

# Validation à petite échelle d'un environnement d'apprentissage par découverte *fondé sur la simulation de phénomènes physiques, dans l'enseignement secondaire*

par J.L. SIERRA FERNÁNDEZ  
Lycée Abdera - c/ Marisma 6  
Adra - Almería (Espagne) E-04770  
et F.J. PERALES PALACIOS

Département Didactique des Sciences Expérimentales  
Faculté des Sciences de l'Éducation - Campus Universitaire de Cartuja  
Université de Granada - E-18071 - Granada (Espagne)

---

## RÉSUMÉ

*Nous avons conçu une expérimentation pour évaluer les apports de quelques logiciels de simulation didactiques aux processus d'enseignement-apprentissage. Cette expérimentation concerne l'enseignement de la physique et deux groupes d'élèves d'un lycée de Granada (Espagne). L'influence des simulateurs sur la construction de connaissances scientifiques chez les élèves est mesurée en comparant et en analysant les résultats d'un test préalable à l'expérience avec ceux d'un test postérieur. L'analyse statistique des réponses des élèves confirme notre hypothèse de recherche : la simulation par ordinateur peut aider significativement l'apprentissage de certains contenus de physique.*

## 1. INTRODUCTION

Les logiciels éducatifs peuvent être classés en utilisant différents critères (Scaife et Wellington, 1993 ; Bruillard, 1997). Par exemple :

✍ Le Laboratoire de Pédagogie Informatique du Ministère de l'Éducation du Québec (1973) en a établi trois :

– *comme instrument de laboratoire* sur lequel, ou avec lequel, l'utilisateur peut expérimenter ; l'accent est mis sur l'activité de l'élève dans le processus d'apprentissage, sur la façon d'apprendre le contenu et sur le développement de mécanismes intellectuels transférables à d'autres types d'apprentissage ;

– *comme instrument de gestion pédagogique* ; l'ordinateur intervient pour résoudre des problèmes pédagogiques dans un contexte global à travers des banques d'informations, pour l'évaluation et pour la gestion de cheminement ;

– *comme instrument d'enseignement* ; on y distingue trois catégories : les «exerciseurs» qui proposent un grand nombre d'exercices permettant d'acquérir une compétence particulière ; les «tutoriels», fondés sur le double aspect de l'individualisation (rythme de progression de l'étudiant) et de la méthode de construction de cours (développée pour l'enseignement programmé) ; enfin, l'enseignement de type non directif, dans lequel la possibilité est donnée à l'étudiant de dialoguer avec la machine.

✍ GRAY (1984), utilise la métaphore du télescope pour faire une classification des logiciels : ceux à «champ fixe» (tuteurs et exercices), ceux à «champ variable» dans un intervalle (simulateurs) et ceux à «champ entièrement libre» (outils de modélisation et outils sans contenus spécifiques).

✍ CHADLER (1984) établit six modèles selon la façon dont est contrôlée l'interaction élève-logiciel et en fonction de qui, l'élève ou le logiciel, contrôle l'autre.

✍ KEMMIS, ATKIN et WRIGHT (1977), proposent dans leur taxonomie, de classer les logiciels dans quatre paradigmes :

– *le paradigme «instructionnel»* ; il s'agit d'enseigner à un sujet donné, ou de développer une compétence, selon les principes de l'enseignement programmé de Skinner ; cela suppose de scinder une tâche d'apprentissage en une série ordonnée de sous-tâches avec leurs propres prérequis et objectifs (tuteurs et exercices) ;

– *le paradigme de la découverte ou révélateur* ; le logiciel guide l'élève à travers un processus d'apprentissage par la découverte ; l'ordinateur joue le rôle d'un médiateur entre l'élève et un modèle caché (simulateurs) ;

– *le paradigme «conjectural»* ; l'élève contrôle l'ordinateur qui lui permet de conduire une démarche de modélisation ; le logiciel est alors un moyen d'expression qui permet à l'élève expliciter son propre modèle (modélisateurs) ;

– *le paradigme «émancipateur»* ; l'ordinateur joue le rôle d'un outil qui prend en charge le travail lourd, c'est-à-dire, les tâches qui ne sont pas vraiment éducatives (calculs, organisation de données, dessins graphiques, statistiques, etc.).

