

L'innovation systématique : rêve ou réalité ?

Céline Bryon-Portet, Jean-Marc Le Lann et Stéphane Negny

Résumé

L'innovation, souvent confondue avec les notions de créativité, de découverte ou d'invention qui lui sont relativement proches, est une activité qui s'inscrit encore trop rarement dans un procédé continu, rigoureux et rationnel. Cet article propose une clarification définitoire de ce concept – en distinguant notamment innovation incrémentale et innovation radicale –, puis insiste sur la nécessité qu'il y a à systématiser davantage l'ensemble des opérations qui sont liées à cette activité. Après avoir souligné que l'innovation est un processus, et que celui-ci est rarement le fruit d'inventeurs isolés qui opèrent au hasard, les auteurs présentent quelques méthodes susceptibles de favoriser sa réalisation : la théorie de résolution des problèmes inventifs (TRIZ) et le raisonnement à partir de cas (RàPC). En s'appuyant sur un exemple concret, ils montrent également que le fait d'associer ces deux méthodes rend le procédé d'innovation plus efficace.

Mots-clés

Créativité, innovation, systématisation, génie chimique, théorie TRIZ, JIREC 2012, enseignement.

Abstract

Systematic innovation: dream or reality?

Innovation is often confused with the concepts of creativity, discovery or invention and is an activity being too rarely realized through a continuous and rational process. This article tries to clarify the definition of this concept, distinguishing for example incremental and radical innovation, and pointing out that it's necessary to be more systematic and rigorous in the field of innovation. After having reminded that innovation is a process and seldom the result of solitary inventors who operate at random, the authors present some methods able to promote it: the "theory of innovative problem solving" (TRIZ) and the "case based reasoning" (CBR). Thanks to a concrete example, they also note that the fact of combining these two methods makes the innovation process more effective.

Keywords

Creativity, innovation, systematization, chemical engineering, TRIZ theory, JIREC 2012, teaching.

Essai de définition de l'innovation

Un processus complexe...

Les définitions relatives à l'innovation sont multiples et variables. Néanmoins, il y a un consensus sur le fait que l'innovation est distincte de la découverte, de la créativité ou encore de l'invention, bien que ces dernières lui soient souvent étroitement liées. La découverte, en effet, résulte d'un ensemble d'observations fondées sur des données existantes ou des informations progressivement acquises. Elle ne requiert donc pas nécessairement une activité inventive, comme le prouvent les cas de la pénicilline et du radium par exemple. La créativité, quant à elle, relève avant tout d'un état d'esprit, d'une forme de pensée et d'attitude humaine mobilisant volontiers l'imagination. L'invention, enfin, propose une solution technique face à un problème de même nature, et peut être brevetable. Bien que la notion de nouveauté soit présente, elle ne s'inscrit pas nécessairement dans une démarche systématique et systématique, et ne se développe pas toujours au sein du corps social pour modifier les habitudes des usagers dans un secteur donné, contrairement à l'innovation. Bon nombre d'inventions n'atteignent ainsi jamais le statut d'innovation.

Par rapport à ces différents champs, l'innovation a ceci de particulier qu'elle repose sur un processus, aboutit à une utilisation effective et relativement large, créant ainsi de la

valeur. Elle permet à une entreprise ou à un système d'obtenir des avantages substantiels sur un marché par une évolution significative de son organisation, *via* de nouvelles méthodes ou outils, ou par la création puis délivrance d'un produit, procédé ou service augmentant la satisfaction de tout un chacun. Certaines innovations requièrent peu de ressources techniques. Le fameux Post-it[®], par exemple, est né en 1980 du recyclage, par la société 3M, d'étiquettes dont la colle était défectueuse. Malgré la simplicité de son procédé de fabrication, le Post-it[®] n'en fut pas moins une innovation majeure. D'autres innovations, comme le DVD, sont le fruit de procédés plus élaborés. Enfin, une innovation telle qu'Internet résulte d'un processus encore plus long et plus complexe, qui mobilisa et fit travailler en synergie différents types d'acteurs, militaires et scientifiques notamment.

