

de production. Mais les vives réactions sociétales suite à la survenue de graves accidents industriels (dont AZF en France) montrent aussi que l'identification des risques majeurs et la démonstration de leur maîtrise est devenu un enjeu stratégique pour de nombreux projets industriels. A ce titre, les filières émergentes sont particulièrement concernées. Un exemple emblématique est *l'économie de l'hydrogène* mais on pourrait en citer bien d'autres, y compris dans des secteurs plus traditionnels.

Une évolution du GT « Sécurité des procédés » a ainsi été proposée en 2012 pour tenir compte de ce nouveau positionnement d'un domaine de la technique qui ne peut plus se satisfaire d'être un art mais devient une *science pour l'ingénieur*. Les sujets concernés sont **les méthodes d'analyse des risques, les modes/probabilités de défaillance, l'évaluation des propriétés dangereuses des substances, la prédiction des phénomènes dangereux** (incendie, explosions, nuages toxiques,...), le développement de **barrières de sécurité** (événements, systèmes d'isolement,...). Pour tous ces points, l'analyse d'accidents passés reste une source principale d'information qui fait évidemment partie de la thématique.

Événements 2013 : organisation lors du congrès GP 2013 d'une table ronde pour présenter cette nouvelle version du GT orienté vers *l'identification et la maîtrise du risque industriel*. Un nouveau Bureau, animé par **Christophe PROUST** (INERIS) et **Laurent PERRIN** (LRGP-ENSIC) est en cours de constitution.

GT « Solides divisés »

Ce groupe, placé sous la responsabilité de **Béatrice BISCANS** (LGC-CNRS Toulouse), s'est organisé autour d'un bureau constitué de Pierre Guigon (UTC-Compiègne), Hervé Muhr (LRGP-Nancy) et Alain de Ryck (ENSTIMAC-Albi).

Ses activités intéressent les universitaires et industriels qui travaillent sur les procédés de génération, de traitement et de mise en forme des solides, ainsi qu'aux équipementiers et fabricants de matériels pour l'élaboration et la caractérisation des particules. Les procédés concernés sont la cristallisation et la précipitation, les procédés CVD, le broyage, la granulation, le séchage, la compression. Les secteurs industriels impliqués sont très larges car les particules solides entrent dans la fabrication de nombreux produits d'usage: chimie, pharmacie, cosmétique, agro-alimentaire...

Parmi les manifestations récemment organisées par le GT, citons :

- le congrès **Science et Technologie des Poudres** à Toulouse, du 4 au 6 juillet 2012 (co-organisation SFGP/SFMM, GDR MeGe, GDR SurGeCo, GDR AMC2) (105 communications, voir CR page 25) ;
- la Journée **Caractérisation des Poudres** à Compiègne les 27-28 novembre 2012 : 30 communications, 100 participants avec pour invité Jonathan SEVILLE, University of Surrey (éditeur de Powder Technology).

Deux autres journées thématiques sont en préparation, l'une à Albi, en liaison avec la plateforme GALA (Plate-forme Technologique en Galéniologie Avancée, Castres), l'autre à Nancy.

Le GT organise également le **colloque CRISTAL 7** (cristallisation et précipitation industrielles) à Toulouse et Albi les 16 et 17

mai 2013 (50 communications, 120 participants) dont les actes seront publiés dans la collection *Récents Progrès en Génie des Procédés* et dans un numéro spécial de *Journal of Crystal Growth*.

A l'international, le GT participe à **WCPT** (World Congress on Particle Technology) à Nuremberg les 23-25 avril 2013 (800 communications + expositions POWTECH et TechnoPharma).

GT « Thermodynamique et Procédés »

La connaissance de la propriété de la matière est incontournable. A ce titre, le GT « Thermodynamique et procédés » a comme objectif de réfléchir aux développements nécessaires dans le domaine de la recherche et de l'enseignement, afin de permettre aux nombreuses compétences françaises d'impacter les innovations industrielles. Au vu du caractère transversal de la compétence visée autour de l'utilisation des nouveaux outils de la thermodynamique dans la conception et l'optimisation des procédés, les travaux sont menés en collaboration avec les autres GT concernés. Ces mêmes travaux seront également coordonnés avec ceux mis en place par le groupe de travail européen <http://www.wp-ttp.dk/>.

Ce groupe très actif (300 membres) est animé par **Jean-Charles de HEMPTINNE** (IFP Energies Nouvelles - Rueil) et **Jean-Noël JAUBERT** (LRGP-Nancy). Plusieurs manifestations visant à présenter un domaine novateur de manière pédagogique sont organisées chaque année. Citons :

- les 19 et 20 mars 2012, à l'ENS-Lyon, «**Industrial Use of Molecular Thermodynamics**», **INMOTHER**, organisé avec PROCESSNET (*l'initiative* qui regroupe la DECHEMA et la VDI allemande) et l'ENS de Lyon. Ce colloque, qui a réuni 140 participants venant de 22 pays, dont 58 industriels, fut un grand succès avec la participation active de Total et de la région Rhône-Alpes au travers du pôle de compétitivité Axelera, ainsi que le CNRS, Air Liquide, Linde, Rhodia du groupe Solvay et IFP Energies Nouvelles. Une suite est prévue dans le cadre du congrès ESAT en juillet 2014 à Eindhoven (NL).
- le 13 juin 2012 à l'Ecole des Mines, Paris, **Electrolytes** (41 participants, voir CR page 20) ;
- le 12 décembre 2012 à l'IFPEN Rueil Malmaison, **Thermodynamique et Bioprocédés** (60 participants, voir CR page 32),
- les 19-21 mars 2013 à Nancy, **JEEP (Journées d'étude des équilibres entre phases)**.

Le GT également une participation active au congrès de Lyon GP 2013. Il travaille également à la mise en place d'un **site web d'échange enseignants-industrie**.

Une réflexion est en cours sur le partage de coûts au sujet de la **base de données Detherm**, et en projet, une **Ecole d'été** pour réfléchir aux besoins industriels et/ou formation de chercheurs.

LES GROUPES THÉMATIQUES

GT « Traitement des déchets, des boues et des sites pollués »

Ce GT est animé par **Marie-Odile SIMONNOT** (LRGP-Nancy) et **Pierre BUFFIERE** (INSA Lyon). Le bureau est constitué de Hélène Carrère (LBE INRA), Véronique Croze (ICF Environnement), Daniel Gauthier (PROMES-CNRS), Angélique Léonard (Université de Liège), Yannick Ménard (BRGM), Jean-Louis MOREL (LSE-UL-INRA).

Ce GT, en lien avec le secteur industriel concerné et les agences de l'environnement, a pour vocation de fédérer les différents acteurs académiques et industriels concernés par les procédés de traitement des déchets, des boues et de la remédiation des sites et sols pollués. Ces procédés s'adressent généralement à des matrices solides, souvent hétérogènes et variables. Ils mettent en jeu les opérations séparatives classiques, soit dans le contexte d'une usine, soit sur un site à traiter (p. ex. traitement de sols in situ). Ils font appel le plus souvent à des compétences pluridisciplinaires.

La mission générale du GT est d'organiser des rencontres, des journées scientifiques et techniques et de participer à l'organisation du congrès bisannuel de la SFGP. L'enjeu est d'identifier les verrous scientifiques et technologiques susceptibles de limiter les futures innovations et de faire émerger des thèmes fédérateurs de recherche.

En 2012, le GT a participé à l'organisation du congrès international **Contaminated Site Management in Europe** (22-24 oct. 2012, Nancy). M.- O. Simonnot et V. Croze ont rédigé le chapitre J3983 Traitement des sols et nappes par oxydation chimique in situ (base documentaire Génie des procédés, Editions Techniques de l'Ingénieur). Le GT contribue à la préparation du congrès SFGP 2013 dans son domaine. Une journée thématique est également en projet pour 2013.

GT « Traitement de l'eau et de l'air »

Depuis 2010, ce GT est sous la responsabilité d'**Étienne PAUL** (INSA Toulouse) et d'**Annabelle COUVERT** (ENSC Rennes). Il possède un bureau composé de membres actifs **académiques** : Yves Andrès (Ecole des Mines, Nantes), Olivier Potier (ENSIC, Nancy), Philippe Moulin (Université Aix - Marseille) et **industriels** : Sylvie BAIG (Degrémont), animatrice industrielle, Christophe Renner (Veolia Environnement) et Nicolas Lesage (Total Petrochemicals).

Les **objectifs et réalisations** de ce GT sont :

- accompagner les transformations méthodologiques du domaine :
 - participation à la réflexion émanant du COS sur le futur du GP ;
 - atelier de formation en modélisation de procédés biologiques de traitement (réseau français modélisation procédés biologiques, INSA Toulouse, février 2013) ;
- nouer des contacts avec les autres GT (lien avec le GT Innovation: Olivier Potier) et les autres associations (EFCE, ASTEE...);

- accroître les interactions entre les membres SFGP inscrits au GT TEA (informations sur les événements, actions participatives, rédactions de notes techniques...).

Il travaille également à l'organisation de journées/conférences :

- **New Advanced Wastewater Treatment Technologies** (Clermont-Ferrand, 6 et 7 septembre 2012) : sur les technologies d'épuration des matrices contaminées,
- **JTED** : Evaluation environnementale des filières de traitement des eaux à Toulouse, le 14 juin 2012 (voir CR page 23),
- **Forum TEA** (voir CR page 33) et **visite** le 26 mars 2013 **du site UCB** (Groupe Pharmaceutique : cryocondensation, cogénération...),

et à la constitution d'un numéro spécial de *Environmental Technology* avec les articles sélectionnés au Congrès SFGP 2011 de Lille.

En conclusion

L'activité des groupes s'est maintenue à un niveau élevé mobilisant une grande partie de nos adhérents. La création de nouveaux groupes de travail en fonction des attentes industrielles et sociétales a permis de stimuler le travail des GT et de l'inclure dans une réflexion globale, conduisant à la création de GT transversaux à nos disciplines de bases. Remarquons l'intérêt grandissant des membres industriels du CA pour l'activité de ces nouveaux groupes de travail, qui répondent à des interrogations actuelles. Nous les encourageons à favoriser la participation de leurs ingénieurs à l'activité de ces groupes pour en faire un lieu privilégié d'échanges et d'innovation. Ainsi la SFGP jouera tout son rôle de facilitateur des contacts Industries-Universités et, au-delà des méthodes propres au Génie des procédés, c'est l'ensemble de la réflexion sur les usines de procédés de demain que la SFGP portera. C'est de ces échanges que naîtra en recherche comme en développement industriel des innovations porteuses d'un avenir industriel revisité.



