



RESEARCH ARTICLE

ANALYSES DIDACTIQUE ET ÉPISTÉMOLOGIQUE DES AIDES DIDACTIQUES DANS LE MANUEL SCOLAIRE INTITULÉ *PHYSIQUE* (COLLECTION AREX) DES CLASSES DE PREMIÈRES SCIENTIFIQUES DE CÔTE D'IVOIRE, CAS DE LA NOTION D'ÉNERGIE

*Kouamé NGUESSAN

Laboratoire de didactique des disciplines et de psychologie de l'éducation, Département des Sciences de l'éducation/Ecole Normale Supérieure d'Abidjan

ARTICLE INFO

Article History:

Received 25th January, 2016
Received in revised form
27th February, 2016
Accepted 07th March, 2016
Published online 26th April, 2016

Key words:

Didactical aids, Notion of energy,
Didactical analysis, Epistemology analysis,
School manual.

Copyright © 2016, Kouamé NGUESSAN. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Citation: Kouamé NGUESSAN, 2016. "Analyses didactique et épistémologique des aides didactiques dans le manuel scolaire intitulé *physique* (collection arex) des classes de premières scientifiques de côte d'ivoire, cas de la notion d'énergie", *International Journal of Current Research*, 8, (04), 29147-29160.

ABSTRACT

This work aims at analyzing the knowledge to be taught related to the energy concept in the manual entitled *Physique* (Collection AREX, Les classiques africains). The didactical and epistemological analyses of the concerned chapters made on the basis of the whole grid of teaching taking into account all the teaching aspects of the concept has proven that the aids used in the manual and taught of the students are not only less significant and less representative but also they might be the sources of learning difficulties.

INTRODUCTION

Les aides didactiques sont des auxiliaires d'apprentissage conçus pour faciliter la compréhension des notions en physique et chimie. Elles interviennent dans toutes les disciplines aussi bien en physique et chimie que dans les mathématiques, en français, en histoire et géographie, en sciences de la vie et de la terre. Cependant, leurs utilisations dans les manuels scolaires ou dans les documents officiels sont loin d'être évidentes et les enseignants comme les apprenants qui les utilisent, sont confrontés à d'énormes difficultés. Une partie des travaux en didactique réalisés sur les aides didactiques a porté sur leurs fonctions où elles sont définies comme des instruments de motivation, d'information, de guidage et d'évaluation (Astolfi, Darot, Ginsburger-Vogel, & Toussaint, 1997). Une autre étude a souligné leur forme, leur adaptation à leurs destinataires et la recherche des conditions pour qu'elles soient compréhensibles par les élèves car de leur lisibilité dépend leur efficacité. Les caractéristiques de chaque auxiliaire d'apprentissage peuvent être des sources d'obstacles (Gérard & Roegiers, 1993). Notre travail s'inscrit dans la continuité de ceux traitant de l'utilisation des aides didactiques

dans les manuels en usage. Il se centre sur l'analyse des aides didactiques dans le manuel intitulé *physique* (Collection AREX, les classiques africains) et s'intéresse plus particulièrement aux obstacles que peuvent occasionner ces aides dans l'enseignement de l'énergie dans les classes de premières scientifiques.

Dans cet article, nous présentons une recherche menée sur le manuel scolaire intitulé *Physique* (Collection AREX) et le programme actuellement en vigueur, pour faire des analyses didactique et épistémologique sur l'enseignement/apprentissage de la notion d'énergie en classes de premières scientifiques. Nous nous limitons aux aides didactiques relatives aux documents écrits. L'article s'articule autour des axes suivants : dans un premier temps, nous définissons le cadre théorique dans lequel nous nous appuyons sur les définitions de quelques concepts usuels en didactique des sciences pour aboutir à la problématique.

Dans un second temps, nous décrivons la méthodologie que nous avons mise en place pour cette étude. Enfin, nous effectuons par le biais de la transposition didactique, des analyses du manuel en usage et le programme en vigueur et nous terminons par la présentation et discussion de nos résultats.

*Corresponding author: Kouamé NGUESSAN

Laboratoire de didactique des disciplines et de psychologie de l'éducation,
Département des Sciences de l'éducation/Ecole Normale Supérieure d'Abidjan

Repères épistémologique et didactique

Nous nous plaçons dans une approche constructiviste, où l'apprenant est « acteur » de la construction de son savoir et où l'apprentissage dépend des connaissances initiales des apprenants (Piaget, 1969). Nous nous référons au modèle KVP de Clément & Hovart (2000) et de Clément (2004) qui soutient les analyses des manuels et les programmes. Ce modèle mis en œuvre par Clément et Hovart considère chaque conception (C) comme l'interaction entre trois pôles (KVP) : K (connaissances scientifiques), V (valeurs) et P (pratiques sociales). L'analyse de ces interactions KVP à partir des contenus des manuels scolaires ou des programmes nécessite selon Bernard, Clément & Carvalho (2007) :

- des connaissances dans le domaine disciplinaire concerné (la physique, par exemple, et plus précisément sur tel ou tel thème de la physique) ;
- une distance épistémologique critique par rapport à ces contenus disciplinaires : par exemple, leur domaine de validité, en fonction des techniques, des méthodes et des exemples choisis, leurs limites, etc. ;
- une approche historique aidant à identifier (1) des obstacles épistémologiques aux apprentissages (Bachelard, 1938) et (2) les limites, voire les erreurs, de nos connaissances passées et, donc, pourquoi pas, aussi de nos connaissances actuelles ;
- une culture dans la didactique de la physique (recherches effectuées jusqu'ici sur les enseignements/apprentissages de ce contenu, innovations testées ou suggérées, etc.) ;
- une analyse anthropologique du contexte socioéconomique et culturel lié aux pratiques sociales et valeurs dominantes qui interfèrent avec ces connaissances.

Pour une analyse efficace des aides didactiques dans l'enseignement/apprentissage de la notion d'énergie dans le manuel intitulé *Physique* (Collection AREX, Les classiques africains) des classes de premières scientifiques (Adopo, Nanzouan & Kouyaté, 1999), nous utiliserons des travaux en didactiques des sciences, s'appuyant sur les définitions qui suivent.

Aide didactique

Pour Astolfi & Peterfalvi (1993), le terme d'aide didactique désigne des instruments sélectionnés ou élaborés par l'enseignant pour constituer des facilitateurs, à différents moments des activités didactiques. L'utilisation de ces instruments obéit à une triple finalité :

- Solliciter l'activité et la réflexion personnelle des élèves (on peut parler d'instruments interactifs) ; ce qui correspond pleinement à la notion d'aide : aide à l'appropriation des savoirs et savoir-faire ;
- Rendre possible un travail autonome leur permettant d'évoluer selon des rythmes différenciés ;
- Familiariser les élèves avec des outils de communications plus ou moins spécialisés dans le domaine scientifique.

Le manuel scolaire s'inscrit dans un ensemble cohérent, une collection ou un ensemble didactique, qui couvre un

programme d'études soit de façon disciplinaire soit de façon interdisciplinaire. Il est ainsi articulé étroitement au programme d'études dont il est un des supports essentiels.

Manuel scolaire

Le manuel scolaire est une interface entre Ministère, éditeurs, enseignants, lieux de formation, et enfin parents. Il présente, développe et interprète le programme à travers un contenu conçu pour un cadre scolaire (Hanon, 2013). C'est donc l'ensemble didactique qui s'inscrit dans un ensemble cohérent et couvre un programme d'études soit de façon disciplinaire (par exemple une collection de manuels et de guides pour l'enseignant en physique et chimie) soit de façon interdisciplinaire (par exemple une collection de manuels regroupant plusieurs disciplines appartenant aux sciences). Autrement dit, il est un ensemble composé de plusieurs éléments, cohérent par rapport aux prescrits curriculaires, articulé à un ou plusieurs programmes d'études, et structuré selon une certaine logique. C'est donc un échelon précis dans la transposition didactique, et ce faisant, il est la résultante des stratégies qui aboutissent à la rédaction du programme officiel, traduisant les poids respectifs du Ministère, des principaux acteurs du système éducatif, des groupes de pression extérieurs au système éducatif ainsi que de la personnalité de chaque membre des commissions du programme ; et des stratégies des éditeurs des manuels, des auteurs des manuels ainsi que des auteurs ou diffuseurs des images (Lebrun & Niclot, 2009). Le manuel scolaire est ainsi articulé étroitement au programme d'études dont il est un des supports essentiels mais il ne peut, dans bien des cas, couvrir la totalité des contenus décrits dans les programmes d'études, qui présentent souvent des redondances et un même contenu est souvent repris dans différents endroits d'un même programme d'études. Il s'agit alors, pour déterminer le contenu d'un manuel scolaire, de sélectionner, dans les programmes d'études, les éléments les plus pertinents, les plus fédérateurs et les moins répétitifs.

