

INTRODUCTION

DES SIMULATIONS INFORMATIQUES DANS L'ENSEIGNEMENT DE LA CHIMIE DES SOLUTIONS

Stratégies & Évaluation

M. ERRADI*, M. KHALDI*, S. EZZAHRI*,
A. BENNAMARA**, M. TALBI**, S. BENMOKHTAR**

INTRODUCTION

Les premiers essais de l'utilisation de l'ordinateur dans l'enseignement des sciences ont concerné principalement son emploi comme outil de laboratoire, précisément dans l'acquisition et le traitement des données expérimentales. L'utilisation des simulations informatiques rencontrait par contre des difficultés, car on craignait de donner un prétexte aux enseignants pour ne pas faire des expériences [Durandea & Sarmant, 1996].

Aujourd'hui et grâce à l'évolution massive de l'informatique sur les plans matériel et logiciel, mais grâce aussi à une vision nouvelle de l'enseignement, un enseignement basé sur la mise en place des conflits cognitifs et des activités de recherche, la simulation informatique se situe au même niveau que l'expérimentation [Durey & Beaufiles, 1998].

En effet, l'utilisation des simulations informatiques dans l'enseignement des sciences a fait l'objet de plusieurs recherches en sciences de l'éducation. White [1993] et Lewis & al [1993] ont proposé des démarches pédagogiques utilisant les simulations informatiques, permettant de développer des modèles mentaux chez les apprenants.

Gorsky & Fingold [1992] ont utilisé les simulations informatiques pour mettre en place des situations de conflits cognitifs permettant aux apprenants de raffiner leur conception.

* E.R.D.I.C École normale supérieure de Tétouan - Maroc.

** E.R.D.I.C Faculté des sciences BenMsik Casablanca - Maroc.

Utilisant les simulations informatiques, Simmons & Lunetta [1993] ont développé et évalué une stratégie de recherche dynamique permettant le développement des habilités de raisonnement chez des novices et des experts.

Dans une étude récente de Monaghan & Clement [1999] intitulée « Use of a computer simulation to developmental simulations for understanding relative motion concepts », les auteurs montrent que l'activité de simulation informatique permet de créer un conflit cognitif et conduit les apprenants à construire une nouvelle représentation sur le concept « mouvement ».

Il s'ensuit donc de ce panorama bibliographique que les simulations informatiques peuvent créer un contexte pédagogique permettant la mise en place des situations de recherche et de conflit cognitif.

PROBLÉMATIQUE ET OBJECTIF DE L'ÉTUDE

L'enseignement de la chimie des solutions dans les cursus de formation au Maroc, dans le secondaire comme dans le supérieur est dominé, dans la plupart des cas, par un aspect plutôt mathématique que chimique. Le manque d'outil et de support didactique adéquats ne permet pas une bonne assimilation de la plupart des concepts et notions de la chimie des solutions, des notions de quantitativité, d'équilibre, de prédominance, de neutralisation etc. [Erradi & al, 2001].

La chimie des solutions peut constituer, cependant, un domaine pertinent pour l'utilisation des simulations informatiques. L'intégration des simulations informatiques dans l'enseignement des titrages, par exemple, peut donner une nouvelle dimension pédagogique à cette technique. Désormais, on peut faire d'elle un outil d'investigation, de vérification, de prévision et d'analyse des phénomènes acides - base. L'attention de l'apprenant peut se porter davantage sur une analyse des phénomènes en termes purement chimiques éliminant ainsi tout calcul numérique superflu [Roche & al, 1990]. Confrontée à l'expérimentation, la simulation permet à l'apprenant d'interpréter en détails les observations effectuées.

En offrant la possibilité de modifier aisément les systèmes, les variables et les constantes, la simulation peut aider énormément l'enseignant dans la mise en œuvre et la préparation des modes opératoires adéquats pour les travaux pratiques.