Michel SARDIN
Président du CST

Xuan MEYER
Co-animatrice du CST

Cécile-Anne NAUDIN
Bénévole SFGP



*Société Française
de Génie des Procédés*

*La science des procédés face
aux enjeux industriels et sociétaux*

LES GROUPES THÉMATIQUES

GROUPES THÉMATIQUES DE LA SGFP

Cycle de Vie et Recyclage des Matériaux	Ecosystèmes industriels	Elaboration des Matériaux
Sophie DUQUESNE UMET - Univ. de Lille 1 sophie.duquesne@ensc-lille.fr	Jean-Marc LE LANN LGC - ENSIACET, Toulouse JeanMarc.LeLann@ensiacet.fr Directeur@ensiacet.fr	Jean-Pierre BELLOT Institut Jean Lamour, Nancy jean-pierre.belloc@mines.inpl-nancy.fr
Energie	Formation	Génie de la Polymérisation
Jean-Henry FERRASSE Univ. Paul Cézanne, Aix-en-Provence jean-henry.ferrasse@univ-cezanne.fr François NICOL VEOLIA Environnement Recherche et Innovation francois.nicol@veolia.com	Eric SCHAEER LRGP - ENSIC, Nancy eric.schaer@ensic.inpl-nancy.fr	Christophe SERRA LIPHT - Univ. Strasbourg ca.serra@unistra.fr Alain DURAND LCPM - ENSIC, Nancy alain.durand@ensic.inpl-nancy.fr
Génie des procédés biotechnologiques et agroalimentaires	Génie du Produit	Informatique et Procédés
Jean-Luc SIMON Ingredia Group, Arras jl.simon@ingredia.com	Nouria FATAH UCCS - ENSCL, Lille nouria.fatah@ensc-lille.fr	Stéphane DECHELOTTE PROSIM, Toulouse stephane.dechelotte@prosim.net
Innovation	Procédés Séparatifs	Réacteurs et Intensification des réacteurs
Olivier POTIER LRGP – ENSIC, Nancy olivier.potier@ensic.inpl-nancy.fr	Elisabeth BADENS LM2P2- Univ. Paul Cézanne, Aix-en-Provence elisabeth.badens@univ-cezanne.fr Pascal DHULSTER ProBioGEM - IUT Génie Bio, Lille pascal.dhulster@univ-lille1.fr	Laurent FALK LRGP, Nancy laurent.falk@ensic.inpl-nancy.fr Anne-Marie BILLET LGC - ENSIACET, Toulouse annemarie.billet@ensiacet.fr
Sécurité des procédés	Solides Divisés	Thermodynamique des Procédés
Christophe PROUST INERIS, Verneuil-en-Halatte christophe.proust@ineris.fr Laurent PERRIN LRGP - ENSIC, Nancy laurent.perrin@ensic.inpl-nancy.fr	Béatrice BISCANS LGC-ENSIACET, Toulouse beatrice.biscans@ensiacet.fr	Jean-Charles de HEMPTINNE IFP Energies Nouvelles j-charles.de-hemptinne@ifpen.fr Jean-Noël JAUBERT LRGP – ENSIC, Nancy jean-noel.jaubert@ensic.inpl-nancy.fr
Traitement des déchets, des boues et des sites pollués	Traitement de l'eau et de l'air	
Marie-Odile SIMONNOT LRGP – ENSIC, Nancy marie-odile.simonnot@ensic.inpl-nancy.fr Pierre BUFFIERE LGCIE – INSA, Lyon pierre.buffiere@insa-lyon.fr	Etienne PAUL LISBP - INSA, Toulouse etienne.paul@insa-toulouse.fr Annabelle COUVERT ENSCR, Rennes annabelle.couvert@ensc-rennes.fr	

LES ÉVÈNEMENTS DES GT

Ce colloque était organisé par le Groupe Thématique « **Thermodynamique des procédés** » de la SFGP. Lors de cette journée consacrée aux électrolytes, environ 35 personnes ont assisté à différentes présentations données par des chercheurs universitaires et des ingénieurs de l'industrie. Les chercheurs universitaires ont présenté les dernières avancées en matière de compréhension et de développement de modèles thermodynamiques impliquant les électrolytes, tandis que les industriels ont plutôt présenté leurs problématiques et la façon dont ils résolvaient le problème posé par la présence de ces produits.

Un point fort ressort de cette journée : alors que de nouveaux développements permettent de décrire des mélanges complexes, la majorité des utilisateurs industriels préfèrent encore les approches « classiques » (de type Debye-Hückel), tout en se basant sur des données expérimentales.

Les outils disponibles chez les partenaires académiques

La matinée était consacrée à la présentation de chercheurs universitaires où la question « **Les électrolytes, mais qu'est-ce que c'est ?** » était posée.

Le Professeur **Walter Fürst (ENSTA ParisTech)** a introduit la notion d'électrolytes dans une présentation qui avait pour vocation de décrire les différents concepts. Il a rappelé les différentes notions thermodynamiques (théorie de Debye Hückel, MSA) propres aux électrolytes et présenté les différentes évolutions en partant des modèles à énergie de Gibbs d'Excès (ou « modèles à GE », comme par exemple le modèle Pitzer) vers les modèles plus complexes comme SAFT, en terminant par les efforts de simulation moléculaire dans ce domaine.

Le Docteur **Patrice Paricaud (ENSTA ParisTech)** a enchaîné en présentant les récents développements en modélisation des solutions d'électrolytes. En partant du constat que les applications industrielles sont nombreuses, il a insisté sur le fait que les modèles de type équation d'état présentent bien plus d'avantages que les approches classiquement utilisées (du type loi de Henry par exemple). Les développements récents mettent en avant les équations de type SAFT qui se révèlent bien adaptées à la détermination des propriétés thermodynamiques des solutions d'électrolytes. Il existe une grande variété de ce type d'équations d'état dans la littérature, mais celles-ci sont rarement implémentées dans les logiciels de simulation de procédé.

La matinée s'est terminée par la présentation très intéressante du Docteur **Philippe Guilbaud (CEA)**. Sa présentation illustrait l'utilisation de la simulation moléculaire combinée à un modèle thermodynamique tenant compte de la formation de paires d'ions. Après avoir rappelé les grands principes, il a présenté les principaux résultats obtenus en ce qui concerne la détermination des activités de sels d'actinides et de lanthanides très présents dans le combustible nucléaire (extraction liquide-liquide dans les centrales nucléaires). L'effet de la concentration en sel sur la solvation des espèces ioniques est clairement illustré.

Colloque Électrolytes

Ecole des Mines de Paris, 13 juin 2012

La matinée s'est terminée par une **présentation de posters** de grande qualité, portant à la fois sur des résultats expérimentaux (calorimétrie) et de modélisation (ePPC SAFT). Nous retrouvons plusieurs applications des électrolytes : les hydrates de gaz, capture et séquestration du CO₂, traitement du gaz naturel, production de sel, nanofiltration.

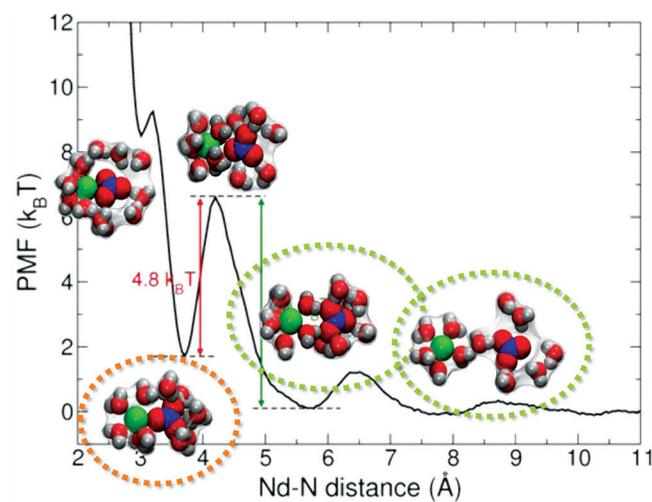
Besoins industriels

L'après-midi était consacrée à la présentation de quelques applications et exemples industriels.

Jing Zhao, de la société **Total**, a présenté les enjeux de la décarbonation du gaz naturel. Il a insisté sur la précision nécessaire requise pour les développements industriels. En particulier, il est indispensable de bien représenter la pression partielle de CO₂, ainsi que les enthalpies d'absorption. Le modèle doit également être capable de déterminer les répartitions des impuretés entre phases.

Le Docteur **Jérôme Corvisier (CEA)** a ensuite présenté les codes de transport réactif utilisés dans le cadre du stockage géologique du CO₂. Il a bien insisté sur les méthodes de résolution des modèles thermodynamiques, le coût en temps de calcul et a ensuite introduit le code de calcul géochimique CHES développé au centre Géosciences de Mines ParisTech. Ce code permet de modéliser les solubilités du CO₂ dans les solutions chargées en NaCl (voir ci-dessous).

Dans un autre registre, **Jacques Montagnon** et **Florent Delvallée** ont présenté leur société **Eramet** et les problèmes rencontrés par la présence des électrolytes. Eramet est spécialisé dans la métallurgie et a besoin de bien modéliser les solutions électrolytiques pour optimiser ses procédés hydrométallurgiques. Le modèle classiquement utilisé est celui de Debye Hückel ou ses extensions simples. Le problème rencontré concerne cependant essentiellement l'origine des données d'équilibre. Ils utilisent et comparent différents outils commerciaux : FactSage (Canada), ThermoCalc (Suède), MTDData (National Physics Laboratory, Royaume Uni). Il est



M. Duvail, A. Ruas, L. Venault, P. Moisy and P. Guilbaud, *Inorg.Chem.* 49, 519 (2010)

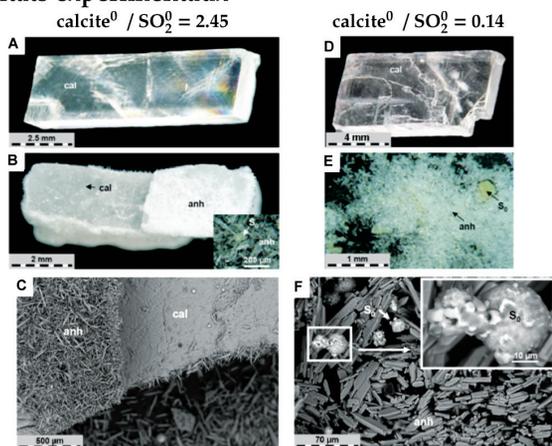
extrait présentation P. Guilbaud CEA

vrai que la plupart des équilibres étudiés sont en présence de phases solides, ce qui implique que la thermodynamique de la phase fluide a moins d'importance.