Obstacle épistémologique

Selon Givry (2003), il ne s'agit pas de considérer des « obstacles externes, comme la complexité et la fugacité des phénomènes », mais « c'est dans l'acte de connaître, intimement, qu'apparaissent, par une nécessité fonctionnelle, des lenteurs et des troubles ». C'est là que nous décèlerons des causes d'inertie que nous appellerons des obstacles épistémologiques ». « Face au réel, ce qu'on croit savoir clairement offusque ce qu'on devrait savoir. Quand il se présente à la culture scientifique, l'esprit n'est jamais jeune. Il est même très vieux, car il a l'âge de ses préjugés ». « Le réel n'est jamais » ce qu'on pourrait croire, « mais il est toujours ce qu'on aurait dû penser » (Bachelard, 1938).

Les obstacles épistémologiques sont des pseudo-connaissances qui s'opposent à la connaissance du réel et à la construction du rapport au savoir.

Conception

Givry (2003) citant Robardet & Guillaud (1997) indique que « une conception renvoie à des processus mentaux mis en

œuvre par celui qui agit, qui raisonne, qui apprend. Ces processus ne sont bien sûr pas directement observables. On ne peut que constater leurs manifestations au niveau des procédures mises en œuvre par l'apprenant. Le chercheur, dans le but de donner du sens aux erreurs d'un élève, doit donc faire des inférences sur son fonctionnement mental ». « On peut dire que les conceptions ne sont pas une propriété des individus mais une construction du chercheur pour modéliser le fonctionnement cognitif de l'élève en vue d'interpréter les procédures observées dans les situations d'apprentissage. Le terme de conception est alors apparu plus approprié. Les conceptions se caractérisent par leur résistance à l'enseignement et par leur évolution à long terme. Les conceptions sont indépendantes des questions posées et seules certaines situations faisant appel à ce que les apprenants pensent, disent, écrivent ou dessinent permettent de les faire opposer en classe entre pairs. Cette opposition favorise l'émergence des conceptions de l'apprenant ce qui lui permet d'en prendre connaissance et de se rendre compte que celles-ci ne sont pas systématiquement les mêmes que celles de ses camarades (De Vecchi & Giordan, 2006). Cette disparité va constituer un moteur dans l'acte d'apprendre lors des activités de classe.

Représentation

La représentation est peu à peu considérée comme une structure cognitive complexe et comme le processus d'une activité de reconstruction mentale (Robardet & Guillaud, 1997). Le concept de représentation est utilisé dans notre travail, comme étant selon le psychosociologue Moscovici (1976), le besoin qu'a le sujet de se représenter (rendre présent à l'esprit) un phénomène, une nouvelle théorie scientifique par exemple, pour se l'approprier. Le sujet peut être un individu ou un groupe social et l'objet « peut être aussi bien une personne, une chose, un événement matériel, psychique ou social, un phénomène naturel, une idée, une théorie, etc. ; il peut être aussi bien réel qu'imaginaire ou mythique, mais il est toujours requis » (Jodelet, 1991). Et les représentations permettent aux individus de maîtriser leur environnement ou d'agir sur celui-ci. Ainsi, nous retenons de Abric (1997) la définition qui suit : « [la représentation] comme une vision fonctionnelle du monde, qui permet à l'individu ou au groupe de donner du sens à ses conduites, et de comprendre la réalité, à travers son propre système de références, donc de s'y adapter, de s'y définir une place ». Dans cette étude, nous cherchons à faire les analyses didactique et épistémologique des aides didactiques en usage dans le manuel scolaire intitulé *Physique* (Collection AREX, Les classiques africains) à travers l'enseignement de la notion dans les classes de premières scientifiques.

Problématique

Nous avons indiqué comment les aides didactiques, les manuels scolaires, les représentations, les conceptions qu'ont ou disposent les élèves de premières scientifiques peuvent constituer des obstacles didactique et épistémologique à la compréhension de l'enseignement /apprentissage de la notion d'énergie en classes de premières scientifiques dans les situations qui leur sont proposées. L'enseignement de la physique et chimie est basé sur l'utilisation des instruments

sélectionnés ou élaborés par l'enseignant pour constituer des facilitateurs à différents moments des activités didactiques en classe. Ces instruments contribuent aux inégalités scolaires lorsque l'enseignant, pas toujours conscient des difficultés des élèves, considère leur usage comme transparent et allant de soi. C'est en ce sens que l'analyse de ces instruments ou supports didactiques est non seulement essentielle mais fondamentale surtout en considérant les difficultés constatées au niveau des élèves dans l'utilisation de ces aides en classe de physique et chimie.

Les textes officiels (programmes)¹ et le manuel scolaire intitulé *Physique* (Collection AREX, Les classiques africains) indiquent que l'enseignement reçu ne permet pas aux élèves des classes de premières scientifiques de manipuler aisément les aides didactiques utilisées pour l'enseignement/apprentissage de la notion d'énergie car les situations d'apprentissage qui leur sont proposées, sont dépourvues d'activités sémantique et syntaxique de ces aides d'une part, et leurs utilisations dans ces situations ne sont pas alliées à un formalisme défini d'autre part. La question de recherche qui découle du contexte de cet enseignement, du cadre théorique et de l'existence des représentations des élèves est la suivante : quel est l'impact des expériences, des principes ou lois, des schémas et des formules mathématiques utilisés par les élèves sur la compréhension de la notion d'énergie ? Cette question comporte deux aspects : l'un premier se focalise sur l'analyse de ces aides qui sont utilisées dans l'enseignement de la notion d'énergie alors que l'autre vise à identifier les difficultés, les obstacles dans la compréhension de ces documents écrits.

Méthodologie

La méthodologie suivie consiste en une analyse du contenu du savoir à enseigner relatif à la notion d'énergie, véhiculé dans le programme actuel, le guide et dans le manuel scolaire intitulé *Physique* (Collection AREX, Les classiques africains) des classes de premières scientifiques.

Cette méthodologie s'est déroulée en deux phases :

- Première phase : elle a consisté à analyser le programme et le guide à travers les contenus et les activités pédagogiques des objectifs spécifiques indiqués dans le tableau 1 :
- Deuxième phase : l'analyse est basée sur les chapitres relatifs à la notion d'énergie dans le manuel en usage intitulé *Physique* (Collection AREX, les classiques africains) niveau premières scientifiques.

L'analyse des aides répertoriées dans le programme, le guide et le manuel intitulé *Physique* (Collection AREX, Les classiques africains) indique que :

- les élèves de l'enseignement secondaire ivoirien disposent, en classe de premières scientifiques, de 16 heures d'enseignement (sur 28 heures consacrées à la Mécanique) dont 06 heures de séances de travaux pratiques pour construire leur représentation du concept d'énergie et des

¹ Programmes des sciences physiques en classe de seconde C, premières C&D, terminales C&D.

notions qui lui sont associées. Le nombre de page concernant ces quatre objectifs spécifiques est de 19 pages [pp. 28- 44] sur 120 pages que compte le manuel intitulé *Physique* (Collection AREX, Les classiques africains).

- en s'appuyant sur les notions (force, énergie cinétique, énergies potentielle et mécanique) vues au premier cycle de l'enseignement secondaire, les instructions officielles montrent que la conceptualisation de la notion d'énergie est tributaire de la conceptualisation de la notion de travail et de celle de puissance dans le but d'amener ces élèves à une meilleure compréhension et une utilisation efficiente de la notion d'énergie dans les situations qui leur sont proposées dans des activités de classe.

Les aides didactiques sur lesquelles l'enseignement de la notion d'énergie s'appuie dans les documents ci-dessus cités sont les suivantes : les définitions des différentes énergies, l'énoncé du théorème de l'énergie cinétique, les expressions des différentes énergies, la définition de la notion de référence, les démonstrations des relations mathématiques, les schématisations, les images. La méthode choisie pour analyser le corpus identifié est l'analyse contrastive (Lado, 1957) qui implique une comparaison ou une confrontation entre les éléments du corpus identifié à leurs références dans un processus d'enseignement. Cette comparaison ou confrontation est du domaine de la linguistique contrastive dont le trait caractéristique est qu'elle doit tenir compte aussi bien des dissemblances que des ressemblances entre les éléments comparés. Cette méthode d'analyse de textes ou d'images est empruntée aux sciences humaines et sociales (linguistique, sémiologie, ...) qui sert ici d'instruments.