Le travail de recherche que nous présentons ici, s'inscrit dans le paradigme de la découverte et essaie de mesurer l'influence de la simulation par ordinateur sur les processus d'apprentissage en physique pour des élèves d'un lycée espagnol.

## 2. DE LA TRANSPPOSITION INFORMATIQUE AUX SIMULATEURS DIDACTIQUES

BALACHEFF (1994) introduit le terme «transposition informatique» pour indiquer le passage à une représentation symbolique d'un sujet donné et sa mise en œuvre par un dispositif informatique. La transposition informatique est conditionnée par la transposition didactique, c'est-à-dire par le processus qui, d'un objet de savoir à enseigner fait un objet d'enseignement (CHEVALLARD, 1985). Le problème soulevé par la transposition informatique est la question du domaine de validité épistémologique des dispositifs informatiques pour l'apprentissage. SQUIRES (1987) souligne une suite de principes qui guident le processus de transposition informatique :

- le logiciel sera orienté vers la représentation et le développement des concepts ;
- le logiciel assurera un regard de professeur sur la science différent de celui de l'élève ;
- le logiciel offrira des représentations de la connaissance et des interactions avec l'élève qui sont reliées à leurs expériences quotidiennes ;
- l'élève pourra modifier l'environnement du logiciel selon ses connaissances du moment.

La simulation des phénomènes physiques par ordinateur est une ressource didactique qui permet à l'élève des acquisitions dans plusieurs registres [1, 6, 8, 10, 14, 15] :

- *Le conceptuel* : pour des phénomènes naturels physiquement inaccessibles, dangereux ou complexes, ou qui nécessitent des montages expérimentaux coûteux, ou encore, qui se produisent sur des échelles spatiales et/ou temporelles inhabituelles, etc.
- *Le procédural* : pour l'élaboration de conjectures qui pourront être testées, la prédiction à partir d'expériences ou de données, l'émission d'hypothèses à partir d'une théorie, la construction de relations de dépendance entre variables, la réalisation d'un processus de contrôle et de séparation de variables, l'élaboration d'une stratégie pour la résolution d'un problème, l'enregistrement qualitatif et quantitatif de données, l'interprétation d'observations, de données, de mesures, etc., la formulation de relations qualitatives, la manipulation de modèles analogiques.
- *Les attitudes* : pour la reconnaissance de l'influence des modèles sur l'élaboration de la connaissance scientifique, la reconnaissance du caractère provisoire et perfectible des modèles.

## 3. DESCRIPTION DE L'EXPÉRIENCE

Notre recherche s'inscrit dans le paradigme de la découverte suivant la taxonomie de KEMMIS, ATKIN et WRIGHT, et son objectif est l'analyse des résultats tirés de l'interaction élève-simulateur dans la classe de physique-chimie au niveau secondaire. Pour cela, nous avons conçu une expérimentation en classe pour évaluer les apports de quelques logiciels de simulation dans le processus d'enseignement-apprentissage de la physique.

L'expérimentation s'est déroulée dans un lycée pendant trois jours d'activités extrascolaires dans le cadre d'un séminaire sur «la simulation de phénomènes physiques par ordinateur», sur une durée totale de douze heures. On a eu deux groupes volontaires : dix élèves de troisième ESO (Enseignement Secondaire Obligatoire, quatorze ans) et six élèves de seconde Bachillerato (Enseignement Post-Obligatoire, dix-sept ans). Chaque élève a travaillé avec un ordinateur Pentium et le programme-guide d'activités ([5], voir annexe 1). La mise en place des équipes a permis l'échange des idées entre les élèves et la supervision du professeur.

#### 4. HYPOTHÈSE DE LA RECHERCHE

Les activités de simulation assistée par ordinateur, convenablement guidées par le professeur, aident de façon significative l'apprentissage des contenus en mécanique, gravitation newtonienne et électrocinétique.