Le Docteur **Thomas Vercoutier (CEA)** a présenté la théorie de l'interaction spécifique pour la représentation des propriétés thermodynamiques des milieux très concentrés d'actinides ou de lanthanides. Cette application concerne la compréhension des phénomènes pouvant se produire lors de l'extraction des minerais, du recyclage du combustible et du stockage des déchets nucléaires. Cela concerne les actinides naturels ou formés lors des réactions nucléaires. A nouveau, le manque de données expérimentales semble être plus limitant que les besoins en modèles : des approches prédictives sont alors mises en œuvre, basées sur la théorie des interactions spécifiques (SIT) La théorie **BiMSA** (MSA adapté aux couples d'ions) est également mise en avant.

Interactions Eau-Gaz-Roche / réactivité du système $\text{SO}_2(\text{g})$

Résultats expérimentaux



extrait présentation J. Corvisier, Mines ParisTech

Table ronde

La journée s'est terminée par une table ronde animée par le Professeur **Alain Gaunand (Mines ParisTech)**.

La question posée à l'assistance était : « **Quels sont les besoins pour le développement de modèles thermodynamiques fiables pour la représentation des propriétés thermophysiques utiles pour l'industrie ?** » En d'autres termes, comment les industriels traitent-ils la question des données thermodynamiques de leurs procédés (essais et modèle/outil numérique dédiés élaborés en interne, logiciels commerciaux ou versions adaptées, travaux académiques); quels types de demande formulent-ils et comment la communauté scientifique peut-elle y répondre au mieux ?

Alain Gaunand a tout d'abord évoqué les besoins en thermodynamique pour concevoir et déterminer la dimension des opérations unitaires industrielles faisant intervenir les solutions d'électrolytes. Par exemple, de nombreux solides sont obtenus par cristallisation à partir de solutions aqueuses d'électrolytes. Prédire une vitesse de cristallisation dans des conditions opératoires données implique d'évaluer la sursaturation des solutions par rapport au solide, donc la limite de solubilité du solide, et les activités des différentes espèces et complexes de la solution-mère.

Jean-Charles De Hemptinne (IFPEN) a posé des questions sur les logiciels commerciaux existants et évoqué le problème du transfert de connaissances et de savoir faire entre chercheurs et industriels. Il apparaît que le monde des électrolytes est assez particulier : ce sont des fournisseurs spécifiques (dont certains noms ont été mentionnés) auxquels il est fait appel plutôt que de grands fournisseurs de logiciels de simulation de procédés. Aspen est sans doute le plus polyvalent en la matière.

Christian Sorez, du **CEA** de Marcoule, a ensuite parlé de l'importance des propriétés thermodynamiques des solutions d'électrolytes pour modéliser les extractions liquide-liquide appliquées aux traitements des déchets et l'extraction de l'uranium (mines de phosphate). Les recherches sont menées en coopération étroite avec Areva et des partenaires en hydrométallurgie. Des codes de calculs ont été développés en interne pour la modélisation des unités opératoires. Ces codes sont modulaires et combinent des parties dédiées aux propriétés thermodynamiques à d'autres dédiées aux transferts entre phases et à la modélisation des unités. Les systèmes étudiés sont par exemple les milieux nitriques concentrés (7.5 en molalité), les solutions de nitrate d'uranyle, les sels contenant de l'uranium, du plutonium ou du zirconium pour lesquels il manque des données.

Philippe Arpentinier, expert en thermodynamique du groupe **Air Liquide**, a évoqué les besoins en thermodynamique et les systèmes étudiés faisant appel aux solutions d'électrolytes. Les applications sont la capture du CO_2 , des NO_x et des SO_x issus de fumées. Cette capture se fait avec des solutions basiques (NaOH , NaCO_3) ou avec des procédés à l'eau oxygénée. Des études expérimentales sont réalisées et les données sont traitées avec les modèles NRTL et Pitzer.

Jacques Montagnon de la société **Eramet** a mentionné que le groupe utilisait essentiellement des logiciels commerciaux tels que Thermocalc. Les applications de ces logiciels se rencontrent en hydrométallurgie et pyrométallurgie.

Walter Fürst, Professeur à **ENSTA-ParisTech**, a mis en évidence l'éloignement encore trop important entre le monde industriel et celui de la recherche académique, et l'intérêt d'évoluer vers des modèles plus complexes mais capables de traiter un grand nombre de systèmes. Il apparaît que ce changement ne se fait que lorsqu'on est « pris à la gorge », c'est-à-dire lorsque les modèles simples ou développés en interne ne peuvent plus être adaptés par des moyens simples.

Jean-Pierre Simonin, professeur à l'**Université Paris 6 (Jussieu)**, a évoqué la limitation des modèles actuels pour les problèmes industriels actuels les plus compliqués à résoudre à son sens : la définition du système étudié, le cas des mélanges de solvants et des solutions à haute température et haute pression. Les modèles simples actuels ne sont pas capables de prédire les effets de températures et de pression si des corrélations dépendant de T et P ne sont pas prises en compte pour le calcul des paramètres du modèle. Des développements théoriques restent essentiels.

LES ÉVÈNEMENTS DES GT

Conclusion

On observe bien un cloisonnement entre d'une part les développements académiques qui recherchent des modèles complexes, qui peuvent s'adapter à un grand nombre d'applications, mais souvent basés sur des simulations longues et coûteuses en simulation moléculaire, et d'autre part les besoins industriels, souvent dans des domaines de complexité avancée, mais à chaque fois relativement spécifiques. Ici, c'est la base de données qui fera foi avant tout, quitte à caler un modèle simple ou corrélatif. Il semble que deux pistes de réflexion doivent être poursuivies :

1. Il est important de développer des compétences théoriques allant au-delà de tests de régression sur une panoplie de plus en plus grande de modèles, qui permettent de comprendre les phénomènes et de proposer des outils prédictifs avec un

nombre réduit de données à acquérir.

2. Davantage d'efforts devront porter sur la mise à disposition des outils de calcul développés dans les laboratoires universitaires, au travers de fournisseurs de logiciels qui sont directement en contact avec les industriels.

Cette journée a rencontré un vif succès de par les discussions qui se sont tenues lors de la table ronde et le nombre de posters (10). Cette thématique intéresse aussi bien les chercheurs en laboratoire universitaire que les industriels (CEA, IFPEN, Total, Air Liquide, Eramet, Solvay...).

Jean-Charles de Hemptinne
IFP Energies Nouvelles

Patrice Paricaud
ENSTA ParisTech

Christophe Coquelet
Mines ParisTech



GT THERMODYNAMIQUE DES PROCÉDÉS

Les applications des fluides supercritiques

Aix-en-Provence, 27 juin 2012

Cette matinée a été organisée par le pôle de compétitivité **Trimatec**, l'association **Innovation Fluides Supercritiques** (IFS), le **Centre Européen d'Entreprise et d'Innovation** (CEEI Provence), avec leurs partenaires : le **laboratoire M2P2** (Aix-Marseille Université), le **CRITT Chimie PRIDES Novachim** et le **GT «Procédés Séparatifs» de la SFGP**.

La rencontre, qui avait lieu sur le Technopôle Arbois-Méditerranée à Aix-en-Provence, a réuni **40 participants**.

Six conférenciers ont pris la parole :

- **Elisabeth BADENS**, Laboratoire M2P2 - Aix Marseille ;
- **Olivier THEVENARD**, Société Synthévert – Roquemaure ;
- **Jean-Bernard MERMET**, A-CORROS - Avignon ;
- **Audrey HERTZ**, CEA Marcoule – Bagnols-sur-Cèze ;
- **Frantz DESCHAMPS**, STANIPHARM – Champigneulle ;
- **Karima BENAÏSSI**, IFS – Valence.

Ils ont présenté les **principes et enjeux des fluides supercritiques** ainsi que leurs **applications dans divers secteurs** (extraction de produits naturels, restauration dans le domaine de l'archéologie, mise en forme de matériaux, mise en forme de médicaments, valorisation et traitement des déchets).

Un cocktail déjeunatoire organisé à l'issue de cette matinée a permis des discussions entre les industriels et les chercheurs académiques...

Elisabeth BADENS

Professeur à l'Université d'Aix- Marseille
Responsable de l'équipe « Procédés et Fluides
supercritiques » au Laboratoire M2P2 (Mécanique,
Modélisation et Procédés Propres), UMR-CNRS 7340

Trimatec contribue au développement de projets innovants mettant en oeuvre des écotecnologies au service de l'industrie.

Ses actions s'articulent autour de quatre domaines thématiques :



- ☞ la maîtrise des environnements confinés,
- ☞ les applications des fluides supercritiques,
- ☞ l'utilisation des technologies séparatives et membranaires,
- ☞ la production et valorisation de la biomasse algale.

Créée en 2006, l'association **Innovation Fluides Supercritiques** a pour objet la fédération et la mise en synergie d'acteurs nationaux mais aussi européens et internationaux, visant à positionner la France à un niveau international sur cette technologie.



IFS a pour objectifs :

- ☞ d'encourager et de développer l'utilisation des **Fluides Supercritiques** dans les entreprises,
- ☞ de promouvoir les procédés de **chimie verte** à un niveau citoyen
- ☞ d'être reconnu comme **centre d'expertise et de transfert des laboratoires vers l'industrie**.

GT PROCÉDÉS SÉPARATIFS

JTED 2012 Evaluation environnementale des filières de traitement des eaux

LES ÉVÈNEMENTS DES GT

INSA Toulouse, 14 juin 2012

Co-organisées par l'INSA Toulouse, l'INRA Narbonne, l'EMAC, l'INP Toulouse, Midi-Pyrénées Innovation et la SFGP, les **Journées Techniques Eaux et Déchets 2012** ont permis de faire découvrir les avancées méthodologiques en matière d'évaluation environnementale, et, au travers d'études de cas d'application, de mieux appréhender ces **outils d'aide à la décision** pour bâtir les filières d'épuration et de valorisation de demain. Ces JTED 2012 ont initié les échanges sur l'état de l'art, les applications possibles, les verrous restant à lever, les recherches en cours... Cette manifestation, de portée nationale, a permis de réunir les principaux experts du domaine. En effet, **180 personnes**, issues des différents secteurs industriels, des collectivités territoriales et d'organismes de recherche, ont participé à cette manifestation.