Présentation, analyse et discussion des resultants

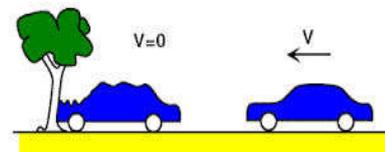
Présentation et analyse des aides repertories

Les analyses font ressortir tous les écarts constatés aussi bien au niveau de l'histoire, de l'évolution des définitions des notions, des difficultés et des obstacles liés aux expressions littérales ou formules mathématiques, aux images et aux schématisations qu'au niveau de l'impact des représentations des élèves sur la compréhension des contenus et des activités pédagogiques visés. Nous nous proposons ainsi de regarder comment la notion d'énergie est présentée dans le programme ainsi que dans le manuel en usage intitulé *Physique* (Collection AREX). Sa transposition didactique est faite au sens de Martinand (2001) en vue d'appréhender les écarts entre le savoir savant, le savoir à enseigner et les pratiques sociales de référence. Cette analyse s'appuie sur le modèle KVP de Clément (2000, 2004) qui considère chaque conception (C) comme l'interaction entre trois pôles : K (connaissances scientifiques), V (valeurs) et P (pratiques sociales). Les tableaux 2.1 à 2.6 présentent les différentes caractéristiques des aides identifiées dans l'ouvrage en usage et les obstacles qui en découlent. Ainsi, les résultats ci-dessous ont été enregistrés :

Discussion des résultats de l'analyse

Le manuel intitulé *Physique*, classes de premières scientifiques (Adopo, Nanzouan & Kouyaté, 1999), objet de ce travail, est conforme au programme, guide et aux instructions officielles

des classes de premières scientifiques de l'enseignement secondaire ivoirien. Les obstacles identifiés à partir des contenus des documents officiels résultent de deux types d'analyses : didactique et épistémologique. Dans le cadre de l'analyse didactique, nous nous sommes focalisés sur la manière dont les connaissances sont exposées, les méthodes et les techniques mises en œuvre pour parvenir à les transmettre. En se basant sur les quatre styles pédagogiques visant à catégoriser les contenus textuels (Abroughi, Lassaad, Hadjameur, Aloui & Abdelli, 2006), l'analyse des contenus des deux chapitres (Energie cinétique/Théorème de l'énergie cinétique, et Energie potentielle/Energie mécanique) indique que ces chapitres sont introduits à l'aide des photos dont leurs objectifs sont de solliciter des idées des élèves, des débats, de propositions et d'action. C'est le style participatif qui est mis en exergue à travers des questionnements relatifs aux différentes photos qui sont utilisées comme des situations motivantes, induites ou provocantes pour faire entrer les élèves et les impliquer dans l'activité. Ce style est utilisé pour introduire le cours. Mais comme indique Bachelard (1938), ces photos peuvent constituer un obstacle épistémologique pour les élèves. En fait leur observation première se présente avec un luxe d'images ; elles sont pittoresques, concrètes, naturelles, faciles. Il n'y a qu'à les décrire et à s'émerveiller. On croit alors les comprendre. Elles ne sont pas facilement compréhensibles par les élèves. On aurait dû utiliser pour l'énergie cinétique d'autres images plus expressives, illustratives prenant en compte l'environnement de l'élève pour la définir comme celle ci-dessous :



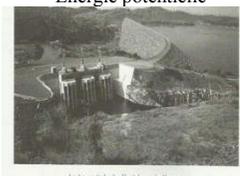
A la suite de ce style, le style informatif couplé du style persuasif sont utilisés le long du contenu avec des textes descriptifs et informatifs basés sur des faits reconnus, des données prouvées ; avec présence d'une argumentation qui justifie la solution présentée. Pas de problématisation, pas de demande de réflexion, pas de proposition d'action (Abroughi, Lassaad, Hadjameur, Aloui & Abdelli, 2006). Aux différents textes sont adjoints des images dont leur présence repose sur l'idée que l'illustration est à la fois une source de motivation ou de plaisir et une aide à la compréhension. En se référant aux trois fonctions principales définies par Vézin & Vézin (1988) : fonction « motivationnelle », fonction « explicative » et fonction « d'aide à la mémorisation », nous notons que celles prises pour illustrer les contenus de l'enseignement de l'énergie dans les classes de premières scientifiques en Côte d'Ivoire contiennent des éléments non pertinents et parfois erronés par rapport aux informations à acquérir. Ce sont les cas des images utilisées pour définir les énergies cinétiques d'un point matériel ou d'un solide en translation. Concernant le point matériel, pour décrire complètement le mouvement du point, les auteurs devraient préciser à la fois le taux de déplacement (c'est-à-dire sa vitesse scalaire) et sa direction, le déplacement du point d'une position initiale à une position finale, et le vecteur vitesse représenté tangent à la trajectoire en tout point de celle-ci et dirigé dans le sens du mouvement.

Tableau 1. Tableau récapitulatif des contenus et les activités pédagogiques des différents objectifs spécifiques

Contenus	Activités pédagogiques	Volume horaire
	Objectif spécifique : Résoudre un problème en utilisant le théorème de l'énergie cinétique	
- Définition de l'énergie cinétique d'un solide : o de translation dans un repère galiléen. o de rotation autour d'un axe fixe. - Unité - Enoncé du théorème de l'énergie cinétique - Moment d'inertie. - Résolution d'exercices.	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 : $\frac{1}{2}mv^2 = m.g.h$ 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.	8 heures
- Expression de l'énergie potentielle de pesanteur et de l'énergie potentielle élastique. - Choix d'une référence. Unité	Objectif spécifique : Déterminer la variation de l'énergie potentielle d'un solide a) Présenter des situations mettant en évidence l'énergie d'un corps liée à sa position. b) Définir l'énergie potentielle d'un solide dans le champ de pesanteur. c) Définir l'énergie potentielle élastique : $E_p = \frac{1}{2}kx^2$ (x = déformation du ressort). d) Calculer des variations d' E_p avec des références différentes. Insister sur la notion de référence.	2 heures
- Expression de l'énergie mécanique totale $E_m = E_c + E_p$ o Système sans ressort Système avec ressort	Objectif spécifique : Déterminer l'énergie mécanique totale d'un solide a) Exploiter graphiquement les résultats du TP (chute libre). b) Définir l'énergie mécanique. c) Montrer la conservation de l'énergie mécanique. d) Préciser les conditions de cette conservation. e) Généraliser au cas d'un solide avec ressort.	2 heures
- Conservation de l'énergie mécanique dans les cas suivants : o Cas d'une chute libre. o Cas d'un solide glissant sans frottement sur : ✓ Un plan incliné. ✓ Une piste de profil quelconque. o Cas d'un solide en rotation. o Cas d'un système (ressort + masse). Non conservation de l'énergie mécanique.	Objectif spécifique : Utiliser la conservation de l'énergie mécanique pour résoudre un problème a) Vérifier expérimentalement la conservation de l'énergie mécanique. b) Faire des exercices d'application judicieusement choisis	4 heures

Source : Auteur

Tableau 2.1. Analyses des photos dans l'ouvrage en usage et identification des obstacles

Aides didactiques	Analyses	Obstacles identifiés
<ul style="list-style-type: none"> Energie cinétique  <p>Un véhicule ayant percuté un poteau</p>	<p>Cette image est introduite comme situation motivante pour déterminer la forme d'énergie avant que le véhicule ne percute le poteau. Le message que l'image veut faire passer est en interaction avec les pratiques sociales, ce qui peut motiver l'apprentissage des élèves.</p> <p>Cette image a pour objectif de construire une vision et une utilisation de l'énergie. Cependant les valeurs dont on veut véhiculer sont implicites et non identifiables par les élèves. Cette image n'est pas pertinente par rapport au contenu du programme d'études visé.</p>	<p>Un obstacle perceptif : identification des différents éléments de la photo. Un problème de vocabulaire spécifique : les mots ou expressions justes pour exprimer l'évènement.</p> <p>Ainsi, cette image peut être un obstacle à l'accès à une véritable pensée scientifique.</p>
<ul style="list-style-type: none"> Energie potentielle  <p>Le barrage hydroélectrique de Kossou</p>	<p>Cette image a une fonction illustrative. Le message qu'elle véhicule est relatif à la forme d'énergie que peut avoir une masse d'eau dans la cuvette du barrage, lors de la chute vers les turbines. Le message que l'image veut faire passer est en interaction avec les pratiques sociales, ce qui peut motiver l'apprentissage des élèves.</p> <p>Cette image a pour objectif de construire une vision et une utilisation de l'énergie.</p> <p>Cependant les valeurs dont on veut véhiculer sont implicites et non identifiables par les élèves. Cette image n'est pas pertinente par rapport au contenu du programme d'études visé.</p>	<p>Un obstacle perceptif : identification des différents éléments de la photo. Un problème de vocabulaire spécifique : les mots ou expressions justes pour exprimer l'évènement. Ainsi, cette image peut être un obstacle à l'accès à une véritable pensée scientifique.</p>

