



Imprimer - Fermer cette fenêtre

Date: Fri, 07 May 2004 23:24:24 +0200

De: "Raoul Pantanella" <raoul.pantanella@wanadoo.fr>

À: "zacharoula smyrmaiou" <zacharoula@yahoo.fr>

Objet: Re: proposition pour publication

Chers auteurs,

Bien reçu et lu attentivement votre très intéressant travail « L'utilisation des logiciels éducatifs dans l'enseignement de la physique ». Je vous propose :

1. De publier dans les Cahiers à la rubrique Faits&Idées dont je m'occupe, une version courte de 10.000 signes maxi (espaces compris de votre article) que vous établiriez à partir de la version longue que vous avez écrite et qui comporte 40.000 signes. Vous comprendrez sans peine qu'une page imprimée des cahiers tournant autour de 6000 signes, nous ne pouvons consacrer à un seul article autant de place...

2. De publier cette version longue in extenso sur notre site où nous ne sommes pas tenus par la longueur des publications mais seulement par leur qualité. Nous signalerions dans la revue le lien internet avec la version intégrale.

3. Cependant je vous demanderais, quant au fond, de bien vouloir diversifier vos références et notamment donner celles des autres logiciels pour les sciences physiques. Celui que vous avez expérimenté (*La physique par l'image*) est un produit commercial, certes de qualité (je vous fais confiance) mais commercial. Avec cette seule référence votre article pourrait passer pour de la publicité ce que nous nous refusons à faire aux Cahiers, vous l'imaginez aisément.

J'attends donc votre réponse à ces propositions.
très cordialement

Raoul Pantanella
Chemin de Sainte Anne
83170 Camps la Source
Tél. : +33 4 94 80 80 73
<http://www.cahiers-pedagogiques.com/>

Intégration d'un logiciel dans l'enseignement de la physique

Zacharoula Smyrnaïou* — Annick Weil-Barais*,**

**Docteur en sciences de l'éducation, Université René Descartes-Paris V*

12 rue Cujas, 75005, Paris

zacharoula@yahoo.fr; zacharoula.smyrnaïou@etu.univ-paris5.fr

***Professeur, Université d'Angers*

Faculté des Lettres, Langues et Sciences Humaines

11, bd Lavoisier, 49045 Angers, cedex 01

weilbar@aol.com ; annick.weil-barais@univ-angers.fr

RESUME. Cette recherche porte sur la place de l'utilisation des logiciels par rapport aux expériences réelles dans l'enseignement secondaire de la physique. Un logiciel (La physique par l'image) a été étudié. Le logiciel plonge d'emblée l'élève dans un monde mathématiquement formalisé ; 66 élèves des classes de collège et lycée ont été interrogés individuellement (expérimentation avec des objets puis avec le logiciel et inversement) et leurs réponses analysées. Les résultats montrent que les bénéfices cognitifs de l'utilisation d'un logiciel dépendent du niveau scolaire des élèves et des représentations symboliques implémentés dans le logiciel. Ils soulignent également l'importance de combiner l'usage du logiciel avec des expériences réelles.

MOTS-CLÉS: enseignement de la physique, évaluation cognitive, expérimentation, logiciels éducatifs, modélisation, représentation symbolique.

1. Introduction

La question de la place des logiciels éducatifs dans les activités d'enseignement constitue un enjeu important. Les logiciels destinés à l'éducation sont nombreux et classés de différentes manières en référence à l'évolution historique et aux objectifs pédagogiques, etc. (Baron, 1990). Les défenseurs des logiciels soulignent notamment que leur exploitation est susceptible de favoriser la mise en relation de nombreuses connaissances, de multiples contextualisations de celles-ci et, en définitive, l'élaboration par l'apprenant d'un *réseau sémantique personnel de connaissances* (Baron, De La Passardière, 1991 ; Moreira, 1991). L'ordinateur peut être utilisé dans un but d'acquisition de connaissances par les élèves (Baron et Bruillard, 1996). Les usages de l'outil informatique sont résumés dans l'introduction des programmes scolaires de sciences : "L'ordinateur est un outil privilégié pour la saisie et le traitement des données ainsi que pour la simulation. Il ne sera en aucun cas substitué à l'expérience directe, dont il sera le serviteur " (extrait du BO HS n°6

du 12 août 1999). Les responsables qui ont fixé ces objectifs ne veulent pas remplacer les expériences réelles avec les objets par les expériences représentées à l'écran d'ordinateur. Nous pensons, en effet, que l'utilisation des deux types d'expériences est importante. Frising et Cardinael (1998) suggèrent de compléter les travaux pratiques par l'apprentissage avec un ordinateur (avant, pendant et après les travaux pratiques).

L'utilisation des logiciels dans l'enseignement des sciences physiques a été beaucoup étudiée (Durey, 1996 ; Durey & Beaufils, 1998, etc.). Les logiciels actuellement disponibles (*Interactive Physique*, *Stella*, *ModellingSpace*, *CD-MOVIE*, etc.) couvrent tout un ensemble d'activités : acquisition et traitement de données, résolution de problèmes, simulation, modélisation. Beaufils, Durey, Bouroulet, Milot, Journeaux, et Richoux (1998) ont analysé, dans une perspective pédagogique et didactique, l'apport des logiciels de modélisation et de simulation *Interactive - physique* et *Stella* dans des activités de sciences physiques. Ces auteurs considèrent qu'il est très important de réfléchir à l'utilisation de tels outils dans la résolution de problèmes et à la diversification des pratiques pédagogiques. Cette réflexion doit prendre en compte les concepts et les hypothèses mobilisés dans les activités expérimentales.

