

INGENIERIE NUMERIQUE

« ENTRE RUPTURES TECHNOLOGIQUES
ET PROGRES ECONOMIQUE ET
SOCIETAL »

Vendredi 25 novembre 2011
de 9h15 à 18h00
au Conseil économique, social et environnemental

Palais d'Iéna
9, place d'Iéna
75775 Paris cedex 16

Ce colloque a été co-organisé par l'Académie des technologies, le Conseil général de l'industrie, de l'énergie et des technologies (CGIET) et le Conseil économique, social et environnemental (CESE)





Entre ruptures technologiques et progrès économique et sociétal

Programme

	PAGES
OUVERTURE DU COLLOQUE PAR JEAN-PAUL DELEVOYE, BRUNO REVELLIN-FALCOZ ET PASCAL FAURE	P 5

PREMIERE SESSION : RUPTURES ET TECHNOLOGIES EMERGENTES	P10
Introduction de la session par Christian SAGUEZ , Membre de l'Académie des technologies	

Virtualisation et immersion 3D	P11
Pierre MARCHADIER , Vice-président chargé du développement industriel, Dassault Systèmes	
Bruno ARNALDI , Directeur de l'IRISA, Membre du Comité de sélection et de validation du pôle Images & Réseaux	
François GRUSON , Directeur Général, Archivideo	

Modélisation et simulation	P17
Gérard POIRIER , Directeur Scientifique Adjoint, Dassault Aviation, Président du groupe OCDS du pôle Systematic	
Marie-Christine OGHLY , PDG d'EnginSoft France, Présidente du MEDEF Île de France	
Pierre LECA , Chef de département, CEA	

Masses de données	P24
Henri VERDIER , Président du Pôle Cap Digital, Directeur de MFG Labs	
François BANCILHON , PDG de Data Publica et INRIA Mobile Services	
Francis JUTAND , Directeur Scientifique, Institut Télécom	

LE POINT DE VUE D'UN GRAND TEMOIN DU CESE	P30
Présidence de séance : Françoise FRISCH , Vice-Présidente du CESE	
Jean-Luc PLACET , Président de la Fédération Syntec, Membre du CESE	

DEUXIEME SESSION : CONTRIBUTION DES RUPTURES TECHNOLOGIQUES A L'ACTIVITE INDUSTRIELLE

P33

Introduction de la session par **Serge CATOIRE**, Membre du Conseil Général de l'Industrie de l'Energie et des Technologies

Secteur des Transports

P34

Eric DUCEAU, Directeur scientifique du domaine Ingénierie et Systèmes, EADS Innovation Works

Gérard SEGARRA, Pilote innovation des systèmes télématiques, Renault ;

Jean-Louis DAUTIN, Directeur, CLARTE, Centre Lavallois de Ressources Technologiques.

Secteur Chimie, Matériaux

P41

Nicolas de WARREN, Directeur des relations institutionnelles, Arkema ;

François MUDRY, Directeur Scientifique, ArcelorMittal, Membre de l'Académie des technologies

Thierry COUPEZ, Directeur-adjoint, CEMEF Sofia-Antipolis, Mines ParisTech

Secteur Agro-alimentaire

P45

Jean-Luc PERROT, Président, Pôle Valorial

Bruno PREPIN, Délégué Général, Agro EDI Europe

Caroline ALAZARD, PDG, Greenext

CONFERENCE DE CLOTURE PAR UN GRAND TEMOIN DE L'INDUSTRIE

P52

Présidence de séance : **Hélène SERVEILLE**, Membre du CGIET

Daniel ZAMPARINI, Directeur des Systèmes d'information,

PSA Peugeot Citroën

MESSAGES DE CONCLUSION par les organisateurs **Françoise FRISCH (CESE)**, **Gérard ROUCAIROL (Académie des technologies)** et **Hélène SERVEILLE (CGIET)**

P54

RESUME ET PERSPECTIVES

P56

OUVERTURE DU COLLOQUE PAR

JEAN-PAUL DELEVOYE, BRUNO REVELLIN-FALCOZ ET PASCAL FAURE



Jean-Paul DELEVOYE

Président du Conseil économique, social et environnemental (CESE)

Je suis très heureux de vous accueillir à cette première manifestation conjointe avec l'Académie des Technologies et le CGIET qui résulte d'un souhait profond, partagé avec Bruno Revellin-Falcoz et Pascal Faure, de proposer dans cette enceinte un événement qui corresponde à notre volonté d'ouvrir le Conseil économique, social et environnemental (CESE), expression de la société civile organisée, aux évolutions technologiques et sociétales de notre temps. Je suis très sensible au fait que nous ayons démontré notre capacité à nous entendre dans le montage de ce colloque car que je suis extrêmement soucieux de coller au plus près des évolutions de nos sociétés. En tant que médiateur de la République, j'ai été confronté à l'usure psychologique de la Société : en particulier, j'ai constaté que le progrès a tendance à être perçu comme source d'inquiétudes alors qu'il devrait être le moteur de l'espérance.

Nous nous situons aujourd'hui à un moment passionnant où le monde change extrêmement vite. Les équations régissant notre vie sociale sont donc aujourd'hui à revisiter car nous ne vivons plus demain avec les mêmes repères. Cette nécessité à tout repenser débouchera sur de formidables opportunités mais également sur une formidable exigence pour celles et ceux qui, comme vous, sont soucieux de l'intérêt général. Il s'agit de faire en sorte que la pédagogie des enjeux transforme l'opinion publique en partenaire et non, comme c'est parfois le cas, en adversaire. En conséquence, il faut s'attacher à convaincre celles et ceux qui instrumentalisent les peurs et les inquiétudes de ne pas détruire les espérances portées par les technologies. Je suis extrêmement frappé de constater que le mal-être typiquement français conduit à donner une prime à ceux qui préfèrent exploiter les peurs plutôt que de nourrir les espérances d'un progrès social et environnemental auquel nous sommes les uns les autres très attachés. Selon moi, servir notre société consiste à faire en sorte que le progrès soit mis à son service.

Je suis extrêmement sensible au fait que Bruno Revellin-Falcoz et Pascal Faure aient accepté cette démarche commune consistant à trouver ensemble les moyens de mettre votre capacité d'analyse et de prospective au service d'un projet que la Société puisse s'approprier. C'est la meilleure façon de combattre les obscurantismes et de faire en sorte que la France retrouve cette espérance qu'elle a fait lever au siècle des Lumières. C'est le vœu que je forme pour votre colloque, particulièrement sous cette coupole qui a été construite à l'époque dans l'espoir de faire « rêver » les personnes qui y travailleraient. Ce monument est aujourd'hui symboliquement porteur d'anticipation. Les technologies permettent aussi des enthousiasmes architecturaux formidables.





Bruno REVELLIN-FALCOZ
Président de l'Académie des technologies

Cher Monsieur le Ministre, cher Président, merci de mettre à disposition cet hémicycle et merci également pour votre présence nombreuse.

Je me permettrai de vous expliquer en deux mots ce qu'est l'Académie des technologies qui est très peu connue pour la simple raison qu'elle est très jeune. Elle n'a qu'une dizaine d'années mais peut-être a-t-elle déjà atteint l'âge de raison en devenant un établissement public rattaché au Ministère de la Recherche. La particularité de cette Académie réside en ce qu'elle est la seule des grandes académies de France dans laquelle la liste des disciplines des membres sont de toutes origines. En effet, parmi les 275 membres que compte aujourd'hui notre Académie figurent des ingénieurs, des chercheurs, des chefs d'entreprise, des médecins, des agronomes, des urbanistes, des architectes, des sociologues, des philosophes, des économistes, etc. Nous abordons les problèmes non seulement sous l'angle technique et technologique mais également sous les angles social, environnemental, économique, etc. La multidisciplinarité ou la pluridisciplinarité – certains disent la transversalité – est le maître mot de nos travaux. Nous pensons que cette approche constitue l'une des clés de l'innovation.

Quel est notre mission aujourd'hui ? Nous sommes un interlocuteur entre le monde de la recherche et de l'innovation d'une part et les décideurs publics et l'opinion publique d'autre part. En effet, nous ne pouvons pas avancer sans dialogue, sans débat, sans information sérieuse à mettre dans les mains de ceux qui décident. Comment travaillons-nous ? Nous avons 12 commissions permanentes qui animent et qui créent 25 groupes de travail. La commission des technologies de l'information et de la communication constitue l'une des commissions les plus importantes. Notre devise se lit comme suit : « *Pour un progrès raisonné, choisi et partagé* ». Cette devise fait appel au débat qui permet d'apporter des éléments d'information.

Notre Académie non seulement réfléchit, mais elle propose aussi des actions, ce qui constitue peut-être son deuxième facteur différenciant, au-delà de sa composition à spectre large. En liaison avec le thème d'aujourd'hui, je prendrai deux exemples d'expérimentation que nous lançons car nous sommes des catalyseurs d'expérimentations. Premièrement, au-delà de la télésanté et de la télémédecine, nous sommes en train de lancer une expérimentation pour regarder si les techniques et les technologies modernes peuvent permettre de maintenir à domicile des patients atteints de plusieurs pathologies. Nous étudions la nouvelle relation dans un système global entre le patient et le corps médical d'une part, et d'autre part nous essayons de montrer qu'il existe une économie à tirer de ce genre d'organisation. Deuxièmement, nous expérimentons la mobilité multimodale. Aujourd'hui, chacun de nous sait que pour aller du fond de la province au centre d'une grande ville, les possibilités d'utiliser les différents modes de transports sont multiples mais rien n'est organisé ni optimisé. Nous avons donc souhaité, par l'intermédiaire de la commission de la mobilité et des transports, élaborer une charte réunissant de une vingtaine d'opérateurs de transports, d'opérateurs de transmission, d'associations d'usagers et du Ministère des Transports afin de créer les éléments qui permettront de doter tout citoyen de la possibilité d'optimiser son transport à la fois sur le plan économique et sur le plan écologique (meilleure gestion des énergies associées).

Tout travail aujourd'hui n'est pas simplement national. Nous devons travailler en international et tout d'abord en Europe. 21 pays européens ont regroupé leurs académies des technologies et d'ingénierie dans une organisation intitulée Euro-CASE. L'Académie des technologies en est l'animatrice et abrite le secrétariat général. L'association Euro-CASE est installée dans les bureaux de l'Académie des technologies au Palais de la Découverte. Nous pouvons donc porter sur le plan européen nos questionnements et nos propositions. Le thème que nous avons choisi pour l'année qui commence s'intitule « Indépendance énergétique de l'Europe ». Nous allons nous trouver assis à côté des Allemands et de bien d'autres pour débattre de quelles énergies nous utiliserons demain. Je vous laisse imaginer que combien ces débats seront denses.

Nous n'avons pas besoin ici de souligner l'importance des technologies. L'usage des technologies est extrêmement structurant. Dans ces technologies, l'ingénierie numérique a une place tout à fait particulière, raison pour laquelle nous avons choisi ensemble ce thème pour notre colloque. J'ai récemment appris que la croissance en France est tirée pour un quart par l'économie numérique. Nous ne sommes toutefois pas les champions en Europe : en Grande-Bretagne, un tiers de la croissance est tirée par l'économie numérique. Nous avons des efforts à accomplir et nous savons qu'il s'agit d'un domaine de croissance. Il nous faut donc avancer dans des débats d'information et d'échanges. Il faut aller au-delà du strict cadre de l'expertise technologique pour écouter toutes les parties prenantes, ce que nous allons faire. Le Conseil d'analyse économique, la DATAR, et l'Académie des technologies ont conduit pendant un an et demi une étude intitulée « Créativité et innovation dans les territoires ». Cette étude a démontré que l'innovation est un peu technologique – le rapport cite une proportion de 20 %, mais pour le reste, elle est surtout liée à des questions sociales, environnementales et de qualité de vie. Nous nous trouvons bien au cœur du débat sur les technologies, à savoir rêver les aspects purement techniques et technologiques mais surtout ne pas sous-estimer tout l'environnement des facteurs humains qui constitue la clé de l'innovation.

Cette journée est organisée en deux grands thèmes. Ce matin, nous aborderons les ruptures technologiques comme la virtualisation et l'immersion 3D, la modélisation et la simulation et la masse de données. Cet après-midi, il sera question des applications de ces technologies à l'activité industrielle. Nous sommes intimement convaincus que ces ruptures technologiques constituent une source d'amélioration significative de la compétitivité ainsi qu'une source de progrès sociétaux. Nous formons le vœu que cette journée mette ce lien en évidence.

Pour terminer, je voudrais remercier les organisateurs qui ont considérablement travaillé pour que cette journée soit un succès. Merci à vous tous.



**Pascal FAURE****Vice-président du Conseil général de l'industrie, de l'énergie et des technologies (CGIET)**

Monsieur le Président du Conseil économique, social et environnemental, Monsieur le Président de l'Académie des technologies, Mesdames et Messieurs, tout d'abord je suis très heureux de vous voir nombreux ici pour ce colloque que nous organisons, dans votre diversité, que vous soyez issu du monde de l'entreprise, des pouvoirs publics au sens large ou du secteur de l'enseignement supérieur et de la recherche. Je voudrais également remercier Jean-Paul Delevoye de nous accueillir dans ce Palais d'Iéna si chargé d'histoire et propice au débat dans un esprit républicain. Ce colloque est une première que nous avons voulu organiser de façon tripartite entre le Conseil général de l'industrie, de l'énergie et des technologies, le Conseil économique, social et environnemental et l'Académie des technologies. Il s'inscrit également dans le sillage du partenariat étroit que nous avons établi avec l'Académie des technologies depuis deux ans. Nous attachons encore une fois une importance considérable à ce colloque et nous serons très attentifs aux retours que vous pourrez nous remonter.