L'**évaluation environnementale** est une forme d'évaluation relativement récente, en pleine évolution et qui doit répondre à des enjeux complexes. Elle a aussi pour objectif de fournir des signaux précoces d'alerte environnementale et de tirer des leçons du passé. Depuis les années 1990, l'évaluation environnementale est devenue obligatoire par exemple pour l'état de l'eau, de l'air, des sols, des habitats naturels et de la biodiversité ou pour certaines activités industrielles (Directive Reach), certains produits, et certains plans, programmes et grands projets en Europe.

Différentes conclusions ont pu être tirées de ces journées JTED 2012.

Tout d'abord une évaluation environnementale précise requiert une **approche globale du berceau à la tombe**, tout en prenant en compte un nombre important d'informations spécifiques et locales. La qualité des méthodologies dépend de la «granulométrie» de l'information (maillage, fourniture du réactif, niveau de stress hydrique...). Les outils proposés s'appuient sur une **analyse du cycle de vie (ACV) multi-critère ou mono-critère** (bilan carbone, qualité-eau), en fonction des utilisateurs visés (exploitants ou constructeurs) et des enjeux (évaluation d'un service ou éco-conception).

Que ce soit pour l'optimisation ou l'aide à la décision, le niveau de précision des modèles (procédés) doit être comparé aux incertitudes de certains indicateurs d'impacts, comme par exemple la variabilité des résultats de certaines méthodes d'évaluation de la toxicité des polluants. La multiplicité des critères est une source de « bruit » pour les non-experts dans l'aide à la décision mais semble indispensable aux experts. L'évaluation de l'« effort » de traitement et l'amélioration de la qualité des eaux nécessitent une agrégation des critères de



pollution. Parmi les approches proposées, la **monétarisation des indicateurs** est une approche particulièrement parlante pour les décideurs. Une question récurrente est posée: l'«agrégation» des critères est-elle une source acceptable de dégradation de l'information?

L'ACV a permis de montrer sur différents cas d'étude le **poids respectif de certaines étapes** dans le traitement et la gestion des effluents. Pour le traitement des effluents d'élevage, l'impact des émissions de méthane (stockage) et d'ammoniaque (épandage) est important. Le poids du transport peut être faible grâce au compostage et il devient crucial d'améliorer l'évaluation de la substitution aux engrais et du retour de la matière organique vers les sols.

Dans l'assainissement urbain, l'énorme **impact du réseau** doit être souligné (donc celui de la densité de l'habitat). L'analyse des systèmes de collecte individuelle des eaux de pluie montre les impacts importants des matériaux et infrastructures. Enfin, dans la conduite des installations de production d'eau potable, l'ACV fait ressortir l'impact important des étapes de désinfection.

De **nouveaux outils** sont donc en cours de développement et commencent à être utilisés. Ils permettent d'avoir une vision globale de l'impact environnemental d'une filière, de prévoir le déplacement de pollution, d'évaluer quel type d'impact environnemental est dominant dans la réalisation d'un produit et quelles étapes (production, utilisation, mise au rebut) ou quels éléments particuliers du produit contribuent le plus en termes d'impacts environnementaux. Ces outils doivent permettre l'obtention d'une **vision globale et intégrée** des performances environnementales des systèmes, de la production de la pollution aux consommations des ressources, en qualifiant aussi les gains environnementaux obtenus par des actions d'**éco-conception**. L'évaluation des procédés et des filières est une thématique montante puisque de plus en plus de demandes d'outils d'évaluation émanent de la sphère sociopolitique mais également de la sphère économique.

Mathieu SPÉRANDIO
pour le comité d'organisation des JTED
Les Animateurs du GT TEA
Annabelle COUVERT et Etienne PAUL

GT TRAITEMENT DE L'EAU ET DE L'AIR



LES ÉVÈNEMENTS DES GT

INP TOULOUSE ENSIACET

Cette réunion organisée par le **Groupe Thématique «Energie»** de la SFGP a réuni une vingtaine de participants à l'ENSIACET (Toulouse).

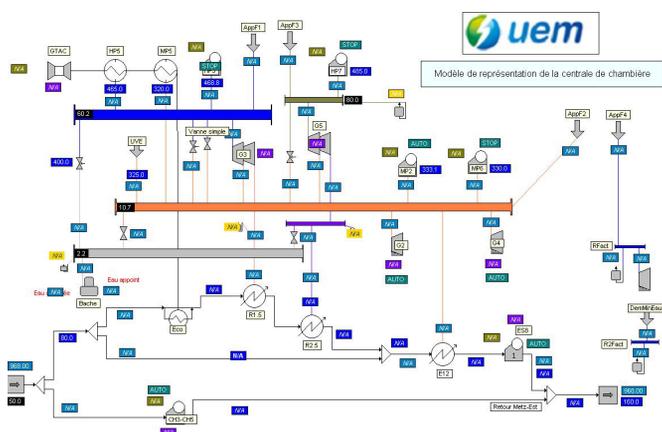
L'objectif de ce forum était de définir et d'identifier, d'une part, les outils et les méthodes disponibles permettant d'améliorer les procédés de transport et de distribution de chaleur et, d'autre part, les enjeux et verrous scientifiques, technologiques et industriels de ces procédés.

La journée s'est déroulée en 2 parties distinctes : une série de 5 présentations effectuées par des conférenciers des milieux académique et industriel, suivie par une table ronde.

Certains intervenants ont focalisé leur présentation autour de **la gestion et l'optimisation des réseaux de distribution de chaleur**.

Raphaële THERY (LGC Toulouse) - *Un formalisme générique dédié à la gestion intégrée de l'énergie et de la production : application à la cogénération* - a présenté et illustré par des exemples une méthodologie permettant une utilisation plus rationnelle des utilités (vapeur, eau, électricité) des ateliers de production multiressources discontinus ou semi-continus.

Philippe BAUDET (PROSIM SA) - *Cogénération et gestion de réseaux thermiques à l'échelle d'une ville* - a illustré les problématiques de gestion optimale et simultanée du chauffage et de la production d'électricité en milieu urbain : comment fournir l'énergie nécessaire en temps et en heure tout en minimisant le coût ? Quels sont les moyens et les outils d'optimisation instantanée permettant de gérer et également de planifier le fonctionnement des centrales et réseaux de distribution d'énergie sur une échelle de temps large (temps réel, court terme et long terme) et sur une installation multi-sites.



Modèle de représentation de la Centrale de Chambière

Ludovic MONTASTRUC (LGC Toulouse) - *Vers une symbiose industrielle: Intégration d'une bioraffinerie verte au sein d'une usine papetière* - a montré l'intérêt de coupler gestion des réseaux de chaleur et valorisation d'effluents. Il a ainsi présenté un exemple concret de création de «chaînes alimentaires» ou «réseaux trophiques» entre entreprises, système dans lequel

Production et distribution de chaleur : de la conception à la maîtrise de la demande énergétique

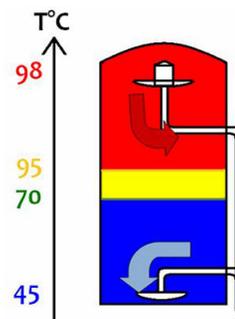
ENSIACET, Toulouse, 2 juillet 2012

la consommation de matière et d'énergie est optimisée, et les effluents d'un processus servent de matière première à d'autres processus.

D'autres conférenciers se sont intéressés à l'utilisation potentielle du **stockage de chaleur (ou de froid)** dans la gestion et la conduite des réseaux de distribution.

Lingai LUO (LOCIE Chambéry) - *Cycles thermochimiques pour le transport de chaleur et de froid à longue distance* - a montré qu'il existe des moyens permettant de remplacer le transport de chaleur par caloporteur par un transport de fluides à température ambiante, associé à des processus endothermiques et exothermiques. Ces systèmes reposent sur la mise en œuvre de chaleurs latentes et sensibles (matériaux à changement de phases) dans des pompes à chaleur fonctionnant dans des gammes de températures « adéquates ».

Marie LECOLLIER, Delphine THOREL et François NICOL (Veolia Environnement Recherche et Innovation) - *Stockage d'énergie thermique intégré aux réseaux de chaleur* - Cette conférence a montré qu'un simple stockage thermique de chaleur sensible peut améliorer notablement la gestion de la distribution d'eau chaude urbaine et présente de nombreux avantages en termes de coût, efficacité (lissage des pics de consommation) et facilité de mise en œuvre.



La **table ronde** qui a clôturé l'après-midi a permis un échange fructueux autour des points soulevés précédemment. Elle a notamment mis en évidence que, si le stockage de chaleur peut constituer un apport très intéressant à la problématique du transport de la chaleur, cette méthodologie se heurte encore à de **nombreux verrous** essentiellement techniques comme le choix des matériaux, la mise en œuvre industrielle, surtout si on envisage des systèmes de stockage de chaleur latente. L'optimisation des processus de transport et de gestion de chaleur est, quant à elle, difficile principalement à cause du caractère non continu et fortement non linéaire, et par le fait que les données utilisées sont souvent incertaines. Enfin, il existe une grande similitude et une convergence entre les problématiques rencontrées dans les réseaux de distribution d'électricité (smart grid) et les réseaux de distribution de chaleur, et il serait judicieux que les deux « communautés » puissent se rapprocher.



Catherine AZZARO-PANTEL
François NICOL
Roland SOLIMANDO

GT ÉNERGIE

7ème colloque STP 2012 « Science et Technologie des Poudres »

Toulouse, 4 au 6 juillet 2012



Ce sont **plus de 180 participants** qui se sont retrouvés sur le campus de l'INP-ENSIACET pour échanger leurs connaissances et s'informer des dernières avancées scientifiques et technologiques dans le domaine des **solides divisés**.

Organisé autour de cinq conférences plénières, d'une soixantaine de conférences orales et d'une cinquantaine de communications par poster, ce colloque a permis d'aborder des problématiques diverses :

- procédés de production et de traitement des solides divisés,
- caractérisation des poudres ou des suspensions,
- procédés de synthèse de matériaux et nanomatériaux,
- physique des milieux granulaires,
- modélisation et simulation des procédés particuliers.