#### 5. STRATÉGIE «INSTRUCTIONNELLE»

Conformément au paradigme constructiviste, nous avons développé la recherche en trois étapes :

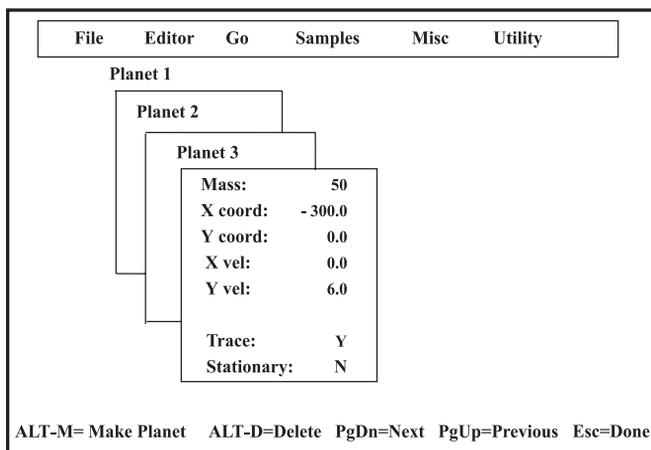
- Expliciter les idées alternatives de chaque élève à l'aide d'un pré-test de vingt-neuf items (voir annexe 2), dont vingt d'entre eux sont des questions sur la mécanique et la gravitation, les autres concernant les circuits électriques. La plupart des items ont un caractère fermé et dichotomique.
- Créer un conflit conceptuel entre les idées préalables de l'élève et les phénomènes observés à l'écran de l'ordinateur. Pour cela, le travail de l'élève est guidé grâce à un programme d'activités qui conduit à des questions scientifiques sur lesquels l'étudiant a plusieurs idées préalables [7].
- Encourager l'accommodation cognitive entre ce qui est observé et les nouvelles idées, avec l'aide du professeur et des autres camarades.

#### 6. LOGICIELS DE SIMULATION UTILISÉS

On a utilisé trois simulateurs didactiques :

- Gravity

C'est un simulateur d'orbites planétaires. L'élève peut changer plusieurs variables : le nombre de planètes, les masses, les positions et vitesses initiales de chaque planète, l'intensité d'attraction et le facteur d'échelle temporelle (cf. figure 1).



**Figure 1** : Écran du logiciel «Gravity».

Les objectifs étaient de «tester» la loi de gravitation universelle, les lois de Kepler, le principe d'action et réaction et l'invariabilité de l'accélération en chute libre.

- *Dinamic*

Ce logiciel [12] simule le mouvement d'une particule enfermée dans une boîte et soumise à un champ de forces (constante, variable et centrale), avec ou sans frottement. L'élève choisit le type de force, la masse, la position et la vitesse initiales, le type de collision contre les parois et le coefficient de restitution.

Nous avons proposé les objectifs suivants : «tester» le principe fondamental de la dynamique, le principe d'inertie et l'effet des frottements sur le mouvement ; analyser divers types de trajectoires ; étudier le mouvement vibratoire simple et vibratoire avec frottement ; tester l'effet d'une force centrale et analyser les caractéristiques des collisions.

- *Electronics WorkBench*

Ce logiciel (Interactive Image Technologies Ltd) permet de dessiner et simuler le fonctionnement de circuits électroniques, analogiques ou logiques (cf. figure 2). Il contient une grande librairie de dispositifs électroniques. L'élève peut mesurer facilement plusieurs grandeurs électriques avec un multimètre ou un oscilloscope virtuel.

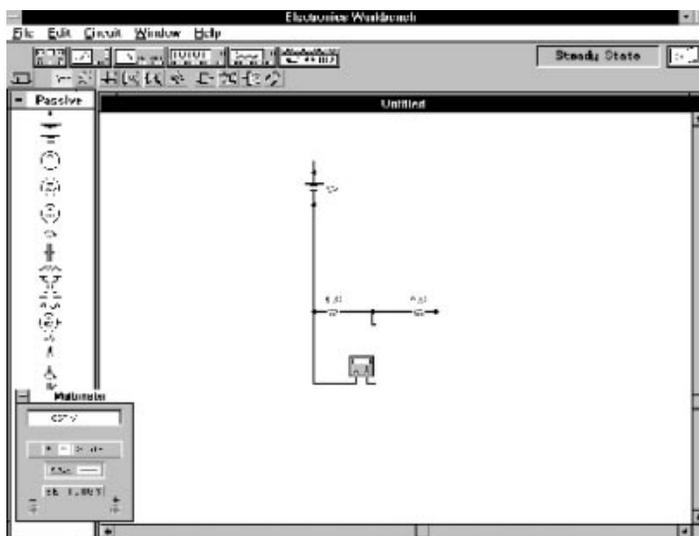


Figure 2 : Écran du logiciel “Electronics WorkBench”