Depover, Giardina, et Marton (1998) mettent en évidence l'importance des systèmes symboliques implémentés dans le logiciel. Ils considèrent que les effets de l'utilisation pédagogique du multimédia interactif sur les apprenants s'expliquent davantage par la présence d'interactions entre les systèmes symboliques utilisés par un média que par les caractéristiques cognitives de l'apprenant. Le média peut-être efficace ou non selon la manière dont l'information sera traitée. Ces auteurs soulignent que le choix des langages de communication ou des systèmes symboliques, par les concepteurs du multimédia, auxquels il aura recours pour communiquer les informations à l'apprenant joue un rôle central. Nous pouvons donc penser que le type de représentation symbolique utilisé et la façon dont les élèves les comprennent sont des éléments fondamentaux dans l'étude de l'utilisation pédagogique des logiciels.

Un certain nombre d'auteurs défendent l'idée que l'animation virtuelle ne se substitue jamais à la réalité, mais la supporte, l'enrichit et la rend plus visuelle (Nonnon, 1998). L'ordinateur constitue aussi un outil pour construire un monde entre l'approche expérimentale et l'approche théorique (Buty, 2000 ; Vince, 2000 ; Séjourné & Tiberghien, 2001).

Nous considérons que la réalisation d'expériences avec un logiciel est complémentaire à la réalisation d'expériences « réelles » dans l'enseignement de la physique (Smyrniou, Weil-Barais, 2004). Néanmoins, il reste à préciser comment l'enseignant doit combiner expériences « réelles » et expériences avec un logiciel. Compte tenu de la place centrale des expériences réelles dans l'enseignement de la physique et du fait que les logiciels peuvent aider à mettre en relation la réalité et la théorie, quelle peut être la place de l'utilisation du logiciel par rapport aux

expériences réelles? Cette recherche propose des éléments empiriques pour éclairer cette question.

2. Étude du logiciel

3.1. Objectifs

La place des expériences avec ordinateur par rapport aux expériences « réelles » est étudiée à partir de deux questions.

-Pour une même situation, dans laquelle l'élève peut réaliser une expérience « réelle » (avec des objets) et une expérience avec un logiciel, quel ordre d'utilisation de ces deux types de dispositif sera le plus favorable à l'apprentissage ?

-Cet ordre diffère-t-il en fonction du niveau scolaire des élèves ?

Dans la mesure où nous considérons que la modélisation est fondamentale dans les sciences physiques, cette recherche porte sur des logiciels de modélisation (cf. Lemeignan & Weil-Barais, 1993 ; Tiberghien, 1994 ; Dimitracopoulou et al., 1999 ; Komis et al., 2001). La situation expérimentale choisie est le plan incliné car il s'agit d'une situation facile à concevoir par les élèves les moins âgés et pouvant être réalisée avec les objets réels et les logiciels.

2.2. Méthode

2.2.1. Participants

Nous avons rencontré 66 élèves dont 16 élèves de collège (Paris et région parisienne) et 50 élèves de lycée (Angers). Le groupe d'élèves de collège est composé de 9 élèves de quatrième et de 7 élèves de troisième. Parmi les lycéens 15 élèves sont en seconde, 17 élèves en première scientifique et 18 élèves en terminale scientifique.

2.2.2. Procédure

On demande aux élèves de réaliser deux expériences concernant le mouvement/déplacement d'un objet sur un plan incliné. Pour l'une d'elles, les participants disposent d'objets. Ils doivent faire en sorte qu'une pièce se mette en mouvement sur une surface mobile, sans toucher à la pièce, faire en sorte que la pièce se déplace plus vite, moins vite, etc. Pour l'autre expérience, les élèves disposent d'un ordinateur et du logiciel '*la physique par l'image*'. Ils doivent également réussir à déplacer un objet sur un plan incliné (un parallélogramme affiché à l'écran). Trente-quatre élèves ont commencé l'expérience en utilisant le

logiciel pour ensuite la réaliser avec les objets et les trente-deux autres ont commencé par les objets pour ensuite utiliser le logiciel.

2.2.3. Logiciel « *La Physique par l'image* »

La 'physique par l'image' (Sciencesoft, 1998) est un logiciel de simulation actuellement commercialisé dans différents pays. Il permet d'aborder la partie théorique de la physique (rappels de cours sous forme de fichiers textes et sons, exercices) et de la mettre en pratique avec une approche expérimentale (simulations interactives, vidéo). C'est un outil interactif qui permet à l'apprenant de modifier tous les paramètres d'une expérience et de visualiser immédiatement à l'écran l'effet de ses modifications sur les phénomènes. Comme on peut le voir dans la partie gauche de la figure 1, l'élève est invité à fixer des valeurs pour chacune des grandeurs physiques en relation avec la vitesse du mobile. Ces grandeurs sont exprimées par des symboles littéraux. Quand un ensemble de valeurs est fixé, l'élève peut visualiser le déplacement du mobile représenté par un rectangle glissant sur un segment de droite plus ou moins incliné par rapport à un axe horizontal selon les valeurs fixées ; les valeurs des paramètres physiques.

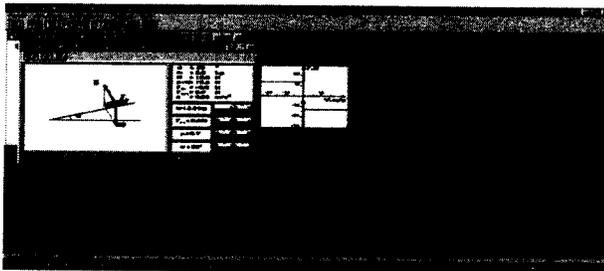


Figure 1. Interface du logiciel "*La physique par l'image*"

2.2.4. Questionnaire

Les questions posées aux élèves lors de l'entretien s'organisent en trois thèmes. Le premier concerne les représentations de l'image du plan incliné et du plan horizontal (uniquement avec le logiciel). En effet, il nous semblait important de vérifier que les élèves comprenaient les symboles à l'écran d'ordinateur avant de réaliser l'expérience. Le deuxième propose des questions liées aux fonctions pragmatiques du modèle. Les élèves sont interrogés sur les actions pour faire en sorte que l'objet se mette en mouvement (ou se déplace plus vite, ou le plus vite possible, etc.). Le troisième thème concerne les fonctions épistémiques et aborde les connaissances sur le mouvement ou sur l'immobilité (voir annexe 1). Nous traiterons de deux questions, l'une se réfère à la fonction pragmatique et l'autre à la fonction épistémique d'un modèle.