Source : Auteur

Tableau 2.2. Analyses des définitions des différentes grandeurs associées à l'énergie et les obstacles identifiés

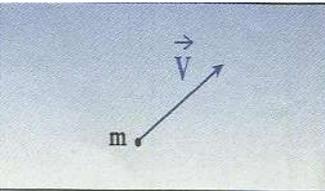
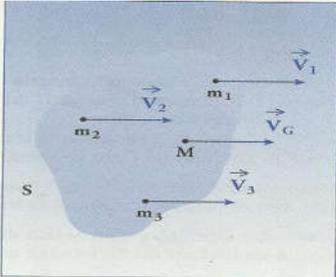
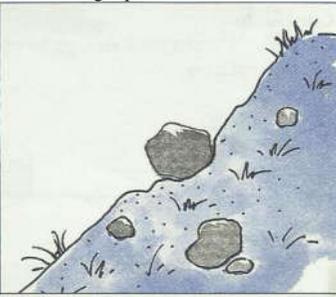
Aides didactiques	Analyses	Obstacles identifiés
<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="159 236 349 258">Energie cinétique  <p data-bbox="147 491 309 513">Fig. 1. Point matériel</p>  <p data-bbox="147 815 365 831">Fig. 2. Solide en translation</p>	<p>On fait le rappel de la définition donnée en classe de 3^{ème} : c'est l'énergie acquise par le solide du fait de sa vitesse. On définit le point matériel comme étant une particule de matière de masse m. Ainsi, par rapport à un repère R donné, l'énergie cinétique du point matériel se déplaçant à un instant t à la vitesse \mathcal{V} s'écrit : $E_C = \frac{1}{2}mv^2$.</p> <p>Les mouvements du solide et du point matériel ne sont pas précisés. On définit ensuite le solide qui est la réunion d'un très grand nombre de points matériels. En translation, tous les points matériels de ce solide ont le même vecteur vitesse instantanée : celui de son centre d'inertie G. On définit l'énergie cinétique du solide en translation qui s'écrit :</p> $E_C = \sum E_{Ci}$ $E_C = \sum \frac{1}{2}m_i V_G^2 = V_G^2 \sum m_i$ <p>La masse totale du solide est $M = \sum m_i$, donc : $E_C = \frac{1}{2} M V_G^2$</p> <p>On définit en enfin l'énergie cinétique d'un solide de masse totale M et dont le centre d'inertie se déplace en translation à une vitesse \bar{V}_G dans un repère R par la relation : $E_C = \frac{1}{2} M V_G^2$</p> <p>Contrairement à l'énergie cinétique du point matériel où on a défini les unités des différents paramètres, après avoir donné la formule de l'énergie cinétique de translation du solide, on n'a pas fait cas. Les différents vecteurs vitesses instantanées sont toujours définis par rapport au repère R auquel la vitesse est calculée. L'énergie cinétique est donc une quantité relative qui n'est pas mentionnée dans le contenu. Il n'est pas précisé si le solide est déformable ou non.</p>	<p>La définition du point matériel (système ponctuel ayant ses dimensions petites devant les distances caractéristiques du mouvement étudié : distance parcourue, rayon d'une orbite...) point géométrique. L'absence de mouvement et de trajectoire du point matériel</p> <p>Le passage du vecteur vitesse \mathcal{V} au carré de la vitesse scalaire dans l'expression de l'énergie cinétique. Le type d'énergie cinétique n'est pas précisé. Le solide est-il indéformable ou pas ? L'emplacement de la masse totale M sur le solide par rapport au centre de gravité du solide. Le type de grandeur pour l'énergie cinétique : scalaire ou vectorielle. Le mouvement de translation (rectiligne ou curviligne ?) Le type de vitesse (instantanée ou moyenne ?). Le référentiel. La conversion des données des paramètres dans le système international.</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="159 868 360 890">Energie potentielle  <p data-bbox="147 1193 483 1228">Fig. 2. La pierre possède de l'énergie potentielle de pesanteur</p>	<p>La pierre immobile au flanc de la montagne possède de l'énergie potentielle de pesanteur. La Terre crée dans l'espace qui l'entoure un champ de gravitation appelé champ de pesanteur qui reste pratiquement uniforme près du sol. L'énergie potentielle de pesanteur est donc une énergie d'interaction entre le solide et la terre. Cette définition a l'avantage de relier l'énergie potentielle d'un système à l'existence de forces d'interaction à distance dans le système qui apparaissent comme un critère de « visibilité de l'énergie potentielle ».</p> <p>Cette énergie potentielle est définie à une constante C additive près, qui est arbitraire. L'énergie potentielle de pesanteur est l'énergie que possède le système (solide-terre) du fait de sa position dans le champ de pesanteur. Ces deux définitions vont à l'encontre de la notion d'énergie perçue par les élèves : énergie liée au mouvement ; énergie = valeur inhérente. L'énergie potentielle élastique est obtenue par l'utilisation du théorème de l'énergie cinétique.</p>	<p>L'existence de la résistance de l'air. Deux définitions différentes de l'énergie potentielle. Confusion avec la définition de l'énergie cinétique : énergie potentielle est une énergie de position. (la vitesse dépend aussi de la position).. Les choix de l'état de référence et l'axe selon lequel le mouvement se fait. L'énergie potentielle de pesanteur définie comme une énergie de position ne permet pas aux élèves de distinguer l'énergie cinétique (elle dépend de la vitesse scalaire instantanée liée à la position de l'objet d'étude) de l'énergie potentielle de pesanteur. L'énergie potentielle grandeur relative.</p>

Tableau 2.2. (suite) Analyses des définitions des différentes grandeurs associées à l'énergie et les obstacles identifiés

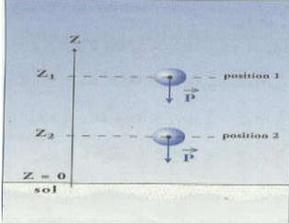
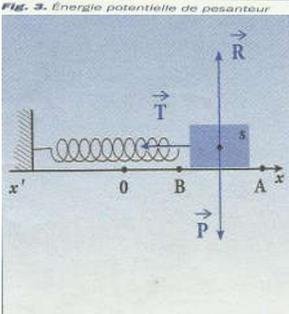
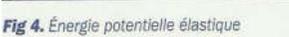
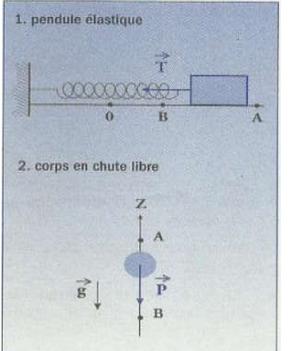
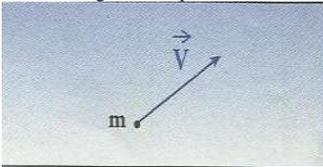
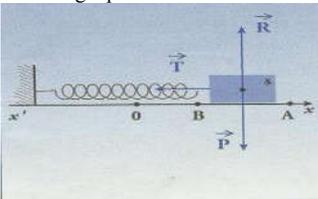
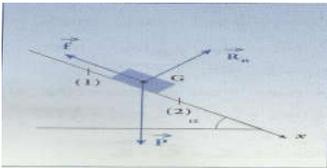
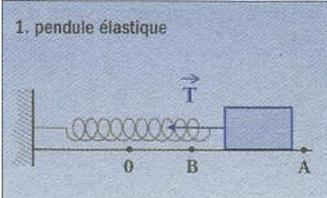
Aides didactiques	Analyses	Obstacles identifiés
	<p>Au niveau des calculs, on s'attendait à avoir : $\frac{1}{2}mv_B^2$ $\frac{1}{2}mv_A^2 = \frac{1}{2}kx_A^2$ $\frac{1}{2}kx_B^2$ au lieu de : $\frac{1}{2}mv_B^2$</p> <p>$\frac{1}{2}mv_A^2 = \frac{1}{2}kx_A^2$ $\frac{1}{2}kx_B^2$; On déduit de ces calculs, l'expression de l'énergie potentielle élastique : $\frac{1}{2}kx^2$ (il est précisé qu'elle a la dimension d'une énergie, comme $\frac{1}{2}mv^2$).</p> <p>Ces situations sont perturbatrices, signifiantes et font référence aux réalités de l'environnement de l'élève et à son vécu. Une meilleure exploitation de ces situations devrait permettre de faire ressortir les représentations des élèves.</p>	<p>Le niveau de référence « hauteur zéro » choisi arbitrairement.</p> <p>L'analogie faite entre la variation de l'énergie cinétique de translation et le calcul du travail du ressort pour donner l'expression de l'énergie potentielle élastique du ressort.</p> <p>Le référentiel n'est pas défini pour appliquer le théorème de l'énergie cinétique.</p> <p>La représentation des forces extérieures.</p>
 <p>Fig 3. Énergie potentielle de pesanteur</p>  <p>Fig 4. Énergie potentielle élastique</p>	<p>Par définition, l'énergie mécanique d'un système est égale à la somme de son énergie cinétique et de son énergie potentielle.</p> <p>En remarque, il est indiqué que l'énergie mécanique est définie à une constante près, comme l'énergie potentielle ; au lieu de constante additive près.</p> <p>Dans le cas de ces deux exemples, il est mentionné que :</p> <ul style="list-style-type: none"> - au cours de quelques oscillations d'un ressort, l'énergie mécanique du système (ressort + solide + Terre) se conserve (fig.5-1). - Au cours de la chute libre d'un solide, l'énergie mécanique du système (solide + terre) se conserve (fig.6-2). <p>Alors dans deux exemples il n'est mentionné nulle part qu'il n'y a pas de frottement, la résistance de l'air négligeable.</p> <p>La conservation de l'énergie mécanique telle qu'elle est posée, permet non seulement de définir les formes d'énergie mais aussi de vérifier la relation $E_m = E_c + E_p$.</p> <p>Le style informatif (texte descriptif et informatif basé des faits reconnus et des données prouvées) couplé au style persuasif (présence d'une argumentation qui justifie la solution présentée) sont utilisés pour définir les différentes énergies.</p>	<p>La compréhension des autres formes d'énergie correspondant aux différents domaines de la physique.</p> <p>Le type de système « bille » pour définir l'énergie mécanique : isolé ou pas ?</p> <p>Le fait que les physiciens se sont toujours dérouillés pour sauvegarder le principe de conservation de l'énergie nous amène à dire que restreindre l'énergie mécanique aux deux formes de l'énergie (cinétique et potentielle) est une formulation préliminaire et limitée de la loi de conservation de l'énergie totale.</p> <p>Le sens du transfert thermique.</p> <p>L'identification des transferts d'énergie entre les systèmes.</p>
<p>• Énergie mécanique</p>  <p>1. pendule élastique</p> <p>2. corps en chute libre</p> <p>Fig. 6. Conservation de l'énergie mécanique</p>	<p>Source : Auteur</p>	

