

## **Reports of innovations**

### **Évaluation cognitive d'un logiciel de modélisation auprès d'élèves de collège**

**A Cognitive Analysis of Simulation Software  
Used by 13-15 Year Old Pupils**

**Kognitive Evaluation  
einer Modellierungssoftware  
bei Schülern der Mittelstufe (collège)**

**Evaluación cognitiva  
de un software de modelización  
en alumnos del primer ciclo francés**

**Zacharoula SMYRNAIOU**

Université de Thessaly, 382 21 Bolos, Grèce,  
zacharoula@yahoo.fr

**Annick WEIL-BARAIS**

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

---

(1) L'étude présentée dans cet article a été réalisée dans le cadre d'un programme européen de recherche (*School tomorrow project*, IST-2000-25385 "*ModellingSpace*") piloté par A. Dimitracopoulou de l'université d'Égée. L'ensemble du travail a donné lieu à une thèse soutenue à l'université Paris 5 en 2003.

## Résumé

L'étude présentée concerne l'évaluation cognitive d'un logiciel (*ModellingSpace*) destiné à l'enseignement des sciences. L'évaluation porte sur les fonctions de représentation des relations entre grandeurs physiques, dans le contexte particulier de l'étude de la chute d'un corps sur un plan incliné. L'impact de l'utilisation du logiciel est évalué en comparant les réponses de deux groupes d'élèves de collège (4<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup>) abordant l'expérience avant ou après avoir utilisé le logiciel. Il apparaît que l'usage du logiciel peut faciliter les mises en relation entre les aspects de la réalité, leur conceptualisation et les représentations symboliques de celles-ci, à condition qu'il intervienne conjointement avec la réalisation concrète d'une expérience.

**Mots-clés** : évaluation cognitive, logiciel éducatif, représentation, modélisation sciences physiques.

## Abstract

*This study concerns the learning of sciences using the "ModellingSpace" computer programme and its associated technology-based learning environment. Based upon a case study of object displacement on an inclined plane, it takes a look at how pupils view the various physical scales offered by the objects used. Comparison of the results produced by two groups of 13-15 year olds was used to determine the impact of the software. The first group was asked to initiate the learning process using the technology-based learning environment and then follow up with the objects; the other group was asked to go from object to software. The study shows that software can facilitate pupil comparisons of the different aspects of reality, its understanding and its symbolic notation provided that the software itself intervenes in conjunction with real experiments.*

**Key words:** cognitive analysis, educational software, physical sciences, representation, modelling or simulation, technology based learning environment.

## Zusammenfassung

*Die vorgestellte Untersuchung betrifft die kognitive Evaluation einer Software (*ModellingSpace*), die für den Unterricht der wissenschaftlichen Fächer bestimmt ist. Die Evaluation bezieht sich auf die Funktionen zur Darstellung der Beziehungen zwischen physikalischen Größen, im besonderen Kontext der Untersuchung des Falls eines Gegenstands auf einer schiefen Ebene. Die Auswirkung der Benutzung der Software wird bewertet, indem die Antworten von zwei Gruppen von Schülern der 8. und der 9. Klasse miteinander verglichen werden. Eine Gruppe von Schülern ging an das Experiment heran, bevor sie die Software benutzte und die andere erst nachdem sie die*

*Software benutzt hatte. Es stellt sich heraus, dass die Anwendung der Software die Vergleiche erleichtern kann, die zwischen den verschiedenen Aspekten der Realität, ihrer Konzeptualisierung und ihren symbolischen Darstellungen gemacht werden können, vorausgesetzt, dass die Software gleichzeitig mit der konkreten Realisierung eines Experiments benutzt wird.*

**Schlüsselwörter:** kognitive Evaluation, Lernsoftware, Darstellung, Modellisierung, Physik.

## **Resumen**

*El estudio presentado tiene por objeto la evaluación cognitiva de un software (Modelling Space) destinado a la enseñanza de las ciencias. La evaluación trata de las funciones de representación de las relaciones entre medidas de ciencias físicas en el contexto particular del estudio de la caída de un cuerpo sobre un plano inclinado. El impacto de la utilización del software se ha evaluado comparando las respuestas de dos grupos de alumnos del primer ciclo francés (2º y 3º de la ESO) que abordan dicho experimento antes o después de haber utilizado el software. Resulta que el uso del software puede facilitar la puesta en relación entre los aspectos de la realidad, su conceptualización y las representaciones simbólicas de esta última, con la condición de que intervenga al mismo tiempo que la realización concreta del experimento.*

**Palabras clave :** Evaluación cognitiva, software educativo, representación, modelización, ciencias físicas.

## **INTRODUCTION**

Ces dernières années, on a vu apparaître un certain nombre de logiciels destinés à l'enseignement de la physique présentés par leurs auteurs comme des outils d'apprentissage des démarches de modélisation (*Modellus, DMS, Stella, Interactive physique, boxer, ModelsCreator*, etc.). L'évolution des nouvelles technologies de l'information et de la communication (NTIC) permet en effet de construire aisément des représentations de différente nature et de construire des systèmes où les utilisateurs peuvent être les acteurs de leur construction. L'usage de tels systèmes est souvent jugé a priori bénéfique aux élèves au plan de leurs apprentissages. Une telle position s'appuie sur deux présupposés : (1) la conceptualisation des situations découle des actions et des perceptions des élèves, (2) l'élève fait spontanément le lien entre les représentations et le monde des objets. Or de tels présupposés sont loin d'être étayés au plan psychologique. C'est pourquoi il est nécessaire de conduire des études permettant d'évaluer ce qu'apportent réellement, au plan cognitif, les logiciels éducatifs en considérant l'ensemble du système didactique (les élèves, les professeurs et les outils) (Chaptal, 1999).

