

Réunions conjointes du Club ALET
(Aides Logicielles pour l'Enseignement de la Thermodynamique)
et de la Communauté d'Enseignants ThermoOptim-UNIT

Sophia Antipolis, 10-11 juillet 2006

Participants

BELLETTRE Jérôme (JB), Ecole des Mines de Nantes, Maître de Conférence
BRANDAM Cédric (CB), INP – ENSIACET Toulouse, Maître de Conférence
CARRERAS Ramon (RC), UPC et prof à ETSII, Professeur
DE HEMPTINE Jean-Charles (JCDH), IFP, Professeur Assistant IFP
GICQUEL Renaud (RG), ENSMP – CEP Paris, Professeur
JAUBERT Jean-Noël (JNJ), INPL ENSIC – Nancy, Maître de Conférence
NEIRAC François Pascal (FPN), ENSMP – CEP Sophia, Professeur
RIVIERE Philippe (PR), ENSMP – CEP Paris, Ingénieur de recherche
SUZANNE Christian (CS), INP – ENSEEIHT Toulouse, Professeur

Documents échangés

- 1 Rapport ThermoOptim UNIT Phase 2 (RG)
- 2 Proposition ThermoOptim UNIT phase 3 (RG)
- 3 Portail ThermoOptim UNIT (RG)
- 4 Gazoduc, courbes de Fanno (JNJ)
- 5 Fiche-guide de TD : tours de refroidissement, calcul des émissions de CO₂ des combustions, cycles OTEC, modélisation des turboréacteurs (RG)
- 6 Article modèle RTM(E) (RG)
- 7 Place des simulateurs dans la conception d'environnements pédagogiques virtuels, conférence SIMO 2006 (RG)
- 8 Echangeurs de chaleur, cours interactif INPL

Remerciements

Un grand merci à Lyliane Louault pour l'organisation de la réunion, à Philippe Rivière pour la préparation du compte rendu, et à chacun pour sa participation.

Sommairement

1. Compte rendu de réunion du club ALET	2
2. Compte-rendu de la réunion de suivi du projet UNIT THERMOPTIM	8

1. Compte rendu de réunion du club ALET

" Développement et utilisation de ressources pédagogiques communes pour l'enseignement de la thermodynamique "

Modules DIAPASON

(RG) Alors que l'enseignement classique de la discipline repose sur une présentation très axiomatique qui conduit in fine à adopter des hypothèses souvent caricaturales, nous privilégions une approche qualitative des phénomènes, les calculs nécessaires pour les études quantitatives étant réalisés par les outils logiciels de manière transparente pour les apprenants, c'est-à-dire sans qu'ils aient besoin, au moins dans un premier temps, d'en connaître le détail.

Le recours aux équations est réduit au minimum lors de l'initiation à la discipline, l'effort cognitif portant alors essentiellement sur la compréhension des technologies et des concepts ainsi que sur leur mise en pratique, et nous considérons que la mise en équations ne devient possible et pertinente qu'une fois que l'apprenant a acquis une maîtrise suffisante de ce savoir.

On peut séparer deux parties principales dans l'enseignement proposé, une partie calculs relative à l'application des principes, et une partie connaissance technologique des systèmes.

Pour la partie technologique généralement, nos élèves ont acquis en premier cycle des bases de thermodynamiques mais aucune connaissance technique. C'est une partie très difficile à faire passer pour laquelle les méthodes classiques, cours magistraux, visites, démontages sont à la fois peu efficaces et très gourmands en temps pour l'enseignant qui doit chaque année revoir en profondeur les problématiques technologiques pour les différents cycles, toujours avec le risque d'oublier des points importants. Les modules DIAPASON (pour Diaporama Sonorisé) ont été développés à cet effet.