Tableau 2.3. Analyses des différentes schématisations dans l'ouvrage et les obstacles identifiés

Aides didactiques	Analyses	Obstacles identifiés
<ul style="list-style-type: none"> • Energie cinétique  <p>Fig. 1. Point matériel</p>	<p>Cette schématisation illustre bien la définition donnée en classe de 3^{ème} et reprise dans le manuel en usage intitulé <i>Physique</i> (Collection AREX) à la page 28 : « l'énergie cinétique d'un solide dépend de sa masse et de sa vitesse ; c'est l'énergie acquise par le solide du fait de sa vitesse ».</p> <p>Or pour décrire complètement le mouvement d'un objet, nous devons préciser à la fois le taux de déplacement (c'est-à-dire sa vitesse scalaire) et sa direction. Le déplacement d'un corps à partir d'un point initial étant le vecteur allant de ce point jusqu'à sa position finale, et le vecteur vitesse est tangent à la trajectoire en tout point de celle-ci et dirigé dans le sens du mouvement.</p>	<p>Le tracé du vecteur vitesse sans la représentation de la trajectoire.</p> <p>L'identification du type de mouvement</p> <p>La compréhension de la définition de l'énergie cinétique comme une énergie associée au mouvement, appellation introduite en 1849 par Lord Kelvin.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Energie potentielle  <p>Fig 4. Énergie potentielle élastique</p>	<p>Cette schématisation ne permet pas de mettre en évidence les différents points de contact des forces extérieures agissant sur le solide.</p> <p>A première vue, il n'est pas spécifié le point d'application de la tension du ressort sur le solide et le point de contact de la réaction de la tige horizontale sur le solide.</p> <p>Cette schématisation ne permet pas de caractériser le mouvement du solide.</p> <p>Trois points (O, B, A) mentionnés sur l'axe $x'x$. aucune indication sur ces points.</p>	<p>La réalisation du schéma.</p> <p>Le point de concours des grandeurs vectorielles confondu aux points d'application des forces extérieures.</p> <p>Le principe d'inertie.</p> <p>Le principe des actions réciproques.</p> <p>Existence de l'énergie potentielle seulement dans le cas d'objets en interaction.</p> <p>Le choix du niveau de référence.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Energie mécanique  <p>Fig. 7. Chute avec frottement</p>	<p>La force de frottement et la réaction du plan incliné sur le solide sont mal représentées sur le schéma de la chute avec frottement.</p> <p>Dans le cas du pendule élastique, seule la tension du ressort sur le solide est représentée sur le schéma.</p>	<p>La réalisation du schéma d'un problème de mécanique.</p> <p>Le point de concours des grandeurs vectorielles confondu aux points d'application des forces extérieures.</p> <p>La représentation graphique des interactions mécaniques.</p> <p>Les relations trigonométriques.</p>
<p>1. pendule élastique</p> 		

Source : Auteur

Tableau 2.4. Analyses des expressions des différentes grandeurs associées à l'énergie et les obstacles identifiés

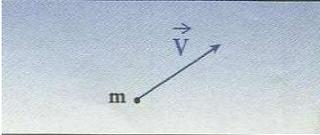
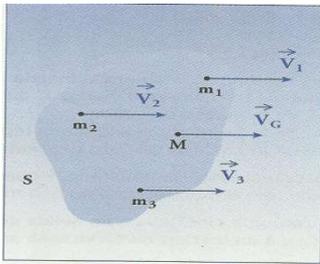
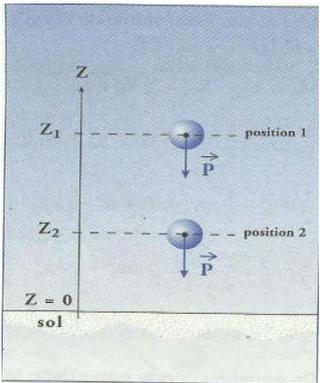
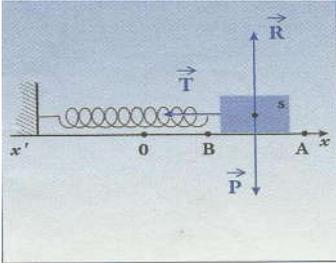
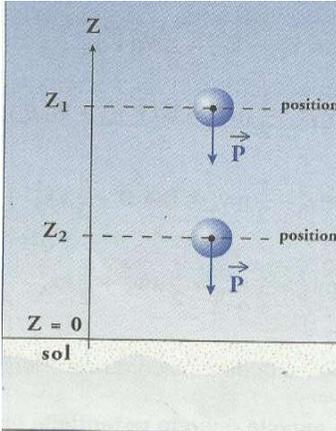
Aides didactiques	Analyses	Obstacles identifiés
<ul style="list-style-type: none"> • Energie cinétique  <p>Fig. 1. Point matériel</p>  <p>Fig. 2. Solide en translation</p>	<p>L'énergie cinétique de translation</p> <ul style="list-style-type: none"> - d'un point matériel est : $E_C = \frac{1}{2}mv^2$ <p>m en Kg, v en m/s, E_c en J</p> <ul style="list-style-type: none"> - d'un solide est : $E_C = \sum E_{Ci}$ $E_C = \sum \frac{1}{2}m_i V_G^2 = V_G^2 \sum m_i$ <p>La masse du solide est $M = \sum m_i$, donc</p> $E_C = \frac{1}{2} M V_G^2$ <p>M en kg, V_G en m/s, E_c en J.</p> <p>L'énergie cinétique étant une grandeur relative ; les auteurs devraient spécifier le choix effectif du zéro de l'énergie cinétique, en choisissant le système de coordonnées par rapport auquel la vitesse est mesurée. Généralement, c'est la Terre qui est prise comme système de référence « immobile », et l'on calcule la vitesse par rapport au sol.</p> <p>Le style informatif (texte descriptif et informatif basé des faits reconnus et des données prouvées) couplé au style persuasif (présence d'une argumentation qui justifie la solution présentée) sont utilisés pour donner l'expression de l'énergie cinétique.</p>	<p>Les schémas et les formules mathématiques obtenues.</p> <p>Le passage du vecteur vitesse à la vitesse scalaire au carré dans les expressions de l'énergie cinétique.</p> <p>La conversion des différentes données dans le S.I.</p> <p>La démonstration aboutissant à la formule de l'énergie cinétique d'un solide ne laisse transparaître les masses et les vitesses des points matériels de ce solide.</p> <p>L'utilisation du symbole Σ sans identification des bornes dans la formule de l'énergie n'est pas conforme à celle des mathématiques.</p> <p>Le choix du zéro de l'énergie cinétique.</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Energie potentielle  <p>Fig. 3. Énergie potentielle de pesanteur</p>	<p>L'obtention des expressions de l'énergie potentielle s'est faite comme suit :</p> <ul style="list-style-type: none"> • de pesanteur <p>Considérons une bille qui tombe. Son altitude est mesurée sur un axe OZ dont l'origine coïncide avec le sol, et dirigé vers le haut.</p> <p>Le travail du poids de la bille passant de la position 1 à la position 2 est :</p> $w(\vec{P}) = mg(Z_1 - Z_2)$ $w(\vec{P}) = mgZ_1 - mgZ_2$ <p>Posons :</p> $mgZ = E_p$ <p>E_p est appelée énergie potentielle de pesanteur.</p> <p>L'énergie potentielle d'un système dans le champ de pesanteur uniforme est : $E_p = mgZ + C$</p> <p>Par convention, on choisit comme position de référence $Z_0 = 0$ qui correspond à l'énergie potentielle au niveau du sol. D'où : $E_p(Z) = mgZ$</p> <p>E_p en J ; m en kg ; g en $N.kg^{-1}$; Z en m.</p> <ul style="list-style-type: none"> • élastique <p>A la date t_A le ressort est allongé de X_A et le solide possède la vitesse \vec{V}_A</p>	<p>Choix de la référence.</p> <p>Utilisation des connaissances propres à la physique.</p> <p>Le choix du repère.</p> <p>Utilisation des connaissances en mathématiques (le produit scalaire).</p> <p>Faire le lien entre le langage de la physique et celui des mathématiques.</p> <p>Construction d'un raisonnement en plusieurs étapes.</p> <p>L'utilisation du théorème de l'énergie cinétique.</p> <p>Schéma non descriptif dans le cas de l'énergie potentielle élastique.</p> <p>Le poids et la réaction ont le même point d'application.</p> <p>Énoncer et mettre en œuvre la loi des actions réciproques, le théorème de l'énergie cinétique pour un solide en translation.</p> <p>Savoir projeter une relation vectorielle sur les axes d'un repère pour obtenir des relations algébriques.</p> <p>Calculer le travail reçu par un solide en mouvement de translation et soumis à des forces constantes dans le temps.</p> <p>Étudier les caractéristiques d'un mouvement.</p>

