contes ont une signification symbolique laquelle est utilisée sur plusieurs plans : connaissance de la nature, morale, comportement social...

Les *contes* traditionnels africains mettent souvent en scène des animaux et les qualités qu'on veut inculquer aux enfants. Ils portent sur :

- a) La prudence indispensable à leur survie, la bonne mémoire, la générosité, la pudeur.
- b) La ruse sous une forme ou une autre parce qu'elle est indispensable pour se défendre contre les forces brutales et malfaisantes de l'environnement.
- c) Une bonne compréhension de la société dans laquelle ils sont appelés à vivre, notamment les attitudes et comportements de ses membres.
- d) La connaissance de l'environnement, de la nature.
- e) La dignité.

Le conte, à la différence du mythe ou de la légende, a le mérite d'aborder des questions graves dans un langage ludique.

Nous allons montrer comment à travers les contes, les manifestations de la notion d'énergie sont mises en évidence :

- **La découverte du feu (énergie calorifique)**

Dans toutes les cultures africaines, la découverte du feu a été présentée de deux façons. A partir :

- a) **De la résultante du choc de deux (2) pierres comme cela transparait dans ce *conte* Akan¹ ;**

En effet, il y a longtemps, très longtemps, chasser les animaux ne se faisait ni à l'arme à feu, ni aux pièges ; la chasse se pratiquait à l'aide des jets de pierres.

1. Akan : groupe social vivant en Afrique occidentale : Côte d'Ivoire, Ghana, Togo, Bénin, Nigeria.

On allait donc dans la savane ou dans la forêt, on déterminait une portion bien délimitée et par jets de pierres on délogeait les animaux qui sont tués par attroupement.

Mais, il y a eu une année où tout était insupportable pour ces habitants du village « moayé ». Cette année-là, la saison sèche fut très dure à supporter. Les herbes et les feuilles des arbres étaient desséchées. Le gibier était devenu rare ; la chaleur suffocante et épuisante avait rendu encore plus difficile la chasse.

Harassée, exténuée, amaigrie, cette paisible population croyait à sa fin tant la vie était devenue dure pour elle.

Consternés, les habitants de « moayé » se regardaient avec désolation. Était-ce un mauvais sort de « Nyamien » ? Était-ce un mauvais génie qui était fâché contre eux ?

Face à ces interrogations, et pour la première fois, le komian¹ parla : « comme dit le sage, les moments de doute et de désespoir ont toujours été suivis de renaissance, bientôt une grande découverte va se faire, et chacun mangera mieux, mais à condition qu'il choisisse en plus d'un jour de la semaine où il ne doit pas faire des travaux champêtres et se coucher dans la même chambre que sa femme. Il doit offrir en sacrifice ce qu'il a de plus précieux. Et si tout est respecté, l'un d'entre nous deviendra robuste et à la prochaine chasse, quelque chose de mystérieux se produira.

Le komian, plus explicite préconisa qu'on offre en sacrifice la plus belle femme mariée du village. Et la plus belle femme mariée de Moayé se nommait « Sihi ». Malgré ses nombreux accouchements (50), « Sihi » était restée égale à elle-même : démarche majestueuse et allure fière, épaules proportionnées, teint noir d'ébène, cou strié de plusieurs cercles.

Le mari, effrayé, serra son épouse sur son cœur et lança cette phrase : « toi, komian, tu es comme la porte. Tu vois l'intérieur et l'extérieur de la maison. Pour le bonheur de toute la population, j'accepte de donner ma femme en sacrifice ». Aussitôt dit, aussitôt fait « Sihi » disparut comme l'air sans trace.

Le troisième jour après les cérémonies, la chasse reprit de plus belle. Mais ce jour-là, le mari de « Sihi » devenu robuste comme un éléphant, souleva une pierre pesant plus d'une tonne à l'aide d'une seule main, leva la tête et la lança en direction d'un animal aperçu sur les feuilles mortes, percuta violemment une autre pierre et de ce contact jaillirait des étincelles qui donnèrent au feu. Ce feu devint, avec la présence des feuilles mortes et herbes sèches de grandes flammes.

2. Komian : prêtre de la religion traditionnelle akan. Il est doué de clairvoyance et de claire audience.

Apeurés, les habitants fuyaient dans tous les sens. C'est plus tard qu'ils se rendirent compte des bienfaits de ce feu.

b) Des feux naturels initialement récupérés lors d'incendies de forêts et savanes dus à la foudre ou après des éruptions volcaniques.

En fait, l'analyse des différents contes faisant référence à la découverte du feu fait ressortir que Nyamien (DIEU), pour donner le pouvoir à l'Homme en vue de diriger tous les animaux, lui donna le feu à partir des éléments naturels que sont la foudre et les éruptions volcaniques.

Ce feu naturel dû à la foudre ou aux éruptions volcaniques remonte au Paléozoïque, ère où apparaissent les formations végétales non marécageuses.

Selon Perles (Perles, 1977), la découverte du feu et de ses principales applications intervient seulement au Paléolithique, il y a un million d'années. A cette époque le feu est essentiellement une source de chaleur et de lumière. Son apport énergétique permet la cuisson des aliments et certaines applications techniques telles que le durcissement des épieux en bois, la cuisson de figurines et de poteries en argile, le séchage des peaux. En plus, le feu est aussi utilisé comme arme d'attaque pour la chasse comme outil de transformation du cadre végétal par le brûlage à feu courant des formations herbeuses, débrouillage, abattage des arbres. Cet outil est devenu une composante de l'environnement et prend vraiment de l'ampleur au Néolithique avec l'apparition des premières civilisations agraires. Ces dernières, d'ailleurs, contribuent au recul des forêts pléistocènes des régions tempérées et tropicales.

- **Le mérite de la fille du roi (*conte agni de l'indénié*¹) (la vitesse)**

Dans ce *conte*, il est montré comment le cheval a pu épouser la fille du roi, à cause de sa rapidité. Ecouter le conteur raconter...

Autrefois, sur la terre, vivaient les animaux et les hommes en harmonie dans le même village. Le mariage pouvait comme aujourd'hui se faire entre animaux, entre hommes-hommes, mais en plus de cela entre les animaux et les hommes.

¹ Indénié : royaume situé à l'est de la Côte d'Ivoire, couvrant le département de Abengourou

Dans cette société naquit la fille d'un roi, qui fut baptisée « *Blaclaman* ». La nature avait joué en sa faveur ; elle était élancée et tout semblait avoir été minutieusement dessiné sur son corps, de façon géométrique. Elle avait une démarche majestueuse et fière. *Blaclaman* avait un visage allongé, installé sur un cou strié de plusieurs cercles, des épaules proportionnées qui inscrivaient un carré sur son beau corps de sirène. Son buste modelé portait sur la poitrine deux fruits bien pleins et bien ajustés sur sa poitrine qui tressautaient au rythme de ses pas et rythmaient avec le mouvement de ses hanches. Son teint noir se transformait en un noir d'ébène lorsqu'elle l'enduisait tout entier de beurre de karité.

En résumé, *Blaclaman* était la plus belle du village et tous les mâles n'avaient d'yeux que pour elle.

Pour marier sa fille, le Roi mit en place des critères de choix pour la sélection du prétendant devant mériter sa fille. Pour la cour, l'homme qui devait prendre *Blaclaman* pour épouse devait être non seulement beau et intelligent, mais aussi et surtout être rapide, robuste et endurant.

Ces critères tenaient compte du fait que le village est situé en zone aride, et tout, eau, nourriture,... se prenait à plusieurs kilomètres à la ronde.

Pour départager les différents prétendants, un concours fut organisé. Sur la multitude de prétendants, seuls l'âne, le chameau, le cheval avaient décidé de concourir, les autres ayant trouvé les conditions très difficiles.

La distance à parcourir exigée par la cour royale était de 1000 kilomètres avec une charge de 100 kilogrammes.

Le premier à commencer fut le chameau : grand, beau, robuste et intelligent mais malheureusement il passa 5 jours et 5 nuits pour parcourir cette distance.

Le second fut l'âne. Il fut moins performant et mit 10 jours et 10 nuits.

Le cheval, troisième candidat fit quant à lui, avait fait moins d'une journée.

L'assemblée sur ces faits, le désigna lauréat, ainsi donc, il devint l'époux époux de la princesse *Blaclaman*.

C'est depuis ce jour que les rois choisirent le cheval comme l'animal compagnon le plus rapide et le plus endurant.

- **Le fil de l'araignée (énergie potentielle)**

En ce temps là, sévissait, dans toute la contrée, une effroyable sécheresse. Pas le moindre petit nuage dans le ciel ensoleillé. La pluie tant espérée n'arrivait jamais. Semaine après semaine, lune

après lune, l'attente devenait insupportable. Toujours ce même soleil qui brûlait tout et faisait craqueler la terre. La famine s'était installée, faisait de terribles ravages parmi la population et n'épargnait aucune famille.

De tous les lieux sacrés montaient de ferventes prières aux esprits protecteurs et aux glorieux ancêtres. Mais ceux-ci demeuraient sourds à toute supplication, insensibles à tout sacrifice. Les devins s'évertuaient à découvrir la cause d'un tel désastre. Les uns comme les autres avouent leur impuissance à conjurer un sort aussi funeste. Pour éviter l'irréversible, le Roi résolut de convoquer en assemblée tous les ressortissants de son royaume. Au jour indiqué, un désordre indescriptible gagna les rangs de cette noble assemblée. Où trouver la solution magique ? Les participants risquaient d'en venir aux mains. Finalement, ils se résignèrent à adopter la proposition de « sœur tortue », la solution de la dernière chance, une ordonnance qui serait sans appel. En voici la teneur :

Chaque jour, à tour de rôle, une famille du village devra tuer la plus vieille femme de la maison. Sa chair, partagée entre tous les habitants, devrait leur permettre de survivre en attendant des jours meilleurs.

« Sœur tortue » fut la première à exécuter cette proposition. Puis vinrent le tour du lion et celui de l'éléphant. Voyant arriver le jour fatidique, les familles étaient comme paralysées et soutenaient difficilement ce qui les attendait.

Le lièvre, discrètement refusait une telle horreur et se demandait comment y échapper. Jour et nuit, il tournait et retournait le problème. Ma mère est venue me chercher au ciel ! Elle m'a gardé neuf mois dans son ventre ! Comment oser porter la main sur elle ? Non, non et non ! Ce n'est pas possible.

Le lièvre qui ne s'avouait pas encore vaincu ni à court d'idées, continuait d'espérer qu'avant son tour, la solution magique serait trouvée.

- Voici ce que je vais faire, se dit-il enfin. Si elle est venue me chercher au ciel, pourquoi ne pas aller la cacher là-haut, à l'insu de tous ?

Il mit rapidement son projet à exécution avec la complicité de l'araignée. Cette dernière lui proposa de lui tendre un fil qui lui permettrait de grimper là-haut.

Quand approcha son tour, le lièvre partit en brousse chercher des écorces d'un arbre appelé « bakou » et dont la décoction rougeâtre sert de fortifiant aux nourrissons. Il en ramena des quantités et les fit cuire. Le moment venu, il apporta un plat à chaque famille en s'excusant.

- Vous connaissiez tous ma vieille mère, une femme toute ridée qui n'avait que les os et la peau. Ne vous plaignez pas trop si vous trouvez sa chair un peu dure.

Après avoir joué son tour, le lièvre alla festoyer auprès de sa mère. Il appela sa complice en chantant :

Araignée ! Araignée ! Lance-moi la corde !

La vie sur terre est amère, bien trop amère !

Mais la bonne mine du lièvre finit par éveiller des soupçons.

« Sœur tortue » s'inquiétant la première, voulut en savoir plus pour avoir le cœur net. Elle demanda tout de go au lièvre :

- Frère lièvre, de quoi te nourris-tu pour avoir une si bonne mine ? Ramasserais-tu tes propres excréments pour t'en repaître ?

- La misère ne t'a pas enlevé ton insolence, tortue effrontée ! Tu as la langue trop bien pendue, lui répondit le lièvre.

- La sécheresse a tout dévasté. Comment peux-tu imaginer que ma langue soit trop bien pendue ? Dis-moi plutôt ton secret !

- Je doute que tu sois capable d'en garder un.

- J'emporte avec moi ma maison, et jamais rien n'en sort. Bouche cousue, telle est ma devise.

- Très bien. Je te donne rendez-vous pour demain matin, près du grand baobab.

Le lendemain, de bonne heure, nos deux compères se retrouvèrent à l'ombre du grand arbre.

Le lièvre se mit à chanter : Araignée ! Araignée ! Lance-moi la corde ! La vie sur terre est amère, bien trop amère !

Deux (2) fils tombèrent du ciel et tous les deux grimperent : facilement pour le lièvre et très difficilement pour la tortue, en raison de sa masse plus importante. Arrivés là-haut, « sœur tortue » n'en revenait pas.

- Ah, ah ! C'est toi qui es là, tante lièvre ! Je croyais que nous t'avions croquée à belles dents l'autre jour.

- C'est bien moi, gros malin !

Ils firent honneur au repas que la vieille leur avait préparé et redescendirent sur terre.

Le troisième jour, la bouche cousue de « sœur tortue » se délia comme par enchantement et la nouvelle se répandit à travers le village comme une traînée de poudre. Le lièvre a enfreint l'ordonnance du Roi. Il a caché sa vieille mère au ciel pendant que nous crevions tous de faim. C'est intolérable. Que ceux qui refusent cette tromperie viennent avec moi ! Nous irons la déloger de sa cachette.

Nombreux furent les volontaires. La plupart n'avaient jamais mis les pieds là-haut. Mais ils ont décidé de faire le trajet un à un. Près du baobab, « sœur tortue » entonna quatre (4) fois le chant qu'il avait entendu de la bouche du lièvre. En l'écoutant, maman lièvre s'étonna :

- Mon fils a un drôle de voix, ce matin. Qu'est-ce qu'il a encore fait cette nuit ?

L'araignée, elle aussi, connut un moment d'hésitation. Elle lança tout de même quatre (4) fils. Et hop ! Le frère margouillat, le sœur fourmi, l'éléphant et la tortue s'en saisirent et se mirent à grimper. Au beau milieu de l'ascension, le lièvre fit un signe à mère et l'araignée lâcha les fils.

- Le margouillat tomba sur le ventre avec un fort bruit qu'il pensait avoir fait mal à la terre. Le gros ventre du margouillat s'est aplati à la suite du choc.
- La fourmi se retrouva sans bruit et sans mal.
- La tortue tomba violemment sur le sol, et toute sa carapace se fendit en plusieurs morceaux.
- L'éléphant subit un sort plus atroce. Le choc violent avec la terre en fit une bouillie.

Ainsi, à la même hauteur chacun des quatre (4) animaux subit un sort différent.

II.2. LA CONCEPTUALISATION DE L'ENERGIE A TRAVERS LES PROVERBES

En recourant au dictionnaire *Larousse*, le proverbe est défini comme « une vérité d'expérience, un conseil de sagesse pratique et populaire commun à tout un groupe social, exprimé en une forme elliptique, généralement imagée et figurée ». En réalité, ceux qui abordent l'étude du proverbe de façon systématique arrivent selon Léon Koffi (1990) presque toujours à affirmer leur incapacité à définir ce genre de façon satisfaisante.

Archer Taylor (1932) écrivait à cet effet que « the definition of proverb is too difficult to repay the under-taking; and should we fortunately combine in a single definition all the essential elements...

An incommunicable quality tells us this sentence is proverbial and that one is not».

En dépit de ces difficultés de définitions, trois critères semblent particulièrement pertinents lorsqu'il s'agit de déterminer le caractère proverbial d'un énoncé. Ce sont :

- la forme elliptique de l'énoncé,
- le caractère figuré de l'énoncé,
- l'énonciation d'une vérité considérée comme issue d'une expérience.

Le proverbe, en *Baoulé* « gnindra » ou en Agni « agindra » ou « karin magana » en *Haoussa*, ou « yelb na » en *Moose*, a trois caractéristiques principales :

- le proverbe sert à expliquer une situation,
- le proverbe est émis en fonction d'une situation dans le but d'en fournir une saisie implicite ou explicite.
- le proverbe est en rapport étroit avec une situation.

De ce qui précède, les proverbes apparaissent comme des variétés imagées auxquelles le conte sert le plus souvent d'illustration. Certains conteurs disent le proverbe avant de le développer à l'aide d'un conte. Les proverbes sont souvent dits aux jeunes par les anciens, qui aiment de nos jours encore en orner leur discours : ils dénotent de l'éloquence et de la sagesse du locuteur.

Les proverbes ont leurs racines dans la tradition qui observe, explique et interprète les faits, les règles de la nature, les comportements humains pour régir les relations sociales et environnementales. Ils inculquent à l'enfant des notions en rapport avec la nature, telle que l'énergie, la force, la puissance, le travail, ..., le courage et le dévouement.

Un énoncé n'acquiert donc une valeur proverbiale que par rapport au contexte qui l'a suscité ; contexte par rapport auquel toutes les images, tous les symboles de l'énoncé acquièrent une valeur et un sens précis. Marquée de l'empreinte du passé, la parole proverbiale devient une parole grave, consacrée par le poids des générations. Comme telle elle devient une parole qui sert à décrire sans ambiguïté la vérité d'une situation vécue.

D'une manière générale, de nombreux proverbes, notamment les plus répandus sur le continent africain, prennent prétexte de l'observation du monde animal et environnemental pour ramener au « bon sens » l'interlocuteur humain. Les proverbes expriment à la fois les attitudes et la perspicacité locales concernant les questions liées à la notion d'énergie. Ils offrent ainsi un condensé, exprimé souvent de manière poétique, de l'expérience humaine et de la vision du monde local.

L'observation est l'une des principales qualités de l'homme du terroir, qu'il soit sahélien ou autre, et celui-ci, observateur du monde animal ou environnemental, se définit et choisit ses comportements, attitudes et raisonnements par comparaison avec cette altérité proche.

Les proverbes africains sont en fait des formes d'expression délicatement forgées, dont les significations sont en quelque sorte étroitement intercalées, créant des associations entre des domaines d'expression apparemment disparates, jetant une lumière nouvelle sur les événements et les perceptions. C'est ainsi que ces expressions nécessitent souvent pour les non-initiés ce que la critique moderne appellerait un « déballage ». Elles peuvent être succinctes et évocatrices comme un poème, et aussi importantes pour une même appréhension de phénomènes collectifs.

Les proverbes sont plus comme une « langue de la pensée ». Ils lient les préoccupations actuelles à l'expérience historique du groupe et aident à assurer la continuité et la cohérence du système de valeurs et des motivations qui sont la base des initiatives nouvelles. Comme le dit une maxime *ewe* du sud du Ghana : « Ka xoxoa nu wogbia yeyea öo », « Une nouvelle corde est tressée au bout de l'ancienne »

Généralement, les qualités et les défauts attribués aux animaux, aux objets et autres êtres vivants de la nature, leurs caractéristiques physiques ou comportementales, sont à l'origine de nombreuses formules proverbiales du corpus africain, notamment de celui des Bwa du Niger, qui donnent bien souvent la parole à l'animal lui-même. Un proverbe peut encourager à persévérer dans l'effort par l'entremise d'un protagoniste, tel le pic : « Dan-bwobwo lo : 'o yi mi sinbwo nyinsoo, ne 'a' o ba' oro dan » (« Le pic dit : si tu veux le ver gras, il faut que ta nuque soit solide »). Dans ce proverbe, le pic représente la persévérance et l'effort. Il dit à l'homme : si tu veux réussir, il faut t'en donner les moyens, tout comme je rends ma nuque solide pour taper le bois sans fléchir, jusqu'à y dénicher le ver. Ainsi, lors des jeux de vitesse ou un travail physique, ce proverbe est dit pour encourager les athlètes ou tout acteur effectuant un travail à persévérer dans l'effort.

On peut inviter quelqu'un à fournir ou à travailler plus pour relever les difficultés : « Petit à petit, le colibri fait son nid ». Contrairement au "blékou", le colibri a, en effet, pour habitude de ne jamais lâcher prise tant qu'il n'a pas terminé ce qu'il a prévu faire. L'homme observateur imagine ainsi qu'il se garde la possibilité de mettre en œuvre pour réaliser ou aboutir au résultat et en retient une leçon de persévérance : mettre tout en œuvre pour réaliser un résultat. Il est donc nécessaire de persévérer dans l'action comme le colibri pour réaliser son nid. Chaque animal peut ainsi présenter un comportement ou une qualité remarquable, que l'on peut traduire comme des leçons de sagesse dictées par la nature.

Dans ce type de proverbes, c'est à l'animal observé lui-même, possédant le langage pour l'occasion, qu'est attribuée la formule proverbiale. Il est ainsi reconstruit dans une représentation imagée où il se comporte comme un être de raison.

Un animal familier, qui est particulièrement intelligent et malin dans les contes africains, intervient de façon tout à fait intéressante dans les proverbes. Il s'agit du lièvre, à qui l'on prête des leçons de rapidité : « le lièvre dit qu'il a toujours confiance à ses pattes ».

Un autre animal familier, qui est particulièrement fort, robuste et donc énergique dans les contes, intervient de façon tout à fait intéressante dans les proverbes. Il s'agit de l'éléphant, à qui l'on prête des leçons de vitalité : « travailler comme l'éléphant ».

Généralement, on compare l'homme à l'animal auquel s'identifient les caractéristiques ; sa rapidité, son efficacité, sa robustesse, sa vitalité, ...

Pour acquérir ses caractéristiques et ces vertus, certains hommes, utilisent les os de certains animaux en décoction pour se laver, d'autres vont consommer leur viande pour avoir suffisamment d'énergie afin d'assurer facilement les travaux usuels des champs, de la pêche et de la chasse.

Le monde animalier, par sa richesse et sa diversité, est une inépuisable source d'inspiration par laquelle sont appuyées les enseignements, les conseils ou reproches. Dans la forme spécifique des proverbes « dits » par les animaux, une double stratégie de retrait vis-à-vis de la parole vise à la rendre plus pertinente : l'enseignement, le conseil ou le reproche sont adressés de manière allusive, et donc bien dits, et la formule proverbiale est attribuée à un animal dont on ne fait que rapporter les propos. Celui qui dit un tel proverbe est maître de sa parole et, de ce fait, sait utiliser dans une situation de vie quotidienne ou se comporter dans les relations sociales.

En effet, si certains proverbes semblent attribuer aux animaux une certaine sagesse ou certaine qualité, d'autres mettent en scène un animal, ou les propos qu'il tient, pourront dans la situation de leur énonciation en évitant la critique directe par cette méthode implicite. Face à certains comportements considérés comme condamnables, l'usage du discours proverbial permet de faire entendre indirectement sa désapprobation. Quand, par exemple, on adresse à un jeune qui refuse de fournir des efforts ou de persévérer dans l'effort, alors que c'est la seule manière de s'épanouir, on a l'habitude d'user du proverbe suivant : « l'eau qui tombe goutte à goutte finit par perforer le rocher le plus dur », ce dernier doit comprendre que c'est son ardeur au travail qui est suscitée indirectement.

Celui à qui s'adresse la critique est comparée à un élément de la nature. Telle que nous l'avons déjà signalé, la référence environnementale joue là le rôle de limite à ne pas dépasser. L'énoncé semble implicitement dire : si tu as un comportement « convenable », si tu agis comme tel objet dont le proverbe rapporte l'histoire, tu aboutiras au succès.

« Le tigre ne proclame pas sa tigritude, mais bondit sur sa proie et la mange », dira-t-on ainsi à celui qui sait utiliser sa force, ses capacités physiques au bon moment sans en faire une source de vanité.

Le petit Moussa ne cesse de faire des va et vient sur une pente pour sa préparation au concours de course de fin d'année tandis que sa mère le conseille de moins s'épuiser avant la date fatidique. Le jour « J » arrive, Moussa n'est pas à être dans le peloton de tête. Il sent la fatigue, transpire à grosses gouttes après seulement 500 mètres, et ne tient pas sur ses pieds. Moussa, pensif après le concours ; son père commente la situation en disant : « 'ebe zunu yi bee fa, lo bee mi mi 'an-nubwo » (« tant que la queue du margouillat n'est pas coupée, il ne voit pas l'entrée de son trou »). A Moussa de comprendre qu'il s'est comporté comme un vulgaire lézard, n'entendant pas les conseils de sa mère tant qu'il n'avait pas vécu d'échec. Vexé, Moussa écoute désormais sagement les conseils de sa mère pour éviter un prochain échec. La prochaine fois, il fera l'effort de ne pas agir comme un margouillat.

L'emploi des proverbes est une pratique courante dans la vie quotidienne des Africains. L'émission d'un proverbe et sa réception donnent lieu à un travail de création individuelle et collective, car le proverbe ne prend sens que dans un contexte précis (Adja, 2004). Le proverbe chez les peuples Africains peut servir, non seulement comme technique de mise en forme du discours, mais aussi comme d'une culture de l'ouverture. L'emploi du proverbe permet d'éclairer d'un jour nouveau les modalités du déploiement de l'acte de parole dont on sait l'importance dans les cultures africaines.

L'analyse des proverbes laisse entrevoir qu'ils mettent en œuvre des dispositifs d'acquisition et de communication des savoirs, dans un environnement de créativité et d'interactivité. La possibilité d'une énonciation à double entrée sous forme de question-réponse permettant au locuteur de laisser le soin à son interlocuteur de deviner ou d'imaginer la suite de coconstruction ou de coénonciation au terme de laquelle la signification est construite « en temps réel » au cours de l'échange interlocutoire (Meunier, 1999).

