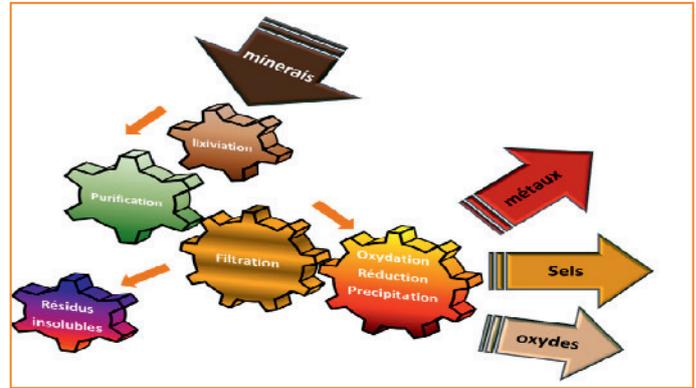




# L'apport de l'hydroméallurgie au traitement des déchets industriels

Le monde industriel a un besoin constant en métaux divers. Les tonnages varient de 600 millions de tonnes pour le fer à quelques dizaines de tonnes pour le gallium et le rhodium en passant par un millier de tonnes pour l'or et quelques millions de tonnes pour le zinc, le cuivre et l'aluminium. On sait que depuis l'antiquité les divers métaux connus comme l'or, l'argent, le plomb, l'étain, le cuivre et le fer ont été élaborés par des procédés pyroméallurgiques. Cependant des procédés non thermiques étaient déjà envisagés. Ainsi, la majorité des pigments et des produits cosmétiques de l'Egypte Antique étaient fabriqués par voie hydroméallurgique.



### Les procédés hydroméallurgiques

Ils comprennent les opérations unitaires suivantes:

- mise en solution de la fraction du minerai qui renferme l'élément chimique à élaborer,
- purification et la concentration des solutions à traiter,
- transformation à l'état métallique.

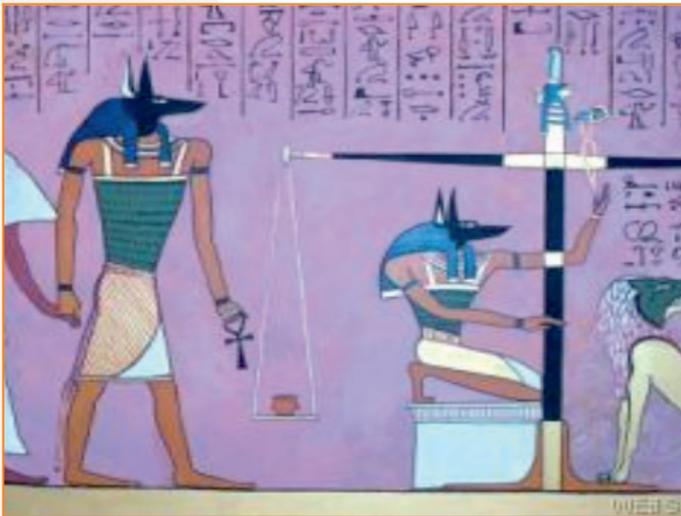
Depuis le premier choc pétrolier, les consommations d'énergie sont devenues capitales et la pyroméallurgie, très énergivore et polluante, semble de plus en plus remplacée par l'hydroméallurgie qui apparaît comme la voie de la métallurgie extractive moderne. Comme la majeure partie des réactions s'effectue à température ambiante, l'hydroméallurgie est moins coûteuse en énergie. En outre, les voies hydroméallurgiques permettent des séparations inenvisageables par voie métallurgique (p. ex. la séparation du zirconium et de l'hafnium).

Par ailleurs, l'épuisement des ressources naturelles en minerais riches a conduit à l'utilisation de ressources minières plus pauvres et plus complexes, à partir de déchets constituant une véritable « mine urbaine », terme déposé par le Dr Tedjar, RECUPYL (Int. TM Register N° 79083906).

L'ensemble des avantages des procédés hydroméallurgiques est complété par un bilan de l'environnement plus positif dans la mesure où ils ne polluent pratiquement pas l'atmosphère par émission de gaz, poussières ou vapeurs qui exigent des investissements très lourds pour mettre les rejets aux normes, et les effluents liquides qu'ils génèrent sont bien plus faciles à traiter par des techniques physico-chimiques classiques. Malheureusement ces traitements s'accompagnent de formation de boues qu'il faut stocker dans des sites classés. Ces boues vont rejoindre les scories, les laitiers et les poussières des filtres des procédés pyroméallurgiques.

### Nouvelles voies d'élaboration de métaux

L'augmentation inquiétante des volumes de déchets solides, associée à l'épuisement des ressources naturelles, a poussé à utiliser les déchets comme matières premières secondaires. Les circuits imprimés hors d'usage, les chutes



Coloration obtenue à partir de sels et d'oxydes métalliques



Filtration du K'hol (sel d'antimoine) après lavage

Aristote rapporte que « en triturant une pâte de cinabre et de vinaigre dans un mortier de cuivre avec un pilon de fer », il obtenait un métal qu'il nomma argent liquide. C'était la première préparation du mercure par des métaux qui le déplacent.

Depuis la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, un autre mode d'élaboration de métaux est apparu. L'association d'opérations physico-chimiques de base après la mise en solution aqueuse du minerai a donné naissance à l'**hydroméallurgie**.



de cuivre et les bains de gravure électronique sont alors traités par un procédé hydrométallurgique. Le cuivre est récupéré et valorisé sous forme d'oxychlorure directement remis sur le marché (plusieurs procédés opérationnels en Europe).

