

**SIMULATIONS INFORMATIQUES OU MANIPULATIONS D'OBJETS POUR LES APPRENTISSAGES
SCIENTIFIQUES A L'ECOLE ELEMENTAIRE**
GUICHARD Jack et LECHAUDEL Anne
IUFM de Paris 10 rue Molitor 75016 PARIS

Résumé

L'éducation scientifique à l'école repose sur l'expérimentation. Alors quelle place peuvent y prendre les TICE ? Notre recherche a consisté à comparer l'intérêt pour des élèves de CE et l'impact sur leur compréhension d'expériences de physique réalisées soit directement, soit par l'intermédiaire d'une modélisation informatique.

Les résultats renforcent l'importance donnée à une éducation scientifique à l'école par expérimentation directe et en particulier pour les élèves les plus en difficulté. Mais ils démontrent la complémentarité du multimédia et du réel pour structurer et renforcer les apprentissages.

Mots-clés : réel, virtuel, sciences, expérimentation, simulation.

Abstract

Scientific education at school is based on experimentation. So, what can be the part of the ICTE in that education ?

In our research, we compared seven-eight years old children interest and also the impact on their comprehension for physic experiments made either with real material or with virtual simulation.

Our results show the importance of the real experimentation in scientific education especially for the children in difficult situation. But this results also prove that real and virtual are complementary in order to structure and reinforce the learning.

Key-words : real, virtual, sciences, experimentation, simulation.

1. Introduction

L'éducation scientifique à l'école primaire repose sur l'expérimentation directe avec des objets réels. De nombreux travaux de didactique ont contribué à une prise de conscience de l'intérêt de cette pédagogie et l'opération "La Main à la pâte" a aidé à sa vulgarisation. Alors que penser de la généralisation de l'usage des TICE à l'école ? Certains considèrent que ce serait le moyen de généraliser cet enseignement scientifique, dont on sait qu'il n'est mis en œuvre que par un petit nombre de maîtres. Aussi, on est en droit de se poser la question de la pertinence du remplacement du réel par le virtuel dans les apprentissages scientifiques à l'école. Les expériences simulées sur ordinateur peuvent-elles remplacer la manipulation d'objets ? Les deux types de situations sont-ils complémentaires ?

Notre recherche a consisté à comparer l'intérêt pour des élèves de cours élémentaire et l'impact sur leur compréhension de deux expériences de physique. Ils pouvaient les réaliser d'une part en manipulant des objets réels, d'autre part par l'intermédiaire d'une simulation informatique.

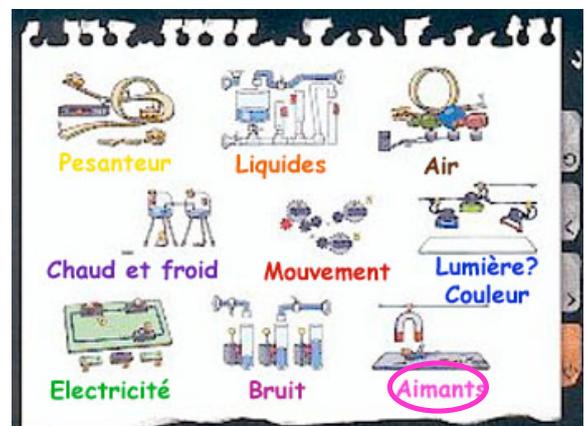
Une de nos hypothèses s'appuyait sur l'efficacité pédagogique reconnue, en particulier pour les enfants de ZEP (zone d'éducation prioritaire), du concret et des démarches d'expérimentation à partir de matériel que les élèves peuvent manipuler. Pour prendre en compte ce paramètre, nous avons comparé les résultats obtenus avec des enfants d'un quartier dit "favorisé" de Paris et ceux d'élèves d'une ZEP.

Le second paramètre qui nous semblait important concernait la familiarité d'usage de l'ordinateur, outil nouveau pour certains et connu pour d'autres. C'est pourquoi nous avons également comparé les résultats obtenus par des enfants possédant un ordinateur à la maison avec ceux n'en possédant pas.

Par ailleurs, dans une logique de prise en compte du rapport au savoir, et afin de vérifier si ce facteur pouvait influencer le résultat, nous avons testé deux expériences dont l'attractivité nous semblait différente :

- une manipulation classique d'objets avec un aimant,
- une manipulation nommée par les enfants "balle qui vole", une balle de ping-pong maintenue en l'air sous l'action du flux d'air émis par un sèche-cheveux.

Au niveau de la mise en images du réel, nous avons testé des types de modélisation de nature différente : schéma figuratif et photographies. Enfin, sur la seconde manipulation, en plus de la modélisation reproduisant exactement la manipulation réelle, nous avons réalisé une modélisation supplémentaire avec une situation impossible car elle est opposée aux lois de la pesanteur, force naturellement perçue et ressentie par les enfants de cet âge, même s'ils ne savent pas la caractériser et la nommer.



2. Problématique

Si le rôle de l'expérimentation dans les apprentissages a été maintes fois démontré, qu'en est-il de l'expérimentation simulée sur ordinateur ? Cette dernière pose la question de la lecture des images et ne peut s'interpréter que dans une prise en compte du rapport au savoir de l'apprenant dans ces différentes situations.

2.1 De l'expérience sur le réel à l'expérience simulée

Un paramètre important à considérer est le rôle de l'expérimentation dans les apprentissages. Le développement de l'opération "La main à la pâte" [CHARPAK, 1996] et les nouveaux programmes de l'école [MEN, 2002] ont pris en compte les résultats d'années de recherche en didactique sur l'intérêt d'une mise en situation de manipulation directe [COQUIDE, 2000]. Comme le souligne Hacking [HACKING, 1983], expérimenter c'est créer, produire, affiner et stabiliser les phénomènes ; l'expérience fournit des objets dont l'existence est évidente.

On peut donc se demander, autant dans les musées que les écoles, quelle est la place relative de l'expérience réelle et de l'expérience sur un écran [MINTZ, THOMAS, 1995]. En effet, qu'en est-il de l'expérience simulée sur un écran d'ordinateur ? L'interactivité permise par la multiplicité de possibilités offertes dans un logiciel de simulation supprime la passivité de l'enfant en face de l'image animée d'un film [BLAIS, 1995]. Mais elle correspond pour l'enfant à la découverte, voire à la maîtrise d'un nouveau langage, comme cela a été étudié à l'Exploratorium de San Francisco [HEIN, 1990].