3.2. Résultats

Nous avons regroupé les élèves en deux catégories selon leurs connaissances en sciences physiques : élèves de 1^{ère} et terminale scientifiques d'un côté, élèves de collège et 2^{nde} de l'autre. Dans un premier temps, les résultats présentent les explicitations verbales que les élèves proposent pour décrire leurs actions lorsqu'on leur demande de déplacer un objet. Dans un second temps, nous aborderons les connaissances évoqués par les élèves expliquer l'expérience.

3.2.1. Les manipulations des élèves pour faire en sorte que l'objet se mette en mouvement

3.2.1.1. Lorsque les expériences sont réalisées avec l'ordinateur

Lorsque l'expérience est effectuée avec l'ordinateur, la question suivante a été posée aux élèves : « Pourrais-tu faire en sorte que l'image de l'objet parallélogramme puisse se déplacer? ». La moitié des élèves (23) ne réussissent pas à réaliser cette tâche (déplacement d'objet). Ils essaient en cliquant sur l'image ou sur les symboles. Malgré leurs différentes actions, l'objet reste toujours immobile. Les manipulations décrites par les élèves sont présentées ci-après.

– Augmenter l'angle (AANG)

La plupart des élèves expliquent qu'ils augmentent l'angle. Par exemple, *j'augmente l'angle, je dois monter la puissance de l' α , il faut incliner, mettre une pente comme ça, etc.*

– Augmenter la force (AFOR)

Certains élèves augmentent la force. Leurs réponses sont les suivantes: *Il faut qu'il subisse une force extérieure parce que là il y a une équivalence entre la force de la réaction et la force de poids ; Bah ! Oui, il faudrait rajouter des forces. Il faut que je le dessine sur le... Non, en fait, il faudra mettre une force qui part d'ici, par exemple pour faire avancer l'objet ou alors dans l'autre sens.*

– Diminuer le frottement (DFRT)

Quelques élèves en essayant de faire bouger l'objet arrivent à penser que le μ représente le frottement. En effet, quand ils modifient la valeur du μ sur le dessin, ils voient le changement de la flèche F_{fr} (flèche représentant la force de frottement). Ils disent : *Peut-être que ça, c'est la force de frottement (elle parle pour le μ) ; Je vais essayer de mettre à zéro, etc.* Un élève de terminale mentionne : *J'ai enlevé ça (il parle de μ), c'est le frottement et je mets zéro.*

– Cliquer sur l'image (CLIM)

C'est le cas lorsque l'élève clique sur l'image de l'objet sur le plan incliné et qu'il veut pousser, tirer l'objet ou incliner le plan. Par exemple, *J'essaye de faire glisser le parallélogramme bleu en appuyant sur la souris, en essayant de la faire*

glisser ; Je pense cliquer sur l'objet pour qu'il se déplacer ; Oui en le poussant avec un objet ou pareil, avec le souffle.

– Cliquer sur le symbole (CLSY) et sur l'indication 'corps immobile' (IMMO)

Quelques élèves cliquent sur tous les symboles au hasard sans avoir accès à leur signification. Par exemple, un élève de troisième répond : *ça peut être... là en cliquant déplacer les... degrés les différentes axes. Ah ! Oui ça s'est déplacé de gauche à droite.* Certains élèves veulent enlever l'indication 'corps immobile'. Par exemple, un élève de troisième dit : *Ah ! Oui, c'est parce que c'est marqué 'corps immobile'. Non, je ne sais pas.*

– Autre (ATR)

Cette catégorie comprend des actions peu fréquentes pour lesquelles il n'est pas possible de changer les paramètres. C'est le cas pour la vitesse et l'accélération. Par exemple, un élève de première répond : *Oui, en mettant une vitesse initiale sur le solide.*

– Non réponse (NR)

C'est le cas lorsque les élèves n'arrivent pas à réaliser l'expérience avec le logiciel¹. Par, exemple, un élève dit : *Non ! Je ne sais pas.*

L'examen du tableau 1 montre que les manipulations principales des élèves pour faire en sorte que l'image de l'objet parallélogramme puisse se déplacer sont d'augmenter l'angle (28/94, soit 30% des élèves) ou la force (16/94, soit 17% des élèves) et de cliquer sur l'image (15/94, soit 16% des élèves). Notons que douze élèves ne répondent pas (12/94, soit 13% des élèves) malgré nos relances.

Les élèves de collèges et seconde augmentent l'angle (10/94, soit 11% des élèves). Ils cliquent sur l'image du plan incliné (9/94, soit 9% des élèves), sur les symboles (3/94, soit 3% des élèves), sur l'indication 'objet immobile' (3/94, soit 3% des élèves) ou ne savent pas comment faire (11/94, soit 11% des élèves) même si presque tous ont répondu que α représente l'angle. Quelques élèves ont réalisé l'expérience en modifiant seulement l'angle (il faut que l'angle soit plus grand que l'angle maximal). Seuls les élèves de section scientifique ont augmenté la force (16/94, soit 17% des élèves), et/ou diminué le frottement (4/94, soit 4% des élèves). Lorsque la '*physique par image*' est utilisée en second, beaucoup d'élèves (17/94, soit 18% des élèves) augmentent l'angle. En revanche, quand la '*physique par image*' est utilisée en premier, beaucoup d'élèves (12/94, soit 13% des élèves) augmentent la force.