Dans l'étude présentée ici, c'est le registre cognitif qui a été privilégié et non pas les registres didactique et pédagogique. En effet, il nous semble que tant qu'on n'a pas pu définir ce que des élèves peuvent apprendre avec un outil dans un contexte favorable, il est prématuré de se préoccuper des conditions didactiques de son usage dans des contextes de classes. Des études sont nécessaires avant de prôner l'utilisation de nouveaux outils afin d'en bien cerner l'intérêt et les limites (Legros & Crinon, 2002) Nous avons fait le choix de centrer l'évaluation cognitive sur un logiciel (*ModellingSpace*) offrant à l'élève la possibilité d'utiliser différents systèmes de représentation ; nous avons pu montrer qu'il était plus accessible à des élèves de collège qu'un logiciel comme « Physique par l'image » qui suppose la maîtrise de l'algèbre (Smyrnaïou, 2003).

Nous présenterons en premier lieu le logiciel, puis la méthode d'évaluation mise en place et enfin les données de l'évaluation..

## 1 LE LOGICIEL MODELLINGSPACE

*ModellingSpace* est un logiciel, à l'état de prototype au moment où l'étude a été conduite (Dimitracopoulou, Komis, Apostolopoulos & Politis, 1999 ; Komis, Dimitracopoulou, Politis & Avouris, 2001), conçu pour familiariser les élèves avec les démarches de modélisation. Pour les auteurs du logiciel, un modèle est une représentation rendant compte des transformations des systèmes : elle spécifie les entités qui constituent les systèmes et les relations entre des descripteurs de ces entités.

### 1.1 Les fonctions du logiciel

Le système propose (cf. Figure 1) :

- des entités représentées soit de manière figurative (des dessins, des photos, des films) soit de manière arbitraires (des formes géométriques dont l'utilisateur peut modifier la couleur, la taille, l'épaisseur du trait...), à gauche de l'écran ;
- des descripteurs (qualitatif, ordinal ou numérique) associé à chaque entité - en dessous de chaque entité ;
- des relations (sémantiques, logiques, semi-quantitatives, quantitatives) - à droite de l'écran.

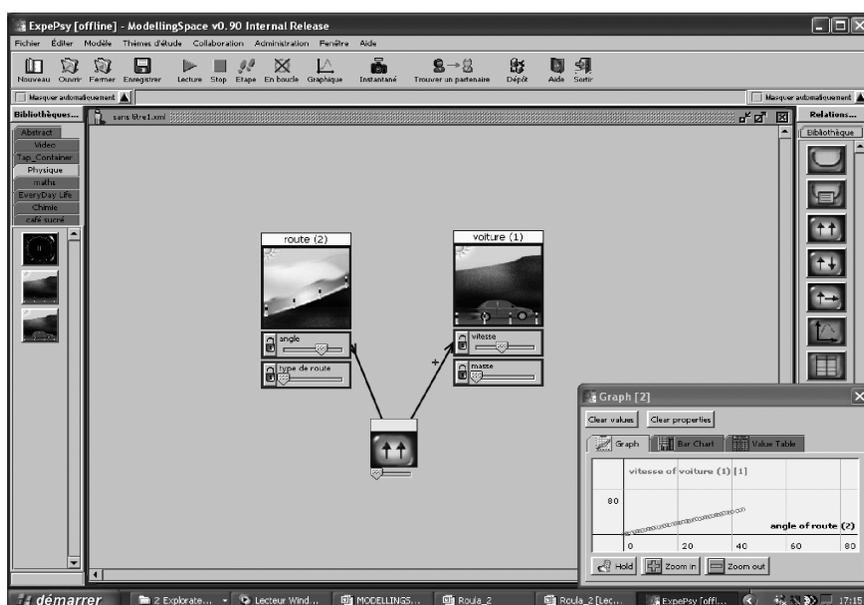


Figure 1 • Exemple de simulation

Une fois les relations spécifiées, s'il s'agit de relations quantitatives ou semi-quantitatives, l'utilisateur peut faire fonctionner le modèle, ce qui se traduit à l'écran par une transformation des entités en adéquation avec la relation qui est spécifiée. Plusieurs modèles peuvent être construits et fonctionner en même temps. Le système permet de modifier les modèles, de les enregistrer, de les construire à plusieurs dans des contextes de communication à distance via internet. Les partenaires peuvent échanger des messages écrits dans un espace de discussion mais aussi échanger des modèles dans l'espace d'activité. Le système offre en outre des outils d'analyse des échanges entre les interlocuteurs (Avouris, Dimitracopoulou & Komis, 2001; Fidas, Komis & Avouris, 2001) Précisons que le système est très ouvert puisqu'il permet de construire de nouvelles entités ou d'en importer. On peut aussi décider de limiter les choix possibles d'entités et de relations pour un usage didactique déterminé. La description détaillée du logiciel est accessible sur le site suivant : [www.modellingspace.com](http://www.modellingspace.com)

## 2.2 La fonction de représentation

Nous présentons plus en détail une des fonctionnalités du logiciel qui a fait l'objet de l'évaluation présentée ici : l'utilisation de différents systèmes sémiotiques.

