



UNIT

DOSSIER PROJET 2016

IDENTIFICATION DU PROJET

Numéro du projet (sera fourni par UNIT) :
Le projet est-il soumis à une autre UNT <input type="checkbox"/> Laquelle ...
Nom du projet (2 lignes maxi) : Introduction à la Thermodynamique Expérimentale
Discipline : Génie des Procédés (129) Sous-Discipline : Chimie Physique (11)
Etablissement partenaire porteur : MINES ParisTech Adresse complète (pour envoi des conventions) : MINES ParisTech 60, boulevard Saint-Michel 75272 Paris cedex 06 Nom du chef d'établissement (signataire de la convention) : Vincent Laflèche Titre (Président, Directeur, ...) : Directeur
Prénom et nom du chef de projet : Christophe Coquelet Fonction: Directeur du Centre Thermodynamique des Procédés Adresse complète : MINES ParisTech Centre Thermodynamique des Procédés 35 rue Saint Honoré F-77305 Fontainebleau cedex France Mél. : christophe.coquelet@mines-paristech.fr Tél. : 01 64 69 49 62

Type de projet : (cocher la case correspondante)
Réponse à l'appel ciblé <input type="checkbox"/>
Organisation de formation en ligne <input type="checkbox"/>
Constitution ou renforcement de communautés d'enseignants <input type="checkbox"/>
Capitalisation des ressources pédagogiques numériques existantes <input type="checkbox"/>
Production de ressources pédagogiques numériques <input checked="" type="checkbox"/>
Développement de méthodes et d'outils supports aux objectifs d'UNIT <input type="checkbox"/>
Promotion des usages des réalisations d'UNIT <input type="checkbox"/>
Projet pluri-national <input type="checkbox"/>

COMMUNAUTE ET PUBLICS IMPLIQUES

Liste des établissements, coordonnées des personnes d'ores et déjà impliqués dans la conception/réalisation du projet. L'accord de trois établissements membres d'UNIT est

nécessaire (le porteur devra disposer d'un accord écrit de l'établissement qui pourra être transmis à l'établissement de la convention) :

1. Membres de UNIT qui ont indiqué par écrit s'impliquer dans la conception/réalisation du projet et dans son utilisation :

Ecole des MINES ParisTech ; Christophe Coquelet, Elise El-Ahmar, Arnaud Delebarre (christophe.coquelet@mines-paristech.fr, elise.el_ahmar@mines-paristech.fr, arnaud.delebarre@mines-paristech.fr), Université Lyon1 (Christelle Goutaudier ; christelle.goutaudier@univ-lyon1.fr), CNAM (Stephane Vitu ; stephane.vitu@lecnam.net), Université de Lorraine (Jean-Noël Jaubert ; Jean-Noel.Jaubert@univ-lorraine.fr) , Ecole des Mines de Saint-Etienne (Jean-Michel Herri ; herri@emse.fr)

2. Non membres de UNIT qui ont indiqué par écrit s'impliquer dans la conception/réalisation du projet et dans son utilisation :

La société Processium (Xavier Canet ; Xavier.Canet@processium.com), Villeurbanne (69)

Expression du besoin de contenu pédagogique, identification des demandeurs :

Les demandeurs sont tous les formateurs susceptibles de former les ingénieurs et techniciens amenés à utiliser de nouveaux fluides dans des procédés ou à améliorer des procédés de traitement de fluides dans le cadre de la formation permanente, ou encore les étudiants en master et en doctorat ayant besoin d'acquérir les fondements de la caractérisation thermodynamique. Il s'agit d'une formation de type MOOC qui précède la mise en œuvre expérimentale de la caractérisation de fluides ou de mélanges de fluides et de leurs propriétés.

Utilisateurs cibles et liste des établissements s'engageant déjà dans l'utilisation des livrables :

1. Utilisateurs s'engageant dans le cadre de la formation d'étudiants :

CNAM, Université Claude Bernard Lyon 1, Université de Lorraine, Ecole des Mines ParisTech, Ecole des Mines Saint Etienne.

