

# Utiliser les technologies pour favoriser l'apprentissage des étudiants

## Quels sont les apports potentiels de la plate-forme WIMS ? Application à l'enseignement de la chimie

Jean-Marc Duffault, Nicolas Rabasso et Marie-Joëlle Ramage

**Résumé** La plate-forme WIMS (« Web interactive multipurpose server ») génère, en utilisant les fonctionnalités de logiciels libres, des exercices originaux, à variables aléatoires, corrigés automatiquement et notés, dans de nombreux domaines scientifiques ou non, et pour des niveaux d'apprentissage divers. Elle offre également une « classe virtuelle » où le travail et la progression de l'étudiant pourront être évalués. Ce dispositif favorise la motivation, l'apprentissage par l'interaction entre les étudiants et un retour régulier sur leur progression. Enfin, WIMS peut aider à la gestion des grands groupes hétérogènes. Au travers d'une présentation générale de quelques possibilités offertes par l'application, l'apprentissage de la chimie en premier cycle universitaire est présenté.

**Mots-clés** Plate-forme WIMS, chimie, chimie organique, apprentissage, technologie, pédagogie universitaire, MIEC-JIREC 2011.

**Abstract** **Using WIMS platform for chemistry teaching purpose**

The WIMS ("Web Interactive Multipurpose Server") is an open source, e-learning platform which hosts exercises with random variables. The numerous exercises available concern all fields of study, from the sciences to the humanities and languages, at all educational levels. The exercises are corrected and marked automatically. Virtual classes on the platform provide the users with a personal space. The rich and varied available resources contribute to student motivation, lend themselves to pair and group work and provide continuous feedback on student's progress. WIMS is the perfect tool for the management of large mixed level groups of learners. By presenting the main features of the platform, this article illustrates how it is used in teaching organic chemistry to undergraduate students.

**Keywords** Platform WIMS, chemistry, organic chemistry, learning, technology, pedagogy, university studies, MIEC-JIREC 2011.

La plate-forme WIMS (« Web interactive multipurpose server » [1]) a été créée en 1997 par Xiao Chang, professeur de mathématiques de l'Université de Nice Sophia Antipolis [2]. Comme toutes les plates-formes de formation, elle fournit des « classes virtuelles », espace de travail dans lequel le formateur compose des feuilles d'exercices, des documents et des tests à la disposition de ses étudiants et où il suit la leur progression.

WIMS permet également d'inventer des exercices à variables aléatoires, pouvant être rejoués plusieurs fois avec des paramètres différents. Par exemple, pour un exercice simple de calcul de pression par application de la loi des gaz parfaits, la masse (M) et la température (T) sont tirées aléatoirement alors que la pression (P) est calculée par le logiciel. Ces exercices sont corrigés automatiquement par comparaison entre la valeur de la pression calculée par le logiciel et celle entrée par l'étudiant. Les réponses des étudiants sont alors notées.

La base d'exercices WIMS comporte plusieurs milliers d'exercices sur 38 thématiques (biologie, chimie, mathématiques, physique, langues, français...) pouvant couvrir les niveaux du primaire à l'enseignement supérieur. La liste des

modules (ensemble cohérent d'exercices sur un thème donné) publiés est disponible sur le wiki [3] de l'association des utilisateurs de WIMS, WIMS EDU [4]. La bibliothèque d'exercices est en constante évolution : chaque auteur qui le désire peut publier ses « modules » pour l'ensemble de la communauté. Dans le domaine de la chimie plus particulièrement, on y trouve des modules de niveau licence en atomistique, chimie théorique (OM), thermodynamique, chimie organique, et de nombreux modules de niveau lycée.

### Comment favoriser les apprentissages ?

#### *L'erreur comme levier pour comprendre*

Reprenons notre exercice sur la loi des gaz parfaits. Dans le cas d'une séance de travaux dirigés (TD) traditionnelle, si l'étudiant est en difficulté, il peut demander de l'aide à son voisin qui lui fournira la réponse numérique à la question posée. Lors d'une séance WIMS en revanche, ce même voisin ne devra plus lui donner la valeur numérique mais expliquer le raisonnement (ici  $PV = nRT$ ). Par ailleurs, si la