On utilise les proverbes dans l'interaction verbale, afin de rendre celle-ci vivante, d'exprimer une pensée abstraite en termes d'images, pour la rendre plus accessible à l'interlocuteur. Il s'agit donc de combiner raison, imagination et humour, dans une sorte de communication visant à la communion avec l'interlocuteur.

En ayant pour but d'explicitier la pensée de l'interlocuteur, les proverbes véhiculent à la fois une idée précise et d'autre part un savoir plus large et plus global qui dépasse le temps et l'espace d'émission du proverbe. Comme on le voit, les proverbes apparaissent comme des modes d'expression traditionnels visant à la fois l'éthique, l'esthétique et l'ouverture vers l'autre.

En usant du proverbe, on fait appel à une parole retenue et valorisée par la communauté. Quand l'individu se voit attribuer la place d'un animal dans l'espace social proposé par un proverbe, il est poussé à se sentir digne ou indigne.

Dans le cadre d'un dialogue, d'une conversation, recourir au proverbe n'est jamais anodin : le plus souvent si celui-ci, vise à explorer les frontières entre l'humain et l'animal. Le discours proverbial oblige en effet l'homme à s'interroger : à partir de quand mon comportement peut-il être considéré comme celui de tel ou tel animal ?

En donnant à l'animal le langage, qui est une vertu de l'humain, Cécile Leguy (2004) fait remarquer que le proverbe offre à la « sagesse animale » un rôle et un questionnement paradoxal : comment retenir des leçons de bon sens proposées par la nature tout en marquant de façon nette les frontières qui permettent d'être reconnu comme appartenant à la communauté des hommes, à la catégorie des êtres de raison, de ceux qui disent les proverbes?

II-3. LA CONCEPTUALISATION A TRAVERS LE MYTHE DES ORIGINES

Le mythe est un long récit qui est objet de solide croyance pour le peuple qui l'a produit. En effet, à la différence du conte dans lequel le partage du réel et de l'irréel tend à s'équilibrer, le mythe, lui, est intimement lié au surnaturel. Dans l'Afrique traditionnelle le mythe est considéré comme « la parole sérieuse » dont on n'ose pas douter. Ainsi, dès que le mythe commence à se désacraliser, il peut être considéré comme une légende. Il a longtemps été réservé à des auditoires choisis, à des cercles d'initiés, jusqu'à la disparition des religions auquel il était lié.

Ainsi, à travers le mythe des origines de certains peuples d'Afrique occidentale, le travail c'est-à-dire la dépense d'énergie ou la force dont dispose le corps, apparaît respectivement comme un sacrifice récompensé par des privilèges accordés ou un apport extérieur donné par des divinités.

La connexion des mondes physique et spirituelle dans la vie de l'homme a donné naissance à de nombreuses croyances dont le port des amulettes comme pouvant contribuer à l'effort humain dans la transformation du milieu pour le bonheur de l'être. L'amulette, tout comme les bagues en cuivre ou en laiton apparaît en effet comme des pôles de recharge de l'énergie.

De manière générale, le Négro-Africain cherche d'abord à vivre, à s'insérer dans l'univers, le cosmos, et à en capter l'énergie, la force vitale. Ce flux vital est considéré comme un élément qui parcourt tout ce qui existe, l'homme, la pierre, les animaux, l'ancêtre disparu, ainsi que dans les plantes, les arbres en particulier. Ce flux qui n'a ni commencement, ni terme, perdure dans la mort ; se transmet et se transforme.

Le Négro-Africain croit en la réalité d'un monde invisible, surnaturel et aussi en l'unité du monde visible : la terre, les astres, les animaux, les végétaux. Le lien entre ces deux mondes, invisible et visible est étroit.



Photo n°1 : Un paysan ivoirien lobi¹ devant son fétiche à la veille des travaux des champs

En effet, l'existence d'un ordre du monde est régie par des divinités, qui relie entre eux tous les éléments du cosmos et que l'homme doit respecter. Il n'y a pas de frontière entre le profane et le religieux.

Il croit en l'existence d'un Être suprême qui a un nom et est créateur. Dieu lointain, « *impersonnel, sans histoire, immanent et diffus dans la multitude des choses* », veille sur les hommes, les protège « *s'ils marchent au même pas que lui* » ; justicier, maître du futur, il récompense, bonifie et punit.

Selon Hampaté-Bâ², *l'homme noir africain est un croyant né. Il n'a pas attendu les livres révélés pour acquérir la conviction d'une Force, Puissance, Source d'énergie, des existences et matrice et mouvements des êtres. Seulement, pour lui, cette Force n'est pas en dehors des créatures. Ce flux vital ou énergie est en chaque être. Elle donne la vie, veille à son développement et, éventuellement, à sa reproduction* ».

1. groupe ethnique localisé au nord est de la Côte d'Ivoire et au nord du Burkina Faso

2. Amadou Hampaté Bâ est né au Mali en 1900 et mort en 1991 à Abidjan, il a su s'imposer comme une grande figure de la sagesse et de la culture africaines. Il est surtout connu pour son attachement à la tradition orale.

Cet Être suprême, appelé *Maa Ngala* par les Bambara du Mali ou *Nia mien* par les Baoulé ou Agni de la Côte d'Ivoire, est la force infinie. Nul ne peut le situer dans le temps et dans l'espace. Cette force infinie peut être acquise en partie par la présence des masques qui motive, protège et accroît l'énergie physique. C'est le cas chez certaines ethnies d'agriculteurs burkinabé qui mettent dans leur champ de mil des tam-tams magiques et des masques qui permettent à ces derniers de travailler sans épuisement.



Photo n°2 : Les travailleurs burkinabé mossi travaillant sous l'effet motivateur des tam-tams dans un champ de mil

Pour Garaudy (1977), le tam-tam ou le masque est considéré avant tout par le négro-africain comme un condensateur d'énergie. La force qu'il contient et qu'il dégage a, pour sources, la nature, les ancêtres et les dieux. Quand un Africain danse avec ses masques, il y puise une énergie qu'il irradie dans toute la communauté comme cela s'opère dans le cœur dans le processus de diastole et systole.

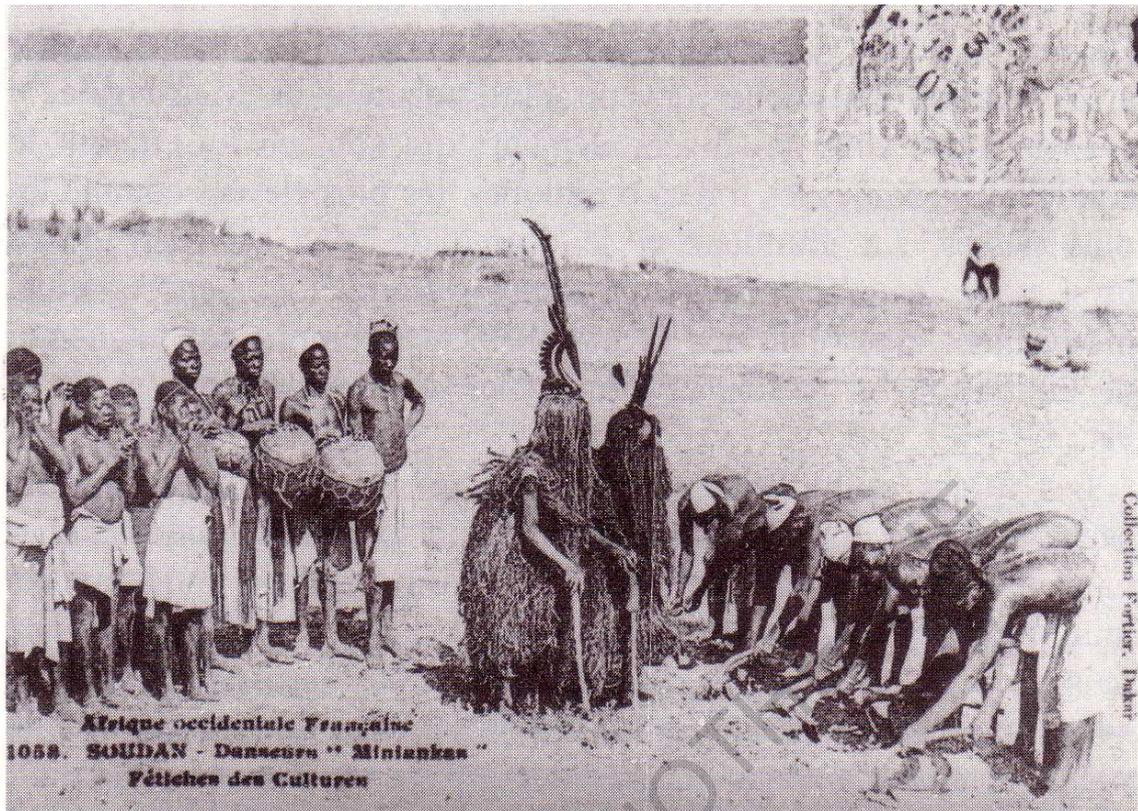


Photo n°3 : *Les agriculteurs Maliens préparent le terrain pour les prochaines semences sous la motivation des masques et des tam-tams.*

Tout l'environnement du Négro-Africain apparaît comme une source d'énergie. En effet, la nature est pour l'Africain un champ magnétique où l'on puise la force. Une énergie unique anime la nature à des degrés d'intensité plus ou moins forts. Cette énergie répond aux angoisses, aux désirs, et aux espérances de l'homme.

Le problème essentiel pour la vie consiste à capter ces forces et à former avec elles un noyau de réalité plus dense. Dans cet esprit, le masque agit en support visible des forces invisibles. L'art africain évoque souvent l'animal, l'ancêtre ou la divinité au moyen de la sculpture, de la musique ou de la danse. Il s'agit d'un tout unique. Dans tous les cas, l'on assiste à une métamorphose de l'homme par le truchement d'une danse rituelle obéissant à des lois rythmiques, produisant une forte accumulation d'énergie. L'œuvre africaine n'est pas créée pour la contemplation. C'est un objet de participation destiné à l'accomplissement de cérémonies rituelles. Détaché de son contexte humain et sacré, il perd toute intelligibilité.

Si Malraux affirme avec juste raison : « *C'est le musée qui contraint le crucifix à devenir une sculpture* », il en est de même avec les masques africains dont la fonction est de susciter une puissance surnaturelle.

La danse, la musique, la sculpture, ne sont que les composantes d'un même acte qui tend à capter et à transmettre une force dans le collectif qui l'invoque et qui l'évoque. On réactualise et on ranime la puissance d'un ancêtre ou d'un esprit en revivant le mythe par le rite.

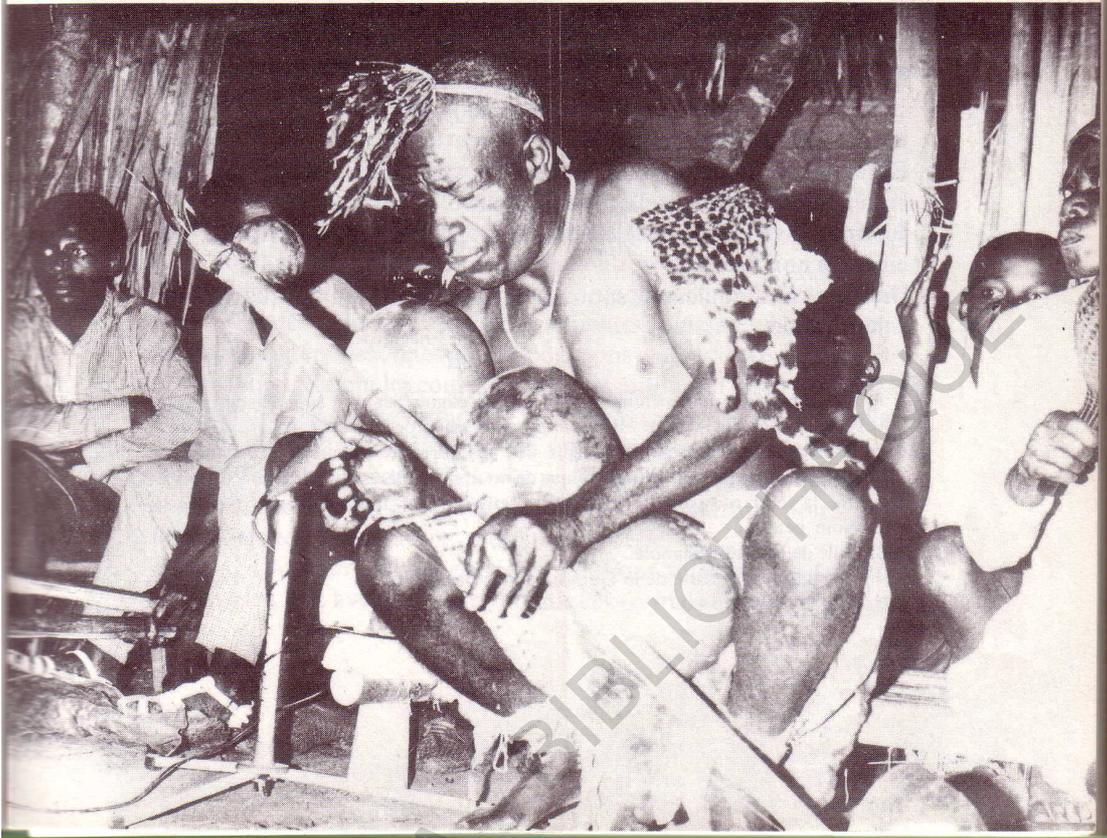


Photo n°4 : Un joueur gabonais de harpe Mvett

C'est le cas du joueur de harpe Mvett du Gabon ou du Cameroun) à qui l'usage de la peau de panthère ou des amulettes sur le front procure une énergie inestimable, lui permettant de chanter et de jouer de son instrument sans relâche

Cette force recréée dépasse celle de chacun des membres de la communauté. On atteint le surnaturel, au-delà de la simple addition des forces individuelles.

En sculptant le bois pour lui donner la forme d'un masque, le sculpteur ne cherche pas à imiter une apparence sensible mais à donner une forme visible à une présence invisible, surnaturelle afin de s'en approprier le pouvoir. Ce pouvoir va de la vitesse de l'antilope que cherchent certains « Ti wara » du Mali, à la puissance terrifiante de l'ancêtre, avec certains masques Wobés de Côte d'Ivoire.

Le Négro-Africain a besoin d'être assisté dans ce qu'il fait. Il a besoin d'un apport surnaturel, une force vitale. C'est l'exemple de la lutte sénégalaise.

La lutte était autrefois une fête rythmique qui intervenait après une récolte abondante chez les Sérères, après une bonne pêche chez les Lébous. Elle permettait, tout en se divertissant, de mesurer la valeur, la force et l'adresse des acteurs. Des tournois de lutte étaient organisés pour déterminer le champion du village et entre autre celui des localités voisines.



Photo n°5 : Lutteurs sénégalais avec leurs amulettes

La lutte sénégalaise est un élément constitutif d'un système où interviennent le rituel, la magie, les amulettes et les marabouts.

On ne peut ignorer cet aspect de la société africaine, tout comme le mysticisme auréolant le corps à corps de ces lutteurs. La musique diffusée au sein de l'exposition et l'atmosphère qui y règnent le rappelle.

La lutte est auréolée de nombreux rituels mystiques, et de chants de bravoure censés galvaniser les lutteurs. Tout cela est suivi par des cérémonies pour conjurer le mauvais sort avant chaque combat. Au-delà de la préparation physique des « mbeurkatt » (mot wolof désignant les lutteurs), le cortège des marabouts accompagnant les athlètes dans l'arène de la compétition, vient cristalliser les prières pour donner la victoire à leur protégé qui arbore des gris-gris.

Le rôle du marabout est de protéger le lutteur contre le mauvais sort et contre les génies qui apprécient les candidats adverses. Les incantations et les formules magiques accroissent l'énergie dont dispose chaque athlète, et aident donc à la victoire.



Photo n° 6 : Des lutteurs à l'entraînement

Ces différents éléments apparaissent comme des sources d'énergie pour le Négro-Africain. L'autre source d'énergie que l'apprenant africain maîtrise le mieux est l'énergie d'origine calorifique : le feu, la chaleur. En effet, l'Africain dès son jeune âge sait comment faire bouillir l'eau ou faire cuire la nourriture. Il maîtrise ainsi non seulement la quantité de chaleur à apporter mais aussi et surtout le type de matériel à utiliser pour la produire.

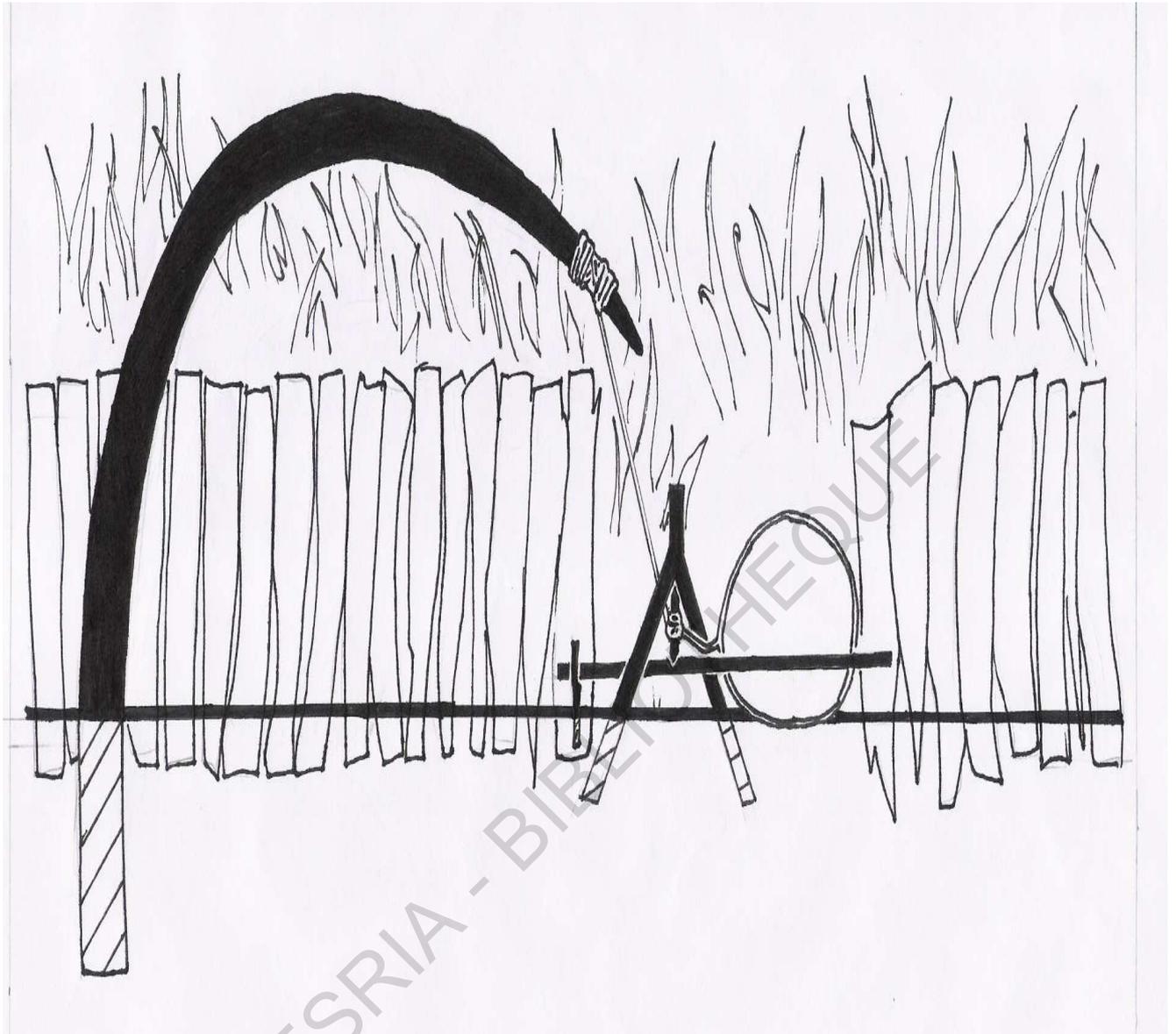
L'enseignement de la notion d'énergie apparaît dans le quotidien de l'homme noir et transparait dans chaque acte de la vie.

c) Le piège à câble acier

Le piège à câble acier se compose d'une tige flexible piquée dans le sol sur laquelle on attache sur l'extrémité libre un câble à collet généralement en acier, de deux branches en « Y » piquées dans le sol du côté des branches, d'une fourche généralement de 8 à 10 cm de long posée verticalement et reliée à une autre tige de 20 cm piquée verticalement dans le sol (voir photo et dessin ci-dessous).



Photo n°7 : Un piège à câble acier



Dessin n°2 : Un piège à câble acier

Ce type de piège est placé sur la piste des animaux. Pour les attirer on utilise comme appât des bananes mûres, du manioc, ou de la papaye que l'on place de part et d'autre du collet.

Une fois que l'animal a fini la nourriture d'un côté, s'il veut manger celle du côté opposé, il actionne la tige verticale qui libère la tige sur laquelle se trouve le câble à collet avec une vitesse très grande qui le mobilise au niveau de la fourche. La force de réaction de la tige dépend principalement de son énergie cinétique. Cette énergie cinétique provient initialement de la force de tension exercée sur le câble acier, ainsi que de la flexibilité de la tige.

Ainsi, très tôt, auprès de son père, l'enfant acquiert les notions de flexibilité et de résistance. La rapidité de réaction c'est-à-dire, la vitesse de la tige et la tension exercée sur le câble sont très importantes pour immobiliser l'animal.

d) Le piège à potence



Photo n° 8 : Un piège à potence destiné aux souris ou rats



Dessin n°3 : Un piège à potence destiné aux agoutis

Le deuxième type de piège faisant intervenir la notion d'énergie, est le piège à potence. Dans ce type de cas, on natte plusieurs tiges. Sur cette natte, on place des charges, ou on met sur la natte de mottes de la terre (voir photo n°8), qui peuvent peser plusieurs dizaines de kilogrammes. Cette charge est placée à une certaine hauteur selon le type d'animal visé, et équilibrée par l'intermédiaire d'une tige reliée à un appât ou une tige qui maintient l'équilibre, placée sur le passage des animaux. La moindre action exercée par l'animal sur la tige fait tomber verticalement la charge sur lui pour l'immobiliser (voir dessin ci-dessus)

La maîtrise de la hauteur de la charge et la vitesse de sa chute sont indispensables pour immobiliser le gibier. L'énergie potentielle puis cinétique sont enseignées à l'enfant à travers la hauteur et la vitesse de la charge.

e) Le lance-pierre



Photo n°9 : Un lance-pierre

Pour la mise en œuvre de cet objet, d'abord l'apprenant sait très tôt, pour son équilibre que les élastiques doivent avoir la même longueur ; ensuite, il connaît la constante de raideur des différents élastiques à sa portée ; enfin, il maîtrise les différents allongements de l'élastique (donc le type d'action à exercer sur le caillou) pour propulser le caillou à une longue portée.

Un lance-pierre (tire-boulette) est une arme de jet constituée d'un manche supportant deux branches en « Y » sur lesquelles s'attachent des bandes élastiques reliées à une bande souple (généralement en cuir). Pour l'utiliser, un projectile est placé sur la bande de cuir et maintenu par le pincement de deux doigts ; l'élastique est alors tendu en éloignant le bras qui tient le manche ; le tir est déclenché en relâchant la pression des doigts sur le projectile, qui est envoyé au loin sur la cible visée.

La force d'impact d'un projectile, ainsi que sa trajectoire balistique aérienne, dépendent principalement de son énergie cinétique. Celle-ci provient initialement de la force de tension exercée sur l'élastique et de son facteur d'élasticité, ainsi que de la dimension, du poids et du facteur de résistance de surface du projectile.

II-4. LA CONCEPTUALISATION DE L'ENERGIE A TRAVERS LES JEUX

On peut définir le jeu comme une activité de loisirs d'ordre physique ou psychique, soumise à des règles conventionnelles, à laquelle l'on s'adonne pour se divertir.

Le jeu, à l'instar du rire, est attribut au statut propre de l'homme ; en effet, l'homme serait la seule espèce à jouer à l'âge adulte.

C'est une activité qui doit être :

- libre : l'activité doit être choisie pour conserver son caractère ludique,
- séparée : circonscrite dans les limites d'espace et de temps,
- incertaine : l'issue n'est pas connue à l'avance,
- improductive,
- réglée : elle est soumise à des règles qui suspendent les lois ordinaires,
- fictive : accompagnée d'une conscience fictive de la réalité seconde.

Pratiquement, toute activité humaine peut être l'objet d'un jeu, et réciproquement tout jeu peut cesser de le devenir. En effet, le jeu est avant tout une activité de loisirs, limitée dans le temps et limitée quelque fois aux joueurs de la partie. Le jeu institue un espace de liberté au sein d'une légalité particulière définie par la règle du jeu.

Le jeu est aussi une manière de représenter le monde lié à chaque culture. Ainsi il transpose dans un objet concret des systèmes de valeurs ou des systèmes formels abstraits. De ce point de vue le jeu peut être considéré comme la métaphore d'un environnement totalement ou partiellement. Jouer c'est-à-dire, construire une partie en interaction avec un adversaire relève d'une activité culturelle de haut niveau, et chaque partie jouée est une forme d'œuvre d'art.

Que ce soit sous la forme de deux équipes symétriques ou dans une relation de type chacun pour soi, la majorité des jeux repose sur la compétition directe...

Il existe pourtant, principalement parmi les jeux traditionnels, bien d'autres mécanismes. Par exemple, les joueurs peuvent changer d'équipe au cours du jeu, c'est le cas des jeux convergents comme le jeu d'équilibre des forces où les joueurs vont progressivement passer d'une situation d'un groupe contre un autre au cours de la partie.