Une relation peut être exprimée de différentes manières : une expression verbale, un codage graphique avec des flèches de taille variable (par

exemple,  $\uparrow\uparrow$  signifie la co-variation de deux descripteurs), une expression logique, une expression mathématique, un graphe ou un tableau de mesures (cf. figure 1). Il est ainsi possible de construire plusieurs modèles et d'examiner simultanément leur fonctionnement (Komis, Dimitracopoulou & Politis, 1998 ; Politis, Komis & Dimitracopoulou, 2001). En comparant les transformations des entités (représentées de manière figurative par des images dynamiques) associées à diverses expressions des relations, il est possible d'appréhender la compatibilité ou l'incompatibilité des expressions relationnelles.

Par exemple, la figure 2 présente deux modèles de la même situation, l'un établissant une relation semi-quantitative de co-variation et l'autre une relation quantitative de type « relation linéaire » (proportionnalité). La première relation étant posée, on peut examiner comment les élèves l'expriment mathématiquement et s'ils modifient la relation au vu des différences de fonctionnement du modèle.

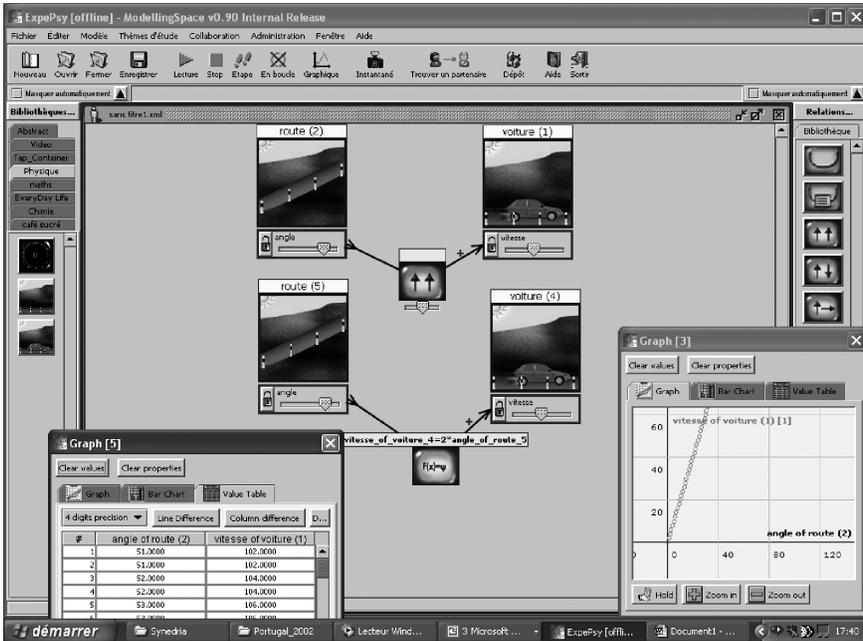


Figure 2 • Deux modèles qui représentent la même situation

Cette possibilité de jouer avec différentes formalisations des relations et de les comparer nous semble tout à fait importante dans le cas des apprentissages scientifiques nécessitant l'appréhension de relations formelles. De nombreuses études montrent en effet qu'elles sont d'un abord très difficile pour les élèves (Cuoco, 1994 ; Kaput, 1987 ; Goldin, 1987 ; janvier, 1987 ; Lesh *et al.* 1987 ; Moschkovich *et al.* 1993 ; Monk, 1992). En effet, Il

semble maintenant acquis que la construction du sens de systèmes symboliques nouveaux pour les élèves procède cognitivement d'une mise en relation de représentations familières et de représentations nouvelles (Duval, 1988 ; Weil-Barais & Lemeignan, 1989 ; Weil-Barais & Lemeignan, 1990 ; Lemeignan et Weil-Barais, 1993 ; Lemeignan et Weil-Barais, 1994). Rappelons que la maîtrise des significations que véhiculent les différents systèmes sémiotiques inventés par les cultures pour exprimer des relations entre entités et grandeurs constitue un enjeu fondamental de l'éducation scientifique. Les jeux de traduction des relations entre variables décrivant les entités que le logiciel permet paraissent donc essentiels dans une perspective d'apprentissage des sciences.

## 2 L'ÉVALUATION DU LOGICIEL

Partant de l'analyse selon laquelle le logiciel ModellingSpace pourrait faciliter une approche relationnelle des phénomènes physiques, l'évaluation qui en a été faite est centrée sur cet aspect. L'expérience que nous avons considérée est celle de la chute d'un corps sur un plan incliné. Cette situation a été choisie parce que tout en étant familière, aux niveaux scolaires considérés, les élèves ne disposent pas de modèle physique adéquat. Cette situation ayant par ailleurs fait l'objet d'études en didactique, nous disposons d'un répertoire de réponses possibles de la part des élèves et d'interprétations de leurs erreurs (Chi, Feltovitch & Glaser, 1981 ; Lemeignan & Weil-Barais, 1993 ; Dumas-Carré & Caillot, 1987 ; Dumas-Carré & Caillot, 1993 ; Dumas-Carré & Goffard, 1997 ).

### 2.1 Hypothèse

Compte tenu des fonctionnalités du logiciel concernant l'expression des modèles, on peut s'attendre à ce que les élèves utilisant le logiciel aient une approche différente de la situation physique. Entraînés à formaliser les entités constitutives du système en termes de grandeurs et de relations entre grandeurs, ils devraient rendre compte des transformations du système physiques d'une autre manière que les élèves n'ayant qu'une expérience pratique de la situation physique.