#### ► Traitement des piles alcalines et salines

Celles-ci peuvent être traitées par voie hydrométallurgique (3 brevets déposés par RECUPYL, Dr Tedjar) avec une meilleure maîtrise des vapeurs de mercure et des poussières de métaux lourds. Le choix du milieu sulfurique permet d'éviter les émissions de  $\text{NO}_x$  ou de  $\text{HCl/Cl}_2$  en utilisant un milieu nitrique ou chlorhydrique. La valorisation des piles et le bilan écologique sont meilleurs comme le démontrent les analyses de cycle de vie et en particulier l'impact énergie/ $\text{CO}_2$ . Les matériaux obtenus ont une qualité acceptable sur le marché de la récupération.

#### ► Traitement des batteries au plomb et des batteries au nickel-cadmium

Il est effectué depuis de nombreuses années par voie thermique (réduction des oxydes de plomb et fabrication de l'alliage plomb - antimoine d'une part et distillation du cadmium suivie de l'élaboration de ferro-nickel d'autre part). Mais durant les 5 dernières années, on a observé un regain d'intérêt pour l'application de la voie hydrométallurgique au traitement de ce type de batteries, qui a fait l'objet de plusieurs publications scientifiques à l'étranger. Grâce à un soutien des collectivités locales et au label d'Axelera et de Tenerdis, la Société RECUPYL a développé lors du projet YCARE à l'échelle du laboratoire un procédé innovant de traitement des batteries au plomb par voie hydrométallurgique.

#### ► REFIOM (Refus d'Incinération d'Ordures Ménagères)

D'autres types de déchets sont traités par voie hydrométallurgique (procédés brevetés par Sultzer, par Récupyl, par Solvay...).

#### ► Traitement des déchets électriques et électroniques

Une innovation majeure de RECUPYL dans le domaine du recyclage par voie hydrométallurgique consiste à remplacer les réactifs traditionnels par des composés chimiques nettement plus stables et moins polluants, par exemple des liquides ioniques issus de la chimie verte (figure ci-contre).



Traitement de DEEE par voie mécano-chimique (extrait du rapport final Projet PEPITE-ADEME)

#### Conclusion

A travers tous ces exemples, on peut apprécier les énormes possibilités qu'offre la voie hydrométallurgique pour le **traitement des déchets industriels**. Le niveau de développement des divers procédés de traitement d'effluents (molécules séquestrantes, procédés membranaires électrolytiques ou non, ultrafiltration, cellules électrochimique à électrodes volumiques, résines sélectives, etc.) permet d'évoluer progressivement vers la réalisation d'installation avec un concept «zéro rejet».

#### L'activité Recherche de RECUPYL SA

La société RECUPYL a été fondée en 1993 par le Dr TEDJAR à l'issue d'un essaimage de l'Institut National Polytechnique de Grenoble (Grenoble INP). La Société RECUPYL avait à l'origine pour activité et raison sociale le développement et l'ingénierie de procédés de traitement de déchets et de produits en fin de vie et l'exploitation d'un pilote industriel de recyclage de piles alcalines et salines. Elle a ensuite étendu son activité à l'exploitation de pilotes de piles au lithium et de batteries lithium ion se sont concrétisés par la cession de licences dans 5 pays avec fournitures de 7 installations clés en main.

Après le passage au stade industriel de ces procédés, la Direction de la recherche s'est orientée vers l'application de ce savoir-faire à d'autres types de déchets et à l'optimisation des procédés lithium ion aux nouvelles compositions de batteries. Des procédés ont été développés notamment au travers de projets collaboratifs nationaux (REVAMETIC, OPTICAT, YCARE, VOLTAREC, PROCYON, PCB, GLUCOPAC, CYCLADE, NMHT, VULCAIN 1 et PEPITE) ou européens (VALIBAT, AMELIE, SOMABAT).

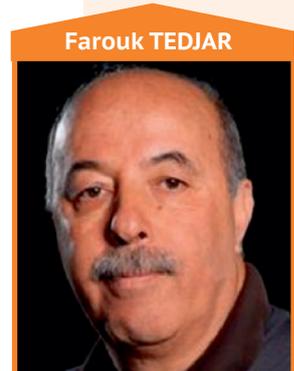
Ces travaux de recherche se poursuivent sur la valorisation hydrométallurgique de déchets industriels : projets collaboratifs nationaux (VULCAIN 2, ALEPH) ou européens (MARS-EV, SPICY).

Les travaux du Dr TEDJAR au sein de RECUPYL ont eu une certaine reconnaissance (Prix SPCS de la Société Chimique de France, Prix Technologie Propre ADEME, Médaille Potier, Nomination au Prix européen des inventeurs).



#### Farouk TEDJAR

Docteur ès Sciences,  
Directeur Scientifique  
RECUPYL SA





## L'Alliance Industrie du Futur

<http://allianceindustrie.wix.com/industrie-dufutur>

Le projet **Industrie du Futur**, lancé par le Président de la République le 14 avril 2015, va jouer un rôle central dans la démarche de la seconde phase de la **Nouvelle France Industrielle**. Il a pour objectif d'amener chaque entreprise à franchir un pas sur la voie de la modernisation de son outil industriel et de la transformation de son modèle économique par les technologies nouvelles et par une meilleure intégration, dès la conception, des capacités spécifiques de l'homme dans les processus industriels.

L'Industrie du Futur repose sur une ambition élargie capitalisant sur les acquis de l'**Usine du Futur**. Outre la modernisation de l'outil de production, il s'agit d'accompagner les entreprises dans la transformation de leurs modèles d'affaires, de leurs organisations, de leurs modes de conception et de commercialisation, dans un monde où des nouveaux outils tels que ceux basés sur le numérique, la fabrication additive, de nouveaux matériaux, ou encore la robotique avancée font tomber la cloison entre industrie et services.