Le principe des jeux paradoxaux est encore plus riche en interactions : il s'agit de jeux où l'adversaire est en même temps un partenaire potentiel.

Le trait le plus évident du jeu est sa différence avec la réalité. Jouer, c'est chercher à être quelqu'un d'autre, ou substituer à l'ordre confus de la réalité des règles précises et arbitraires, qu'il faut pourtant respecter scrupuleusement. Cependant, le jeu n'est plaisant que dans la mesure où sa pratique, en latin « in-lusio », c'est-à-dire illusion, est librement consentie.

Dans le cadre de notre travail, le jeu est l'occasion d'émotions puissantes, liées à ses aléas, au désir de s'épanouir et de partager le plaisir. Ainsi, le jeu apparaît comme un moyen d'employer l'énergie superflue, une sorte de soupape de la jeunesse.

Tel que cela transparait dans l'éducation, les jeux de société socialisent les enfants qui apprennent à respecter une règle commune et à comprendre le fonctionnement des objets à leur portée, ce qui fait partie des objectifs de l'éducation traditionnelle.

CODESRIA - BIBLIOTHÈQUE

- Le jeu de balançoire



Dessin n°4 : Une balançoire

Le jeu de balançoire est un loisir pour les enfants. Il est généralement pratiqué dans un endroit éloigné du village. Il consiste à se balancer sur un tronc d'arbre limité, le siège lié à la branche d'un arbre par l'intermédiaire d'une liane d'une certaine longueur.

Le siège peut se résumer à une simple planche suffisamment solide pour supporter le poids de la personne qui va se balancer. Mais de nos jours, il y a aussi des balançoires faites de matériaux de

récupération : elles sont constituées d'un pneu en guise de siège attaché par des cordes ou des chaînes au portique.

Depuis quelques décennies, de nouveaux modèles de balançoires ont fait leur apparition. Balançoires à deux places, plus ou moins sophistiquées, jouant sur l'énergie ou le contrepoids engendré par les personnes qui s'y asseyent.

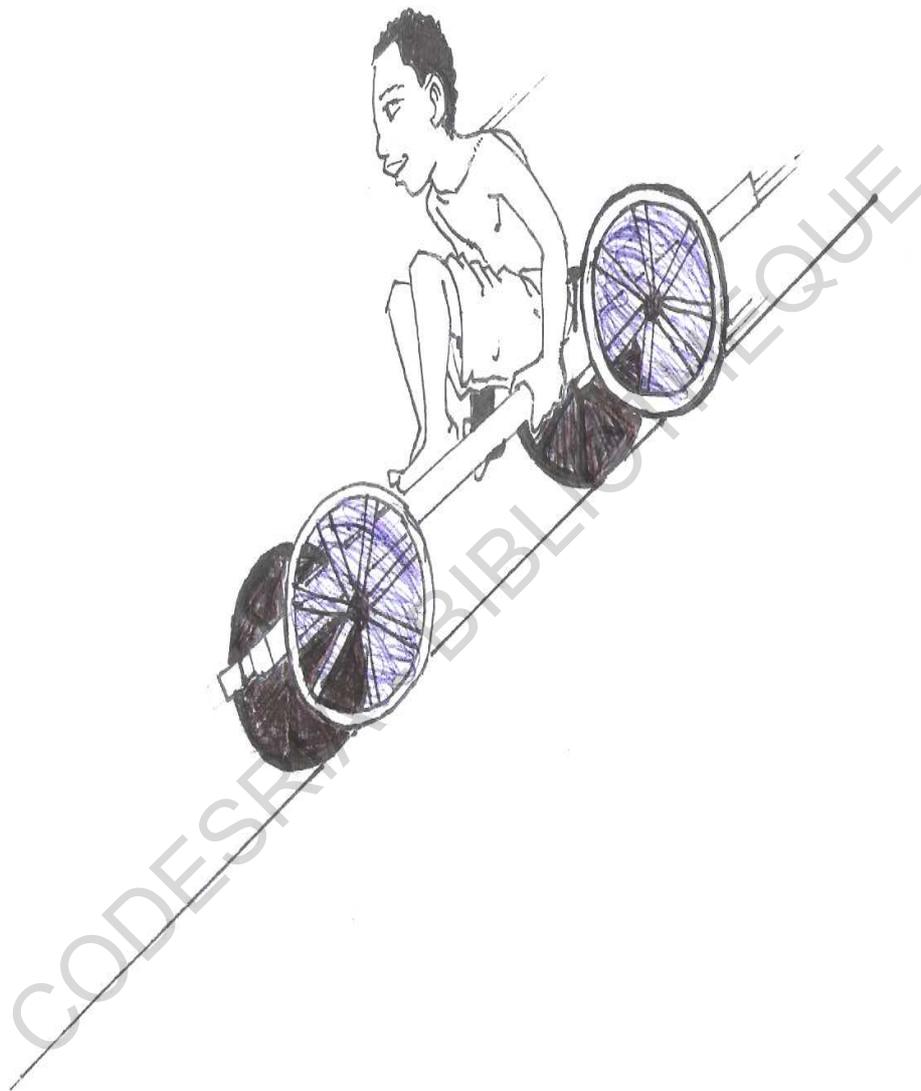
Des balançoires sécurisées ont même fait leur apparition pour les plus jeunes: celles-ci consistent en un siège avec des sangles, et plusieurs cordes permettant de maîtriser l'équilibre de l'enfant, trop jeune pour sa sécurité.

Les matériaux ont aussi évolué : par exemple, le bois est progressivement remplacé par le plastique.

L'analyse énergétique de ce jeu d'enfant qu'est la balançoire n'est pas inutile. On peut y trouver par exemple les relations de transfert d'énergie entre fréquences caractéristiques de l'oscillateur paramétrique.

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

- Le jeu de chariot



Dessin n°5 : Chariot sur une pente

Un chariot est un plateau équipé de roues, en général quatre, destiné au transport de charges. Comparativement aux autres types de jeux dans le milieu traditionnel, le jeu de chariot est pratiqué aussi bien dans un endroit éloigné du village que dans le village.

Dans le milieu traditionnel, le chariot pour les enfants fait partir de leurs jeux favoris. Ils l'utilisent soit pour faire la course sur des pentes fortes, soit pour transporter leurs camarades ou des charges. A partir de la course, les enfants très rapidement découvrent que deux chariots de mêmes caractéristiques et transportant des enfants de charges différentes ne s'immobilisent pas au même instant lors de la descente d'une pente. Ils découvrent aussi que plus la pente est forte, plus rapidement, le chariot descend et s'aperçoivent aussi que la montée de la pente avec un chariot de charges importantes nécessite l'apport de plusieurs enfants pour le tirer.

Le jeu de chariot apparaît comme un objet idéal pour la mise en évidence des énergies cinétique et potentielle, et leurs transformations mutuelles.

- **Le jeu de force**



Dessin n°6 : jeu de force

Pratiqué généralement après le dîner, le jeu de forces permet de tester la force de deux personnes ou de deux groupes de en les opposant. Placées de part et d'autre du pagne utilisé comme fil, les deux personnes ou groupes de personnes doivent faire déplacer la personne ou le groupe de personnes opposées dans le camp adverse.

Il arrive parfois que les forces exercées de part et d'autre du fil soient équilibrées.

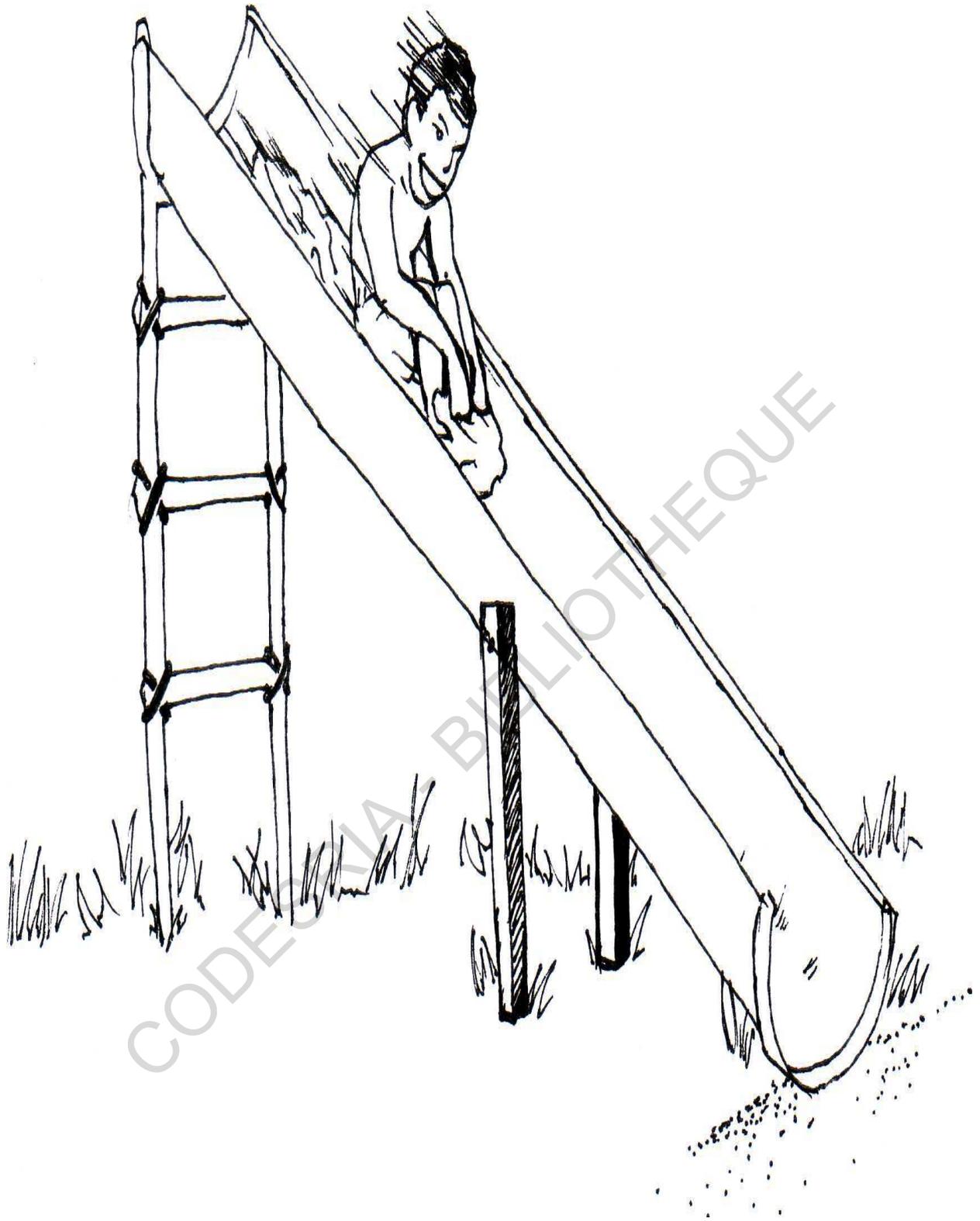
Lorsque la corde est immobile, on a l'impression qu'aucune force ne travaille, cependant les différents protagonistes fournissent beaucoup d'efforts. Les efforts fournis sont perçus à travers la transpiration des différents acteurs ou à l'observation de la tension des muscles d différents acteurs.

- **Le jeu de toboggan**

Les enfants utilisent généralement une termitière dont ils rendent lisse l'un des versants. Les marches sont faites du côté abrupt pour faciliter la montée (voir photo). Culminant à plus de 60 m de haut et offrant un piquet vertical de 90 degrés

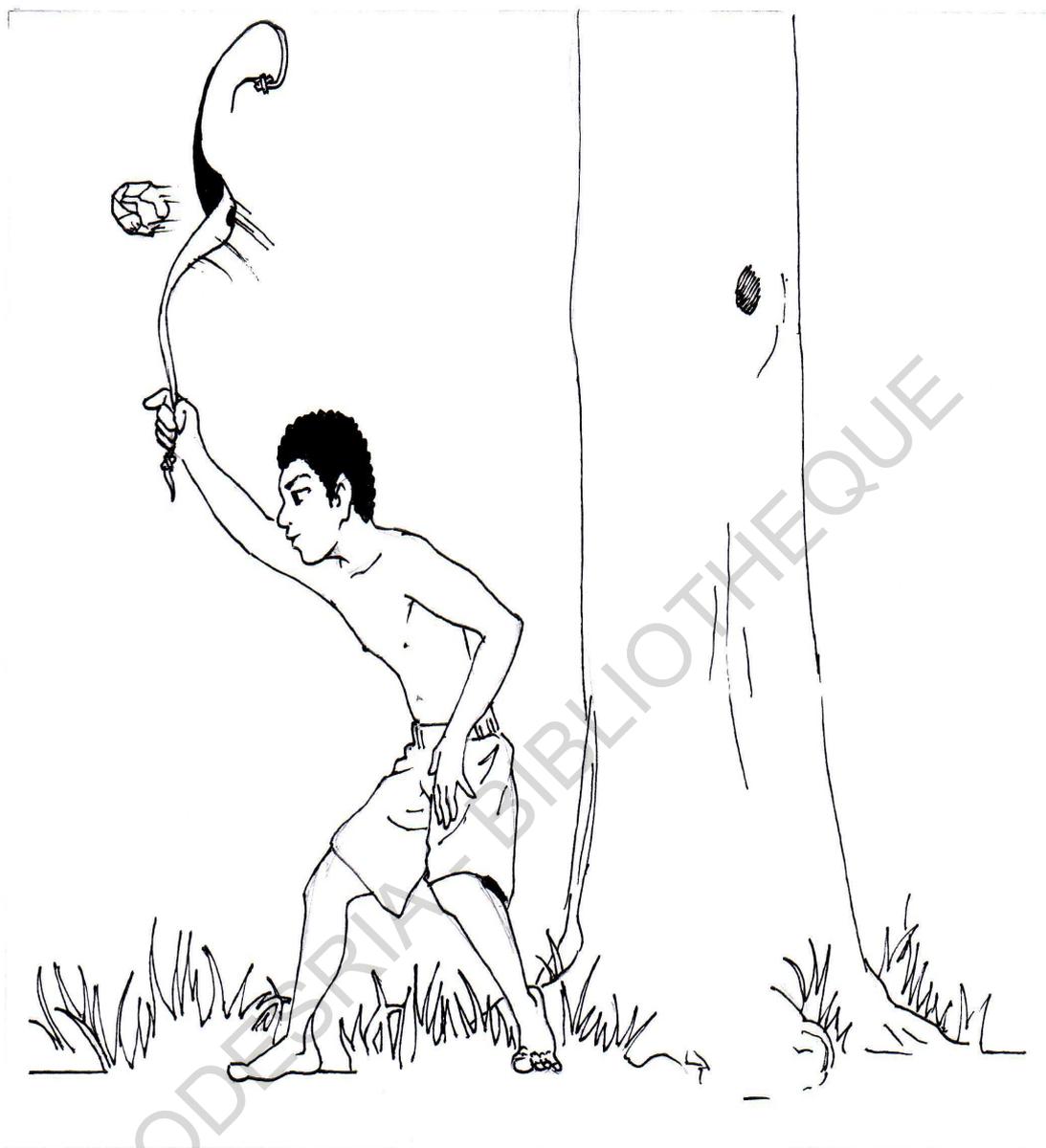


Dessin n°7 : Termitière utilisée comme toboggan



Dessin n°8 : Toboggan installé en pleine savane par les enfants

- **Le jeu de la fronde**



Dessin n° 9 : Jeu de fronde pour chasser les oiseaux

La fronde se compose d'une bande souple formant une poche, souvent en cuir, prolongée à chaque extrémité par une lanière. Les deux lanières sont de longueurs égales et parfois terminées par un poignet. Dans ladite poche se place un projectile, appelé « balle de fronde », constitué d'un matériau dur et dense, généralement un caillou arrondi, une balle d'argile durcie ou un morceau de métal généralement du plomb (voir dessin ci-dessous).

Les balles en métal, sont coulées au moule, en forme d'olive très allongée.

Une fois la balle placée dans la poche, le lanceur tenant les deux lanières dans une main fait tourner la poche de la fronde d'un mouvement de rotation, sur le côté ou au-dessus de sa tête, puis lâche une des lanières à un moment précis. Le projectile ainsi libéré, part vers la cible avec une vitesse initiale égale à la vitesse précédemment acquise pendant le mouvement circulaire.

III-REPRESENTATION DES OBJETS ET DES SYSTEMES

Dans ce travail, nous appelons "**objets**" tous les matériaux pouvant contribuer à une saisie de la connaissance par l'apprenant. Parmi ceux-ci, certains sont d'ordre naturel tels que le vent, les cours d'eau, les collines, les troncs d'arbre (de banane ou de bambou), le corps humain, les gouttes d'eau qui tombent du ciel... d'autres par contre sont issus du génie de l'Homme : la balançoire, le lance pierre, le piège à câble, le chariot traditionnel, la fronde...

Pour arriver à la connaissance, c'est l'enseignant qui doit faire observer dans des contextes précis d'apprentissage, les situations qui amèneront l'apprenant à saisir la manifestation des phénomènes à partir desquels il va tirer les lois relatives à l'énergie.

Nous appelons aussi "**systèmes**" tous les cadres organiques, c'est-à-dire l'association des divers éléments entrant en action pour la manifestation d'un phénomène précis.

De nos jours, dans les cours d'initiation, l'apprentissage est essentiellement fondé sur l'observation des lois et sur la manifestation des phénomènes. C'est à partir de l'observation que l'enseignant perçoit le plus grand profit de l'apprenant en matière de connaissances.

Pour enseigner une notion telle que l'énergie sur ces différentes manifestations définies dans les chapitres antérieurs à savoir la force, le poids, le travail, la chaleur, la puissance, et la lumière l'enseignant pourrait fonder une telle étude à partir de constat.

Il pourrait montrer par exemple qu'un objet lâché à une certaine hauteur chute et que cette chute est fonction du poids de l'objet et de l'espace vide occupé par l'air. Ainsi l'équation $W = Ph$ transparaît dans sa simplicité à partir de cette observation.

Par ailleurs, lorsqu'on est au sommet d'une colline et qu'on lâche des boules ou des troncs d'arbre, ces éléments roulent le long de la pente jusqu'à un degré où ils s'immobilisent. Le trajet effectué devra être expliqué aux apprenants comme résultant du poids et du déplacement.

Dans un contexte identique, il pourra faire observer lorsque le pêcheur place sa pirogue dans le sens du courant de la rivière, celle-ci circule librement jusqu'à ce qu'elle rencontre un obstacle. Ce déplacement n'a pu effectuer que parce que le courant de la rivière représente une force qui emporte le poids de la pirogue dans la même direction.

Les notions du poids et de la force pourraient être enseignées à travers la pratique des jeux de balançoire, des jeux des troncs de banane ou de bambou pour montrer que l'énergie développée est fonction du poids, de la force exercée et de la distance parcourue. Ainsi, de ces notions, nous pouvons établir les équations liant le poids à la masse, le travail à la distance parcourue, les énergies potentielle et cinétique à partir du théorème de l'énergie cinétique.

IV- CHOIX DES OUTILS DE CONNAISSANCES LOCALES

Choisir des outils de connaissances locales revient à les analyser en interrogeant la portée de chacun d'eux dans la recherche de l'efficacité dans l'apprentissage.

L'enseignement moderne, dans sa pratique, favorise la formation de l'esprit de l'apprenant, et l'on s'aperçoit que, de ce point de vue, l'acquisition des savoirs est un moyen et non une fin. Que reste-t-il, à un adulte, des années d'école primaire, de collège, de lycée ou du supérieur ? Ce ne sont pas en réalité des savoirs, mais des savoir-faire : lire, écrire, compter et surtout la capacité d'apprendre, d'assimiler des informations. Les connaissances apprises dans une classe restent à "la porte" de la classe supérieure. En définitive on arrive à la fin des études sans savoirs.

Il paraît donc urgent de partir des cultures endogènes et de certaines approches, de l'éducation traditionnelle pour donner plus de sens à l'enseignement en Afrique car le sens est fortement lié à la culture, au milieu social et à la propre histoire de chaque apprenant.

Nous convenons avec Philippe Perrenoud¹ (1993) pour dire que la culture étant une ressource face aux tâches scolaires et permettant de construire du sens et de trouver la « bonne distance » face aux attentes de l'école, il paraît dès lors important de puiser dans nos outils de connaissances locales, les bases pour rendre notre enseignement efficace et rentable.

1. Philippe Perrenoud, Sens du travail et travail du sens à l'école. Faculté de psychologie et de Sciences de l'éducation & Service de la recherche scientifique, Genève, 1993.

Comparativement à l'éducation traditionnelle où les connaissances sont acquises et deviennent pérennes, l'éducation actuelle du jeune ivoirien ne lui permet pas de s'épanouir par l'appropriation des connaissances acquises. C'est pourquoi l'apport des outils de connaissances locales doit être vu comme un moyen pour rendre l'enseignement plus compréhensible et plus intéressant.

Les caractéristiques des différents outils de connaissances locales mises en exergue dans le cadre du présent travail, nous amènent à faire un tri pour n'en retenir que ceux qui sont performants et qui peuvent permettre aux apprenants d'être présents et de ressentir l'intérêt du savoir abordé. Cela ne peut se faire qu'à partir de l'existant c'est-à-dire à partir de notre enseignement traditionnel que nous ne concevons pas comme sans insuffisance.

C'est dans ce contexte que nous convenons avec Amadou Hampâté Bâ (1975) pour dire que pour préserver, il faut d'abord récolter. Il convient de considérer l'enseignement traditionnel comme un arbre, qui au fur et à mesure qu'il grandit, possède des branches qui meurent. Il faut savoir les couper, et ne jamais couper le tronc, ni déraciner l'arbre. Il faut parfois greffer l'arbre.

Comme nous l'avons relevé tout au long de ce travail, les difficultés observées au niveau des acteurs sont dues au fait que la notion d'énergie est enseignée sans tenir compte de ce que l'apprenant sait déjà pour reconnaître ce qu'il ne sait pas. Or, ce sont les connaissances acquises qui fournissent le cadre des questionnements. On questionne à partir de ce que l'on sait déjà, on comprend à partir de ce que l'on maîtrise déjà. Ainsi on explique avec les structures existantes. En résumé, l'outil utilisé par l'enseignant doit être adapté pour permettre la construction des connaissances à transmettre. Nos choix porteront donc sur :

A- Le conte qui apparaît pour nous comme un outil fondamental pour l'enseignement de l'énergie. Il assume les deux fonctions essentielles que constituent l'acte de distraire et l'acte d'instruire. Avec son caractère vivant, récréatif, ludique et distrayant, le conte à travers toute une combinaison de choix du lexique, de la syntaxe et de tous les phénomènes caractérisés sous le vocable de supra linguistique ou supra segmental peut permettre aux apprenants, non seulement de s'évader pour atténuer l'ennui du cours ; mais aussi et surtout de maîtriser la langue, d'acquérir la confiance et l'assurance dans l'expression.

B- Le proverbe qui, quant à lui servir non seulement comme technique de mise en forme du discours mais aussi comme éclairage de la parole dont on sait l'importance dans les cultures africaines. Caractérisé de "technologies de l'intelligence" selon Jack Goody (1959), le proverbe met en œuvre des dispositifs d'acquisition et de communication des savoirs, dans un environnement de créativité et d'interactivité. L'usage du proverbe permet au locuteur et à

l'interlocuteur de participer à une sorte de coconstruction et de coénonciation au terme desquelles la signification est construite en temps réel au cours de l'échange interlocutoire (Adja, 2004). L'apprenant, en tant qu'interlocuteur, participe ainsi à la construction de la connaissance à partir de la combinaison avec le locuteur à partir de la raison, de l'imagination et de l'humour.

C- Les jeux, eux semblent être un outil complet. En effet, les jeux ont un rôle fondamental dans l'assimilation du réel aux besoins du moi, mais aussi dans l'accommodation du moi au réel, c'est-à-dire aux contraintes objectives de l'environnement naturel, et donc de la mise en place de l'intelligence et de l'équilibre affectif et intellectuel.

Les jeux dans le milieu socioculturel de l'apprenant ivoirien sont variés et la plupart d'entre eux, font référence à l'énergie. Le jeu étant la clé de voûte de l'école active, nous pensons qu'une excellente compréhension de la "notion d'énergie" pourrait passer par la pratique, dans les classes, de jeux que les apprenants ont pratiqué ou continuent de pratiquer dans leur milieu environnemental.

Ces différents outils devraient être une opportunité pédagogique, l'occasion de les transmettre aux apprenants pour se construire, pour acquérir des connaissances, et des valeurs et susciter chez la réflexion.

L'enseignement élaboré à partir de ces outils a le mérite de combiner une sensibilité littéraire et des connaissances scientifiques pour améliorer le confort des apprenants, leur motivation, et leur plaisir d'apprendre. Ces outils apparaissent au premier niveau comme des éléments de distraction pour captiver l'attention des apprenants et tuer chez eux l'ennui. Au deuxième niveau, ces moyens leur permettent de maîtriser la langue et de transcender lors des exercices de la rédaction et de la dissertation. Cela est important, dans la perspective des sciences, car tout texte scientifique est un genre littéraire dans sa rédaction.

V- MODELISATION DE SITUATION

Différents travaux effectués dans le domaine de la recherche en didactique des sciences physiques, ont mis en œuvre des séquences d'enseignement en classe. Pour la plupart, ces travaux ont fait l'objet d'expérimentations avec des élèves de collèges ou de lycées.