¹ On a aidé ces élèves à trouver la solution (l'expérimentateur augmente l'angle).

Catégories	Niveau scolaire	logiciel (utilisé en premier)		logiciel (utilisé en second)		Nb d'év
		Collège et Seconde	Lycée	Collège et Seconde	Lycée	
augmenter l'angle (AANG)		2% (2)	10% (9)	9% (8)	10% (9)	30% (28)
augmenter la force (AFOR)		0	13% (12)	0	4% (4)	17% (16)
diminuer le frottement (DFRT)		0	2% (2)	0	2% (2)	4% (4)
cliquer sur l'image (CLIM)		3% (3)	2% (2)	6% (6)	4% (4)	16% (15)
cliquer sur les symboles (CLSY)		2% (2)	2% (2)	1% (1)	3% (3)	9% (8)
cliquer sur le 'corps immobile' (IMMO)		2% (2)	0	1% (1)	2% (2)	5% (5)
autre (ATR)		2% (2)	3% (3)	0	1% (1)	6% (6)
Non réponse (NR)		9% (8)	0	3% (3)	1% (1)	13% (12)
Nb d'évènements		20% (19)	32% (30)	20% (19)	28% (26)	100% (94)
Nb d'élèves total		16	18	15	17	66

Tableau 1 : Les manipulations des élèves pour faire en sorte que l'image de l'objet parallélogramme puisse se déplacer: pourcentages et effectifs entre parenthèses

3.2.1.2. Lorsque les élèves réalisent l'expérience physiquement

Dans le cas de l'expérience avec les objets, la question suivante a été posée: « Pourrais-tu faire en sorte que la pièce de monnaie placée sur la surface en papier se mette en mouvement sans que tu aies à la toucher ? Pourrais-tu décrire ce que tu as fait ? ». Les réponses avancées par les élèves sont présentées ci-après.

– Description des manipulations (DEM)

La plupart des élèves décrivent leurs manipulations. Concrètement, ils disent: *J'ai levé... j'ai soulevé une partie de surface de papier, je crée une pente, j'ai bougé la poussée.*

– Constats (CONS)

C'est le cas lorsque l'élève décrit des constats du type: *la pièce elle bouge comme ça, elle descend, je la laisse tomber*, etc. Par exemple, un élève de seconde

répond : *Le mettre en mouvement...elle peut glisser...tourner. J'ai levé le cahier d'une pente de, je ne sais pas, de 30°, un peu que donc la pièce a glissé.*

– Conceptualisation (CNST)

Quelques élèves conceptualisent la situation en utilisant la troisième personne (on) ou les grandeurs physiques. Par exemple, un élève de troisième dit: *La pièce ? Oui si on bouge le plan. On glisse le carton et la pièce elle bouge comme ça.* Certains élèves utilisent les concepts physiques comme la gravité, l'angle, le plan incliné, la force, etc. Un élève de première souligne: *Si je bouge le cahier. On bouge le support, on l'incline et la force...*

– Objet intermédiaire (OBIN)

Quelques élèves voudraient utiliser un objet intermédiaire (aimant, stylo, eau, etc.). Par exemple, un élève de quatrième dit: *Oui...si on utilise un ...par exemple un stylo.*

– Mises en correspondance (CORR)

Dans certains cas, les élèves ayant d'abord réalisé l'expérience avec le logiciel mettent en correspondance l'expérience avec objets avec celle représentée sur l'écran de l'ordinateur. Par exemple, un élève de terminale explique: *Ah ! J'ai soulevé le cahier et comme pareil il y a un angle par rapport à la table* (le mot « pareils » se réfère à la situation avec ordinateur).

– Autre (ATR)

Un élève de première mentionne une réponse en relation avec le principe d'inertie (le principe n'est pas énoncé dans sa totalité). Il dit : *J'ai un angle et comme précédemment les vecteurs ne se compensent plus et les forces tous les...*

– Non réponse (NR)

Quelques élèves n'ont pas réussi à réaliser l'expérience avec les objets. Dans ce cas, ils répondent : *non, je ne sais pas*, etc.

L'examen du tableau 2 montre que la plupart des réponses des élèves décrivent les manipulations (56/79, soit 71% des élèves) et font des constats (22/79, soit 28% des élèves). Les élèves qui mobilisent un concept physique (22/79, soit 28% des élèves) sont plutôt les élèves qui ont réalisé l'expérience avec le logiciel en premier (16/22, soit 73% des élèves).

Niveau scolaire	logiciel (utilisé en premier)		logiciel (utilisé en second)		Nombre d'événements
	Collège et Seconde	Lycée	Collège et Seconde	Lycée	
les					
Décrire manipulations (DEM)	18% (14)	20% (16)	15% (12)	18% (14)	71% (56)
Constat (CONS)	9% (7)	6% (5)	6% (5)	6% (5)	28% (22)
Conceptualisation (CNST)	5% (4)	15% (12)	1% (1)	6% (5)	28% (22)
Objet intermédiaire (OBIN)	1% (1)	1% (1)	3% (2)	0	5% (4)
Mises en Correspondances (CORR)	0	3% (2)	0	0	3% (2)
Autre (ATR)	0	1% (1)	0	0	1% (1)
Non réponse (NR)	0	0	3% (2)	0	3% (2)
Nb d'événements total	33% (26)	47% (37)	28% (22)	30% (24)	100% (79)
Nb d'élèves total	16	18	15	17	66

Tableau 2. Les actions expliquées par les élèves pour faire en sorte que la pièce de monnaie se déplace

3.2.2. Les connaissances des élèves pour expliquer la mise en mouvement

3.2.2.1. Lorsque les expériences sont réalisées avec l'ordinateur

Lorsque l'expérience est réalisée avec l'ordinateur, la question suivante a été posée : « Quelles connaissances as-tu qui te permettent d'expliquer la mise en mouvement de l'image de l'objet parallélogramme ? ». Les réponses des élèves sont commentées successivement et leur répartition est présentée dans le tableau 3.