Les spécialistes de l'innovation, enfin, identifient au moins deux principaux types d'innovation : l'innovation radicale et l'innovation incrémentale.

L'innovation radicale – également baptisée innovation de rupture – introduit un concept résolument novateur, un procédé entraînant un changement total des habitudes, ou un produit impliquant un saut technologique et pouvant modifier en profondeur les conditions d'utilisation, voire même les modes de production et les besoins d'une société. Elle correspond à ce mouvement de « destruction créatrice » que l'économiste Joseph Schumpeter développa pour rendre compte de la disparition des anciens secteurs d'activité économiques conjointement à l'apparition de nouvelles



Le passage du téléphone fixe au sans fil : une innovation incrémentale, celui au portable : une innovation radicale !

activités [1]. La photographie numérique, par exemple, constitue une innovation radicale par rapport à la photographie argentique, de même que le nylon par rapport au coton.

L'innovation incrémentale ne bouleverse pas les usages de manière significative. Elle offre de petites évolutions successives, pouvant finalement apporter des améliorations sensibles et continues (Norbert Alter va jusqu'à parler à ce propos d'« innovation ordinaire » [2]). Le passage du téléphone fixe au téléphone sans fil, par exemple, peut être rangé dans cette catégorie d'innovation incrémentale. En revanche, l'apparition du téléphone portable relève d'une innovation de nature plus radicale.

Précisons également que l'innovation, si elle est plutôt envisagée par les chercheurs, les ingénieurs et les entrepreneurs dans sa dimension épistémologique et technique, et porte essentiellement sur des produits et des procédés, déborde néanmoins cette sphère. Le management a ainsi eu ses innovations (telles que le management participatif), de même que le monde de l'art : l'impressionnisme peut être ainsi considéré comme une innovation radicale, qui a révolutionné la peinture et ses règles académiques vers la fin du XIX^e siècle. Plus proche de nous, le Cirque du Soleil est un exemple d'innovation qui a bouleversé le monde du spectacle, et plus précisément du cirque [3]. Bien que fort intéressants, ces domaines ne retiendront pas notre attention dans le cadre du présent article.

Plaidoyer pour une approche plus systématique et systémique de l'innovation

Contrairement à un préjugé encore trop largement répandu, l'innovation est rarement un acte sporadique, né de l'esprit génial d'un chercheur isolé ou d'un heureux hasard. Au-delà du fait que des personnages comme Léonard de Vinci et Thomas Edison ou des produits comme le Post-it[®], sont assez exceptionnels, les inventions, si extraordinaires soient-elles, ne deviennent des innovations que lorsque sont aménagées favorablement leurs conditions de fabrication puis de diffusion sur le marché, et que le corps social est prêt ou préparé à les recevoir.

Les organisations qui font figure de leader dans le domaine de l'innovation adoptent une démarche systématique, et même systémique, dans la mesure où elle doit idéalement prendre en compte des paramètres sociologiques, économiques, juridiques, financiers, managériaux, communicationnels et marketing, en plus des paramètres de nature souvent scientifique et technique qui sont strictement liés à la conception d'un nouveau bien, matériel ou immatériel – le projet Sappho par exemple, élaboré par le Science Policy

Research Unit pendant les années 1970, a montré que les entreprises les plus compétitives sur le marché de l'innovation sont celles qui associent ces différents paramètres [4]. Cependant, trop nombreuses sont encore, à ce jour, les organisations qui espèrent pouvoir innover sans mobiliser de véritables méthodes, ni concevoir cette activité comme un procédé continu, rigoureusement rationnalisable.

Quelques méthodes permettant de s'engager dans une démarche systématique d'inventivité et d'innovation, et ayant déjà fait leurs preuves, méritent d'être donc mentionnées.

