

De la Thermodynamique aux Procédés : concepts et simulations

Jacques Schwartzenruber (Jacques.Schwartzenruber@enstima.fr)
et Fabien Baillon (Fabien.Baillon@enstima.fr)

Le projet « De la Thermodynamique aux Procédés : concepts et simulations », co-financé par le consortium UNIT et porté par l'École des Mines d'Albi (EMAC), propose un ensemble de supports d'auto-apprentissage autour de la thermodynamique des équilibres entre phases et ses applications en génie des procédés.

Ces supports sont destinés à l'enseignement supérieur, à la fois à la formation initiale (en cycle licence), à la mise à niveau rapide d'étudiants entrants en cycle master dans des disciplines relevant du génie des procédés - l'internationalisation des formations et la diversification des recrutements renforçant la nécessité d'homogénéiser les connaissances des étudiants - et aux étudiants de formation continue diplômante (cycle à distance).

La thermodynamique est une discipline souvent difficile pour les étudiants, parce qu'elle manipule des concepts qui peuvent sembler très abstraits ; lorsqu'on veut l'appliquer, avec un minimum de réalisme, à des situations concrètes, on est souvent limité par le recours indispensable à des méthodes numériques : pour être un tant soit peu significatif, un exercice nécessite une somme importante de calculs, souvent répétitifs, et sa résolution demandera de faire appel à des outils de calcul dont les difficultés d'appropriation prendront vite le pas, dans l'esprit des apprenants, sur la compréhension des concepts.

Ces difficultés sont amplifiées lorsqu'on a affaire à un public hétérogène qui doit se mettre rapidement à niveau (étudiants intégrant un cycle de master en génie des procédés, étudiants internationaux en échange académique).

C'est pourquoi les caractéristiques majeures de notre projet sont :

- de lier systématiquement, et le plus rapidement possible, les concepts à des applications (de la thermodynamique aux procédés) ;
- d'inclure dans les supports des petits simulateurs interactifs, permettant à l'étudiant de mieux assimiler les concepts et de traiter des exercices du cours. Le fait de rendre le simulateur partie intégrante du support, plutôt que de le livrer comme une application indépendante, permet de mieux scénariser l'utilisation ; c'est un choix pédagogique fort, dans une volonté d'associer étroitement "cours" et "travaux dirigés".

Nous avons ainsi conçu un cours qui inclut les moyens de calcul nécessaires, sous la forme de petits programmes. Ces simulateurs sont intégrés dans le flot du contenu pédagogique, et y jouent le rôle d'illustrations interactives ; ils sont aussi accessibles pour résoudre les exercices proposés au fur et à mesure du déroulement de l'enseignement.

Le calculateur joint permet de tracer, à partir de paramètres choisis, la lentille d'équilibre et de la comparer aux données expérimentales, pour le mélange binaire éthanol-eau à 25°C (données isothermes). Le "jeu" est bien sûr de trouver les paramètres qui rapprochent le plus possible la lentille calculée des points expérimentaux. Ici, l'expression utilisée pour g^E est celle de Margules. Donner des valeurs aux paramètres, et cliquez sur "Calcul".

Équilibre liquide-vapeur

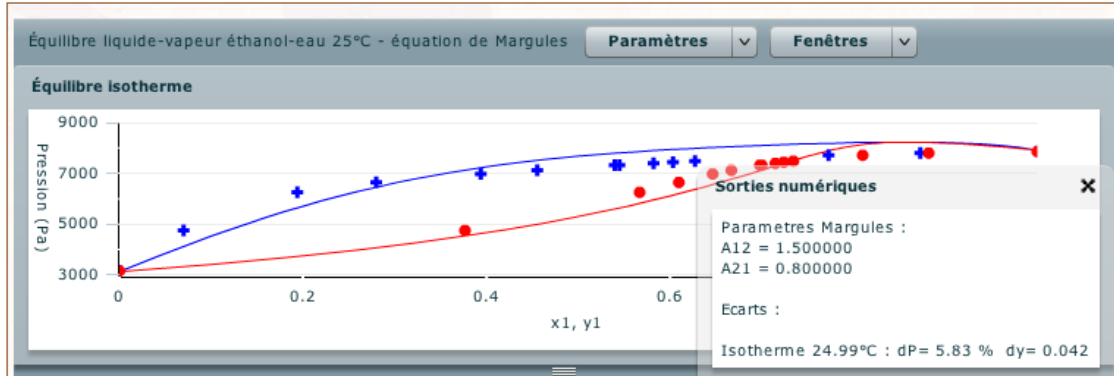


Illustration 1 : Exemple d'une simulation dans le flot du contenu pédagogique.