Les objectifs proposés sont : «tester» la loi d’Ohm, distinguer le comportement d’un circuit ouvert et d’un autre fermé, remarquer les comportements différents d’un circuit avec résistances en série et d’un circuit avec résistances en parallèle.

## 7. ANALYSE DES RÉSULTATS DE LA RECHERCHE

Pour tester l’hypothèse de travail, on a comparé statistiquement les réponses des élèves à un test passé avant la séance d’ordinateur (pré-test) et celles tirés d’un autre test après l’expérience (post-test).

Puisque l’on ne connaît pas le modèle statistique sous-jacent aux données expérimentales, nous avons utilisé une méthode de contraste d’hypothèse non-paramétrique : le T de Wilcoxon pour des petits échantillons. L’hypothèse nulle postule qu’il n’y a pas de différence significative entre le nombre de points du pré-test et du post-test.

Dans le groupe de troisième ESO, on observe une augmentation statistiquement significative du nombre de réponses correctes (probabilité d’être vraie pour l’hypothèse nulle = 0,0044) et une diminution significative du nombre de réponses en blanc, laquelle est interprétée comme une augmentation de l’auto-confiance de l’élève. Le nombre de réponses erronées aussi diminue.

*Troisième éducation secondaire obligatoire*

Élèves	Réponses correctes		Réponses en blanc		Réponses erronées	
	Pré-test	Post-test	Pré-test	Post-test	Pré-test	Post-test
1	1	17	20	4	8	8
2	6	17	18	3	5	9
3	3	18	18	1	8	10
4	3	13	14	6	12	10
5	5	15	14	2	10	12
6	3	9	15	8	11	12
7	4	19	20	4	5	6
8	2	14	18	11	9	4
9	9	19	17	1	13	9
10	9	16	17	10	3	3
Moyenne arithmétique	4,5	15,7	17,1	5	8,4	8,3
Variabilité	2,76	3,09	2,18	3,62	3,27	3,09

**Tableau 1** : Nombre de réponses correctes, en blanc et erronées au pré-test et au post-test des élèves de troisième ESO.

Dans le groupe de seconde Bachillerato, le nombre de réponses correctes augmente de façon significative (probabilité d'être vraie pour l'hypothèse nulle = 0,041), tandis que le nombre des autres réponses diminue.

*Seconde Bachillerato*

Élèves	Réponses correctes		Réponses en blanc		Réponses erronées	
	Pré-test	Post-test	Pré-test	Post-test	Pré-test	Post-test
1	25	28	1	1	3	0
2	23	27	2	0	4	2
3	20	25	1	1	8	3
4	13	26	9	0	7	3
5	20	26	0	1	9	2
6	7	22	20	5	2	2
Moyenne arithmétique	18	25,6	5,5	1,3	5,5	2
Variabilité	6,75	2,07	7,82	1,86	2,88	1,09

**Tableau 2** : Nombre de réponses correctes, en blanc et erronées au pré-test et au post-test des élèves de seconde Bachillerato.

## CONCLUSIONS

Malgré la limitation de l'étude due au faible nombre d'élèves participants, on peut conclure que la simulation de phénomènes physiques par ordinateur est un outil qui permet un apprentissage adapté aux besoins de chaque élève et facilite la coopération entre les étudiants, ainsi que la communication professeur-élèves. L'élève devient le véritable acteur de son apprentissage, en effectuant un travail créatif de recherche, guidé par le professeur et favorisé par sa motivation pour l'informatique.