### 2.2 Méthode

De façon à pouvoir apprécier l'impact de l'utilisation du logiciel, les élèves ont été interrogés d'une part, dans le contexte de la réalisation matérielle de l'expérience et, d'autre part, dans le contexte de l'utilisation du logiciel. La moitié des enfants a d'abord été interrogée dans le contexte matériel

puis dans le contexte logiciel ; pour l'autre moitié c'est l'ordre inverse qui a été choisi. Cette méthode permet de comparer le traitement que font les élèves de la situation physique selon qu'ils ont ou non utilisé le logiciel. De même, ceci rend possible la comparaison de l'usage du logiciel selon l'existence d'un travail préalable avec des objets matériels.

Les élèves ont été vus individuellement, en dehors de la classe, dans une salle qui nous était réservée ; ils étaient informés qu'ils participaient à une étude concernant un logiciel pour l'enseignement des sciences, qu'ils ne seraient pas notés et que leurs réponses resteraient anonymes. Le statut d'étudiante et d'étrangère de la personne qui menait les entretiens a contribué à créer un climat de collaboration propice à l'expression des élèves. Les deux phases de questionnement (logiciel puis expérience ou l'inverse) leur étaient annoncées. Au cours de l'entretien, un même ensemble de questions était posé aux élèves, toujours dans le même ordre.

Les entretiens étaient enregistrés au moyen d'un magnétophone et ont fait l'objet d'une transcription intégrale. La durée de chaque entretien était de 30 à 40 minutes.

## **2.3 La situation-problème**

Le problème proposé aux élèves est le suivant : « Une voiture sans moteur roule sur une route qui peut avoir une pente plus ou moins forte ». Un ensemble de questions sont posées aux élèves visant à les amener à s'intéresser aux relations entre la vitesse et la masse, la vitesse et l'angle de la route, la vitesse et le type de la route, la vitesse et le temps du déplacement.

### **2.3.1 Le contexte matériel**

Chaque élève réalise une expérience concernant le déplacement d'un objet sur un plan incliné en manipulant les objets mis à sa disposition (des voitures de différentes tailles et des supports variés). L'expérimentateur demande aux élèves de décrire et d'expliquer leurs manipulations afin de comprendre comment ils conceptualisent les situations. Les questions posées sont les suivantes :

- Pourrais-tu faire en sorte que la voiture en plastique placée sur la surface de papier se mette en mouvement sans que tu aies à la toucher ? Pourquoi fais-tu comme cela ?
- Quels sont les facteurs qui ont un effet sur la vitesse de la voiture ?
- Sur quelle surface la voiture se déplace le plus vite ? Explique ta réponse.

– Une voiture roule sur un plan incliné. Imagine qu'une seconde voiture, plus grande cette fois, se déplace sur le même plan. Quelle est la voiture qui descendra le plus vite ? Explique ta réponse.

– Peux-tu dire quelle est la relation entre la vitesse du véhicule et la durée du déplacement?

Les termes et les expressions utilisées dans ces questions font partie du répertoire langagier des élèves interrogés. Nous avons évité d'utiliser des concepts physiques non encore maîtrisés par les élèves (masse, accélération, etc.).

### 2.3.2 Les informations présentées aux élèves avec ModellingSpace

L'écran de l'ordinateur présente l'image d'une voiture conçue comme une entité. On peut la décrire par sa masse et sa vitesse (c'est ce que ModellingSpace appelle des propriétés). Ces propriétés peuvent être modifiées. La modification de la masse est représentée par trois voitures de taille différentes. La modification de la vitesse est représentée par une augmentation du flou à l'arrière de la voiture comme on peut la constater sur les images reproduites dans la figure 3.



Figure 3 • La représentation de la modification de la masse et de la vitesse

La seconde entité est une route qui a deux propriétés : l'angle d'inclinaison et le type de route (cela correspond pour nous au coefficient de frottement, mais nous n'avons pas utilisé cette dénomination parce qu'elle est inconnue des élèves de collège concernés par l'étude). L'angle peut prendre différentes valeurs : la route peut être horizontale ou inclinée. La route peut être verglacée, mouillée, en béton ou en terre. Ces images correspondent à notre représentation du coefficient de frottement qui est minimal (zéro) dans le cas de route verglacée, maximal pour la route en terre ; les deux autres routes (mouillée et béton) correspondent à des valeurs intermédiaires (cf. figure 4).

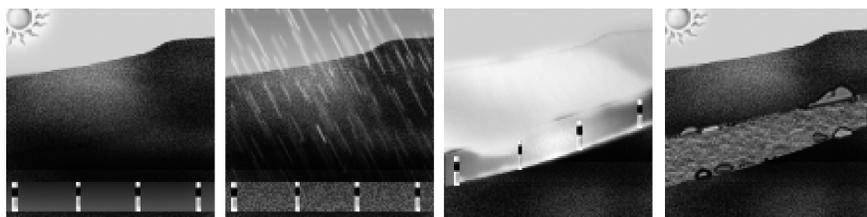


Figure 4 • **La représentation de la modification du coefficient de frottement et de l'angle d'inclinaison**

Sur l'écran apparaît également l'image d'une horloge qui représente le temps nécessaire pour le déplacement de la voiture, qui a statut de variable dépendante par rapport aux entités qui ont statut de facteurs causaux.