Quelques méthodes favorisant l'inventivité à des fins d'innovation

La théorie de résolution des problèmes inventifs (TRIZ)

La première d'entre elles est TRIZ, dont l'acronyme signifie, en cyrillique, « teorija rezhenija izobretatel'stich zadach » (soit « théorie de résolution des problèmes inventifs »). Cette méthode fut créée par Genrich Altshuller à partir de la lecture d'une abondante littérature scientifique et industrielle, de l'analyse de plus de 400 000 brevets d'inventions, mais aussi de l'étude de la psychologie et du travail des grands inventeurs, ainsi que des différentes méthodes existantes visant à favoriser la créativité.

Partant du constat que l'activité de conception de nouveaux produits et procédés se présente essentiellement comme un processus de résolution de problèmes, et que 77 % des solutions apportées à un problème ne constituent que des solutions apparentes, faites de compromis non satisfaisants, ou des améliorations mineures, ce chercheur russe décida de proposer des outils concrets pour guider l'ingénieur dans sa tâche au lieu de le laisser tâtonner à l'aveugle [5]. Or la résolution de problèmes confronte l'Homme à des contradictions de type opérationnel, physique, ou technique, qui constituent des apories et l'empêchent de progresser vers un « résultat idéal final » [6-7]. En effet, étant donné que les systèmes techniques sont constitués de parties interdépendantes, il est courant que l'augmentation de la performance d'une partie du système entraîne de façon concomitante la dégradation inacceptable d'une autre de ses parties.

C'est précisément afin de dépasser de telles situations paralysantes que Genrich Altshuller a élaboré une matrice des contradictions (*figure 1*). La matrice de TRIZ, destinée à résoudre plus spécifiquement des contradictions de type technique, comporte 39 caractéristiques (*encadré 1*), qui sont autant de données relatives aux paramètres de conception ou d'ingénierie au sens large d'un système, telles que le poids, la longueur, la surface, le volume, la vitesse, la force, la forme, la température, l'énergie, la matière, l'adaptabilité, la complexité, etc. Dans le tableau matriciel, la colonne de gauche renvoie aux caractéristiques qu'il convient d'améliorer. La ligne du haut, quant à elle, indique les caractéristiques susceptibles d'être dégradées chaque fois que l'on tente d'améliorer un paramètre du système (identifié dans la colonne verticale). En d'autres termes, elle indique une conséquence indésirable, source de contradiction pour l'ingénieur.

		1	2	3	4	5	6	7	8
paramètre qui se détériore									
	paramètre à améliorer								
1	masse d'un objet mobile	+	-	15, 8, 29, 34	-	29, 17, 38, 34	-	29, 2, 40, 28	-
2	masse d'un objet immobile	-	+	-	10, 1, 29, 35	-	35, 30, 13, 2	-	5, 35, 14, 2
3	longueur d'un objet mobile	8, 15, 29, 34	-	+	-	15, 17, 4	-	7, 17, 4, 35	-
4	longueur d'un objet immobile		35, 28, 40, 29	-	+	-	17, 7, 10, 40	-	35, 8, 2, 14
5	surface d'un objet mobile	2, 17, 29, 4	-	14, 15, 18, 4	-	+	-	7, 14, 17, 4	
6	surface d'un objet immobile	-	30, 2, 14, 18	-	26, 7, 9, 39	-	+	-	
7	volume d'un objet mobile	2, 26, 29, 40	-	1, 7, 4, 35	-	1, 7, 4, 17	-	+	-
8	volume d'un objet immobile	-	35, 10, 19, 14	19, 14	35, 8, 2, 14	-		-	+

Figure 1 - Extrait de la matrice des contradictions.