réponse de l'étudiant est fautive, WIMS l'avertit. C'est la confrontation entre sa réponse et le retour de l'application qui va lui permettre de prendre conscience qu'il n'a pas compris le raisonnement. Il s'agit bien là d'utiliser « l'erreur » de l'étudiant comme le signal d'une incompréhension. Lorsque l'on remplace une séance de TD par une séance d'exercices en utilisant WIMS, chaque étudiant n'a pas d'autre choix que de proposer une réponse pour obtenir un retour du logiciel. Il ne lui est pas possible d'obtenir la « bonne » réponse auprès de son voisin puisque celui-ci doit résoudre le même exercice mais avec des variables différentes. La réponse qu'il va fournir va bien refléter sa compréhension de la situation. En cas d'erreur, la discussion entre l'étudiant et l'enseignant ou l'étudiant et son voisin portera sur la manière de résoudre l'exercice (par exemple comment faire un calcul) et non pas sur le résultat. De plus, après la discussion, l'étudiant pourra relancer cet exercice avec des variables initiales différentes, et s'assurer ainsi que son raisonnement est correct. Le fait qu'un étudiant réussisse régulièrement un exercice peut également être l'indice de sa bonne compréhension.

## Des retours sur les apprentissages

### Des retours pour les étudiants

Les retours fréquents sur la progression des étudiants favorisent leur apprentissage [5]. En utilisant WIMS, chaque réponse proposée par l'étudiant est automatiquement évaluée et un commentaire peut être programmé. Par exemple, la *figure 1* présente un retour automatisé à une réponse fautive. Le retour insiste sur le point de cours à utiliser pour résoudre l'exercice. L'étudiant peut alors relancer l'exercice et tenter de le résoudre en s'aidant de ce point de cours.

Figure 1 - Retour programmé en cas de réponse non attendue. L'étudiant peut « rejouer » l'exercice avec une autre molécule.

Si les étudiants sont encadrés par un enseignant, celui-ci interviendra uniquement en cas de difficulté réelle de l'étudiant. Ces retours individualisés sont moins fréquents lors des séances traditionnelles car la correction donnée au groupe est souvent privilégiée par rapport à un retour particulier.

### Des retours automatiques : cas particulier de la chimie organique

L'une des particularités de la chimie organique, et c'est peut-être la raison pour laquelle elle est aimée ou détestée

des étudiants, est d'être essentiellement axée sur la représentation des molécules. Le développement d'un logiciel capable de corriger les données graphiques transmises par l'utilisateur est un véritable plus pour l'auto-évaluation et l'apprentissage de cette matière.

L'étudiant dessine la molécule dans la conformation de son choix et quelle que soit cette conformation, checkmol interprète cette représentation, en déduit la position relative des atomes dans l'espace et compare cette proposition à la molécule attendue.

Ainsi WIMS, couplé au logiciel checkmol développé par Norbert Haider [6], permet d'interpréter les réponses graphiques soumises par l'étudiant (*figure 2*).

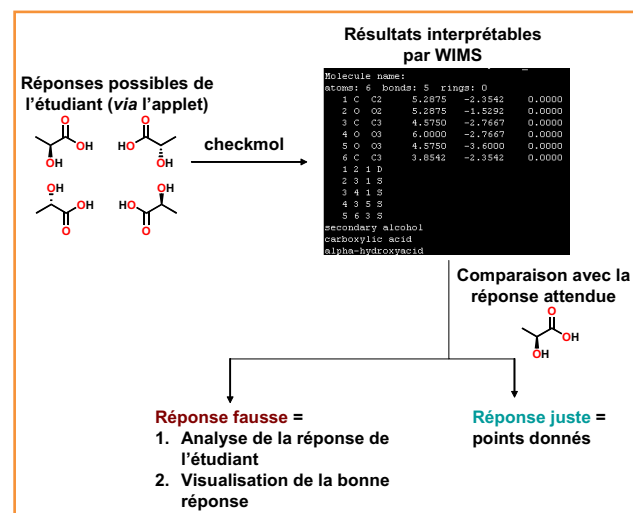


Figure 2 - Principe de l'utilisation couplée de WIMS et checkmol.

Une base d'exercices interactifs offre la possibilité d'évaluer les connaissances de l'étudiant de première année. Ces exercices abordent les acquis nécessaires à la poursuite d'études en chimie et plus particulièrement en chimie organique. Ainsi par exemple, un module de nomenclature permet, pour une structure donnée, de déterminer son nom en nomenclature IUPAC. De même, il est possible de faire l'inverse et de dessiner la structure du composé *via* une applet dédiée (*figure 3*).