Les derniers développements réalisés cette année visent à mieux mettre en évidence l'essentiel de l'enseignement, i.e la partie connaissances de base de la partie approfondissement en structurant en trois niveaux la progression des élèves à travers les modules DIAPASON :

1. l'acquisition des concepts et des outils, consacrée aux rappels de thermodynamique, à l'étude des cycles de base, à la découverte des technologies mises en oeuvre et à l'apprentissage de ThermoOptim
2. la consolidation des notions vues lors de la première étape, avec des compléments théoriques sur l'exergie et les échangeurs, l'étude des variantes des cycles de base, des cycles combinés et de la cogénération
3. les approfondissements et la mise en application personnelle, donnant lieu à l'étude de cycles novateurs et/ou plus complexes que les précédents ainsi qu'à des réflexions sur les perspectives technologiques, à l'occasion de mini-projets menés seuls ou en groupes (la durée de cette étape dépend beaucoup des activités personnelles sélectionnées)

(CS) Les élèves ne veulent pas trop en savoir sur la technologie. Il faut doser la partie

technologique qu'on leur donne, les étudiants étant généralement surchargés. (RG) On se limite au niveau intermédiaire, à la bonne compréhension des principes technologiques et de leur lien avec la physique. Des approfondissements sont possibles sur base volontaire.

(FPN) Son expérience est différente. Ses élèves du Master Spécialisé OSE sont déjà ingénieurs et souhaitent utiliser leurs compétences d'ingénieur. Dans ce cadre, les modules DIAPASON couplés avec Thermoptim leur permettent de modéliser rapidement un cycle, de mener des études de sensibilité et les modules DIAPASON de comprendre les limites technologiques des cycles et les limites de leurs modèles.

(RC) Le niveau des élèves est toujours hétérogène ; par exemple, ceux qui ont déjà démonté une mobylette ont plus de chance de comprendre la fonction d'une bielle que les autres. Visualiser est tout à fait essentiel pour comprendre la technologie. (CS) Internet est d'ailleurs intensivement utilisé par les élèves pour trouver des images et autres infos sur les technologies existantes. (FPN) Pour les grosses machines, la visite facilite la compréhension.

(CS & JB) Il faut bien marquer les limites de la matière pour bien mettre en évidence les bases essentielles. Dans le cadre du club ALET, on pourrait poser un bilan commun des bases. (JB) C'est la structure adoptée par $e^{\pi\phi}$, environnement d'enseignement en ligne de l'EMN : mise en évidence des bases essentielles, puis propositions d'approfondissement de certains thèmes.

Bilans exergétiques

(RG) RG présente les développements réalisés pour automatiser la traduction des cycles modélisés sous Thermoptim en structures productives, ce qui permet d'automatiser le calcul du bilan exergétique des cycles, et présente le calcul pour la turbine à gaz et pour un cycle à vapeur.

Gazoduc

JNJ présente le projet "gazoduc" distribué en séance puis placé sur le site Yahoo du Club ALET, et l'application logicielle développée pour les élèves leur permettant de réaliser le projet.

Fiches-guides de travaux dirigés

RG introduit les fiches-guides de TD. Elles sont destinées aux enseignants. Ces fiches ont été développées dans l'esprit « recueil de projets ». Il s'agit de séries de cas traités comprenant une trame et des variantes. Le problème n'est pas traité mais jalonné. Ces fiches-guides permettent de renouveler efficacement l'offre de projets et d'éviter la recherche de projets originaux mais correspondant à des systèmes très peu répandus, et donc d'un intérêt moindre pour les élèves.

Les fiches suivantes ont été développées :

- FG1 Centrale solaire SEGS
- FG2 Turboréacteurs
- FG3 Etang solaire
- FG4 Paco SOFC
- FG5 OTEC fermé, OTEC ouvert

- FG6 Tours de refroidissement
- FG7 Oxycombustion (AZEP)
- FG8 Emissions de CO₂ dans les cycles à combustion

D'autres fiches sont envisagées et/ou en cours de développement :

- 1 Cogénération
- 2 Cogénération en papeterie
- 3 Biomasse (encore à l'état de squelette)
- 4 Cycles à air humide.

Pourraient-elles s'adresser aux élèves travaillant seuls ?

(RG) On pourrait en effet faire deux versions, une version enseignant et une version élèves. (JCDH). Elles pourraient donner alors quelques pistes pour réfléchir et un parcours progressif par étapes en l'absence d'enseignant. (JB) Les fiches-guides complètes permettent de comprendre les problématiques et les élèves voient s'ils doivent continuer ou approfondir, suivant leurs besoins.

Idées de nouvelles fiches-guides

Peut-on imaginer une application en génie des procédés ? (JCDH & CB) On pourrait imaginer des fiches sur les opérations unitaires, qui sont clairement séparées du génie des procédés, (JNJ), qui pourraient par la suite servir au développement de projets illustrant ces opérations unitaires.