La simulation donne à la fois un statut positif à la découverte, et par la confrontation à leurs ignorances, stimule le questionnement et l'accès à des savoirs ponctuels, mais fonctionnels [GUICHARD, MARTINANT, 2000]. Avec l'ordinateur, l'enfant a le droit à l'erreur et celui de recommencer son action sans être jugé, mais son activité est surtout intellectuelle.

Ce développement actuel de l'utilisation des TICE permet d'individualiser les situations en fonction de l'hétérogénéité des élèves et permet une assistance personnalisée en fonction du type de difficultés [CARTONNET, DUREY, 1996].

Le rapport au savoir des élèves face à l'ordinateur est différent de celui des enfants en présence d'un matériel à manipuler [DELACOTE, 1993]. On ne saurait réduire l'ordinateur à une technique et cette technique par elle-même n'induit pas le progrès des usages [DELACOTE, 1996]. Ce qui compte, c'est donc la situation proposée, qu'elle soit axée sur la manipulation directe d'objets ou simulée sur écran. On doit donc comparer deux situations identiques du point de vue pédagogique. Celles proposées dans cette recherche ont donc été élaborées avec un maximum de points communs afin de ne pas induire trop de biais à ce niveau.

2.2. La question de la lecture et de la manipulation des images

La place des écrans à l'école, que ce soient ceux de la vidéo ou ceux des ordinateurs, est aujourd'hui en évolution avec l'usage de plus en plus large des ordinateurs à la fois à l'école et surtout dans le milieu familial. Il convient donc de prendre en compte cette familiarité d'usage de l'ordinateur, qui est différente selon le milieu de vie des enfants.



Les manipulations proposées sur écran correspondent à une modélisation reproduisant exactement la manipulation réelle. Elles posent le problème de la lecture des images [MOTTET, 1993]. Ce caractère manipulable des images, spécifique à la documentation numérique, a été envisagé par P. LEVY [LEVY, 1991]. Il propose un langage d'images animées qui fonctionne suivant le principe d'une représentation figurative et animée des modèles mentaux. Il propose d'imaginer une "pensée-image" plutôt qu'une "pensée-langage". Afin de prendre en compte cet aspect de la question, nous avons cherché à analyser à la fois l'attractivité et la compréhension de ces situations. En effet, l'absence de continuité de forme est, sans doute, une difficulté pour certains élèves. Les images peuvent donc être une aide pour les apprenants si on en connaît les limites et les difficultés d'interprétation [QUEAU, 1982].

2.3. La modélisation

La modélisation d'expérience, qui correspond aujourd'hui à beaucoup de supports de recherche scientifiques, si elle présente beaucoup d'avantages pour les utilisateurs qui en connaissent les codages et les limites [QUEAU, 1986], introduit aussi des obstacles à la compréhension pour les autres, en particulier les apprenants. La simulation ne change pas de représentation mais anime, "fait fonctionner" une représentation particulière. Mais quelles relations l'enfant peut-il établir entre concept et modèle ? Le changement d'objet intellectuel n'est pas évident [DENIS, 1998]. On peut partir de deux types de représentations : schémas figuratifs et photographies animées des expériences. Martinand [MARTINAND, 1994] met en évidence la nécessaire rupture, l'impossibilité de continuité entre les représentations, donc dans les élaborations intellectuelles à réaliser. La forme des objets mis à l'écran a donc une importance capitale dans la compréhension des élèves.

2.4. Le rapport au savoir

Notre approche privilégie le rapport au savoir [CHARLOT, 1997] qui se construit dans l'histoire de l'enfant et dans les rapports sociaux de ce dernier. Il faut entendre par rapport au savoir, le processus d'objectivation par lequel l'individu établit un rapport au réel et donne du sens à la réalité qu'il conceptualise. Le rapport au savoir inclut l'idée de mobilisation de l'enfant dans son action.

Ce processus d'objectivation correspond à la capacité de l'individu "de pouvoir poser en extériorité la totalité du concret-réel ou l'un de ses segments de façon à pouvoir le constituer en tant qu'objet sur lequel pourront être appliquées diverses opérations de manipulations mentales et concrètes" [LENOIR, 1998]. En effet, on ne peut dissocier l'appréhension du contenu scientifique de l'apprenant, de son état du moment, de ses représentations, de ses perceptions, mais aussi de son rapport aux objets à manipuler ou à l'ordinateur. En particulier ce dernier, nouveau pour certains enfants, est un objet de désir qui peut favoriser la relation, mais aussi la détourner du contenu de savoir.

Mais l'appropriation des objets passe souvent par les activités motrices de l'enfant. La mise en situation de manipulation avec essai-erreur peut être source de connaissance, comme les études en didactique le prouvent [DE VECCHI, 1993]. Développer des situations où l'enfant est en situation motrice d'interagir avec des objets réels l'amène à développer un rapport concret au savoir. Ces situations interactives permettent l'expérimentation. C'est ce que l'on peut faire, en le mettant en présence de réalités concrètes sur lesquelles il peut agir.

Certaines manipulations par essai-erreur sont aussi possibles avec des multimédias interactifs. Cette forme d'interactif correspond à un apprentissage par instructions, où l'utilisateur utilise une stratégie de décodage guidé, ou d'apprentissage par jeu d'acquisition. L'utilisateur observe, écoute, fait un effort afin de percevoir et comprendre. La mémorisation de situations et de savoirs ponctuels dépend de l'émotion, de la surprise, de l'implication, du questionnement de l'apprenant [WEIL-BARAIS, 2000].

Ces éléments doivent donc être pris en compte dans l'observation des enfants dans les différentes situations proposées face aux objets réels et aux écrans.

3. Méthodologie

Nous avons effectué une recherche sur une population de 112 enfants de CE (7 - 8 ans) de 2 écoles de Paris. La démarche qualitative utilisée s'est appuyée sur les méthodes classiques en didactique [WEIL-BARAIS, 2000]. Elle consiste :

- dans un premier temps à laisser manipuler les élèves en les observant avec le support d'une grille d'observation,
- puis, un entretien semi-directif permet d'étudier leur compréhension et leur questionnement,
- pour finir, ils effectuent la seconde expérience qui est suivie d'un entretien identique au premier et concernant cette manipulation,
- l'entretien final conduit les élèves à effectuer une comparaison des deux manipulations.

Afin de distinguer les deux paramètres dont nous avons suspecté l'importance, nous avons étudié des échantillons d'une trentaine d'enfants de chaque catégorie.

➔ Pour prendre en compte le paramètre "milieu socioculturel", nous avons choisi des enfants dans 2 écoles de Paris, l'une dans un quartier dit "favorisé" (53 élèves de l'école Boileau située dans le 16^e arrondissement), l'autre dans un quartier à la population très différente (69 élèves de l'école Bolivar située dans le 19^e arrondissement, élèves choisis parmi ceux ayant le plus de difficultés scolaires).