Créée en juillet 2015, l'**Alliance Industrie du Futur**, association loi 1901, rassemble et met en mouvement les compétences et les énergies d'organisations professionnelles, d'acteurs scientifiques et académiques, d'entreprises et de collectivités territoriales, notamment les Régions, pour assurer, en particulier, le déploiement du plan « Industrie du Futur ». Elle organise et coordonne, au niveau national, les initiatives, projets et travaux tendant à la modernisation et à la transformation de l'industrie en France, notamment par l'apport du numérique. Elle s'appuie pour cela sur des groupes de travail dédiés. Son action est relayée en régions par des plateformes régionales, s'appuyant sur les réseaux des membres de l'Alliance, les collectivités pour accompagner les PME/ETI au plus près du terrain.

Les adhérents de l'Alliance pour l'Industrie du Futur s'associent pour porter une ambition commune : celle de faire de la France un leader du nouveau industriel mondial et propulser l'ensemble du tissu économique national au cœur des nouveaux systèmes industriels.

**Les nouveaux systèmes industriels**, fondés notamment sur la transformation numérique de l'industrie, sur des nouvelles technologies de production (composites, fabrication additive, robotique avancée...), sur une économie plus forte des ressources naturelles, sur le décroisement des fonctions de conception, de production et de service, et enfin sur la place de l'homme profondément revalorisée, viennent bouleverser l'ensemble des chaînes de valeur et des positions industrielles acquises.



**Philippe Darmayan**, Président d'ArcelorMittal France et du GFI (Groupe des Fédérations Industrielles), est le Président opérationnel de l'Alliance Industrie du Futur, assisté de deux coprésidents d'honneur :

- ▶ **Pascal Daloz**, Directeur Général Adjoint de Dassault Systèmes,
- ▶ **Frédéric Sanchez**, Président du Directoire de Fives.

Les **23 membres actifs** sont répartis en **3 collèges** :

- ▶ partenaires académiques : Arts et Métiers ParisTech et Institut Mines- télécom ;
- ▶ partenaires technologiques : CEA, CESI et CETIM ;
- ▶ organisations professionnelles (mécanique - numérique - électrotechnique) : FIEEC, FIM, GIMELEC, PFA, SYMOP, SYN-TEC Numérique, Technifrance, UIC, UIMM...

Les **6 axes de l'Alliance Industrie du Futur** sont :

- ▶ 1. Développement de l'offre technologique du futur
- ▶ 2. Déploiement régional auprès des entreprises
- ▶ 3. Hommes et Industrie du Futur
- ▶ 4. Normalisation à l'international
- ▶ 5. Promotion de l'offre technologique existante
- ▶ 6. Vitrites Industrie du Futur

La réalisation de « **vitrites technologiques de l'Industrie du Futur** » est une composante essentielle de la feuille de route du programme de renouveau industriel français, défini avec le Ministère de l'économie, de l'industrie et du numérique, et déployé par l'Alliance Industrie du Futur. C'est un élément clé du programme, de par son ancrage industriel, ses objectifs opérationnels et sa forte visibilité auprès de l'ensemble des parties prenantes de l'Industrie. Il s'agit de distinguer par un **label « Industrie du Futur »**, puis de suivre la mise en oeuvre de lignes et de processus de production et/ou de chaînes de valeur industrielles emblématiques. Elles doivent être de véritables vitrites de l'industrie française, à la fois des filières et des solutions technologiques et numériques. Elles doivent faciliter les échanges entre industriels qui mènent des projets de modernisation de leurs entreprises.

De plus, l'Alliance Industrie du Futur accélère ses travaux en matière de **normalisation** et de **standardisation** afin de promouvoir l'offre technologique nationale.

L'action conjointe de l'Alliance Industrie du Futur et des exécutifs régionaux a permis à 1570 PME et ETI de s'engager dans la démarche personnalisée « Industrie du Futur » dans les territoires. 150 **cas d'usages** (exemples concrets détaillés) figurent désormais sur un site web pour illustrer le déploiement de l'Industrie du Futur dans les PME (<http://exemples-aif.industrie-dufutur.org/>).

Contact : **Tahar Melliti**

Directeur général de l'Alliance Industrie du Futur  
39/41 rue Louis Blanc – 92400 Courbevoie  
[contact@industrie-dufutur.org](mailto:contact@industrie-dufutur.org)



## La licence professionnelle « L'outil informatique pour le Génie des Procédés » Université de Nantes



Cette **licence professionnelle** a pour objectif de former des techniciens supérieurs et agents de maîtrise à une utilisation intensive de l'outil informatique dans le domaine du GP, que ce soit au niveau de la conception (schématisation, modélisation, simulation, dimensionnement) ou de l'exploitation (automatismes, régulation, conduite centralisée, gestion de production).

La formation est orientée principalement vers les disciplines du GP, mais elle s'appuie sur des disciplines connexes comme l'automatique et le dessin assisté par ordinateur. Elle propose un parcours s'adressant à des étudiants d'horizons divers (génie des procédés et bioprocédés, génie industriel, maintenance industrielle, mesures physiques, génie mécanique et productique, contrôle industriel et régulation automatique, génie thermique et énergie, etc.).

Il s'agit d'une formation d'un an, ouverte :

- ▶ aux titulaires d'un Bac+2 (**BTS, DUT ou L2**) avec le statut d'**étudiant** ou en **alternance sous contrat de professionnalisation** ;

- ▶ **en formation continue** (demandeurs d'emploi, salariés en congé individuel de formation), accessible aux salariés des constructeurs et installateurs d'équipements, des industries de transformation, souhaitant se spécialiser en Génie des Procédés ou acquérir plus de technicité dans l'utilisation des outils informatiques appliqués au Génie des Procédés, titulaires d'un Bac avec une expérience professionnelle (**validation des acquis**).

Cette formation professionnalisante comporte neuf unités d'enseignement, soit **450 h d'enseignement** de type cours / travaux dirigés / travaux pratiques, auxquelles viennent s'ajouter 150 heures de projet tutoré (qui correspond à des études de cas) et un stage en entreprise d'au minimum 16 semaines. Le programme de formation est conçu de façon à s'adapter à différents cursus de formation initiale et de formation continue.