Encadré 1**Les 39 paramètres de la matrice de contradiction**

- 1 Masse d'un objet mobile
- 2 Masse d'un objet immobile
- 3 Longueur d'un objet mobile
- 4 Longueur d'un objet immobile
- 5 Surface d'un objet mobile
- 6 Surface d'un objet immobile
- 7 Volume d'un objet mobile
- 8 Volume d'un objet immobile
- 9 Vitesse
- 10 Force
- 11 Tension ou pression
- 12 Forme
- 13 Stabilité de l'objet
- 14 Résistance
- 15 Durée de l'action d'un objet mobile
- 16 Durée de l'action d'un objet immobile
- 17 Température
- 18 Brilliance
- 19 Énergie dépensée par l'objet mobile
- 20 Énergie dépensée par l'objet immobile
- 21 Puissance
- 22 Perte d'énergie
- 23 Perte de substance
- 24 Perte d'information
- 25 Perte de temps
- 26 Quantité de substance
- 27 Fiabilité
- 28 Précision de la mesure
- 29 Précision de l'usinage
- 30 Facteurs nuisibles agissant sur l'objet
- 31 Facteurs nuisibles générés par l'objet
- 32 Facilité de fabrication
- 33 Facilité d'utilisation
- 34 Aptitude à la réparation
- 35 Adaptabilité
- 36 Complexité du système
- 37 Complexité de contrôle
- 38 Degré d'automatisation
- 39 Productivité

Enfin, à l'intersection de la colonne et de la ligne, c'est-à-dire à la croisée de la caractéristique améliorée et de la caractéristique détériorée, la matrice propose une ou plusieurs pistes de solutions afin de dépasser la contradiction relevée, sous forme de numéros référant à des principes (segmentation, extraction, asymétrie, emboîtement, contrepoids, dilatation

Encadré 2**Les 40 principes de la matrice de contradiction**

- 1 Segmentation
- 2 Extraction
- 3 Qualité locale
- 4 Asymétrie
- 5 Combinaison
- 6 Universalité
- 7 Emboîtement (poupées russes)
- 8 Allègement du poids
- 9 Anti-action préliminaire
- 10 Action préliminaire
- 11 Compensation
- 12 Équipotentialité
- 13 Inversion
- 14 Forme : sphères, courbes
- 15 Dynamisme
- 16 Légèrement plus ou légèrement moins
- 17 Changement de dimension
- 18 Vibration
- 19 Action périodique
- 20 Continuité
- 21 Changement de vitesse
- 22 Transformation d'un plus en moins
- 23 Rétroaction
- 24 Intermédiaire
- 25 Self service
- 26 Copie
- 27 Éphémère et économie
- 28 Reconception
- 29 Pneumatique et hydraulique
- 30 Cellules flexibles
- 31 Matériau poreux
- 32 Changement de couleur
- 33 Homogénéité
- 34 Rejet et régénération
- 35 Modifications des paramètres
- 36 Phase de transition
- 37 Expansion thermique
- 38 Oxydation
- 39 Environnement inerte
- 40 Matériau composite

thermique, inversion, sphéricité, changement de dimension, vibration, accélération, rétroaction, homogénéité, changement de paramètres, oxydation...). Au total, Altshuller a identifié 40 principes généraux (*encadré 2*), que l'ingénieur doit ensuite adapter à un problème particulier. La matrice, qui n'est autre qu'une base de données de solutions connues, détermine donc, grâce à une étude statistique des solutions fructueuses proposées par des brevets antérieurs, les principes qui se révèlent les plus pertinents pour éliminer une contradiction rencontrée [8].

Cependant, TRIZ a ses limites :

- Cette théorie n'a pas de mémorisation de son processus de résolution ; en conséquence, elle ne permet pas de se référer à des solutions spécifiques connues.
- TRIZ utilise une connaissance générale (à forte connotation ingénierie) qui peut s'avérer difficile à appliquer. Ces limites nécessitent de recourir à d'autres méthodes complémentaires, capables de stocker et de réutiliser la connaissance, capacités centrales de la méthode suivante.