➔ Pour le paramètre "habitude ou non de l'usage de l'ordinateur" nous avons choisi dans chacune des écoles des enfants n'ayant pas d'ordinateur à la maison et d'autres ayant accès à un ordinateur dans leur milieu familial : 61 enfants avec ordinateur (42 à Boileau, 29 à Bolivar), contre 51 sans contact régulier avec l'ordinateur (11 à Boileau, 40 à Bolivar). Les enfants ayant une habitude de l'ordinateur ont été plus difficiles à trouver en ZEP, mais leur proportion a fortement augmenté cette année, ce qui a permis d'en trouver un échantillon suffisant. Pour ceux qui n'avaient pas l'habitude de l'ordinateur, le protocole expérimental incluait une aide personnalisée pour son utilisation.

Toutefois, la plupart des enfants n'étaient pas complètement novices quant à l'usage de la souris, puisqu'ils avaient eu l'occasion de fréquenter la salle informatique de l'école lors d'ateliers informatiques. Nous précisons qu'afin de vérifier les déclarations des enfants, nous leur demandons quels usages ils réservaient à l'ordinateur. En effet, nous nous sommes rendu compte que certains éprouaient une gêne à avouer qu'ils n'en possédaient pas. Nous avons également pu constater que seuls les enfants de milieu favorisé disaient utiliser chez eux des cd roms commerciaux "ludo-éducatifs".

Par ailleurs, nous avons expérimenté la manipulation sur les aimants sur un échantillon de 56 enfants et celle de la "balle qui vole" sur 66 enfants. Pour la première manipulation, 23 enfants sur 56 avaient un ordinateur. Pour la seconde 38 enfants sur 66 en possédaient un.

L'observation de leur manipulation a consisté à repérer les gestes, mais également les comportements et les émotions.

Pour les manipulations réelles :

- avec les aimants, nous les avons laissé manipuler librement, aussi longtemps qu'ils le voulaient. Ce n'est que dans un second temps que nous leur avons posé les mêmes questions que sur la manipulation virtuelle, à savoir quels étaient les objets attirés par l'aimant ? Nous avons observé la façon dont ils manipulaient les aimants et les objets. Quatre grands types de comportement se sont alors dégagés :
 - ceux qui procédaient de façon systématique en passant l'aimant sur chacun des différents objets,
 - ceux qui prenaient davantage l'expérience comme un jeu en essayant notamment de créer des chaînes d'objets et d'accrocher un maximum d'objets après l'aimant,
 - ceux qui ne s'occupaient que des aimants et pas du tout des autres objets,
 - enfin, il est surprenant de noter qu'un petit nombre d'enfants se soit contenté de regarder le matériel sans y toucher (3 en milieu favorisé, 1 en ZEP).
- pour l'expérience de la balle, avant qu'ils ne commencent à utiliser le matériel, nous leur demandions s'ils pensaient qu'il était possible de faire tenir une balle en l'air avec un sèche-cheveux puis d'essayer. Là encore, nous avons observé la façon dont ils utilisaient le sèche-cheveux, mais également leurs réactions, la plupart d'entre eux se montrant très surpris de voir que l'expérience était possible.



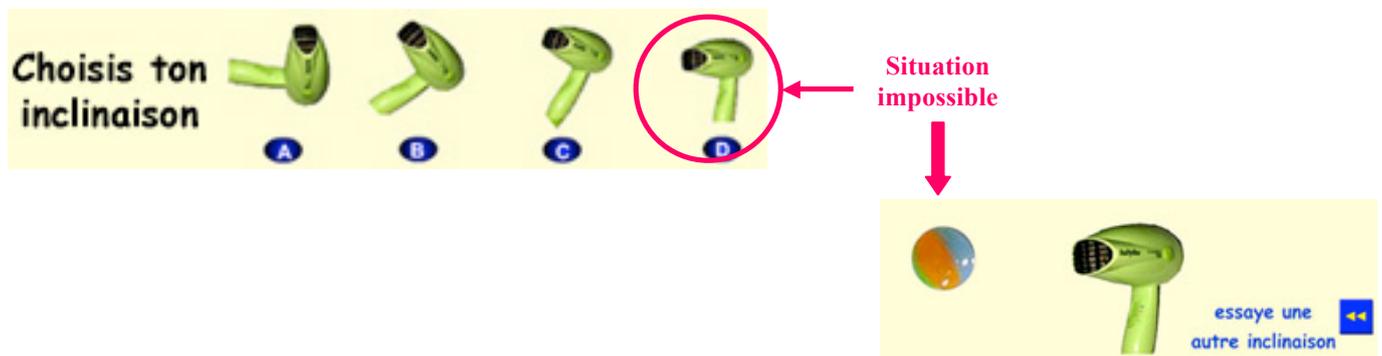
Pour les manipulations virtuelles, dans tous les cas, nous expliquions aux enfants comment fonctionnait le logiciel et nous les aidions en cas de problèmes "techniques". Nous lisions les questions avec eux car lors de notre enquête préliminaire, nous nous sommes rendu compte que certains répondaient mal aux questions à cause de difficultés de lecture ou d'une mauvaise interprétation des questions. Dans le cas des aimants, nous avons utilisé un cédérom existant dans le commerce avec une représentation schématisée figurative des objets. Pour la balle, nous avons nous-mêmes créé le produit à partir d'images photographiques représentant l'expérience réelle.

Afin de comparer l'intérêt et l'impact sur la compréhension de deux manipulations de physique, chacun des enfants a expérimenté la manipulation en réel et en virtuel ; la moitié d'entre eux, dans chacune des catégories, commençant par le réel, l'autre moitié par le virtuel.

Le premier entretien a été effectué aussitôt après la première manipulation en leur demandant d'expliquer ce qu'ils avaient compris et quelles questions ils se posaient.

Les critères de la seconde observation étaient identiques à ceux de la première. La seconde manipulation était suivie d'un entretien identique au précédent prolongé par un entretien final afin de demander aux enfants de comparer "à chaud" leur ressenti par rapport aux deux manipulations effectuées : quelle manipulation ils avaient préféré, celle avec laquelle ils avaient mieux compris, celle qui leur semblait plus utile ...

Pour "la balle qui vole", une expérimentation supplémentaire avec la modélisation d'une manipulation impossible était ensuite proposée systématiquement. Nous avons choisi de proposer cette situation à la fin de l'exercice pour ne pas influencer leur jugement.