A noter que de nombreux travaux de recherche, présentés lors de ces journées, ont porté sur des problématiques industrielles et sociétales en relation avec de nombreuses applications industrielles dans des domaines divers tels que **pharmacie, chimie, agroalimentaire, matériaux, énergie, environnement**.



En outre, un espace dédié à l'exposition de **stands tenus par des équipementiers** (Pylote, Sympatec, France Scientifique, Inel, Thermo, Occhio, Elexience, Malvern, ES, Fritsch ...) a permis d'enrichir les exposés scientifiques par une **présentation des dernières nouveautés** en matière de technologies et d'outils de caractérisation dédiés aux poudres.

Des problématiques transversales aux opérations relatives aux solides divisés ont également été abordées, notamment lors des **conférences plénières** présentées par des scientifiques reconnus pour leurs travaux dans les thèmes ciblés :

- « Granule Attrition by coupled particle impact and shearing », **Mojtaba GADHIRI** (Leeds University, UK);
- « Technologies avancées dans l'industrie alimentaire », **Pierre SCHUCK** (STLO, INRA Rennes) ;
- « La malédiction du micromélange », **Patrice NORTIER** (LGP2, Institut Polytechnique de Grenoble);
- « Toxicité et impact environnemental des nanoparticules : le cas des nanotubes de carbone », **Emmanuel FLAHAUT** (Institut Carnot CIRIMAT, Toulouse) ;
- « Synthèse des poudres mésoporeuses par aérosol », **Cédric BOISSIÈRE** (LCMC, Collège de France, Paris).

LES ÉVÈNEMENTS DES GT

Placés sous l'égide de la **Société Française de Génie des Procédés** et de la **Société Française de Métallurgie et de Matériaux**, le 7^{ème} Colloque Science et Technologie des Poudres a aussi reçu l'appui de plusieurs Groupes de Recherche : le **GDR MeGe Couplage Multi-Physiques et Multi-échelles en Mécanique**



Géo-environnementale, le **GDR SurGeCo Mécanismes de dépôt par voie gazeuse sur des Surfaces de Géométrie Complexe** et le **GDR AMC2 Approches Multiphysiques pour les Colloïdes Concentrés**. Enfin, par leur soutien, le **CNRS**, l'**Institut National Polytechnique de Toulouse** et la **Région Midi-Pyrénées**, ont également contribué à la réussite de cette manifestation.

Seul congrès en langue française réunissant toute la communauté dans le domaine des procédés de production des poudres et des particules le **7^{ème} Colloque Science et Technologie des Poudres** s'est révélé, comme les précédentes éditions, un événement incontournable pour le **groupe thématique « Solides Divisés » de la SFGP**.

Aussi, soyez nombreux à venir nous rejoindre à **Nancy en 2015** pour le **8^{ème} colloque Science et Technologie des Poudres** !

Christine FRANCES
Directeur de Recherche CNRS
LGC, Toulouse
Présidente du Comité d'organisation
du 7^{ème} colloque STP2012
www.poudres2012.fr



GT SOLIDES DIVISÉS

LES ÉVÈNEMENTS DES GT

Journée thématique CAPE-OPEN

Lyon, 18 septembre 2012

Le groupe **Informatique et Procédés** (IEP) de la SFGP et le CAPE-OPEN Laboratories Network (**CO-LaN**) ont organisé une journée de présentation du standard industriel CAPE-OPEN qui permet l'**interopérabilité des logiciels de simulation de procédés** tout en respectant les intérêts concurrents des éditeurs de ces logiciels.

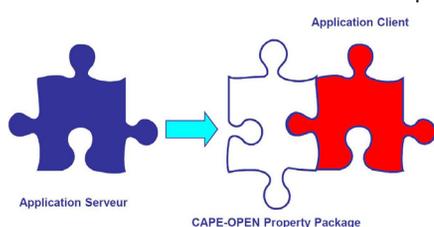
Michel Pons, Directeur Technique du CO-LaN, a d'abord fait une présentation retraçant l'historique du standard CAPE-OPEN, les aspects techniques ainsi que des exemples d'implémentations et d'utilisations. Puis divers intervenants ont décrit leur propre expérience avec le standard :

- ProSim SA dans son rôle d'éditeur de logiciels à vocation essentiellement générale,
- RSI en tant qu'éditeur de logiciels dédiés,
- Air Liquide en tant qu'utilisateur industriel à périmètre mondial,
- GdF Suez / CEA Grenoble au sein d'un projet de R&D.

Les démonstrations et discussions tenues lors de cette journée ont montré qu'un utilisateur de logiciels de simulation de procédés n'a pas besoin de compétence particulière pour utiliser le standard CAPE-OPEN. Aucune programmation n'est requise et l'utilisateur ne fait qu'employer les fonctionnalités générales d'un simulateur.

Qu'est ce que le standard CAPE-OPEN ? Ce n'est pas un logiciel mais une documentation librement accessible. Le standard couvre la quasi-totalité de ce qu'on peut trouver comme fonctionnalités dans un outil de simulation de procédés. Pour faciliter la prise en main du standard CAPE-OPEN par les développeurs, le CO-LaN a organisé ou favorisé depuis 2006 des formations pour les développeurs qui souhaitent créer un module compatible CAPE-OPEN. ProSim SA propose aussi des formations axées sur CAPE-OPEN. De plus, des outils («Wizards») existent pour faciliter le codage en différents langages de programmation tels que Microsoft Visual Basic, Borland Delphi, Microsoft Visual Studio C++, Fortran 90, Microsoft.Net. Certains «Wizards» sont développés et maintenus par le CO-LaN, d'autres sont mis à la disposition du CO-LaN par leurs auteurs et d'autres enfin sont des logiciels libres. Le CO-LaN a aussi développé des exemples de composants thermodynamiques et opérations unitaires dont le code source est mis à la disposition du public.

Comment fonctionne CAPE-OPEN ? Via CAPE-OPEN, un logiciel interroge une autre application sur ce qu'elle sait faire, lui demande de faire des calculs et de présenter des résultats. Parmi les types de composants logiciels CAPE-OPEN, on trouve par exemple les «Property Packages» qui sont des serveurs de calcul de propriétés thermodynamiques. Ces serveurs thermodynamiques sont dédiés à un procédé particulier. En cela ils sont limités à un seul modèle pour chaque propriété



physique et thermodynamique et à un jeu de constituant.

Un simulateur de procédés va demander à un



**The CAPE-OPEN
Laboratories Network**

Property Package quels sont les constituants chimiques disponibles, les propriétés calculables et une fois renseigné sur ces divers points, va demander une série de calculs de propriétés thermodynamiques et d'équilibres entre phases. Le résultat de ces calculs est stocké par le Property Package dans un «container» appartenant au simulateur de procédés qu'on appelle un «Material Object» en jargon CAPE-OPEN et qu'on identifie assez facilement avec un courant matière tel qu'on le connaît dans un simulateur. C'est dans ce Material Object que le Property Package va chercher les conditions auxquelles les calculs thermodynamiques doivent être conduits.

L'implémentation du standard CAPE-OPEN dans un logiciel a recours à des techniques de programmation, techniques qu'il faut évidemment maîtriser. De plus il faut savoir que le standard CAPE-OPEN a été implémenté majoritairement en s'appuyant sur l'intergiciel COM disponible en environnement Windows. Cela répond aux besoins actuels du marché de la simulation de procédés. Cela impose toutefois une certaine maîtrise de COM, même si notamment les «Wizards» simplifient beaucoup la tâche des programmeurs sur cet aspect. A noter qu'à ce jour, seuls des universitaires ont réalisé des implémentations utilisant un autre intergiciel, CORBA.

En conclusion, le standard CAPE-OPEN a répondu aux demandes initiales formulées en 1994. Le fil des présentations a montré qu'une communauté internationale et notamment française, existe autour de l'utilisation et de l'implémentation du standard CAPE-OPEN. Cette communauté s'est formée en partie au cours des projets européens ayant construit le standard et a matérialisé le standard dans des outils commerciaux qui ont trouvé leur place chez les utilisateurs.

Que sera CAPE-OPEN demain ? Le standard CAPE-OPEN a encore et toujours besoin d'évoluer pour répondre aux nouveaux besoins des utilisateurs des outils de simulation de procédés. Une nouvelle version de la partie thermodynamique du standard CAPE-OPEN est actuellement envisagée pour répondre aux besoins de calculs fortement maillés (plusieurs propriétés physiques disponibles en même temps en différents points de l'espace). Des travaux sont aussi en cours pour améliorer le traitement des réactions chimiques. L'association CO-LaN est aussi consciente qu'il faut faire mieux et plus pour favoriser la prise en main du standard : le CO-LaN va proposer aux éditeurs de logiciels de financer 50% du coût de développement d'un connecteur CAPE-OPEN.



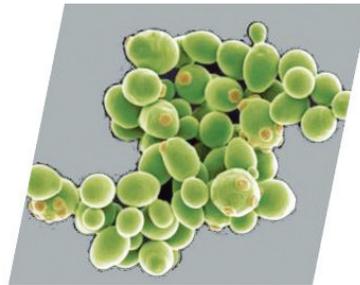
Michel PONS
Directeur Technique du CO-LaN

Patrice KIENER
Président de InModelia

GT INFORMATIQUE ET PROCÉDÉS

Peptides issus des procédés d'hydrolyse : filières industrielles

Biocitech Paris Romainville, 2 et 3 octobre 2012



Ce colloque sur les hydrolysats de protéines de toutes origines et les peptides en résultant a été organisé par **Adebiotech** et le **GT « Génie des procédés agroalimentaires et biotechnologiques » de la SFGP**, avec pour objectif de réunir les acteurs académiques, industriels et institutionnels impliqués dans, ou intéressés par, cette thématique.

Ce colloque s'est articulé autour de quatre sessions :

- i) les procédés d'hydrolyse, d'extraction, de séparation, de purification et les outils de caractérisation;
- ii) les applications fonctionnelles, nutritionnelles, cosmétiques et de santé;
- iii) les aspects réglementaires : innocuité, biomarqueurs et modèles soutenant les allégations;
- iv) les succès et verrous industriels, ainsi que les perspectives de développement.

Ce colloque a été organisé sous la forme de conférences, de présentations orales, de posters, de tables rondes et de stands. Il a été ouvert par une conférence de présentation et chacune des trois premières sessions a débuté par des conférences introductives suivies d'exposés spécifiques. La dernière session a consisté en deux tables rondes. 23 affiches ont été présentées : 12 pour la session 1, 10 pour la session 2 et 1 pour la session 3.