Je voudrais présenter le Conseil général de l'industrie, de l'énergie et des technologies. J'ai l'impression que nous sommes à la fois l'organisme le plus récent et le plus ancien des trois. Le Conseil général de l'industrie, de l'énergie et des technologies est le plus ancien des trois organismes en ce qu'il hérite du Conseil général des mines créé en 1810 dans le sillage du siècle des Lumières, mais il est également le plus jeune en ce qu'il existe seulement depuis trois ans dans sa configuration actuelle. Notre rôle consiste à éclairer les pouvoirs publics et à leur apporter des éléments d'évaluation et de prospective dans un certain nombre de domaines. Nous avons trois thèmes de prédilection : le développement économique et industriel, les technologies de l'information et l'économie numérique au sens large, et tout ce qui touche à l'énergie et aux matières premières. Bien entendu, nous nous occupons également de questions de sécurité transverses à l'ensemble de ces thèmes. Nous conduisons des missions de conseil, d'évaluation et d'audit à la demande des ministres. Notre manière de conduire ces missions s'appuie à la fois sur l'indépendance totale de nos membres vis-à-vis des pouvoirs publics et sur leurs expériences individuelles acquises au travers de leurs parcours professionnels et personnels. Le Conseil général de l'industrie, de l'énergie et des technologies assure également la tutelle des écoles d'ingénieurs du Ministère de l'Industrie, à savoir les écoles de l'Institut Télécom, les six écoles des Mines, ainsi que Supelec en coopération avec le Ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.

En ce qui concerne cette journée, le Conseil général de l'industrie, de l'énergie et des technologies est impliqué dans deux volets importants : le volet numérique et le volet relatif à la compétitivité industrielle. Pour vous citer certains travaux que nous avons menés sur ces deux volets, nous avons récemment conduit des travaux sur le télétravail, sur le *cloud computing*, sur l'impact des services offerts par les moteurs de recherche sur l'activité économique, sur les éco-industries et les pôles de compétitivité, sur la création d'entreprises de manière générale et sur des sujets peut-être plus ponctuels mais néanmoins importants comme le développement de la facturation électronique. Nous avons également été très impliqués dans les Etats Généraux de l'industrie et nous poursuivons nos travaux à travers les actions de la Conférence Nationale de l'Industrie.

Je voudrais revenir au thème de cette journée et à l'organisation des travaux pour vous présenter le fil conducteur que nous avons retenu pour les tables rondes de l'après-midi peut-être plus en lien avec le domaine du Conseil général de l'industrie, de l'énergie et des technologies. La compétitivité industrielle constitue un enjeu majeur pour l'ensemble de l'économie et le numérique en lui-même se situe au cœur de la transformation de l'industrie. Le numérique concerne classiquement la recherche & développement des entreprises mais bien au-delà, le numérique doit entrer dans tous les secteurs de l'entreprise, y compris dans l'interaction avec les clients, les fournisseurs et les partenaires. Le véritable enjeu pour parvenir à doper notre croissance réside dans la pleine appropriation de ces nouvelles technologies par les entreprises et par ceux qui les utilisent, à savoir les hommes et femmes au quotidien. Cet enjeu pose des questions en termes de formation, d'évolution des métiers, de réorganisation des *process* et de réajustement des structures. Nous avons choisi pour cet après-midi d'organiser les tables rondes en les focalisant sur quelques secteurs particuliers: la construction aéronautique et automobile, la chimie et les matériaux, et le secteur agroalimentaire.

Pour terminer, je remercie tous les intervenants qui se succèderont pour le témoignage qu'ils apporteront et le dialogue qu'ils établiront avec vous. Je remercie par avance les personnalités qui présenteront le discours de clôture. Merci à vous tous.



PREMIERE SESSION : RUPTURES ET TECHNOLOGIES EMERGENTES**Introduction, Christian SAGUEZ, Membre de l'Académie des technologies**

Merci beaucoup. Nous allons entrer dans le cœur des discussions de cette journée. Je voudrais introduire quelques éléments sur les motivations de celle-ci.

Comme vous le savez et comme il a été dit il y a quelques instants, les Technologies de l'information et de la communication ont provoqué de manière extrêmement rapide des ruptures majeures. La rapidité de ce changement constitue un élément tout à fait important. Ces ruptures interviennent aussi bien en termes de capacités qu'en termes de fonctionnement et qu'en termes de modalités de travail et modes de vie. Nous avons décidé de consacrer cette matinée à vous présenter et à dialoguer avec vous autour de trois de ces ruptures essentielles qui modifient profondément les capacités d'innovation et les modes de fonctionnement de nos entreprises et, par conséquent, leur compétitivité.

Pour cela, je voudrais commencer par trois remarques qui sont peut-être des banalités mais qui sont importantes dans l'évolution de notre monde. Premièrement, le monde est maintenant numérique, c'est-à-dire que toute l'information disponible l'est sous forme numérique en très grande quantité. La quantité d'information numérique produite par année est sans commune mesure avec tout ce qui existait précédemment. Nous disposons donc d'une très grande quantité d'information sous forme numérique, avec des technologies qui favorisent d'une part la production de cette information, d'autre part les échanges et la diffusion de celle-ci et aussi le traitement et l'extraction de renseignements autour de cette information. Cette information concerne des domaines extrêmement variés allant des films 3D au monde industriel avec la réalité virtuelle, l'immersion 3D, etc. Tout le secteur de la culture est également concerné avec les musées, les bibliothèques, de même que les questions de santé, les questions financières ainsi que les aspects commerciaux. Le monde est donc totalement numérique.

Le deuxième élément important réside dans le fait que le monde est distribué, interconnecté et parallèle, ce qui signifie que grâce à ces nouvelles architectures informatiques, nous disposons aujourd'hui de capacités de traitement qui atteindront le milliard de milliards d'opérations par seconde. Cette capacité de traitement pourra être mise à disposition à l'ensemble de la société grâce à un certain nombre de nouvelles technologies, comme le *cloud computing*. Associées à cette distribution et à cette interconnexion, nous voyons apparaître de nouvelles modalités d'usage et d'accès à ces informations et à ces capacités de calcul comme le *cloud computing* mais également tous les modes de paiement à l'usage qui modifient considérablement l'accès à ces technologies. En lien avec cet aspect de distribution de l'information, il n'est pas négligeable de constater que les réseaux informatiques constituent aujourd'hui l'un des éléments majeurs du développement économique. Jadis, nous développions une ville autour des voies fluviales, des routes ou des réseaux électriques. Aujourd'hui, le développement économique s'effectue largement autour de la disponibilité de ces moyens de communication et de ces réseaux informatiques. Ce changement a un impact extrêmement fondamental sur les aspects de localisation avec l'apparition des entreprises virtuelles et en réseaux qui modifient les relations entre les entreprises, avec le travail à domicile, ou avec les questions de médecine à domicile. Cet aspect de distribution, d'interconnexion et de parallélisme constitue une modification et une rupture tout à fait fondamentale.

Le troisième élément sur lequel je voudrais insister a trait au fait que le monde est maintenant vu comme un système global. Il existe une globalisation des analyses, intégrant les différents éléments. Par exemple, la ville, la mobilité et l'environnement. Aujourd'hui, nous étudions les modes de transport et leur conception, les dépenses énergétiques, l'impact sur l'environnement dans un système global. Ceci est rendu possible par ces nouvelles technologies de l'information. De même, je pourrais citer la gestion des ressources naturelles et des dépenses énergétiques. Je pourrais également évoquer les problèmes médicaux. On regarde globalement les phénomènes dans une approche « système de système » ce qui nécessite le développement d'un certain nombre de technologies nouvelles.

Pour ce premier débat, nous avons choisi de nous focaliser sur un certain nombre de secteurs, à savoir les secteurs industriels et manufacturiers et de services, en choisissant trois ruptures qui nous semblent tout à fait essentielles. La première concerne tous les outils de modélisation et de simulation. Aujourd'hui, nous modélisons et nous simulons non pas seulement pour valider mais pour concevoir un nouveau produit ou un nouveau système, pour la mise en fabrication et aussi pour le suivi et l'évolution de ces systèmes, par exemple en étudiant leur évolution ou leur recyclage dès leur conception. Le deuxième thème concernera la virtualisation, toutes les technologies de réalité virtuelle et d'immersion 3D avec leur développement et leur usage à la fois grand public et industriel. Enfin, un dernier point concernera l'apparition de très grandes quantités de masses de données, avec des technologies permettant d'y avoir accès et à en extraire des informations par des traitements nouveaux et complexes. La maîtrise de ces technologies et du savoir sous-jacent à cette masse de données est tout à fait stratégique pour l'innovation mais également pour l'indépendance nationale.

Cette matinée a été organisée en trois tables rondes structurées de la manière suivante : tout d'abord, un grand témoin industriel présentera de manière synthétique les ruptures technologiques et les opportunités offertes par celles-ci. Ensuite, deux témoins, représentant l'un une sensibilité plutôt PME et l'autre une sensibilité plus académique, réagiront à cet exposé, le compléteront et y apporteront des commentaires. Enfin, nous avons volontairement réservé un temps significatif pour le débat avec la salle. Vingt minutes seront consacrées à ce débat durant lequel les intervenants pourront discuter avec vous.

TABLE RONDE : VIRTUALISATION ET IMMERSION 3D



Pierre MARCHADIER
Vice-président chargé du développement industriel à Dassault Systèmes

Messieurs les Présidents, Mesdames et Messieurs, merci beaucoup de me donner cette occasion de représenter Bernard Charlès, mais également les 9 600 collaborateurs de Dassault Systèmes, nos 3 500 partenaires et nos 135 000 clients. Sans eux, nous ne développerions pas nos logiciels.

Nous avons aujourd'hui quatre grandes audiences. Nous avons l'audience industrielle, Dassault Systèmes travaillant avec onze industries depuis 1980. Nous travaillons également avec le monde de la recherche,

dans la mesure où travailler sur la virtualisation et les capacités d'immersion 3D donne l'occasion à des chercheurs d'imaginer de manière différente. Nous touchons ensuite le monde de l'éducation, en offrant aux enseignants-chercheurs et aux élèves de tous niveaux l'accès à une information et à une connaissance de la 3D et en leur donnant la capacité de s'adapter au monde par le biais de l'accès aux informations disponibles sur le web. Il s'agit également d'une tendance sociétale, de nombreux teenagers devenant des *screenagers* tellement ils passent de temps devant leur écran. Enfin, le grand public est de plus en plus touché par la 3D, d'abord à travers le cinéma mais également dans la vie quotidienne. Ainsi, nous avons mené une expérience avec des personnes souffrant de troubles de vision. Nous avons accompagné ces personnes ainsi que des architectes et leurs familles dans des salles de réalité virtuelle afin de montrer à ces derniers que les grands appartements blancs n'avaient aucun intérêt pour les personnes malvoyantes qui recherchent plutôt des notions de contraste. La 3D n'est pas uniquement réservée aux amateurs de jeux. Elle touche tous les publics. La créativité des sociétés françaises réside dans l'utilisation de ces technologies pour inventer de nouvelles applications. Au vu de la progression de la 3D, la capacité d'immersion en 3D constitue une réelle révolution. Alors que dans les premiers temps nous racontions une histoire, nous pouvons désormais donner la capacité aux personnes de vivre l'expérience en temps réel. Or nous retenons davantage une expérience vécue qu'une histoire racontée. L'immersion en temps réel donne la possibilité aux personnes d'expérimenter une situation, soit dans le cadre de leur travail, soit dans le cadre de leur vie quotidienne.

Chez Dassault Systèmes, nous sommes plutôt tournés vers l'industrie. Toutefois, l'économie numérique n'est pas un silo, elle touche toutes les industries. Je pourrais vous donner un exemple d'application de l'économie numérique dans chaque industrie. L'industrie aéronautique constitue un monde d'ingénieurs dans lequel nous pouvons donner l'occasion à différents corps de métiers de travailler ensemble à travers une fenêtre numérique. Auparavant, les ingénieurs chargés des exigences, les ingénieurs chargés de la conception en 3D de l'ingénierie et les ingénieurs qui produisent les systèmes d'ingénierie avaient chacun leurs propres logiciels, plateformes, etc. Aujourd'hui, nous proposons la fusion de tous ces éléments sur une même plateforme. Le langage numérique constitue l'esperanto du XXIème siècle. La 3D est un excellent langage universel puisqu'il permet de partager la même vision des choses. Dans le cadre de la conception d'avions, quand les ingénieurs pourront projeter leurs expertises et leurs connaissances sur une même maquette, tout le monde comprendra les interactions et les effets des choix des uns et des autres sur le travail commun.

