

# Le projet SAI : Scénarios d'Animations Interactives

*Nicolas Pagès, Monique Noirhomme*  
Institut d'Informatique – FUNDP  
Rue Grandgagnage, 21  
5000 Namur – Belgique  
npa@info.fundp.ac.be

## RESUME

Ce projet porte sur la mise en œuvre d'un système interactif prenant la forme d'un laboratoire virtuel. Il s'adresse à deux types d'utilisateurs distincts : d'une part l'auteur ou professeur, et d'autre part l'étudiant. L'objectif est de permettre à un utilisateur non informaticien la création d'expériences scientifiques, et leur mise à disposition pour les étudiants. Dans cet article, nous présentons les raisons qui ont motivé la mise sur pied de ce projet, nous détaillons le système et son implémentation, et nous présentons les deux expériences qui sont en cours de développement à l'heure actuelle.

**MOTS CLES :** Interactivité, laboratoire virtuel, expérience.

## ABSTRACT

This project is about the development of an interactive system taking the shape of a virtual laboratory. It has two types of distinct users: first the author or professor, and second the student. The objective is to allow a non computer scientist user to create scientific experiences, and to put them at the students' disposal. In this article, we present the reasons that motivated this project, we detail the system and its implementation, and we present the two experiences that are currently being developed.

**KEYWORDS:** Interactivity, virtual laboratory, experience.

## INTRODUCTION

La plupart des domaines scientifiques requièrent un apprentissage qui se veut à la fois théorique et pratique. Cela signifie concrètement qu'il s'agit pour ceux qui se destinent à devenir expert dans l'un de ces domaines, qu'ils devront non seulement maîtriser tous les fondements théoriques de leur science, mais qu'ils devront également mettre en

pratique et vérifier ces théories. Cela se fait généralement dans le cadre d'un laboratoire.

Cependant, l'existence de certains problèmes constitue un obstacle à un apprentissage de qualité un tel cadre. Parmi ceux-ci, on peut citer le nombre d'étudiants souvent trop élevé par rapport aux capacités des laboratoires, le coût élevé de ces laboratoires, en particulier de tout l'équipement nécessaire pour fournir un travail de qualité, etc. On peut encore évoquer le problème de la distance pour certains étudiants, par exemple ceux qui ont un horaire décalé, et qui doivent parfois parcourir de longues distances afin de se rendre aux séances de laboratoire. Enfin, on évoquera le manque de rentabilité de ces laboratoires, en termes de temps passé par l'étudiant à l'intérieur, et comparé à l'investissement nécessaire.

L'objectif du projet SAI est de développer un laboratoire virtuel qui permette de reproduire des expériences réelles et de les rendre accessibles au plus grand nombre via Internet. Cela suppose, d'une part la prise en compte de toutes les barrières imposées par un tel contexte, et d'autre part l'émergence de possibilités qui n'existent pas dans un laboratoire réel. Parmi les limitations, nous citerons la principale, à savoir l'absence de contact physique direct, avec tout ce que cela comporte comme inconvénients, et notamment l'absence de manipulation réelle des outils du laboratoire, ce qui implique donc une absence de cet apprentissage. On peut également souligner que l'objectif d'un tel laboratoire reste de simuler des expériences, et qu'il est bien entendu impossible de manière parfaite de reproduire les conditions réelles dans un environnement virtuel.

En ce qui concerne les possibilités offertes par un tel système, on se contentera de noter qu'elles sont nombreuses, et de relever celles qui à nos yeux sont les plus significatives :

- Intégration de l'expérimentation avec l'apprentissage, sans avoir à attendre les séances de laboratoire pour pouvoir faire le lien entre théorie et pratique
- Accélération des expérimentations par le biais de la simulation, permettant de faire beaucoup plus d'études paramétriques ou d'études de cas.
- Accélération des expériences et suppression des tâches répétitives, permettant de passer plus de temps à des tâches liées à l'analyse et l'interprétation des résultats.
- Accès illimité à l'expérimentation en tout temps, sauf dans le cas d'expérimentation réelle à distance.