Les **atouts et moyens** :

- ▶ la place prépondérante du numérique : déroulement des enseignements et des projets dans une salle informatique. Chaque étudiant dispose d'un poste équipé de logiciels professionnels (de représentation graphique, de conception et de simulation de procédés, de calcul scientifique, tableur...);

- ▶ une équipe expérimentée d'intervenants professionnels et d'enseignants et chercheurs de la filière Génie des Procédés de l'Université de Nantes ;

- ▶ un accès à un hall technologique équipé d'une salle de conduite centralisée contenant des installations techniques à l'échelle semi-industrielle exceptionnelles dans l'ouest de la France ;
- ▶ de nombreuses installations de travaux pratiques modernes et performantes ;
- ▶ l'appui d'un large réseau d'anciens du département Génie Chimique - Génie des Procédés de l'IUT de Saint-Nazaire, qui exercent maintenant depuis de nombreuses années dans le milieu industriel.

Saint-Nazaire est l'un des sites du laboratoire « *Génie des Procédés - Environnement - Agroalimentaire* » (**GEPEA**, Unité Mixte de Recherche du CNRS) qui est l'un des pôles de recherche les plus importants dans la discipline au niveau national ([www.gepea.fr](http://www.gepea.fr)).

De plus, Saint-Nazaire constitue un pôle économique important du Grand Ouest avec la ville de Nantes, notamment grâce aux infrastructures portuaires du Grand Port Maritime de Nantes Saint-Nazaire, mais aussi par le poids important du secteur industriel en lien avec le Génie des Procédés (Total, EDF, Airbus, Cargill, STX, Yara, Sofresid Engineering, Segula Technologies...).

**Compétences acquises** à l'issue de la formation :

- ▶ maîtrise des principales opérations unitaires du Génie Chimique - Génie des Procédés ;
- ▶ utilisation avancée d'outils informatiques de conception de procédés assistée par ordinateur, de simulation numérique appliquée aux procédés, de dessin assisté par ordinateur, d'automatisme et conduite des procédés et de gestion de production ;
- ▶ maîtrise de l'anglais technique.

**Secteurs d'activité** : agroalimentaire, environnement, bio-industries, chimie, pharmacie, cosmétique, énergie, pétrochimie,

- ▶ d'une part dans les entreprises de conception, fabrication et installation d'équipements et de procédés (p. ex. en bureaux d'études, en recherche-développement...),
- ▶ d'autre part dans les industries de transformation (p. ex. en production, conduite des installations, maintenance, optimisation de l'outil de production, travaux neufs ou achats d'équipements.).

Contact : **Mariana Titica**  
([mariana.titica@univ-nantes.fr](mailto:mariana.titica@univ-nantes.fr))

Département génie chimique  
génie des procédés IUT de Saint-Nazaire  
GEPEA UMR CNRS 6144  
[www.iutsn.fr/lpoigp](http://www.iutsn.fr/lpoigp)



## Les Assises du Génie des Procédés



Le Génie des Procédés est de plus en plus interrogé par l'industrie et la société pour répondre aux enjeux d'aujourd'hui et de demain. Face à ces attentes et au développement de nombreux outils, numériques principalement, notre discipline doit se mobiliser et réfléchir collectivement aux évolutions nécessaires.

Le Génie des Procédés est une science intégrative, qui se nourrit des autres disciplines scientifiques (par exemple, chimie, biologie, mathématiques appliquées, mécanique des solides et des fluides, sociologie des organisations, et autres...) pour proposer des solutions contribuant au développement de nouveaux produits ou de nouvelles technologies dans de nombreux secteurs industriels, à une meilleure gestion des matières premières, de l'eau et de l'énergie et une réduction des effluents. Ces relations sont essentielles pour répondre aux enjeux industriels et sociétaux dans les domaines de l'alimentation-nutrition, la chimie, l'eau et l'environnement, l'énergie, la santé, les villes durables...

Suite aux réflexions antérieures (1 à 3), à la définition en 2015 de la Stratégie Nationale de la Recherche en regard des grands défis sociétaux du XXIème siècle et aux programmes d'aide à la ré-industrialisation dans le cadre du Plan d'Investissement d'Avenir, la SFGP a été conduite à organiser les « **Assises du Génie des Procédés** », près de trente ans après sa création.

Ces assises ont pour but de faire le bilan des apports du Génie des Procédés dans ses différents domaines d'activités, à travers des réalisations considérées comme exemplaires, pour ensuite dégager les évolutions nécessaires à notre discipline en interaction avec les mutations de la société et du tissu industriel.

Ces assises seront parrainées par les principales structures d'enseignement supérieur et de recherche (CEA, CNRS, Conférence des Directeurs des Ecoles Françaises d'Ingénieurs (CDEFI), Conférence des Présidents d'Université (CPU), Fédération Gay-Lussac, IFPEN, INRA, IRSTEA) et par les fédérations d'industriels (ANIA, GIFIC-Interchimie, UIC).

Elles se dérouleront en deux temps, d'une part des **assises régionales** (cinq grandes régions ont été définies : Est, Nord, Ouest, Sud-Est, Sud-Ouest) en octobre-novembre

2016 et d'autre part des **assises nationales** au cours du premier semestre 2017. A l'issue de ces assises, un livre blanc du Génie des Procédés sera édité et une campagne de communication à destination des étudiants sera organisée afin de rendre plus attractive la discipline.

Un **comité de pilotage** a été mis en place, constitué :

- ▶ du Bureau du CST : Jean-François Joly, Jack Legrand, Xuan Meyer, Michel Sardin ;
- ▶ de Joël Bertrand (vice-président académique de la SFGP) et Bernard Saulnier (vice-président industriel de la SFGP) ;
- ▶ des coordinateurs des assises régionales, cités en gras ci-dessous ;
- ▶ de Cécile-Anne Naudin et Martine Poux (en charge de la communication).