– Concept physique (CNST)

La plupart des élèves conceptualisent la situation en termes de grandeurs physiques. Les élèves de collège et de seconde évoquent l'angle, le poids, la gravité, l'attraction, la poussée, l'inertie, le frottement. Par exemple, un élève de quatrième répond : *Euh, oui... le poids, l'inclinaison, l'inclinaison au niveau de ...* Un élève de quatrième souligne : *c'est poussé... l'attraction, l'inclinaison.* Pour cet élève, la

poussée signifie inertie. Le mot poussée apparaît fréquemment. Dans certains cas, il est remplacé par des termes comme « élan, énergie, force, etc. ».

Les élèves de section scientifique se réfèrent aux différentes explications possibles du déplacement d'un objet sur un plan incliné (cf. les différentes solutions homomorphes pour le mouvement d'un objet sur un plan incliné, annexes, chapitre 1, p.). Ces références ne sont pas nécessairement explicites. Ils évoquent la force, l'énergie cinétique, le travail, la masse, le plan incliné, le mobile pseudo isolé, ainsi que l'angle, gravité, l'attraction terrestre, etc. Concrètement, un élève de première dit: *Mm...le...la force...d'inertie...le travail du poids ? C'est les forces qui....c'est l'énergie....qui s'exerce sur le solide.*

– Théorie physique (TPHY)

Certains élèves se réfèrent aux principes et lois de la physique pour expliquer la mise en mouvement de la pièce : le principe d'inertie, les lois de Newton, le mouvement de centre d'inertie, la théorie du centre de gravité, etc. Lorsque les élèves évoquent le principe d'inertie, ils ont tendance à développer leurs explications. Toutefois, elles ne sont pas toujours complètes et justes. Par exemple, un élève de première dit : *Quand c'est un plan horizontal le principe d'inertie s'applique donc les forces qui s'exercent sur l'objet se compensent, et là dans ce cas là c'est...c'est...la force en mécanique qui fait avec le produit scalaire.*

Malgré les nombreuses réponses évoquant le principe d'inertie, il n'est pas applicable dans cette situation. Le mouvement de l'image de l'objet parallélogramme en descendant sur un plan incliné est un mouvement rectiligne uniformément accéléré. Le principe d'inertie ne peut donc pas s'appliquer.

– Description des manipulations (DEM)

Quelques élèves décrivent leurs manipulations (*quand on incline, quand on pousse droit comme, on a exercé une force importante qui a permis le déplacement, etc.*). Concrètement, l'élève de quatrième souligne : *Ah ! C'est un théorème, c'est une logique, si plus on augmente, si on donne une pente l'objet qui est dessus va glisser.*

– Constats (CONS)

C'est le cas lorsque l'élève propose des constats du type : *elle va glisser, comme le droit se lève, l'objet se tombe, le rectangle bleu a bougé, il est parti de 0° et comme il s'est levé l'objet a bougé, , etc.*

– Raisonnement causal (RANC)

Des élèves considèrent que le mouvement est lié à la droite, à l'inclinaison, etc. Concrètement, ils répondent : *je sais qu'en pente un objet ne peut pas rester parce qu'il est entraîné par son poids alors voilà, l'inclinaison ben du sol fait que certaines forces ne se compensent pas et donc l'objet bouge, etc.*

– Autre (ATR)

Il y a des réponses observées une seule fois. Par exemple, un élève évoque une relation de covariation (*Plus l'angle va augmenter, plus le rectangle bleu commencera à bouger*).

L'examen du tableau 3 montre que les élèves utilisent des concepts scientifiques (45/94, soit 48% des élèves), théorie physique (11/94, soit 12% des élèves), décrivent leurs manipulations (8/94, soit 9% des élèves), les constats (10/94, soit 11% des élèves).

L'examen du tableau 3 montre aussi que les élèves de collège et de seconde décrivent leurs manipulations (6/94, soit 6% des élèves) et les événements perçus (9/94, soit 10% des élèves). Ils utilisent des concepts comme l'angle, le poids ou la gravité (19/94, soit 20% des élèves). Seuls les élèves de section scientifique évoquent le concept de force, le principe d'inertie ainsi que les lois de Newton. Quand on compare les descriptions que les élèves font des expériences réalisées avec les objets, selon qu'ils ont ou non préalablement utilisé le logiciel, on s'aperçoit que celles-ci diffèrent peu.

Catégories	Niveau scolaire	Physique par image (utilisé en premier)		Physique par image (utilisé en second)		Nb d'év
		Collège et Seconde	Lycée	Collège et Seconde	Lycée	
Concept (CNST)	physique	10% (9)	15% (14)	11% (10)	13% (12)	48% (45)
Théorie (TPHY)	physique	0	5% (5)	1% (1)	5% (5)	12% (11)
Description des manipulations (DEM)		3% (3)	1% (1)	3% (3)	1% (1)	9% (8)
Constats (CONS)		6% (6)	1% (1)	3% (3)	0	11% (10)
Raisonnement causal (RANC)		2% (2)	1% (1)	3% (3)	2% (2)	9% (8)
Autre (ATR)		2% (2)	1% (1)	0	0	3% (3)
Non réponse (NR)		2% (2)	3% (3)	3% (3)	1% (1)	10% (9)
Nb d'évènements		26% (24)	28% (26)	24% (23)	22% (21)	100% (94)
<i>Nb d'élèves total</i>		<i>16</i>	<i>18</i>	<i>15</i>	<i>17</i>	<i>66</i>

Tableau 3 : Les connaissances des élèves pour expliquer la mise en mouvement de l'image de l'objet parallélogramme (avec le logiciel)

3.2.2.2. Lorsque les élèves réalisent l'expérience physiquement

Pour étudier les connaissances des élèves réalisant l'expérience avec les objets, la question suivante leur a été posée: « Quelles connaissances as-tu qui te permettent d'expliquer la mise en mouvement de la pièce ? ». Leurs réponses ont été classées selon la grille présentée ci-après.