Tableau 2.4 (suite) Analyses des expressions des différentes grandeurs associées à l'énergie et les obstacles identifiés

Aides didactiques	Analyses	Obstacles identifiés
 <p>Fig 4. Énergie potentielle élastique</p>	<p>A la date t_B le ressort est allongé de X_B et le solide possède la vitesse \bar{V}_B</p> <p>Appliquons le théorème de l'énergie cinétique au système (Solide S), soumis aux forces \bar{F}, \bar{R}, \bar{T} entre les dates t_A et t_B</p> $E_C = E_{C_B} \quad E_{C_A} = \sum W(\bar{F})_{AB}$ $\frac{1}{2}mV_B^2 - \frac{1}{2}mV_A^2 = W(\bar{P})_{AB} + W(\bar{R})_{AB} + W(\bar{T})_{AB}$ $\frac{1}{2}mV_B^2 - \frac{1}{2}mV_A^2 = 0 + 0 + \frac{1}{2}kX_A^2 - \frac{1}{2}kX_B^2$ $\frac{1}{2}mV_B^2 + \frac{1}{2}kX_B^2 = \frac{1}{2}mV_A^2 + \frac{1}{2}kX_A^2$ <p>$\frac{1}{2}kX^2$ a la dimension d'une énergie, comme $\frac{1}{2}mV^2$</p> <p>On appelle énergie potentielle élastique du ressort :</p> $E_{P_e} = \frac{1}{2}kX^2$ <p>Le style informatif (texte descriptif et informatif basé des faits reconnus et des données prouvées) couplé au style persuasif (présence d'une argumentation qui justifie la solution présentée) sont utilisés pour donner l'expression de l'énergie potentielle.</p>	<p>Pas de formule explicite pour l'énergie potentielle : seule la variation de l'énergie potentielle est mesurée.</p>
 <p>Fig. 3. Énergie potentielle de pesanteur</p>	<p>On utilise le théorème de l'énergie cinétique :</p> <ul style="list-style-type: none"> de la chute libre $E_C = \sum W(\bar{F}) = W(\bar{P})_{1 \rightarrow 2}$ <p>pour aboutir à la relation :</p> $\frac{1}{2}mv_2^2 + mgZ_2 = \frac{1}{2}mv_1^2 + mgZ_1$ <p>Soit : $E_{C_2} + E_{P_2} = E_{C_1} + E_{P_1}$</p> <ul style="list-style-type: none"> du ressort $\frac{1}{2}mV_B^2 + \frac{1}{2}kX_B^2 = \frac{1}{2}mV_A^2 + \frac{1}{2}kX_A^2$ <p>$\frac{1}{2}kX^2$ soit : $E_{C_B} + E_{P_B} = E_{C_A} + E_{P_A}$</p> <p>On pose : $E_M = E_C + E_P$</p> <p>Cette énergie s'appelle énergie mécanique du système considéré.</p> <p>Le style informatif (texte descriptif et informatif basé des faits reconnus et des données prouvées) couplé au style persuasif (présence d'une argumentation qui justifie la solution présentée) sont utilisés pour déterminer l'expression de l'énergie mécanique.</p>	<p>Le même cas particulier : exemple de chute libre sans vitesse initiale.</p> <p>Le système : isolé ou pseudo isolé.</p> <p>La notation : $\sum W(\bar{F})$ qui ne fait pas apparaître les bornes du signe Σ.</p> <p>Les différentes notations du travail : $W(\bar{P})_{1 \rightarrow 2}$ ou $W(\bar{P})$</p> <p>On ne fait pas cas de la résistance de l'air.</p> <p>Confusion entre l'énergie mécanique et énergie totale.</p> <p>La formulation mathématique du principe de conservation de l'énergie.</p> <p>La conservation de l'énergie posée en principe.</p>

Source : Auteur

Tableau 2.5. Analyses de l'énoncé relatif au théorème de l'énergie cinétique et les obstacles identifiés

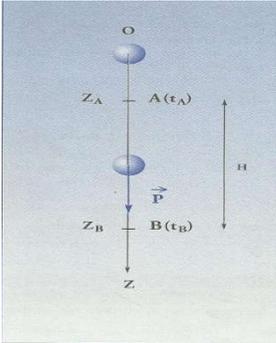
Aides didactiques	Analyses	Obstacles identifiés
<p>• Théorème de l'énergie cinétique</p>  <p>Fig. 5. Chute libre d'une bille</p> <p>Source : Auteur</p>	<p>L'image est incluse, le texte en fait référence. Le théorème de l'énergie cinétique est énoncé à partir de la chute libre d'une bille sans vitesse initiale comme suit : « la variation de l'énergie cinétique d'un système entre deux instants est égale à la somme des travaux effectués entre ces deux instants par les différentes forces qui s'exercent sur le système ». Il est précisé par la suite que le théorème est général, applicable pour tous les types de mouvements (translation, rotation autour d'un axe fixe, translation et rotation combinées...).</p> <p>Il est mentionné qu'avant d'appliquer le théorème, il faut prendre soin de préciser :</p> <ul style="list-style-type: none"> - le système, - les deux instants entre lesquels on applique le théorème, - les différentes forces qui s'exercent sur le système. <p>Cependant, on n'a mentionné ni le type de référentiel, ni le type de mouvement. On n'a pas précisé le type de différentes forces (intérieures ou extérieures). Le système est-il un solide ou un point matériel ? sinon on doit préciser pour le solide, s'il est déformable ou non.</p> <p>Le style informatif (texte descriptif et informatif basé des faits reconnus et des données prouvées) couplé au style persuasif (présence d'une argumentation qui justifie la solution présentée) sont utilisés pour aboutir à l'expression mathématique du théorème.</p>	<p>La circonscription du système pour déterminer le type de mouvement. L'utilisation du produit scalaire dans le calcul du travail. Le choix judicieux du repère : des axes de projection des grandeurs vectorielles. Le principe d'isolement de l'objet pour recenser les phénomènes extérieurs agissant sur son mouvement mais ne pas prendre en compte ce qui se passe en interne. Le remplacement des interactions mécaniques par des flèches L'approche inductive : du particulier au général pour énoncer ce théorème. Les représentations des grandeurs vectorielles. Connaître ou savoir calculer l'expression du travail de chaque force extérieure agissant sur le solide. L'identification de l'état initial et de l'état final. L'identification du type de force de frottement. La variation du théorème de l'énergie cinétique. Les fondements du théorème.</p>