En biologie, la virtualisation permet de représenter une cellule en 3D. Or quand vous voulez activer une cellule, il ne s'agit généralement pas d'une molécule plate mais d'une molécule en 3D qui devra se connecter sur trois, quatre, cinq ou davantage de récepteurs pour s'activer. Le fait de considérer la cellule non plus en 2D mais en 3D donne la capacité aux chercheurs de mieux appréhender la structure géométrique des molécules thérapeutiques et, ainsi, d'être plus efficaces. L'exemple qui s'affiche à l'écran représente l'approche systémique en génomique, en biosystémique, de l'analyse éventuelle des voies de communication entre différentes protéines, entre différents métabolismes cellulaires. Cette modélisation fait appel à plusieurs corps de métiers : la biochimie, la chimie, la génomique, etc. La capacité de composer avec toutes ces spécialités, ce que très peu sont capables de réaliser, aujourd'hui nous l'avons sur la sphère numérique, avec la capacité d'assembler toutes ces informations, de simuler, d'effectuer plusieurs scénarii et de valider en amont plusieurs éléments. Dans la réalité, il n'existe pas bouton de retour en arrière. Or grâce à la virtualisation en 3D grâce, nous pouvons recommencer et recommencer encore.

Dans le monde de la mode, la 3D permet de concevoir des matériaux, et de dessiner des robes, des produits de grande consommation, en donnant la capacité aux créateurs d'imaginer en 3D.

La 3D permet également d'élaborer des scénarii de *serious gaming*. Nous avons réalisé une vidéo suite à un exercice avec le RAID (groupe d'intervention de la police nationale). Nous avons voulu développer les notions de 3D et d'immersion pour les équipes d'intervention du RAID lors d'un exercice qui a eu lieu sur un navire de croisière du Club Med. Nous nous sommes basés sur la notion de déjà-vu, en stipulant que plus une personne s'entraîne en prenant conscience de l'environnement dans lequel elle va évoluer, mieux elle sera préparée et l'intervention réelle en sera facilitée. En une heure, soit le délai imparti par le RAID, nous avons modélisé le navire. Nous avons récupéré le plan du navire sur Internet ainsi que des photos de vacanciers, puis nous avons rentré ces données dans le logiciel qui s'est appuyé sur ces éléments pour construire une représentation du navire proche de la réalité des textures, des couleurs, etc. Cette modélisation a donné l'occasion à des sections d'intervention de s'entraîner en amont de l'intervention. Le meilleur retour que j'ai pu avoir de la part du RAID sur cet exercice est le suivant : « à un digicode près, nous y étions ». Pour les équipes du RAID, le retour sur investissement de ce type d'exercice en est la rapidité.

Nous proposons également des simulateurs pour les personnes chargées des opérations de maintenance dans les réacteurs nucléaires. Nos technologies sont utilisées par tous les corps de métiers. La limite réside dans la créativité de nos clients mais sûrement pas dans la technologie. Nous développons cette technologie par rapport à la demande de créativité et d'innovation. Ainsi, nous travaillons avec 3 500 partenaires dans le monde mais en France nous bénéficions d'une pépinière de talents. Nous n'avons pas à rougir de nos compétences. J'ai moi-même présenté au Quartier général de l'OTAN des solutions extrêmement intéressantes et créées par des sociétés françaises. D'autres projets comme le projet d'usine numérique et le projet Score d'Archivideo ont été développés en collaboration avec Dassault Systèmes. Il s'agit toujours d'utiliser les moyens technologiques permettant la 3D et l'immersion pour des projets qui auront un usage grand public ou professionnel.

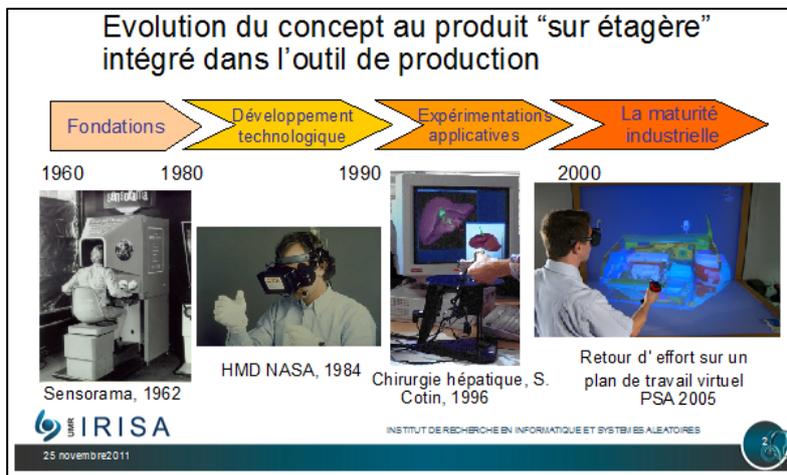
Il ne faut surtout pas considérer le monde virtuel ou numérique comme un monde qui limitera la créativité et l'innovation. Au contraire, le monde virtuel ouvre et agrandit le monde réel. L'innovation résulte d'un peu de technologie et de beaucoup d'expertise. Le monde virtuel est un fait et Dassault Systèmes joue un rôle moteur dans son développement.



Bruno ARNALDI
Directeur de l'IRISA
membre du Comité de sélection du Pôle de compétitivité Images
& Réseaux

Ma tâche consiste à évoquer l'aspect académique en vous proposant une grille de lecture de l'évolution des technologies de réalité virtuelle, d'interaction et d'immersion. J'ai séparé de manière relativement arbitraire l'évolution de ces technologies depuis le début des années 1960 en quatre secteurs temporels. J'ai appelé les vingt premières années, entre 1960 et 1980, la période de fondation. A cette occasion, plusieurs géants ont inventé la 3D. L'appropriation par Pierre Bézier de la théorie de l'approximation constitue un événement majeur marquant la naissance de la CAO. Des chercheurs américains se distinguent également durant cette période, dont l'un, Ivan Sutherland, a produit en 1965 un papier fondateur sur l'immersion et la réalité virtuelle. Durant ces vingt premières années, les

chercheurs traitent de la 3D mais également de la manière de la représenter et de la voir. A partir des années 1980, la 3D commence à être assurée du point de vue des logiciels, des algorithmes et des méthodes. Les chercheurs commencent alors à s'intéresser à la technique de l'interaction, à la manière de donner à l'utilisateur la capacité de faire vivre la 3D. De petites sociétés apparaissent et commencent à assembler des composants logiciels et matériels pour construire les premières applications de la 3D. La troisième tranche temporelle correspond aux années 1990, durant lesquelles l'évolution des technologies de réalité virtuelle peut être exprimée en termes d'expérimentation applicative de grande taille. Cette période suit une logique réellement industrielle mais reste encore expérimentale. Des technologies au sens logiciel et matériel sont mises en place ainsi que des expérimentations d'usage dans le domaine des transports, dans le domaine de l'environnement, etc. Plusieurs applications concrètes commencent à apparaître, d'abord en laboratoire puis en industrie mais toujours sous forme expérimentale. Enfin, depuis les années 2000, je qualifie l'évolution des technologies de réalité virtuelle de phase de maturité industrielle dans le sens où nous avons su accéder aux ressources de calcul et d'interaction à des prix raisonnables. Nous avons donc la capacité d'engager un processus industriel pour lequel nous pouvons espérer un retour sur investissement.



Au regard de cette évolution, nous nous posons inévitablement la question de savoir où nous allons et quelles étapes nous devons encore franchir. L'évolution est très rapide. Quelle est alors la tendance ? Vers quelles réalisations allons-nous ? Pour commencer à répondre à ces questions, je qualifie en termes de challenges les éléments

centraux que sont la multi-modalité, la mobilité et la collaboration.

Quels défis sous-jacents conduiront à ces ruptures ? Il s'agit premièrement de chercher par tous les moyens à faire en sorte que le monde virtuel soit le plus apte à réagir comme le monde réel. Le traitement physique d'éléments comme la mécanique et la lumière est déterminant et redoutablement complexe pour ce défi. Dans le contexte de la réalité virtuelle, nous sommes contraints par le délai de calcul imposé par l'application où l'homme est dans la boucle. Nous essayons alors d'imaginer des usages dans lequel le monde virtuel est tout à fait réactif et proche de ce que nous pouvons percevoir dans la vraie vie. Le deuxième défi a trait à la transparence des dispositifs d'interaction : par quels mécanismes l'utilisateur va-t-il agir ? Nous cherchons à obtenir des systèmes non invasifs et des systèmes tangibles qui puissent nous permettre d'agir de manière quasi-naturelle. Nous voulons être capables d'interagir en mobilité, tout en disposant d'une grande richesse de restitution sensorielle. Nous nous intéressons bien sûr ici aux cinq sens classiques.

Néanmoins, l'Homme possède des capteurs sur tout son corps. Nous cherchons aussi à mobiliser tous ces capteurs (proprioception). Enfin, le troisième défi concerne la capacité de projeter son propre corps d'utilisateur dans un environnement virtuel et la capacité à proposer un humanoïde virtuel autonome qui

agit et réagit en fonction de l'activité de l'utilisateur. Il s'agit d'amener des présences, de la vie et des échanges dans ces espaces virtuels.

Pour conclure, simuler en temps réel le monde physique qui nous entoure, pour interagir avec lui, n'est pas une chose aisée. Imaginez taper virtuellement avec un marteau virtuel sur une enclume virtuelle. Ce choc extrêmement violent dans la vraie vie, et appelé choc raide en mécanique, est très difficile à modéliser et simuler dans un contexte générique d'interaction en 3D. Sur le plan de l'humain virtuel, la start-up rennaise Goalem commence à percer dans la direction de l'introduction de présences et d'interactions humaines crédibles dans un environnement virtuel.



François GRUSON
Directeur général d'Archivideo

Bonjour. La réalité virtuelle et l'immersion 3D présentent des ruptures relativement importantes qui permettent à des sociétés comme la mienne de changer de métier et d'évoluer de prestataire de services à une société éditrice de logiciels et de services. Je vais vous présenter deux exemples.

Le premier exemple est celui d'un projet qui nous tient particulièrement à cœur. Territoire3D est un projet coédité par l'IGN et Archivideo. Il s'agit d'une maquette heuristique de l'ensemble de la France qui s'appuie sur les données de l'IGN et qui peut être intégrée dans n'importe quel site Internet. Il est également possible d'y ajouter des services et de s'en servir comme décor dans les projets d'urbanisme, d'architecture et d'aménagement du territoire. Territoire3D s'inscrit dans le projet Europe3D et s'adresse aux collectivités territoriales, aux industriels et aux acteurs de l'e-business. Ce projet a nécessité un investissement d'un million d'euros, sans aucune subvention. Pour plus d'information nous vous donnons rendez vous : www.archivideo.com / www.territoire3d.com

Un deuxième projet nous tient également à cœur. Nous menons le projet SCORE avec le Collège de France (Pr A. Berthoz), le LNCOG (Pr. P. Piolino), Dassault Systèmes et Goalem. Ce projet étudie le fonctionnement du cerveau d'un individu dans un environnement architectural et urbain. Nous étudions en particulier la capacité des personnes à reconnaître un lieu. Au-delà de la création de beaux bâtiments, il a fallu inclure des personnes réelles avec un comportement intelligent afin d'étudier leur comportement. Ce projet nous permettra d'aboutir à la création d'outils de diagnostic et de rééducation qui seront mis en place dans les centres de santé.

DEBAT

Christian SAGUEZ

Vous avez pu constater la diversité considérable des applications de ces technologies de base qui se diffusent dans tous les secteurs industriels et économiques. Grâce aux progrès des technologies de l'information, nous savons également passer à l'échelle France de manière globale.

De la salle

Concernant la sécurité, nous connaissons la puissance de feu des cyber-pirates. Dans la mesure où nous sommes connectés à des réseaux de plus en plus arborescents et complexes, possédons-nous une puissance de feu suffisante en cryptologie ou faut-il accompagner la montée en puissance du *cloud computing* d'une croissance de la cryptologie ?

Pierre MARCHADIER

Je ne connais aucun responsable de sécurité informatique ni aucun éditeur de logiciel qui fera confiance à 100 % à une solution de sécurité. Nous savons que dès la mise en place d'une solution de sécurité, certaines personnes réussiront à la craquer. Aujourd'hui, les utilisateurs industriels ou particuliers sont inquiets de l'utilisation des informations qu'ils rentreront soit dans une technologie en demeure, soit sur le *cloud*. Or aujourd'hui, il existe sur le *cloud* des technologies de cryptage, des contre-mesures, des technologies d'échappement, etc. La sécurité constituera toujours la première préoccupation. Aujourd'hui, l'OTAN utilise un *cloud* pour communiquer avec ses Etats-membres. Le fait qu'un ordinateur ne soit pas connecté à Internet n'empêche pas son piratage, par le biais d'une clé USB par exemple. Il existe en France des personnes extrêmement compétentes en termes de sécurisation des technologies. Aerospace est une plateforme pour l'ingénierie fondée par EADS, Dassault Aviation, SAFRAN et Thales pour permettre aux PME/TPE de venir sur une plateforme collaborative sur laquelle les moyens (puissances de calcul, puissances de stockage, etc.) sont mutualisés. Cette plateforme garantit une certaine sécurité par l'établissement de règles. Les problèmes de sécurité découlent généralement des hommes qui ne respectent pas ces règles.

François RACHLINE, CESE

Depuis Aristote, nous savons que nous pouvons opposer l'actuel au virtuel. Seriez-vous d'accord pour définir l'actuel comme la réunion de l'ici et du maintenant tandis que le virtuel serait la dissociation de l'ici et du maintenant ?