L'expérimentateur ayant formalisé successivement à l'aide des outils décrits précédemment (entités et propriétés) les différentes relations semi-quantitatives (entre la masse et la vitesse, entre le type de route et la vitesse, entre la pente de la route et la vitesse du véhicule), les élèves sont invités à regarder à l'écran les images dynamiques qui correspondent à ces formalisations et à répondre à des questions du type : « d'après ce que tu as vu, peux-tu dire quelle est la relation entre la vitesse du véhicule et la pente de la route ? ». Dans un second temps, ils doivent choisir, parmi un ensemble de relations, celle qui convient le mieux et justifier leur réponse.

## 2.4 Population

Ce sont 26 élèves de collège fréquentant quatre classes de 4<sup>e</sup> (13-14 ans) et de 3<sup>e</sup> (14-15 ans) situées en région parisienne qui ont participé à l'étude. Les élèves ont été recrutés sur la base du volontariat.

## 3 RÉSULTATS

Les réponses des élèves ont été analysées en fonction du type de questions qui leur étaient posées. Dans le cadre de cet article, nous présenterons uniquement les données qui concernent l'appréhension d'une relation, celle entre l'inclinaison du support et la vitesse. Cette relation a été choisie car elle illustre parfaitement à la fois la méthode d'analyse employée et les résultats d'ensemble que nous avons obtenus. Nous présentons successivement les réponses des élèves dans le contexte de l'utilisation du logiciel, puis dans le contexte de l'utilisation des objets matériels.

### 3.1 Dans le contexte logiciel

#### 3.1.1 L'appréhension de la relation

Lorsque les élèves ont vu les images dynamiques traduisant la relation entre la pente de la route et la vitesse du véhicule, la majorité des élèves (20 sur 26) affirment que la voiture va plus vite. Cependant, ils n'expriment pas la relation de co-variation entre la pente et la vitesse. Quatre élèves affirment que la voiture va moins vite, faisant ainsi une erreur d'interprétation des images, et deux ne se prononcent pas sur la vitesse mais sur l'état de la route ou évoquent l'accélération. Ainsi, contrairement aux attentes, les élèves n'expriment pas spontanément de relation entre les grandeurs.

#### 3.1.2 Expression symbolique de la relation

Quand on leur demande de choisir l'expression symbolique la plus appropriée, la majorité des élèves (17/26) choisissent la relation qui exprime la co-variation ( $\uparrow\uparrow$ ). Toutefois d'autres réponses apparaissent, souvent multiples (cf. tableau 1). On n'observe pas de différences notables entre les élèves de 4<sup>e</sup> et ceux de 3<sup>e</sup>.

|           | 1 <sup>re</sup><br>relation<br>( $\uparrow\uparrow$ ) | 2 <sup>e</sup><br>relation<br>( $\uparrow\downarrow$ ) | 2 <sup>e</sup> 3 <sup>e</sup><br>relation<br>( $\uparrow\downarrow$ )( $\uparrow$ -) | 1 <sup>re</sup> 2 <sup>e</sup> 3 <sup>e</sup><br>relation<br>( $\uparrow\uparrow$ )( $\uparrow\downarrow$ )( $\uparrow$ -) | 4 <sup>e</sup><br>relation<br>( $\uparrow\uparrow$ ) | Pas de<br>relation | Total |
|-----------|---|--|--|--|--|--------------------|-------|
| quatrième | 8   | 3  | 1  | 0  | 0  | 0                  | 12    |
| troisième | 9   | 2  | 0  | 1  | 1  | 1                  | 14    |
| Total     | 17  | 5  | 1  | 1  | 1  | 1                  | 26    |

Tableau 1 • La relation entre la vitesse du véhicule et l'inclinaison du plan

#### 3.1.3 Justifications

Les justifications verbales des élèves sont de différentes natures. Elles sont commentées successivement et leur répartition est présentée dans le tableau 2.

- **Expressions d'une co-variation (COVA) ou d'une contra-variation (CONTRA)**

Par exemple, une élève de quatrième dit : « ...la pente, elle augmente et la voiture, elle va plus vite » (COVA). Les élèves qui choisissent la relation de co-variation utilisent des formes linguistiques appropriées. Les élèves qui ne produisent pas au plan langagier ces expressions relationnelles font des choix de relations semi-quantitatives erronées ou multiples, ce qui traduit leur

embarras. Une réponse erronée peut venir aussi du fait que les images dynamiques ne sont pas perçues comme les concepteurs de ces images s'y attendent. Par exemple, un élève de quatrième mentionne : « *plus la pente monte plus la vitesse de la voiture diminue* ». Une autre élève de troisième explique que « *plus la voiture, elle descend, plus la route elle monte* ». Ces élèves sont ainsi amenés à choisir la 2<sup>e</sup> relation exprimant la contra-variation.

De telles observations mettent l'accent sur l'importance de l'appréhension des relations en langage naturel. L'hypothèse qu'on peut avancer est que si l'élève n'est pas capable d'appréhender des transformations de manière relationnelle au plan du langage naturel, il est incapable de le faire avec des représentations formelles.

- **Évocation de propriétés ou de concepts (POBJ)**

C'est le cas lorsque l'élève n'évoque qu'une des propriétés de l'objet ; par exemple : « ... *elle est plus rapide* », « *la voiture accélère quand c'est en pente...* »

- **Description séquentielle (DESC)**

Certains élèves décrivent le mouvement quand la voiture monte et quand elle descend, comme si les deux éléments de l'image et de l'icône représentaient des états successifs du mouvement. Par exemple un élève de troisième affirme : « *la voiture descend, elle va plus vite et quand elle monte, elle va moins vite* ». Une autre indique que « *la route monte (↑) et la voiture ralentit (↓), reste au même point* » et elle choisit la deuxième relation (↑↓). On retrouve là une stratégie de lecture séquentielle des images et des icônes déjà décrite par d'autres auteurs ; elle constitue un obstacle à une approche variationnelle des relations (Baillé et Maury, 1993 ; janvier, 1998).