La première session a débuté par une conférence sur **la production d'hydrolysats protéiques et l'enrichissement en peptides bioactifs**. Cette session a ensuite été scindée en deux thèmes: l'un sur les procédés d'hydrolyse et de fractionnement et l'autre sur les techniques de caractérisation et de quantification. Les exposés réalisés ont concerné :

- **les développements récents de protéases spécifiques** avec des exemples d'applications industrielles, des procédés enzymatiques de production d'hydrolysats de protéines et de biopeptides à partir de produits marins; l'identification de peptides antihypertenseurs, antioxydants et anticoagulants ; des technologies à membranes pour la séparation de peptides bioactifs, leurs avantages et leurs limites; la chromatographie de partage centrifuge par échange d'ions, outil novateur pour la capture de peptides présents dans un hydrolysat; les études d'un nouveau procédé de fractionnement de coproduits et des propriétés physico-chimiques et fonctionnelles des extraits peptidiques obtenus; le séchage par atomisation et fluidisation de peptides et de protéines actives ;

- **le développement d'outils de caractérisation de petits peptides en mélanges complexes** (essais d'identification, de compréhension des activités, et de purification) ; la RMN appliquée aux peptides; le rôle des peptides dans l'élaboration et les fonctionnalités des produits laitiers.

La deuxième session a débuté par une conférence sur les intérêts **des hydrolysats protéiques et des peptides alimentaires en santé humaine et animale**. Puis se sont succédés des exposés traitant des problèmes suivants : l'amélioration de la capacité antioxydante et des propriétés techno-fonctionnelles d'hydrolysats protéiques par réaction de Maillard en conditions contrôlées; la diminution de l'allergénicité ; les cryptides marins et leur action sur le syndrome métabolique ; les purification, caractérisation et validation d'effets santé d'hydrolysats de protéines de poissons et de peptides d'origine marine ; l'étude d'un peptide issu de laits fermentés et actif en tant que modulateur de la protection intestinale ; celle concernant une protéine alimentaire permettant de stimuler la synthèse de protéines du muscle ; puis un exposé sur les peptides anxiolytiques issus du lait, leur biodisponibilité et leur activité ; enfin, un dernier exposé sur des peptides présentant des activités **d'antihypertenseurs** et de cholécystokinines réceptrices.

La troisième session a été consacrée aux **aspects réglementaires**. Elle a débuté par une conférence introductive sur le développement d'un actif à allégation santé. Puis il y a eu des exposés sur la réglementation européenne relative aux allégations nutritionnelles et de santé et leur contrôle, les réglementations REACH et Cosmétique en Europe, la caractérisation et la quantification de peptides par la protéomique quantitative, les biomarqueurs, les auxiliaires technologiques, les nouveaux ingrédients alimentaires (de l'idée à l'allégation), les études précliniques et cliniques pour soutenir une allégation santé.

La quatrième session a été réalisée autour de deux tables rondes : l'une sur **les succès et les verrous industriels** avec des représentants des sociétés Roquette, Copalis, Ingredia, DSM et Croda ; et l'autre sur les perspectives de développement avec des représentants de Pôle IAR, CVG, Aquativ, Soft-Ingédients/Takabio, Université de Liège et Céréales Vallée. De fait, plusieurs verrous ont été identifiés. Les plus importants sont l'aspect réglementaire et les coûts de réalisation des indications cliniques et du dossier d'allégation. Ce dernier

LES ÉVÈNEMENTS DES GT

peut atteindre plusieurs milliers d'euros. De plus, le délai d'obtention d'un **label Nouvel ingrédient (Novel Food)** peut s'avérer très long, ce qui constitue aussi un frein industriel.

Les perspectives de développement sont, quant à elles, basées sur des **programmes de recherche** impliquant des acteurs industriels et académiques. Les objectifs finaux étant différents, bien qu'il y ait une mise en commun de compétences et de visions différentes, ce qui entraîne parfois des problèmes de collaboration. Mais pour une PME, il est important de collaborer avec un partenaire académique, et ceci est bien sûr facilité lorsque la collaboration est financée par le Gouvernement.

Ce colloque a été un réel succès. En effet il a rassemblé **150 personnes dont 80 de l'industrie**, soit plus de 50%, et six stands ont été présentés. Ceci montre bien la pertinence du thème.

Un document de synthèse est en cours de préparation et sera édité prochainement.

La satisfaction ressentie nous encourage à renouveler des opérations de ce type entre AdebioTech et le GT Bio de la SFGP. Ce colloque démontre également la pertinence d'une **Fédération Française de Biotechnologie** qui est en construction et dans laquelle la SFGP compte jouer un rôle majeur.

Joseph BOUDRANT
Directeur de Recherche, LRGP - Nancy

Pascal DHULSTER
Professeur, Directeur ProBioGEM - Lille

Romain KAPEL
Maître de Conférences, LRGP - Nancy

Jean-Luc SIMON
Directeur R&D, INGREDIA - Arras



**GT GÉNIE DES PROCÉDÉS
BIOTECHNOLOGIQUES ET AGROALIMENTAIRES**

XIVe Journées Cathala-Letort Energies à faible bilan carbone : En

Pau, 14 et 15 novembre 2012

Ces journées se sont déroulées à l'**Ecole Nationale Supérieure en Génie des Technologies Industrielles de Pau** et ont été conjointement organisées par cette institution ainsi que par le **Laboratoire de Thermique Energétique et Procédés de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour** et par la **SFGP**, plus particulièrement par son **groupe thématique « Energie »**.

Signalons que ces journées ont également permis de renouveler l'équipe dirigeante du GT « Energie ». Après quatre années passées à la tête du groupe avec François Nicol (Véolia), Roland Solimando (ENSIC) a transféré la responsabilité du groupe à Jean-Henry Ferrasse (Université d'Aix-Marseille). Le GT sera donc dorénavant animé par **Jean-Henry Ferrasse et François Nicol**.

Ces journées Cathala-Letort se sont articulées autour de **six sessions** : Enjeux sociétaux et économiques, Solaire, Géothermie, Nucléaire, Biomasse 1 et 2. Une soixantaine de personnes a pu y participer.

Session Enjeux sociétaux et économiques

La **transition énergétique** qui marquera le XXI^e siècle s'inscrit dans un contexte particulier car les **enjeux d'un développement durable** sont intimement liés à des **questions énergétiques**. Les différents modèles, scénarii et vecteurs de la transition énergétique ont été présentés par **Bruno Charlier (Université de Pau et des Pays de l'Adour)** tels qu'ils sont décrits dans la littérature, puis celui-ci s'est interrogé sur la pertinence de ces lectures au regard des enjeux d'un développement véritablement durable au sens conceptuel du terme.

Jean-Paul Gourlia (Total) a répondu à la question « **Quels enjeux et quelles opportunités pour l'efficacité énergétique ?** ». Tous les secteurs d'activité économique sont bien sûr concernés, en particulier l'industrie, objet de cet exposé, secteur qui a déjà fait beaucoup de progrès en termes d'efficacité énergétique en développant des **technologies innovantes** pour résoudre les problèmes posés.

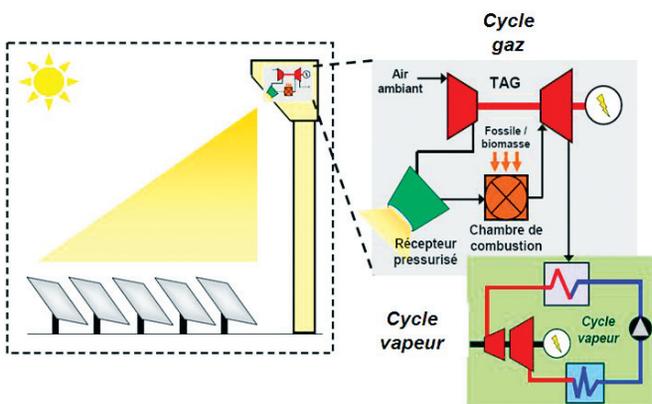
Daniel Delalande (Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie) a parlé du **développement des nouvelles technologies de l'énergie**, qui est au cœur de la transition énergétique et contribue à l'atteinte des objectifs climatiques et de qualité de l'air portés par la France. Il permet aussi de renforcer la sécurité d'approvisionnement et de garantir un prix compétitif de l'énergie et constitue une opportunité à saisir pour l'emploi et la compétitivité de l'industrie française. Aux objectifs environnementaux vient s'ajouter l'objectif d'assurer la sécurité d'approvisionnement dans un contexte international incertain avec des besoins mondiaux en énergie en forte augmentation, sous-tendus par deux dynamiques : la croissance de la population et celle de l'économie. Pour se prémunir face au risque de nouvelles tensions sur l'offre d'énergie, les pays doivent aujourd'hui faire face à des enjeux d'**investissements massifs** dans de nouvelles infrastructures énergétiques.

Session Solaire

Richard Loyen (Enerplan, syndicat des professionnels de l'énergie solaire) a présenté les enjeux de la filière solaire en France. Enerplan a calculé le coût de production d'un kWh de chaleur et d'électricité solaire en France, actuel et futur, en fonction des gains de productivité attendus dans ces deux filières. Les seuils de compétitivité seront franchis avant 2017. L'industrie photovoltaïque française va de la production de cellules et modules à «enveloppe active» du bâtiment et aux équipements électriques spécifiques, vers les smart grids et l'éco-mobilité (+ la fourniture de services, de produits et d'équipements à une industrie mondialisée). La création de valeur industrielle pour la chaleur solaire se situe dans la fabrication de panneaux et dans l'industrialisation de systèmes (captage, stockage, régulation et gestion de l'appoint, systèmes hybrides).

Les systèmes solaires à concentration, qui permettent la production de chaleur dans une large gamme de températures : 150 à 2000 °C (et plus), ont été décrits par **Gilles Flamant** (PROMES). La température limite atteignable par des concentrateurs linéaires est de l'ordre de 500°C tandis que les centrales à tour et les concentrateurs paraboliques sont adaptés aux plus hautes températures. Ont été successivement décrits :

- les principaux atouts du solaire à concentration et ses limites,
- l'état de l'art des centrales solaires actuelles et les choix technologiques associés ;
- les perspectives d'évolution à moyen et long termes dans le domaine de la production d'électricité ;
- les voies ouvertes dans le domaine de la thermochimie solaire en particulier pour la production de combustibles de synthèse ;
- les défis scientifiques et techniques à aborder pour permettre une contribution massive de cette filière énergétique au bilan mondial.