Le processus de raisonnement à partir de cas (RàPC)

Avec le processus de raisonnement à partir de cas, les problèmes sont résolus en utilisant des expériences du

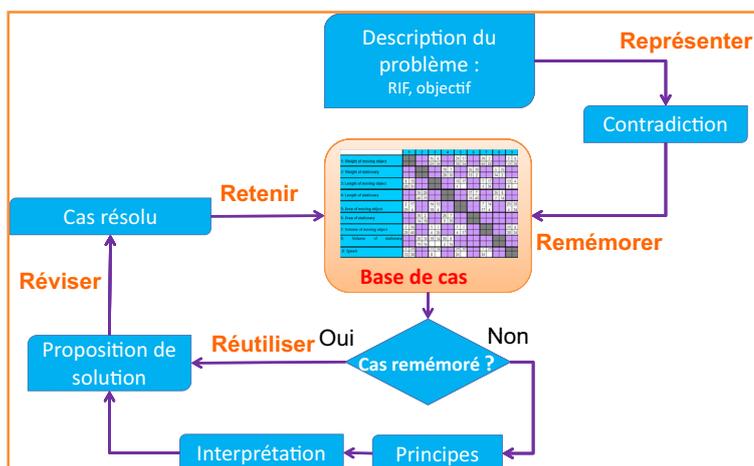


Figure 2 - Synergie RàPC-TRIZ.

passé. Un problème cible à résoudre est comparé à des cas rencontrés antérieurement. Si tel est le cas, les solutions associées peuvent être évaluées et adaptées afin d'en fournir une nouvelle plus appropriée. Cette méthodologie est basée sur le cycle des 5R – *représenter-remémorer-réutiliser-réviser-retenir* – (figure 2) : *remémorer* un problème similaire, stocké et indexé dans la base de cas, puis *réutiliser* la solution associée à ce problème. Cette dernière doit ensuite être revue, testée et améliorée. Enfin, tout le processus de résolution est retenu et mémorisé dans la base de cas pour alimenter celle-ci. Cependant, le RàPC a également ses limitations :

- La base de cas se réfère à des solutions dans un domaine d'applications métier, ce qui peut être un frein à la créativité.
- Encore faut-il trouver un cas antérieurement résolu similaire au nouveau problème ! Dans sa forme originelle, le RàPC peut être utilisé pour créer des plans de synthèse chimique.

Synergie TRIZ-RàPC

L'idée que nous proposons serait donc d'utiliser une synergie entre les deux méthodes TRIZ et RàPC (figure 2). Pour ce faire, le problème à résoudre est décrit et modélisé comme une contradiction (*représenter*). Celle-ci est ensuite utilisée pour retrouver, dans la base de cas, un cas similaire préalablement résolu (la mémorisation est alors indexée sur la matrice de contradiction de TRIZ). Dès lors, deux processus vont s'opérer : soit un cas similaire existe et alors on applique la fin de la boucle de résolution du RàPC (*réutiliser-réviser-retenir*) ; soit il n'existe pas de cas traité, et l'on applique le processus de résolution de TRIZ basé sur la résolution de la contradiction à l'aide de la matrice. Celui-ci devient ainsi un cas traité : dès lors, il peut être stocké, accompagné de la solution trouvée, dans la base de cas indexée selon les lignes et colonnes de la matrice de contradiction.

Exemples d'innovations en génie chimique et illustration d'application de la synergie TRIZ-RàPC

Les exemples d'innovation dans le domaine du génie chimique sont multiples et variés, depuis le fameux nylon 6-

6, plus connu sous le produit du bas nylon ou des collants, jusqu'au pot catalytique. On peut également citer, pêle-mêle : les catalyseurs de nouvelle génération, le pneu vert à base de silice, les nouveaux solvants « aqueux », les matériaux avancés (composites, plastiques techniques...), les nanotubes de carbone, les technologies de réduction des NOx et du CO₂...