Le présent article rend compte d'une expérimentation basée sur l'utilisation des simulations informatiques de titrage acide-base dans des situations didactiques basées sur l'implication active de l'apprenant dans la construction de son savoir. Deux approches dans l'utilisation des simulations informatiques sont mises en place et évaluées avec un groupe d'élèves-professeurs. Notre objectif est d'examiner le changement dans le comportement de ces élèves face à de telles situations, nouvelles pour eux.

Matériel utilisé

Dans cette expérimentation, nous avons utilisé le logiciel Simul-tit2¹ pour la réalisation des simulations et la configuration SMF10² pour la réalisation des manipulations pratiques. Deux approches dans l'utilisation des simulations sont envisagées :

Première approche : de l'expérimentation à la simulation

Dans cette approche la simulation est utilisée en aval de l'expérimentation, pour analyser et interpréter les résultats expérimentaux obtenus. L'activité pratique proposée consiste en titrage pH-métrique de 10 ml d'une solution mélange contenant à la préparation NH_4Cl (0.1M), Na_2CO_3 (0.1M), HF (0.1M) par une solution de soude NaOH 0.2 M. Les stagiaires doivent interpréter la courbe $\text{pH}=\text{f}(\text{v})$ obtenue.



La figure 1 représente le modèle de la démarche adoptée par les stagiaires dans la résolution du problème proposé. Dans ce modèle, la simulation informatique constitue un élément fondamental dans la

1. de Langage & Informatique (France).

2. SMF10 configuration Ex.A.O de la société Pierron (France)

démarche de résolution dans la mesure où elle a permis de rendre compte des différentes réactions mises en jeu dans ce titrage. Elle a permis aussi d'interpréter et de justifier les différentes inflexions observées dans la courbe de titrage.

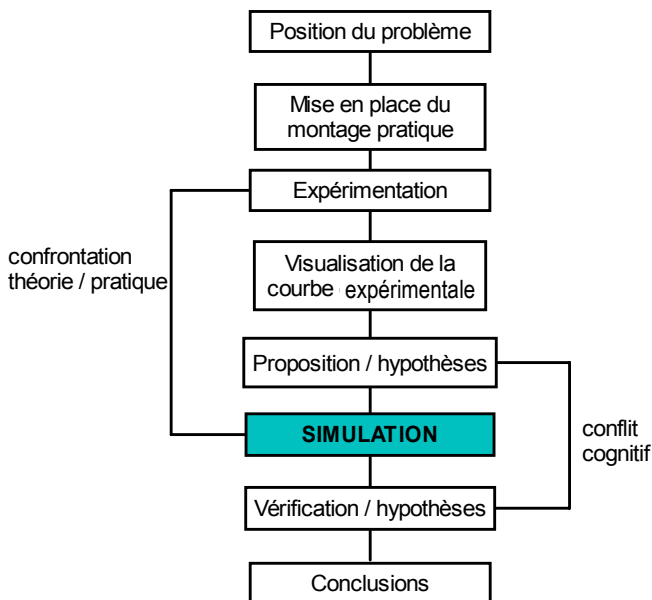


Figure 1. Démarche adoptée par les stagiaires dans la réalisation de la tâche : expérimentation – simulation.

De l'analyse des résultats du pré-test/post-test (QCM) et de l'interview des stagiaires, nous avons pu déceler d'importants changements sur le plan cognitif et méthodologique.

Les stagiaires ont des idées sur les notions de quantitativité, de prédominance, de la force d'un acide, de la précipitation, de la complexation, etc. Ces idées ne sont pas, cependant, mobilisées dans la situation problème en question. Le recours à la simulation les a obligés à remettre en question ces hypothèses. On peut dire qu'à ce niveau la simulation informatique a pu stimuler une situation de conflit cognitif importante (les hypothèses faites par les stagiaires sont souvent contradictoires aux résultats de la simulation). Cette situation leur a permis de reconstruire le savoir sur les notions citées auparavant.