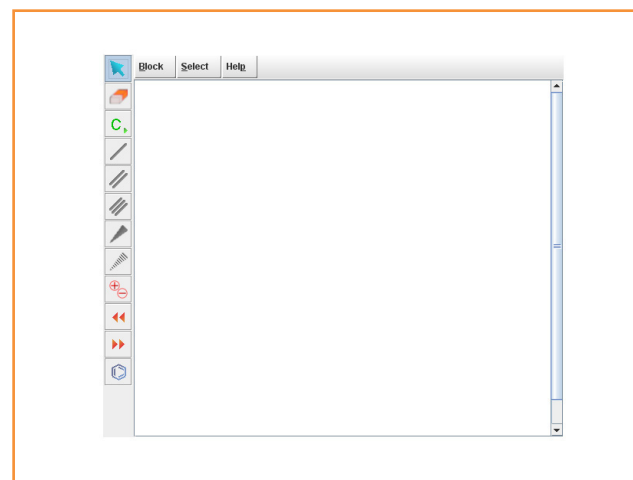


Figure 3 - Applet de dessin de molécule organique développée pour WIMS par Joke Evers (Pays-Bas).

D'autres exercices (hybridation, degrés d'insaturation...) permettent de poser des questions ouvertes ou de type QCM. De plus, il est possible de prévoir des « feuilles » d'exercices qui pourront ensuite être transformées en examen et permettront ainsi d'évaluer le travail de l'étudiant.

Enfin, WIMS propose un outil d'auto-évaluation de la progression de l'étudiant à travers un livret de compétences. Ce livret, configuré par l'enseignant, est constitué de *compétences* à acquérir. L'enseignant définit le nombre de paliers représentant une compétence. La compétence sera considérée comme acquise si tous les paliers ont été réussis. Le palier sera réussi si l'étudiant obtient un certain score à tous les exercices proposés dans ce palier, score choisi par l'enseignant. Un code couleur permet à l'étudiant de se situer par rapport aux compétences attendues et il pourra ainsi suivre sa propre progression.

### Retour pour les enseignants

L'enseignant peut suivre la progression individuelle de l'étudiant, mais également celle du groupe, WIMS fournissant une analyse globale des résultats. La *figure 4* présente un tableau généré automatiquement par WIMS à partir des résultats du groupe d'étudiants inscrits dans une « classe virtuelle ». L'indice de difficulté traduit les points difficiles pour le groupe : plus cet indice est élevé et plus l'exercice est difficile pour le groupe. Il est calculé par le logiciel à partir du nombre d'essais, de la durée et des résultats obtenus. Seule la durée des exercices terminés est comptabilisée. La colonne « nouveau » donne le nombre de fois où l'exercice a été lancé, la colonne « score », celui où l'exercice a été terminé. L'enseignant peut ainsi repérer les points incompris par la majorité du groupe et éventuellement y revenir.

Feuille 4. Chap 1 : Spectroscopie des hydrogénoïdes (Durée théorique 49 min.)						
Exercice	points requis	indice de difficulté	moyenne/participant			
			nouveau	score	points	durée
1 Domaines de longueur d'onde	10	0.2	17.8	16.8	119.4	3
2 Niveaux d'énergie d'un hydrogénoïde	20	0.6	4.5	3.7	25.6	3.5
3 Règle d'absorption d'un hydrogénoïde / 1	10	1.4	5.1	4.2	22.1	12.6
4 Règle d'absorption d'un hydrogénoïde / 2	10	1.1	2.9	2.4	13.8	4.9
5 Excitation d'un hydrogénoïde	10	1.5	1.3	0.9	5.6	3.5
6 Ionisation d'un hydrogénoïde	10	3.1	3.6	2.8	10.1	16.9
7 Emission lumineuse d'un hydrogénoïde	10	1.8	3.1	2.1	10.9	7.9
8 Irradiation d'un hydrogénoïde	10	1.1	2.3	1.9	12.4	5.3
9 Nombre de transitions possibles	10	1.0	1.5	1.1	6.3	1.6
<b>Somme</b>	<b>100</b>	<b>12.4</b>	<b>41.9</b>	<b>35.7</b>	<b>226.1</b>	<b>59.3</b>

Figure 4 - Analyse des statistiques d'activité du groupe pour une série d'exercices.