4. Résultats

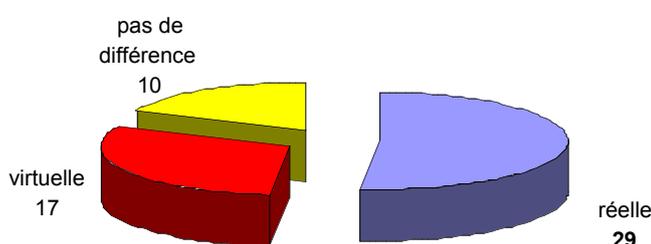
Nous avons comparé deux aspects du rapport au savoir des enfants dans ces deux manipulations :

- d'une part la compréhension des phénomènes observés,
- d'autre part l'attractivité et le jugement de valeur

4.1. L'expérience réelle favorise la compréhension

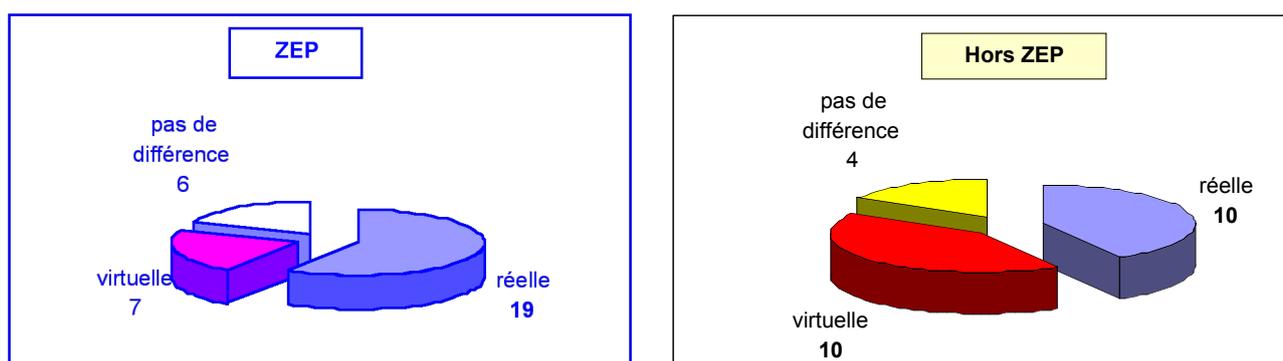
➔ Pour la manipulation sur les aimants, la manipulation virtuelle n'est la plus efficace du point de vue de la compréhension que pour 1/3 des enfants, alors qu'elle inclut des explications, qui ne sont pas disponibles lors du tâtonnement expérimental sur le réel " j'ai mieux compris avec l'ordinateur parce qu'on nous pose des questions et après on le fait...(Pamela)". Pour la moitié des enfants, le réel reste le plus efficace, " quand on fait pour de vrai, on comprend mieux alors qu'avec l'ordinateur on ne touche pas les aimants (Vincent); il faut essayer en réalité plutôt que sur l'ordinateur car parfois c'est pas vrai sur les ordinateurs (Pierre) ; j'ai mieux compris avec la manipulation réelle parce que j'ai pu essayer en vrai (Léonie) ; le vrai ça explique mieux parce que c'est nous qui faisons bouger (Aisha)... ". Un enfant sur quatre reconnaît une complémentarité des deux manipulations jugeant que "en réel, j'ai compris et après j'ai vu sur l'ordinateur que c'était la même chose (Samir) ; il faut utiliser et voir les deux pour comprendre..."

Figure 1 : Les aimants - Avec quelle manipulation ont-ils mieux compris ?



On note une différence significative entre les élèves en difficulté scolaire de ZEP et les autres ; en effet plus de la moitié des enfants de ZEP comprennent mieux avec la manipulation réelle, alors que chez les enfants de milieu dit favorisé il y a quasi équilibre entre compréhension du réel et compréhension du virtuel.

Figure 2 : Les aimants - Avec quelle manipulation ont-ils mieux compris ?



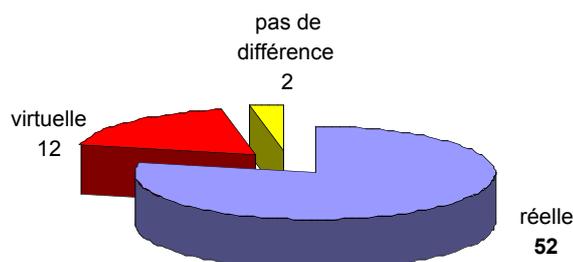
En ZEP, l'habitude de l'ordinateur modifie assez considérablement le résultat, puisque sur les 7 enfants qui comprennent mieux avec le virtuel, 6 ne possèdent pas d'ordinateur (alors que sur les 19 qui comprennent mieux avec la manipulation réelle, 9 sont familiers de l'ordinateur et 10 non).

➔ Pour la manipulation "la balle qui vole", plus de 3/4 des enfants comprennent mieux le phénomène avec la manipulation sur le réel "je l'ai vraiment vu en réel et j'ai alors compris que ça pouvait vraiment exister une balle qui vole (Margaux) ; je comprends mieux si on me montre pour de vrai (Omar)..."

Pour beaucoup d'enfants, c'est le fait de manipuler eux-même les objets qui les aide à mieux comprendre "j'ai mieux compris avec le réel parce que c'est moi qui l'ai fait alors que pas sur l'ordinateur (Alexandra) ; sur l'ordinateur il n'y a pas vraiment d'air, c'est dessiné, c'est pas en vrai, c'est pas un objet que l'on peut toucher (Alice)" et on ressent même chez certains une sorte de "frustration" lors de la manipulation virtuelle "avec l'ordinateur je vois mais je ne peux pas faire vraiment (Walid) ; sur l'ordinateur, c'est la souris qui fait pour toi (Thibaut)..."

Contrairement à l'autre manipulation il n'y a pas de différence significative en fonction du milieu socioculturel. L'habitude de l'ordinateur a très peu d'influence : chez les enfants possédant un ordinateur, 8 sur 10 comprennent mieux avec le réel et chez ceux qui ne possèdent pas d'ordinateur, ce sont 7 enfants sur 10 qui semblent avoir une meilleure compréhension avec le réel.

Figure 3 : " La balle qui vole " – Avec quelle manipulation ont-ils mieux compris ?



On constate donc une différence entre ces deux manipulations de l'impact sur la compréhension, "la balle qui vole" demandant pour les trois-quarts des enfants une référence au réel. D'après l'interview des enfants, cette importance de la référence au réel proviendrait de l'absence de référent connu et de la plus grande possibilité de tâtonnement expérimental dans l'action avec l'objet réel.