L'analyse de certains de ces travaux fait appel de manière explicite à la démarche de modélisation. Les difficultés rencontrées chez les apprenants comme chez les enseignants sur l'enseignement de l'énergie, sont d'ordre principalement conceptuel et dues au défaut de maîtrise de la langue d'enseignement ainsi qu'au manque d'aides didactiques pour la réalisation convenable des activités de classe. Aussi proposons-nous d'abandonner le schéma classique d'enseignement en vigueur, c'est-à-dire celui fondé sur l'observation des résultats d'une expérience pour donner la loi ou la définition du concept.

Notre approche de l'enseignement de l'énergie consiste, contrairement à la démarche traditionnelle, à commencer par des activités de classe ayant pour objectif la construction du concept d'énergie, c'est-à-dire partir d'abord des contes et des photos, de schémas des jeux du milieu. En effet, le conte qui doit être dit au début du chapitre, aura pour objectif de captiver l'attention de l'apprenant et de le plonger dans l'imaginaire. Avec son caractère vivant, récréatif, ludique, distrayant et instructif, le conte à travers toute une combinatoire de choix du lexique, de la syntaxe et de tous les phénomènes caractérisés sous le vocable de supra linguistique permet aux apprenants de non seulement s'évader pour atténuer l'ennui du cours mais aussi et surtout de maîtriser la langue, d'acquérir plus de la confiance et d'assurance dans l'expression. L'emploi des proverbes dans le discours de l'enseignant amènera l'apprenant à une réflexion profonde, à expliquer une situation à partir de son vécu avec ses propres mots. Les proverbes sont des vérités imagées auxquelles le conte sert le plus souvent d'illustration. Généralement, le proverbe recèle un trésor de significations lesquelles permettent d'interpréter, de comprendre et de transformer la parole symbolique en connaissances. La forme est langage. L'être est langage. Tout est langage » disait Hampâté Bâ (1976). Cette manière de communiquer, permettra de traquer la léthargie, de délivrer du sens, en un mot, de donner envie de savoir.

Certains conteurs disent le proverbe avant de le développer à l'aide du conte. Les proverbes sont souvent dits aux jeunes par les anciens, qui aiment de nos jours encore en orner leur discours : ils connotent l'éloquence et la sagesse.

Pour les jeux, il ne s'agit pas de les pratiquer en classe comme activités mais de présenter aux élèves des photos de ces jeux suivis de schémas pour décrire le phénomène physique mis en œuvre.

Les connaissances que possèdent déjà les élèves à travers ces outils de connaissances locales, sur la notion d'énergie, avant d'amorcer l'activité d'apprentissage, représentent un « berceau » pour accueillir les nouvelles connaissances inhérentes au domaine de l'énergie.

L'enseignement de l'énergie à travers ces outils plongera les apprenants dans un milieu qui leur est familier et les données sont facilement saisies. Le fait de familiariser les apprenants aux outils de connaissances locales par l'enseignement des phénomènes physiques permettra de les maintenir dans leur culture d'origine, dans leur environnement social et permettra aussi d'éviter une coupure avec leurs « racines ».

La narration d'un conte par l'exemple avant le cours créera une ambiance affective dans la classe, une ambiance de détente appuyée d'une attention accrue, d'une réceptivité plus grande, dans un cadre pédagogique que Kam Sié Alain (1990) a qualifié de pédagogie de « l'apprentissage par l'amusement ».

Une telle approche nous semble très intéressante et motivante car elle conduit l'apprenant à manier parfaitement les équations formelles issues des expériences, à donner du sens à la construction du concept d'énergie à partir d'une analyse rigoureuse, d'observation portant sur le phénomène de l'énergie dans des conditions proches de celles qu'il rencontre dans la vie quotidienne. En procédant ainsi, nous amènerons les apprenants à parler de science en langue vulgarisée et à ne pas se laisser précipiter sur les langages formels, schémas, équations et grilles, ce que beaucoup d'enseignants croient être les formes les plus adaptées.

Le principe de cette démarche de modélisation repose sur le schéma suivant :

- 1) Narration d'un conte en rapport avec le type d'énergie ;
- 2) Présentation des photos des jeux faisant référence au type d'énergie ;
- 3) Mise en évidence expérimentale (on explique les ressemblances et les aspects particuliers par rapport aux jeux) ;
- 4) Schématisation ;
- 5) Enoncé de la loi ou du théorème ;
- 6) Conclusion.

L'avantage d'une telle démarche réside aux principes suivants:

- elle brise le cloisonnement instauré entre différentes disciplines.

- elle invite à la coopération, à la mise en commun des divers ordres de connaissance incitant ainsi, à la maîtrise des autres méthodes tout en développant l'esprit de synthèse, et d'ouverture.
- elle se révèle ainsi un outil précieux dans le cadre de la formation scolaire, puisqu'elle contribue au développement de la réflexion, du jugement, de la pensée et de la connaissance.

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

Chapitre IX

ANALYSE DES OUTILS DE CONNAISSANCES LOCALES

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

La lecture des différentes parties de notre travail laisse entrevoir qu'il est temps de dire que l'enseignement de l'énergie tel qu'il est conçu ne permet pas une bonne compréhension de cette notion.

Comment former à la pensée scientifique par des méthodes linéaires, répétitives ou imitatives un apprenant dont on fait un simple exécutant ou un spectateur pour ne pas dire même un croyant ? Comment pouvons-nous prétendre former à la pensée scientifique quand tous les enseignants de sciences physiques, se contentent de répéter un savoir sans se poser à son sujet la moindre question ?

Et pourtant les intitulés des différents chapitres sur l'énergie "chloroformant" les neurones et "plombent d'ennui" les apprenants pendant les activités de classe en attendant l'heure de la sonnerie.

La science de par sa définition, est ouverture sur ce qui nous entoure et état d'esprit de contestation méthodique où se mêlent création et communications multiples. Elle doit tenir compte de l'environnement socioculturel et des représentations de l'apprenant pour donner à partir de l'enseignement de l'énergie, notion réputée abstraite, une nouvelle dimension. En effet, l'utilisation des outils de connaissances locales dans l'enseignement de l'énergie apparaît comme une opportunité pour aider à la motivation des apprenants, comme réponse à une curiosité naturelle à propos de l'utilisation des éléments du terroir, comme une contribution à la connaissance en soi, ou simplement comme une source de plaisir.

L'analyse des outils de connaissances locales que nous avons choisis pour donner plus de sens et de vie à l'enseignement de l'énergie va nous permettre de mesurer leur performance. Cette analyse doit permettre d'identifier les attentes prévues par rapport à chaque outil, pour justifier leur mise en œuvre.

Ainsi, nous articulerons ce dernier chapitre autour des points suivants :

- l'analyse des outils de connaissances locales,
- la vérification des résultats.

I- ANALYSE

I-1. POURQUOI UTILISER DES OUTILS DE CONNAISSANCES LOCALES DANS LA FORMATION?

Les dernières paroles qu'a livrées à l'auditoire un conteur à la fin d'une séance de contes un soir de Juillet 1985 à OUAGADOUGOU et rapportées par A. S. KAM (1986) montrent l'utilité des outils de connaissances locales dans la consolidation des acquis de l'apprentissage. A la fin de ce conte, le conteur dit : « Mes enfants, je vous ai raconté ces histoires pour que vous appreniez certaines choses qui se faisaient avant. Ces choses que nous connaissons et que vous ignorez tendent à disparaître irréversiblement de notre univers d'aujourd'hui. L'école est là et elle vous enseigne beaucoup de choses que vous connaissez, mais que nous ignorons. Ainsi nous nous complétons ». Il est vrai en effet que l'école enseigne aux africains beaucoup de choses mais elle omet aussi de nous apprendre bien d'autres encore qui doivent nous servir de bases de connaissances. C'est pourquoi avec Amadou Hampâté Bâ, nous pensons que pour préserver, il faut d'abord récolter. Nous ne devons pas fermer le hublot qui nous permet de regarder dans notre cour.

De par leurs caractères populaires, au sens où tout le monde peut les comprendre, les contes se caractérisent par :

- une tradition d'oralité et de transmission des savoirs,
- des vertus pédagogiques intrinsèques.

- **Une tradition d'oralité et de transmission des savoirs**

Les contes et les proverbes, qui datent d'une époque où les savoirs se transmettaient avant tout de manière orale, avaient pour fonction première de donner à l'esprit la matière à penser ou à rêver. De l'analyse de nombreux psychanalystes tels que Bettelheim (1976); Block (1981) ; Estes (2001), il ressort que les savoirs transmis à travers les contes et proverbes sont essentiellement de l'ordre du développement personnel. Ils participent ainsi à la construction de l'individu, à son intégration au sein de la société, à l'élaboration de son image. Bettelheim (1976) précise par ailleurs que « les contes de fées, à la différence de toute autre forme de littérature, dirigent l'enfant vers la découverte de son identité et de sa vocation et lui montrent par quelles expériences il doit passer pour développer plus son caractère. Les contes de fées nous disent que, malgré l'adversité, une bonne vie pleine de consolations est à notre portée, à condition que nous n'esquivions pas les combats pleins de risques sans lesquels nous ne trouverions jamais notre véritable identité ».

- **Des vertus pédagogiques intrinsèques**

Les contes comme les proverbes jouent avec la métaphore et permettent la construction de l'individu.

Les vertus pédagogiques de ces deux outils se retrouvent d'ailleurs dans leur forme. Ainsi, l'entrée dans l'imaginaire par les formules consacrées telles que « Il était une fois », « Il y a longtemps, très longtemps », etc. offrent le côté rassurant du rituel, voire du repère culturel.

Le conte a de nombreuses vertus pédagogiques. En effet, le conte contribue à développer :

- les facultés d'écoute active, la concentration, la mémorisation ;
- les capacités d'expression orale, l'appropriation des structures de la langue, la syntaxe et le vocabulaire ;
- la prise de conscience de la dimension esthétique et poétique de la langue ;
- la prise de conscience de la dimension morale.

Les caractéristiques ci-dessus énumérées laissent entrevoir que les contes ou tout autre outil de connaissances locales jouent le rôle d'aide, tissant dans la mémoire un fil qui permet de relier les éléments entre eux.

Pour que ces outils soient efficaces, il est nécessaire de développer une interactivité forte entre le conteur (l'enseignant) et le public (les élèves). Ainsi, un dialogue peut s'établir entre ces deux types d'acteurs pour clarifier le terme ou le concept ; pour connaître les conceptions des élèves en vue d'utiliser un vocable mieux adapté, une explication plus approfondie ; pour stimuler l'imaginaire, la formulation d'hypothèses et l'élaboration de solutions originales.

Des difficultés mises en exergue dans la deuxième partie de notre travail, nous pensons que l'énergie est une notion dont l'apprentissage et l'enseignement sont difficiles. Ainsi, l'utilisation des outils de connaissances locales, dont les vertus pédagogiques sont nombreuses, se prête parfaitement aux objectifs que se fixe l'école aujourd'hui dans le domaine de la maîtrise de la langue et vue de l'enseignant de la notion d'énergie.

I-2. POURQUOI VULGARISER CES OUTILS SCIENTIFIQUES ?

Dans le cas de l'enseignement de l'énergie, l'utilisation d'une histoire offre un contexte complet, tangible à ce savoir caractérisé d'abstrait. Elle permet de donner des repères, un fil conducteur qui favorise la création de liens entre les différents éléments, en même temps que leur mémorisation.

Vulgariser ces outils de connaissances locales scientifiques consiste à réécrire les contes par l'emploi des notions telles la force, l'énergie, ... par exemple sous des formes plus digestes et plus habituelles. Avec Jacobi (1999), nous dirons qu'il s'agit de vulgariser les concepts d'énergie, de force ... à l'aide de ces outils, c'est-à-dire les traduire pour les rendre accessibles au plus grand nombre, en un mot, les vulgariser.

Dans le domaine de la communication scientifique, Caro (2004) montre que cette transformation de la science en récit est indispensable pour la rendre acceptable auprès des médias lorsqu'il écrit : « Les médias [...] ne s'intéressent aux matières scientifiques que dans la mesure où elles peuvent permettre de composer un récit attractif capable de retenir l'attention des lecteurs. Il y a des règles pour la composition de tels récits qui, en général, font appel aux procédés littéraires mis en œuvre dans la littérature populaire et notamment dans les contes ».

L'intrigue, le défi, la situation dans laquelle se trouve le héros dans le conte et dont il doit sortir vainqueur favorise la compréhension du message scientifique. En effet, le récit ne fait pas que capter l'attention, il stimule l'auditeur à réellement comprendre afin de rester à la même « hauteur » que le héros dans l'histoire.

L'identification de l'acteur à l'héros permet le développement d'une certaine confiance en soi favorable à l'apprendre, car elle favorise le « lâcher prise » nécessaire à la transformation des conceptions comme affirme Pellaud (2004).

La vulgarisation des outils de connaissances doit être vue comme un moyen de décrire des phénomènes. Il s'agit de développer un aspect des plus intéressants de la pédagogie scientifique : l'approche phénoménologique, qui nécessite d'élaborer « avec les mains » des interprétations exemptes de lois, de formules, d'équations ou autres formalismes scientifiques. Ce qui permet une compréhension qualitative souvent largement suffisante pour appréhender les comportements et propriétés de l'univers (Agostini, 1994).

I-3. LE CONTE, LE PROVERBE ET L'APPORT DES JEUX COMME OUTILS D'ENSEIGNEMENT

Les caractéristiques de ces différents outils laissent entrevoir qu'ils constituent des outils pédagogiques utilisables en classe. En effet, le conte comme le proverbe en tant que productions ludiques, distractives et imagées, permettent aux apprenants de s'évader des dures réalités des parties théoriques des cours et de leur offrir une occasion de création et de récréation.

L'utilisation de ces outils non seulement offre des facilités pour maîtriser la langue et de posséder un répertoire, mais elle plonge les apprenants dans un milieu qui leur est familier et dont ils peuvent facilement saisir les données. Les outils de connaissances locales peuvent servir

l'apprendre dans son sens le plus large et participer à une réflexion pertinente, notamment en ce qui concerne les savoirs complexes.

L'apport de l'ensemble de ces outils comme moyens d'enseignement permet de maintenir les apprenants dans leur culture d'origine, dans leur environnement social afin d'éviter une coupure d'avec leurs « racines » et même d'avec « l'arbre » tout entier.

Ne dit-on pas que l'apprentissage devient aisé, lorsque l'apprenant est dans un cadre affectif et distrayant ? L'apprentissage par le rire ou par l'amusement ne permet-il pas de vite s'approprier des connaissances ?

Comme on le voit, le recours aux outils de connaissances locales dans l'enseignement de l'énergie permet de :

- aider à la motivation des apprenants, comme réponse à susciter la curiosité, et par voie de conséquence la motivation,
- trouver des moyens originaux pour faire face à l'apathie des apprenants envers le concept d'énergie,
- contrer l'approche formaliste,
- fournir des réponses à des questions, du genre *comment vulgariser la notion d'énergie ?*
- amener l'apprenant à maîtriser les structures d'expressions, la syntaxe dominante, des discours avec pour activité la reformulation, la lecture-réécriture et la logique discursive.

La conception des contes à partir des concepts scientifiques tels que : l'énergie, force, puissance, ... dans la plus grande tradition des contes africains est de permettre aux apprenants (scientifiques ou non) de comprendre certains phénomènes liés à ces concepts.

II- VERIFICATION DES RESULTATS

II-1. CRITIQUE DE LA DEMARCHE UTILISEE AU LYCEE ET AU COLLEGE

De façon générale, le professeur de sciences physiques utilise et prend des exemples de la vie quotidienne pour illustrer le cours ce qui n'est pas suffisant pour donner un sens : le choix de la stratégie a un rôle essentiel. La stratégie que les enseignants utilisent le plus fréquemment s'appuie sur la démarche inductiviste, celle qu'ils ont subie pendant toute leur scolarité. Le professeur présente une expérience prototype qui, après analyse, permet la mise en évidence de concepts et de lois.

Cette démarche appliquée à notre enseignement scientifique, ne laisse pas de place à la discussion : l'expérience est conçue pour coller au modèle (ou à la loi) qui va apparaître comme

une évidence incontestable. Dans cette démarche, l'élève est spectateur d'un raisonnement, même s'il participe en répondant à des questions. La séance est construite pour lui, mais sans lui. L'expérience initiale proposée en cours ou en TP est artificielle et déconnectée de son quotidien, même si, à la fin de la séance, on lui montre des applications dans la vie de tous les jours.

Selon Astolfi (1997), cela découle du fait qu'étant experts dans leur domaine, les enseignants ne parviennent plus à le voir avec les yeux du novice qu'est l'élève. Le savoir est pour eux déjà compacté, mis dans une certaine forme, sans qu'ils soient à même de percevoir que celle-ci n'est compréhensible qu'à ceux qui savent déjà.

Face à cette situation, comment faire pour donner un sens aux sciences physiques en général, et à l'enseignement de l'énergie en particulier ?

II-2. DONNER DU SENS A L'ENSEIGNEMENT DE L'ENERGIE

Notre objectif est de trouver une situation qui va faire adhérer les élèves à la démarche, leur donner l'envie de résoudre le problème qui va en découler.

La démarche que nous proposons est calquée sur celle du chercheur : il est d'abord interpellé par quelque chose qui l'intrigue, puis cerne le problème et émet des hypothèses qu'il met à l'épreuve et enfin, il énonce un nouveau savoir.

La première étape de notre stratégie d'enseignement mise en place est celle qui permet de faire la transition entre l'extérieur (le quotidien des élèves) et l'intérieur de la classe, espace de travail et d'apprentissage. Il s'agit pour nous de mettre en place une situation initiale qui va à la fois interpellier l'élève et lui permettre d'atteindre nos objectifs d'enseignement. Cette situation qualifiée par Courtilot et Ruffenach (2004) de situation déclenchante est un moyen pour déclencher le questionnement en permettant non seulement d'énoncer un problème, dont la résolution va conduire à une nouvelle connaissance pour l'élève, mais aussi et surtout en élaborant chez l'élève une stratégie pour accéder à la réponse : c'est la construction par lui de son propre savoir.

II-3. MISE EN PLACE DE LA DEMARCHE

- **Procédure**

Pour tester le niveau d'appréciation de l'utilisation des outils de connaissances locales dans l'enseignement de l'énergie par les enseignants auprès de leurs apprenants, nous avons dans une première phase organisé avec notre population cible d'élèves une séquence d'enseignement, et

dans une deuxième phase, nous leur avons soumis un questionnaire auquel ont répondu les 300 élèves des classes de 3^{ème} et 1^{ère} scientifique des 5 lycées qui ont été choisis.

Pour la première phase, nous avons scindé les 300 élèves en 6 groupes de 50 élèves soit 02 groupes expérimentaux et 01 groupe témoin pour les 150 élèves de 3^{ème} et 02 groupes expérimentaux et 01 groupe témoin pour les 150 autres élèves des classes de 1^{ère} scientifique. Chacun des 6 groupes était tenu par un enseignant, soit 6 enseignants. Le thème retenu pour l'ensemble des élèves est en rapport avec les différentes d'énergie.

- **Démarche d'enseignement proposée**

La démarche sur laquelle nous sommes appuyés pour réaliser notre séquence d'enseignement est celle proposée par Courtillot et Ruffenach (2004). Nous avons pu nous en rendre compte que l'utilisation de nos outils de connaissances locales pour motiver les élèves a eu une portée positive. En effet, en suivant le cheminement ci-après :

- Dire le conte ou donner un proverbe suivi de discussion de durée 15 minutes,
- Présenter les photos de la balançoire et celle du piège à potence en rapport avec le conte dit ou le proverbe donné par l'enseignant (on explique le fonctionnement de ces outils suivi de leur schématisation),
- Questionnement suivi de l'élaboration d'hypothèses,
- Réaliser une expérience prototype,
- Donner la formule mathématique ;

nous avons pu identifier la ou les conceptions à détruire ou au moins à fissurer.

Les étapes de cette démarche ci-dessus proposées, sont données sous forme d'organigramme :

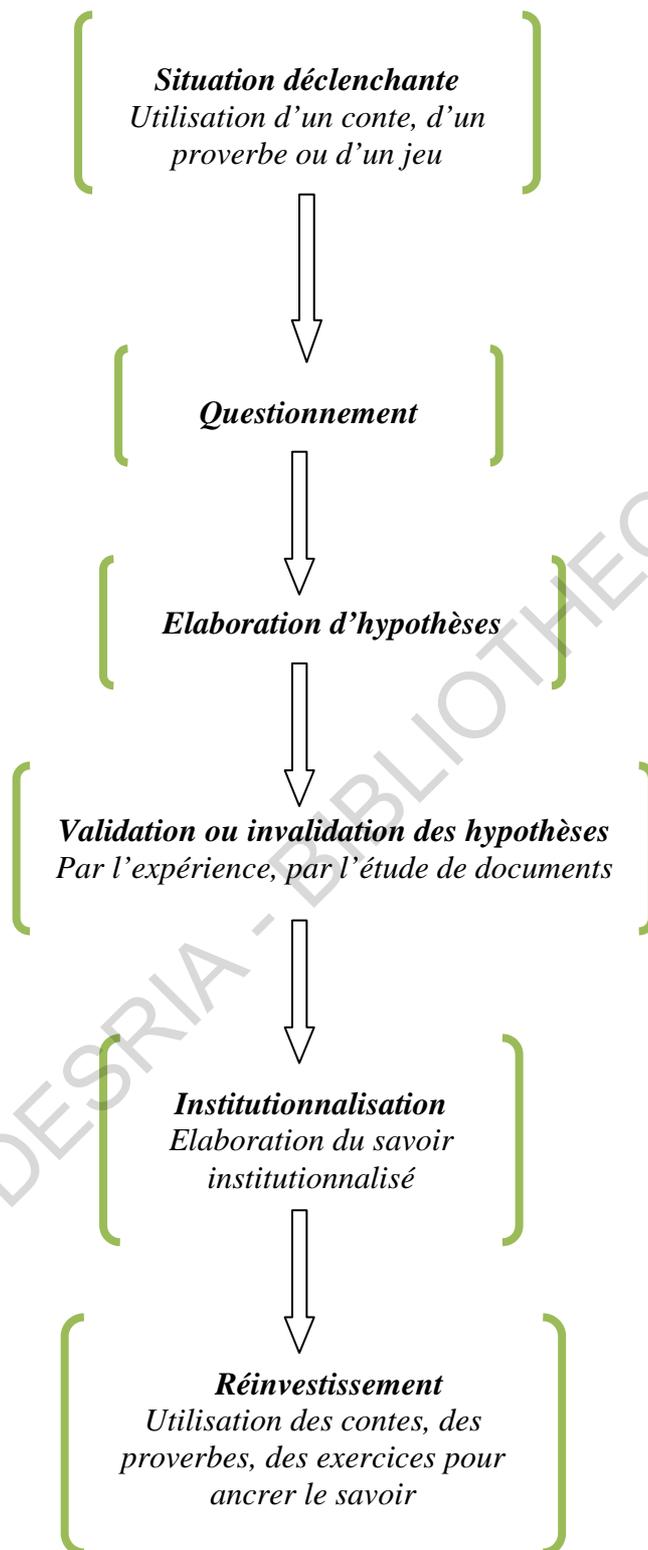


Schéma n°3 : Les étapes de la démarche de modélisation pour un apprentissage motivant

Cette situation d'enseignement met en évidence le rôle du professeur et celui de l'élève : en effet, au niveau de la première phase « *situation déclenchante* », l'enseignant expose seul face à la classe (il s'agit d'un enseignement de type magistral) ; à la deuxième phase « *Questionnement* », le travail se fait soit entre l'élève et le professeur, soit entre les élèves (il s'agit d'un enseignement de type interactif ou autonome). La phase « *Elaboration des hypothèses* », les interactions professeur-élève, élève-élève permet non seulement de s'assurer que la consigne est comprise par tous les élèves, que chacun s'est approprié le problème et que le travail se fait en respectant les règles de cordialité. La phase « *validation ou invalidation des hypothèses* » le professeur conseille et guide les élèves dans l'expérimentation ou la recherche documentaire. L'avant dernière phase « *Institutionnalisation* » le professeur reprend en main le travail afin de restructurer toutes les idées, de construire une synthèse et d'apporter d'éventuels compléments d'information. La dernière phase « *Réinvestissement* » le professeur s'assure de la compréhension en proposant la résolution de situations voisines en utilisant les nouvelles connaissances.

Contrairement à la démarche scientifique en six étapes proposée par Guillon (1995) où seulement quatre sur les six étapes sont réalisées en classe, celle-ci nous a permis de suivre intégralement ces différentes étapes.

II - 4 MISE EN PRATIQUE DANS LA CLASSE

Nous avons utilisé cette démarche dans la classe pour provoquer chez les élèves, curiosité, soif d'apprendre, besoin d'expliquer et comprendre les phénomènes qui les entourent et surtout faire de ces derniers des acteurs de leur apprentissage.

Pour cela nous avons mis en œuvre des séquences d'enseignement prenant en compte la démarche de modélisation pour un apprentissage motivant. Ainsi, la mise en application s'est déroulée en deux phases :

- **La première phase** a été réalisée en deux (2) séances :
 - **Première séance** La mise en place de deux types de groupes : 06 groupes de 25 élèves dont 02 groupes témoins et 04 groupes expérimentaux par niveau pour analyser les objectifs généraux et spécifiques du programme de l'enseignement de l'énergie. Ainsi, en classe de troisième (3^{ème}) de l'objectif général (OG): ***Appliquer le concept d'énergie à des dispositifs mécaniques et électriques***, quatre (4) objectifs spécifiques (OS) ont été répertoriés :
 - ✓ *OS1 : Utiliser les relations, entre les forces et les déplacements de leurs points d'application, à l'entrée et à la sortie des dispositifs suivants : poulies et treuil.*

- ✓ OS2 : Déterminer le travail et la puissance mécaniques dans le cas où la force et le déplacement sont colinéaires.
- ✓ OS3 : Utiliser dans des situations simples, les notions d'énergie cinétique et d'énergie potentielle de pesanteur, et leurs transformations mutuelles.