Solaire thermique concentré : cycle combiné hybride
(Gilles Flamant, PROMES)

La présentation de **Marc Vermeersch** (Total) était consacrée à l'énergie solaire photovoltaïque qui, depuis les années 2000 et après des décennies de stagnation, a connu à l'échelle mondiale une croissance forte à deux chiffres, puis une période de consolidation quand différents éléments conjoncturels sont venus infléchir la courbe et menacer la robustesse du tissu industriel de ce secteur. On assiste à la domination technologique du silicium cristallin avec plus de 85% des parts de marché. Les fabricants de modules PV en couches minces, après avoir bénéficié de la raréfaction momentanée du silicium et ainsi conquis des parts de marché significatives, jusqu'à 15%, éprouvent aujourd'hui de sérieuses difficultés. Enfin, les technologies émergentes - dites de troisième génération - poursuivent leur progression en termes de performance, de robustesse et de durabilité. Les enjeux pour le solaire PV sont la gestion de la croissance, l'atteinte d'une nécessaire taille critique industrielle pour les acteurs dominants du secteur, la migration du tissu industriel vers les pays à faible coût de main-d'oeuvre. Les prochaines années seront sans doute marquées par des ruptures technologiques, l'augmentation des coûts du transport, l'amélioration du niveau de vie des pays émergents et la croissance associée des marchés intérieurs.

Session Géothermie

Jean-Claude Christophe (Pôle de compétitivité Energie-Environnement Avenia) a exposé le contexte et les enjeux de la géothermie en France. Avenia, labellisé pôle d'écotechnologie par le CIADT en mai 2010, a pour mission de soutenir l'émergence d'une filière française de géothermie pour les réseaux de chaleur urbains, en s'appuyant si besoin sur les connaissances et compétences acquises par l'industrie pétrolière dans le cadre de l'exploration. Des objectifs de grande profondeur sont également examinés pour permettre la production électrique directe avec des fluides circulant autour de 140 - 150 °C. Les verrous technologiques qui nécessiteront des travaux partenariaux entre la recherche et l'industrie sont identifiés, notamment dans la simulation des capacités d'échange thermique dans les réservoirs aquifères, dans la prédiction des impacts environnementaux de l'extraction des fluides ou des conséquences de la réinjection, dans la conception et la réalisation de procédés, matériaux ou fluides améliorant les conditions d'exploitation et la rentabilité des systèmes géothermiques.

Le besoin de chaleur pour le chauffage résidentiel et tertiaire étant marqué par de fortes fluctuations temporelles et une forte saisonnalité, **Simon LOPEZ** (BRGM Orléans) a évoqué la problématique du stockage de chaleur en aquifère profond en s'intéressant particulièrement aux transferts de chaleur au sein de l'aquifère et à l'efficacité du stockage d'un point de vue thermique. Il s'est appuyé sur les travaux existants et sur les résultats récents du projet ANR GEOSTOCAL (2008-2011).

LES ÉVÈNEMENTS DES GT

La fin de sa présentation a été consacrée aux perspectives actuelles et aux travaux de recherche et développement nécessaires pour utiliser pleinement les potentialités de cette technologie dans les prochaines années.

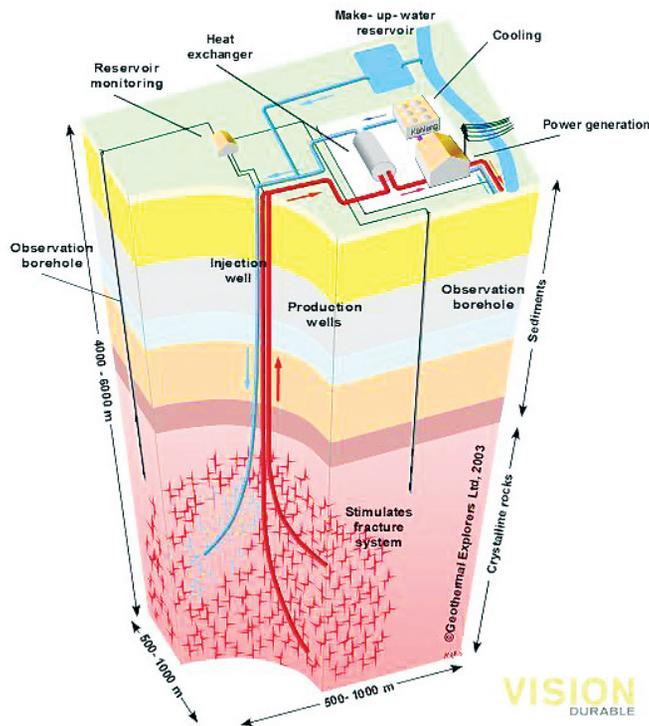


Illustration des circulations géothermales profondes
(Jean-Claude Christophe, Avenia)

Session Nucléaire

Bernard Bonin (DEN CEA) a donné un aperçu général des technologies associées à l'utilisation de l'énergie nucléaire et évoqué la place que pourrait prendre cette énergie dans le monde, étant données la hausse du prix des hydrocarbures et les préoccupations environnementales liées à l'effet de serre. Les défis du nucléaire sont multiples car ils intègrent la durabilité, la sûreté, la compétitivité, les déchets et la non-prolifération. Pour être mieux positionné, développé et accepté, le nucléaire du futur devra comporter des avancées significatives sur chacun de ces points.

L'énergie nucléaire de fission n'est industriellement utilisée que depuis un demi-siècle, presque exclusivement pour produire de l'électricité. Cette technologie jeune est encore capable de grands progrès. Par ailleurs, de nouveaux usages de l'énergie nucléaire sont potentiellement intéressants, comme par exemple le chauffage urbain, le dessalement de l'eau de mer ou la production d'hydrogène.

L'exposé de **Jean-Marie Seiler (CEA)** était intitulé : « Impact d'un apport d'énergie sur la production de biocarburants de deuxième génération : les procédés allothermiques ». Au cours de son exposé, M. Seiler a montré comment un apport d'énergie externe (autre que celle pouvant être utilisée

en brûlant une partie de la biomasse ligno-cellulosique à convertir en bio-carburant de seconde génération) permettait d'améliorer le rendement massique du procédé et donc le prix de revient final du carburant diesel équivalent produit, estimé à 0,7 à 1,2 €/litre. Une possibilité pour cet apport d'énergie externe réside bien sûr dans l'utilisation d'énergie électrique issue de la filière nucléaire.

Sessions Biomasse 1 et 2

Jean-Michel Brusson (Total) a rappelé que, pour son groupe, les principales cibles envisagées pour les énergies renouvelables sont le solaire et la biomasse. Concernant ce dernier vecteur, M. Brusson a montré qu'un des axes de développement était associé à la fermentation de la biomasse vers des molécules d'intérêt. Il a ainsi évoqué la prise de participation de Total dans Amerys et le développement de la filiale Futero pour le développement de l'acide polylactique. M. Brusson a également rappelé tout l'intérêt du groupe Total pour la voie thermochimique avec la participation aux projets BioTfuel et BioDME.

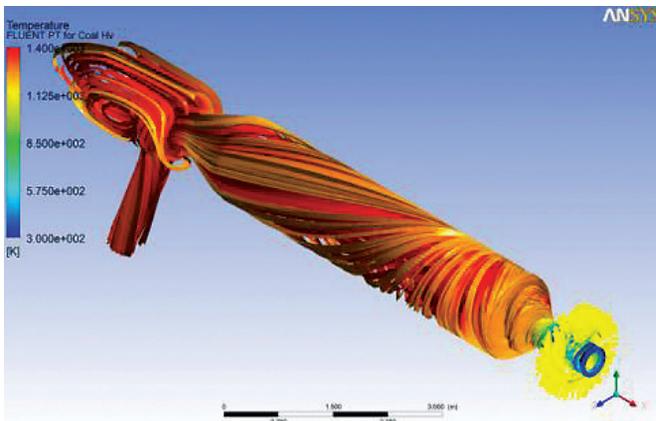
Dans son exposé intitulé « Biomasse lignocellulosique : potentiels de mobilisation et disponibilités », **Sylvain Marsac (Arvalis, Institut du végétal)** a tout d'abord rappelé combien la biomasse (d'origine agricole ou forestière) était amenée à avoir un rôle important dans notre futur approvisionnement énergétique et donc que l'offre en biomasse constituait un enjeu crucial. Il a ainsi montré comment plusieurs projets (Cartofa soutenu par la fondation Tuck Enerbio, Regix soutenu par l'ANR, Lignoguide soutenu par le CASDAR) ont permis de répondre à un manque flagrant de données statistiques et d'évaluer les gisements de coproduits de biomasse agricole et forestière.

Patrick Lalanne (Cofely Services) a ensuite évoqué la production de chaleur par combustion de biomasse. Après avoir rappelé les missions de son groupe, il a montré l'architecture générale d'une unité de production de chaleur par combustion de biomasse et les principaux dispositifs qui y sont associés. Il a par ailleurs rappelé que le groupe Cofely Services exploite plus de 150 chaufferies bois en France, dont la puissance est comprise entre quelques centaines de kW à plusieurs dizaines de MW thermiques, qui représentent au total une consommation annuelle supérieure à 700 GWh. Il a par ailleurs précisé que cette consommation serait multipliée par un facteur 7 d'ici 2015 et qu'une filiale du groupe (SOVEN) avait été créée pour assurer le volume des approvisionnements et leur prix.

La présentation suivante était consacrée au potentiel présenté par les algues dans le schéma d'approvisionnement en biomasse. **Xavier Montagne de l'IFPEN** a tout d'abord rappelé tout l'intérêt des algues lipidiques (forte productivité, production possible en eau de mer ou eau saumâtre, en milieu ouvert ou en photobioréacteur, production de coproduits à haute valeur ajoutée). Après avoir effectué une analyse détaillée des principaux verrous liés à la production de ces algues, M. Montagne a présenté quelques cas spécifiques de bilans énergétiques en fonction des conditions d'entrée. A partir de ce bilan, une analyse critique a été effectuée permettant d'évaluer les chances de succès de la

filière «algues énergie» au regard de critères clés comme le bilan énergétique sur toute la chaîne de production, le positionnement économique et les ACV.