### Augmenter la motivation des étudiants

Lors d'une séance traditionnelle de TD, l'étudiant peu motivé ou en difficulté peut se contenter de copier la correction. Il s'agit d'une attitude passive par rapport aux apprentissages. En utilisant WIMS comme support, l'étudiant prend obligatoirement une part active puisqu'aucune correction ne lui sera fournie tant qu'il n'aura pas proposé une réponse. Il n'est pas obligé de suivre le rythme du groupe, c'est-à-dire de fournir une solution avant que la correction ne soit proposée, car la réponse sera donnée par le logiciel. L'apprentissage utilisant l'interaction entre les étudiants est favorisé, comme mentionné plus haut : chaque étudiant ayant ses propres variables initiales pour un même exercice, la discussion entre lui et son voisin

va porter sur la résolution du problème (comment obtenir la valeur/la formule que je dois donner) et non pas sur une éventuelle valeur numérique.

### Gérer les groupes hétérogènes

En choisissant convenablement les variables initiales, l'enseignant peut composer des feuilles d'exercices de difficulté croissante. Ainsi, il pourra fournir du matériel adapté à chaque étudiant suivant son profil. Par exemple, depuis 2003, l'UFR des sciences de l'Université Paris-Sud organise une séance de TD d'atomistique offrant deux feuilles d'exercices distinctes sur le modèle de Slater, qui portent sur la configuration électronique fondamentale et l'énergie totale des atomes, les constantes d'écran, les calculs d'énergie d'ionisation. La première feuille est obligatoire et doit être entièrement terminée. Elle comporte des exercices dans lesquels les calculs d'énergie sont détaillés étape par étape. Les atomes sont choisis parmi les éléments des trois premières périodes de la classification périodique. La seconde feuille propose des exercices sans étape et les atomes sont choisis sur les quatre premières périodes de la classification périodique (introduction des orbitales *d*). Si l'étudiant termine la première feuille durant la séance WIMS, il doit travailler la seconde. Il peut également travailler sur ces feuilles en dehors des séances. À titre indicatif, pour le premier semestre 2011, les exercices de la feuille obligatoire ont été lancés 5 500 fois (colonne « nouveau » des statistiques d'activités de cette feuille pour toute la population concernée, soit environ 150 étudiants), tandis que ceux de la feuille facultative ont été lancés 1 000 fois.

Bien qu'il n'y ait pas d'étude précise récente de l'impact de WIMS sur la motivation des étudiants, nous pouvons présenter des éléments convergents : dans le cadre de l'évaluation des enseignements et des formations, les étudiants se déclarent majoritairement satisfaits des séances WIMS, certains allant jusqu'à demander des feuilles d'exercices dans des disciplines n'en proposant pas encore. Les premières séances en chimie (atomistique) ont été organisées en 2003 en L1 physique-chimie-sciences de la Terre. À l'époque, une séance de TD traditionnelle avait été remplacée par une séance WIMS. Aujourd'hui, quatre séances sont incluses dans le cursus et des exercices sur de nouvelles thématiques sont en réflexion. À la même époque, des séances ont été organisées en biologie sur la thématique de la reconnaissance de tissus : les exercices proposent chaque étape conduisant à l'identification du tissu. Les étudiants doivent réussir plusieurs fois les mêmes exercices en tirant à chaque fois des tissus différents. En 2011, l'usage de WIMS a été étendu à l'apprentissage des cours en biologie pour les étudiants inscrits en L1 biologie-chimie-sciences de la Terre : les étudiants doivent travailler en dehors des cours, sur des feuilles d'exercices avant les séances de TD ; 70 % des étudiants (sur un effectif d'environ 350) travaillent effectivement ces feuilles. Tous les témoignages des enseignants convergent : les étudiants s'investissent plus lorsqu'ils utilisent WIMS.

### Comment créer ses propres exercices ?

WIMS est également un logiciel de programmation : cette application, sous licence GNU GPL, interagit avec de nombreux logiciels tiers [7] et possède son propre langage.



Figure 5 - Interface de programmation WIMS en mode « createxo ». Le menu situé à gauche de la fenêtre pointe vers les différents modes de programmation possibles : modèles préparés (développeur débutant), createxo et modtool (développeur confirmé).

L'interface de programmation est accessible à partir de chaque « classe virtuelle ».

L'enseignant qui souhaite programmer lui-même ses propres exercices peut utiliser des modèles « préparés » [8], pour lesquels il va spécifier le jeu de variables initiales, le texte de l'exercice et le calcul éventuel de la réponse.