Les cinq groupes régionaux sont constitués de la manière suivante :

- ▶ **Groupe Est** : J.-P. Bellot (IJL-Université de Lorraine), **L. Falk** (LRGP-CNRS-Nancy, **coordinateur**), E. Favre (LRGP-Université de Lorraine), P. Gervais (PAM-Université de Dijon), P. Haller (Arkema-IRT M2P), A. Marc (LRGP-CNRS-Nancy), M. Sardin (LRGP-Université de Lorraine), C. Serra (Institut Charles Sadron-Université de Strasbourg), J. Tayeb (FARE-INRA-Reims) ;
- ▶ **Groupe Nord** : J.-C. De Hemptine (IFPEN-Rueil-Malmaison), **M. Debacq** (CMGPCE-Cnam-Paris, **coordinatrice**), P. Dhulster (I.C. Violette-Université de Lille), S. Duquesne (UMET-ENSCL-Lille), F. Nicol (Veolia-Limay), A. Pauss (TIMR-UTC-Compiègne), P. Perré (LGPM-Ecole Centrale de Paris), S. Sarrade (CEA-Saclay), B. Taouk (LSPC-INSA-Rouen), G. Trystram (GENIAL-AgroParisTech) ;
- ▶ **Groupe Ouest** : P. Bourseau (GEPEA-Université de Bretagne Sud), B. Cazacliu (IFSTTAR-Nantes), A. Couvert (ISCR-ENSCR-Rennes), C. Dagot (GRESE-ENSIL-Limoges), G. Gesan-Guizou (STLO-INRA-Rennes), M. Havet (GEPEA-ONIRIS-Nantes), K. Allaf (LASIE-Université de La Rochelle), L. Le Coq (GEPEA-Ecole des Mines de Nantes), **J. Legrand** (GEPEA-Université de Nantes, **coordinateur**), T. Lucas (IRSTEA-Rennes), L. Luo (LTN-CNRS-Nantes) ;

(1) Orientations stratégiques de la SFGP et vision de l'évolution du génie des procédés à l'horizon 2050, proposées en 2013 dans le cadre du Comité d'Orientations Stratégiques piloté par Jérôme Gosset.  
(2) Réflexions du Comité National de la Recherche Scientifique menées en 2014 (rapport de perspectives du conseil Scientifique du département INSIS, rapport de conjoncture de la section 10, rapport GP2020 commandé par l'INSIS-CNRS).  
(3) Perspectives de la 62ème section du Conseil National des Universités (CNU).



# Assises du Génie des Procédés



- ▶ **Groupe Sud-Est** : M. Aourousseau (LGPP-Pagora-Grenoble), C. De Bellefon (LGPC-CNRS-Lyon), C. Dartiguelongue (Axelera), C.-G. Dussap (IP-Université Blaise Pascal-Clermont), C. Dupont (CEA-Grenoble), C. Jallut (LAGEP-CPE-Lyon), **J.-F. Joly** (IFPEN-Solaize, **coordinateur**), C. Pijolat (SPIN-Ecole des Mines de Saint-Etienne), N. Roche (M2P2-Université d'Aix-Marseille) ;
- ▶ **Groupe Sud-Ouest** : **B. Biscans** (LGC-CNRS-Toulouse, **coordinatrice**), P. Cézac (LATEP-Université de Pau), J.-M. Commandre (CIRAD-Montpellier), S. Déchelotte (PROSIM-Toulouse), G. Flamant (PROMES-CNRS-Odeillo), B. Grodin (Université de la Réunion), M. Meireles (LGC-CNRS-Toulouse), X. Meyer (LGC-ENSIACET-Toulouse), A. Nzihou (RAPSODEE-Ecole des Mines d'Albi), E. Paul (LISBP-INSA-Toulouse), N. Régnier (I2M-Université de Bordeaux), J.-P. Steyer (LBE-INRA-Narbonne).

Les assises régionales sont prévues en octobre-novembre prochain :

- ▶ le 13 octobre à l'ENSIACET-Toulouse pour les assises Sud-Ouest,
- ▶ le 4 novembre au Cnam-Paris pour les assises Nord,
- ▶ le 8 novembre à Nancy pour les assises Est,
- ▶ le 8 novembre à l'IFPEN-Solaize pour les assises Sud-Est,
- ▶ le 9 novembre à ONIRIS-Nantes pour les assises Ouest.

L'un des objectifs de ces assises régionales est de faire le **bilan** des laboratoires, des structures d'enseignement, des centres techniques et des centres de R&D industriels dans chacune des grandes régions.

L'autre objectif est présenter les « **success stories** »

(exemples de paradigmes générés par le Génie des Procédés, innovations qui émergent de processus aux interfaces et rôle du Génie des Procédés, résultats et réalisations marquants dans les domaines scientifiques et industriels).

Ces assises régionales seront aussi le lieu de discussions sur les nouveaux horizons du Génie des Procédés sous une forme à définir région par région (ateliers de réflexions autour de thématiques régionales ou de la stratégie nationale de la recherche, discussion sur des exemples emblématiques de l'évolution du Génie des Procédés).

Les Assises nationales auront pour ambition de :

- ▶ de montrer la force du Génie des Procédés et communiquer sur sa capacité à être présent pour le développement de l'industrie,
- ▶ de participer à la consolidation d'une communauté du génie des procédés
- ▶ d'informer les décideurs au niveau régional et national de la place du génie des procédés en France et initier les programmes de recherche financés

## Le Bureau du CST

### Ces assises sont ouvertes à tous.

Si vous souhaitez apporter votre contribution, vous pouvez écrire à [contact@assises-sfgp.fr](mailto:contact@assises-sfgp.fr)

Pour suivre l'actualité des assises, rendez-vous sur [www.assises-sfgp.fr](http://www.assises-sfgp.fr)



## Transferts thermiques, Initiation et approfondissement

SACADURA Jean-François (coordonnateur), 03-2015, ISBN 9782743019938, Lavoisier TEC & DOC, 742 pages.