Au regard de ces résultats, dans tous les cas étudiés, les manipulations réelles continuent donc aujourd'hui à constituer pour les élèves de 7-8 ans un élément incontournable de la formation scientifique, même si l'on peut envisager des produits multimédia qui viendraient en complément. Ce résultat confirme le parti pris des nouveaux programmes de l'école élémentaire qui privilégie la démarche de découverte active et l'expérimentation directe, comme dans la démarche de "La main à la pâte".

4.2. La préférence dépend du milieu et de l'objet d'étude

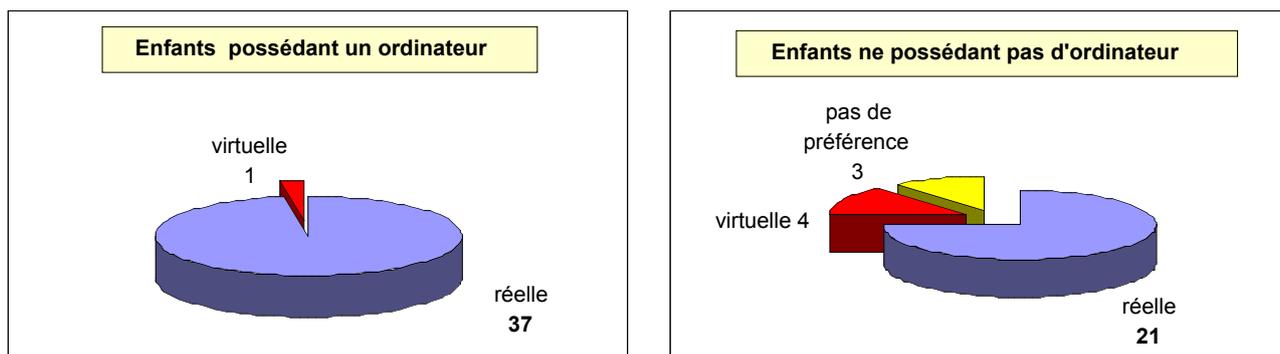
La prise en compte du rapport au savoir des élèves face à ces deux situations conduit aussi à cerner leur préférence et à analyser les raisons de leurs choix.

➔ Pour "la balle qui vole", l'attrait de la manipulation conduit la quasi totalité des enfants qui ont l'habitude de l'ordinateur à préférer la manipulation réelle. Dans ce cas bien particulier, on peut penser que c'est la "nature" même de l'expérience qui influence le jugement des enfants : "c'est plus amusant de faire voler la balle pour de vrai (Margaux) ; c'est impressionnant de voir une balle qui vole comme ça juste à cause de l'air (Anna)..." Il ressort toujours ce sentiment des élèves que la manipulation sur ordinateur n'est pas une "véritable" manipulation avec le statut de vérité que revêt ce que l'on fait avec ses mains et que l'on voit "en vrai" comme ils disent : "j'ai préféré en réel parce que c'est une vraie expérience, on tient les objets, alors que sur l'ordinateur ce n'est pas une vraie expérience (Benjamin) ; en réel on s'amuse, sur l'ordinateur on voit ; sur l'ordinateur on ne peut rien faire pour de vrai (Lamia) ; c'est la réalité, on peut faire vraiment alors que l'ordinateur il montre mais c'est pas du vrai, sur l'ordinateur on clique simplement mais c'est l'ordinateur qui fait tout (Guillaume)..."

Chez les enfants qui n'ont pas d'ordinateur à la maison, les trois quarts préfèrent également le réel, même si le contact nouveau avec cet objet de rêve que représente pour eux l'ordinateur entraîne le quart à préférer la manipulation virtuelle.

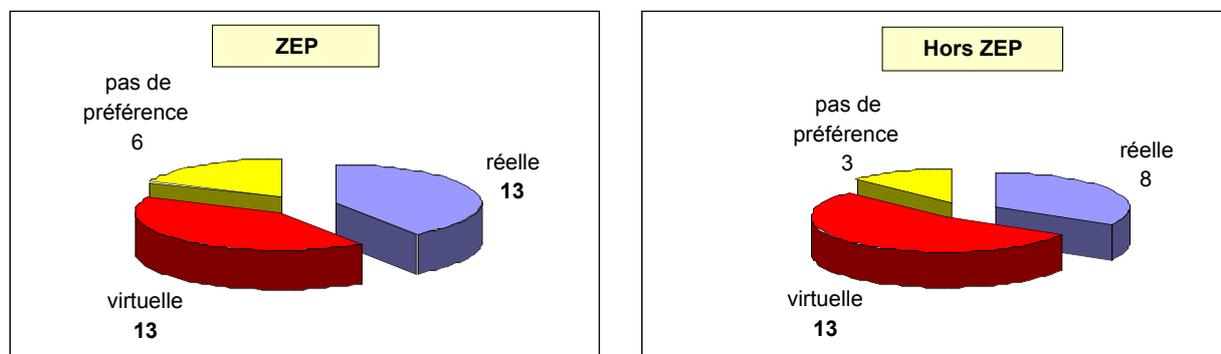
En revanche, le milieu socio-culturel n'a ici aucune importance puisque dans les 2 écoles, 9 enfants sur 10 préfèrent la manipulation réelle.

Figure 4 : "La balle qui vole" - Quelle manipulation ont-ils préférée?



➔ Le résultat est différent avec une manipulation moins surprenante comme celle des aimants où l'on note un renforcement de l'intérêt pour la manipulation virtuelle. Le phénomène est particulièrement visible lorsqu'on compare les résultats des deux écoles.

Figure 5 : Les aimants - Quelle manipulation ont-ils préférée ?



En ZEP, la moitié des élèves préfère le réel, l'autre moitié le virtuel. Par contre, en milieu favorisé, un quart seulement préfère le réel, alors que plus de la moitié préfère le virtuel, essentiellement pour le côté "ludique". "J'ai préféré le virtuel parce que j'aime bien jouer avec l'ordinateur (Estelle), je préfère le virtuel parce que c'est plus rigolo (Guillaume), c'est drôle de faire de l'aimant sur l'ordinateur (Luca)..." Ces résultats confirment l'importance du rapport à l'objet réel pour les enfants de ZEP [ROYON et al, 1999]. Beaucoup d'entre eux signalent l'importance de pouvoir toucher les objets, "je préfère la manipulation réelle parce que je peux la faire avec les mains, il y a de vrais aimants (Madisson)... et la référence aux sens est omniprésente : "sur l'ordinateur, on n'entend pas de bruit, on ne voit pas les vrais objets, on ne sait pas comment tenir les objets (Chloé)..." Avec la manipulation réelle, on observe une "appropriation" des objets et certains enfants vont même jusqu'à parler aux objets. Ce résultat correspond à l'état d'esprit concret bien connu pour les élèves de ZEP et les capacités d'abstraction davantage développées dans un milieu socioculturel plus intellectuel. Pour cette manipulation sur les aimants, l'habitude de l'ordinateur ne semble avoir qu'une légère influence puisque presque la moitié des enfants possédant un ordinateur disent préférer la manipulation réelle et 3 sur 10 la virtuelle, alors que chez ceux qui n'ont pas l'habitude de l'ordinateur, la moitié préfère la manipulation virtuelle et 4 sur 10 préfèrent le réel.