Et aussi les membres du consortium "Ther-I-Chem" constitué d'industriels et d'académiques pour l'appel européen "Innovative Training Network" pour la formation de jeunes chercheurs : Imperial College of Science (UK), National Technical University of Athens (GR), University of Aveiro (PT), Technische Universität Dortmund (DE), Danmarks Tekniske Universitet (DK), Universidad de Santiago de Compostela (ES), Karlsruhe Institute of Technology (DE) et les entreprises LINDE AG, Bayer, DSM, Cosmologic, Prosim

2. Utilisateurs cibles dans le cadre de la formation de leurs personnels et de leurs clients :

EDF Energies Nouvelles, ENGIE, Safran, ARKEMA, Air liquide, Solvay, TOTAL, IFP Energies Nouvelles, Processium, Calnesis

PROJET PEDAGOGIQUE

Contexte et objectifs : *contexte, acteurs, enjeux, public visé (le cas échéant), objectifs généraux, apports du projet, ...*

Public : Etudiants de type Master ou Doctorants dont le sujet ou les études nécessitent l'apprentissage des tenants et aboutissants de la caractérisation thermodynamique de

nouveaux fluides, ou la formation à des manips ou travaux en thermodynamique. Les industries ou organismes de recherche souhaitant former du personnel technique/scientifique ou des usagers à de nouveaux outils de caractérisations, à de nouveaux fluides, et à l'amélioration et l'intensification de procédés.

Objectifs et apports : rendre attractive et compréhensible la thermodynamique souvent considérée comme difficile par les apprenants lorsqu'elle est enseignée de manière classique, en facilitant l'approche expérimentale de la caractérisation thermodynamique de fluides ou de l'usage de ces fluides dans des procédés. Aborder l'intérêt de nouveaux fluides ou mélanges de fluides permettant d'augmenter l'efficacité énergétique ou environnementale de procédés.

Mettre à disposition d'étudiants ou de personnels d'entreprise (intervenants comme apprenants) des matériaux d'apprentissage de la caractérisation thermodynamique par expérimentation comme préliminaire à des mesures en présentiel ou comme introduction à l'amélioration de procédés ou à la conception de nouveaux procédés.

Dans le cas d'une formation : décrire l'organisation de la formation, son objectif (initial ou continu), son modèle économique éventuel

Le MOOC (Massive Open Online Course - Cours en ligne ouvert et massif) proposé dans ce projet "Introduction à la Thermodynamique Expérimentale" est organisé en six parties utilisables en permanence et à un rythme propre pour être utilisé, soit dans le cadre de formations initiales ou continues organisées en établissements académiques ou en centres de formation en entreprises, soit par des individus apprenants souhaitant aborder la thermodynamique sous un angle pratique. C'est également un MOOC utilisable dans le cadre d'un SPOC (Small Private Online Course) dans la mesure où ce MOOC peut être suivi d'une mise en pratique au cours de travaux pratiques où les apprenants sont confrontés à l'exercice de la caractérisation thermodynamique expérimentale, puis à la rédaction des conclusions tirées de leurs mesures.

Partie I : Bases de thermodynamique : 3H + Quizz

Partie II : Les différentes techniques d'élaboration du diagramme de phases ou d'autres types de données thermodynamiques : 3H + Quizz

Partie III : Aide au choix des méthodes et techniques avec arbre de décision pour évaluer telle ou telle propriété thermodynamique. 3H + Quizz

Partie IV : Etalonnage, qualité de mesures et calcul d'incertitudes : 3H + Quizz

Partie V : Démonstration de deux TP : TP1 et TP2. 3H + Quizz

Partie VI : Traitement des données comprenant notamment la modélisation des résultats et la mise en forme voire même des bribes de communication écrite (rapports ou publications,...) : 3H + Quizz

Le modèle économique est basé sur la valorisation de la partie en présentiel dans les laboratoires, partie qui suivrait la participation à ce MOOC "Introduction à la Thermodynamique Expérimentale". Cette formation pratique complémentaire pourrait être en 3 ou 4 jours, équivalente à deux autres ECTS et pourrait générer un apport financier.

Etat de l'art : Plus-value prévisible apportée par le projet par rapport à l'existant (*existant, concurrence, analyse du marché, demande explicite, communauté existante*):