La comparaison des justifications données selon que le logiciel a été utilisé avant ou après l'expérimentation avec les objets (cf. tableau 2) met en évidence que l'usage des expressions variationnelles est plus important lorsque les élèves ont au préalable expérimenté avec les objets. Le traitement séquentiel des images et des icônes sont peu fréquents (4 élèves sur 26) mais ils concernent surtout les élèves ayant utilisé le logiciel sans avoir expérimenté au préalable.

Ces résultats montrent que les élèves ne sont que la moitié à traiter de façon adéquate les informations présentées à l'écran de l'ordinateur et qu'ils sont plus nombreux à le faire lorsqu'ils ont pu au préalable manipuler les objets représentés à l'écran de l'ordinateur.

|                                 | <i>Modelling Space</i><br>(utilisé en premier) |                | <i>Modelling Space</i><br>(utilisé en second) |                | Nb d'élèves     |
|---------------------------------|--|----------------|---|----------------|-----------------|
|                                 | 4 <sup>e</sup>                                 | 3 <sup>e</sup> | 4 <sup>e</sup>                                | 3 <sup>e</sup> |                 |
| Co-variation (COVA)             | 1  | 2              | 4   | 6              | 13              |
| Co-variation inverse (CONTRA)   | 1  | 1              | 0   | 1              | 3               |
| Propriétés des objets (POBJ)    | 1  | 4              | 3   | 0              | 8               |
| Description séquentielle (DESC) | 3  | 0              | 0   | 1              | 4               |
| Autres réponses                 | 1  | 1              | 0   | 1              | 3               |
| Nombre d'élèves                 | 6  | 7              | 6   | 7              | 26 <sup>1</sup> |

Tableau 2 • **Justifications du choix des expressions relationnelles semi-quantitatives entre l'inclinaison et la vitesse en fonction des niveaux scolaires et de l'ordre d'utilisation du logiciel**

## 3.2 Dans le contexte matériel

Lorsque les élèves réalisent l'expérience physiquement, la question suivante leur a été posée : « Quand l'inclinaison du plan augmente, que se passe-t-il pour la vitesse ? (Elle ne change pas, elle augmente, elle diminue) ». Explique ta réponse.

### 3.2.1 Prédications concernant la vitesse

Tous les élèves, sauf un, répondent que quand l'inclinaison du plan augmente, la vitesse augmente aussi. Un seul élève (en quatrième) affirme qu'elle ne change pas : « Bah ! Ça ne change pas ».

### 3.2.2 Explication de la relation entre l'inclinaison et la vitesse

Les arguments avancés par les élèves sont plus diversifiés que dans le contexte logiciel. Ils sont commentés successivement et leur répartition est présentée dans le tableau 3.

– Relation de co-variation (COVA) entre l'inclinaison et la vitesse (plus... plus). Par exemple, un élève de troisième affirme : « *plus l'inclinaison, elle augmente plus la vitesse en descendant va augmenter aussi* » ou de contra-variation (CONTRA) : « *plus l'inclinaison est grande plus... euh, moins la voiture est retenue* ».

(1) Le total de cette colonne est supérieur au nombre total d'élèves car un élève peut donner plusieurs justifications.

– Évocation d'une propriété des objets (la voiture ou le support) assortie d'un terme comparatif du type « plus raide, plus grosse, plus forte » (POBJ). Par exemple, une élève de quatrième répond : « *elle (la vitesse) augmente parce qu'elle est plus raide la....* ».

– Mise en correspondance entre la situation physique et sa représentation à l'écran (CORR). Par exemple, un élève de troisième qui a déjà réalisé l'expérience avec le logiciel répond : « *ben, c'est..., ça revient à la même question que tout à l'heure* ».

– Mobilisation d'un concept physique comme l'accélération, la poussée (CNST). Par exemples : « *bah, la voiture, elle sera toujours poussée vers le bas* », « *ça va plus vite parce que la voiture, donc elle a plus de temps pour accélérer. Il y a plus d'espace pour accélérer* ».

– Constats du type : elle va aller plus vite, les roues tournent plus vite, etc. (CONS). Par exemple : « *elle augmente parce que les roues... euh... ça entraîne... les roues tournent plus vite* » (élève de troisième).

– Expression d'un sentiment de nécessité ou d'évidence du type « *c'est normal, logique ou c'est évident* » (EVID). Par exemple, un élève de quatrième dit : « *je ne sais pas, c'est évident, ça paraît tellement évident* ».

La moitié des élèves (13 sur 26) justifie par un constat leur prédiction relative à la vitesse en fonction de l'inclinaison du plan sur lequel la voiture se déplace. Ceci concerne en particulier les élèves qui n'ont pas encore utilisé le logiciel. Ceux qui ont utilisé préalablement le logiciel ne semblent pas appréhender la situation physique de manière singulière. Ils sont peu à mettre en correspondance spontanément l'expérience faite avec ce qu'ils ont vu préalablement à l'écran.

## 4 DISCUSSION

L'évaluation qui a été conduite s'est appuyée sur une étude préalable des fonctionnalités du logiciel et des activités cognitives qu'elles permettent. C'est ce qui a conduit à focaliser l'évaluation sur l'expression des relations entre grandeurs physiques à la base de la construction des modèles.