En classe de première (1^{ère}) scientifique et technique, nous avons analysé deux (2) objectifs généraux OG1 et OG2. Pour l'OG1 : **Appliquer le théorème de l'énergie cinétique**, six (6) objectifs spécifiques sont répertoriés :

- ✓ OS1 : Déterminer le travail d'une force constante.
- ✓ OS2 : Déterminer le travail de la tension d'un ressort.
- ✓ OS3 : Déterminer la puissance d'une force constante.
- ✓ OS4 : Connaître les caractéristiques d'un mouvement de rotation autour d'un axe fixe.
- ✓ OS5 : Déterminer le travail et la puissance d'une force agissant sur un solide en rotation autour d'un axe fixe.
- ✓ OS6 : Résoudre un problème en utilisant le théorème de l'énergie cinétique.

Pour l'OG2 : **Appliquer le principe de la conservation de l'énergie mécanique**, trois (3) objectifs spécifiques sont répertoriés :

- ✓ OS1 : Déterminer la variation de l'énergie potentielle d'un solide.
- ✓ OS2 : Déterminer l'énergie mécanique totale d'un solide.
- ✓ OS3 : Utiliser la conservation de l'énergie mécanique totale pour résoudre des problèmes.

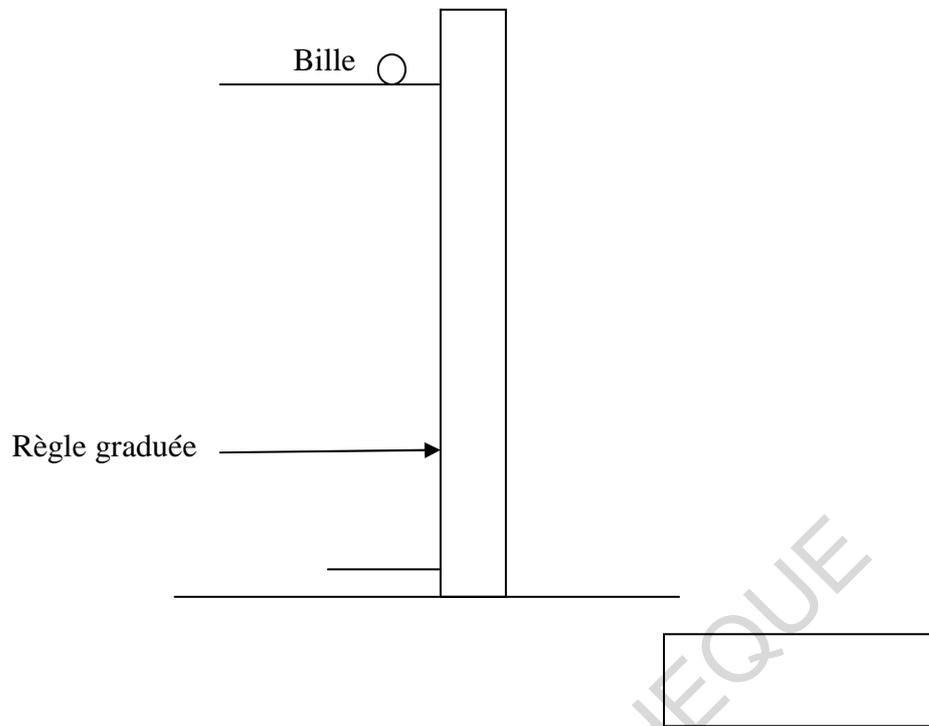
- **Deuxième séance** En deux étapes : on a mis les différents groupes en situation d'enseignement sur les mêmes sujets. Ainsi,

- a) La première étape est basée sur la démarche d'apprentissage « presse bouton », celle utilisée habituellement dans la classe (pratique quotidienne de l'enseignement de l'énergie). Nous avons observé le comportement des groupes témoins constitués au cours des situations de classe. Nous avons travaillé sur deux exemples relatifs aux objectifs spécifiques :

- OS6 : Résoudre un problème en utilisant le théorème de l'énergie cinétique

Les étapes de déroulement du cours sont les suivantes :

- 1) Le professeur définit la chute libre.
- 2) Il fait le schéma du dispositif expérimental puis le décrit.



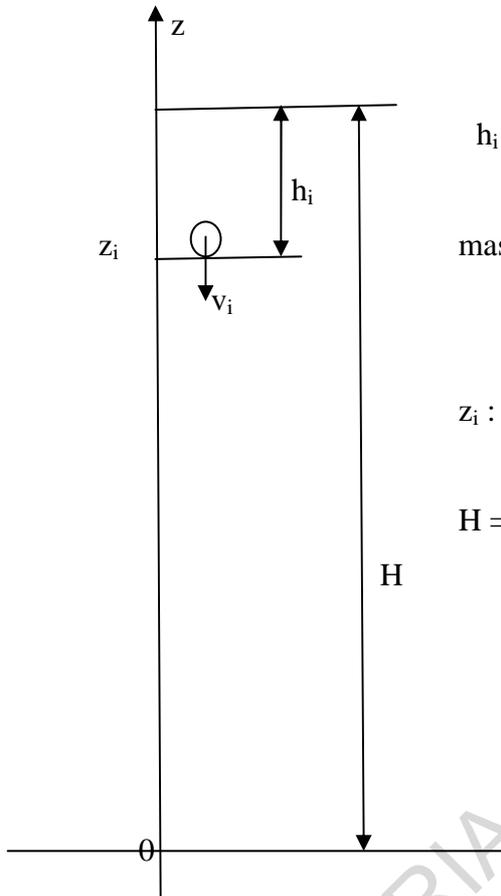
3) Le professeur leur distribue le tableau de mesures ci-dessous :

h (m)	0	0.10	0.20	0.30	0.40	0.50	0.60
v (m)	0	1.40	1.98	2.42	2.82	3.13	3.43
v^2 ($m^2 \cdot s^{-2}$)							

- 4) Le professeur demande aux d'établir la relation entre v^2 et h. après le calcul du v^2 du tableau, il leur demande de construire le graphe $v^2 = f(h)$. Avec l'aide du professeur, les élèves arrivent à la conclusion suivante : $v^2 = 2gh$.
- 5) En multipliant les deux termes de cette relation par $\frac{1}{2} m$: on obtient $\frac{1}{2} mv^2 = mgh$. $\frac{1}{2} mv^2$ représente l'énergie cinétique et mgh représente le travail du poids de la bille.
- 6) Avant d'énoncer le théorème de l'énergie cinétique, le professeur demande aux élèves deux positions différentes du tableau. Soit les positions 2 et 5. Il leur demande de calculer l'énergie cinétique en 2 et en 5, puis d'effectuer la différence entre les deux obtenues : soit $E_{c5} - E_{c2}$. Ils font de même pour le travail : soit $mgh_5 - mgh_2$.
- 7) En conclusion, le professeur amène les élèves à dire que la variation de l'énergie cinétique dans un référentiel galiléen, est égale à la somme algébrique des travaux des forces appliquées à la bille entre les deux positions aux instants considérés.

○ OSI : Déterminer la variation de l'énergie potentielle.

1) Le professeur fait reprendre les mesures sur la chute libre en commentant le schéma de chute libre ci-dessous. Il distribue un tableau aux élèves où les 4 premières colonnes sont remplies, et leur demande les calculs de la 5^{ème} colonne:



h_i : dénivellation entre une position quelconque et le niveau du sol 0.

masse de la bille $m = 14 \text{ g}$ et $g = 9.80 \text{ N} \cdot \text{Kg}^{-1}$

z_i : cote d'une position quelconque par rapport à 0.

$H = 1.4 \text{ m}$

h_i (m)	z_i (m)	mgz_i (J)	$\frac{1}{2} mv_i^2$ (J)	$(\frac{1}{2} mv_i^2 + mgz_i)$ (J)
0.0	1.4	0.192	0	
0.1	1.3	0.178	0.0137	
0.2	1.2	0.164	0.0270	
0.3	1.1	0.150	0.0400	
0.4	1.0	0.137	0.0550	
0.5	0.9	0.124	0.0670	
0.6	0.8	0.108	0.0820	

2) Dans le tableau ci-dessus, on constate après le calcul fait par les élèves que $E_{ci} + mgz_i$ est une valeur constante. Les élèves reconnaissent l'énergie cinétique E_{ci} . Le professeur leur signifie que mgz_i est une forme d'énergie qui dépend de z_i ; on l'appelle énergie potentielle

de pesanteur notée : $E_p = mgz + \text{constante}$. Mais cette constante est nulle au niveau de référence, car $E_p(0) = 0$.

De façon générale, c'est le professeur qui schématise l'expérience, la commente en posant des questions aux élèves. Il leur distribue un tableau préétabli selon le type d'expérience. Des formules ou des lois leur sont données à la suite des commentaires faits par le professeur, et une conclusion est énoncée à la suite des questions. Les élèves interviennent dans le déroulement du cours. La constatation est identique pour les 04 groupes témoins constitués.

b) *La deuxième étape*, face aux difficultés constatées au niveau des élèves nous nous sommes demandé comment nous pouvons les motiver et améliorer leur performance. En effet, il y a un lien évident entre l'apprentissage d'une matière et la motivation par celle-ci. Il est plus motivant d'être acteur que spectateur passif. Comme Joseph Nuttin, nous proposons une solution qui consiste à placer l'élève dans un projet pour qu'il se construise des buts à courts termes c'est-à-dire des situations satisfaisantes à atteindre. Nous avons mis en avant « qu'apprendre, c'est avoir un projet ». Pour cela nous sommes parti d'une situation ayant pour objectif d'interpeller les élèves et faire naître un questionnement, laquelle est présentée aux différents groupes expérimentaux d'élèves. Ces derniers observent, décrivent oralement puis par écrit dans leur cahier d'expériences ce qu'ils ont observé. Ils font un essai de réponse pour tenter d'expliquer ce qu'ils ont observé (élaboration d'hypothèses). A la suite de la situation présentée, un débat s'instaure dans les groupes, après confrontation des réponses un questionnement est accepté, et des hypothèses sont synthétisées.

Pour cette démarche, nos principaux pédagogiques étaient les suivants :

- Utiliser l'aspect concret des sciences physiques pour motiver les élèves
- Amener chaque élève à découvrir puis utiliser la démarche scientifique proposée
 - Se familiariser aux situations déclenchantes
 - Se poser un ou plusieurs problèmes
 - Relier ce ou ces problèmes à des problèmes scientifiques
 - Formuler des hypothèses
 - Trouver une expérience permettant de vérifier les hypothèses

Ainsi,

○ *Pour la classe de troisième (3^{ème}) :*

MECANIQUE

Objectif

A- Déterminer le travail et la puissance mécaniques dans le cas où la force et le déplacement sont colinéaires.

Problématisation

Situation déclenchante

Le document ci-dessous est distribué aux élèves des différents groupes.

Ils doivent répondre aux questions ci-après :



L'intérêt d'utiliser ce document est que les élèves rentrent tout de suite dans le fonctionnement du jeu et s'intéressent tout de suite au problème posé. Ainsi, le professeur leur demande de :
« *Décrire oralement puis par écrit ce qu'ils voient.* »

Questionnement

Le professeur circule dans les groupes pour s'assurer que la consigne est comprise par l'ensemble des élèves des groupes. Après cela, un débat est conduit par lui, et les questionnements suivants sont retenus :

1. Comment expliquer le fait qu'aucun des 2 groupes ne franchit la ligne de séparation ?

2. Que faut-il faire pour déplacer le groupe A dans le camp du groupe B ?
3. Quel est l'effet de l'ajout d'une personne sur un des groupes ?
4. Quelles sont les forces qu'ils exercent sur le fil ?
5. Quelle relation existe entre la force exercée par le groupe A et le déplacement du groupe B?

Elaboration d'hypothèses

Un représentant de chaque groupe présente le travail de son groupe. Les élèves font état de leurs hypothèses, confrontent leurs idées, débattent, argumentent et confirment ou infirment l'hypothèse émise par un groupe. Le professeur structure le bilan des différentes hypothèses proposées par les groupes, et valide celles qui peuvent déboucher sur une vérité scientifique. Ne sont retenues par le groupe classe, que celles en relation avec la question posée et vérifiables. Ainsi, les hypothèses suivantes sont retenues :

- 1) Les forces développées par les deux (2) de part et d'autre du fil se compensent.
- 2) Un surplus de personne dans l'un des groupes peut provoquer le déplacement de l'autre groupe dans le camp adverse.
- 3) Le travail des forces appliquées aux extrémités du fil par les deux (2) groupes est nul.
- 4) Lorsque la corde est immobile, aucune force ne travaille.

MECANIQUE

Objectif

B- *Utiliser dans des situations simples, les notions d'énergie cinétique et d'énergie potentielle de pesanteur, et leurs transformations mutuelles.*

Problématisation

Situation déclenchante

Le document ci-dessous est distribué aux élèves des différents groupes. Pour faciliter le déplacement, on verse de l'eau régulièrement sur la trajectoire pour minimiser les frottements.

Ils doivent répondre aux questions ci-après :



L'intérêt d'utiliser ce document est que les élèves rentrent tout de suite dans le fonctionnement du jeu et s'intéressent tout de suite au problème posé. Ainsi, le professeur leur demande de :
« *Décrire oralement puis par écrit ce qu'ils voient.* »

Questionnement

Le professeur circule dans les groupes pour s'assurer que la consigne est comprise par l'ensemble des élèves des groupes. Après cela, un débat est conduit par lui, et les questionnements suivants sont retenus :

1. Quelles sont les forces qui s'exercent sur l'enfant ?
2. Comment expliquer le fait que la montée est plus difficile que la descente ?
3. Comment est le travail du poids à la montée ? à la descente ?
4. Comment sont les vitesses au sommet, à mi-parcours et au bas de la termitière ?
5. Le module de la vitesse dépend-il de la position de l'enfant ?
6. Y a-t-il un lien entre la vitesse v et la hauteur de chute h ?
7. S'il y a travail, c'est qu'il y a transfert d'énergie : quel (s) est (sont) le (s) transfert (s) d'énergie lorsque l'enfant arrive au bas de la termitière ?

Elaboration d'hypothèses

Un représentant de chaque groupe présente le travail de son groupe. Les élèves font état de leurs hypothèses, confrontent leurs idées, débattent, argumentent et confirment ou infirment l'hypothèse émise par un groupe. Le professeur structure le bilan des différentes hypothèses proposées par les groupes, et valide celles qui peuvent déboucher sur une vérité scientifique. Ne sont retenues par le groupe classe, que celles en relation avec la question posée et vérifiables. Ainsi, les hypothèses suivantes sont retenues :

- 1) Le travail du poids de l'enfant est moteur.
- 2) Pendant la descente, la position occupée par l'enfant diminue en altitude. En revanche la vitesse augmente pendant la chute.
- 3) L'énergie potentielle se transforme en énergie cinétique.

MECANIQUE

Objectif

B- Utiliser dans des situations simples, les notions d'énergie cinétique.

Problématisation

Situation déclenchante

Le document ci-dessous est distribué aux élèves des différents groupes.

Ils doivent répondre aux questions ci-après :



L'intérêt d'utiliser ce document est que les élèves expliquent ce qui est arrivé et s'intéressent tout de suite au problème posé. Ainsi, le professeur leur demande de : « *Décrire oralement puis par écrit ce qu'ils voient.* »

Questionnement

Le professeur circule dans les groupes pour s'assurer que la consigne est comprise par l'ensemble des élèves des groupes. Après cela, un débat est conduit par lui, et les questionnements suivants sont retenus :

- 1) Comment expliquer ce qui s'est-il passé ?
- 2) Y a-t-il un lien entre la vitesse du véhicule et le choc ?
- 3) La gravité de l'accident dépend-elle :

- de la vitesse du véhicule ?
 - de la masse du véhicule ?
 - de la nature du choc (frontal ou indirect) ?
 - de la masse de l'obstacle ?
- 4) Quelle forme d'énergie possède le véhicule avant le choc ?
 - 5) Quelle relation existe-t-il entre l'énergie cinétique et l'effet du choc ?

Elaboration d'hypothèses

Un représentant de chaque groupe présente le travail de son groupe. Les élèves font état de leurs hypothèses, confrontent leurs idées, débattent, argumentent et confirment ou infirment l'hypothèse émise par un groupe. Le professeur structure le bilan des différentes hypothèses proposées par les groupes, et valide celles qui peuvent déboucher sur une vérité scientifique. Ne sont retenues par le groupe classe, que celles en relation avec la question posée et vérifiables. Ainsi, les hypothèses suivantes sont retenues :

- 1) La vitesse du véhicule s'annule juste après le choc.
- 2) L'effort du choc est proportionnel à la vitesse du véhicule.
- 3) L'énergie cinétique perdue par le véhicule du choc est communiquée à l'obstacle.
- 4) L'énergie cinétique se conserve au cours du choc.
- 5) La gravité du choc dépend de la vitesse et de la masse du véhicule.

MECANIQUE

Objectif

B- Utiliser dans des situations simples, les notions d'énergie potentielle.

Problématisation

Situation déclenchante

Le document ci-dessous est distribué aux élèves des différents groupes.

Ils doivent répondre aux questions ci-après :



L'intérêt d'utiliser ce document est que les élèves expliquent ce qui est arrivé et s'intéressent tout de suite au problème posé. Ainsi, le professeur leur demande de : « *Décrire oralement puis par écrit ce qu'ils voient.* »

Questionnement

Le professeur circule dans les groupes pour s'assurer que la consigne est comprise par l'ensemble des élèves des groupes. Après cela, un débat est conduit par lui, et les questionnements suivants sont retenus :

- 1) Comment expliquer ce qui se passe ?
- 2) Y a-t-il un lien entre la vitesse de la masse d'eau par rapport à la terre et la hauteur de chute ?

- 3) Quelle est l'origine des altitudes ?
- 4) Quelles sont la nature des énergies mises en jeu ?
- 5) Quelle relation existe-t-il entre l'énergie potentielle de la masse d'eau et son énergie cinétique lors de la chute ?

Elaboration d'hypothèses

Un représentant de chaque groupe présente le travail de son groupe. Les élèves font état de leurs hypothèses, confrontent leurs idées, débattent, argumentent et confirment ou infirment l'hypothèse émise par un groupe. Le professeur structure le bilan des différentes hypothèses proposées par les groupes, et valide celles qui peuvent déboucher sur une vérité scientifique. Ne sont retenues par le groupe classe, que celles en relation avec la question posée et vérifiables. Ainsi, les hypothèses suivantes sont retenues :

- 1) Lors de la chute de la masse d'eau, sa vitesse augmente et atteint sa valeur maximale juste avant son impact au sol.
- 2) Pendant le mouvement, la masse d'eau perd de l'altitude.
- 3) L'énergie potentielle diminue pendant la chute de la masse d'eau.
- 4) La masse d'eau en chute produit un travail.
- 5) A toute augmentation de l'énergie cinétique correspond une diminution de l'énergie potentielle, et réciproquement.
- 6) Lorsque la masse d'eau tombe en chute libre, sa vitesse augmente proportionnellement à la durée de chute.
- 7) La masse d'eau en tombant, acquiert une énergie cinétique d'autant plus importante que la hauteur se chute est grande.

MECANIQUE

Objectif

B- Utiliser dans des situations simples, les notions d'énergie cinétique et d'énergie potentielle, et leurs transformations mutuelles.

Problématisation

Situation déclenchante

Le conte ci-dessous est distribué aux élèves des différents groupes.

Texte

En ce temps là, sévissait, dans toute la contrée, une effroyable sécheresse. Pas le moindre petit nuage dans le ciel ensoleillé. La pluie tant espérée n'arrivait jamais. Semaine après semaine, lune après lune, l'attente devenait insupportable. Toujours ce même soleil qui brûlait tout et faisait craqueler la terre. La famine s'était installée, faisait de terribles ravages parmi la population et n'épargnait aucune famille.

De tous les lieux sacrés montaient de ferventes prières aux esprits protecteurs et aux glorieux ancêtres. Mais ceux-ci demeuraient sourds à toute supplication, insensibles à tout sacrifice. Les devins s'évertuaient à découvrir la cause d'un tel désastre. Les uns comme les autres avouent leur impuissance à conjurer un sort aussi funeste. Pour éviter l'irréversible, le Roi résolut de convoquer en assemblée tous les ressortissants de son royaume. Au jour indiqué, un désordre indescriptible gagna les rangs de cette noble assemblée. Où trouver la solution magique ? Les participants risquaient d'en venir aux mains. Finalement, ils se résignèrent à adopter la proposition de « sœur tortue », la solution de la dernière chance, une ordonnance qui serait sans appel. En voici la teneur :

« Chaque jour, à tour de rôle, les habitants devant s'organiser pour envoyer du gros et grand baobab du village, le seul qui porte des feuilles, des fleurs et des fruits dans la région de quoi se nourrir ». Tout ce dont porte le gros arbre pouvant permettre à tous les habitants de survivre en attendant des jours meilleurs.

Les groupes étaient organisés. Le passage se faisait entre amis. Tout se passait comme programmé. Tous les groupes passaient, sauf le dernier groupe, le groupe de : araignée, éléphant et tortue. Les trois amis décidaient de passer en dernière position pour montrer à tous les habitants leur générosité.

Le jour « j » arriva, et les trois grimperent dans l'ordre suivant sur le baobab :

- l'araignée mit 5 minutes pour arriver au sommet,
- la tortue mit 17 minutes pour rejoindre sur la même branche son amie araignée,
- l'éléphant mit 35 minutes pour les rejoindre sur la même branche du baobab.

Malheureusement, la branche ne pouvant supporter le poids des trois amis, se cassa. Le rendez-vous avec le sol se fit dans l'ordre inverse de leur arrivée sur la branche, chacun avec ses blessures. Ainsi,

- l'éléphant atterrit au sol en 5 minutes avec un choc très important au sol,
- la tortue tomba après 17 minutes au sol avec brisure de sa carapace,
- l'araignée, après 35 minutes arriva au sol sans aucune séquelle.

A la suite de cette mésaventure, le Roi convoqua à nouveau en assemblée tous les ressortissants du royaume pour une nouvelle solution. Laquelle solution coïncida avec la saison des pluies.

Questionnement

Le professeur circule dans les groupes pour s'assurer que la consigne est comprise par l'ensemble des élèves des groupes. Après cela, un débat est conduit par lui, et les questionnements suivants sont retenus :

- 1) Comment expliquer ce qui s'est passé ?
- 2) Est-ce que l'effet allait être le même pour l'éléphant et la tortue si la hauteur était moindre ?
- 3) Pourquoi le choc est plus important pour l'éléphant ?
- 4) Qu'est-ce qui nous permet de faire le lien entre un « choc » et une « chute » ?
- 5) Quel lien peut-il exister entre la durée, la chute, et le choc.
- 6) A quelles grandeurs semblent être reliées aux énergies ?

Elaboration d'hypothèses

Un représentant de chaque groupe présente le travail de son groupe. Les élèves font état de leurs hypothèses, confrontent leurs idées, débattent, argumentent et confirment ou infirment l'hypothèse émise par un groupe. Le professeur structure le bilan des différentes hypothèses proposées par les groupes, et valide celles qui peuvent déboucher sur une vérité scientifique. Ne sont retenues par le groupe classe, que celles en relation avec la question posée et vérifiables. Ainsi, les hypothèses suivantes sont retenues :

- 1) Plus la masse de l'objet en chute est importante, plus le choc est important.
- 2) Plus la masse importante, plus la chute est rapide.
- 3) Pendant la chute, l'énergie potentielle se transforme en énergie cinétique.
- 4) Cette chute met en évidence l'existence de l'énergie potentielle et l'énergie cinétique.

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

- **Pour la classe de première scientifique (1^{ère} C, D et E) :**

MECANIQUE

Objectif

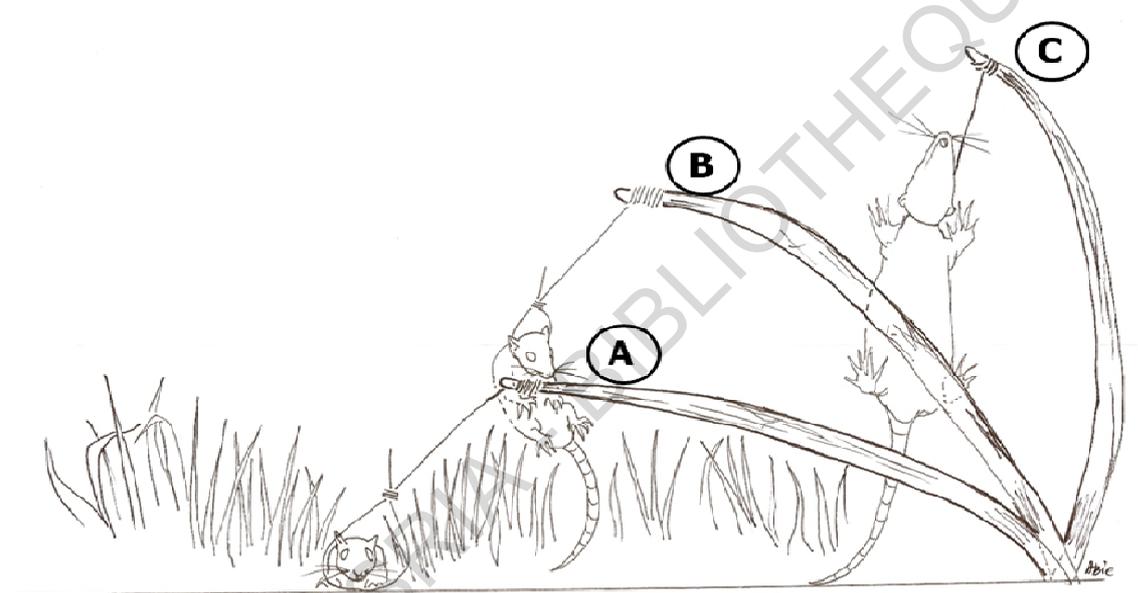
A- Déterminer le travail de la tension d'un ressort.