Bruno ARNALDI

Votre question me fait plaisir. La traduction française du terme anglais *virtual* n'est pas « virtuel » en réalité. *Virtual* signifie l'effet visé alors que le virtuel est synonyme de potentiel.

François GRUSON

Les abus de langage sont excessivement fréquents et importants. La 3D était auparavant synonyme de reconstruction 3D géométrique. Cette notion est maintenant parfois utilisée à tort pour désigner le relief.

Télécom SudParis

En tant que concepteurs de technologies innovantes, comment concevez-vous l'introduction de ces technologies dans la société et comment pensez-vous évaluer les enjeux et les risques sociétaux de ces technologies ?

François GRUSON

La technologie en tant que telle ne m'intéresse pas vraiment. Elle m'intéresse dans ses applications et dans son utilité.

Christian SAGUEZ

Cette thématique est au cœur de nos réflexions au sein de l'Académie des technologies. Nous nous intéressons aux impacts de ces technologies dans le monde réel. S'agissant des technologies de réalité virtuelle, il existe une problématique d'acceptabilité et de maîtrise de l'impact de ces technologies. En effet, parfois certaines personnes ne savent plus distinguer entre ce qui est virtuel et ce qui est réel. Il s'agit d'un véritable problème sur lequel nous travaillons actuellement.

Gérard ROUCAIROL, Académie des Technologies

Comment jugez-vous la pénétration en France de ces technologies pour la pédagogie ?

Bruno ARNALDI

Dans la communauté scientifique, ce sujet a été considéré comme présentant un potentiel majeur dans les dix prochaines années. Il existe des gisements d'usage dans la formation et l'enseignement qui sont encore quasiment inexplorés. Il s'agit d'une piste importante.

Pierre MARCHADIER

Nous avons développé un programme intitulé « Education et académie ». La partie éducation est plutôt destinée aux professionnels et aux adultes qui souhaitent développer leurs connaissances tandis que la partie académie s'inscrit davantage dans la dimension de la maternelle jusqu'à l'école d'ingénieurs. A travers plusieurs solutions et logiciels plus ou moins faciles d'accès, il s'agit de donner toute la capacité à ces nouvelles générations d'envisager la conception de ces technologies mais également la compréhension du monde. Aujourd'hui, les jeunes sont de plus en plus attirés par ces logiciels. Nous en sommes presque à introduire des logiciels dits d'innovation sociale, c'est-à-dire donner la capacité aux jeunes non pas d'utiliser Facebook et Twitter pour échanger mais d'utiliser des plateformes semi-professionnelles d'ingénieurs pour échanger entre étudiants d'universités et d'écoles françaises et étrangères. Nous apprenons plus par l'expérience.

Jean BERGOUGNOUX, CAS

Une représentation des connaissances intitulée « Cartomental » s'est développée au cours des dernières décennies en 2D. Des travaux sont-ils en cours pour faire évoluer cette représentation des connaissances en 3D ?

Bruno ARNALDI

Ce sujet est très actuel. Des travaux sont en cours.

TABLE RONDE : MODELISATION ET SIMULATION**Gérard POIRIER**

**Directeur scientifique adjoint de Dassault Aviation,
Président du groupe OCDS, Pôle de compétitivité Systematic**

Bonjour à toutes et à tous. Cette présentation aurait pu être réalisée à trois dans la mesure où Marie-Christine Oghly, Pierre Leca et moi-même sommes tous les trois les « co-animateurs » de ce groupe dit de conception et développement système de Systematic. J'ai choisi de partir de quelques planches que nous avons conçues ensemble pour vous expliquer le travail que nous menions à l'intérieur du pôle compétitivité Systematic et vous présenter les apports de la modélisation et de la simulation.

En termes d'organisation, le pôle Systematic adresse différents besoins comme les problèmes de l'automobile et des transports, le problème des télécommunications et le problème de la sécurité et de la défense (ou confiance numérique). Nous sommes également à l'écoute d'autres secteurs de l'industrie tels que les services, l'énergie, l'aéronautique, etc. Pour ce faire, notre groupe transversal s'efforce de trouver des solutions communes qui peuvent aussi bien avoir des bénéfices pour l'automobile que des bénéfices pour la sécurité ou pour l'aéronautique par exemple. Il s'agit de l'une des forces de ce travail.

Je n'étonnerai personne en déclarant qu'il s'agit d'un « travail en meute ».

Comme nous travaillons en amont du marché, nous pouvons répondre aux besoins venant de compétiteurs sur le marché d'aujourd'hui qui ont un intérêt à préparer le travail de demain. Ce travail collaboratif est efficace. Nous avons débuté en 2005 et nos résultats en 2011 sont tout à fait conséquents. Assurer une continuité dans l'effort constitue un élément fondamental et critique dans l'économie numérique. A l'intérieur de l'ensemble de ces projets financés par l'Etat et les collectivités locales et supportés par la participation conséquente des industriels, nous avons réussi à faire comprendre qu'il était important de poursuivre l'effort dans la continuité. En se succédant, les projets ont permis de continuer à améliorer un certain nombre de processus. Grâce à ce travail en meute, nous avons rassemblé quasiment 230 partenaires de diverses origines.

Nous avons créé avec d'autres pôles le label des champions des pôles. La coopération entre des laboratoires dynamiques, des PME innovantes et des grandes entreprises qui expriment leurs besoins et contribuent au travail collaboratif permet d'aboutir à ces résultats. Cet écosystème aide la croissance.

S'agissant de la *roadmap*, avant qu'un projet ne se mette en place, il faut que les équipes se mettent en place et qu'un *brainstorming* ait lieu. Il faut d'abord avoir une vision du futur afin de pouvoir proposer des actions sur le temps présent et juste après.

Ce groupe de travail couvre trois domaines fondamentaux, dont, en premier, le domaine de la modélisation et de la simulation dans lequel nous nous sommes donnés des ambitions importantes parce que nous savons qu'il s'agit d'un domaine critique pour le développement de tous les produits. Plus nous avons d'erreurs à rectifier dans la vie d'un produit, plus le processus coûte cher, d'où l'intérêt d'optimiser le plus tôt possible, que ce soit au moment de la conception, au moment de la mise en production ou lors du

maintien opérationnel. Il s'agit donc d'un aspect critique dans le développement des produits et, par conséquent, pour la compétitivité des entreprises.

Le deuxième axe de travail concerne l'ingénierie et les systèmes embarqués. Nous devons trouver des solutions les plus efficaces possibles et qui présentent un prix le plus abordable possible pour l'ensemble des partenaires.

Le troisième axe de travail est relatif à l'exploitation des masses de données produites par les systèmes de modélisation et de simulation.

Ce travail nécessite des calculateurs de performance. La caractéristique du pôle Systematic réside dans le fait qu'en mélangeant les besoins venant de domaines différents, nous devons trouver des solutions efficaces qui peuvent couvrir plusieurs domaines. Nous avons des exemples très concrets de ce type de projets de recherche. Ainsi, nous avons développé un algorithme pouvant aussi bien servir pour la simulation d'énergie que pour les besoins du domaine médical pour la recherche sur les molécules. Nous utilisons des optimiseurs qui sont utiles à la simulation pour l'énergie nucléaire mais également pour l'aéronautique et pour l'automobile. Ceci pour illustrer à quel point il est fondamental pour la simulation de mélanger l'origine des problèmes.

Au terme de six années de travail, des suites de logiciels ont été mises en production. Des startups ont été créées en lien avec les résultats du pôle Systematic. A titre d'exemple, l'un des acteurs majeurs de notre groupe, une startup, a été sélectionnée dans le cadre de l'appel d'offre du grand emprunt relatif à l'ingénierie des systèmes grâce aux compétences qu'elle a accumulées par sa participation au pôle Systematic. Les résultats du pôle Systematic ont ainsi concouru à la création de startups efficaces. Des laboratoires communs ont également été créés entre plusieurs instituts de recherche. A ce titre, nous sommes tous très impliqués dans la création du futur IRT Systemix.

Pour ne citer que deux exemples très concrets, la création du campus Teratec constitue la continuité logique du travail réalisé par les équipes du pôle Systematic. La mise en œuvre de produits et la création de startups résultent de ruptures technologiques indispensables pour la croissance de notre système. Parmi nos axes de travail, nous sommes focalisés sur l'emploi intensif de la simulation. La notion d'incertitude est importante à prendre en compte de manière à ce que les calculs soient les plus réalistes et efficaces possibles. S'agissant de l'axe de travail relatif aux systèmes embarqués, la génération de codes et la capacité à pouvoir avoir des développements certifiables sont importantes. Enfin, nous travaillons sur la sécurisation des données.

Tout ceci représente des challenges qui, pour nous, sont absolument passionnants à relever.



Marie-Christine OGHLY

Président-directeur général d'EnginSoft France

Présidente du MEDEF Ile de France

J'arrive directement d'Italie où, hier, j'ai participé à une table ronde avec des chefs d'entreprise italiens sur le même type de thématique. Pour moi, la PME constitue le fil conducteur. En France, nous avons plus de 90 % de TPE/PME et les organismes que je représente, notamment le MEDEF contrairement à l'image véhiculée, comprennent environ 90 % de PME. Les grands groupes sont aujourd'hui confrontés à un problème de compétitivité, que la crise n'a fait que renforcer. Ce problème n'est pas typiquement français : hier, en Italie, nous avons discuté des mêmes thèmes. Nous cherchons à imiter le modèle allemand constitué de grosses PME qui sont tirées par le haut par les grands groupes. Nous ne connaissons pas ce modèle en France, pas plus que les Italiens, même si leurs PME sont un peu plus importantes que les nôtres qui, pour 65 %, sont des TPE de moins de 500 salariés. La problématique que nous rencontrons dans les PME/TPE concerne le manque de connaissance de tous les outils qui peuvent permettre à une entreprise d'être innovante. Le travail réalisé au sein du pôle Systematic constitue un grand pas en avant pour la plupart des PME.

Aujourd'hui quand nous échangeons avec des PME traditionnelles, industrielles, dans le domaine de la fonderie par exemple, l'environnement de la simulation numérique virtuelle leur fait peur. Les éditeurs de logiciels se posent la question de savoir comment aider les PME à appréhender ces nouveaux outils qui peuvent les aider à grandir et à innover. Cette problématique n'est pas facile dans la mesure où elle demande un changement de mentalité, un changement des méthodes de travail et un accompagnement. Quand nous proposons la simulation numérique comme solution pour accroître la compétitivité et permettre le maintien sur le marché d'entreprises familiales existant depuis des centaines d'années et fabricant traditionnellement des produits d'une très grande qualité, nous leur faisons peur également. En outre, les produits que nous proposons sont généralement d'origine anglo-saxonne alors que nos interlocuteurs ne maîtrisent pas forcément l'anglais. L'accompagnement est donc nécessaire, ce que propose aujourd'hui le pôle compétitivité Systematic mais que ne connaissent pas suffisamment les PME/TPE.

Dans les Ardennes, une région de grande tradition de forges et de fonderie, de petites structures familiales avaient l'habitude de travailler avec certains grands groupes français. Une entreprise en particulier, travaillant de manière traditionnelle mais ne sachant plus comment à la fois maintenir ses contrats français et s'ouvrir à l'international, s'est adressée à nous. Nous l'avons accompagnée et aidée à élaborer un projet virtuel à mettre en place dès l'automne 2011. Cette PME a remporté un appel d'offres à l'étranger, ce qui l'a encouragée et lui a permis de changer son organisation intérieure. Aujourd'hui, cette entreprise est une excellente ambassadrice pour expliquer à d'autres PME/TPE qu'il est possible d'utiliser des outils numériques pour innover en France. Nous avons encore du travail à accomplir, notamment du côté des pouvoirs publics. En effet, de nombreuses PME/TPE ne connaissent personne qui pourrait travailler au cahier des charges nécessaire à la collecte de fonds et trouver le temps de participer aux réunions nécessaires à l'implication dans des projets. Le problème réside dans la complexité des aides qui peuvent être apportées aux PME/TPE.



Pierre LECA
Chef de département au CEA

Jamais nous n'avons eu autant de possibilités d'accéder à la puissance de calcul. Pour citer un exemple, l'acquisition par une PME d'une capacité de calcul de 5 000 milliards d'opérations par seconde représente un investissement de l'ordre de 150 000 euros. Néanmoins l'accès à la puissance de calcul n'est pas tout. Je voudrais reprendre la casquette de responsable du Complexe de Calcul du CEA (cf. <http://www-hpc.cea.fr/>) pour vous donner mon sentiment de ce que j'ai pu percevoir en termes d'évolution des usages de la simulation et des besoins qui nous sont adressés.