L'hypothèse de départ qui a fondé la démarche d'évaluation était que les élèves, incités par le logiciel à formaliser les entités constitutives du système en termes de grandeurs et de relations entre grandeurs, devraient rendre compte des variations observées d'une autre manière que les élèves n'ayant qu'une expérience pratique de la situation physique. L'examen des résultats obtenus conduit à une appréciation nuancée de cette hypothèse. Il apparaît en effet que les explications fournies par les élèves relèvent sensiblement des mêmes catégories, que les élèves aient traité la situation du plan incliné avant ou après l'utilisation du logiciel. Les simples constats prévalent

sur l'approche relationnelle. Rares sont les élèves ayant préalablement utilisé le logiciel qui mettent en relation ce qu'ils ont vu à l'écran de l'ordinateur et l'expérience matérielle. Ceci pourrait expliquer le fait qu'ils n'utilisent pas un mode d'explication que l'utilisation du logiciel tend à induire. Par contre, le fait d'avoir réalisé concrètement l'expérience conduit à une interprétation plus adéquate des représentations visibles à l'écran.

Si l'on compare les explications avancées par les élèves selon qu'ils expérimentent avec les objets et avec le logiciel, il apparaît que l'approche relationnelle variationnelle est beaucoup plus fréquente avec le logiciel qu'avec les objets (13 sur 26 dans le premier cas, contre 4 sur 26 dans le second cas). Cependant, cette approche apparaît surtout lorsque, préalablement à l'utilisation du logiciel, les élèves ont expérimenté avec les objets. Ce résultat plaide en faveur d'un aller et retour entre la pratique expérimentale et l'usage du logiciel, puisque d'une part l'expérimentation avec les objets permet une lecture plus pertinente des représentations apparaissant à l'écran de l'ordinateur et que, d'autre part, le lien n'est pas fait spontanément par les élèves entre le registre des représentations et celui des objets et des phénomènes.

Ces résultats obtenus sur des effectifs réduits d'élèves et pour une seule expérience mériteraient d'être confortés. En effet, ils attirent l'attention sur les bénéfices cognitifs de l'utilisation du logiciel, si elle est précédée d'une activité expérimentale impliquant des objets.

Les résultats obtenus nous confortent dans l'idée que ModellingSpace constitue un bon outil pour faire appréhender aux élèves les transformations des situations en termes relationnels. Toutefois, ils attirent l'attention sur la nécessité de pratiques expérimentales mettant en jeu des objets et des questionnements à leur propos.

La limite du travail présenté tient aux conditions de recueil des données : des entretiens individuels où nous nous sommes interdits d'apporter d'autres informations que celles fournies par les environnements eux-mêmes (matériel et logiciel). Des études ultérieures impliquant des petits collectifs d'élèves permettront de préciser ce que peuvent apporter les interactions entre élèves quant à l'approche relationnelle des situations.

## BIBLIOGRAPHIE

AVOURIS N., DIMITRACOPOULOU A. & KOMIS V. (2001). On analysis of collaborative problem solving: An object-oriented approach, *Int. J. of Interactive Learning Research*.

BAILLE J. & MAURY S. (1993). Les représentations graphiques dans l'enseignement et la formation. *Les Sciences de l'éducation pour l'ère nouvelle*, numéro spécial, 1-3.

- CHAPTAL A. (1999). *La question de l'efficacité des technologies d'information et de communication dans l'enseignement scolaire. Analyse critique et communicationnelle des modèles américains et français*. Thèse, université Paris 10.
- CHI M. T. H., FELTOVICH P. & GLACER R. (1981) : Categorization and representation of physics problems by experts and novices, *Cognitive Sciences*, n° 5, p. 121-152.
- CUOCO A.-A. (1994) : Multiple representations of functions. In J. Kaput & E. Dubinsky, *Research issues in undergraduate mathematics learning*, p. 121-140. Washington : Mathematical Association of America.
- DIMITRACOPOULOU A., KOMIS V., APOSTOLOPOULOS P. & POLITIS P. (1999). Design principles of a new modelling environment for young students, supporting various types of reasoning and interdisciplinary approaches. In S. Lajoie & M. Vivet, *Artificial Intelligence In Education, Open Learning Environments: New Computational Technologies to Support Learning Exploration and Collaboration, Proceedings 9<sup>th</sup> International Conference on Artificial Intelligence in Education*, Le Mans : IOS Press, p. 109-120.
- DUMAS-CARRE A. & CAILLOT M. (1987) : Résolution de problèmes et apprentissage de la physique. In G. Vergnaud, J. Brousseau et M. Hulin : *Didactique et Acquisition des connaissances scientifiques*. Grenoble, La Pensée Sauvage, p. 217-227.
- DUMAS-CARRE A. & CAILLOT M. (1993) : Résolution de problèmes et apprentissage de la physique. In S. Johsua & J.-J. Dupin : *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*. Paris : PUF.
- DUMAS-CARRE A. & GOFFARD M. (1997) : *Rénover les activités de résolution de problèmes en physique*. Paris : Armand Colin / Masson.
- DUVAL R. (1988). Graphiques et équations : l'articulation de deux registres. *Annales de didactique et de sciences cognitives*, vol. 1, p. 235-253.
- FIDAS C., KOMIS V. & AVOURIS N.M. (2001). Design of collaboration-support tools for group problem solving *Proceedings PC HCI 2001*, December 2001, Patras.
- FRANCESCHELLI S. & WEIL-BARAIS A. (1998). La construction d'un modèle en mécanique : analyse des interactions professeur-élèves. In A. Dumas Carré & A. Weil-Barais : *Tutelle et médiation dans l'éducation scientifique*, p. 211-238. Berne : Peter Lang.
- FRANCESCHELLI S. & WEIL-BARAIS A. (1999). Interactions professeur-élèves dans la construction d'un modèle en mécanique. In M. Gilly, J.P. Roux & A. Trognon (Eds.). *Apprendre dans l'interaction : analyse des médiations sémiotiques*, p. 241-257. Nancy : Presses Universitaires de Nancy.
- GOLDIN G. (1987). Cognitive representational systems for mathematical problem solving. In C. Janvier (Ed), *Problems of representation in the teaching and learning of mathematics*. Hillsdale : Lawrence Erlbaum Associates.
- JANVIER C. (1987). Translation processs in mathematics education. In C. Janvier, *Problems of representation in the teaching and learning of mathematics*. Hillsdale : Lawrence Erlbaum Associates.
- JANVIER C. (1998). Développer différents modes de représentations symboliques d'une relation entre grandeurs. In A. Dumas Carré & A. Weil-Barais. *Tutelle et médiation dans l'éducation scientifique*, p. 79-103. Berne : Peter Lang.
- KAPUT J. (1987). Transforming algebra from an engine of inequity to an engine of mathematical power by "algebrafying" the K-12. *Proceedings of the 17<sup>th</sup> national council of teacher of mathematics*.
- KOMIS V. & MICHAELIDES P. (1996). « Logiques d'usage et enseignement des nouvelles technologies à l'école élémentaire », *E.P.I. (Enseignement Public et Informatique)* n° 84, p. 157-170.
- KOMIS V., DIMITRACOPOULOU A. & POLITIS P. (1998). 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 : INRP, p. 263-268.