– Description des manipulations (DEM)

Beaucoup d'élèves décrivent leurs manipulations (*je lève la carte, je lève la poussée on fait bouger l'objet, j'ai fait un angle, etc.*). Par exemple, un élève de première souligne: *Je...je...la pièce était sur le cahier et comme je bouge le cahier la pièce est part.... Je ne sais pas comment l'expliquer.*

– Constats (CONS)

Cette catégorie correspond à des constats du type : *la pièce descend, elle n'est pas restée...accrochée au cahier et elle est tombée, la pièce part, pour que ça tombe.*

– Conceptualisation (CNST)

Certains élèves mobilisent des concepts physiques comme l'attraction de la terre, l'inclinaison, la pesanteur, le poids, la force de gravité, les forces du poids, la gravité, la force, l'angle, le plan incliné, le travail du poids, le déplacement, la réaction du support. Par exemple, un élève de première dit : *Connaissances ! Bah ! Les forces... les forces exercées sur la pièce en fait.* Une partie des élèves considère que la force appartient à l'objet (force de..., poids de...) comme l'ont déjà montré les recherches en didactique des sciences (L. Viennot, 1979 ; G. Lemeignan & A. Weil-Barais, 1993).

– Raisonnement causal (RANC)

C'est le cas lorsque les élèves disent : elle est attirée par la terre, elle est attirée par le sol, la pièce s'est mise en mouvement parce que le référentiel a changé, la force terrestre qui s'exerce sur elle met la pièce en mouvement, la force de frottement, etc. Par exemple, un élève de quatrième répond : Ben ! Comme l'angle..., il y a un angle, elle descend à cause de l'angle.

– Théories physiques (TPHY)

Quelques élèves mobilisent les lois et principes de la physique comme la loi de Newton, le principe d'inertie, le théorème de l'énergie cinétique, etc. Plus spécifiquement, cinq élèves utilisent les principes physiques et spécialement le principe d'inertie. Ils répondent : *les forces ne se compensent plus, le principe d'inertie, tout corps persévère dans son mouvement de repos rectiligne uniforme si toutes les forces exercées sur lui se compensent, c'est que la somme des forces est pas nulle... les forces du poids...elle est différente de la réaction du support.* Deux élèves évoquent les formules physiques. Un élève se réfère à la loi de Newton et un autre expose le théorème de l'inertie et l'énergie cinétique.

– Mises en correspondance (CORR)

Certains élèves qui ont déjà réalisé l'expérience avec le logiciel font la relation entre le phénomène réel et sa représentation symbolique. Ils répondent : *la pièce comme tout à l'heure...on a utilisé cette expérience pour... dans le thème du plan incliné, J'ai fait pareil que sur l'ordinateur, ce qu'on fait en classe... nous on a étudié en classe des...mobiles autoporteurs... avec des plans inclinés sur un plan horizontal avec...sur différents plans et tout, etc.*

– Évident (EVID)

Des élèves expriment un sentiment de nécessité ou d'évidence du type : *c'est naturel, c'est logique.*

– Autre (ATR)

Cette catégorie contient des descriptions des mouvements (la montée, la descente, la rotation, propriétés des objets) et des réponses évoquant l'utilisation d'un objet intermédiaire (papier).

L'examen du tableau 4 montre aussi que pour expliquer la mise en mouvement de la pièce, le plus souvent, les élèves mobilisent un concept physique (37/102, soit 36% des élèves), une loi ou théorie physique (9/102, soit 9% des élèves). Leurs explications correspondent également à des constats (16/102, soit 16% des élèves), des descriptions de leurs manipulations (11/102, soit 11% des élèves) où la recherche d'une cause (raisonnement causal : 12/102, soit 12% des élèves).

Les descriptions des élèves concernant l'expérience réalisée avec les objets diffèrent selon l'utilisation préalable ou non du logiciel, excepté pour les élèves de lycée en section scientifique. Ces derniers fournissent des descriptions plus riches lorsqu'ils ont utilisé le logiciel avant de réaliser l'expérience avec les objets.

Niveau scolaire	logiciel (utilisé en premier)		logiciel (utilisé en second)		Nb d'év
	Collège et Seconde	Lycée	Collège et Seconde	Lycée	
Décrire les manipulations (DEM)	4% (4)	3% (3)	3% (3)	1% (1)	11% (11)
Constat (CONS)	3% (3)	5% (5)	4% (4)	4% (4)	16% (16)
Concept physique (CNST)	3% (3)	14% (14)	9% (9)	11% (11)	36% (37)
Théorie physique (TPHY)	0	7% (7)	0	2% (2)	9% (9)
Raisonnement causal (RANC)	3% (3)	2% (2)	5% (5)	2% (2)	12% (12)
Évident (EVID)	4% (4)	0	1% (1)	0	5% (5)
Mises en Correspondances (CORR)	0	3% (3)	0	0	3% (3)
Autre (ATR)	2% (2)	0	2% (2)	1% (1)	4% (4)
Non réponse (NR)	2% (2)	0	0	3% (3)	5% (5)
Nb d'évènements	21% (21)	33%(34)	24% (24)	24% (24)	100% (102)
<i>Nb d'élèves total</i>	<i>16</i>	<i>18</i>	<i>15</i>	<i>17</i>	<i>66</i>

Tableau 4 : Les connaissances des élèves pour expliquer la mise en mouvement de la pièce.