Ce Complexe de Calcul est composé de trois parties dont un centre de calcul pour le programme Simulation (http://www-lmj.cea.fr/fr/programme_simulation/index.htm) qui accueille depuis maintenant un an l'un des plus puissants supercalculateurs du monde. Celui-ci, dénommé Tera100, a été réalisé en partenariat entre le CEA et la société Bull. La seconde partie fait référence au Centre de calcul de recherche et de technologie (CCRT - <http://www-ccrt.cea.fr/>) piloté par le CEA, auquel accèdent l'ensemble des chercheurs du CEA mais également différents industriels avec lesquelles nous coopérons dans le cadre d'un partenariat pluriannuel. Y figurent AREVA, un pôle aéronautique avec les groupes SAFRAN et EADS/ASTRIUM, ainsi que EDF/R-D et l'INERIS. En ce qui concerne la troisième partie, nous sommes en train de monter en puissance avec un nouveau centre de calcul qui s'intègre dans l'espace européen. Il constitue l'un des éléments de l'infrastructure de calcul PRACE (<http://www.prace-ri.eu/>) avec la mise en service, en mars 2012, du calculateur Curie, un des plus puissants supercalculateurs au monde réalisé par la société Bull, ouvert à l'ensemble de la recherche européenne sous l'égide de la société civile GENCI (<http://www.genci.fr/>).

Nos partenaires industriels sont ainsi des grands groupes de l'énergie et des transports traditionnellement utilisateurs de la simulation numérique. Nous sommes donc confrontés à des partenaires qui connaissent la simulation et l'utilisent depuis maintenant plus de trente ans. Les réalisations sont spectaculaires, par exemple couplage de la simulation et de l'optimisation, et démontrent le grand savoir-faire de ces communautés. En termes d'évolution des usages ces dernières années j'ai surtout été frappé par la montée en puissance très forte de la simulation multi-échelles des matériaux. Simuler les matériaux à l'échelle atomique demande énormément de puissance de calcul. Or aujourd'hui, nous commençons à voir les résultats de la conjonction d'une puissance de calcul enfin accessible et d'outils de simulations réalistes qui permet de réaliser des avancées considérables et de comprendre très finement les caractéristiques principales des matériaux. La simulation pour les sciences du vivant connaît également une montée en puissance très forte, que ce soit en vue de la simulation du comportement ou des caractéristiques de molécules, mais également en termes de simulation pour la mise au point de nouveaux instruments radiographiques avec des outils logiciels issus du monde de la physique.

Enfin, le domaine de la génétique monte également en puissance. De nouvelles générations de séquenceurs d'ADN arrivent sur le marché avec une évolution des capacités de traitement présentant un facteur d'amélioration largement supérieur à celui de la micro-électronique. Une communauté de chercheurs se voit soudainement submergée par une problématique qui leur était inconnue jusqu'à présent, celle du traitement de données. Cette nouvelle génération de séquenceurs installés dans les laboratoires produit des quantités de données qui posent évidemment une difficulté technique de stockage et de traitement mais entraînent aussi une évolution ou un changement de métier qui conduisent au besoin

de faire appel à des spécialistes du traitement de l'information. De manière générale la problématique du traitement de données est apparue il y a plusieurs années avec la mise en service d'instruments, de capteurs ou la génération d'informations d'un volume tel qu'elles submergent les équipes chargées de leur analyse.. Plusieurs disciplines se croisent ici et les acteurs traditionnels se retrouvent aujourd'hui démunis devant la nécessaire maîtrise de l'outil informatique. Ainsi les trois ruptures que mentionnait Christian Saguez ne peuvent pas être appréhendées séparément. Elles doivent l'être globalement ce qui conduira à une transformation des métiers et la nécessaire pluridisciplinarité des équipes.

DEBAT

Jean-Jacques, ancien PSA Peugeot-Citroën

J'ai développé à la fin des années 1990 – début des années 2000 un projet d'ingénierie numérique au sein de PSA Peugeot-Citroën. Je partage la plupart des avis qui ont été exprimés à cette tribune, notamment concernant l'utilité de la collaboration et la nécessité de permettre aux PME/PMI de se développer. Toutes les PME/PMI utilisent aujourd'hui de gré ou de force le réseau Internet et la caractéristique que j'en donne en est sa capacité d'universalité. Toute machine peut en effet communiquer avec une autre machine en respectant quelques règles de base. Je rappelle d'ailleurs que la trame de base du réseau Internet a été développée par un Français, Monsieur Bouygues, en 1974. Aujourd'hui, les PME/PMI ont de nombreuses difficultés à utiliser les outils numériques parce ce que nous n'apportons pas suffisamment d'efforts au respect d'un certain nombre de standards qui permettraient aux petites entreprises de communiquer aisément avec tous leurs interlocuteurs. Plusieurs personnes ont dans le temps exprimé le souhait dans cette direction. Il serait judicieux qu'un mouvement très sévère de promotion des standards dans le domaine numérique soit développé en France qui abrite l'un des grands foyers de cerveaux du monde.

Marie-Christine OGHLY

Vous avez raison sur cet aspect normatif. Il s'agit d'un élément qui peut sécuriser les PME. Il faut rappeler qu'il existe vraiment une grande crainte de leur part de passer à des outils nouveaux, notamment à travers Internet. Ces nouveaux outils ne sont pas encore adoptés par toutes les PME et ne le seront pas si nous ne les accompagnons pas.

Gérard POIRIER

Effectivement, pour les PME qui font partie de grands projets et qui concourent au travail d'équipes multi-entreprises, il est fondamental de pouvoir avoir accès à des logiciels qui permettent de communiquer facilement. Face à plusieurs clients, il est préférable de ne pas se plier aux contraintes de tel ou tel constructeur. Néanmoins, il est difficile d'obtenir le *nec plus ultra* dans un certain nombre de points. Il est fondamental, surtout pour leur pérennité, que les PME disposent d'un outil qui leur permette de répondre aux besoins de tous leurs clients. En dehors de la difficulté de la communication des résultats, les PME qui ne sont pas « tombées dans le bouillon » du numérique dès le départ rencontrent des difficultés à aborder ce sujet. Elles n'ont pas forcément les moyens de se payer des ingénieurs systèmes et des gestionnaires du système d'information. Il est fondamental de mettre à disposition des PME des plateformes qui puissent leur rendre ce service. De telles plateformes aideraient à la standardisation en mettant à disposition des PME des spécialistes.

Christian SAGUEZ

Les aspects de normalisation impliquent également l'international. La France doit être beaucoup plus présente qu'aujourd'hui dans les instances internationales de normalisation.

Agro Environnement

Je travaille à titre bénévole pour un *process* innovant, la mécanisation sélective. L'ingénieur à l'origine de ce *process* possède un brevet européen. Dans la mesure où le procédé de restitution des sols est appliqué en France et en Allemagne, avez-vous des solutions pour gagner du temps et ne pas entraîner de rupture de *business* ?

Marie-Christine OGHLY

Il existe des outils de simulation numérique sur ce sujet. Nous pourrions en discuter plus tard.

De la salle

J'ai vécu le tsunami en Thaïlande. Il n'avait pas été prévu, ou plutôt il l'avait été mais la donnée humaine avait changé. Par ailleurs, il a été question de sécurisation pour les PME et les grandes structures qui échangent dans le monde. Or il existe de nombreux *hackers* qui craquent les solutions de sécurité, même au niveau de la défense nationale. La manne d'informations diffusée dans le monde n'est pas sécurisée. Le monde numérique oublie malheureusement la donnée humaine.

Pierre LECA

Le CEA élabore des simulations de tsunamis et prend la responsabilité de l'alerte au tsunami en Méditerranée. Un dispositif sera bientôt mis en place. Il s'appuie d'une part sur des capteurs et d'autre part sur une capacité de simulation numérique de manière à prévoir la hauteur de vague. Le CEA a permis d'évacuer les populations lors d'une catastrophe en Polynésie.

De la salle

Des vols de différents matériels sensibles ont handicapé des sites de simulation et d'exercice d'évacuation en Thaïlande. Cette donnée humaine ne doit pas être oubliée.

Gérard POIRIER

S'agissant de la sécurité, plusieurs pôles en France abritent un travail collaboratif et traitent de problèmes de sécurité. Nous avons au sein du pôle Systematic un groupe de travail intitulé « Confiance numérique ». Il existe d'autres pôles en Normandie et dans le Sud de la France. Nous essayons de prendre le plus possible en compte la sécurité mais je suis d'accord avec vous pour affirmer qu'il faut encore faire des efforts.

Frédéric BRON, Constellium CRV

Je voudrais revenir sur le sujet de la modélisation. Vous avez déclaré qu'acheter une puissance de calcul n'est pas cher aujourd'hui. Certes, mais effectuer des calculs requiert des licences de codes de calcul qui sont très onéreux. Aujourd'hui, de nombreux processeurs dorment parce que nous ne pouvons pas payer les licences de calcul. Or nous sommes une assez grosse société. Je n'ose même pas imaginer la situation

des PME. Le calcul d'éléments finis existe maintenant depuis vingt à trente ans. A quand un logiciel libre performant accessible pour tout le monde ?

Christian SAGUEZ

Vous soulevez deux problèmes sous-jacents, à savoir d'une part les nouveaux modes de facturation à l'usage de type SaS, qui peuvent constituer une solution, et d'autre part la montée en puissance du logiciel libre en complémentarité des logiciels commerciaux.

Marie-Christine OGHLY

L'aspect logiciel est effectivement important, tout comme l'aspect service autour du logiciel. Tous les éditeurs travaillent aujourd'hui à de nouveaux services pour permettre aux PME de pouvoir travailler avec ces logiciels. Différents projets se mettent en place pour permettre aux entreprises d'utiliser des outils de calcul sans avoir à acquérir de licence. Néanmoins, les éditeurs de logiciels doivent vivre, raison pour laquelle ils proposent de plus en plus de services autour de leurs logiciels. Quant aux logiciels libres, il s'agit effectivement d'outils accessibles gratuitement mais leur utilisation requiert un service d'accompagnement. Les entreprises se dirigent de plus en plus vers ce système.

Pierre LECA

Avec l'arrivée de l'informatique en nuage, les éditeurs de logiciels devront évoluer pour deux raisons. Jusqu'à présent, les licences de logiciel étaient basées sur le nombre de processeurs. Or la micro-électronique évolue et maintenant, un processeur contient huit à dix unités de calculs. Etablir une licence proportionnelle à la puissance de calcul n'est plus raisonnable. La notion d'information en nuage devrait normalement faire évoluer les éditeurs de logiciels. En ce qui concerne la simulation numérique, le projet Nano-INNOV émerge et touche à la fois l'infrastructure de calcul, les éditeurs de logiciels et les sociétés de logiciels qui doivent normalement proposer une offre compétitive à l'adresse des PME. Il existe un logiciel libre pour le calcul d'éléments finis mais il nécessite certainement des connaissances pour se l'approprier.

De la salle

Il est vrai que les logiciels de simulation dans le commerce coûtent cher mais ils sont accompagnés d'un service. Certes il existe des logiciels libres moins chers mais ils ne proposent pas de service alors qu'ils demandent du savoir-faire. Une autre solution peu onéreuse et très efficace existe : collaborer avec les universités et en particulier avec mon laboratoire dans lequel vous aurez à la fois le savoir-faire et la réponse dimensionnée à votre problème.

Christian SAGUEZ

Je voudrais remercier les participants à cette table ronde. Nous avons abordé des enjeux fondamentaux.

TABLE RONDE : MASSES DE DONNEES



Henri VERDIER
Président du Pôle de compétitivité de Cap Digital, Directeur de MFG Labs

Bonjour, je voudrais partager avec vous ma conviction selon laquelle les masses de données auxquelles nous avons désormais accès ne représentent pas seulement plus de données mais nous font entrer dans une autre dimension des sciences et de l'économie.

Nous vivons actuellement une période de production continue de masses de données. Pour avoir une idée des ordres de grandeur, je voudrais tout d'abord rappeler la signification de certains chiffres. Un Mégabyte équivaut à une chanson. Un Gigabyte (mille fois plus) équivaut à un film, un Terabyte (mille fois plus) représente un mois de vidéo ou de télévision. Mille fois plus nous conduit au Petabyte : à peu près à tout ce qui a été imprimé depuis l'apparition de l'humanité (200 Petabytes). Mille Petabytes font un Exabyte. On estime que l'ensemble des mots prononcés par tous les êtres humains depuis les débuts de l'humanité représentent 5 Exabytes. Mille Exabytes font un Zettabyte, environ le volume d'informations que nous déversons chaque année sur Internet. Dans dix ans, la masse de données sera encore cinquante fois plus importante.

Ces données viennent de partout : activité de création consciente, traces d'utilisations, ouvertures de grands systèmes d'information. Elles sont de plus en plus reliées entre elles. Elles sont bien sûr de plus en plus accessibles. Elles sont de plus en plus faciles à *customiser*. Ces changements ont ouvert un cycle d'innovation important qui relance littéralement l'économie de la Silicon Valley. Depuis quelques années sont inventés divers *frameworks*, de nouvelles stratégies de bases de données, de nouvelles approches d'analyse et, in fine, de nouvelles stratégies de création de valeur.

Il y a cinq ans, Chris Anderson, le directeur de *Wired*, annonçait même « la fin de la théorie » et prétendait que la masse et la précision des données accessibles permettrait de comprendre de vastes phénomènes sans même passer par les hypothèses. Je n'irai pas si loin, mais il est vrai que les scientifiques commencent à changer les règles de mise en œuvre de la méthode hypothético-déductive. Nous acceptons aujourd'hui une baisse passagère de la qualité des données parce qu'il existe tellement de données intéressantes en vrac dans des zones mal structurées qu'elles valent la peine de s'y intéresser. D'un certain point de vue, nous nous mettons à travailler au niveau élémentaire de la donnée. Et nous découvrons peu à peu que nombre des concepts et des catégories élémentaires que nous utilisons en sciences sociales étaient simplement des outils transitoires. Ensuite, nous restons dans la méthode hypothético-déductive mais en déplaçant le débat : alors qu'auparavant nous observions le réel, nous émettions des hypothèses et nous concevions un système pour tester ces hypothèses, aujourd'hui nous regardons le réel, nous jouons longuement avec les données, nous les structurons puis nous les laissons. Nous commençons également à travailler sur les distributions complexes. A force de manipuler les données, nous nous rendons compte que la voie normale n'est pas la norme.