Cependant, en Espagne la mise en œuvre des expériences de simulation par ordinateur pose encore plusieurs problèmes :

- il n'y a pas un nombre suffisant d'ordinateurs et de logiciels éducatifs aux lycées et aux écoles ;
- les contenus enseignés et la méthodologie d'enseignement de la physique-chimie doivent changer ;
- le Ministère d'Éducation et les universités doivent prendre en charge la formation des professeurs et maîtres en informatique éducative.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] G. ANDALORO, V. DONZELLI et R.M. SPERANDEO-MINEO : «*Modelling in physics teaching : the role of computer simulation*». International Journal of Science Education - vol. 13 - n° 3 - pp. 243-254 (1991).
- [2] N. BALACHEFF, M. VIVET et al. : «*Didactique et intelligence artificielle*» - La Pensée Sauvage éditions - Grenoble (1994).
- [3] E. BRUILLARD : «*Les machines à enseigner*» - Paris - Éditions Hermès (1997).
- [4] Y. CHEVALLARD : «*La transposition didactique*» - La Pensée Sauvage éditions - Grenoble (1991).
- [5] C. FURIO et D. GIL : «*El programa-guía, una propuesta para la renovación de la didáctica de la Física y Química en el Bachillerato*». ICE de la Universidad de Valencia (1980).
- [6] P. GORSKY et M. FINEGOLD : «*Using computer simulations to restructure students' conceptions of force*» - Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching 11 - pp. 163-178 (1992).
- [7] J. HIERREZUELO et A. MONTERO : «*La ciencia de los alumnos: Su utilización en la didáctica de la física y química*» - Ed. Elzevir. Vélez-Málaga (Málaga) (1991).

- [8] M. NJOO et T. DE JONG : «*Exploratory learning with a computer simulation for control theory : Learning process and instructional support*» - Journal of Research in Science Teaching - 30(8) - pp. 821-844 (1993).
- [9] PLUSIEURS AUTEURS : «*L'informatique dans l'enseignement de la physique et de la chimie*» - Bulletin de l'Union des Physiciens, n° 731 (1991).
- [10] M. RONEN, D. LANGLEY et U. GANIEL : «*Integrating computer simulations into high school physics teaching*» - Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching - 11(3/4) - pp. 319-329 (1992).
- [11] J. SCAIFE et J. WELLINGTON : «*Information Technology in Science and Technology Education*» - Open University Press (1993).
- [12] J.L. SIERRA : «*DINAMIC : Un programa didáctico para la simulación en 2-D de la dinámica de una partícula confinada bajo distintos campos de fuerza*» - Revista Española de Física 11(1), pp. 57-59 (1997).
- [13] J. TOUSSAINT et al. : «*Didactique appliquée de la physique-chimie : éléments de formation pour l'enseignement*» - Éditions Nathan - Paris (1996).
- [14] M. VALENTE et A.J. NETO : «*El ordenador y su contribución a la superación de las dificultades de aprendizaje en mecánica*» - Enseñanza de las Ciencias 10(1) - pp. 80-85 (1992).
- [15] M. WINDSCHITL et T. ANDRE : «*Using computer simulations to enhance conceptual change: the roles of constructivist instruction and student epistemological beliefs*» - Journal of Research in Science Teaching - 35(2) - pp. 145-160 (1998).

### **Note de la rédaction**

Les questions sur l'utilisation de la simulation numérique sur ordinateur ont alimenté de nombreux travaux et conduit à de nombreuses propositions. Nous mentionnons ici simplement les communications ou ateliers qui ont eu lieu lors de récentes Journées Informatique et Pédagogie des Sciences Physiques :

– M.C. MILOT et al. : «*De nouveaux outils supports de modélisation : Interactive Physique et Stella*» - Fascicule des 8<sup>es</sup> Journées Informatique et Pédagogie des Sciences Physiques - UdP - 32 p. (1998).

– J.-P. DURANDEAU et J.-P. SARMANT : «*De l'expérience à la simulation*» - Fascicule des 7<sup>es</sup> Journées Informatique et Pédagogie des Sciences Physiques - UdP - 26 p (1996).