Considérons un exemple d'utilisation de la synergie proposée au travers du cas du lit mobile vrai (figure 3a), procédé permettant la séparation chromatographique d'un mélange multiconstituant utilisé en biotechnologies, chimie fine et pharmacie.

Ce procédé originel présentait l'inconvénient de devoir effectuer la circulation d'une phase solide. L'innovation consistait donc à palier ce défaut en utilisant la synergie TRIZ-RàPC précédemment évoquée. Aucun problème de ce type n'étant présent dans la base de cas, il convenait d'utiliser la boucle de résolution *via* TRIZ après avoir défini

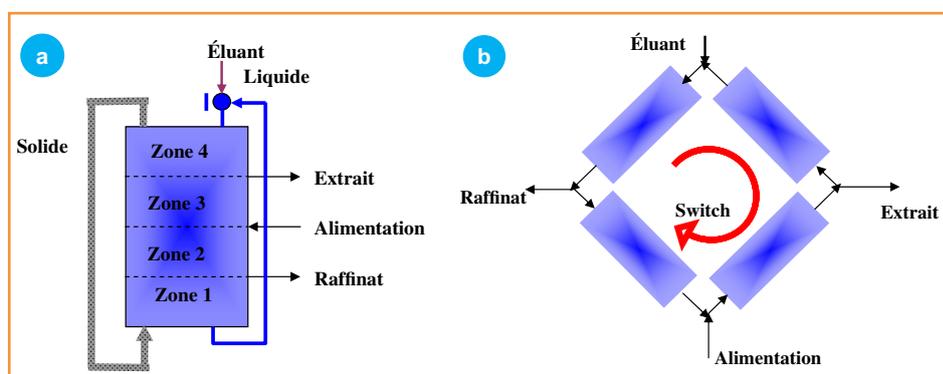


Figure 3 - Lit mobile vrai (a) et simulé (b).

la contradiction suivante, à surmonter : « réduire la circulation de la phase solide sans dégrader la performance de la séparation et augmenter les coûts opératoires ». Le paramètre à améliorer était donc le 33 (« Améliorer l'utilisation »), et le paramètre dégradé était le 19 (« Énergie dépensée par un objet circulant »). Les principes de résolution préconisés dans la matrice de contradiction sont : 1-segmentation, 13-inversion, 24-intermédiaire. L'application du principe 1 de segmentation conduit à l'idée de séparer le procédé en quatre zones indépendantes, tandis que l'application du principe 13 d'inversion invite, en utilisant le sous-principe associé « Rendre les parties mobiles fixes et vice versa », à rendre statique le solide et passer les entrées-sorties en mode rotatif. Ceci donne le principe du lit mobile simulé bien connu (figure 3b). Ensuite intégrée dans la base de cas, cette solution permet de résoudre d'autres cas similaires grâce au RàPC.

Cette première partie de l'exemple n'utilise qu'une boucle du cycle de la figure 2. En vue d'améliorer le système et d'étendre ses possibilités à des cas de séparation-réaction et en partant du lit mobile simulé, une nouvelle contradiction technique est alors formulée, mais cette fois, il existe un cas similaire traitant de la distillation réactive qui est « remémoré » au niveau du RàPC. L'adaptation de cette solution permet d'aboutir au lit mobile simulé réactif qui couple au sein du même appareil les aspects réaction et séparation (notion d'intensification des procédés). Cette solution permet d'assurer une meilleure efficacité du système (taux de conversion accru, diminution de la consommation énergétique...).

Une troisième utilisation de la synergie TRIZ-RàPC permet également d'améliorer encore l'efficacité du lit mobile simulé (réactif ou non) en désynchronisant volontairement la rotation des entrées-sorties. Cette évolution permet de réduire la taille de l'appareillage ainsi que la consommation en solvant.