Le **coordonnateur** Jean-François Sacadura, Professeur émérite des Universités à l'INSA de Lyon, a consacré sa carrière à l'enseignement et à la recherche dans le domaine des transferts de chaleur et de la thermophysique.

Les **auteurs** sont des enseignants-chercheurs et chercheurs rattachés, ou l'ayant été, au CETHIL, le Centre d'Énergétique et de Thermique de Lyon, et à l'INSA de Lyon, à l'Université Claude Bernard Lyon 1 ou au CNRS. Deux d'entre

eux sont depuis à l'Université Savoie - Mont Blanc et dans l'industrie.

Cet ouvrage est destiné à prendre le relais du livre *Initiation aux transferts thermiques*. Conçu comme un ouvrage de formation continue dans le cadre du Centre d'Actualisation Scientifique et Technique (le CAST, fondu depuis dans INSAVALOR) à l'INSA de Lyon, Initiation aux transferts thermiques est le recueil de base pour la formation initiale et continue en thermique d'un très grand nombre d'ingénieurs et de techniciens dans les pays francophones.

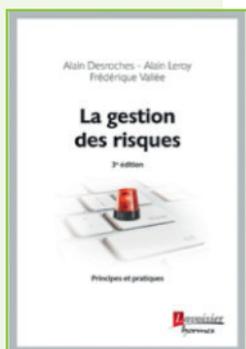
La cible de l'ouvrage s'est élargie : aux ingénieurs et

techniciens de l'industrie s'ajoutent les chercheurs, la thermique étant désormais reconnue comme un domaine incontournable de la recherche scientifique. **Comprendre la physique des transferts de chaleur, acquérir des outils et des méthodologies pour analyser, modéliser, dimensionner, prédire**, en faisant la part toujours belle aux méthodes analytiques, tels sont les objectifs de cet ouvrage apporte notamment une ouverture sur des sujets comme la micro-et nanothermique ou les méthodes inverses en thermique, domaines récents et en constante progression. Le premier ouvre des perspectives prometteuses sur de nouvelles technologies, tandis que le second a redessiné les contours de la **métrologie thermique** et de la conception des expériences en thermique.

- 1 - Initiation aux transferts thermiques
- 2 - Transferts de chaleur par conduction
- 3 - Transferts convectifs
- 4 - Rayonnement thermique
- 5 - Transferts avec changement de phase fluide-fluide
- 6 - Transferts par différents modes combinés, exemples
- 7 - Échangeurs de chaleur : notions
- 8 - Métrologie thermique et méthodes inverses
- 9 - Transferts thermiques aux petites échelles

## La gestion des risques (3<sup>e</sup> édition), Principes et pratiques

DESROCHES Alain, LEROY Alain, VALLÉE Frédérique, 01-2015, ISBN 9782746246775, Lavoisier Hermès, 312 pages



Cette nouvelle édition largement revue et augmentée met tout d'abord à jour les **concepts de base** inhérents à la gestion des risques. Puis, suivant l'ordre logique de création d'un système, les démarches de la gestion des risques de projet, de la maîtrise des risques industriels et la gestion financière des conséquences des risques sont expliquées et illustrées. Un accent particulier est mis sur la **gestion des risques liés aux systèmes informatiques**, car

ils sont le cœur de tous les systèmes. Enfin, un véritable retour d'expérience et des exemples d'applications concrètes dans les secteurs spatiaux et offshore sont présentés, afin de consolider les concepts méthodologiques.

Ce livre s'adresse avant tout aux directeurs de la stratégie, aux directeurs techniques, aux directeurs financiers, aux directeurs de bureaux d'étude et chefs de services techniques, aux responsables produits, aux chefs de projet, aux risk managers, aux responsables sécurité et, d'une manière générale, à tous les membres d'une entreprise concernés de près ou de loin par le management des risques.

### Les auteurs :

• **Alain Desroches** est professeur à l'École centrale Paris. Il a été expert en sûreté de fonctionnement et gestion des

risques au Centre national d'études spatiales (CNES) et membre du conseil scientifique de l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (INERIS)

• **Alain Leroy**, après 15 ans dans l'industrie pétrolière et 10 ans dans les assurances, fonda FRACTAL SYSTÈME, une société spécialisée en études de disponibilité. Il est maintenant expert en analyse et management des risques industriels.

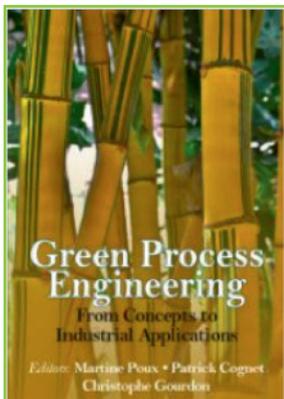
• **Frédérique Vallée** est ingénieur expert en sûreté de fonctionnement des systèmes programmés. Elle est présidente du chapitre français de la société Reliability de l'IEEE et expert auprès de la Commission européenne pour les projets de génie logiciel et de sûreté de fonctionnement. Elle est directeur général adjoint de la société ALL4TEC.

- 1 - Concepts préliminaires
- 2 - Démarche méthodologique des études de risque
- 3 - Principes et méthodes de gestion des risques industriels
- 4 - Maîtrise des risques industriels
- 5 - Management des risques projet
- 6 - Application à la gestion des risques d'un système industriel
- 7 - Gestion des risques informatiques
- 8 - Gestion financière des risques résiduels
- 9 - Retour d'expérience



## Green Process Engineering From Concepts to Industrial Applications

Martine Poux, Patrick Cognet, Christophe Gourdon (Laboratoire de Génie Chimique / ENSIACET, Toulouse), June 02, 2015, CRC Press 470 pages.