Comme souligné dans [LVEST], un nombre important d'institutions travaillent à la mise en place de laboratoires virtuels sur le web. Il est tout d'abord à noter que les articles traitant des laboratoires virtuels ne sont pas nombreux alors que le nombre de sites de ce type sur le web augmente chaque jour. On semble donc avoir adopté dans ce domaine une approche expérimentale très ouverte, caractéristique du web, donnant lieu à une multitude de réalisations des plus diverses. La visite de nombreux sites « laboratoire virtuel » sur Internet révèle ainsi une très grande disparité tant dans les buts que dans les approches choisies par leurs concepteurs et aussi dans la qualité des résultats obtenus. Dans un but d'analyse, une typologie des laboratoires virtuels mis en place à ce jour sur le web a été établie [LVEST], se basant sur les buts visés par chacun d'eux. Si on laisse de côté un grand nombre de sites qui offrent sous ce nom des visites en image de laboratoires existants, on peut regrouper les autres sites en cinq grandes catégories, selon leur buts, explicites ou implicites :

- les sites avec **expérimentation à distance** par la télécommande d'instruments réels, avec ou sans rétroaction visuelle par canal vidéo,
- les sites basés sur la **simulation**, que ce soit en mode local, distant (programme de simulation tournant sur le serveur) ou encore au travers de fureteurs par le biais d'applets (Java),
- les sites orientés vers les **procédures** de laboratoire, dans lesquels l'apprenant est généralement amené à faire une série d'opérations dans un ordre bien déterminé afin

de mener à bien son expérience, souvent supporté par des animations,

- les sites offrant du **matériel de référence** en complément au laboratoire, à utiliser tant avant qu'après les séances de laboratoire (préparation des expériences, familiarisation avec le montage et les instruments, etc., puis traitement des données, analyse, interprétation, rapport, etc.),
- les sites visant la mise en commun de ressources à des fins de recherche et favorisant le **travail collaboratif**. Ces sites sont souvent construits autour d'équipements coûteux tels que microscopes électroniques, télescopes, logiciels complexes, etc.

Les quatre premières catégories ont un but didactique alors que la dernière est généralement orientée vers la recherche. Le projet SAI s'inscrit à la fois dans la deuxième catégorie et dans la troisième, c'est-à-dire qu'il est basé sur des simulations, mais qu'il est nécessaire pour l'apprenant de réaliser certaines opérations afin de pouvoir réaliser la simulation. La pertinence de l'ordre de ces opérations est déterminée par l'auteur au cours de la conception de l'expérience.

## LE PROJET SAI

Ce projet a pour objectif d'offrir à un auteur de contenu, non informaticien, un outil très simple qui lui permette la création et la simulation d'expériences scientifiques, de manière interactive. Il est conçu pour s'adresser à deux types d'utilisateurs distincts : d'une part le professeur ou auteur, et d'autre part l'étudiant ou apprenant. Pour chacun d'eux, aucune expertise particulière n'est requise en matière d'informatique. Deux interfaces différentes sont conçues dans le cadre de ce projet, une pour chaque type d'utilisateur. Chacune de ces deux interfaces offre à l'utilisateur diverses possibilités et options, qui varient donc selon qu'il s'agit d'un professeur ou d'un étudiant.

Un certain nombre d'objets sont mis à la disposition de l'auteur. C'est autour de ces objets que le projet s'articule, ils en constituent la base. L'auteur se voit donc offrir la possibilité de choisir parmi le panel d'objets mis à sa disposition ceux qui l'intéressent. Il a ainsi la possibilité de les « ajouter » dans l'expérience en cours de création. Chaque objet a bien entendu un certain comportement qui lui est

propre, et différents objets peuvent interagir entre eux. L'auteur peut alors paramétrer ces différents objets à sa guise, et peut définir les différentes actions qui seront accessibles ou pas à l'apprenant. Il lui donc possible de créer de toute pièce une expérience uniquement à partir des différents objets, en insérant ceux qu'il juge nécessaires pour la réalisation de cette expérience. Néanmoins, il aura également la possibilité de choisir parmi un certain nombre de scénarios prédéfinis. Une fois l'expérience créée, elle peut être stockée dans une base de données. L'auteur peut ensuite apporter les modifications qu'il souhaite à une expérience.

Une expérience qui a été sauvegardée dans la base de donnée devient accessible pour un étudiant. Ce dernier peut uniquement la consulter, et n'a aucune possibilité de la modifier en aucune façon. Il n'a à sa disposition que les possibilités de paramétrage que l'auteur de l'expérience lui a accordées. Il pourra donc de cette manière modifier les paramètres auxquels il a accès des objets se trouvant sur la scène. Ensuite il lui sera loisible de vérifier les résultats de l'expérience compte tenu de ces paramètres.

Dans un premier temps, le projet s'appuiera sur deux exemples particuliers en biochimie et en physique : la chromatographie échangeuse d'ions et les lois de Newton

Ces choix sont motivés par les raisons suivantes :

**La chromatographie :** il s'agit d'une expérience qui est à l'heure actuelle dispensée en deuxième année d'études de médecine à l'Université de Namur. Malheureusement, cette expérience est amenée à disparaître du cursus à court terme. Il s'agit d'une expérience très intéressante et importante dans le domaine de la biochimie. Par conséquent, il semble intéressant de pouvoir la maintenir accessible aux étudiants malgré tout.