Conclusion

L'innovation est une chose difficile à mettre en œuvre, surtout quand on s'efforce de l'inscrire dans une démarche systématique, et ce bien que certaines théories et méthodes voient le jour, qui contribuent à rendre son processus moins sporadique. Il est bon de rappeler que la créativité, l'amélioration continue et l'innovation par rupture sont des ingrédients vitaux pour tous processus industriels et sociétés, et que les « success stories » d'hier peuvent conduire à des « leaders aveugles » (Kodak, Ilford...), aujourd'hui quasiment disparus du marché ou en passe de l'être.

Références

- [1] Schumpeter J., *Capitalisme, Socialisme et Démocratie*, Payot, 1972.
- [2] Alter N., *L'innovation ordinaire*, PUF, 2000.
- [3] Mahy I., *Les coulisses de l'innovation. Création et gestion au Cirque du Soleil*, Presses de l'Université Laval, 2008.
- [4] Freeman C., À quoi tiennent la réussite ou l'échec des innovations dans l'industrie ?, *Culture Technique*, 1988, 18, p. 30.
- [5] Altshuller G., *Creativity as an Exact Science*, Gordon and Breach, 1988.
- [6] Altshuller G., *Et soudain apparut l'inventeur, Avraam Seredinski*, 2006.
- [7] Altshuller G., *40 principes d'innovation : TRIZ pour toutes applications, Avraam Seredinski*, 2004.

- [8] Bryon-Portet C., Le Lann J.-M., Negny S., TRIZ : une méthode de gestion et de dépassement de la contradiction dans le domaine de l'ingénierie, B. Guy, *ASLC 2011. Deuxièmes ateliers sur la contradiction*, Presses des Mines, 2012, p. 95-106.



C. Bryon-Portet



J.-M. Le Lann



S. Negny

Céline Bryon-Portet (auteur correspondant)

est maître de conférences HDR en sciences de l'information et de la communication à l'École Nationale Supérieure des Ingénieurs en Arts Chimiques et Technologiques (ENSIACET), Institut National Polytechnique de Toulouse*, et chercheur au LERASS (Laboratoire d'Études et de Recherches Appliquées en Sciences Sociales) EA 827.

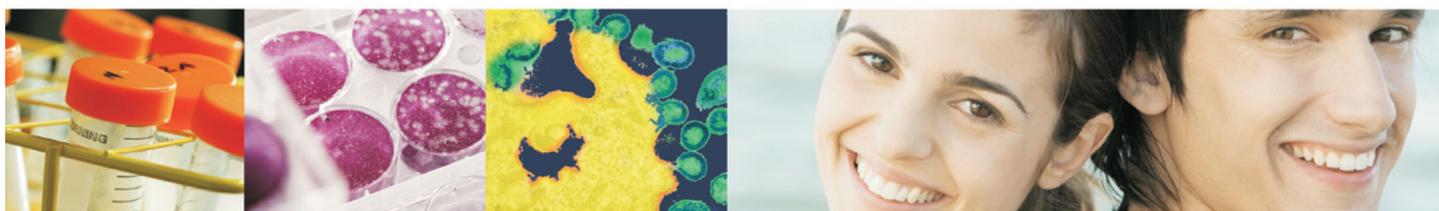
Jean-Marc Le Lann

est professeur des universités en génie chimique, directeur de l'ENSIACET* et chercheur au LGC (Laboratoire de Génie Chimique), UMR CNRS 5503, Département « Process System Engineering ». Il est également le président de la Fédération Gay-Lussac.

Stéphane Negny

est maître de conférences HDR à l'ENSIACET* et chercheur au LGC (Laboratoire de Génie Chimique), UMR CNRS 5503.

* ENSIACET, BP 84234, Campus INP-ENSIACET, 4 allée Émile Monso, F-31432 Toulouse Cedex 4.
Courriels : celine.bryonportet@ensiacet.fr ; jeanmarc.lalann@ensiacet.fr ; stephane.negny@ensiacet.fr



IDENIX

Le siège du groupe Idenix est situé à Cambridge, Massachusetts, USA.
Idenix a également une unité de Recherche et Développement à Montpellier, France