(RC) Des projets sont en cours en ce moment en Espagne sur les procédés d'oxy-combustion. On pourrait imaginer une fiche cycle combiné et oxy-combustion, mais aussi trigénération et géothermie. (RG) Des projets sur l'oxy-combustion ont été réalisés avec les élèves et pourraient donc servir de base à cette fiche. En ce qui concerne les cycles combinés, une fiche est en cours de développement sur les cycles à un niveau de pression. Cependant, à partir de 2 niveaux, la présentation des méthodes d'intégration thermique nécessite un cours complet.

(JB) Quelle est la demande, quels sont les principaux thèmes demandés ? (RG) Les énergies renouvelables, la capture du CO₂, les gaz à effet de serre, la substitution d'une technologie par une autre. Des projets de ce dernier type ont été développés à l'école des Mines (D. Clodic) en prenant en compte les courbes de charge (conditions d'utilisation).

Cours en ligne réalisés dans le cadre du GEM

Différents cours interactifs ont été réalisés dans le cadre du groupement des Ecoles des Mines, dans le cadre du projet « Grande Ecole Virtuelle », notamment des modules concernant les compresseurs volumétriques et les compresseurs rotatifs qui ont été présentés par JB.

Cours échangeurs ENSIC

Un cours très complet a été développé par l'ENSIC – Nancy en ce qui concerne les échangeurs de chaleur. (RG) Il est apparu que les échangeurs de chaleur étaient un point clef de l'enseignement de la thermodynamique. Notamment, il a été envisagé de développer un module DIAPASON sur le dimensionnement des échangeurs. Une demande UNIT est en cours auprès de la Fédération Gay Lussac pour l'accès à ce cours.

Ressources en ligne et organisation de l'information

Portail Thermoptim UNIT

(RG) Une présentation du projet de portail Thermoptim UNIT a été distribuée : l'utilisation des ressources mises en ligne dans le cadre du projet Thermoptim a montré qu'il serait maintenant souhaitable d'effectuer un travail d'aide à la navigation dans l'ensemble de ce dispositif afin notamment de faciliter la construction de parcours pédagogiques personnalisés en fonction des objectifs visés par les différentes catégories d'apprenants.

Cela nous paraît d'autant plus important que les développements en cours et envisagés vont avoir pour effet d'augmenter encore l'étendue de ces ressources. Les gains escomptés sont un meilleur accès aux ressources pour les utilisateurs, avec un seul point d'entrée et un temps d'apprentissage très réduit, des droits d'accès variables selon les catégories (élèves/enseignants, partenaires d'UNIT ou non...), des facilités pour intégrer les contributions des différents membres de notre communauté... Le portail dispose d'un moteur de recherche puissant qui permet de retrouver facilement les informations que l'on désire parmi l'ensemble de ce qui est disponible.

(FPN) Il faut tenir compte du fait que la complexité de l'archivage des documents disponibles est un frein à la mise en ligne. (RG) Il faut éviter de complexifier dès le départ. Le site n'est pas encore en ligne de l'extérieur. Son développement fait partie de la troisième phase du projet UNIT. Pour l'instant, on imagine qu'il serait à 90 – 95 % public, avec un accès différencié pour étudiants et enseignants.

Traduction

Il y a également un problème d'accès pour les étrangers ; mais le travail nécessaire de traduction est très important. On peut imaginer demander lors de la mise en ligne des synthèses en anglais des documents existants, mais pas la traduction de l'ensemble des ressources.

Portail EMN

(JB) L'Ecole des Mines de Nantes a développé un environnement numérique de formation nommé Campus 2 sous MOODLE, et à l'intérieur de ce campus numérique, une partie est dédiée à l'énergie et l'environnement ; elle contient notamment un module sur la conversion de l'énergie (Energétique des Machines) avec les cours interactifs du GEM sur les compresseurs volumétriques et machines tournantes. Ces cours ont été développés en partenariat avec des spécialistes (ENIC) pour la mise en forme. D'autres cours concernant la mécanique des fluides et la turbulence ont également été développés.

(CB) Quelle est la motivation réelle des élèves, est-ce que la multiplication des supports a un intérêt ?