Sur le plan méthodologique, la simulation a permis aux stagiaires de développer une activité jusque-là sous-estimée par beaucoup de nos étudiants [Erradi & al, 1995], qui est l'analyse des données d'un problème.

Le recours à la simulation a obligé les stagiaires à relire de nouveau le problème attentivement, en faisant une analyse des réactifs formant la solution initiale et en réfléchissant sur les différentes réactions qui peuvent avoir lieu avant et au cours du titrage.



photo : Mouaffak

Deuxième approche : de la simulation à l'expérimentation.

Dans cette approche, la simulation informatique est utilisée en amont d'une expérience comme outil d'aide pédagogique à la mise en place des modes opératoires. Chaque binôme est amené à élaborer et à réaliser sa propre manipulation (définition des objectifs, mise en place d'un mode opératoire, réalisation de la manipulation, interprétation des résultats, conclusion). La manipulation doit porter sur le titrage pH-métrique de l'acidité d'un produit commercial.

En observant les stagiaires et en analysant leurs documents écrits, nous avons remarqué qu'ils ont adopté presque la même démarche dans la résolution du problème (figure 2).

Dans cette approche didactique, le recours à la simulation permet de développer et de valoriser une nouvelle activité cognitive : la recherche bibliographique. En choisissant un produit de la vie courante comme le jus de citron ou pharmaceutique comme la vitamine C, le stagiaire est obligé (pour pouvoir simuler) de se documenter sur ce

produit, connaître la nature et les teneurs approximatives des espèces chimiques qu'il contient. Il doit chercher dans les tables les constantes d'équilibre des différentes réactions envisagées etc. À ce niveau, le stagiaire est forcé de mobiliser son savoir sur les différentes notions d'acide-base, de précipitation et de complexation, et l'adapter à la nouvelle situation problème.

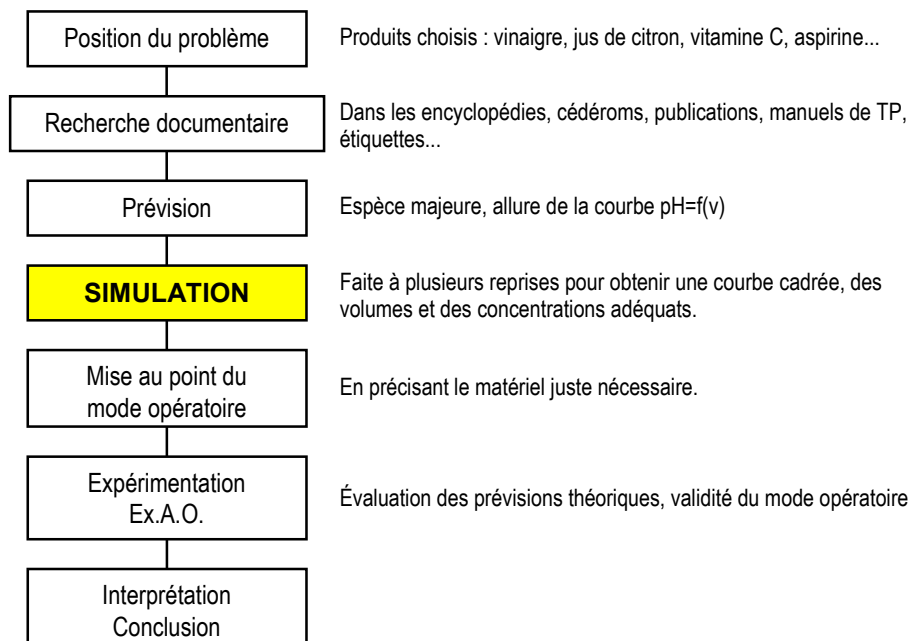


Figure 2. Démarche adoptée par les stagiaires dans la réalisation de la tâche : simulation - expérimentation

Nous avons remarqué que cette activité a pu engendrer chez les stagiaires d'autres comportements qui ne sont pas moins importants : savoir extraire une information de différentes sources (livre, manuel de TP, article de recherche, encyclopédie, cédérom, étiquette d'un produit...); savoir transformer les données (conversion des teneurs du gramme par litre au mole par litre).