4. Discussion

Cette recherche s'intéresse à l'apport de l'utilisation de logiciels dans l'enseignement des sciences physiques. Elle porte spécifiquement sur l'apprentissage de la modélisation puisqu'il s'agit d'un processus au cœur des sciences physiques. Un logiciel de modélisation a été étudié. Nous avons proposé une situation expérimentale de déplacement d'un objet sur un plan incliné à des élèves de collèges et lycée. Chaque élève réalise cette expérience avec deux types de dispositifs : un des logiciels et des objets « réels ». Cet article présente une partie des résultats obtenus à ces deux études.

Avec le logiciel, nous avons constaté que l'ordre d'utilisation du logiciel influence les réponses des élèves (logiciel en premier ou en second). Toutefois, cela n'est pas valable pour toutes les questions et dépend du niveau scolaire.

Peu de différences apparaissent quand la question posée concerne la connaissance (expliquer le mouvement). Cependant, les réponses diffèrent dans le cas des manipulations (faire en sorte que l'objet puisse déplacer). En effet, les actions des élèves sont plus précises avec le logiciel (augmenter l'angle, augmenter la force, modifier la masse, etc.) qu'avec les objets (description des manipulations, des constats, conceptualisation de la situation, etc.). Ceci semble cohérent par rapport au dispositif de la recherche. Les questions de connaissances sont moins influencées par le matériel à disposition des élèves que les questions impliquant une action directe sur le matériel.

L'utilisation préalable du logiciel ne semble pas avoir le même effet sur les élèves de section scientifique et sur les élèves de collège et seconde. La plupart des élèves de section scientifique fournissent des descriptions plus riches (précises et évoquant les concepts et les principes de la physique) lorsqu'ils ont préalablement utilisé le logiciel et qu'ils doivent réaliser une action. Ce résultat peut être expliqué par la maîtrise du système de formalisation implanté dans le logiciel. Il semble ainsi que lorsque les élèves maîtrisent préalablement le système de formalisation implanté dans le logiciel, l'utilisation du logiciel les incite à faire usage de ce système, ce qu'ils font moins lorsqu'ils sont confrontés d'emblée avec le matériel. En somme, pour ces élèves déjà avancés dans l'apprentissage de la physique, l'usage du logiciel leur permet de mobiliser leurs connaissances pour appréhender les situations expérimentales. Pour les autres élèves, le système formel qu'ils sont invités à utiliser ne leur permet pas de modifier leur description des phénomènes.

La comparaison des conduites des élèves avec les deux types de dispositifs met en évidence la nécessité d'une mise en relation entre les aspects de la réalité, leur conceptualisation et les représentations symboliques de celles-ci. L'apprentissage de la physique repose de fait sur ce type de mise en relation. L'usage des logiciels peut faciliter ces mises en relation, à condition qu'il intervienne conjointement avec la réalisation concrète d'expériences surtout pour les élèves de collège qui ne maîtrisent pas encore les outils de formalisation. Nous avons vu l'intérêt d'accompagner l'utilisation de logiciel éducatif dans l'enseignement de la physique d'expériences sur les objets « réels ». En ce qui concerne les élèves de collège et seconde, ces expériences semblent plus favorables lorsqu'elles sont réalisées avant l'utilisation du logiciel.

5. Bibliographie

Baron, G.-L., L'informatique en éducation : le cas de la France. Note de synthèse. *Revue Française de Pédagogie*, 92, 1990, p.57-77.

- Baron G. L., de La Passardière B., "Médias, multi et hypermédias pour l'apprentissage : points de repères sur l'émergence d'une communauté scientifique", *Actes de premières journées scientifiques*, 24-25 septembre 1991, MASI et INRP.
- Baron G.-L., Bruillard E., *l'informatique et ses usagers dans l'éducation*, Paris, PUF, 1996.
- Beaufils D., Durey A., Bouroulet R., Milot M.-C., Journeaux R., Richoux B., De nouveaux outils supports de modélisation et de simulation : interactive – physique et Stella, *Huitièmes Journées nationales informatique et pédagogie des sciences physiques*, UDP-INRP, 1998, pp. 75-84.
- Bulletin Officiel de l'Education Nationale. Programmes de la classe de seconde générale et technologique applicables à la rentrée de l'année scolaire 1999-2000 et à la rentrée de l'année scolaire 2000-2001. N° hors série du 12 août 1999.
- Buty C., *Étude d'un apprentissage dans une séquence d'enseignement en optique géométrique à l'aide d'une modélisation informatique*, thèse, Lyon 2, 2000.
- Depover Ch., Giardina M., Marton Ph., *Les environnements d'apprentissage multimédia : analyse et conception*, Paris, L'Harmattan (Education et formation), 1998.
- Dimitracopoulou A., Komis V., Apostolopoulos P., Politis P., Design principles of new modelling environment for young students, supporting various types of reasoning and interdisciplinary approaches, in S. Lajoie & M. Vivet (Eds), *Artificial Intelligence In Education, Open Learning Environments: New Computational Technologies to Support Learning Exploration and Collaboration, Proceedings 9th International Conference on Artificial Intelligence in Education*, Le Mans, France, IOS Press, 1999, p. 109-120.
- Durey A., L'intégration des outils informatiques dans les programmes d'enseignement des sciences physiques, *Septièmes Journées nationales informatique et pédagogie des sciences physiques*, UDP-INRP, 1996, p. 99-104.
- Durey A. & Beaufils D., L'ordinateur dans l'enseignement des sciences physiques : Questions de didactique, *Huitièmes Journées nationales informatique et pédagogie des sciences physiques*, UDP-INRP, 1998, p. 63-74.
- Frising F. & Cardinael G., L'aide informatique aux travaux pratiques de physique : avant, pendant et après la manipulation, *Huitièmes Journées nationales informatique et pédagogie des sciences physiques*, UDP-INRP, 1998, p. 115-120.
- Komis V., Dimitracopoulou A., Politis P., Contribution à la conception et au développement d'un environnement de modélisation, in J.-F. Rouet et D. De La Pasardière (Eds), *Quatrième colloque Hypermédias et Apprentissage*, Poitiers, 15-17 Octobre, Edition INRP, 1998, p. 263-268.
- Komis V., Dimitracopoulou A., Politis P., Avouris N., Expérimentations sur l'utilisation d'un logiciel de modélisation par petits groupes d'élèves, *Sciences et techniques éducatives*, 8, 1-2, 2001, p.75-86.
- Lemeignan G., Weil-Barais A., *Construire des concepts en physique; l'enseignement de la mécanique*, Paris: Hachette, 1993.