## *Annexe 1*

### *programme-guide d'activités*

---

#### **ACTIVITÉS POUR LE LOGICIEL «DINAMIC»**

##### 1 - a) Étude du principe d'inertie

$x_0 = 205$  ;  $y_0 = 200$  ;  $v_{x_0} = 40$  ;  $v_{y_0} = 0$  ; masse = 1  
 coefficient de restitution = 1 ; friction = 0  
 force : composante x = composante y = 0

##### 1 - b) Mouvement avec friction

friction = 0,1 (0,2 ; 0,3)

##### 2 - Étude des collisions

parfaitement élastique : coefficient de restitution = 1  
 parfaitement inélastique : coefficient de restitution = 0  
 collision réelle :  $0 < \text{coefficient de restitution} < 1$

##### 3 - Étude de la chute libre d'un corps : influence de la hauteur et la gravité

$x_0 = 400$  ;  $y_0 = 50$  (100 ; 200) ;  $v_{x_0} = v_{y_0} = 0$   
 force : composante x = 0 ; composante y = 6 (20 ; 50 ; 100)  
 masse = 1 ; friction = 0

##### 4 - Étude du mouvement d'une sphère dans un fluide : influence de la friction, de la hauteur et de la gravité

Les mêmes données de l'exercice antérieur, sauf friction = 0,4 (0,8 ; 1)

##### 5 - Étude du jet vertical : influence de la vitesse initiale et de la gravité

$x_0 = y_0 = 200$  ;  $v_{x_0} = 0$  ;  $v_{y_0} = -40$  (-60 ; -100) ; masse = 1  
 force : composante x = 0 ; composante y = 1 (5 ; 8)

##### 6 - Étude du mouvement vibratoire simple

$x_0 = 400$  ;  $y_0 = 200$  ;  $v_{x_0} = 20$  ;  $v_{y_0} = 0$  ; masse = 1  
 constante de récupération : direction x = 0,05 ; direction y = 0  
 coefficient de restitution = 1 ; friction = 0

##### 7 - Étude des forces centrales

Les mêmes données de l'exercice antérieur et en plus :  
 centre de force : composante x = 400 ; composante y = 200

**ACTIVITÉS POUR LE LOGICIEL «GRAVITY»**1 - Étude du mouvement d'une planète autour d'une étoile

objet 1 : masse = 100 (50 ; 10 ; 102 ; 103) ;  $x = y = 0$  ;  $v_x = v_y = 0$  ; corps fixe

objet 2 : masse = 10 ;  $x = 10$  ;  $y = -100$  ;  $v_x = 0,5$  ;  $v_y = 0$  ; corps mobile

2 - Étude de l'influence de la masse sur l'attraction gravitaire

objet 1 : masse = 100 (500 ; 900) ;  $x = y = 0$  ;  $v_x = v_y = 0$  ; corps fixe

objet 2 : masse = 10 ;  $x = 316$  ;  $y = 0$  ;  $v_x = v_y = 0$  ; corps mobile

3 - Activité 10 du test

objet 1 : masse = 50 (200 ; 500) ;  $x = 100$  ;  $y = 0$  ; corps fixe

objet 2 : masse = 50 (200 ; 500) ;  $x = -100$  ;  $y = 0$  ; corps fixe

objet 3 : masse = 50 (200 ; 500) ;  $x = 0$  ;  $y = 100$  ;  $v_x = v_y = 0$  ; corps mobile

4 - Étude de l'influence de la distance sur l'attraction gravitaire

objet 1 : masse = 100 ;  $x = y = 0$  ; corps fixe

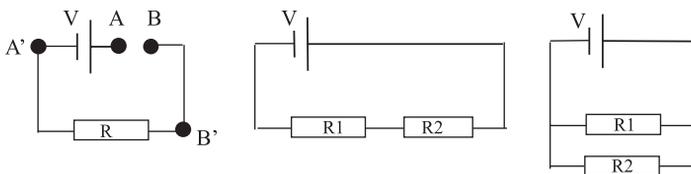
objet 2 : masse = 20 ;  $x = -100$  ;  $y = -236$  ;  $v_x = 0$  ;  $v_y = 4$  (3 ; 1) ; corps mobile

objet 3 : masse = 20 ;  $x = 20$  ;  $y = -236$  ;  $v_x = 0$  ;  $v_y = 4$  (3 ; 1) ; corps mobile