Il y a une demande explicite de la part des apprenants à comprendre comment évaluer les propriétés et les qualités de nouveaux fluides pour les mettre en œuvre, et surtout comment

pratiquement obtenir leurs caractéristiques. Les différents soutiens et manifestations d'intérêt des entreprises œuvrant dans le domaine de l'utilisation de nouveaux fluides ou de nouveaux procédés montrent que l'innovation pour de nouveaux produits et de nouveaux procédés sobres en énergie et respectueux de l'environnement demandent de s'approprier les fondamentaux de la thermodynamique. Il n'existe pas à notre connaissance de formations en ligne susceptible de former à la méthodologie de caractérisation expérimentale des propriétés thermodynamiques des fluides. Par exemple le projet UNIT "Systèmes Energétiques" proposé par le Professeur Renaud Gicquel aborde la thermodynamique pour traiter de la conversion thermodynamique de la chaleur dans diverses filières et machines énergétiques; mais ces procédés sont susceptibles d'évoluer soit au travers des fluides mis en jeu, soit au travers d'une modification du procédé, évolutions qui nécessitent la connaissance (par mesure ou modélisation) des propriétés thermodynamiques des nouveaux fluides dans des fluides dans les nouvelles conditions du procédé. Pour rester dans le domaine francophone, il existe aussi le MOOC de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne "Thermodynamique fondamentaux" <https://mooc-francophone.com/cours/mooc-thermodynamique-fondements/> où ne figure pas la caractérisation empirique des propriétés thermodynamiques de fluides et de mélanges de fluides. On trouve aussi une introduction à la thermodynamique par l'université de Michigan toujours sur Coursera à <https://fr.coursera.org/learn/thermodynamics-intro> qui elle aussi se limite à la théorie. Il existe aussi d'autres MOOC sur la thermodynamique dont certains semblent être tombés en désuétude à en croire les dates de dernières sessions.

Livrables et résultats attendus (à indiquer pour la fin de la phase annuelle) : *livrables matériels et/ou immatériels, nombre de modules, volume horaire apprenant, impacts pour la communauté d'UNIT, ...*

Livrable du projet : un MOOC décrit dans un document écrit, un teaser et son contenu sous forme d'une vingtaine de vidéos d'une dizaine de minutes, mis à disposition et utilisable en "self paced", c'est-à-dire disponible et utilisable en permanence sans contrainte de sessions, et 6 Quizz pour chaque partie.

Volume horaire apprenant (heure-équivalent-présentiel et/ou ECTS) : 20 heures quizz compris; 2 ECTS.

Contenus thématiques : *chapitres, sous-chapitres, activités pédagogiques, ...*

Pour construire un MOOC facilement appréhendable par les apprenants, une structure simple organisée de manière lisible et répétée est particulièrement utile. Chacune des 6 parties serait donc illustrée de 4 vidéos de 8 à 10 minutes où l'intervenant développe un aspect essentiel, et d'un Quizz pour vérifier la compréhension des notions par l'apprenant et pour éventuellement valider de futures ECTS ou une participation aux travaux pratiques en présentiel.

Partie I : Bases de thermodynamique : 3 H + Quizz. Remarque : cette partie en partie tirée du MOOC Systèmes Energétiques (Conversion Thermodynamique de la Chaleur) réalisé en ce moment dans le cadre d'UNIT. Cette réutilisation sera faite selon deux schémas possibles quand le MOOC SE CTC aura été réalisé effectivement : soit sous forme de réutilisation des modules ou des vidéos des modules (thème 2 du module M2 et thème 1 du Module M3 de CTC1), soit sous forme de lien vers des compléments explicatifs.

Partie II : Les différentes techniques d'élaboration du diagramme de phases ou d'autres type de données thermodynamiques : 3 H + Quizz

Un descriptif des différentes techniques pouvant être utilisées sera effectuée insistant sur leurs avantages et inconvénients.

Partie III : Aide au choix des méthodes et techniques avec arbre de décision pour évaluer telle ou telle propriété thermodynamique. 3 H + Quizz

En fonction du système à étudier, des caractéristiques des espèces moléculaires présentes et du type de propriété à déterminer, l'enseignant proposera une méthode de sélection des techniques expérimentales adaptées.

Partie IV : Etalonnage, qualité de mesures et calcul d'incertitudes : 3 H + Quizz

Les méthodes d'étalonnage des différents organes de mesure, les méthodes de calcul des incertitudes ainsi que les techniques d'évaluation de la consistance des données seront présentées.