- Moreira A., Didactique et hypermédias en situation de résolution de problème : principes de conception des didacticiels hypermédias, *Actes de premières journées scientifiques, 24-25 septembre 1991*, MASI et INRP.
- Nonnon P., Intégration du réel et du virtuel en science expérimentale, *Huitièmes Journées nationales informatique et pédagogie des sciences physiques*, UDP-INRP, 1998, p. 133-138.
- Séjourné A., Tiberghien A., Conception d'un hypermédia en physique et étude des activités des élèves du point de vue de l'apprentissage. Dans E. de Vries, J.-P. Pernin, & J.-P. Peyrin (Eds.), *Actes du Cinquième Colloque Hypermédias et Apprentissages*, 2001, (pp. 103-118). Paris : INRP, EPI.
- Smyrnaïou Z., Weil-Barais A., « La modélisation : l'apport des logiciels éducatifs ». In 7^e Biennale Internationale de l'éducation et de la formation, « *débats sur les recherches et les innovations* », Lyon, 14-17 Avril 2004.
- Teodoro V.D., Modellus: Using a Computational Tool to Change the Teaching and Learning of Mathematics and Science, Paper presented at the UNESCO Colloquium "New Technologies and the Role of the Teacher" Open University, Milton Keynes, UK, 26-29 April 1997.
- Tiberghien A., Modeling as a basis for analyzing teaching-learning situations, *Learning and Instruction*, vol. 4, p. 71-87, 1994.
- Viennot L., *Le raisonnement spontané en dynamique élémentaire*, Hermann, Paris, 1979.
- Viennot L., *Raisonnement en physique (la part du sens commun)*, Paris, Bruxelles, De Boeck Université, 1996.
- Vince J., *Approches phénoménologique et linguistique des connaissances des élèves de Seconde sur le son, Contribution à l'élaboration et l'analyse d'un enseignement et au développement d'un logiciel de simulation*, Thèse nouveau régime, Lyon 2, 2000.

6. Annexe 1: questionnaire avec " la physique par l'image "

7.1. Avec les objets

1. Pourrais-tu faire en sorte que la pièce de monnaie placée sur la surface en papier se mette en mouvement sans que tu aies à la toucher ? Pourrais-tu décrire ce que tu as fait ?
2. Quelles connaissances as-tu qui te permettent d'expliquer la mise en mouvement de la pièce ?
3. Est-ce que tu peux décrire ou qualifier le mouvement ?
4. Quels sont les types de mouvements que tu connais ? (choix)
5. Pourrais-tu faire en sorte que la pièce se déplace plus vite ? Pourrais-tu décrire ce que tu as fait ?
6. Comment tu pourrais faire pour que la pièce se déplace le plus vite possible? Pourrais-tu décrire ce que tu as fait ?

7. Est-ce que tu peux faire en sorte que la pièce de monnaie est immobile sur la surface de papier inclinée sans que tu aies nécessaire de la coller ? Quelles connaissances as-tu qui te permettent d'expliquer l'immobilité de la pièce sur la surface inclinée?
8. On va maintenant utiliser une pièce de monnaie plus grande, si je compare les deux, laquelle va arriver le plus vite sur la table? Explique-moi pourquoi tu penses cela.
9. Pourrais-tu imaginer sur quelle surface la pièce de monnaie se déplace le plus vite ? Pourrais-tu justifier ta proposition ?

7.2. Avec le logiciel

1. Pourrais-tu imaginer ce que l'image représente ?
2. Pourrais-tu imaginer ce que les symboles m , F_{ext} , μ , a représentent?
3. Pourrais-tu imaginer ce que l'image représente ? ($a=0^\circ$)
4. Pourrais-tu faire en sorte que l'image de l'objet parallélogramme puisse se déplacer? Pourrais-tu décrire ce que tu as fait ?
5. Quelles connaissances as-tu qui te permettent d'expliquer la mise en mouvement de l'image de l'objet parallélogramme ?
6. Est-ce que tu peux décrire ou qualifier le mouvement ?
7. Quels sont les types de mouvements que tu connais ? (choix)
8. Pourrais-tu faire en sorte que l'image de l'objet parallélogramme se déplace plus vite? Pourrais-tu décrire ce que tu as fait ?
9. Comment tu pourrais faire pour que l'image de l'objet parallélogramme se déplace le plus vite possible? Pourrais-tu décrire ce que tu as fait ?
10. Est-ce que tu peux faire en sorte que l'image de l'objet parallélogramme est immobile sur l'image ... inclinée ? Quelles connaissances as-tu qui te permettent d'expliquer l'immobilité de l'image de l'objet parallélogramme sur l'image ... inclinée ?