Problématisation

Situation déclenchante

Le document ci-dessous est distribué aux élèves des différents groupes.

Ils doivent répondre aux questions ci-après :



Piège à câble acier (Energie mise en jeu)

L'intérêt d'utiliser ce document est que les élèves rentrent tout de suite dans le fonctionnement du jeu et s'intéressent tout de suite au problème posé. Ainsi, le professeur leur demande de :
« Décrire oralement puis par écrit ce qu'ils voient. »

Questionnement

Le professeur circule dans les groupes pour s'assurer que la consigne est comprise par l'ensemble des élèves des groupes. Après cela, un débat est conduit par lui, et les questionnements suivants sont retenus :

- 1) Comment expliquer ce qui s'est passé ?
- 2) Que se passera-t-il si le gibier est plus petit ou plus gros ?

- 3) A quelles grandeurs semblent être reliées les énergies ?
- 4) Quelles sont les énergies mises en jeu pendant les différentes positions ?

Elaboration d'hypothèses

Un représentant de chaque groupe présente le travail de son groupe. Les élèves font état de leurs hypothèses, confrontent leurs idées, débattent, argumentent et confirment ou infirment l'hypothèse émise par un groupe. Le professeur structure le bilan des différentes hypothèses proposées par les groupes, et valide celles qui peuvent déboucher sur une vérité scientifique. Ne sont retenues par le groupe classe, que celles en relation avec la question posée et vérifiables. Ainsi, les hypothèses suivantes sont retenues :

- 1) L'énergie potentielle augmente pendant le mouvement.
- 2) L'énergie cinétique est plus importante juste avant la position

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

MECANIQUE

Objectif

B- Utiliser la conservation de l'énergie mécanique totale pour résoudre des problèmes.

Problématisation

Situation déclenchante

Le document ci-dessous est distribué aux élèves des différents groupes.

Ils doivent répondre aux questions ci-après :



L'intérêt d'utiliser ce document est que les élèves rentrent tout de suite dans le fonctionnement du phénomène et s'intéressent tout de suite au problème posé. Ainsi, le professeur leur demande de :
« Décrire oralement puis par écrit ce qu'ils voient. »

Questionnement

Le professeur circule dans les groupes pour s'assurer que la consigne est comprise par l'ensemble des élèves des groupes. Après cela, un débat est conduit par lui, et les questionnements suivants sont retenus :

- 1) Y a-t-il un lien entre la vitesse de la masse d'eau par rapport à la terre et la hauteur de chute ?

- 2) Quelle relation existe-t-il entre l'énergie potentielle de la masse d'eau et son énergie cinétique lors de la chute ?

Elaboration d'hypothèses

Un représentant de chaque groupe présente le travail de son groupe. Les élèves font état de leurs hypothèses, confrontent leurs idées, débattent, argumentent et confirment ou infirment l'hypothèse émise par un groupe. Le professeur structure le bilan des différentes hypothèses proposées par les groupes, et valide celles qui peuvent déboucher sur une vérité scientifique. Ne sont retenues par le groupe classe, que celles en relation avec la question posée et vérifiables. Ainsi, les hypothèses suivantes sont retenues :

- 1) En tombant d'une hauteur h , la vitesse de la masse d'eau croît.
- 2) En bas de la falaise, l'énergie potentielle du système eau-Terre est la plus basse.
- 3) Le système eau-Terre perd de l'énergie potentielle et gagne de l'énergie cinétique.

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

MECANIQUE

Objectif

B- Déterminer la variation de l'énergie potentielle d'un solide.

Problématisation

Situation déclenchante

Le document ci-dessous est distribué aux élèves des différents groupes.

Ils doivent répondre aux questions ci-après :



L'intérêt d'utiliser ce document est que les élèves rentrent tout de suite dans le fonctionnement du phénomène et s'intéressent tout de suite au problème posé. Ainsi, le professeur leur demande de :
« Décrire oralement puis par écrit ce qu'ils voient. »

Questionnement

Le professeur circule dans les groupes pour s'assurer que la consigne est comprise par l'ensemble des élèves des groupes. Après cela, un débat est conduit par lui, et les questionnements suivants sont retenus :

- 1) Décrire le fonctionnement du système.
- 2) Existe-t-il une relation entre le choc et la hauteur de chute ?
- 3) L'effet de la charge est-elle fonction de la taille de l'animal qui touche le levier ?
- 4) Quelles sont les énergies mises en jeu pendant le fonctionnement de ce piège à potence ?

Elaboration d'hypothèses

Un représentant de chaque groupe présente le travail de son groupe. Les élèves font état de leurs hypothèses, confrontent leurs idées, débattent, argumentent et confirment ou infirment l'hypothèse émise par un groupe. Le professeur structure le bilan des différentes hypothèses proposées par les groupes, et valide celles qui peuvent déboucher sur une vérité scientifique. Ne sont retenues par le groupe classe, que celles en relation avec la question posée et vérifiables. Ainsi, les hypothèses suivantes sont retenues :

- 1) Il existe une relation entre le choc de la charge sur l'animal et la hauteur de chute.
- 2) Plus la charge et l'altitude sont importantes, plus l'effet du choc est important.
- 3) L'énergie potentielle diminue pendant que l'énergie cinétique augmente.

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

MECANIQUE

Objectif

C- Résoudre un problème en utilisant le théorème de l'énergie cinétique.

Problématisation

Situation déclenchante

Proverbe (de l'ethnie Bariba à l'est du Bénin) :

« Si haut que parvienne une chose lancée, c'est à terre qu'elle retourne. »

Questionnement

Le professeur circule dans les groupes pour s'assurer que la consigne est comprise par l'ensemble des élèves des groupes. Après cela, un débat est conduit par lui, et les questionnements suivants sont retenus :

- 1) Comment justifier ce proverbe ?
- 2) Comment expliquer que la chose lancée ne reste pas en air ?
- 3) Qu'est ce qui permet de faire le lien entre la chose en air et son retour à la terre ?
- 4) Quelles sont les forces qui agissent sur la chose en air ?
- 5) Doit-on parler de travail moteur ou résistant lors de la chute de la chose en air ?
- 6) S'il y a travail, c'est qu'il y a transfert d'énergie : quel(s) est (sont) le(s) transfert(s) d'énergie mis en jeu juste avant que la chose lancée en air n'arrive au sol.

Elaboration d'hypothèses

Un représentant de chaque groupe présente le travail de son groupe. Les élèves font état de leurs hypothèses, confrontent leurs idées, débattent, argumentent et confirment ou infirment l'hypothèse émise par un groupe. Le professeur structure le bilan des différentes hypothèses proposées par les groupes, et valide celles qui peuvent déboucher sur une vérité scientifique. Ne sont retenues par le groupe classe, que celles en relation avec la question posée et vérifiables. Ainsi, les hypothèses suivantes sont retenues :

- 1) Il y a transformation de l'énergie potentielle en énergie cinétique.
- 2) Il y a une seule force, le poids qui agit sur la chose lancée.
- 3) En air, la chose lancée est soumise uniquement au travail de son poids.
- 4) Il y a un lien entre la durée de chute de la chose lancée et son poids.

MECANIQUE

Objectif

D- Résoudre un problème en utilisant le théorème de l'énergie cinétique.

Problématisation

Situation déclenchante

Proverbe (de l'ethnie Ewé au sud du Ghana) :

« Si l'on peut poursuivre un lièvre pour l'attraper, inutile de poursuivre un guépard. »

Questionnement

Le professeur circule dans les groupes pour s'assurer que la consigne est comprise par l'ensemble des élèves des groupes. Après cela, un débat est conduit par lui, et les questionnements suivants sont retenus :

- 1) Comment justifier ce proverbe ?
- 2) Quel lien existe-t-il entre les vitesses de deux animaux ?
- 3) Quelle(s) énergie(s) est (sont) mise(s) en jeu ?

Elaboration d'hypothèses

Un représentant de chaque groupe présente le travail de son groupe. Les élèves font état de leurs hypothèses, confrontent leurs idées, débattent, argumentent et confirment ou infirment l'hypothèse émise par un groupe. Le professeur structure le bilan des différentes hypothèses proposées par les groupes, et valide celles qui peuvent déboucher sur une vérité scientifique. Ne sont retenues par le groupe classe, que celles en relation avec la question posée et vérifiables. Ainsi, les hypothèses suivantes sont retenues :

- 1) Plus l'animal possède assez d'énergie, plus il court vite.
- 2) Il y a un lien entre la durée de poursuite et la vitesse de parcours de l'animal.

II – 4 ANALYSE CRITIQUE DES DEUX DEMARCHES MISES EN ŒUVRE

Pour porter une analyse critique sur les deux démarches d'apprentissage, nous avons dans la **deuxième phase** soumis deux encadrés dont l'un aux élèves et l'autre aux professeurs (voir annexe 2).

- **Analyse des encadrés**

- a) **Encadré des questions soumises aux professeurs**

A la question « *Est-ce que les élèves reconnaissent les différents outils ?* », plus de 81% des professeurs trouvent que la plupart des outils présentés sont familiers aux élèves. Ils les rencontrent dans leur environnement immédiat. Ce qui fait que lors du questionnement, les questions sont très compréhensibles.

A la question « *Cette démarche améliore-t-elle l'état de connaissances des élèves ?* », les professeurs ont noté une nette progression des élèves avec une participation active de leur part. Ce qui est confirmé par les travaux de G. Chappaz qui selon lui, les pourcentages de réussite aux activités de classe augmentent avec la force de motivation, et l'influence de la motivation scolaire est encore plus forte chez les sujets faibles. C'est donc clair qu'on ne peut dissocier résultats et motivation.

A la question « *Quel est l'effet de cette démarche par rapport à la démarche traditionnelle « presse bouton » ?* », 76% des professeurs mentionnent que les élèves ont été marqués par les différentes étapes de cette démarche : ils ont relevé chez les élèves une curiosité assidue, un appétit de connaître pour le plaisir de connaître, un besoin d'expliquer (ils se sont beaucoup posés de questions entre eux), une confiance en soi. Les élèves qui n'osaient pas poser des questions interviennent de plus en plus.

- b) **Encadré de questions soumises aux élèves**

A la question « *Connaissez-vous ces différents outils ?* », 98% trouvent que les jeux leur sont familiers, 79% connaissent les contes grâce à la télévision nationale, dans les classes antérieures, grâce à certains parents. Quant aux proverbes, 63% connaissent leur importance mais les difficultés s'observent au niveau de l'interprétation.

A la question « *Est-ce que ces outils vous facilitent la compréhension ?* », 97% des élèves mentionnent ces outils participent activement à la compréhension du phénomène physique.

A la question « *Comment appréciez-vous cette démarche d'apprentissage ?* », ils trouvent que cette démarche améliore la relation d'une part, entre eux élèves, leur permet de « s'enrichir », « d'avoir » le plaisir de connaître d'autre part.

A la question « *A quoi servent ces outils (contes, proverbes, photos des jeux) appelés outils de connaissances locales ?* », 78% des élèves mentionnent qu'ils permettent d'éduquer, de transmettre les connaissances. 17% pensent qu'ils permettent de faire passer le temps et 5% d'entre eux ne fournissent aucune réponse.

A la question « *Comment appréciez-vous la démarche d'enseignement adoptée par votre professeur ?* » 97% mentionnent que les outils utilisés lors de la séquence permettent de rendre le cours plus attrayant. Ils ajoutent que ces outils leur permettent de suivre et comprendre le cours. 95% trouvent le vocabulaire accessible.

L'emploi des outils de connaissances locales fait que le savoir construit trouve un point d'ancrage, se rapporte à un aspect qui est fortement chargé affectivement. Ce qui fait que les apprenants sont prêts à intégrer ce nouveau savoir. Ce fort pourcentage (97%) de bonne appréciation montre que la motivation des apprenants prend son origine non seulement dans les perceptions et les attentes de ces derniers à l'égard des événements mais aussi et surtout dans la relation entre leurs perceptions et le contexte de classe. Ces perceptions peuvent résulter de la valeur qu'accorde l'apprenant de l'utilisation de ces outils, de sa compétence à accomplir et de sa perception du contrôle qu'il exerce sur cette activité de classe.

A la question « *Pour mieux comprendre les sciences physiques, il faut avoir une démarche d'apprentissage proche des élèves.* », 72% pensent que cela est nécessaire pour captiver l'attention de l'élève.

A la dernière question : « *Comparez les deux démarches d'apprentissage.* » 86% mentionnent que cette démarche qui leur permet de discuter entre eux. Ils souhaitent son intégration dans le programme d'enseignement des sciences physiques.

Les réponses des différentes questions montrent que les groupes expérimentaux comparativement aux groupes témoins (n'ayant connu aucune intervention spécifique) ont évolué dans un climat où l'enseignement de l'énergie est valorisé. Les interactions entre élèves-élèves d'une part, entre élèves-professeur d'autre part, ont produit chez les élèves des progrès. Les résultats nous donnent des indications nettes. De plus, cette recherche nous fournit des indications précieuses sur les principales erreurs des élèves, ce qui peut nous permettre de prévoir des interventions et des outils pédagogiques particulièrement utiles au niveau des classes de 3^{ème} et 1^{ère} scientifiques.

c) Analyse critique des deux démarches

Le matériel mis à la disposition des élèves dans la démarche presse bouton (Montage dessiné au tableau, commenté par le professeur, mesures, interprétation, conclusion) est source de difficulté. Les enseignants élaborent cette démarche avec le matériel disponible dans le lycée ou dans le collège et pallient, dans la planification des activités, aux faiblesses de celui-ci. Ainsi, dans les deux cours relatifs aux objectifs spécifiques de cette démarche presse bouton, nous avons observé que le choix de la méthode est premier, l'enseignant adapte ensuite au mieux le matériel disponible.

Les professeurs élaborent des séances des travaux pratiques, développent une démarche souvent sophistiquées (choix du matériel, conditions expérimentales, méthodes expérimentales etc.) à laquelle les élèves, eux, n'ont pas accès. Le professeur transmet le problème ou la question, le matériel à utiliser, les mesures à réaliser, la méthode à suivre mais n'explique pas, ne justifie pas ses choix aux élèves. L'élève ne participe à la construction de la démarche et il n'a pas non plus les moyens de l'appréhender : l'enseignant ne dévoile pas, ne la soumet pas aux questions.

Quant à la deuxième démarche, sa mise en pratique modifie non seulement la relation entre l'élève et le savoir, mais aussi la relation entre l'élève et le professeur.

Le professeur n'est plus celui qui « professe » le savoir, mais celui que les élèves peuvent consulter pour accéder au savoir.

L'élève va construire son savoir par une suite d'interaction (confrontation-mise en commun) avec les autres élèves, voire avec le professeur. Et tant que l'élève est sujet à interaction, il est sollicité, il est donc actif. Ainsi, l'élève sera acteur dans :

- Le choix dans la situation de départ,
- La formulation du questionnement,
- L'élaboration des hypothèses et la conception de l'investigation,
- L'investigation conduite par les élèves,
- L'acquisition et la structuration des connaissances.

L'enseignant dans cette démarche passe du rôle de meneur à celui d'accompagnateur. L'élève avec les différentes interactions (élève-professeur, élève-élève) a plus de facilité à exprimer ses idées devant ses camarades.

Comme on le voit, cette démarche donne du plaisir à certains élèves qui doutent d'eux-mêmes, à prendre progressivement la parole devant leurs camarades et réaliser qu'ils ont des positions personnelles à défendre dans des problèmes à caractère scientifique.

CONCLUSION GENERALE

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

Constatant les problèmes de l'enseignement de l'énergie, nous avons élaboré notre projet de recherche en le centrant sur les deux acteurs (enseignants et enseignés), notre objectif étant d'identifier les difficultés liées à la transmission et à la compréhension de cette notion en vue de proposer un remède.

Dans la première partie, après un regard rapide sur les travaux antérieurs, lesquels font référence à l'existence des difficultés aussi bien au niveau des élèves qu'au niveau des professeurs au concept d'énergie, nous avons analysés l'état actuel des recherches en didactique des sciences physiques. Ces recherches sont classées selon quatre axes : Etude des conceptions et des raisonnements communs, développement et analyse d'impact de matériaux et d'outils d'apprentissage, Analyse de pratiques et formations des enseignants, et Rôle du langage et écriture scientifique. Cette classification nous a permis d'orienter notre travail de recherche.

Dans la deuxième partie, la grille d'analyse que nous avons été amené à adopter, a permis de mettre en exergue la construction du savoir et l'enseignement des sciences physiques dans le secondaire en Côte d'Ivoire. Nous avons analysé l'importance accordée à la discipline Sciences Physiques. Ce qui nous a permis d'établir les statistiques suivantes par niveau d'enseignement. Ainsi, les résultats ont montré que 8% du volume horaire global sont consacrés aux sciences physiques en classe de 3^{ème} ; 21.35% en classe de 1^{ère} C et 17.47% en classe de 1^{ère} D. A ces pourcentages que nous qualifions d'important comparativement au nombre de matières par classe, il faut ajouter le nombre croissant des agents pédagogiques, répartis dans les directions générales, et le coefficient important accordé aux sciences physiques.

Nous avons constaté que l'évolution des programmes de sciences physiques s'est caractérisée par le souci de rester en prise sur les transformations des programmes français pour préserver la parité des diplômes, de multiples actions de rénovation pédagogique, et une insistance particulière sur la technique. Les allègements successifs, liés à des considérations pédagogiques et aux diminutions d'horaires sont considérables. Cette rénovation pédagogique correspond à la réalisation et l'utilisation de manuels spécialement conçus. A cet effet, pour promouvoir l'enseignement des sciences physiques et technologiques, et respecter la spécificité du programme national, il a été mis en place depuis 1990 le manuel de collection GRIA et en 1996 celui de collection AREX pour remplacer les collections antérieures.

L'analyse a montré les insuffisances des choix pédagogiques que sont le cours magistral et les salles spécialisées, et celles des modèles pédagogiques utilisés : du modèle transmissif à la formation par compétences en passant par le modèle de pédagogie par objectifs. En

expérimentation depuis la rentrée scolaire 2005/2006, le modèle de formation par compétences considère l'enseignement, l'apprentissage et l'évaluation comme un tout rattaché aux finalités éducatives et aux curricula. Cette intégration est rendue possible par le fait qu'on ne vise plus l'acquisition d'objectifs isolés et morcelés, et qui contribue à l'épanouissement personnel, social et proportionnel du futur citoyen.

Dans la troisième partie de notre travail, nous avons montré que le concept d'énergie est né en physique à la suite de la décomposition du newtonianisme, la « vision astronomique » des phénomènes. En effet, le newtonianisme n'arrivant pas à répondre à certaines questions simples telles que : Que devient le mouvement lorsqu'il paraît 'annihiler lors d'un choc ? Comment expliquer l'échauffement des corps qui sont entrés en collision ? va voir naître un nouveau concept : « le concept d'énergie ».

Cependant son élaboration est partie des découvertes issues de très nombreux phénomènes dans les champs expérimentaux. Lesquels ont permis expérimentalement de mettre en relation : la connexion entre l'électricité et la chimie, la connexion entre l'électricité et le magnétisme, la connexion entre l'électricité et la chaleur, la connexion entre la chaleur et la force mécanique. Ces connexions entre les phénomènes mécaniques, chimiques, électriques, magnétiques, caloriques et lumineux sont interprétés comme des conversions, des transformations, comme quelque chose qui se convertit d'une forme à une autre. Ce quelque chose sera identifié comme étant l'énergie. L'apport des travaux des savants comme Helmholtz dans son mémoire : Sur la conservation de la force, montre mathématiquement que la nature renferme une réserve d'énergie inaltérable, constante et que cette énergie se présente sous deux formes : la force vive et la force de tension ; et celui du savant Thomson qui est parti du doute de la théorie calorique (chaleur conçue comme substance) et du scepticisme de la supériorité de la théorie dynamique (la chaleur conçue comme mouvement) ont abouti à la mise en place de la machine thermique.

L'incapacité des sciences de l'esprit (le scientisme) à répondre aux grandes questions posées par l'humanité : « D'où vient l'univers ? A-t-il des limites dans l'espace et dans le temps ? Qu'est-ce que la vie ? Où est la synthèse définitive du monde minéral et du monde biologique ? » fut le signal de l'intégration du concept d'énergie dans tous les domaines scientifiques car l'énergie était partout, à l'origine de tout, y compris l'origine de la pensée.

Désormais, objet d'enseignement, la notion d'énergie est diversement introduite dans les manuels scolaires.

Les différentes disciplines entretiennent des rapports différents à ce concept : les sciences physiques introduisent et formalisent le concept d'énergie qui est fondamental pour la discipline.

Les sciences naturelles utilisent le concept pour expliquer le vivant, analyser son fonctionnement. Les sciences de la société, histoire, géographie, sciences économiques et sociales, se préoccupent de l'usage que les hommes et les sociétés ont fait ou fait des sources d'énergie (Darot, 1986 cité par Bui th_, 2005).

L'analyse spécifique des modes d'approches dans les manuels scolaires au plan international montre l'écart entre la pensée naturelle et la pensée scientifique. Ainsi, dans les différents ouvrages, la définition scientifique de l'énergie n'a pas été unique. Cependant celle qui a connu un succès durable bien qu'elle fut porteuse de représentations erronées est la suivante : l'énergie est la capacité à produire du travail. Il n'existe pas dans les ouvrages un mode canonique de présentation. Les auteurs des manuels scolaires sont influencés par leurs représentations. Ils pensent, par exemple, que l'enseignement de la notion d'énergie doit être une accumulation d'un ensemble d'informations. Pour eux, le fait d'adopter un tel cheminement à partir d'un service de notions ponctuelles, va permettre à l'apprenant d'appréhender le phénomène général résultant.

Au niveau national, l'analyse des manuels scolaires en vigueur (GRIA, AREX) montre que le concept d'énergie comparativement à d'autres concepts enseignés au lycée et au collège est abordé de la même façon : il est introduit soit en tant que concept dérivé du travail (Mécanique), soit en tant que fonction des grandeurs observables qui décrivent le champ mono phénoménologique d'application du concept (Electricité). Ainsi, une des caractéristiques du programme ivoirien est la dispersion du concept d'énergie à travers les différentes unités thématiques.

L'analyse critique de la transmission et de l'appropriation de la notion d'énergie faite dans cette partie montre les élèves et leurs professeurs éprouvent d'énormes difficultés au niveau de la langue d'enseignement. En effet, l'analyse du vocabulaire spécifique utilisé fait ressortir que le pourcentage des verbes dits mentalistes fluctuent entre les trois réponses proposées par ces derniers, par exemple concernant le verbe *Observer* 25% lui donnent comme sens *Regarder avec attention* ; 48% donnent le sens de *Dire ce que l'on voit* ; et 27% donnent le sens de *Faire des remarques*. Pour le verbe mentaliste *Montrer*, 49% lui donnent le sens de *Prouver* ; 21% lui donnent de *Expliquer* ; et 30% donnent le sens *Justifier*. Cependant les consignes en rapport avec les verbes comme Donner, Définir, Calculer, Déterminer ont un taux de compréhension largement au-delà de la moyenne. La mauvaise maîtrise par les élèves de la langue, les empêche de mieux comprendre les différentes consignes et faire un raisonnement cohérent. Ces résultats sont compatibles avec les résultats d'autres recherches (Goldring et Osbon, 1994). Nous avons constaté aussi l'influence des connaissances antérieures. En effet, le contexte social et culturel dans lequel s'inscrivent nos lycées et collèges met l'élève ivoirien dans une situation d'inter culturalité

manifeste, inter culturalité du fait de la présence de plusieurs groupes ethniques (60 ethnies dont les référents culturels sont variés). Issu de ce milieu, ce dernier arrive dans la classe avec des savoirs, des représentations culturellement construits : la description des phénomènes par les élèves est caractérisée par les connaissances acquises dans la vie courante.

Les raisonnements de l'élève s'éloignent largement de ceux du scientifique puisqu'on ne demande plus aux apprenants de faire des démonstrations, ni même le cours ne leur enseigne ce qu'est une véritable démonstration, qu'il est dépourvu de rigueur et de précision jusque dans les définitions que le cours prétend donner et souvent ne donne pas, que la notion d'énergie est parfois présentée dans un ordre logique incohérent. Cette situation a mis en exergue à travers notre analyse, trois types d'erreurs empêchant l'apprenant d'avoir un raisonnement cohérent sur les faits énergétiques : d'abord, des erreurs qui sont les conséquences d'un maintien du système de représentation préexistant chez l'élève, ensuite des erreurs dues à une inadéquation entre le stade avancé dans le cycle des apprentissages et le développement cognitif de l'élève, et enfin des erreurs dues à la pédagogie mise en place par le professeur.