**Les lois de Newton :** il existe déjà de nombreuses expériences sur le web dans le domaine de la physique. Néanmoins, la grande majorité de celles-ci concerne le domaine de l'électricité, et très peu, pour ne pas dire aucune, ne concernent le domaine couvert dans ce projet. Par conséquent il nous semblé intéressant de développer cette expérience de manière virtuelle, en particulier parce que les lois de Newton sont relativement abstraites, et difficiles à cerner pour un étudiant. Le fait de pouvoir visualiser les effets de forces directement devrait

leur permettre d'appréhender cette théorie plus facilement.

## LA CHROMATOGRAPHIE ECHANGEUSE D'IONS

La chromatographie est une méthode analytique qui est largement utilisée pour la séparation, l'identification et le dosage des constituants chimiques dans des mélanges complexes. Il n'existe aucune autre méthode qui soit aussi puissante et d'application aussi générale. La chromatographie recouvre une grande diversité de méthodes et de techniques. Cependant, toutes les méthodes ont en commun l'utilisation simultanée d'une phase stationnaire et d'une phase mobile. La phase stationnaire est une phase qui reste en place, soit dans une colonne, soit sur une surface plane. La phase mobile se déplace sur ou à travers la phase stationnaire, en entraînant le mélange avec elle. On distingue deux grands types de méthodes chromatographiques : la chromatographie planaire, et la chromatographie sur colonne. La chromatographie échangeuse d'ions est une méthode particulière de chromatographie sur colonne, où des résines échangeuses d'ions servent de phase stationnaire. Il s'agit donc d'une méthode de séparation où des ions de même signe sont séparés par élution sur une colonne remplie d'une résine finement divisée.

Dans le cadre de cette expérience, différents objets interviennent, parmi lesquels on peut citer la colonne et la pompe.

Le plus important de ces deux objets est la colonne, car elle peut être paramétrée de manière complexe. On peut tout d'abord modifier ses dimensions, c'est-à-dire sa longueur et son diamètre. On peut également modifier le diamètre des particules qui remplissent la colonne (actuellement, les niveaux de granulométrie atteints sont de l'ordre de 5 à 10  $\mu\text{m}$  de diamètre particulaire). Ces 2 paramètres sont très importants et ont une grande influence sur l'efficacité de la colonne. De plus, pour être efficace, la chromatographie requiert un équilibre judicieux entre les forces intermoléculaires qu'impliquent les 3 acteurs du processus de séparation : l'analyte, la phase mobile, et la phase stationnaire. Etant donné que dans le cadre d'une expérience à objectif didactique, la composition de l'analyte est généralement donnée, il reste à choisir les phases mobile et stationnaire. On soulignera ici l'importance pour l'apprenant d'avoir la possibilité

d'effectuer de multiples essais en un temps relativement court. En effet, dans le cadre d'un laboratoire, la réalisation complète d'une chromatographie échangeuse d'ions a duré un peu près 120 minutes. Alors que dans un contexte virtuel, les résultats peuvent être obtenus immédiatement.

Le résultat fourni suite à la réalisation de l'expérience est un graphique dénommé chromatogramme, qui présente en ordonnée la concentration en soluté, et en abscisse le temps d'élution ou le volume d'élution. Généralement on obtient une série de pics symétriques, et les positions des pics sur l'axe du temps permettent d'identifier les constituants de l'échantillon tandis que les aires sous les pics mesurent leur quantité. Il est donc important d'obtenir un chromatogramme où les pics ne se chevauchent pas et ne sont pas trop larges. Il est donc nécessaire de maîtriser les paramètres qui soit augmentent la vitesse de séparation des pics, soit diminuent leur vitesse d'élargissement. Par exemple, l'un des paramètres qui influence la largeur des pics est le diamètre des particules de support. On peut également citer le temps de rétention (temps qui s'écoule entre l'injection de l'échantillon et l'apparition d'un pic de soluté sur le détecteur d'une colonne chromatographique). Le temps de rétention peut être influencé par le choix de la nature de la phase stationnaire.

## LES LOIS DE NEWTON

Rappelons des lois de Newton :

- **Première loi** (ou principe d'inertie) : lorsqu'un solide est isolé ou pseudo isolé (résultante des forces nulle), son centre d'inertie  $G$  est soit au repos ( $G$  est initialement immobile), soit animé d'un mouvement rectiligne uniforme.
- **Deuxième loi** (ou théorème du centre d'inertie) : la somme des forces extérieures appliquées à un solide est égale au produit de la masse du solide par l'accélération  $a_G$  de son centre d'inertie  $G$
- **Troisième loi** (ou principe de l'action et de la réaction) : lorsqu'un corps  $A$  exerce sur un corps  $B$  une action mécanique représentée par une force  $F(A/B)$ , le corps  $B$  exerce sur  $A$  une action mécanique représentée par une force  $F(B/A)$ . Ces deux forces ont même direction, sens contraire et même norme

- **Loi de la gravitation universelle** : deux corps quelconques s'attirent en raison directe de leur masse et en raison inverse du carré de la distance de leurs centres de gravité.