Tableau 2.6. Analyses des différents exercices d'application dans l'ouvrage et les obstacles identifiés

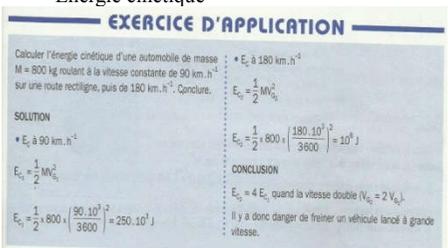
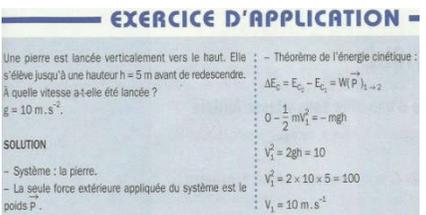
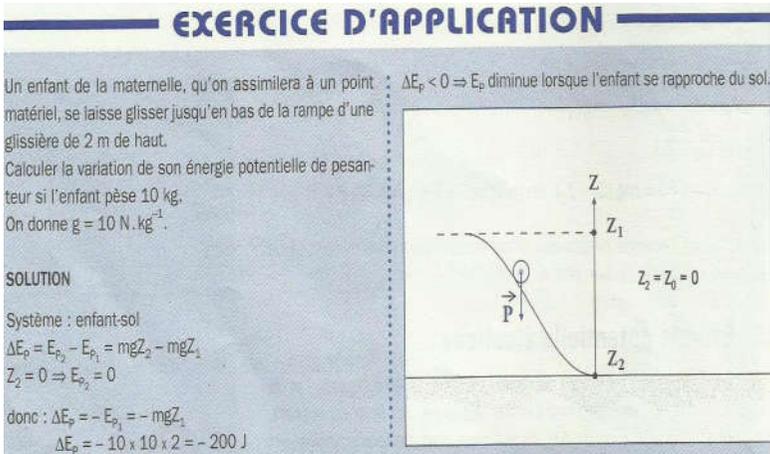
Aides didactiques	Analyses	Obstacles identifiés
<p>• Energie cinétique</p> 	<p>La même automobile a deux centre d'inertie G_1 et G_2, nous notons une confusion entre les vitesses instantanées et les centres d'inertie. Les conversions des paramètres dans le système international sont faites directement dans l'expression de l'énergie cinétique de translation de l'automobile.</p>	<p>Utiliser les dimensions appropriées. Le fait de mentionner deux centres d'inertie pour la même automobile. La non explicitation des conversions des paramètres dans le système international. Le centre de gravité du solide. Les conversions des unités dans le système international.</p>
<p>• Energie cinétique – Théorème de l'énergie cinétique</p> 	<p>Dans l'énoncé de l'exercice, on n'a pas fait mention de la résistance de l'air. Le système est défini ainsi qu'on a fait l'inventaire des forces extérieures agissant sur la pierre. Cependant, dans l'application du théorème de l'énergie cinétique, on n'a précisé ni le référentiel, ni les deux dates qui bornent l'action, ni les vitesses instantanées initiale et finale. L'écriture du travail dans le cas de la chute libre d'une bille sans vitesse initiale est différente de celle du travail de la pierre dans l'exercice d'application :</p> $W(\vec{P})_{AB} \neq W(\vec{P})_{1 \rightarrow 2}$ <p>Le style informatif (texte descriptif et informatif basé des faits reconnus et des données prouvées) couplé au style persuasif (présence d'une argumentation qui justifie la solution présentée) sont utilisés pour résoudre cet exercice.</p>	<p>Choix judicieux du système. Déterminer et énoncer les lois physiques qui seront utilisées. Insuffisance de l'application du théorème de l'énergie cinétique à un solide en translation. La non-conformité des expressions littérales avec celles du savoir à enseigner.</p>

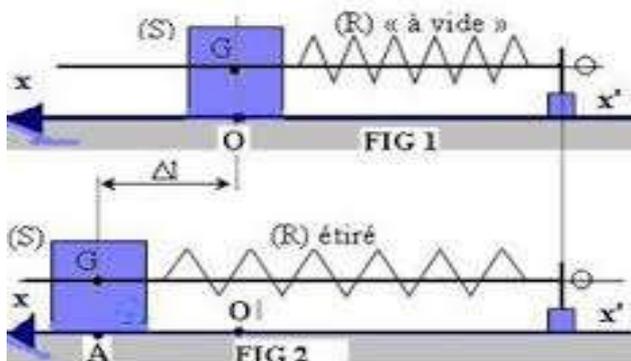
Tableau 2.6. (suite) Analyses des différents exercices d'application dans l'ouvrage et les obstacles identifiés

Aides didactiques	Analyses	Obstacles identifiés
<p>• Energie potentielle – théorème de l'énergie cinétique</p>  <p>Un enfant de la maternelle, qu'on assimilera à un point matériel, se laisse glisser jusqu'en bas de la rampe d'une glissière de 2 m de haut. Calculer la variation de son énergie potentielle de pesanteur si l'enfant pèse 10 kg. On donne $g = 10 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$.</p> <p>SOLUTION</p> <p>Système : enfant-sol $\Delta E_p = E_{p_2} - E_{p_1} = mgZ_2 - mgZ_1$ $Z_2 = 0 \Rightarrow E_{p_2} = 0$ donc : $\Delta E_p = - E_{p_1} = - mgZ_1$ $\Delta E_p = - 10 \times 10 \times 2 = - 200 \text{ J}$</p> <p>$\Delta E_p < 0 \Rightarrow E_p$ diminue lorsque l'enfant se rapproche du sol.</p>	<p>Cet exemple n'est ni significatif, ni représentatif. On n'a pas défini l'état de référence. L'unité de g varie selon l'exercice. Seule force de pesanteur est représentée. La réaction de la glissière sur l'enfant (le point matériel) n'est pas représentée.</p>	<p>Le point matériel. Inventaire non exhaustif des forces extérieures. La notion de variation.</p>
<p>• Activité expérimentale</p>	<p>Il s'agit de vérifier le théorème de l'énergie cinétique et la conservation de l'énergie mécanique. Le dispositif expérimental est celui de la chute libre d'une bille. Les différentes valeurs de l'altitude (Z), de la vitesse au carré (V^2), de l'énergie cinétique (EC), de l'énergie potentielle de pesanteur (EPP), et de l'énergie mécanique sont consignées dans un même tableau de mesure. Pour vérifier le théorème de l'énergie cinétique, on définit le système puis dans le tableau, on choisit un couple de points, chaque point définit en fonction de l'altitude et la vitesse au carré. On calcule la variation de l'énergie cinétique et le travail pour ce couple de points. on conclut que la variation de l'énergie cinétique est égale au travail du poids de la bille passant d'un point à l'autre. Concernant la conservation de l'énergie mécanique, on fait constater dans le tableau pour le système choisi que l'énergie mécanique est la somme de l'énergie et de l'énergie potentielle de pesanteur. La valeur obtenue reste constante pour l'énergie mécanique. On fait construire les élèves, les courbes de l'énergie cinétique (EC), de l'énergie potentielle de pesanteur (EPP), et de l'énergie mécanique (E) en fonction de l'altitude (Z). La construction de ces courbes permet de montrer que non seulement l'énergie mécanique est constante, mais qu'une diminution de l'énergie cinétique correspond à une augmentation de l'énergie potentielle de pesanteur, et réciproquement. Le style informatif (texte descriptif et informatif basé des faits reconnus et des données prouvées) couplé au style persuasif (présence d'une argumentation qui justifie la solution présentée) sont utilisés tout au long de cette activité expérimentale.</p>	<p>La notion de variation. Le choix des axes et de l'échelle. La traduction graphique de l'évolution d'une grandeur d'une autre. La reconnaissance de la proportionnalité entre deux grandeurs. La corrélation entre l'évolution d'une grandeur en fonction d'une autre à partir d'un graphe.</p>

Quant au solide en translation, l'emplacement de la masse M , résultante de l'ensemble des masses m_i , n'est pas celui de son centre de gravité, lequel centre a été largement vu en classe de seconde scientifique.