L'expérimentation apparaît comme la troisième source de difficultés d'appropriation. En effet, les résultats de notre analyse montrent que l'apprenant en Côte d'Ivoire est rarement impliqué dans les activités intellectuelles : problématisation, élaboration d'hypothèses,... Il est principalement amené pour lui donner l'impression de participer aux activités expérimentales, à effectuer des tâches techniques (relevé des mesures, essais de montage ou encore de démontage), l'empêchant de percevoir la connexion entre l'expérience et la théorie. Cette situation s'accroît de plus en plus par le manque de matériels didactiques (matériels appropriés...). Ainsi, les enseignants sont amenés soit à réduire le nombre de manipulations, soit à illustrer l'expérience par des schémas ou des dessins faits l'enseignant lui-même au tableau noir, suivis de commentaires. Et la tendance observée chez l'enseignant est une présentation descriptive qu'explicative des leçons, du reste avec un contenu trop souvent atomisé, sans relation des éléments et des faits observés, rendant presque nulle toute résolution des acquis de la formation dans la vie quotidienne. Les conséquences d'une telle pratique sont que les apprenants de notre population cible ne savent pas observer, dessiner, tirer profit d'un travail effectué sur du matériel concret, et ils n'ont pas une pensée structurée à travers les activités scientifiques. Cette façon de procéder fait fi aux apprentissages de comportements (savoir manipuler) qualifiés par Richard (1994) d'apprentissages cognitifs de plus niveau, et développe les compétences cognitives de bas niveau : répétition (apprendre et répéter les définitions, les lois), application d'algorithmes (savoir appliquer des formules, savoir résoudre des exercices standardisés). Comme, on le voit l'élève est placé en

situation d'exécuter des manipulations qui lui sont prescrites, d'effectuer des observations. Les conclusions semblent s'imposer d'elles-mêmes, lorsqu'elles ne sont pas connues d'avance.

Ce genre d'expérimentation où les travaux apparaissent orientés vers l'apprentissage des lois, des relations entre variables, qualifié d'expérimentation outil par Coquidé (1997) est conçu comme des moyens didactiques au service d'une conclusion annoncée, sans laisser aux élèves la possibilité effective d'en « faire le tour », en quelque sorte, de les apprivoiser.

Des difficultés analysées, nous pouvons avancer que les sources de difficultés rencontrées par les élèves ivoiriens des classes de troisième (3^{ème}) et de première (1^{ère}) scientifiques au cours de l'apprentissage de la notion d'énergie, résultent de la non intégration des outils de connaissances locales et l'inadaptation des modes de raisonnement correspondant à la mise en relation d'informations qui sous-tendent des raisonnements. Ces activités sont quasiment inexistantes dans la pratique didactique. Telle qu'enseignée aujourd'hui en Côte d'Ivoire, la notion d'énergie se transmet par une pédagogie dont le seul but est de coller aux modèles préfabriqués. L'enseignement est conçu par l'enseignant, tout seul. Ses différents choix ne sont pas à discuter. Le pourquoi du contenu et de la forme est exclusivement réservé à l'enseignant. Il en est de même du style adopté, des supports choisis, du niveau de formulation, des exemples, des exercices, des illustrations. En un mot, la transposition didactique de l'enseignement de l'énergie est du ressort de l'enseignant. L'élève est ainsi amené à accepter des modèles tout faits sans qu'il soit impliqué dans les processus intellectuels (problématisation, conceptualisation, modélisation, formalisation,...) qui mènent à leur élaboration. Il est tout simplement sollicité pour appliquer ces modèles afin de répondre à des questions écrites sur des situations elles-mêmes décrites.

Ainsi, le concept d'énergie et les outils de connaissances locales se présentent sous la forme énoncés qui sont déconnectés des processus intellectuels qui les ont produits. Ces arguments nous permettent d'affirmer que l'enseignement de l'énergie telle qu'elle est enseignée en Côte d'Ivoire se ramène selon nos constats dans les classes de 3^{ème} et 1^{ère} à des formules stéréotypées commentées par des phrases récitées dans des manuels scolaires ou dans les cahiers des apprenants.

Dans un souci d'amélioration de l'enseignement de l'énergie, la didactique des sciences physiques a développé, depuis quelques années différents champs de recherche : étude des conceptions et formes de raisonnement « sens commun », élaboration et validation des situations d'apprentissage, motivation des élèves pour l'apprentissage de l'énergie, diffusion des pratiques innovantes, etc.

Pour surmonter ces préoccupations liées à l'enseignement de l'énergie, notre contribution est de construire des situations d'apprentissage qui prennent en compte les interrogations suivantes :

- Quel type d'enseignement pouvons-nous mettre en place pour faire des liens entre les variétés d'énergie (potentielle, cinétique, électrique, etc.) ?
- Comment faire pour que les élèves arrivent à faire le lien entre les concepts de force, de travail, de chaleur et l'énergie ?
- Comment faire afin que les élèves arrivent à passer d'une représentation de l'énergie à une autre, ce qui est fondamental pour l'apprentissage du concept ?

Dans la quatrième et dernière partie : en faisant l'analyse de l'éducation traditionnelle, il ressort que la formation du jeune Africain se fait naturellement sur la conduite des aînés. L'acquisition des connaissances n'est pas innée, ni intuitive. Elle se fait à l'intérieur des différentes classes d'âge que l'enfant aurait appartenu. Mais bien avant, la maîtrise de la parole chez l'enfant s'acquiert d'abord auprès de la mère qui lui apprend les premiers éléments de vocabulaire, de diction, et de grammaire. Ensuite, auprès de ses camarades pour la maîtrise du langage des jeux, et enfin, à partir des chants qui occupent une place importante dans le répertoire de la littérature orale africaine. L'analyse a montré aussi que la transmission des connaissances se fait à travers les outils que sont les mythes, contes, proverbes ou jeux d'enfants. Lesquels outils ont souvent constitué pour les sages des temps anciens, un moyen de transmettre à travers les siècles d'une manière plus ou moins voilée, par le langage des images, des connaissances qui reçues dès l'enfance, resteront gravées dans la mémoire profonde de l'individu pour ressurgir peut-être au moment approprié, éclairées d'un sens nouveau. Ces outils apparaissent comme des supports de formation et d'enseignement.

Dans cette éducation traditionnelle, tout part de l'observation : c'est en regardant attentivement l'activité exercée par l'adulte puis en procédant par essais répétés que l'apprenant acquiert des habiletés.

L'étude nous a permis de mettre en évidence que la conceptualisation de la notion d'énergie par le Négro-africain se fait à travers les contes, proverbes et les jeux. A travers cette éducation, le Négro-africain développe de façon implicite toutes les théories sur la connaissance des manifestations de l'énergie que sont la chaleur, la force, le travail, la lumière, le feu et la puissance. En effet, les proverbes, les contes, et les jeux ont leurs racines dans la tradition qui observe, explique et interprète les faits, les règles de la nature, les comportements humains pour régir les relations sociales et environnementales. Ces outils permettent d'inculquer à l'enfant des notions en rapport avec la nature telle que l'énergie, la force, la puissance, le travail, ..., le courage

et le dévouement. C'est l'exemple du piège à potence où sont mis en jeu l'énergie potentielle (hauteur où est placée la charge), l'énergie cinétique (vitesse de chute de la charge) ; c'est aussi le cas des différents jeux (le chariot, le toboggan,...) où sont mis en évidence les transformations mutuelles entre l'énergie cinétique et l'énergie potentielle.

Ces jeux socialisent les enfants et leur apprennent à respecter une règle commune et à comprendre le fonctionnement des objets à leur portée.

La culture apparaît comme une ressource face aux tâches scolaires et permet de construire du sens et de trouver la « bonne distance », face aux attentes de l'école, il paraît dès lors important de puiser dans nos outils de connaissances locales, les bases pour rendre notre enseignement efficace et rentable. Ainsi, l'enseignement traditionnel doit être considéré comme un arbre, qui au fur et à mesure qu'il grandit, possède des branches qui meurent. Il faut savoir les couper, et ne jamais couper le tronc, ni déraciner l'arbre. Il faut parfois greffer l'arbre (Hampâté Bâ, 1975).

Conformément à notre approche, nous avons mis en place dans la classe une démarche pour l'enseignement de l'énergie. Cette démarche a permis de créer dans la classe une source de motivation pour les élèves, et donc une participation active aux activités de classes. En effet, les outils utilisés lors des séances d'activités en classe participent à la construction de l'individu, à son intégration au sein de la société, à l'élaboration de son image. Ainsi, les outils de connaissances locales contribuent à développer les facultés d'écoute active, la mémorisation ; les capacités d'expression orale, l'appropriation des structures de la langue, la syntaxe et le vocabulaire ; la prise de conscience de la dimension esthétique et poétique de la langue.

L'utilisation de ces outils non seulement offre des facilités pour maîtriser la langue et de posséder un répertoire, mais elle plonge les apprenants dans un milieu qui leur est familier.

Pour l'apprenant comme pour l'enseignant, l'introduction des contes, des proverbes, l'utilisation des photos et schémas des jeux de leur environnement suivi de discussions ouvertes sur de nombreux aspects, permet de donner à la notion d'énergie, notion réputée abstraite, une nouvelle dimension humaine. A ce niveau, les outils de connaissances locales apparaissent comme des moyens d'enseignement permettant de maintenir les apprenants dans leur culture d'origine, dans leur environnement social afin d'éviter une coupure d'avec leurs « racines » et même d'avec « l'arbre » tout entier.

Au niveau de la démarche et des outils utilisés, nous avons montré comment les activités de classe sont construites par les enseignants en collaboration avec les élèves dans l'objectif de transmettre des connaissances et de favoriser leur acquisition par les élèves.

Bien évidemment, le faible nombre de situations, et en particulier la limitation du nombre d'établissements à ceux d'Abidjan sur lesquels l'étude a finalement porté, ne permettent pas d'affirmer la généralité de nos propos. La démarche et les outils utilisés dans ce travail doivent pouvoir maintenant être réutilisés pour une extension de l'étude. L'écart considérable observé au niveau de la motivation aussi bien au niveau des élèves qu'au niveau des enseignants est à prendre au sérieux, il apparaît comme l'indiscutable indication d'un paramètre encore mal étudié pour accroître le rendement des élèves.

Partant de l'idée d'un écart entre pratique scientifique et activités assignées aux élèves en classe, l'utilisation des outils de connaissances locales, nous a permis de trouver une nette rupture. Les activités que nous leur avons proposées sont didactiques et d'exigence de rigueur scientifique, ce apparaît clairement dans la mise en relation du monde des phénomènes et celui des théories et modèles.

Dans cette grande cohérence et cette expertise professionnelle, l'élève n'est évidemment pas absent : il est acteur de la construction de la connaissance.

Au-delà de caractéristiques, ce sont donc des questions de didactique théorique qui sont posées : le choix du cadre théorique de la transposition, pensé aussi comme une mise à l'épreuve, conduit donc à voir les objets ou système sur lesquels elle opère, ainsi que ses limites d'application : jusqu'où peut-on parler de transposition ?

Ce travail ne constitue en rien une forme achevée, malgré les résultats auxquels nous sommes parvenus.

La réflexion peut être poursuivie dans nos futurs travaux qui porteront sur la formalisation des outils, de leur transposition, de leur adéquation avec les lois et théorèmes et un usage systématique d'un lexique conventionnel, c'est-à-dire une monnaie d'échange entre les différents utilisateurs des résultats du présent travail, à savoir les enseignants, à travers des conférences et des séminaires.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Adja, E., « **Proverbes et communication politique au Benin** », in Beck R-M et Wittmann, F. ; Cultures de médias en Afrique ; Köln, Rüdiger Köppe Verlag, 2004.
2. Agostini, F., **Les procédés littéraires du récit dans la vulgarisation scientifique écrite et télévisée**. In Science en bibliothèque. Paris : Editions du Cercle de la Librairie, p.125-140. 1994.
3. Altet, M., **Les pédagogies de l'apprentissage**, PUF, Coll. Education et formation, 2^{ème} éd., 1998.
4. Anderson, J.R., The architecture of cognition. Cambridge M.A.: Havard University Press, 1983.
5. Arzac, G., **L'évolution d'une théorie en didactique : l'exemple de la transposition didactique**, Recherches en didactique des mathématiques, 1992, 12, n°1, p.7-32.
6. Aster (Equipe de recherche), **Procédures d'apprentissage en sciences expérimentales**, Coll. Rapport de recherche, n°3, INRP, Paris, 1985.
7. Astolfi, J.P. et Develay M., **La didactique des sciences**, PUF, Coll. QSJ. 1989.
8. Astolfi, J.P., **L'erreur, un outil pour enseigner**, ESF, 1997.
9. Astolfi, J.P. et al., **Mots clés de la didactique des sciences**, De Boeck, 1997.
10. Ausubel, D.P., « **Educational psychology, a cognitive view** ». New york : Holt, Rinehart and Wiston, 1968.
11. Ayçaguer-Richoux, H., **Rôles des expériences quantitatives dans l'enseignement de la physique au lycée**. Thèse : didactique des disciplines, Université Paris 7-Denis Diderot, 2000, 205 p.
12. Bachelard, G., **La formation de l'esprit scientifique**, Paris, Vrin, 1938.
13. Barbier, J.M.(dir), **Savoirs théoriques et savoirs d'action**, PUF, 1996.
14. Beaufils, D. et al., **Images et nouvelles technologies : des activités expérimentales dans l'enseignement de la physique**, Paris :INRP, 1997, 138 p., (Collection Documents et travaux de recherche en éducation n°27)
15. Beaufils, D. et al., **Quelques éléments de réflexion à propos des exercices à caractère expérimental**. *In* : *Activités expérimentales des élèves en physique-chimie*, Caen : CRDP, 1999, p.101-116.

16. Becu-Robinault, K., **Rôle de l'expérience en classe de physique dans l'acquisition des connaissances sur les phénomènes énergétiques.** Thèse : didactique de la physique, Lyon 1, Université Claude Bernard, 1997, 242 p.
17. Bécu-Robinault, K., **Activités de modélisation des élèves en situation de travaux pratiques traditionnels : introduction expérimentale du concept de puissance.** In Didaskalia, recherches sur la communication et l'apprentissage des sciences et des techniques. N°11. Décembre 1997. Pages 7 à 37.
18. Bécu-Robinault, K. & Tiberghien, A., **Integrating table experiment in energy teaching.** In International Journal of Sciences Education, 1996.
19. BelHoste, B & al., **Les sciences au lycée- Un siècle de réformes des mathématiques et de la physique en France et à l'étranger,** Paris :INRP, Vuilbert, 1996, 330p.
20. Berthier, N., **Les techniques d'enquête. Méthode et exercices corrigés,** A. Colin, Paris, 1998.
21. Blanchet et Gotman, A., **L'enquête et ses méthodes : l'entretien,** Nathan, Paris, 1992. (Comment préparer, réaliser et analyser les entretiens)
22. Bloom, J.S., **Contexts of meaning and conceptual integration : How children understand and learn.** In philosophy of science, cognitive psychology and educational theory and practice, R.A. dusch, R.J. Hamilton (dir), Albany, NT: State University of New York Press, pp.177-194, 1992.
23. Bouldoires, A. et al., **Les élèves de lycée et la notion d'énergie.** TREMA n°3-4, IUFM de Montpellier, 1993.
24. Bramandate & Viennot, L., Mapping gravitational and magnetic fields with children 9-11: relevancy, difficulties and prospects *International Journal of Science Education*, 29, 3 349-372. 2007.
25. Brenasin, J., Weil-Barais, A., **Etude de l'impact d'outils informatiques par les élèves en sciences physiques,** Paris : MEN, LIREST, 1994.
26. Britt-Mari, B., **Construire son savoir,** Actes du Symposium REF, Bruxelles, De Boeck, 1996, p.20-23.
27. Brousseau G., **Théorie des situations didactiques.** La pensée sauvage. 1996.
28. Brousseau, G., **Le contrat didactique : le milieu, recherches en didactique des mathématiques,** 1986, 9, n°2, p.33-105.
29. Bruner, J., **L'éducation entrée dans la culture.** Paris : Retz, 1996.

30. Bunce, D.M., Gabel, D. et Samuel, J., « **Enhancing Chemistry Problem Solving Achievement Using problem Categorization** », Journal of Research in Sciences Teaching, 28 (6), 505-521, 2001.
31. Canguilhem, G., **Idéologie et rationalité dans l'histoire des sciences de la vie**. Paris : Vrin, 1988.
32. Carmona-Magnaldi, N. et Vecchi, G. de, **Faire construire des savoirs**, Hachette, 1996.
33. Caro, P., **Vulgariser la chimie, entre le savoir et l'imaginaire**. In Le Chimiste et le Profane : **Partager, dialoguer, communiquer, vulgariser, enseigner...** L'Actualité Chimique n° 280/281, sous la direction de EASTES R.-E. et PELLAUD F., p27. 2004.
34. Chevallard, Y., **La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné**, Grenoble, La pensée sauvage (2^e éd.1991), 1985.
35. Cissé, N., **Le rôle de l'expérience dans l'apprentissage des sciences**. Mémoire de fin d'études, ENS-Takaddoum, 1989.
36. Clark, M., Peterson, P., **Teacher's thought processes**, in M. Wittrock (Ed), Handbook of Research on Teaching, new York: Mac Millan (3^eme edition), 1986.
37. Collectif, **Enseignement et apprentissage de la modélisation**, INRP, Paris, 1990.
38. Collectif, **Nouveaux regards sur l'enseignement et l'apprentissage de la modélisation**, INRP, Paris, 1994.
39. Collectif, **Annuaire des chercheurs en didactique de la physique et de la chimie**, publication de l'Association Tour123, 1995.
40. Cornu, L. et Vergnion, A., **La didactique en question**, Hachette, 1992.
41. Comiti, C. et al., **Niveaux de connaissances en jeu lors d'interactions en situation de classe et modélisation de phénomènes didactiques**, In Différents types de savoirs et leur attribution/ G.Arsac et al., Grenoble : La pensée sauvage, 1995, p.93-127.
42. Coquidé, M., **Les pratiques expérimentales : propos d'enseignants et conceptions officielles**. Aster, 26, 107 – 132, 1998.
43. Courtillot, D., Ruffenach, M., **Enseigner les sciences physiques, Collège et classe de 2^{nde}**, Bordas, 2004.
44. Courtillot, D., Ruffenach, M., **Enseigner les sciences physiques, de la 3^{ème} à la Terminale**, Bordas, 2006
45. CRDP Lyon (Collectif), **Introduction à l'énergie. Contenus de l'enseignement et compléments didactiques**, 1998.

46. Cummins, J., **The cross-lingual dimensions of language proficiency: Implications for bilingual education and the optimal age issues.** In TESOL Quarterly, Vol.14, pp 175-187, 1980.
47. Dasen, P.R., **Les activités quotidiennes d'enfants africains dans leur contexte naturel : la méthode des observations ponctuelles,** Enfance, 41, pp3-24, 1988.
48. De Closets, F., **Le bonheur d'apprendre.** Edition Seuil. Collection Points, 1996.
49. De Corte, E. et al., **Les fondements de l'action didactique,** De Boeck, 3^{ème} édition, 1996.
50. De Ketele, J-M. et al., **Méthodologie du recueil d'informations,** Bruxelles : De Boeck université, 1991.
51. De Vecchi, **Faire construire des savoirs.** Hachette Education, 1996.
52. Delannoy, C., **La motivation,** Hachette/CNDP, 1997.
53. Dembélé, B., **Pour une pédagogie syncrétique en faveur des élèves des milieux scolaires défavorisés en Occident et en Afrique** in Revue ivoirienne de sciences de l'éducation, n°1. 1997.
54. Demonque, Ch., **Qu'est-ce qu'un programme d'enseignement ?**, Hachette/CNDP, 1994.
55. Désalmand, P., **Histoire de l'éducation en Côte d'Ivoire. De la Conférence de Brazzaville à 1984.** Les éditions du CERAP. Abidjan, 2005.
56. Develay, M., **De l'apprentissage à l'enseignement. Pour une épistémologie scolaire,** ESF, 1992.
57. Develay, M., « **Sur la méthode expérimentale** », in Aster n°8, « Expérimenter, modéliser », INRP, Paris, 1986.
58. Develay, M. (dir), **Savoirs scolaires et didactiques des disciplines : une encyclopédie pour aujourd'hui,** ESF, 1995.
59. Develay, M., **Propos sur les sciences de l'éducation. Réflexions épistémologiques,** ESF, 2001.
60. Dhombres, J., **Pédagogie et utilisation de l'histoire : des tensions contradictoires,** in For de learning of mathematics 2.2, FLM publishing association, Montréal, Québec, Canada, 1981.
61. Driver, R., Guesne, E. et Tiberghien, A. (Eds), **Children's Ideas in Science** (Milton Keynes: Open University Press), 1985.
62. Drouin, A.M., **Le modèle en question,** in modèle et modélisation, Aster n°7, INRP, 1998.
63. Droz, R. et Rahmy, M., **Lire Piaget.** Dessart. Bruxelles, 1972.
64. Dumestre, G., **Stratégies communicatives au mali : langues régionales bambara, français,** paris : Didier Erudition. Collection langues et développement, 1994.

65. Duran, B. J., Dugab, T., Weffer, R., **Language minority students in high school: The role of language in learning biology concepts**. In *science Education*, Vol. 82 (3), pp 311-341.
66. Durey, A., Martinand, J.-L., “**Un analyseur pour la transposition didactique entre pratiques de référence et activités scolaires**”, In *La transposition didactique à l'épreuve*, Grenoble: La pensée sauvage, p.73-104, 1994.
67. Erny, P., **L'enfant dans la pensée traditionnelle de l'Afrique noire : le livre africain**, 1968.
68. Falcou, J.-M., **Des conceptions aux savoirs scolaires en sciences physiques au cycle 3**. Mémoire professionnel. Institut Universitaire de Formation des Maîtres de la Guyane. 2003.
69. Faye, S., Viard, J. et Khantine-Langlois, F., **L'élaboration historique du concept d'énergie potentielle**. *Journal des sciences*, volume n°6, pp.65-74, 2006.
70. Favell, J.H., **The developmental psychology of Jean Piaget** “, Van Nostrand : New york, 1963.
71. Feynman, R., **La nature de la physique**. Seuil, Coll. Points sciences, 1980.
72. Feynman, R., **Le cours de physique de Richard Feynman**, Tome 1 Mécanique 2, Addison-Wesley Publishing Company, 1970.
73. Fortin, M.-F., « **Présentation des résultats** » in *OP. Cit.*, P.136, 1998.
74. Fortin, M.-F., « **Méthodes d'échantillonnage** » in *M.F.Fortin, le processus de la recherche*, pp.199-212, 1992.
75. Fortin, M.-F., « **La recension des écrits** » in *Le processus de la recherche, de la conception à la réalisation*, Decarie. Editeur, Québec, 1996.
76. Fourez, G., **Alphabétisation scientifique et technique. Essai sur les finalités de l'enseignement des sciences**. Bruxelles : De Boeck-Westmael, 1994.
77. Gayet, D., **Modèles éducatifs et relations pédagogiques**, Armand Colin, 1995.
78. Garaudy, R., **Cultures et civilisations : réflexions sur le masque africain**. *Ethiopiennes* n°9, revue socialiste de culture négro-africaine, 1977.
79. Genzling, J.C., Pierrard M.A., « **La modélisation, la description, la conceptualisation, l'explication et la prédiction** », in *Nouveaux regards sur l'enseignement et l'apprentissage de la modélisation en sciences*, INRP, Paris, 1992.
80. Giordan, A. et Vecchi, G. de, **Les origines du savoir. Des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques**, Delachaux et Niestlé, 1987.
81. Giordan, A. (dir), **L'élève et/ou les connaissances scientifiques**, Peter Lang, 1987.

82. Giordan, A., **Une didactique pour les sciences expérimentales**. Collection Débats, Editions Belin, Paris, 2004.
83. Goody, J., **Ethnohistory and Akan of Ghana**, Africa, p.67-81, 1959.
84. Guillon, A., **Etude épistémologique et didactique de l'activité expérimentale en vue de l'enseignement et l'apprentissage des démarches du physicien dans le cadre des travaux pratiques de première et deuxième année d'université**, 193 p., thèse : didactique de la physique, Paris XI, 1996.
85. Guillon, A., **Démarches scientifiques en travaux pratiques de physique de DEUG à l'université de cergy-Pontoise**, Didaskalia, 1995, n°7, p.113-127.
86. Halbwachs, F., **La physique du maître entre la physique du physicien et la physique de l'élève**, *Revue française de pédagogie*, n°33, 1975, pp.19-29.
87. Haslam, F. et al., **The influence of teachers on student observation in science classes**, in Annual Meeting of the National Association for research in science teaching, San Diego, 1998.
88. Hewson, P. et al., **Qualitative physics and student's ideas: a physics teacher's story**, international Journal of science Education, 1994, 16, n°5, p.563-573.
89. Hewson, P.W., Hewson, M.G., **"On Appropriate Conception of Teaching Science: a View from Studies of Science learning"**, Science Education, 72 (5) 529-540, 1988.
90. INRP-LIREST (collectif), **Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences**/ ed. J.-L. Martinand, Paris : INRP, 1992, 262 p., (Collection Didactique des disciplines).
91. INRP-LIREST (collectif), **Nouveaux regards sur l'enseignement et l'apprentissage de la modélisation en sciences**, Paris : INRP, 1994, 134 p., (Collection Didactique des disciplines)
92. Joshua, S., **Le rapport à l'expérimental dans la physique de l'enseignement secondaire**. Aster, n°8, pp.29-53, 1989.
93. Johsua, S. et Dupin, J.J., **Représentations et modélisation**, Peter Lang, Berne, 1988.
94. Johsua, S. et Dupin, J.J., **Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques**, PUF, Coll. Premier cycle, 1993 (réédition, coll. Quadrige, 2003)
95. Johsua, S., **La perdurance des obstacles épistémologiques : un révélateur de leur nature**, in N.Bednarz et C. Garnier (Eds), *construction des savoirs : obstacles et conflits*, Montréal, CIRADE, 1988, pp.110-116.