This book covers **green process engineering**, a subject of growing interest. It presents an ensemble of methods and new chemical engineering routes that can be integrated in industrial processing for safer, more flexible, economical, and ecological production processes in the context of green and sustainable engineering.

Different methods for improving process performance are dealt with, including:

- ▶ Eco-design and process optimization by systemic approaches
- ▶ New technologies for intensification
- ▶ Radical change of industrial processes via the use of new media and new routes for chemical Synthesis.

These various methods are fully illustrated with **examples and industrial cases**, making this book application oriented. They serve as a useful tool for students and teachers of university-level green processing engineering courses.

### Part 1: Tools for green process engineering

Green process engineering design methodology: a multi-criteria approach;  
Process optimization strategies; Representation and modelling of processes;

### Part 2: Technologies and innovative methods for intensification

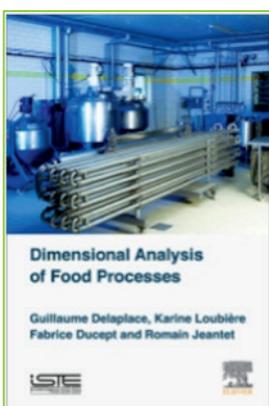
Process Intensification by Miniaturization;  
Multifunctional reactors;  
Ultrasound in Process Engineering: New Look at Old Problems;  
Microwaves: a potential technology for green process development;  
Intensification through formulation;

### Part 3: A new generation of processes

Supercritical CO<sub>2</sub>, the key solvent for sustainable processes;  
Ionic liquids;  
Water as solvent and solvent-free reactions;  
Electrochemical processes for a sustainable development;  
Photocatalytic engineering;  
Biocatalysis and Bioprocesses;  
Catalysis Contribution to a Sustainable Chemistry;

## Dimensional Analysis of Food Processes

Guillaume Delaplace, INRA, Lille, France Karine Loubière, CNRS, Toulouse, France. Fabrice Ducept, AgroParisTech, France. Romain Jeantet, INRA, Rennes, France, ISBN: 9781785480409, September 2015, ISTE Press Elsevier, 356 pages



This book is dedicated to the **modeling of food processing using dimensional analysis**. Dimensional analysis has evolved very little since it was founded and first applied to chemical engineering. Most semi-empirical correlations do not include the spatio-temporal variations of the physical properties of products during the transformation process.

In order to bring dimensional analysis up to modern use standards,

the authors provide a review of the theoretical framework which allows the principles of similarity theory to be respected in the case of processes using a material with constant or variable physical properties in the course of the transformation.

Rules to rigorously construct a semi-empirical correlation between dimensionless numbers are discussed to promote and develop chemical engineering practice. This book offers reliable, robust and relevant tools to better model transformations of matter and the interactions between product and processes using a synthetic and physical view of phenomena as well as for the dimensioning, diagnosis and control of product transformation processes, reverse engineering and scale changing.

**The Authors :** **Guillaume Delaplace** is Research Director in the Department of Science and Process Engineering of Agricultural Products at INRA in Lille, France.

**Karine Loubière** is CNRS Research Scientist at the University of Toulouse, France.

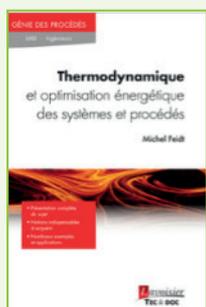
**Fabrice Ducept** is Assistant Professor at AgroParisTech in France.

**Romain Jeantet** is Deputy Director at the STLO laboratories of INRA in Rennes, France. His research focuses on food engineering with a special interest in dairy products.



## Thermodynamique et optimisation énergétique des systèmes et procédés

Michel FEIDT , 01-2016, ISBN 9782743020279, Lavoisier TEC & DOC, 478 pages.



Cet ouvrage permet d'acquérir les notions indispensables pour **modéliser, simuler et optimiser les systèmes et procédés énergétiques**, l'objectif étant de répondre à la question suivante : *comment utiliser rationnellement l'énergie en vue d'une transition énergétique et environnementale raisonnée ?* La **thermodynamique phénoménologique** est l'outil privilégié pour cela, tant du point de vue fondamental (physicien) qu'applicatif (ingénieur).

La première partie aborde l'ensemble des notions de la thermodynamique en insistant plus particulièrement sur celles relatives au second principe et ses conséquences : **analyse thermodynamique et dégradation d'énergie**. La deuxième partie **rapporte des concepts et méthodes d'étude des systèmes et procédés**, en vue de leur optimisation qui revêt deux formes privilégiées : l'optimisation statique et l'optimisation dynamique. La troisième partie enfin, à tra-

vers des exemples choisis, illustre les développements précédents. Les applications retenues sont prises dans les domaines de la combustion, de la production de froid, des pompes à chaleur, de l'énergie thermique, et des nouveaux procédés de conversion et de stockage de l'énergie.

**L'auteur :** Michel Feidt est professeur émérite de l'Université de Lorraine.

### 1. Thermodynamique phénoménologique

### 2. Méthodes d'études des systèmes et procédés

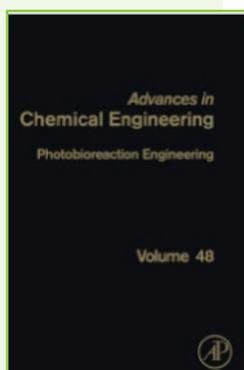
Théorie des modèles et de la valeur  
Modélisation et simulation de systèmes et procédés  
Optimisation de systèmes et procédé

### 3. Optimisation énergétique des systèmes et procédés

Échangeurs de chaleur  
Convertisseurs thermomécaniques  
Production de froid, pompe à chaleur  
Conversion et stockage d'énergie

## Photobioreaction Engineering, 1<sup>st</sup> Edition

Jack Legrand , (editor), Feb. 2016, Print Book ISBN : 9780128036617, eBook ISBN : 9780128037010, Elsevier, 338 pages.