Pierre Briend (Air Liquide) a montré que les **biogaz issus de la fermentation anaérobie de déchets** non dangereux constituaient une ressource potentiellement intéressante pour les centres urbains puisqu'en France la production de **biométhane** représente 20% de la consommation actuelle de gaz importé. Il a ensuite exposé toutes les étapes nécessaires à la **purification** du gaz issu du centre de stockage, afin d'en ôter le dioxyde de carbone, les produits soufrés (dont l'hydrogène sulfuré) et l'air avant de pouvoir introduire ce biogaz sur le réseau de distribution. Il a ainsi rappelé l'expertise de son groupe dans ce domaine de la séparation et notamment de la **cryodistillation** et de la **séparation membranaire**.



Jean-Paul Robert-Arnouil (Europlasma) a présenté le **procédé CHO-Power**. Ce procédé a pour vocation de produire de l'électricité à partir d'un mélange de refus de tri et de biomasse. Il est composé d'une unité de préparation de la charge, d'une unité de gazéification, d'un étage haute température pour la purification du gaz de synthèse (réacteur Turboplasma de craquage thermique des goudrons par assistance plasma) et d'une unité de production d'électricité par turbinage de la vapeur produite lors du refroidissement des gaz et de combustion des gaz dans des moteurs. Ce procédé a été construit sur le site de Morcenx (40) et inauguré le 9 juillet 2012. Il devrait permettre la production de 12 MW électrique avec un rendement électrique de 40%.

M. Robert-Arnouil a par ailleurs exposé le programme de recherche mené avec le **LaTEP** pour l'élaboration finale du procédé.

Sophie Desmoulins Krawiec (AREVA Renouvelables) est venue décrire l'intérêt de la **torréfaction** dans la filière de production d'électricité par combustion de biomasse. Ce processus permet en effet de rendre la biomasse traitée hydrophobe, énergétiquement plus dense et friable, ce qui permet de la pulvériser pour la brûler en co-combustion avec le charbon sans avoir à modifier les centrales utilisant jusqu'alors ce combustible fossile. Elle a ensuite détaillé le **procédé Thermya** permettant de conserver 95% du contenu énergétique initial de la biomasse et 90% de sa masse.

Karine Froment (CEA/DRT/LITEN/LTBH) s'est, quant à elle, intéressée aux différents verrous (scientifiques, technologiques et économiques) de la filière permettant la **conversion de la biomasse lignocellulosique en un gaz**

de synthèse par voie thermo-chimique. Après avoir rappelé que les 2 grandes technologies potentielles pour cette transformation sont les réacteurs à lits fluidisés (denses ou circulants) et les réacteurs à flux entraînés, elle en a présenté les principales caractéristiques et les différences se situant notamment au niveau des températures et pression de travail. Elle a par ailleurs montré comment les aspects associés à la modélisation de ces réacteurs étaient certes complexes, compte tenu des phénomènes mis en jeu et de leurs couplages, mais surtout indispensable à la bonne maîtrise de leur mise en opération.

Dans le dernier exposé, **Yann Flandin (Dalkia)** a présenté l'installation actuellement en opération sur le site de Smurfit Kappa à Biganos. Cette installation, d'une capacité thermique entrante de 120 MW, exploite la technologie des **lits fluidisés** pour assurer une combustion efficace de la biomasse. Il a présenté les différents équipements permettant d'assurer la préparation de la charge à brûler ainsi que les principaux chiffres qui sont associés à l'exploitation de la centrale thermique. Il a enfin dressé un bilan relatif au retour de 18 mois d'exploitation.

Conclusion

Ces sessions ont permis de donner à l'auditoire un large panorama des préoccupations rencontrées par des industriels de grands groupes ou de PME, ainsi que par certaines collectivités dans le domaine des énergies renouvelables. Les différentes présentations des conférenciers ont toutes été particulièrement appréciées et qualifiées de grande qualité. Elles ont permis de donner un éclairage tout à fait précis et pertinent sur chacune des thématiques envisagées au cours de ces journées. Elles ont également été l'objet de débats très enrichissants entre les orateurs et l'auditoire dans une ambiance détendue et conviviale. Elles ont enfin été particulièrement appréciées par les étudiants du cycle ingénieur de l'ENSGTI et les doctorants du LaTEP.

Les transparents des différentes présentations sont téléchargeables sur le site de la SFGP, à l'adresse :

<http://sfgp.asso.fr/>

Le Comité d'Organisation

Frédéric MARIAS
LaTEP-ENSGTI Pau

Roland SOLIMANDO
LRGP ENSIC-Nancy



LES ÉVÈNEMENTS DES GT

Cette journée a été organisée à l'IFP-Energies Nouvelles par les Groupes de Travail « Thermodynamique et Procédés », « Génie des Procédés Biotechnologiques et Agroalimentaires » et « Procédés Séparatifs » de la SFGP. L'ensemble des exposés est disponible sur le site web de la SFGP :

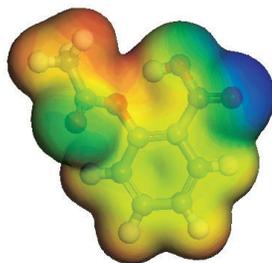
<http://www.sfgp.asso.fr/>

60 participants étaient présents, dont une partie importante venant de l'industrie (Sanofi, Veolia, INERIS, PSA Peugeot Citroën, Total, RSI, L'Oréal, ARD, IFPEN, Lhoist SA, Processium, Ingredia, ProSim SA...). Cette nombreuse participation industrielle confirme l'intérêt que portent ces organismes au sujet abordé.

Les présentations

Les thématiques étaient volontairement relativement larges afin de permettre à tous de mieux apprécier le contexte et les technologies existant ailleurs.

Jean-Luc Simon (Ingredia) a insisté sur les analogies entre les procédés dont le monde inerte et les organismes vivants sont le siège : les mêmes lois s'y appliquent. Les difficultés sont liées à l'importance du contrôle de la température, et donc des phénomènes d'échanges (thermiques et énergétiques), ainsi qu'à la complexité multi-échelle. Le vivant se caractérise par la programmation génétique de la mise à disposition des catalyseurs dans le temps (de la naissance à la mort) et dans l'espace (corps, organes, compartimentation cellulaire).



Claude-Gilles Dussap (Univ. Clermont-Ferrand) a insisté sur l'importance de prendre en compte correctement les effets de non-idéalités, souvent négligés. Il a montré que l'outil COSMO-RS permet de bien prendre en compte les effets à courte portée dans les interactions intermoléculaires.

Jérôme Morchain (INSA Toulouse) a bien mis en lumière les phénomènes multi-échelles dans un réacteur, en se concentrant sur le phénomène de transfert de matière (apport d'oxygène et de nutriments) à l'aide de simulation numérique directe du transfert de nutriment à l'échelle cellulaire (thèse IMFT-LISBP).

Nadège Charon (IFPEN) a décrit la complexité moléculaire présente dans des fluides issus du traitement de la biomasse (pyrolyse rapide et conversion hydrothermale). Si l'application visait la fabrication de carburants, les commentaires ont mis en évidence la richesse de ces produits en vue de la production de synthons d'origine biologique.

Patricia Rotureau (INERIS) a présenté les résultats du projet ANR PREDIMOL: l'utilisation de méthodes QSPR avec des descripteurs *ab initio*, pour prédire des propriétés de molécules complexes. Les résultats de ces méthodes peuvent compléter de manière utile les bases de données expérimentales.

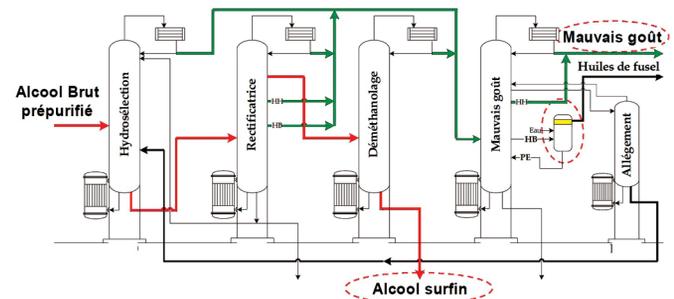
Rafael Lugo (IFPEN) a brossé un panorama des différents modèles thermodynamiques disponibles et de leurs applications dans les bioprocédés. Les méthodes de

La Thermodynamique et les Bioprocédés

Rueil-Malmaison, 12 décembre 2012

contribution de groupes ainsi que les équations d'état y ont une place importante, mais également des méthodes issues de techniques *ab initio*, comme COSMO.

Martine Esteban-Decloux (AgroParisTech) a illustré l'apport de la modélisation de procédé pour la distillation d'eau-de-vie. Bien que ce procédé fonctionne bien depuis des temps très anciens, la simulation a permis de comprendre certains phénomènes et à améliorer l'efficacité tout en gardant la qualité des produits. Le modèle NRTL calé sur des données a permis de décrire un très large spectre de compositions.



Hédi Romdhana (AgroParisTech) a présenté une étude d'efficacité énergétique du séchage, procédé essentiel dans beaucoup d'applications utilisant la biomasse. L'emploi de vapeur d'eau comme medium a été mis en avant.

La discussion

Lors de la table ronde, des représentants de Veolia (François Nicol) et de Sanofi (Jean-François. Trotzler) ont pris la parole en complément aux représentants des trois groupes thématiques organisateurs. Parmi les points soulevés, on remarque qu'il y a **deux tendances fortes** dans la recherche d'innovation dans l'industrie :

- 1) la recherche de **l'efficacité énergétique** ;
- 2) le besoin d'une bonne maîtrise du comportement pour la sélection optimale de **nouveaux solvants** (issu ou non du végétal) et de **nouveaux catalyseurs** (enzymatique ou mixte chimique - enzymatique).

La journée a permis d'identifier les acteurs, mais au-delà, reste d'actualité la question de la **formation** des ingénieurs de recherche pour qu'ils puissent mieux appréhender le comportement des outils de simulation (tel ProSim).

Le besoin de **mieux comprendre les interactions entre les différentes échelles** est également un point fort auquel il faudra réfléchir.



Jean-Charles de Hemptinne
IFP School Professor



Tuck Foundation
Chair «Biofuel Thermodynamics»

GT PROCÉDÉS SÉPARATIFS
GT THERMODYNAMIQUE DES PROCÉDÉS
GT GÉNIE DES PROCÉDÉS
BIOTECHNOLOGIQUES AGROALIMENTAIRES