On nous annonce un monde sans secret, un *panopticon* généralisé. Cette hypothèse est possible – et elle est à craindre - mais elle n'est pas la plus intéressante. Quelle serait l'utilité d'une carte au 1/1^e ?

Plus vraisemblablement, nous assistons à la naissance d'un cycle d'analyse sociale, de techniques de pouvoir et de création de valeur fondés sur les statistiques et les probabilités. Nous commençons à savoir visualiser de grands phénomènes par le biais de l'analyse de la masse de données gratuites et disponibles sur Internet. Nous voyons émerger de nouvelles stratégies économiques fondées sur la recommandation personnalisée. De nouveaux services fondés sur l'exploitation des données personnelles géolocalisées [McKinsey estime qu'elles généreront un CA mondial de 600 milliards de dollars/an avant fin 2015], de nouvelles stratégies d'optimisation de systèmes complexes : finance, systèmes de santé, administration [McKinsey estime possible d'économiser 250 milliards de dollars par an dans le système de santé américain avec une bonne exploitation de ces données de masse].

Nous aurons également une responsabilité face aux usages de ces données. Car avec leurs effets de science, les *big data* peuvent aussi être la source de *big mistakes*.



François BANCILHON
Président-directeur général de Data Publica
et INRIA Mobile Services

Bonjour. Je vais focaliser mon propos sur l'une des sources de cette masse de données, à savoir l'*open data*. L'*open data* est relativement récent. En 2009, Barack Obama a émis l'idée de la mise à disposition des données publiques pour permettre leur utilisation par les citoyens et les entreprises. Les données publiques correspondent à l'ensemble des données que les organismes publics collectent, maintiennent et utilisent. L'idée consiste à collecter l'ensemble des données provenant des ministères, des organismes publics, des collectivités locales, quels que soient les sujets (santé, industrie, économie, tourisme, etc.) et les mettre à disposition des citoyens, y compris les journalistes, les groupes militants, les chercheurs (pour des raisons de transparence) et les entreprises, avec un objectif de création de valeur économique. Cette mise à disposition est désormais obligatoire dans la plupart des démocraties – depuis 1978 en France et depuis 2005 dans l'Union européenne – mais elle est très partiellement appliquée en réalité. De nombreux ministères et organismes publics n'ont encore rien publié. En France, 6,5 millions de données sont disponibles, dont malheureusement 5,5 millions sont au format PDF, donc non réutilisables directement. Cette obligation est en outre restreinte par plusieurs dispositions contraires, comme l'interdiction de publier les données personnelles, les *copyrights* et droits d'auteur (qui peuvent par exemple s'exercer sur certaines images) et l'interdiction de publier les données classées secret d'Etat. Parmi les récentes initiatives intéressantes figure la disponibilité d'un annuaire sur le site www.data.gouv.fr et la mise en place de la mission Etalab, rattachée au Premier Ministre. Un certain nombre de sources privées existent aussi, comme le site www.data-publica.fr. De nombreuses villes ont également mis à disposition leurs données sur des portails publics.

La première motivation de cette publication des données s'appuie sur le principe selon lequel ce que le contribuable finance lui appartient. La deuxième motivation réside dans la nécessité de transparence. Il s'agissait de montrer les données que l'Etat détient et sur lesquelles il base ses décisions. Cette motivation

rejoint la notion d'e-gouvernance et e-démocratie dans le but de diminuer le fossé séparant les responsables politiques des citoyens. La dernière motivation fait appel à l'économie : l'ensemble de ces données est utile à l'économie, d'une part pour développer des projets nouveaux (par exemple les nouvelles applications pour Smartphones) et d'autre part pour permettre d'optimiser l'utilisation de grands systèmes (transports, énergie, etc.).

L'*open data* est une notion importante en ce qu'elle a une composante politique forte – ce sera l'un des thèmes de la campagne présidentielle. Cette notion comporte également une dimension légale et juridique (licences de réutilisation des données), une dimension sociale, une dimension économique et une dimension technique importante en ce que le traitement de la masse de données nécessite de nouvelles technologies.



Francis JUTAND
Directeur scientifique de l'Institut Télécom

Mon premier message consiste à affirmer que le numérique constitue une véritable métamorphose pour l'humanité. La direction que prendra cette métamorphose dépendra tout d'abord du développement des sciences et des technologies, le 3D, l'intelligence, les langages, nous sommes au début de la magie numérique. Certains affirment qu'avec les nouvelles technologies, nous pouvons aujourd'hui tout faire en termes de services d'information et de communication, je ne le pense pas car nous nous trouvons dans une ère de systèmes complexes et interdépendants, de données explosives en volume et sémantiques, et de réseaux d'interaction et de coopérations très développés dans la maîtrise desquels la science joue un rôle critique. Cette métamorphose dépendra également de ce deuxième moteur d'évolution, à savoir notre capacité d'appropriation et de créativité dans les usages. Il faudra évoluer de la substitution, vers des ruptures imaginaires et créatives très fortes permise par les technologies et les compétences croissantes des humains. La troisième composante de cette métamorphose a trait à notre capacité à évoluer harmonieusement, de manière soutenable en termes d'impacts. Nous avons constaté qu'il était facile de générer des fractures du point de vue économique. Nous possédons une puissance de manipulation fantastique du point de vue de la société. La virtualisation et l'économie numérique nous posent des problèmes de positionnement et de modélisation. De nombreux problèmes éthiques sont également en train de se poser. Il faut par conséquent travailler sérieusement sur cette métamorphose pour la réussir.

Le deuxième message concerne le sujet des informations personnelles qui est tout à fait critique. L'individu se trouve à l'intersection entre son intérieur et ses interactions avec d'autres individus. Le numérique expose de plus en plus d'informations personnelles qui proviennent de ces deux sources. Il s'agit d'un fait important dans la mesure où ces informations personnelles sont très accessibles. Nous sommes de plus en plus en train de créer une nouvelle dimension de l'humain en touchant à ses capacités d'extériorisation et de réflexivité sur son fonctionnement. Il faut prendre ce problème au sérieux dans la durée, ce que nous visons en ouvrant une chaire sur les informations personnelles en combinant des capacités de juristes, d'économistes, de chercheurs dans les domaines de sécurité de la vie privée et de philosophes travaillant sur l'éthique, non pas de manière aride disciplinaire mais en travaillant sur les dynamiques de création de données personnelles et leur valeur économique, relationnelle et mémorielle.

Pour que cette métamorphose soit harmonieuse, il faut travailler sur ces informations personnelles mais de manière très ouverte. Il n'est pas question de limiter leur potentiel d'usage, mais au contraire d'apprendre et adapter, les pratiques et les usages.

Mon troisième message est que le numérique constitue un secteur cœur et clé de notre développement. Il est question de services avec ses composantes de communication, d'information, de contenus et de connaissances mais le numérique concerne également les infrastructures, les équipements, les logiciels, les terminaux et les composants. Nous sommes en train de construire le secteur économique le plus dynamique des dix dernières années, peut-être à l'exception de la finance. Nous construisons une plateforme numérique comprenant des infrastructures de plus en plus développées, de nouveaux modèles économiques et des compétences nouvelles des utilisateurs qui permettent de développer des services de plus en plus puissants. Sur cette plateforme numérique naissent également des métiers nouveaux, et poussent des contenus et des connaissances. Cette plateforme numérique est à l'origine du développement en propre d'un grand secteur d'activité économique. Mais elle agit également comme un vecteur diffusant qui opère une métamorphose numérique sur tous les autres secteurs (transports, énergie, habitat, services, santé, sécurité, etc.). Néanmoins, il ne faudrait pas se focaliser sur cette métamorphose des autres secteurs et oublier que la source en réside dans la plateforme numérique et que la maîtrise de cette dernière est capitale pour la maîtrise de l'ensemble de la métamorphose.

Enfin, venons-en au problème de la compétitivité numérique. Le secteur numérique est constitué de plusieurs sphères (sphère de la communication, « Ubisphere », sphère de l'information « cybersphère », sphère de traitement des connaissances « Noosphere) qui se structurent chacune en trois couches, à savoir les composants et les équipements, les infrastructures et les services, et enfin la culture et les usages. Si une région du monde veut conserver un *leadership* dans le domaine du numérique, elle ne doit renoncer à aucune couche ni à aucune des composantes de ces couches. Nous nous trouvons aujourd'hui dans un monde global du point de vue des économies, mondial du point de vue des technologies, et qui devient de plus en plus universel du point de vue des valeurs. Nous devons bien prendre en compte la dimension de ces défis. Nous n'avons pas le droit de fuir l'une des couches ou l'une des composantes au risque de perdre la maîtrise stratégique de l'économie numérique, comme cela s'opère aujourd'hui. Aux Etats-Unis et en Asie, il existe des réflexions globales. Même si dans le monde d'aujourd'hui on ne peut plus progresser de manière isolée, il faut que la France et l'Europe se donnent le moyen d'être un acteur présent dans toutes les dimensions du numérique.

DEBAT

Bruno REVELLIN-FALCOZ

Pour permettre tous ces développements, une assistance est nécessaire. En ce qui concerne l'énergie, le président-directeur général de Bull expliquait que la réalisation d'un clip sur Google équivalait à allumer une lampe de 60 watts pendant une longue durée. Cette échelle donne le vertige en matière d'énergie nécessaire pour assurer le support de ces technologies. Ensuite, nous avons constaté qu'il est nécessaire d'assurer la pérennité des supports sur lesquels l'ensemble des données numériques figurent.

Francis JUTAND

S'agissant de l'énergie, quand nous avons commencé à nous intéresser au développement durable il y a quatre ou cinq ans, les individus voyaient les technologies de l'information et de la communication comme étant au service de la décroissance de la consommation. La consommation d'énergie nécessaire au traitement des informations et à la communication était considérée négligeable. Nous savons aujourd'hui que cette idée est fautive. De nombreuses recherches sont en cours. Il existe un potentiel de gain très important pour diminuer la consommation du matériel, des logiciels, des infrastructures, etc. Par ailleurs, les services numériques sont très importants, notamment pour organiser les réseaux et les optimiser en termes de consommation. Il existe également de nombreuses applications de services qui permettent aux utilisateurs de piloter leur consommation, de la lisser et de la diminuer. Enfin sur les supports, il s'agit presque d'une question philosophique. Nous stockons des quantités de données de plus en plus importantes et nous produisons des quantités de données encore plus importantes. Il sera nécessaire à un moment donné d'oublier un certain nombre de données et organiser cet oubli. Il reste encore des recherches à effectuer pour savoir comment distribuer nos données. Aujourd'hui, peu de personnes ont pris la mesure de cet enjeu de stockage.

Philippe DEWOST, Caisse des dépôts

Je voulais d'abord vous remercier pour vos interventions extrêmement rafraichissantes. Je souhaiterais ensuite que nous réfléchissions collectivement sur deux points que vous évoquez. Tout d'abord, la prochaine frontière de l'intelligence dans le traitement massif des données sera celle du contexte. Il faudra être capable de comprendre dans quel contexte l'utilisateur se situe lorsqu'il demande des données. 43 % du chiffre d'affaires d'Amazon est réalisé sur des offres qui correspondent assez souvent à ce que nous avons déjà acheté et à ce qu'Amazon sait que nous avons déjà acheté. Je continue ainsi à recevoir des offres en photographie alors que je suis déjà équipé et que je suis passé par Amazon pour acheter cet équipement. Il faudra revoir en profondeur la conception que nous avons de la maîtrise des informations, notamment en ce qui concerne l'informatique et les libertés. En effet, pour pouvoir bénéficier de services contextuels, il faudrait que j'autorise le fournisseur de service à mettre en relation des éléments d'information sur mes usages extrêmement variés. La contrepartie que je suis prêt à accepter consiste à savoir précisément à tout moment ce que le fournisseur sait sur moi et à pouvoir effacer ces données en acceptant les conséquences. En effet, en effaçant mes données, je risque de perdre du temps à rechercher un produit dans un contexte d'offres variées. Ensuite, je souhaiterais également que nous réfléchissions collectivement à l'éducation. En constatant l'état décrépit du bâtiment de l'INSEE, je ne peux pas m'empêcher de me demander si les ingénieurs et les experts en économie et en statistique ont saisi la mesure de leur formation. En lisant la presse, nous lisons que les spécialistes de traitement des données que les grandes entreprises recherchent ont des profils qui n'existent pas encore. Ils ne sont pas purement des statisticiens ni des sociologues. Ils ont une dimension beaucoup plus développée. Je ne suis pas certain que nous formions ce type de profil en France. Il s'agit d'un vrai sujet.