*Photobioreaction Engineering presents reviews by leading authorities in their respective areas. It includes up-to-date reviews of the latest techniques and provides a mix of US and European authors, as well as academic / industrial / research institute perspectives. Photobioreaction Engineering, the latest edition in the Advances in Chemical Engineering series, a serial that was established in 1960, and remains one of great importance to*

*organic chemists, polymer chemists, and many biological scientists, includes contributions from established authorities in the field who combine descriptive chemistry and mechanistic insight to create an understanding of how the chemistry drives the properties.*

### The authors :

**Arnaud Artu**, GEPEA, Université de Nantes, CNRS, UMR6144, and AlgoSource Technologies, Saint-Nazaire, France ;  
**Jean-François Cornet**, CNRS, Institut Pascal, Université Clermont Auvergne, ENSCCF, Institut Pascal (UMR-CNRS 6602), Clermont-Ferrand, France ;  
**Jérémi Dauchet**, Université Clermont Auvergne, ENSCCF, Institut Pascal, CNRS, Institut Pascal, Aubière, France ;  
**C-Gilles Dussap**, CNRS, Institut Pascal, Université Clermont Auvergne, Université Blaise Pascal, Institut Pascal, Clermont-Ferrand, France ;

**Fabrice Gros**, Université Clermont Auvergne, ENSCCF, Institut Pascal, CNRS, Aubière, France ;  
**Marcel Janssen**, AlgaePARC, Bioprocess Engineering, Wageningen University and Research Centre, Wageningen, The Netherlands ;  
**Razmig Kandilian**, University of California, Los Angeles, United States ;  
**François Le Borgne**, AlgoSource Technologies, Saint-Nazaire, France ;  
**Jack Legrand**, GEPEA, Université de Nantes, CNRS, UMR 6144, Saint-Nazaire, France ;  
**Laurent Pilon**, University of California, Los Angeles, United States ;  
**Clemens Posten**, Institute of Process Engineering in Life Sciences, Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Germany ;  
**Jeremy Pruvost**, GEPEA, Université de Nantes, CNRS, UMR6144, Saint-Nazaire, France ;  
**Matthieu Roudet**, Université Clermont Auvergne, ENSCCF, Institut Pascal (UMR-CNRS 6602), BP 10448, Clermont-Ferrand, France ;  
**Matthias Schirmer**, Institute of Process Engineering in Life Sciences, Karlsruhe Institute of Technology (KIT), Germany.

**Photobioreactor Modeling and Radiative Transfer Analysis for Engineering Purposes**  
**Interaction Between Light and Photosynthetic Microorganisms**  
**Modeling of Microalgae Bioprocesses**  
**Microalgal Photosynthesis and Growth in Mass Culture**  
**Industrial Photobioreactors and Scale-up Concepts**

## Assises régionales du Génie des Procédés

GROUPE	DATE	LIEU
Sud-Ouest	13/10/2016	ENSIACET-Toulouse
Nord	04/11/2016	Cnam-Paris
Sud-Est	08/11/2016	IFPEN-Solaize
Est	08/11/2016	Nancy
Ouest	09/11/2016	ONIRIS-Nantes

[contact@assises.fr](mailto:contact@assises.fr)



[assises-sfgp@sfgp.fr](mailto:assises-sfgp@sfgp.fr)

## Pollutec 2016

Lyon Eurexpo, 29 novembre - 2 décembre 2016



## Mempro 2017

St Malo, 7-9 juin 2017

## Congrès SFGP 2017

Nancy, Centre des congrès Prouvé, 11-13 juillet 2017



## WE World Efficiency

Paris - Porte de Versailles, 17 au 19 octobre 2017

## European Symposium on Biochemical Engineering Sciences ESBES 2016

Dublin, Ireland, 11-14 septembre 2016



## 5<sup>th</sup> international conference on Life Cycle Thinking for leading managers

Lille, France, 8 et 9 novembre 2016



## 10<sup>th</sup> World Congress of Chemical Engineering

Barcelone, Espagne, 1<sup>er</sup> au 5 octobre 2017



Société Française de Génie des Procédés  
28 rue Saint-Dominique, 75007 PARIS  
Tél : 01 53 59 02 25  
[secretariat@sfgp.asso.fr](mailto:secretariat@sfgp.asso.fr)



[www.sfgp.asso.fr](http://www.sfgp.asso.fr)

Revue PROCÉDIQUE,  
publication annuelle  
de la Société Française  
de Génie des Procédés

Edition 2016

n° ISSN : 0995-5046

Edition : SFGP  
28 rue Saint-Dominique,  
75007 PARIS

Directeur de publication :  
Jean-Pierre DAL PONT

Rédactrice en chef :  
Cécile-Anne NAUDIN ([cecileanne52@gmail.com](mailto:cecileanne52@gmail.com))

Comité de lecture :  
Catherine BEC, Jean-Pierre DAL PONT, Patrice  
MÉHEUX, Cécile-Anne NAUDIN, Martine POUX.

Mise en page :  
Alexandra CORNET  
[info@nelacrea.fr](mailto:info@nelacrea.fr)

Impression :  
Biprint  
360 route de Flins-sur-seine  
78410 Bouafle  
/Imprimerie





Nancy 11 - 13 juillet 2017

**16<sup>e</sup> CONGRÈS ET 30<sup>e</sup> ANNIVERSAIRE**  
**DE LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE GÉNIE DES PROCÉDÉS**



**Évolutions du Génie des Procédés**  
**à partir des concepts fondateurs**  
**du 1<sup>er</sup> congrès organisé à Nancy en 1987**

**Et demain ?**



**Calendrier**

**Ouverture appel à communications** : 1<sup>er</sup> septembre 2016  
avec soumission des résumés de 2 pages

**Clôture de l'appel à communications** : 1<sup>er</sup> février 2017

**Notification d'acceptation** : 31 mars 2017

**Envoi de textes complets de 6 pages** : 2 mai 2017