Techniquement, ce sont des interfaces qui communiquent dynamiquement avec un calculateur en ligne. Elles ont été conçues dans un environnement de création appelé COSINUS[†] et spécialement développé pour les besoins pédagogiques de ce cours. COSINUS permet la conception de simulateurs numériques, faisant appel à des calculateurs (MatLab, Octave ou SciLab), et facilement incorporables au sein de supports d'enseignement en ligne.

La conception de ces modules respecte les objectifs pédagogiques suivant :

- Faire assimiler les concepts de la modélisation thermodynamique, en alternant théorie et applications à la conception de procédés ;
- Rendre l'élève actif en lui demandant de tester par lui-même, au moyen de programmes de calcul inclus dans le cours, diverses situations et l'amener ainsi à construire son savoir ;
- Faire comprendre des concepts ardues et abstraits par la résolution d'exercices.

L'outil principal de production est la chaîne éditoriale SCENARIchain. Le modèle documentaire retenu est OPALE , ce qui garantit que les contenus peuvent être exportés selon le schéma pivot UNIT ou adaptés selon le contexte d'utilisation. Pour les besoins pédagogiques du projet, ce modèle et l'ergonomie de la publication web ont été adaptés.

Ce modèle offre une trame intéressante pour guider les enseignants dans leur démarche de conception. Par ailleurs, l'ouverture de ce modèle libre nous permet de le faire évoluer selon les besoins pédagogiques exprimés par les enseignants. Nous avons par exemple amélioré l'accès aux exercices et aux simulations dans une vue outil, pour faciliter l'accès à ces ressources lors des phases de révision des apprenants.

[†] Conception de SIMulations NUMériques Simples : <http://boissiere.enstimac.fr/cosinus/>

◇ Présentation du modèle OPALE : <http://scenari-platform.org/projects/opale/fr/pres/co/index.html>

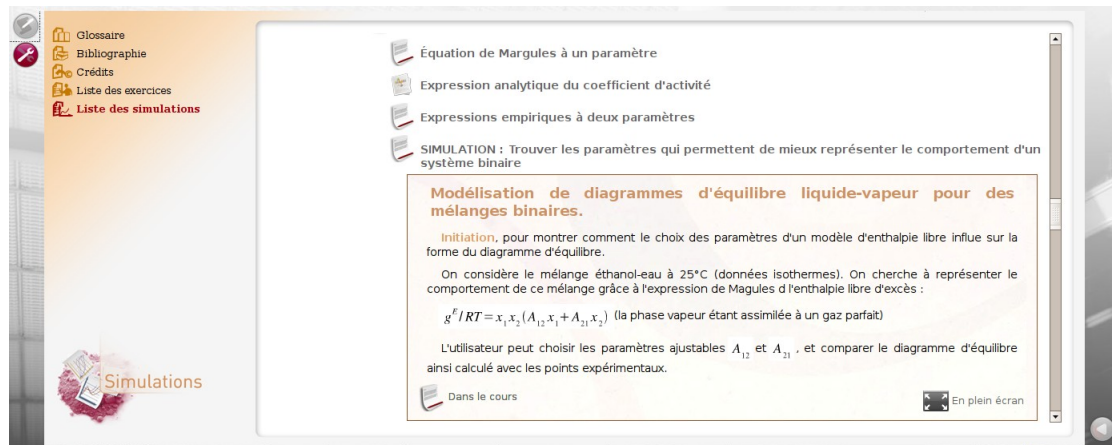


Illustration 2 : Extrait de la "Liste des simulations" dans la vue "Outils", facilitant l'accès aux simulations.

En travaillant autour d'un modèle évolutif, nous gagnons du temps lors de la conception des supports, et les auteurs peuvent se consacrer au contenu, et avoir une réflexion pédagogique de fond, en se concentrant sur leur cœur de métier. Les différents projets que nous développons s'enrichissent mutuellement : nous faisons progresser le modèle selon les demandes des enseignants de ce projet, ce qui ouvre des perspectives pour les autres.

La formation comprend 7 modules de cours : 4 modules sont opérationnels et disponibles sur le site d'UNIT*, les autres sont en cours de développement dans la seconde phase du projet.

* Voir sur le site <http://www.unit.eu/> : Classification Unit > Génie des procédés > Procédés de séparation physique