4.3. L'utilité ressentie du réel comme outil d'enseignement ou sa complémentarité avec le virtuel dépend de l'objet d'étude et du milieu social

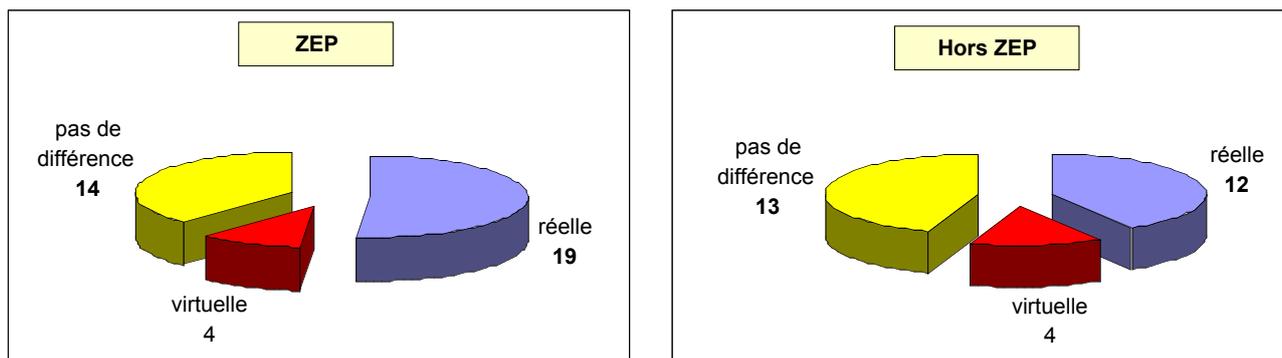
En ce qui concerne le jugement des enfants à propos de l'utilité respective du virtuel et du réel, on constate une différence d'opinion importante en fonction de la nature même de l'expérience.

Ainsi, pour "la balle qui vole", on ne note pas de différence importante entre les élèves des 2 écoles. Les enfants se répartissent en deux populations comparable en nombre :

- 4 élèves sur 10 jugent le réel plus utile,
- le même nombre apprécie la complémentarité des deux approches (complémentarité mieux perçue par les enfants de milieu plus favorisé).

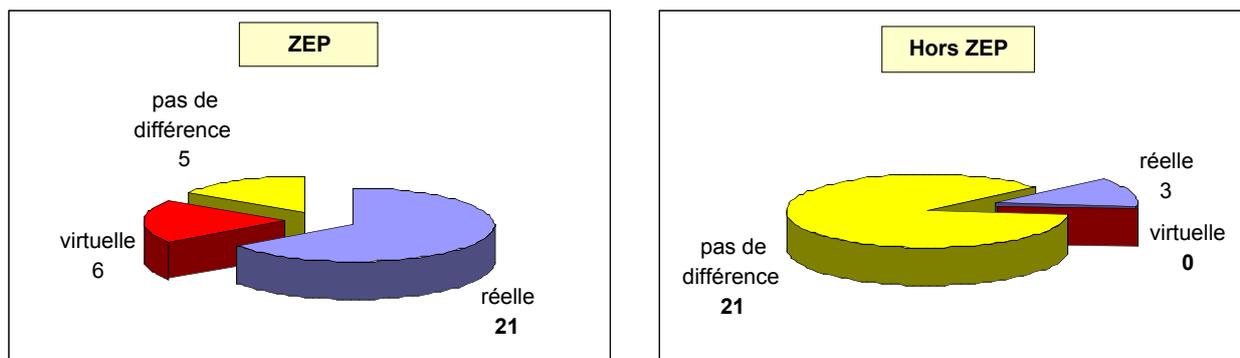
Le virtuel n'est considéré comme le plus utile que par 1 enfant sur 10.

Figure 6 : La balle qui vole - Quelle manipulation leur paraît être la plus utile ?



L'attractivité de "la balle qui vole", son effet de surprise, qui aiguise la curiosité, joue un rôle important dans la perception de l'intérêt de cette manipulation du réel. En revanche, pour l'expérience des aimants, on note une différence de perception importante selon le milieu socio-culturel. En ZEP, près des 3/4 des enfants jugent le réel plus utile, contre seulement un sur dix en milieu favorisé. 8 enfants sur 10 de ce milieu favorisé perçoivent une complémentarité des deux approches, aucun ne jugeant le virtuel suffisant !

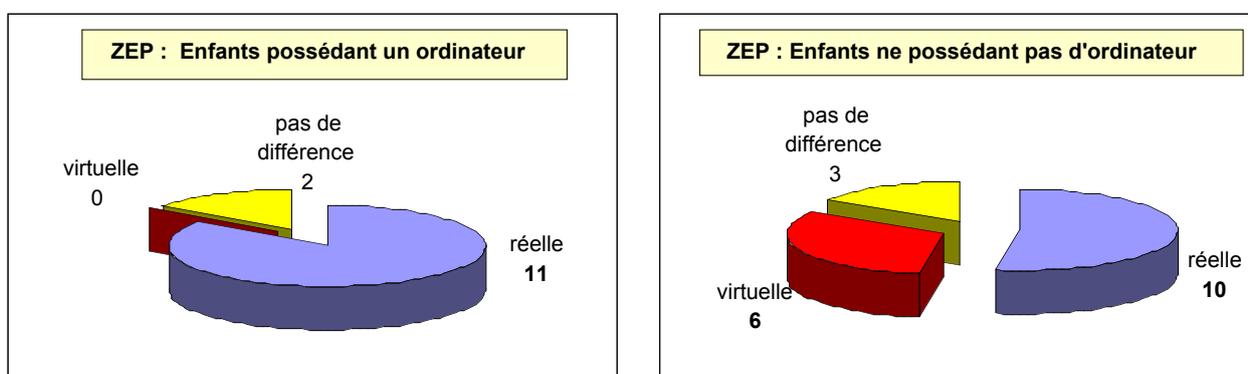
Figure 7 : Les aimants - Quelle manipulation leur paraît être la plus utile ?