- KOMIS V., DIMITRACOPOULOU A., POLITIS P. & AVOURIS N. (2001). Expérimentations sur l'utilisation d'un logiciel de modélisation par petits groupes d'élèves. *Sciences et techniques éducatives*, vol. 8, n° 1-2, p. 75-86.
- KULIK J.A. (1994). Meta-analytic studies of findings on computer-based instruction. In E. Baker & H. O'Neil, *Technology Assessment in Education and Training*. Hillsdale, NJ : Lawrence Erlbaum Associates.
- LEGROS D. & CRINON J. (2002). *Psychologie des apprentissages et multimédia*. Paris : Armand Colin.
- LEMEIGNAN G. & WEIL-BARAIS A. (1990). *L'apprentissage de la modélisation dans l'enseignement de l'énergie*. Rapport de fin de contrat LIREST- INRP, Enseignement et apprentissage de la modélisation.
- LEMEIGNAN G. & WEIL-BARAIS A. (1993). *Construire des concepts en physique ; l'enseignement de la mécanique*. Paris : Hachette.
- LEMEIGNAN G. & WEIL-BARAIS A. (1994). Developmental approach to cognitive change in mechanics. *International Journal of Science Education*, vol.16, n° 1, p. 99-120.
- LESH R., POST T. & BEHR, M. (1987). Representations and translations among representations in mathematics learning and problem solving. In C. Janvier, *Problems of representation in the teaching and learning of mathematics*, p. 33-40. Hillsdale : Lawrence Erlbaum Associates.
- MONK S. (1992). Students understanding of a function given by a physical model. In G. Harel & E. Dubinsky, *The concept of function : aspects of epistemology and pedagogy*, p. 175-194. Washington : Mathematical Association of America.
- MOSCHKOVICH J., SCHOENFELD A. & ARCAVI A. (1993). Aspects of understanding : on multiple perspectives and representations of linear relations and connections among them. In T.A. Romberg, E. Fennema & T. Carpenter, *Integrating research on the graphical representation of function*, p. 69-100. Hillsdale : Lawrence Erlbaum Associates.
- POLITIS P., KOMIS V., & DIMITRACOPOULOU A. (2001). ModelCreator : un logiciel de modélisation permettant l'utilisation des règles logiques et la prise de décision, *Revue de l'Enseignement Public et Informatique*, vol. 102, p. 179-199.
- SWITZER T. J., CALLAHAN W. P. & QUINN L. (1999). Technology as facilitator of quality education: An unfinished model. *Paper presented at Society for Information Technology and Teacher Education*, San Antonio, TX, March.
- VOSNIADOU S., DE CORTE E., MANDL H. (1994). *Technology-Based Learning Environments. Psychological and Educational Foundations*, vol. 137, Springer.
- WEIL-BARAIS A. & LEMEIGNAN G. (1989). A propos de recherches sur l'enseignement et l'apprentissage de la modélisation en sciences physiques. *Cahiers de Beaulieu Recherches et informations pour l'enseignement des disciplines scientifiques et techniques*, vol. 9, p. 33-47.
- WEIL-BARAIS A. & LEMEIGNAN G. (1990). Apprentissage de concepts et modélisation. *European Journal of Psychology of Education*, vol. 5, p. 391-415.
- WEIL-BARAIS A. (1997). De la recherche sur la modélisation à la formation des professeurs de physique : comment s'opère la transition ? *Shkolé, Cahiers de la recherche et du développement*, vol. 7, p. 141-154.
- WENGLINSKY H. (1998). *Does it compute ?* Princeton, New Jersey : ETS.