(RG) Les ressources sont disponibles pour les élèves qui veulent travailler. Le fait de disposer de cours en ligne accessibles en permanence permet de supprimer une contrainte matérielle. (JB) Les cours en ligne sont adaptés à des élèves de culture diverse et de niveaux de compréhension différents.

(CB) De quel type de connexion les élèves disposent-ils ? (JB & RG) Internet à la résidence des élèves. (CB) Il y a un problème de postes informatiques à l'ENSIACET, le nombre d'ordinateurs par élève est très réduit, ce qui rend l'utilisation des ressources en ligne problématique.

RG rapporte également une expérience nouvelle avec la formation à distance des élèves du corps des Mines qui donne une vision complémentaire des critiques et réactions des élèves ingénieurs. Ces deux retours ont permis de mettre en évidence la nécessité de mieux guider les élèves et la mise en place des 3 niveaux de formation, ainsi que la création d'un module DIAPASON dit des « Trucs et astuces » pour Thermoptim qui permet de répondre aux problèmes les plus fréquemment rencontrés lors de l'établissement de modèles un peu compliqués.

(CS) On observe chez les élèves un phénomène de clic aléatoire. Dans les logiciels de traitement de texte par exemple, les élèves ont l'habitude d'essayer les fonctions. (JNJ) Il est important de conserver l'approche physique dans la modélisation comme dans Thermoptim. (CS) Le travail par module est essentiel pour éviter l'identification d'erreur. (RG) Ceci justifie l'intérêt de l'approche progressive adoptée pour les modules de formation DIAPASON.

(CS) Un problème fréquent revient toujours en ce qui concerne la gestion des bifurcations (diviseurs, séparateurs). (RG) Ce point est notamment abordé dans le module « Trucs et Astuces ». RG explique qu'à l'exception des combustions et des nœuds, les composants sont calculés avec la condition d'égalité des débits d'entrée et de sortie. Pour connecter des nœuds (diviseurs ou mélangeurs) il faut une transfo-point, cas de la connection entre un diviseur et une chambre de combustion.

(RG) Il pourrait être intéressant dans Thermoptim de donner des avertissements plus spécifiques, par exemple : la difficulté que vous rencontrez est d'origine thermodynamique et non pas numérique...

Recueil de projet (Responsable : Dominique Marchio)

FPN a été impressionné par les cours en ligne GEM et ENSIC. Peut-on envisager une application de ce type au recueil de projet ? (JB) Ces cours en ligne ont bénéficié de financements importants par le GEM. (RG) Il faut déjà dégager du temps pour créer la base des projets avant de penser à la mise en forme.

Pour le recueil de projets, on peut imaginer une communication SFT (voir plus loin) puis un livre de recueil de projets aux presses de l'Ecole des Mines de Paris d'ici un an. Pour l'instant trois projets sont disponibles dans ce cadre, développés par CS, DM et Séverine Candelier (cycles centrales nucléaires sous Thermoptim). A ce propos, RG enverra à CS le lien des travaux réalisés par Séverine Candelier.

(JB) On pourrait ajouter un projet sur la trigénération, qui est un exemple classique de projet de fin d'études à l'Ecole des Mines de Nantes. (RG) La notion de fiche guide est assez proche. Elle tient du même souci d'avoir des projets à faire faire aux élèves. Les projets doivent être orientés simulation. Il faut aussi s'assurer que les logiciels utilisés soient d'accès libre. Ils pourraient par exemple être mis en accès sur le site du club ALET.

Site web du club alet

(RG) Une nouvelle version du site web du Club ALET, développée l'an passé par Stéphane Rousseau est disponible à l'adresse suivante :

http://www-cep.ensmp.fr/cours/ALET_/club-alet.htm.

Comment faire vivre le site web du club Alet ? Avec quel moyens ?

(RG) On pourrait envisager un budget UNIT ? Des exemples existent en génie des procédés. Il faut peut-être viser un site de thermodynamique plus large.

Doit-on raccrocher le site web ALET à celui de ThermoOptim, bien que le champ d'application soit plus large ?