L'enseignant plus expérimenté peut programmer des exercices en utilisant l'interface « createxo » (figure 5), car les requêtes aux logiciels tiers sont déjà programmées et disponibles. Enfin, les experts désirant créer des exercices plus complexes peuvent demander un compte de développement « modtool ».

Les formateurs peuvent donc composer des feuilles d'exercices constituées soit à partir d'exercices piochés dans la base WIMS, soit créés par eux-mêmes.

## Notes et références

- [1] WIMS : plate-forme d'apprentissage en ligne avec banque d'exercices interactifs et à données aléatoires (en ligne), Projet PLUME, Unité Réseaux du CNRS (consulté le 03/04/2012), [www.projet-plume.org/fr/fiche/wims](http://www.projet-plume.org/fr/fiche/wims)
- [2] Serveur historique de WIMS : <http://wims.unice.fr>
- [3] <http://wiki.wimsedu.info>
- [4] WIMS EDU, le site des utilisateurs de WIMS (en ligne) (consulté le 03/04/2012), <http://wimsedu.info>, référence l'ensemble des modules disponibles.

- [5] Astolfi J.-P., *L'erreur, un outil pour enseigner*, ESF, 1997 ; Saint-Onge M., *Moi j'enseigne, mais eux apprennent-ils ?* (4<sup>e</sup> éd.), Beauchemin Chenelière Éducation, 2008.
- [6] Norbert Haider, Department of Drug and Natural Product Synthesis, Faculty of Life Sciences, University of Vienna, Althanstraße 14, A-1090 Vienna (Autriche). E-mail : [norbert.haider@univie.ac.at](mailto:norbert.haider@univie.ac.at)
- [7] Logiciels libres de calcul (Pari/GP, Octave, Maxima), de dessin (Gnuplot, Povray) et de typographie (TeX), checkmol (liste non exhaustive).
- [8] [www.cetice.u-psud.fr/WIMS/Atelier\\_Chimie\\_Orga\\_MIEC2011.pdf](http://www.cetice.u-psud.fr/WIMS/Atelier_Chimie_Orga_MIEC2011.pdf) (consulté le 03/04/2012).

## Pour aller plus loin...

- Serveur WIMS de l'Université Paris-Sud (ouvert à tous) : <http://wims.u-psud.fr/wims>
- Module de chimie organique : <http://tinyurl.com/WIMS-ChimieOrga>
- Pour consulter les modules d'atomistique ou de thermodynamique, placez-vous sur le serveur WIMS de votre choix et recherchez-les grâce au moteur de recherche interne à WIMS en utilisant les mots-clés : atome, molécule et thermodynamique.



J.-M. Duffault



N. Rabasso



M.-J. Ramage

Jean-Marc Duffault<sup>1</sup>, Nicolas Rabasso<sup>2</sup> et Marie-Joëlle Ramage<sup>3</sup> sont maîtres de conférences à l'Université Paris-Sud\*.

\* Université Paris-Sud, 15 rue Georges Clemenceau, F-91405 Orsay Cedex.

<sup>1</sup> Laboratoire Physico-Chimique de l'État Solide (LPCES), Institut de Chimie Moléculaire et des Matériaux d'Orsay (ICMMO).  
Courriel : [jean-marc.duffault@u-psud.fr](mailto:jean-marc.duffault@u-psud.fr)

<sup>2</sup> Laboratoire de Synthèse Organique et Méthodologie (LSOM), Institut de Chimie Moléculaire et des Matériaux d'Orsay (ICMMO).  
Courriel : [nicolas.rabasso@u-psud.fr](mailto:nicolas.rabasso@u-psud.fr)

<sup>3</sup> Laboratoire de Didactique des Sciences d'Orsay (DiDaScO).  
Courriel : [marie-joelle.ramage@u-psud.fr](mailto:marie-joelle.ramage@u-psud.fr)

## www.lactualitechimique.org

Connaissez-vous bien le site de l'AC ?

**Vous y trouverez :**

- le sommaire et l'éditorial du dernier numéro
- des actualités
- un moteur de recherche

**Et aussi :**

- les articles en ligne (certains accessibles gratuitement, d'autres au prix de 4€)
- les archives des numéros thématiques (depuis 1999) ou à rubriques (depuis 2000)

**Sans oublier que vous pouvez également :**

- acheter un numéro en pdf
- vous abonner à la version électronique

Alors vite, à votre souris !