Partie V : Démonstration de deux TP d'établissement de diagrammes : TP1 et TP2. Exemples potentiels : équilibre liquide vapeur (VLE) CO₂-méthanol dans le cadre de l'absorption de CO₂; équilibre liquide liquide (LLE) des systèmes furfural, furane et n-hexane dans le cadre de l'extraction du furane avec du n-hexane; mesurer les constantes de Henry pour des mélanges furane-alcool. 3 H + Quizz

Partie VI : Traitement des données comprenant notamment la modélisation des résultats et la mise en forme voire même des bribes de communication écrite (rapports ou publications,...) : 3 H + Quizz

Choix pédagogiques permettant de faciliter l'appropriation et l'utilisation par des enseignants autres que leurs auteurs : *modularité, granularité horaire ou thématique, facilité de ré-ingénierie pédagogique par un autre enseignant*

Le principe de cette formation est d'adopter une structure simple et facilement identifiable en 6 modules de même taille en termes de travail par l'apprenant et de validation et subdivisés en un même nombre de vidéos ou de contrôle des connaissances pour une visibilité aisée de la formation. La personnalisation des interventions sera forte et peu dispersée afin que l'apprenant identifie clairement l'enseignant, son ton et sa pédagogie. La partie démonstration de deux Travaux Pratiques permettra aussi de montrer comment concrètement on mesure les propriétés thermodynamiques considérées dans cette formation. La ré-ingénierie par un autre enseignant pourra surtout se faire dans la partie pratique en présentiel qui suivrait le MOOC ou bien en reprenant la partie V des TP du MOOC vers d'autres TP.

RESSOURCES PROJET

Echéancier prévisionnel : *durée de réalisation, phase annuelle et actions correspondantes*

Le savoir-faire d'enseignement des matériaux existe mais le MOOC nécessite d'écrire le texte des interventions des vidéos. Les supports pour l'enseignement existent également, y compris les Travaux Pratiques qui seraient proposés. Les Quizz sont à concevoir. La durée de réalisation de ce projet est estimée à six mois avec une première phase de validation du contenu détaillé et des intervenants par les futurs utilisateurs déclarés, et une seconde de production effective des matériaux (tournage, montage, mise en ligne). Le tout devrait être réalisable en 2017.

Rappel : une partie des matériaux serait en provenance du MOOC Conversion Thermodynamique de la Chaleur.

Moyens humains, techniques et organisationnels mis en œuvre : *phase annuelle*

Moyens humains : trois intervenants du Centre Thermodynamique des Procédés et des moyens humains de la cellule TICE de MINES ParisTech pour la production des vidéos des 6 parties. Un représentant des établissements intéressés pour valider le détail du contenu. Choix a priori d'identification forte du MOOC avec un enseignant principal qui devrait être l'intervenant quasi unique avec une délégation au niveau de la partie V pour les TP vers deux

spécialistes des appareillages. Rappel : une partie des matériaux étant en provenance du MOOC Conversion Thermodynamique de la Chaleur, cela conduira selon son utilisation à un intervenant de plus ou à faire le lien avec cet intervenant et ses matériaux.

Moyens matériels : l'école des Mines Paristech disposera d'un studio pour enregistrer les vidéos et les enregistrements des TP le seront au Centre de Thermodynamique des Procédés où existe le matériel nécessaire à la démonstration

Organisation : structure projet avec un Chef de Projet et un comité de pilotage chargés de veiller à la bonne marche dans les délais de la production des livrables.

Choix techniques et technologiques : *pérennité des développements, normes, chaîne éditoriale, ouverture et liberté accès*

La caractérisation thermodynamique et ses problématiques abordées dans le MOOC ont une robustesse intrinsèque et sont des éléments scientifiques pérennes. Il est prévu une liberté d'accès à tout ou partie de la totalité des matériaux du MOOC en mode désynchronisé sans session, c'est-à-dire sur le mode "self-paced".

Les formats vidéo seront aux standard MP4 HD. Les contenus pédagogiques demeureront libres d'accès pour les enseignants. Les normes préconisées par UNIT seront appliquées chaque fois que possible. L'ensemble des ressources développées sera en libre accès pour tous les enseignants qui s'inscriront sur le portail. Les utilisateurs non identifiés auront accès à toutes les ressources sauf les corrigés.

Estimation budgétaire du coût du projet en € TTC : *au total, pour la phase annuelle à lancer, par partenaire, autres financeurs, financement demandé à UNIT*

Au total : 52 000 € dont 25 000 € de temps passé pour la conception et la production des matériaux des enseignants-chercheurs, y compris le temps passé par les partenaires pour la conception et/ou la validation; 16 000 € pour l'ingénierie pédagogique, multimédia et de plateforme; 10 000 € de captation et de montage; missions et déplacements 1 000 €.

Financement demandé à UNIT : 26 000 €

Autres financeurs potentiels : temps passé des partenaires pour des tournages in situ ou des contributions matérielles d'entreprises futures utilisatrices ou qui se sont déclarées intéressées. Mécénat possible mais non encore obtenu au moment du dépôt de ce projet.