5 - Étude de l'influence de la masse du corps sur la vitesse de chute

objet 1 : masse = 50 ;  $x = y = 0$  ; corps fixe

objet 2 : masse = 20 (100 ; 200) ;  $x = y = 200$  ;  $v_x = v_y = 0$  ; corps mobile

**ACTIVITÉS POUR LE LOGICIEL «WORKBENCH»**1 - Étude des circuits suivants

$$(V = 5 \text{ V} ; R = R_1 = 1 \text{ k} ; R_2 = 2,5 \text{ k})$$

- Mesurer les tensions entre A et B, A et A', B et B', et entre les points extrêmes de chaque résistance.
- Mesurer l'intensité qui traverse chaque résistance.

## *Annexe 2*

### *pré-test et post-test*

---

1 - Est-il possible qu'un corps, non soumis à un frottement, puisse se déplacer librement sans le concours d'une force ? Pourquoi ? Qu'arriverait-il en présence d'un frottement ?

2 - Pourquoi une bille, après avoir heurté un obstacle, garde-t-elle à peu près la même vitesse (collision élastique), tandis qu'une automobile en entrant en collision avec un mur (pendant un essai de résistance de matériaux), ne rebondit presque pas (collision inélastique) ?

3 - Si on laisse tomber d'une même hauteur deux corps de même forme et de même taille, mais de masses différentes, lequel arrive le premier au sol ?

4 - Si deux corps de même masse, grandeur et forme, sont lâchés d'avions différents volant à même altitude, dont l'un a une vitesse double de l'autre, quel est le corps qui arrive au sol le premier ?

5 - Si on laisse tomber une bille métallique dans l'eau d'une piscine comment évolue la vitesse ?

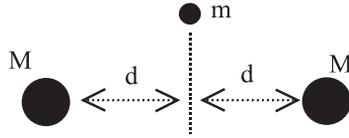
6 - Comment la vitesse initiale d'un corps lancé vers le haut influe-t-elle sur la hauteur atteinte ?

7 - Pour un jet oblique, quel doit être l'angle du jet qui fait arriver le corps le plus loin ? Et pour qu'il arrive le plus haut ?

8 - Est-ce que les planètes tournent autour du Soleil avec une vitesse constante ? Dans l'affirmative, quelle dépendance fonctionnelle y a-t-il entre la vitesse d'une planète et sa distance au Soleil ? Dans la négative, où cette vitesse est-elle la plus grande et la plus petite ?

9 - Quel corps attire l'autre avec une force plus grande : la Terre sur une pomme ? ou la pomme sur la Terre ? Pourquoi ?

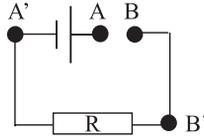
10 - Un corps A, est lâché entre deux corps fixes, suivant le schéma ci-dessous :



- Quel mouvement aura corps A ?
- Si on augmente la masse du corps A, la force sur le corps A change-t-elle ? Et l'accélération ? Et la fréquence d'oscillation ?

11 - Comment la distance et les masses influent-elles sur l'attraction entre deux planètes ?

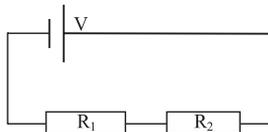
12 - Dans le circuit ouvert ci-dessous, la pile impose une tension  $V$  :



Répondre par «zéro» ou «différent de zéro» aux questions suivantes :

- Quelle est l'intensité qui traverse la résistance ?
- Quelle est la tension entre A et  $A'$  ?
- Quelle est la tension entre A et B ?
- Quelle est la tension entre B et  $B'$  ?
- Quelle est la tension entre les points extrêmes de la résistance ?

13 - Dans le circuit ci-dessous, les intensités qui traversent chaque résistance sont-elles égales ou différentes ? Même question pour les tensions entre les points extrêmes de chaque résistance ?



14 - Dans le circuit ci-dessous, les tensions et les intensités de chaque résistance sont-elles égales ou différentes ?