96. Jonnaert, Ph. Et Vander Borgh C., **Créer des conditions d'apprentissage. Un cadre de référence constructiviste pour une formation didactique des enseignants**, Bruxelles, De Boeck, 1999.
97. Kermen, I., Meuheut, M., Mise en place d'un nouveau programme à propos de l'évolution des systèmes chimiques : impact sur les connaissances professionnelles d'enseignants, *Didaskalia*, 32. 2008
98. Kermen, I., Meuheut, M., **Expliquer l'arrêt de l'évolution d'un système chimique en terminale S** Deuxième partie : explications d'élèves *Bull. Un. Prof. Phys. Chim*, juin 2008, vol 102, n°905, p. 857-869
99. Ki-Zerbo, J., **Eduquer ou périr**, Paris: UNICEF-UNESCO. au des collèges ».
100. Koliopoulos, D., Tiberghien, A., « **Eléments d'une bibliographie concernant l'enseignement de l'énergie au niveau des collèges** ». Aster, 2. 1986.
101. Kouliopoulos, D., Constantinou, C., the simple pendulum in school science textbooks of Greece and Cyprus. *Science & education*, 14, 1, 59-73. 2005.
102. Laplante, B., **Apprendre en sciences, c'est apprendre à parler sciences : des élèves de sixième apprennent à parler des réactions chimiques**. Deuxième version d'une communication présentée au congrès annuel de la société pour l'étude de l'éducation, Ottawa, 29 Mai 1998, 2000.
103. Leach, J. et Paulen, A., **Introduction. In J. Leach et A. Paulen (Eds) Practical Work in Science Education-Recent Research Studies** (Dordrecht: Kluwer) 17-18, 1999.
104. Lemeignan, G. et Weil-Barrais, A., **L'apprentissage de la modélisation dans l'enseignement de l'énergie**, Paris, LIREST, 1990.
105. Lemeignan, G. et Weil-Barais, A., **Developmental approach to cognitive change in mechanics**. *International Journal of Science Education*, 16 (1), 99-120, 1994.
106. Lemke, J. L., **Language, learning and values**. Norwood, NJ: Ablex, 1990.
107. Lévy-Leblond, J.M., **La physique en questions : Mécanique**, Vuibert, Paris, 1980.
108. Luc, C., Durey, A., **Modèle et modélisation dans les séquences de travaux pratiques sur le haut-parleur en classe de seconde**, *Didaskalia*, 1997, 11, p. 39-72.
109. Mathé, S., Meheut, M. & Hosson, C., (de) **La démarche d'investigation au collège : quels enjeux**. *Didaskalia*, vol. 32, 41-76.2008
110. Martinand, J.-L., **Connaître et transformer la matière**, Berne, Lang, 1986.
111. McDermott, L.C., **A perspective on teacher preparation in physics-Other sciences: the need for special courses for teachers**. *American Journal of Physics*, 58 (8), 734-742, 1990.

112. Méheut, M. et Psillos, D., **Teaching-learning sequences: aims and tools for science education research**. International Journal of Science Education, 26 (5), 515-535, 2004.
113. Migne, J., « **Pédagogie et représentations** », *Education permanente* n°8, Paris, 1970
114. Millar, R., **Investigations des élèves en sciences: une approche fondée sur la connaissance**. DIDASKALIA n°9 pp9-30, 1996.
115. Moumouni, A., **L'éducation en Afrique**. Paris Maspéro. 1964.
116. Nda, P., **Méthodologie de la recherche. De la problématique à la discussion des résultats**, Puci. Abidjan, 2000.
117. Nguessan, K., Aka, B. et Djeteli, G. **Etude de cas de docimologie appliquée aux sciences physiques**, Revue Ivoirienne des Sciences et Technologies, n°10 135-154, 2007.
118. Nguessan, K., **Impact de la culture sur l'interprétation de la notion d'énergie : cas des élèves de première scientifique de l'enseignement secondaire ivoirien**, Mémoire de DEA. ENS-Abidjan, 2005.
119. Nott, M., Smith, R., « **Talking your way out of it** », « **rigging** » and « **conjuring** » : **what science teachers do when practicals go wrong**, Int. J.Sci. Educ., 1995, 17, n°3, p.399-410.
120. Piaget, J., **Réussir pour comprendre**. PUF, 1979.
121. Piaget, J., **L'équilibration des structures cognitives. Problème central du développement**. Paris. PUF, 1975.
122. Piaget, J. et Garcia, R., **Les explications causales**. Paris : PUF, 1971.
123. Popper, K., **La logique de la découverte scientifique**. Paris : Payot, 1973.
124. Richard, J.F., **Le raisonnement pour l'action : la résolution de problèmes**. In R. Ghiglione et J.F. Richard. Cours de psychologie champs et théories, vol 3 : pp 68-98. Dunod, 1994.
125. Richard, J.F., **Les activités mentales, comprendre, raisonner, trouver des solutions**. Paris : Armand Colin, 1990.
126. Richoux, H., **Quels sont les rôles des expériences quantitatives dans l'enseignement de la physique au lycée ?** In Actes du 6^{ème} séminaire national de recherche en didactique de la physique, de la chimie et de la technologie, Lyon : LIRDST, 1998, p.243-249.
127. Rieunier, A. & Raynal, F., **Pédagogie : dictionnaire des concepts clés, apprentissage, formation, psychologie cognitive**. ESF, 1997.
128. Robardet, G., **Situations problèmes et modélisation ; l'enseignement en lycée d'un modèle newtonien de la mécanique**. Didaskalia, 7, pp.131-143, 1995.

129. Robardet, G. & Guillaud, J.-C., **Eléments de didactique des sciences physiques**. PUF (coll. Pédagogie d'aujourd'hui), 1997.
130. Robardet, G., **Quelle démarche expérimentale en classe de physique ?** Bulletin de l'Union des physiciens, n°836, UDP, 1991.
131. Robardet, G., **Enseigner les sciences physiques à partir de situations problèmes**. Bulletin de l'Union des physiciens, n°720, UDP, 1990.
132. Robardet, G., « **L'enseignement d'un modèle newtonien de la mécanique en lycée** (approche du concept de situation problème en physique) », in *Actes du Séminaire R21*, Publication de l'IUFM de Grenoble, pp.135-158.
133. Roche, J., **What is potential energy ?**, European Journal of Physics, n°24, pp.185-196, 2003.
134. Romdhane, I & Maurines, L. Les étudiants et les interférences lumineuses : cohérence des sources et principe de superposition , *Didaskalia*, Vol 31, pp. 83-112.2007
135. Romdhane, I. & Maurines, L., La cohérence de la lumière et les interférences : histoire des idées et difficultés des étudiants. *Actes des quatrièmes rencontres scientifiques de l'ARDIST*, Lyon, pp.309 -316.2005 <http://ardist.aix-mrs.iufm.fr/actes/2005/actes.pdf>
136. Romdhane, I. & Maurines, L. (2003) Students and the interference of light : first results. *Actes de la quatrième conférence internationale de l'ESERA*, Noordwijkerhout,2003.<http://www1.phys.uu.nl/esera2003/programme/pdf/192S.pdf>
137. Romdhane, I. & Maurines, L. **Les étudiants et les interférences lumineuses : premiers résultats**. *Actes des troisièmes rencontres scientifiques de l'ARDIST*, Toulouse, pp. 165-172. 2003.on web : http://ardist.aix-mrs.iufm.fr/actes/2003/203_13.pdf
138. Schön, D., **Le praticien réflexif. A la recherche du savoir caché dans l'agir professionnel**. Montréal : Les éditions Logiques, 1994.
139. Serres, M. (sous la direction de), **Eléments d'histoire des sciences**, éd. Bordas, Paris, 1989.
140. Shipstone, D., **Electricity in simple circuits**. In Driver, R., Guesne, E.et Tiberghien, A. (Eds) *Children's Ideas in Science* (Milton Keynes: Open University Press) 33-51.
141. Solomon, J., **Getting tn know about energy-in schooland society**. The Falmer Press, taylor&Francis inc, 1992.
142. Terrisse, A. (éd), **Didactique des disciplines. Les références au savoir**. De Boeck, 2001.

143. Tiberghien, A., Veillard, L., Le Maréchal, J.F., Buty, C., et Millar, R., **An analysis of labwork tasks used in science teaching at upper secondary school and university levels in several european countries**. Science Education, 85 (5), 483-508, 2001.
144. Tiberghien, A., **Modeling as a basis for analysing teaching-learning situations, learning and instructions**, 1994, 4, p .71-87.
145. Tiberghien, A., Arzac, G., & Méheut, M., « **Analyse de projets d'enseignement issus de recherches en didactique** » In G. Arzac, Y. Chevallard, J.L. Martinand & A. Tiberghien, La transposition didactique à l'épreuve, Grenoble, La pensée sauvage, 1994.
146. Tiberghien, A., **Phénomènes et situations matérielles: quelles interprétations pour l'élève et pour le physicien?** In N. Bednars et C. Garnier (Eds), Construction des savoirs (pp. 93-102). Ottawa : CIRADE. Editions d'agence d'ARC, 1989a.
147. Tiberghien, A., **Difficultés dans l'apprentissage de la physique : la structuration du monde matériel en physique et dans la vie quotidienne**. In N. Bednars et C. Garnier (Eds), Construction des savoirs (pp. 228-239). Ottawa : CIRADE. Editions d'agence d'ARC, 1989b.
148. Tiberghien, A., Megalakaki, O., **Characterization of a modelling activity for a first qualitative approach to the concept of energy**, European Journal Psychology of Education, Vol X, n°4, 369-383, 1995.
149. Tochon, F., **L'enseignant expert**. Paris : Nathan, 1993.
150. Tochon, F., **Recherche sur la pensée des enseignants : un paradigme à maturité**. Revue Française de pédagogie, 133, pp.129-156, 2000.
151. Toussaint, J. et al., **Didactique appliquée de la physique-chimie**. Paris, Nathan. 1996.
152. Trigeassou, J.-Cl., **Recherche de modèles expérimentaux assistée par ordinateur**, Paris : Tec&Doc, Toulouse : L&I, 1988, 370 p.
153. Tsoumpelis, L., Gréa, J., **Essai d'application de la théorie des situations en sciences pratiques. Apprentissage de la concentration molaire en classe de Première S**, Recherche en didactique des mathématiques, 1995, 15, vol.2, p.63-108.
154. Vatin, F., **La fluidité industrielle, essai sur la théorie de la production et le devenir du travail**, préface de P. Naville, Paris, Méridiens-Klincksieck, 1987.
155. Vatin, F., **Travail, sciences et société, essais d'épistémologie et de sociologie du travail**, Bruxelles, Presses de l'Université de Bruxelles, 1999.
156. Vecchi, G. de, **Aider les élèves à apprendre**, Hachette, 1992.

157. Vecchi, G. et Carmona-Magnaldi, N., **Faire vivre de véritables situations-problèmes**, Hachette, 2002.
158. Vergnaud, G., **Les fonctions de l'action et de la symbolisation dans la formation des connaissances chez l'enfant**. In J. Piaget, P. Mounoud & J.P. Bronckard (Eds). Psychologie, 821-844, Encyclopédie de la pléiade. Paris : Gallimard, 1987.
159. Viennot, L., **Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire**. Paris : Herman, 1979.
160. Viennot, L., **Temps et causalité dans les raisonnements des étudiants en physique**. *Didaskalia*, 1, 13-27. 1993.
161. Viennot, L., **Raisonnement en physique**. De Boeck Université (coll. Pratiques Pédagogiques), 1996.
162. Viennot, L., **Enseigner en physique**. De Boeck Université (coll. Pratiques Pédagogiques), 2002.
163. Viennot, L., Attractiveness of physics and the concern for coherence, EPS-PED meeting, Genève, le 25 Janvier 2008
164. Viennot L., Modélisation dimensionnellement et traitement particulière dans l'enseignement de la physique, *Didaskalia* 28, 9-32. 2006. VIENNOT L. (2007) La physique dans la culture scientifique : entre raisonnement, récit et rituels. Aster N) spécial « Science et récit », 44, 23-40.
165. Vygotski, L.S., **Pensée et langage**. Paris : Messidor Editions. 1934/1985.
166. Wallisser, B., **Systèmes et modèles**, éd. De Seuil, Paris, 1977.
167. Watts, M., **Some alternations views on energy, physics educative**, 1983.
168. Weil-Barais, A., Dumas Carré, A., « **L'analyse des interactions maître-élèves dans l'enseignement scientifique** ». In J., Fijalkow et T., Nault. La gestion de la classe. Bruxelles : De Boeck université, 2002.
169. Weil-Barais, A. (Coord), **Les apprentissages scolaires**, Bréal, 2004.
170. Weil-Barrais, A., « **Approche développementale de l'enseignement et de l'apprentissage de la modélisation** », in *Nouveaux regards sur l'enseignement et de l'apprentissage de la modélisation*, INRP, Paris, 1994.
171. Winther, J., **Etude didactique de l'utilisation de l'informatique pour la modélisation et la manipulation de modèles en sciences physiques**, Thèse : didactique de la physique, Paris XI. 1992.
172. Yager, R. E. et Penick, J.E., **Analysis of the current problems with school science in the USA**. European Journal of science Education, vol.5, 463-59, 1983.

ANNEXES

CODESRIA BIBLIOTHEQUE

ANNEXE 1

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

QUESTION I

a) L'énergie, de quoi s'agit-il ?

- Travail Force Chaleur
- Puissance Lumière Feu

b) Pourriez-vous proposer votre représentation personnelle de l'énergie, telle qu'elle vous vient à l'esprit ?

- Travail produit Effort fourni Je ne sais pas

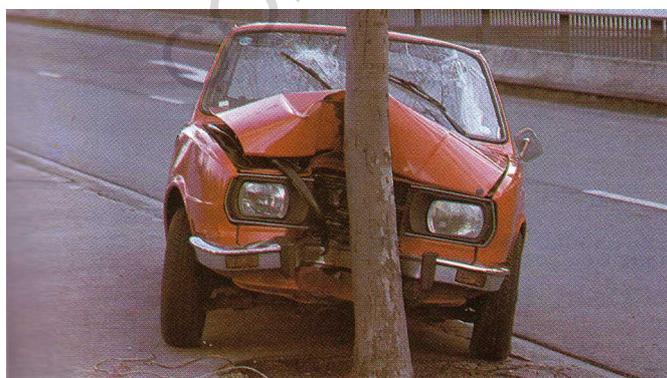
QUESTION II

A partir de ces deux questions lexicales :

a) Une ampoule est reliée à une pile par deux fils dont l'un comporte un interrupteur. Comment décririez-vous, en utilisant la notion d'énergie, ce qui se passe lorsqu'on ferme l'interrupteur ?

b) Les freins d'un camion garé sur une côte sont mal serrés. Le camion dévale la rue et heurte un poteau contre lequel il s'écrase. Comment décririez-vous, en utilisant la notion d'énergie ce que se passe pendant cette scène ?

QUESTION III



Regardez cette photo, que représente-t-elle pour vous ?

Quelle forme d'énergie possède le véhicule avant le choc ?

La gravité de l'accident dépend-elle

- de la vitesse du véhicule ?
- de la masse du véhicule ?
- de la nature du choc ? (frontal ou indirect)
- de la masse de l'obstacle



Regardez cette photo, que représente-t-elle pour vous ?
Analysez et interpréter la situation.

QUESTION IV

Selon vous, qu'est ce que vous trouvez difficile dans l'enseignement de l'énergie ?

- | | | |
|---|---|---|
| <input type="checkbox"/> La définition des mots | <input type="checkbox"/> Le vocabulaire | <input type="checkbox"/> Les explications |
| <input type="checkbox"/> Les évaluations | <input type="checkbox"/> Les articulations logiques | <input type="checkbox"/> Les consignes |

QUESTION V

Quels sens donnez-vous aux termes ou expressions suivantes :

- *Donner l'expression de :*

- | | | |
|---|--|--|
| <input type="checkbox"/> Reproduire l'expression de | <input type="checkbox"/> Rendre sans démonstration | <input type="checkbox"/> Ecrire sans démontrer |
|---|--|--|

- *Définir une grandeur*

- | | | |
|----------------------------------|--|---|
| <input type="checkbox"/> Enoncer | <input type="checkbox"/> Donner sa signification | <input type="checkbox"/> Expliquer une grandeur |
|----------------------------------|--|---|

- *Calculer une grandeur*

- | | | |
|--|--|---|
| <input type="checkbox"/> Expression littérale + calcul | <input type="checkbox"/> Chiffrer une grandeur | <input type="checkbox"/> Calcul numérique |
|--|--|---|

- *Déterminer une grandeur*

- | | | |
|--|--|--|
| <input type="checkbox"/> Préciser une grandeur | <input type="checkbox"/> Donner la valeur de | <input type="checkbox"/> Donner l'expression littérale |
|--|--|--|

- **Déduire de**

- Faire un calcul numérique Conclure suite à un raisonnement Donner l'expression littérale

- **Montrer que**

- Faire ressortir Expliquer à partir d'une loi ou d'un théorème Prouver

- **Observer**

- Regarder avec un esprit critique Décrire Relever les caractéristiques

- **Conclure**

- Déduire d'une démonstration Donner son avis Donner l'essentiel d'un raisonnement

- **Décrire une situation**

- Présenter quelque chose Dire ce que l'on voit Donner les aspects particuliers

- **Analyser une situation**

- Critique l'observation Observer les différents aspects Confronter

- **Expliquer un phénomène**

- Faire comprendre Donner son point de vue Dire le déroulement

- **Interpréter une situation**

- Commenter Expliquer une situation Donner son point de vue

- **Justifier une situation**

- Prouver Donner les raisons Eclairer sa réponse

- **Exprimer**

- Donner une expression littérale Prouver Déterminer un résultat

- **Vérifier**

- Comparer Confirmer un résultat Démontrer

QUESTION VI

a) Quel rôle donnez-vous à l'expérimentation

De découverte De confirmation

b) Votre laboratoire dispose-t-il du matériel suffisant pour les expériences ?

Suffisant Pas assez Insuffisant

c) Avez-vous déjà vu faire des expériences ?

Fréquemment Rarement Jamais

d) Qui réalise en classe les différentes expériences

Professeurs Elèves Professeurs/Elèves

e) Qui fait la description des expériences ?

Professeurs Elèves Professeurs/Elèves

f) Quelles démarches expérimentales utilisez-vous avec votre professeur ?

OHERIC standard Expérience/Observation/Résultat
Interprétation/Conclusion Pas de démarche

ANNEXE 2

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE

ENCADRE DES QUESTIONS SOUMISES AUX PROFESSEURS

a) Est-ce les élèves reconnaissent les outils (contes, proverbes, jeux)

Oui

Non

b) Cette démarche améliore-t-elle l'état de connaissances des élèves

Oui

Non

c) Dire en quelques mots l'effet de cette démarche sur le degré de motivation des élèves.

ENCADRE DES QUESTIONS SOUMISES AUX ELEVES

a) Connaissez-vous ces différents outils ?

Contes

Proverbes

Jeux

b) Est-ce que ces outils vous facilitent la compréhension de la notion d'énergie ?

Oui

Non

c) Dire en quelques mots comment appréciez-vous cette démarche d'apprentissage ?

d) A quoi servent ces outils (contes, proverbes, jeux) appelés outils de connaissances locales ?

Eduquer et transmettre

Faire passer le temps

e) Pour mieux comprendre les Sciences Physiques, il faut avoir une démarche d'apprentissage proche des élèves ?

Vrai

Faux

f) Dire quelques mots sur les deux démarches d'apprentissage.

PUBLICATIONS

CODESRIA BIBLIOTHEQUE

N°1 : ETUDE DE CAS DE DOCIMOLOGIE APPLIQUEE AUX SCIENCES PHYSIQUES

dans *Revue Ivoirienne des Sciences et Technologies (REVIST) n°10, pp.135-154. Juin 2007.*

Compte tenu des difficultés observées au niveau des élèves dans l'appropriation du concept d'énergie, nous avons jugé utile de porter une analyse critique sur la fidélité et l'objectivité de la note que les enseignants attribuent aux élèves.

N°2: EDUCATION POUR LA PREVENTION DES MALADIES RENALES CHRONIQUES PAR LES MEDECINS GENERALISTES dans *Guinée Médicale*, n°57 (Juillet- Août- Septembre 2007) 58-6. L'étude a pour objectif d'évaluer la capacité en néphrologie préventive des médecins généralistes ivoiriens aux fins de savoir s'il y a lieu ou non d'adapter leur formation de base à la faculté de médecine aux objectifs fixés par les recommandations internationales. Nous avons participé à ce travail en tant qu'expert en éducation.

N°3 : SOURCES DES DIFFICULTES D'APPROPRIATION DU CONCEPT D'ENERGIE CHEZ LES ELEVES DE TROISIEME ET DE PREMIERES SCIENTIFIQUES DES LYCEES ET COLLEGES D'ABIDJAN, LEURS REMEDIATIONS dans *Journal Africain de Communication Scientifique et Technologique*, N°5 (Janvier 2009), 553-573. L'étude porte sur la manière dont est mobilisée l'appropriation de la notion d'énergie par les élèves des classes de 3^{ème} et 1^{ère} scientifique de la Côte d'ivoire.

TABLE DES MATIERES

	Page
REMERCIEMENTS	
INTRODUCTION GENERALE	8

PREMIERE PARTIE

FONDEMENTS THEORIQUES ET ASPECTS METHODOLOGIQUES DE L'ETUDE

Chapitre I FONDEMENTS THEORIQUES DE L'ETUDE	14
I- JUSTIFICATION DU CHOIX DU SUJET	15
II- REVUE CRITIQUE DE LA LITTERATURE	17
III- DEFINITION DES CONCEPTS	22
IV- UNE SITUATION POURTANT PROBLEMATIQUE	59
V- OBJECTIFS DE LA RECHERCHE	68
VI- HYPOTHESES DE RECHERCHE	70
Chapitre II ASPECTS METHODOLOGIQUES DE L'ETUDE	72
I- APPROCHE METHODOLOGIQUE	73
II- DIFFICULTES METHODOLOGIQUES	83

DEUXIEME PARTIE

LA CONSTRUCTION DU SAVOIR ET L'ENSEIGNEMENT DES SCIENCES PHYSIQUES DANS LE SECONDAIRE EN CÔTE D'IVOIRE

Chapitre III LE STATUT DES SCIENCES PHYSIQUES DANS LE SECONDAIRE IVOIRIEN	
I- LA PRESENTATION DES SCIENCES PHYSIQUES	90
II- SES LIENS AVEC LES AUTRES DISCIPLINES	92
III- SA PLACE DANS LE SECONDAIRE IVOIRIEN	94
Chapitre IV LE CONTENU DE L'ENSEIGNEMENT	105
I- LES OBJECTIFS GENERAUX DES PROGRAMMES	107
II- L'EVOLUTION DES PROGRAMMES	110
III- L'EVOLUTION DU CONTENU DE L'ENSEIGNEMENT	117

Chapitre V	LES CHOIX ET APPROCHES PEDAGOGIQUES ADOPTES DANS L'ENSEIGNEMENT SECONDAIRE IVOIRIEN	----- 137
I-	LES CHOIX PEDAGOGIQUES	----- 139
II-	LES MODELES PEDAGOGIQUES	----- 142
III-	LES APPROCHES PEDAGOGIQUES UTILISEES	-----153

TROISIEME PARTIE

LES FONDEMENTS DE L'ENERGIE ET SON ENSEIGNEMENT DANS LE SECONDAIRE

Chapitre VI	ECLAIRAGES EPISTEMOLOGIQUES SUR L'ENERGIE	-----168
I-	ECLAIRAGES EPISTEMOLOGIQUES SUR LA CONSTRUCTION DE L'ENERGIE	----- 170
II-	ECLAIRAGES EPISTEMOLOGIQUES SUR LA DEFINITION DE L'ENERGIE	----- 180
III-	CONTENU CONCEPTUEL DU CURRICULUM IVOIRIEN CONCERNANT L'ENERGIE	----- 196
Chapitre VII	DIFFICULTES D'APPROCHE METHODOLOGIQUE DANS L'ENSEIGNEMENT DE L'ENERGIE EN COTE D'IVOIRE	----- 206
I-	ECLAIRAGES THEORIQUES	----- 207
II-	THEORIES DE L'APPRENTISSAGE	----- 209
III-	DIFFICULTES D'APPRENTISSAGE DES APPRENANTS	----- 212
IV-	DIFFICULTES LIEES AUX ENSEIGNANTS : DIFFICULTES DE TRANSMISSION DE LA CONNAISSANCE	----- 229

QUATRIEME PARTIE

PRESENTATION ET ANALYSE DES OUTILS DE CONNAISSANCES LOCALES ET LEURS MODELISATIONS COMME STRATEGIES DE REMEDIATION AUX OBSTACLES.

Chapitre VIII	PRESENTATION DES OUTILS ET LEURS MODELISATIONS	----- 247
I-	ASPECT HISTORIQUE DE L'EDUCATION EN AFRIQUE	----- 251
II-	CONCEPTUALISATION DE L'ENERGIE PAR LES APPRENANTS	----- 258
III-	REPRESENTATION DES OBJETS ET DES SYSTEMES	----- 292
IV-	CHOIX DES OUTILS DE CONNAISSANCES LOCALES	----- 293
V-	MODELISATION DE SITUATION	----- 296

Chapitre IX ANALYSE DES OUTILS DE CONNAISSANCES LOCALES	299
I- ANALYSE	301
II- VERIFICATION DES RESULTATS	302
CONCLUSION GENERALE	335
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	344
ANNEXES	351
PUBLICATIONS	363

CODESRIA - BIBLIOTHEQUE