Contrairement aux paramètres précédemment étudiés, à savoir la préférence et la compréhension, l'habitude de l'ordinateur semble avoir ici une influence déterminante sur le jugement de valeur. Mais, là encore, les conséquences sont différentes en fonction du milieu:

- alors qu'en milieu favorisé la majorité des enfants qui possèdent un ordinateur disent ne pas avoir de préférence,
- en ZEP, l'écrasante majorité de cette même catégorie d'enfants juge le réel plus utile... En ce qui concerne ceux qui n'ont pas d'ordinateur, même si la majorité juge le réel plus utile, 1 sur 3 attribuent cette qualité au virtuel.

Figure 8 : Les aimants - Quelle manipulation leur paraît être la plus utile ?



Cette appréciation par les enfants de l'utilité de l'expérimentation réelle est compatible avec celle sur la compréhension des phénomènes. La perception des enfants est donc en concordance avec leur compréhension réelle. On peut s'interroger sur le fait que l'habitude de l'ordinateur renforce encore cet intérêt pour le réel tout en jugeant positive la complémentarité de ces situations pédagogiques. L'interview permet de penser que pour certains enfants, en particulier de milieu favorisé, qui disent que "d'abord en réel, on s'entraîne et après on peut répondre aux questions et comprendre (Fanny)", l'ordinateur devient un organisateur du savoir, rôle traditionnellement joué par l'enseignant. Certains de ceux-là vont même plus loin en considérant que "sur l'ordinateur on apprend, sur la vérité on vérifie si c'était bon sur l'ordinateur" (Claire). Mais pour ceux de ZEP, comme celui qui dit "dans le virtuel je m'amuse et dans le réel on m'explique comment ça fonctionne, je peux prendre les objets dans mes mains (Ikram)", le réel a une place fondamentale dans l'apprentissage.

5. Une croyance en l'image à remettre en cause

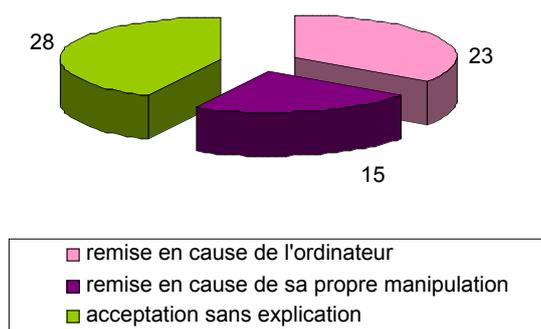
Le test supplémentaire effectué à la suite de cette première recherche conduit à s'interroger sur ces résultats. Il s'agissait de présenter sur l'ordinateur une situation impossible : la position horizontale du sèche-cheveux permettant à la balle de tenir en l'air, ce qui est totalement impossible à cause de la force de pesanteur, aucune force ne retenant la balle dans sa chute. En effet, alors que les élèves considèrent dans leur grande majorité le réel comme la référence pour comprendre, ils sont prêts à remettre en cause leur propre capacité manipulative en face d'un résultat aberrant proposé par l'ordinateur.

On constate trois types de comportements différents :

- ceux qui sont sûrs d'eux et qui affirment tout de suite que ce qu'on leur montre sur l'écran est impossible : "sur l'ordinateur, on joue avec des images (Simon) ; ce n'est pas un vrai sèche-cheveux ; sur l'ordinateur il y a des trucages (Céline); sur l'ordinateur, ils avaient préparé dans le programme que ça ne soit pas comme dans la réalité (Ilya); dans l'ordinateur, c'est pas quelqu'un qui fait, c'est une machine (Aïcha).. "
- ceux qui, sans remettre en cause ce qu'ils ont fait, croient ce que dit l'ordinateur mais sans trouver d'explications,
- enfin, ceux qui ont une croyance totale dans l'ordinateur et qui vont donc jusqu'à remettre en cause ce qu'ils ont fait. Ils affirment qu'ils ont sans doute mal manipulé "peut-être que j'ai mal fait (Chloé), il faudrait que je m'entraîne (Elsa), ça veut dire que moi je suis moins bon que l'ordinateur (Luc)..."; certains demandent à réessayer et s'il n'arrivent pas au même résultat cherchent des explications "peut-être qu'il faut lâcher la balle plus doucement, ou qu'il faut envoyer l'air plus doucement (Rosa)". On a l'impression qu'il faut à tout pris qu'ils arrivent à faire ce que fait l'ordinateur. On peut citer ainsi l'exemple de Dan, qui, avant de tester en virtuel, prévoit que la balle ne pourra pas tenir à l'horizontale. Cependant, lorsqu'il voit sur l'écran que c'est possible, il est très surpris et cherche une explication : "à mon avis, c'est parce que lorsqu'on essaye pour la première fois en vrai, on n'envoie pas l'air assez fort...". Il retourne donc essayer en réel, mais n'arrive toujours pas à faire tenir la balle à l'horizontale...

Pour la majorité des enfants, puisque l'ordinateur le montre, c'est que c'est possible, ils ne se posent même pas de question ! Cette constatation pose le problème de l'éducation à l'image et montre l'intérêt de la développer, comme les nouveaux programmes du primaire le prescrivent pour une éducation du citoyen.

Figure 9 : Pourquoi sur l'ordinateur la balle tient-elle en l'air avec le sèche-cheveux en position horizontale ?



6. Les difficultés rencontrées par les enfants doivent être prises en compte pour la création des modélisations multimédias

Au cours de cette recherche, nous avons pu mettre en avant plusieurs difficultés pour les enfants. Tout d'abord, la transposition de la réalité nécessite de reconnaître les objets. Les enfants ont beaucoup de mal à faire le parallèle entre les deux manipulations si les objets représentés en virtuel ne ressemblent pas exactement à ceux rencontrés dans la réalité, ce qui est le cas pour les schémas de la manipulation sur les aimants. Dans ce cas, l'abstraction du schéma, même réaliste, entraîne des difficultés de compréhension chez certains enfants



Enfin, comme nous l'avons développé auparavant, la croyance dans le virtuel (représenté par des photos d'objets réels) est telle qu'elle conduit un nombre non négligeable d'enfants à remettre en cause l'expérience vécue. Ici, contrairement au caractère abstrait du schéma, la vraisemblance de la photographie pousse les enfants dans ce sens "je croyais que c'était vrai puisqu'on avait fait une photo de la réalité (Ikram)".