Ici, les différents objets impliqués sont à l'heure actuelle :

- une masse
- une corde
- une surface
- une traction sur la corde (symbolisée par une personne)
- une poulie
- une pression sur un objet (symbolisée par une main)

Ces différents objets sont bien entendus paramétrables, et peuvent faire l'objet de nombreuses interactions. On citera parmi les différents paramétrages possibles les suivants :

- L'objet masse a comme caractéristiques une masse particulière, un matériau particulier, et enfin une certaine gravité.
- La surface, quant à elle, a également comme paramètre le matériau qui la compose, qui a une influence directe sur le frottement de cette surface. Elle a également un certain angle.
- La corde : on distingue deux types de corde, à savoir celle qui a une masse nulle, et celle qui a une masse non nulle.

Voilà pour les principaux paramétrages possibles concernant ces différents objets. On peut maintenant citer certaines des interactions possibles entre ces différents objets :

- L'une des interactions principales est la possibilité pour la masse de glisser sur la surface, plus ou moins vite selon, sa masse, la gravité, et leur composition respective qui implique un frottement plus ou moins élevé.
- On citera également les différentes interactions impliquant des forces et se produisant entre la corde et la masse, sur la poulie, entre la personne (représentant la traction) et la masse, etc.

## Références

BENDER, D. A., Combining a Computer Simulation with a laboratory Class - the Best of Both Worlds ? in Computers Education, Vol 13, No 3, pp 235-243, 1989

BHÉREUR, P., RICHARD, P., CHAPUT, M., (1993). L'apprentissage par problème, une approche pédagogique novatrice, Biologiste : profession, formation, perspectives, Actes du 18ème congrès de l'association des biologistes du Québec, Montréal, Novembre 1993 ; Université de Montréal, Collection Environnement, volume 17, 229 p.

BLOOM, B. et al (1956). Taxonomy of Educational Objectives, Handbook 1 : Cognitive Domain, New York : Longman Green.

BRUCE R. G., Distance Delivery and Laboratory Courses, in Proceedings of 1997 ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, IEEE, New York, 1997, available on line at <http://fairway.ecn.purdue.edu/~fie/fie97/>

DION, D., et al, Development of Educational Tools : a Web-Oriented Approach, in Proceedings of 1997 ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, IEEE, New York, 1997, available on line at <http://fairway.ecn.purdue.edu/~fie/fie97/>

FISCHMAN, J., Working the Web with a Virtual Lab and some Java, in Science, Vol. 273, No 2, pp 591 - 593, Aug. 1996.

GAGNÉ, R. M. (1965). The Psychological Bases of Sciences : A Process Approach (Washington : American Association for Advancement of Science)

GAGNÉ, R. M., (1963). The learning requirements for enquiry. Journal of Research in Science Teaching, Vol 1 no 2, p 144 - 153

GERTZ, M. W. et al, A Human-Machine Interface for Distributed Virtual Laboratories,

in IEEE Robotics & Automation Magazine, pp 5 - 13, Dec. 1994.

HAUN, R. S., Steps to Build the Virtual Laboratory, in Nature Biotechnology, Vol 15, No 7, pp 683 - 684, 1997.

HODSON, D., (1996). Laboratory work as scientific method : three decades of confusion and distortion. Journal of curriculum studies, vol 28 , no2, p 115 - 135.

HOFFMAN, C. M., Soft Lab – A Virtual Laboratory for Computational Science, in Mathematics and Computers in Simulation, Vol. 36, No 4, pp 479 - 491, 1994

INGLIS, A. (1993). The virtual laboratory : A comic book approach to teaching laboratory skills at a distance. Developing Open Courses. Centre for Distance Learning, Monash University Gippsland Campus, Churchill, Victoria, Australia. P 165 - 186

LVEST, Laboratoires virtuels pour l'éducation en sciences et technologie. Responsable du projet : Samuel Pierre.  
<http://www.licefteluq.quebec.ca/lvest/index2.htm>

MENGEL, S., et al, Using a Hypertext Instructional Design Methodology in Engineering Education, in Proceedings of 1997 ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, IEEE, New York, 1997, available on line at <http://fairway.ecn.purdue.edu/~fie/fie97/>

NABER, D., LEBLANC, G., Providing a Human Biology Laboratory for Distant Learners, in The American Journal of Distance Education, Vol. 8, No 2, 1994.

OLNEY, D., On Laboratory Work, in Journal of Chemical Education, Vol. 74, No 11, pp1343 - 1345, Nov. 1997