Henri VERDIER

La discussion sur le contexte est très intéressante. Il existe probablement également un changement dans la chaîne de valeurs. En ce qui concerne l'analyse des données, il s'agit bien d'un nouveau métier qui fait appel à la fois aux mathématiques, aux statistiques, à l'informatique, à la sociologie, etc. Or ce métier n'existe pas encore.

Philippe DEWOST

Nous ne pouvons plus aujourd'hui concevoir une offre de produit ou de service sans concevoir immédiatement ce que nous voudrions en mesurer dans l'usage. Or les très grands opérateurs de télécommunications sont aujourd'hui complètement noyés et incapables d'extraire le moindre sens du flux de données que génèrent les outils de télécommunication.

Francis JUTAND

L'aspect design est extrêmement important. Nous sommes tous fascinés par des images parlantes. Derrière tout ce monde de données, il existe une structure et des langages sur lesquels il faut travailler.

Académie des technologies

Pour rassurer Bruno Revellin-Falcoz, dans les pays comme le nôtre, environ 17 % de la production d'électricité est consommée par les technologies de l'information. Cette consommation atteindra peut-être 20 % en 2030. Il a été question de données que nous partagerions. Il existe cependant des régulations européennes qui conduisent précisément à ce que nous ne puissions plus échanger certaines données, créant des optimums locaux et des optimums plus globaux. Il faut mettre en perspective ce partage universel et joyeux des données et la régulation qui contraindra ce partage.

François BANCILHON

Je voudrais insister sur le stade très primaire auquel nous nous trouvons en termes de données. La capacité à connaître les données est fabuleuse. Je suis par exemple capable de trouver vos noms à partir de vos âges. Les données personnelles constituent une extraordinaire richesse. Néanmoins, nous nous trouvons à un stade très primaire de traitement des données. Par exemple, les fabricants de textile ne connaissent pas la taille des Françaises. Or il serait possible de connaître ces données. Il existe un potentiel de travail fabuleux sans qu'il soit besoin de toucher à aucun aspect de la vie privée. Je comprends que certains individus se préoccupent de la protection des données personnelles mais il existe de nombreuses applications possibles à partir de données non confidentielles.

Henri VERDIER

Je pense que la libération des données publique et la captation des données produites par les organismes publics représentent des évolutions positives. Concernant les données personnelles, il ne suffit pas de protéger la vie privée pour protéger les citoyens. Le libéralisme pur et dur des données serait aussi stupide qu'un libéralisme économique pur et dur.

De la salle

Dans la gestion de crise, il existe une dimension humaine de sensation cognitive. Votre raisonnement numérique présente deux lacunes. La première consiste à se demander ce que devient l'homme sans le numérique. La seconde consiste à déclarer que le numérique prend une dimension gigantesque et que la manipulation de cette masse de données se fait au détriment de la qualité. En conclusion, au moment du tsunami, un proverbe disait : « *l'homme a oublié la nature mais la nature ne l'a jamais oublié* ». Le numérique représente-il l'inverse de la nature ou autre chose ?

Christian SAGUEZ

Merci aux participants. J'espère que nous avons répondu à vos attentes. Des révolutions considérables sont en train de se dérouler dans le domaine des technologies de l'information et de la communication. Ces révolutions sont totalement irréversibles. Il ne sert à rien de lutter contre. En revanche, il existe un problème fondamental d'acceptabilité sociale de ces modifications. Elles nécessitent une continuité à très long terme des efforts. Elles permettent des retombées économiques tout à fait fondamentales aussi bien du côté des usages que du côté du développement économique. Il existe un puits considérable de croissance et de développement économique dans ce domaine. Nous continuerons à y travailler avec vous tous.

POINT DE VUE D'UN GRAND TEMOIN DU CONSEIL ECONOMIQUE, SOCIAL ET ENVIRONNEMENTAL



Jean-Luc PLACET
Président de la Fédération Syntec

Je suis très content d'être là parce que le sujet est très intéressant. C'est la première fois que je suis assis à la place du président et grâce à vous, j'ai 25 minutes pour voir ce que le président voit quand il préside cet hémicycle.

Evoquer ces points est un plaisir dans la mesure où depuis 35 ans, je travaille à la réorganisation, à l'évolution et au changement des entreprises et j'entends que tout bouge, que tout change, que rien ne sera plus pareil, etc. Certes, le monde change et, peut-être curieusement d'une manière plus importante que ce que nous imaginions, même si en ce moment nous nous trouvons dans une situation de crise si grave, si profonde, que les gens affirment que le monde ne peut plus être comme avant. Le monde ne peut effectivement plus être comme avant mais pas pour les raisons que les gens imaginent. Le numérique jouera un rôle. Sans parler des deux prochaines années qui seront totalement atypiques du point de vue financier, il faut essayer de se projeter dans ce cadre merveilleux d'un point de vue architectural, surtout parce qu'il concentre des représentants de la société civile. J'entends donc depuis 35 ans que tout bouge. J'ai vu arriver le numérique d'une manière un peu ironique à la fin des années 1990 : une fois encore, les ingénieurs nous promettaient le bonheur par la technique ; une fois de plus, l'homme était oublié – mon rôle étant de vous montrer de quelle manière l'homme aura un rôle à jouer dans l'évolution et dans la « prise » du numérique dans notre économie ; une fois de plus les systèmes étaient censés tout gérer, les finances, l'approvisionnement, les ressources humaines, etc.

Il y a dix ou douze ans, un bon apôtre de PeopleSoft m'avait dit : « *mon pauvre ami, vous qui vous occupez de management, de stratégie, de ressources humaines, vous êtes morts parce que PeopleSoft va gérer les hommes dans l'entreprise* ». Si j'ai été un peu secoué par cette remarque sur le coup, j'y repensais ensuite avec un petit sourire. Je suis beaucoup moins goguenard aujourd'hui. A la fin des années 1990 – début des années 2000, le *brick and mortar* s'opposait au *clic*, puis le *clic* a connu une crise. Nous avons inventé le *clic and mortar*, soit l'alliance du numérique et du physique, du solide. En travaillant avec mes équipes sur la transformation d'un certain nombre de grands groupes, je me rends compte aujourd'hui que toutes ces petites querelles ne sont plus de saison. Je vais essayer de conforter les inventions hardies

qui ont été évoquées ce matin tout en mettant en avant le rôle de l'homme. L'économie numérique s'imbrique totalement avec l'économie et la change, ce qui signifie qu'elle devra prendre en considération plusieurs éléments dont, notamment, les hommes. Il ne s'agit pas d'une question de taille d'entreprise mais de positionnement sur les événements stratégiques. Nous sommes en train de vivre une transformation extrêmement profonde et certainement brutale – je ne me doutais pas que la situation financière rendrait cette transformation aussi brutale, avec des impacts économiques et culturels peut-être aussi profonds qu'à l'arrivée de l'électricité ou qu'à l'arrivée du train dans les campagnes françaises. Nous sommes peut-être à l'aube de cette transformation. Je vais essayer de vous montrer que cela ne va pas tout à fait de soi mais que de toute façon, nous ne pouvons pas faire autrement. J'ai l'honneur de représenter environ 800 000 salariés qui constituent une synthèse de la vie entre les hommes, le numérique et l'entreprise. Je voudrais vous présenter trois idées.

La première idée, ou plutôt la première idée fautive est celle selon laquelle les outils modernes ne bouleversent pas fondamentalement la manière dont il faut manager les hommes et les organisations. Nous évoquons tout le temps la génération Facebook, les jeunes hyper-connectés, les frontières des entreprises qui explosent, les communautés qui font soi-disant voler en éclat l'organisation classique du marché, etc. Je me souviens d'une publicité d'IBM qui, il y a deux ou trois ans, mettait en scène une patronne de projet très *old-school* qui cherchait un expert, et un jeune qui n'avait pas du tout le même style, une barbe de trois jours et pas de cravate et qui, en pianotant sur Facebook, trouvait l'expert que la patronne avait mis deux mois à chercher en vain. Or tout cela n'est pas tout à fait exact. Ne nous leurrions pas. Il y a trente ou quarante ans, les jeunes qui sortaient des grandes écoles n'avaient pas tout à fait le même comportement que les jeunes d'aujourd'hui. Lors de mon entretien d'embauche, il ne me serait jamais venu à l'idée de demander à mon futur patron quelles étaient les caisses de prévoyance de la société. Je n'aurais jamais osé demander à quelle heure le travail se terminait et si l'entreprise avait une politique d'équilibre vie privée/vie professionnelle. Certes, les jeunes salariés sont aujourd'hui de plus en plus ancrés à l'extérieur, dans des communautés extérieures à leur entreprise. Je ne le nie pas. Néanmoins, le besoin, les réflexes et les comportements managériaux restent les mêmes face à ces arborescences d'un type nouveau. Les besoins de management ou de commandement restent les mêmes, ou plus exactement sont extrêmement ancrés, quel que soit l'outil. Quels sont ces invariants ? Qu'il sorte d'une grande école et qu'il utilise Twitter ou Facebook, le jeune qui rentre dans vos organisations ou entreprises veut comprendre quelle est sa place dans l'entreprise et dans l'équipe. Il veut savoir ce qui est attendu de lui. Il veut connaître les règles du jeu et sur quoi il sera évalué. Il veut avoir un *feedback* sur son travail et sur sa performance. Il veut pouvoir apprendre et développer ses compétences. Il s'agit de basiques pérennes. Je n'ai pas commencé ma carrière sur Facebook mais j'ai été confronté à ces mêmes demandes. En France et même partout dans le monde, exactement le même type de questions se pose. Il ne s'agit pas d'une question de civilisation mais d'une question d'un individu au travail. Si les économies sont mondialisées, les comportements individuels sont également tout à fait mondialisés. Il est vrai que le numérique change quelque chose. S'il existe une pérennité des besoins, la manière de les approcher n'est pas, elle, pérenne. Nous finissons par nous moderniser. Ainsi, j'ai acquis un BlackBerry que j'utilise pour téléphoner, pour consulter mes *emails* et surtout pour me connecter avec mes équipes. Mon premier patron il y a 35 ans n'avait pas l'opportunité de se connecter avec ses équipes de cette manière. Or cela permet d'avoir une formidable idée du climat de l'équipe. Il existe une star en la matière : Naguib Sawiris, ancien président de l'entreprise Orascom rachetée par Lafarge. Alors que Lafarge date de 1823, Orascom a atteint en quinze ans un chiffre d'affaires équivalent à 65 % de celui de Lafarge. Naguib Sawiris a travaillé exclusivement avec son BlackBerry. Ses entreprises allaient du Maghreb jusqu'en Corée du Nord. Il a réussi à créer des liens avec sa vingtaine de collaborateurs par le biais exclusif de son BlackBerry. Ressemblant à un patron

capitaliste français des années 1890, extrêmement autoritaire, droit et sévère, il n'était en contact avec ses collaborateurs qu'à travers son BlackBerry, jamais en réunion.

Autrefois, le pouvoir dans les entreprises était détenu par celui qui détenait l'information. Or maintenant, le numérique partage et fait partager l'information. Le travail d'un patron est passé de la diffusion de l'information à l'accompagnement et au traitement de l'information. Le patron reste toujours le « responsable légitime » dans le traitement de l'information mais plus de la même manière qu'auparavant. En outre, l'image qu'avait auparavant l'entreprise à l'extérieur n'avait pas la même importance qu'aujourd'hui. Certains patrons ne rencontraient bien entendu jamais de journalistes ni d'hommes politiques qu'ils considéraient avec le plus parfait mépris. Aujourd'hui, la fausse idée de la frontière de l'entreprise avec l'extérieur implique que la rumeur, l'image déformée, le mensonge ou l'excès de louanges constituent des éléments que le patron doit intégrer et contre lesquels il doit lutter. Il y a une douzaine d'années, la Société générale a réorganisé l'*asset management* avec des systèmes d'information. Je me souviens avoir dit au patron de l'époque qu'il aurait besoin de management. Il m'a répondu que tout était informatisé. J'ai aujourd'hui parfois la cruauté de rappeler cette anecdote à mes amis de la Société générale. Certes, le numérique ne crée pas de nouveau management. Toutefois, nos écoles de commerce sont extrêmement en retard face aux exigences actuelles de leadership et de management. Il faut savoir communiquer, être à l'écoute, être au contact des équipes, etc. J'ai connu de grands patrons qui étaient très au contact de leurs équipes parce qu'ils bougeaient considérablement dans leur entreprise. Aujourd'hui, l'internationalisation implique que les patrons ne peuvent jamais ou très rarement être au contact de leurs équipes dans leurs entreprises alors que ce contact est nécessaire pour évaluer leurs collaborateurs. Le métier le plus difficile pour un patron consiste à évaluer les performances de ses collaborateurs. Il s'agit d'un grand art dont personne n'est doté à la naissance ni qui ne s'acquiert par un diplôme. Un patron doit y travailler et, bien entendu, donner l'exemple. Les grands thèmes de management restent donc les mêmes mais les manières de les appréhender ont changé. Il faudra les ajuster et les adapter. Le plus important reste toutefois la qualité intrinsèque de l'homme. J'en veux aux écoles de commerce et aux écoles d'ingénieurs qui n'enseignent pas le management. Je vous conseille néanmoins d'aller visiter un Apple store pour constater l'impact du numérique sur le comportement professionnel. Le patron des Apple stores connaît une grande partie de tous ses collaborateurs grâce à la méthode selon laquelle un tel connaît un tel qui connaît un tel autre. Sa manière d'être proche de ses équipes constitue une révolution. De son côté, Véolia a opéré une transformation du métier de chef de chantier.