L'ensemble de ces remarques montre l'importance de la qualité du produit virtuel proposé et les critères à soigner lors de sa réalisation :

- réalisme des schémas ou photographies d'objets connus "en vrai" (comme disent les enfants),
- prise en compte de l'ergonomie de la manipulation virtuelle, du cheminement intellectuel des enfants,
- importance des explications données...

Le test des expériences réelles avec un échantillon d'enfants permet de prévoir leurs réactions et de proposer dans le produit multimédia les cheminements instinctifs des utilisateurs afin qu'ils testent vraiment leurs hypothèses. L'intérêt de cette démarche de diagnostic a d'ailleurs été maintes fois démontré [GIORDAN, GUICHARD, 1997].

7. Conclusion et perspectives

Cette première approche de la comparaison entre l'intérêt pédagogique réel et perçu par les élèves donne quelques pistes que notre équipe TICE de l'IUFM de Paris (associée à l'E.N.S. de Cachan) continue d'étudier. Ce travail n'en constitue qu'une amorce. Une des limites repose sur les caractéristiques des manipulations virtuelles utilisées et renvoie à tout le travail qui a été effectué sur la modélisation [MARTINAND 1992, 1994]. Les différences de résultat obtenues entre les deux manipulations utilisées peuvent être causées par la forme du produit interactif utilisé, celui sur les aimants utilisant le schéma réaliste comme mode de représentation, alors que celui sur la balle utilise de l'animation d'image. Une étude complémentaire est en cours pour vérifier l'influence de ce paramètre.

Malgré ces limites, ces résultats démontrent que les enfants de ZEP préfèrent la manipulation réelle, aussi bien au niveau du ressenti que de la compréhension, et il apparaît que les enfants ne possédant pas d'ordinateur sont fortement attirés par la manipulation virtuelle, probablement en raison de l'attractivité de cet outil nouveau et symbole de progrès à leur yeux. A la suite de cette étude, la pertinence de la manipulation réellement faite par les enfants, avec cette confrontation vécue à des phénomènes physiques, ne fait aucun doute et ceci à la fois au niveau de la compréhension réelle des enfants que de leur intérêt.

Les premiers résultats renforcent l'importance donnée à une éducation scientifique à l'école par expérimentation directe et en particulier pour les élèves les plus en difficulté. Mais elle démontre la complémentarité du multimédia et du réel pour structurer et renforcer les apprentissages en particulier pour les élèves déjà habitués à l'usage de l'ordinateur. Ces résultats confirment que la mise "à distance" de l'objet réel ne semble pas changer beaucoup les résultats des apprenants [DESSUS et al, 1997].

Il n'en reste pas moins que la croyance en l'image est inquiétante, puisqu'elle existe même chez des enfants qui en majorité accordent un plus grand poids au réel pour comprendre des phénomènes physiques. Elle montre l'importance de l'éducation à l'image qu'il est nécessaire de développer à l'école.

Il est certain que cette réflexion peut avoir des applications lors de la création de produits multimédias pédagogiques pour l'éducation scientifique à l'école primaire et que les évaluations mises en œuvre dans une telle recherche peuvent interagir avec la conception de tel multimédia. C'est une piste de recherche que notre équipe teste actuellement dans le domaine de l'enseignement de la biologie.

8. Bibliographie

- BLAIS J.M., (1995). *Apprentissages et interactifs*. Revue de la société des musées québécois, Montréal, pp. 24-28.
- CARTONNET Y., DUREY A. (1996). *Une assistance multimédia interactive pour des séances de travaux pratiques ? Evaluation*. Sciences et Techniques Educatives, vol 3, n°4, pp. 425-441.
- CHARLOT B. (1997). *Du rapport au savoir, éléments pour une théorie*. Anthropos 112 p.
- CHARPAK, (1996). *La main à la pâte*, Flammarion, 160 p.
- COQUIDE (2000). *Le rapport expérimental au vivant*. Mémoire d'habilitation à diriger les recherches. Université Paris Sud Orsay.
- DE VECCHI G. (1993). *Aider les élèves à apprendre*, Paris, Hachette, 220 p.
- DELACOTE G. (1993) *Sciences et culture dans le nouveau monde*. Alliage : culture, sciences, technique, 16-17, pp. 152-160.
- DELACOTE G. (1996). *Savoir apprendre, les nouvelles méthodes*, Odile Jacob, 278 p.
- DENIS M. *Image et cognition*. Paris, PUF, 180 p.

- DESSUS P., LEMAIRE B., BAILLE J. (1997). *Etudes expérimentales sur l'enseignement à distance*. Sciences et techniques éducatives, vol 4, n°2, pp. 136-164.
- GIORDAN A., GUICHARD J., GUICHARD F. (1997). *Des idées pour apprendre*. Nice, Z'Editions, 330 p.
- GUICHARD J., MARTINAND J-L. (2000). *Médiatique des sciences*. Collection "éducation et de formation" - Paris, PUF, 240 p.
- HACKING I. (1983). *Concevoir et expérimenter. Thèmes introductifs à la philosophie des sciences expérimentales*. Paris, Christian Bourgeois - éditeur.
- HEIN H. (1990), *The Exploratorium, the museum as a laboratory*, Smithsonian Institute, Washington DC, 256 p.
- LENOIR Y. (1998). *Médiation cognitive et médiation didactique*. De la médiation didactique, pp. 223-251.
- LEVY P. (1991). *L'idéographie dynamique. Vers une imagination artificielle ?* Ed. La Découverte.
- MARTINAND J-L., Coordinateur (1992). *Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences*. Paris, INRP.
- MARTINAND, J-L., Coordinateur (1994). *Nouveaux regards sur l'enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences*. Paris, INRP.
- MINISTERE DE L'EDUCATION NATIONALE (2000). *Programmes de l'école élémentaire*, BO hors série n°1 du 14 février 2002.
- MINTZ A., THOMAS S. (1995). *The virtual and the real, media in the museum*. American Association Museum.
- MOTTET G. (1993). *Des images pour apprendre les sciences*. Images et enseignement, Ressources 95, 3, pp. 71-89.
- QUEAU P. (1982). *Les nouvelles images, des outils pour connaître et agir, problèmes audiovisuels*. n°4, INA, documentation française Paris.
- QUEAU P. (1986). *Eloge de la simulation*. Champ Vallon/INA, Paris.
- ROYON C., HARDY M., CHRETIENNOT C. (1999). *Quatre jeudis à la Villette, une pédagogie de la réussite*. Aster, 29, pp. 171-202.
- WEIL-BARAIS A. (2000). *Les méthodes en psychologie. Observation, expérimentation, enquête, travaux d'étude et de recherche*. Bréal, grand amphi psychologie, 284 p.