Que doit-on mettre sur le site ? Une « webothèque » de liens, un catalogue d'outils disponibles ? Certains simulateurs sont aujourd'hui bridés, cela demande un suivi. (JB) Il faut faire vivre le site. Quelqu'un est-il prêt à s'en occuper ? Faut-il élargir, à d'autres pays ?

Doit-on attendre de se rapprocher du site GP à venir ? (RG) Quel serait alors le fil conducteur ? (JNJ) Il vaut mieux rester fidèle à ALET. Doit-on ouvrir le site Yahoo ?

(RG) Un site web est plus intéressant que le site yahoo au niveau de la gestion de documents et d'outils avec différents niveaux d'accès.

(RG) Un article sur les progiciels de thermodynamique publié par les Techniques de l'Ingénieur donne quelques pistes. (JNJ) C'est une très bonne base de travail ; il faut faire des liens vers les exécutable. (RC) Un logiciel de simulation pour les turbines à gaz est disponible sur www.gasturb.de. (RG) Ce logiciel n'est pas très didactique.

RG se propose de réfléchir au site web du club ALET dans le cadre du portail. RG montre les deux propositions UNIT GP pour l'appel d'offre 2007.

Organisation avec la SFT d'une journée sur la pédagogie de la thermodynamique

Il a été décidé d'organiser une journée pédagogique sur l'enseignement de la thermodynamique. On viserait à réunir environ 25 personnes pour une dizaine de présentations et 1 table ronde. Il pourrait être intéressant d'inviter des industriels (partie ingénierie) à s'exprimer sur leurs besoins (s'ils savent les formuler) en terme de formation. Faut-il réaliser cette journée en commun avec la SFGP ?

Cette réflexion initiale sur le contenu devrait se poursuivre au sein du club ALET même s'il faudra désigner rapidement des volontaires pour prendre en main l'organisation de cette journée.

Partage des ressources

Il faut sensibiliser les institutions pour faciliter l'ouverture des droits aux ressources. Les écoles profitent beaucoup de la publicité des ressources qu'elles mettent ligne. De plus, quant aux problèmes de droits d'auteur, l'utilisation du portail peut permettre de restreindre l'accès.

JB demandera à JL Harion dans quelle mesure les cours produits par le GEM peuvent être mis en ligne. JNJ & CB feront une demande similaire pour le module Echangeur thermique évoqué précédemment.

Retour d'expérience

La discussion sur les retours d'expérience a été initiée à propos des fiches-guides de TD. (JB) Le retour d'expérience est important pour juger de la pertinence des développements effectués et ne pas se disperser si ce n'est pas nécessaire. (RG) Les fiches-guides répondent à la demande créée par l'augmentation du nombre d'élèves. (JB) optimiser le démarche entre anticipation et retour sur les directions dans lesquelles on avance.

(RG) On avance plutôt par étapes. Par exemple, le thème des cycles OTEC proposé par RC il y a deux ans a pu être développé sous forme de fiche guide cette année. De plus, les retours d'expérience sont rares.

(CS) A ce propos, lors de la construction de cycles à partir d'autre dans Thermoptim, le logiciel plante. (RG) Il s'agit d'un problème de mémoire. Il faut nettoyer, quitter, sauver, recharger.

(JB & RG) On pourrait réaliser un retour d'expérience sur une question centrale telle que la compréhension de la différence entre énergie et puissance, point souvent mal assimilé par les élèves.

Prochaine réunion à Barcelone

La prochaine réunion du club ALET est prévue les 9 et 10 juillet 2007 à Barcelone. Des enseignants de mécanique des fluides seront présents.

2. Compte-rendu de la réunion de suivi du projet UNIT THERMOPTIM

RG présente l'avancement du programme de travail 2005-2006 de la phase 2 et la proposition pour la phase 3, dont l'appel d'offre était clôt fin juin 2006.

Pour cette nouvelle phase, les principaux points sont les suivants :

1) Nouvelles ressources pédagogiques :

1 6 nouvelles fiches-guides

2 Problèmes énergétiques en ligne. Une version sommaire existe mais va donner lieu à un approfondissement.

2) Portail Thermoptim.org

3) Internationalisation des ressources

(JB) Le nouveau portail peut être l'occasion de partager les expériences.

(RG) Le portail actuel comprend une lettre d'abonnement, qui permettrait de faire un lien vers les différentes contributions mises en ligne sur le forum.