Pour ce qui est de l'analyse épistémologique, nous notons que les contenus du manuel et les documents officiels ne tiennent pas compte des savoirs de référence et les résultats des travaux de recherche en didactique. En ce qui concerne les savoirs de référence, leur utilisation dans les contenus des manuels devraient faciliter la compréhension des notions. C'est le cas de l'énergie définie par Thomson [The Lord Kelvin] (1849) de vigueur inhérente et l'énergie cinétique d'énergie associée au mouvement. Ces qualifications de l'énergie et l'énergie cinétique rendent plus claires leur compréhension dans les exemples suivants : vous ne vous précipitez pas devant un camion qui s'approche, car il risque de vous écraser avec son énergie cinétique ou le soleil inonde la terre de son énergie de rayonnement. Cependant, la définition donnée à l'énergie potentielle par Rankine (1850) comme énergie liée à la position d'un corps dans un champ de force ou à la configuration d'objets en interaction pose problème dans la compréhension de cette notion. L'énergie potentielle n'existe seulement que dans le cas d'objets en interaction et que la seule chose que nous sommes capables de mesurer est sa variation. Comme alternative à la manière traditionnelle d'enseigner cette notion, Faye, Viard & Khantine-Langlois (2006) proposent en plus de la définition donnée par Rankine d'introduire les concepts d'« existence en puissance » et celui d'« existence en acte » afin que les apprenants acceptent qu'un système inerte puisse posséder de l'énergie. Cela rendrait « visible » l'énergie potentielle en faisant apparaître les dépendances de ces interactions avec les caractéristiques des éléments du système (Faye, Viard & Khantine-Langlois, 2006).

L'expression de l'énergie potentielle élastique obtenue à partir de la figure 4, page 37 de l'ouvrage en usage dans les classes de premières scientifiques pose des problèmes de compréhension aussi bien au niveau de la figure que de la démonstration faite à partir du théorème de l'énergie cinétique. Il aurait fallu utiliser d'abord, une image plus expressive comme celle-ci-dessous :



Ensuite, tracer la droite $T = f(x)$; et calculer l'aire du trapèze obtenu entre les positions x_1 en O et x_2 en A. Il s'agit ici d'utiliser les acquis des élèves depuis leurs classes antérieures (calcul de l'aire du trapèze depuis la classe de cours moyen, CM). Pour ce qui est du théorème de l'énergie cinétique « La

variation de l'énergie cinétique d'un système entre deux instants est égale à la somme des travaux effectués entre ces deux instants par les différentes forces qui s'exercent sur le système. » (Page 31), nous notons que le théorème est énoncé à partir de l'exemple de la chute libre d'une bille sans vitesse initiale, sans force de résistance de l'air. Généraliser ce théorème à partir d'un cas particulier bloque la pensée, méprise le détail, la précision (Bachelard, 1938). Les auteurs ne précisent pas son domaine de validité ni ses conditions de détermination. Tant que, dans un corps en mouvement, toutes les particules se déplacent exactement de la même façon, l'objet se comporte comme une masse ponctuelle et le théorème de l'énergie cinétique s'applique. Le théorème de l'énergie cinétique ne peut pas toujours être appliqué (même comme une approximation) aux corps déformables et dans un référentiel non galiléen.

En définitive, ce théorème n'est pas conforme aux normes scientifiques, donc aux fondements originaux de son élaboration du théorème.

Conclusion

Les analyses didactique et épistémologique des chapitres relatifs à la notion d'énergie dans le manuel scolaire intitulé *Physique* (Collection AREX, Les classiques africains) des classes de premières scientifiques de l'enseignement secondaire ivoirien nous ont permis de montrer que :

- Les photos et images choisies ne sont pas significatives et représentatives pour les élèves. La plupart d'entre elles sont incluses dans le texte.
- Les schématisations ne facilitent pas l'utilisation des connaissances dans les activités de restitution, d'application et même de transfert.
- Les contenus ne font pas référence à l'histoire de l'élaboration des notions, et ne s'appuient pas sur les fondements théoriques des postulats, des théorèmes (cas du théorème de l'énergie cinétique).

Le style pédagogique privilégié dans le manuel basé les styles informatif et persuasif utilisant des faits reconnus, des données prouvées avec une présence d'une argumentation en vue de justifier la solution présentée. La difficulté viendrait en partie de la nature du contenu du manuel et de la capacité cognitive à mettre en œuvre par les élèves pour détecter les insuffisances des aides utilisées dans le manuel. L'essentiel de notre travail est d'attirer l'attention des utilisateurs des manuels scolaires sur les difficultés que pourraient occasionner l'usage non raisonné des aides didactiques.

RÉFÉRENCES

- Abric, J.-C. 1997. *Pratiques sociales et représentations*, Paris, PUF.
- Abroughi, M., Lassaad, M., Hadjameur, M., Aloui, M., & Abdelli, S. 2006. *Présentation et exploitation de grille d'analyse des styles pédagogiques dans des manuels scolaires tunisiens, relativement à des contenus de Sciences de la Vie et de la Terre*. Actes de l'AIPU, Tunisie (Mouastir), 15-18 mai.

- Adopo, A. F., Nanzouan, S. P., & Kouyaté, I. 1999. *Physique Premières C et D*. Old Moka Road, Bell Village, Port Louis Mauritius. Collection AREX, Les Classiques africains.
- Astolfi, J.-P. & Peterfalvi, B. 1993. Obstacles et construction de situations didactiques en sciences expérimentales, in : *Aster*, 16, 103-142. Paris : INRP.
- Astolfi, J.-P., Darot, É., Ginsburger-Vogel, Y. & Toussaint, J. 1997. Mots-clés de la didactique des sciences : repères, définitions, bibliographies. Paris/Bruxelles : De Boeck Université.
- Bachelard, G. 1938. *La formation de l'esprit scientifique*, Paris, Vrin.
- Bernard, S., Clément, P. & Carvalho, G. S. 2007. *Méthodologie pour une analyse didactique des manuels scolaires, et sa mise en œuvre sur un exemple*. In : Le manuel scolaire d'ici et d'ailleurs, d'hier à demain (Coord : M. Lebrun), Presses de l'Université du Québec (CD).
- Clément, P. & Hovart, S. 2000. Environmental Education : Analysis of the didactic transposition and of the conceptions of teachers, dans H. Bayerhuber et J. Mayer (dir), *State of the Art of Empirical Research on Environmental Education*, Münster, Waxmann Verlag, p.77-90.
- Clément, P. 2004. Science et idéologie : exemples en didactique et épistémologie de la biologie, dans *Actes du colloque Sciences, médias et société*, Lyon, ENS-LSH, p.53-69.
- De Vecchi, G. & Giordan, A. 3^{ème} éd 2006. *L'enseignement scientifique, comment faire pour que « ça marche » ?* Z'Éditions, réédité par Delgrave,
- Faye, S., Viard, J., & Khantine-Langlois, F. 2006. L'élaboration historique du concept d'énergie potentielle. *Journal des Sciences*, vol.6, n°2. Repéré à http://www.fastef.ucad.sn/articles/salmone_faye/histoire_en_ergie_potentielle.pdf.
- Gerard, F. M. & Roegiers, X. 1993. *Concevoir et évaluer des manuels scolaires*. Bruxelles : De Boeck Université.
- Givry, D. 2003. Le concept de masse en physique : quelques pistes à propos des conceptions et des obstacles. *Didaskalia*, n°22, p.41-62.
- Hanon, C. 2013. Analyse épistémologique des manuels scolaires : évolution de la notion de reproduction humaine de 1980 à nos jours. *Education*.
- Jodelet, D. 1991. *Les représentations sociales*, Paris, PUF.
- Lado, R. 1957. *Linguistics across Cultures*, University of Michigan Press.
- Lebrun, J. and Niclot, D. 2009. Les manuels scolaires: reformes curriculaires, développement professionnel et apprentissage des élèves. *Revue des sciences de l'éducation*, Vol. 35 n°2 p.7-14.
- Martinand, J.L. 2001. Pratiques de référence et problématique des connaissances dans les programmes, dans A. Terrisse (dir.), *Didactique des disciplines. Les références au savoir*, Bruxelles, De Boeck université, p.17-24.
- Piaget, J. 1969. *Psychologie et pédagogie*. Paris, Denoël.
- Rankine, W.J.M. 1850. On the General Law of the Transformation of Energy. *Philosophical Magazine*. 4 5 (30).
- Robardet, G. & Guillaud, J.-C. 1997. *Eléments de didactique des sciences physiques : de la recherche à la pratique : théories, modèles, conceptions et raisonnement spontané*. Paris, PUF.
- Vezein, J.-F. & Vezein, L. 1988. Illustration, Schématisation et activité interprétative. *Bulletin de psychologie*, vol (336), p.655-666.