Sur le plan méthodologique, le recours à la simulation a énormément aidé les stagiaires dans la planification du mode opératoire, en contrôlant les paramètres et les variables du problème, en les adaptant pour des fins pédagogique et didactique (faire varier les valeurs des volumes et des concentrations pour avoir des conditions de réalisation

pratique : un volume d'équivalence proche de 10ml, un volume de prise d'essai en rapport avec la pipette dont on dispose, des concentrations de l'ordre de 0.1 mole par litre).

CONCLUSIONS

Dans les différentes approches didactiques présentées dans cet article, la simulation informatique constitue un élément fondamental de la démarche scientifique. Elle a pu créer des situations de conflit cognitif permettant aux stagiaires de tester, d'évaluer et de reconstruire leur propre savoir sur des notions et des concepts fondamentaux en chimie des solutions, comme la prédominance, la quantitativité, la force d'un acide, le degré d'avancement d'une réaction, la neutralisation etc.

Cependant, on ne peut pas avancer que les apprenants ont pu exploiter au maximum la simulation informatique. Il faut dire que dans les deux approches les élèves-professeurs ont travaillé avec une boîte noire (le simulateur) puisqu'ils ignorent complètement le modèle mathématique qui régit cette simulation. Ils sont tout simplement des utilisateurs.

Nous avons expérimenté une autre approche dans l'utilisation des simulations, dans laquelle les apprenants participent à l'élaboration et à l'évaluation du simulateur. Les premiers résultats de l'évaluation ont pu montrer d'autres avantages pédagogiques de la simulation (dans le prochain article).

M. ERRADI, M. KHALDI, S. EZZAHRI,
A. BENNAMARA, M. TALBI, S. BENMOKHTAR

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- DURANDEAU J.-P. & SARMANT J.-P. (1996). De l'expérience à la simulation. Actes des 7^{ème} Journées Nationales Informatique et pédagogie des Sciences Physiques, Udp et INRP, p. 25-31.
- DUREY A. & BEAUFILS D. (1998). L'ordinateur dans l'enseignement des sciences physiques : Questions de didactique. Actes des 8^{ème} Journées

Nationales Informatique et pédagogie des Sciences Physiques, Udp et INRP, p. 63-74.

- ERRADI M. (2001). L'hypermédia au service de la formation continue : conception d'un logiciel pour l'apprentissage de la chimie des solutions CHIMSOL. *Thèse de doctorat, sous presse*.
- ERRADI M. & KHALDI M. (1995). Les problèmes de la chimie générale : construction et analyse des réseaux de résolution. « *L'Éducateur* », *Revue de l'E.N.S de Tétouan*, N° 5.
- GORSKY P. & FINEGOLD M. (1992). Using computer simulations to restructure students' conceptions of force. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, vol.11, p. 163-178.
- LEWIS E., STERN J. & LINN M. (1993). The effect of computer simulations on introductory thermodynamics understanding. *Educational Technology*, Jan, p. 45-58.
- MONAGHAN J.-M. & CLEMENT J. (1999). Use of a computer simulation to develop mental simulations for understanding relative motion concepts. *International Journal of Science Education*, vol.21 (9), p. 921-944.
- ROCHE M., DESBARRES J., COLIN C., JARDY A. & BAUER D. (1990). Chimie des solutions. *Eds. Lavoisier Tec & Doc, Langage & Informatique*, Toulouse, France, 358 p.
- SIMMONS P.-P. & LUNETTA V.-N. (1993). Problem solving behaviors during a genetics computer simulations : beyond the expert / novice dichotomy. *Journal of research in teaching*, vol. 30, N° 2, p. 153-173.
- WHITE B.-Y. (1993). Thinker tools: causals models, conceptual change, and science education. *Cognition and instruction*, vol. 10, p. 1-100.