Deuxièmement, nous commettrions une grande erreur en considérant que le numérique au sens large ne change pas le *business* modèle des entreprises. Comment passons-nous du *bric and mortar* au *clic and mortar* ? Les automates fabriqués par General Electric dans les aéroports ne nécessitent presque plus de présence humaine. Il s'agit de communication silencieuse. Aujourd'hui, quel que soit son domaine (ciment, travaux publics, banque, assurance, industrie automobile, etc.), une entreprise doit se demander de quelle manière elle peut intégrer le numérique et l'informatique dans les moments de production. Je vous suggère d'aller voir Nestlé et la manière dont la production et les besoins clients ont été intégrés en interaction par le numérique.

Le troisième point concerne la conduite du changement ou le défi de la transformation de l'entreprise. Aujourd'hui, vouloir changer une entreprise sans intégrer ces phénomènes, notamment autour du numérique, serait extraordinairement coupable et dangereux. Il ne faut pas dénigrer tout ce qui a été réalisé auparavant et vouloir inventer une nouvelle morale et une nouvelle logique. La transformation de l'entreprise consiste en l'intégration du numérique. Il ne s'agit pas de moderniser l'informatique, la gestion

ou le commercial, mais de regarder avec les comités de direction et avec les collaborateurs comment il est possible de se moderniser ensemble.

En conclusion, l'homme est partout. Un numérique sans les hommes, un numérique sans l'écoute des hommes, un numérique sans évaluation par les hommes, un numérique sans formation des hommes ne serait rien. Certes, le numérique causera de nombreuses disparitions de métiers et de nombreuses créations de métiers, mais pas forcément les mêmes. Il s'agit de modifier en profondeur l'organisation du travail de façon à ce que les hommes soient prêts à être moins producteurs mais plus concepteurs, plus suivistes, plus analystes, plus évaluateurs, etc. Sachez que tout ce que vous évoquez constitue un élément aussi important que l'arrivée du train. Les hommes sont plus conservateurs que les outils mais les outils peuvent être efficaces s'ils convainquent les hommes. Il reviendra au MEDEF et au CESE entre autres d'inventer des modèles sociaux pour donner de nouvelles activités aux hommes afin qu'ils se sentent bien dans un univers duquel beaucoup d'entre eux se sentent aujourd'hui éloignés. Merci.

DEUXIEME SESSION : CONTRIBUTION DES RUPTURES TECHNOLOGIQUES A L'ACTIVITE INDUSTRIELLE

Introduction



Serge CATOIRE
Membre du Conseil général de l'industrie, de l'énergie et des technologies

Le programme va maintenant se découper en cinq morceaux. Trois tables rondes se tiendront, suivies d'une conférence de clôture par un grand témoin industriel, puis d'une conclusion. Il est souvent dit que l'innovation se trouve au centre d'un cube et qu'il est possible de regarder l'innovation à travers la face des disciplines scientifiques, à travers la face des avancées technologiques et à travers la face des applications. Nous regardons le même objet. Cet objet a été regardé ce matin par la face des avancées des technologies et il sera cet après-midi considéré par la face des applications industrielles. Les tables rondes de cet après-midi sont donc consacrées à une présentation de ces applications. Ces applications se déclinent dans différents domaines, qu'il s'agisse du champ pétrolier, du domaine des laboratoires pharmaceutiques, du champ des services, etc.

Le fil directeur des tables rondes de cet après-midi peut être trouvé dans des domaines qui sont liés à des usines produisant des biens matériels. Les matériels de transport, l'industrie de la chimie et des matériaux et l'industrie agroalimentaire ont cet aspect en commun. Nous avons évoqué le facteur humain à plusieurs reprises. L'un des points importants des industries produisant des biens matériels réside dans le facteur humain. L'ingénierie numérique vis-à-vis du facteur humain présente plusieurs déclinaisons dont la première est la réduction de la pénibilité. Nous considérons de plus en plus aujourd'hui la technologie comme supprimant des emplois. Or la technologie réduit d'abord la pénibilité. Depuis l'émergence de la machine à vapeur puis de l'électricité, la technologie a d'abord supprimé le travail de force, l'ingénierie

numérique supprime maintenant progressivement les tâches répétitives. Toutes les tâches répétitives sont progressivement automatisables et informatisables. Certes, une forme d'emploi disparaît mais d'autres emplois se créent ailleurs. En outre, les tâches répétitives constituaient une forme de pénibilité mentale. L'ingénierie numérique réduit cette pénibilité mentale et permet à la créativité de se déployer davantage.

Les autres domaines dans lesquels l'ingénierie numérique est au cœur du facteur humain comprennent d'abord la sécurité dans la conception et l'utilisation des produits, mais également la traçabilité. L'ingénierie numérique et l'utilisation de grandes bases de données permettent d'accroître considérablement la traçabilité, ce qui constitue pour les producteurs et les consommateurs un élément de sécurité. Quand il s'agit d'assurer la traçabilité des composants chimiques d'un produit alimentaire, l'ingénierie numérique est indispensable. Je remercie les intervenants qui se succéderont lors de ces tables rondes. Ils viennent aussi bien de grandes entreprises que d'entreprises plus petites et de prestataires intellectuels vis-à-vis de grandes entreprises.

L'ensemble des tables rondes montrera à la fois la diversité et une certaine unité dans l'application des technologies de l'information. Je terminerai mon introduction par une citation de Bernanos qui, avant même l'émergence des technologies actuelles de l'information, voyait ses contemporains : « être informés de tout et condamnés à ne rien comprendre ». Depuis, nous sommes passés du télégraphe à internet, le volume d'information disponible s'est accru de plusieurs ordres de grandeur, nous sommes encore plus « informés de tout ».

Dans une large mesure, l'ingénierie numérique vise à transformer cette information en compréhension.

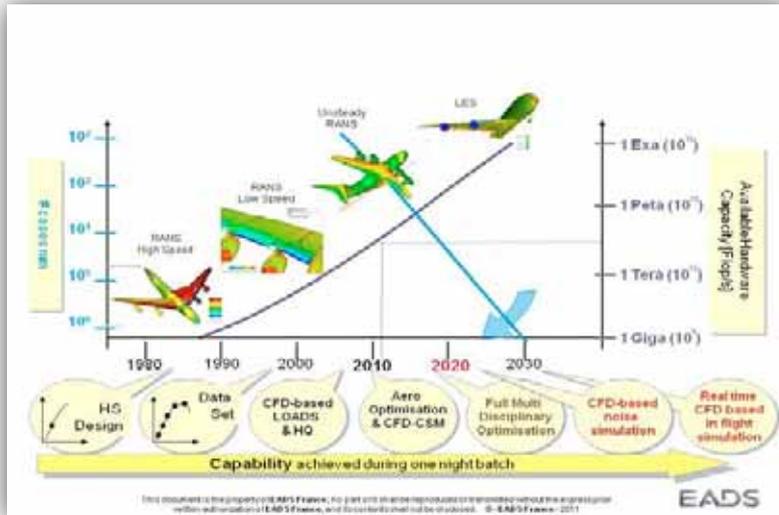
TABLE RONDE : SECTEUR DES TRANSPORTS



Eric DUCEAU
Directeur scientifique Ingénierie systèmes,
EADS Innovation Works

Je vous propose de commencer cette table ronde sur la base de trois exemples tirés de la connexion que nous pouvons établir entre l'ingénierie numérique et le thème de cet après-midi. Ces trois exemples sont en lien avec la modélisation et la simulation. Le premier, que j'ai appelé *challenge scientifique*, concerne des enjeux de design et d'optimisation multidisciplinaire.

Le deuxième challenge, le *challenge industriel*, est illustré par le foudroiement d'un avion. (Dans la réalité, un avion est foudroyé en moyenne un peu plus d'une fois pas an, sans que l'on déplore d'accident). Ce challenge industriel a trait au risque que prend l'industriel non pas à fabriquer un produit mais à le faire accepter par les usagers du fait qu'il existe des risques dans les transports, que le transport aérien est considéré comme un transport à risque alors que les statistiques démontrent le contraire. Accepteriez-vous, d'ailleurs, de voler dans un avion qui a entièrement été fabriqué de manière virtuelle mais qui n'a jamais été testé ? Derrière le challenge industriel se trouve l'enjeu de la réduction des marges. Des



ingénieurs ont construit une connaissance avec des marges associées. Aujourd’hui, l’optimisation de ces produits nous pousse à la réduction des marges et à la démonstration que les risques ne sont pas augmentés.

Le dernier challenge par lequel j’essaierai d’illustrer mon propos est le *challenge organisationnel*.

L’illustration ci-dessous

présente deux concepts avions : le premier modèle repose sur une construction classique alors que le second modèle est basé sur une construction innovante avec un changement de position des moteurs. La question se pose de savoir si nous sommes capables de démontrer que cette innovation peut apporter du progrès et qu’elle ne prend pas de risque sur le plan industriel.

L’ingénierie numérique peut-elle nous permettre de répondre correctement à cette question ?

Le premier exemple est certainement le plus simple à appréhender dans la mesure où nombre d’entre vous ont déjà vu ce type d’illustrations. L’axe horizontal du graphique présenté est gradué en années et correspond à différents challenges industriels. Il prouve qu’il est possible de créer de la connaissance industrielle grâce aux technologies numériques. L’axe vertical peut être gradué en puissance de calcul ou en nombre de cas, ce qui fait référence à la question de savoir ce qu’un ingénieur de calcul peut faire avec un budget de calcul donné, quelle précision il peut atteindre, etc. En pratique, plusieurs challenges apparaissent en matière de simulation, par exemple pour la simulation du bruit. Il ne s’agit plus de problèmes de performance mais de prendre en compte d’autres contraintes. Le mot clé du *challenge scientifique* est le suivant : « *modéliser, c’est comprendre* ». Et cette activité se fait en différents endroits : les grands groupes, les laboratoires de recherche, les PME, etc. Les universités françaises possèdent un très bon niveau scientifique mais elles sont faibles sur les approches multidisciplinaires. Nous devons renforcer le transfert dans l’industrie de ce qui est produit en recherche et les méthodes renforçant la prise en compte du « multidisciplinaire ». Plusieurs outils (Labex, Idex, etc.) permettent ce passage au numérique. Il faut par ailleurs donner le goût aux jeunes de s’orienter vers les filières scientifiques, et plus particulièrement aux jeunes scientifiques français et européens de rester/revenir en Europe même si les conditions de travail aux USA sont attrayantes !

Le deuxième challenge est celui grâce auquel nous gagnerons des marges industrielles à l’aide des technologies. L’illustration représente la cascade des tests. C’est une approche typiquement « cartésienne » : le problème « réel » est découpé en morceaux et nous commençons par résoudre chaque sous-ensemble du problème, puis nous « prouvons » la robustesse de l’ensemble « réunifié ». Cette démarche est acceptée et approuvée par nos organismes de contrôle. Nous essayons donc d’appliquer une méthode similaire dans le monde virtuel en simulant les essais d’avions aujourd’hui tels qu’ils sont effectués en réalité. Pourtant, nous attendons bien plus du numérique. J’insiste sur la notion de certification dans la mesure où le transport aérien y est soumis. La certification ne s’achète pas ni ne se décrète mais elle se construit avec le temps. Une question se posera de savoir jusqu’à quel point la

certification acceptera la préparation des essais par simulation, voire leur remplacement. Cette question concerne tout le tissu industriel : EADS qui mène cette négociation mais également les laboratoires, les sous-traitants et les PME. Il ne s'agit en aucun cas de réaliser moins d'essais mais d'effectuer de meilleurs essais. Il faut mettre en place une nouvelle démarche, ce qui nécessite une génération d'ingénieurs et au moins un grand programme industriel, tandis que le retour sur investissement n'est attendu qu'à moyen terme au-delà du premier programme. Le problème réside dans le fait que le numérique coûte cher en équipements, en licences de logiciels et en formation des ingénieurs. Une bonne combinaison entre produits logiciels des éditeurs et services d'accompagnement (en particulier aux PME), constitue certainement l'une des voies sur lesquelles il faut s'engager. Pour EADS, l'activité de *virtual testing* qui aboutira à la certification basée sur la simulation constitue un atout qu'il faut conserver le plus longtemps possible, en particulier dans un contexte de compétition.

Le troisième exemple technologique que je propose à votre réflexion concerne les outils pour l'architecte. Nous voulons créer des systèmes complexes. Aujourd'hui, les ingénieurs travaillent sur un même plateau. Or pour construire un Airbus, environ 12 000 personnes doivent travailler ensemble au moment du pic de conception (d'après nos échanges avec les ingénieurs de l'industrie automobile, il semble que ceci corresponde à un facteur de 15 à 20 fois supérieur à ce qu'ils ont à gérer lors de leurs pics de conception). Dans ces conditions, faire travailler efficacement autant de personnes en même temps, pose problème. Ce challenge organisationnel ne concerne pas uniquement l'échange de données mais également l'échange de modèles et, par conséquent, l'échange de connaissances. Les enjeux de propriété intellectuelle sont très forts. En promouvant le travail par simulation sur un projet industriel, nous savons déjà que les gains ne sont pas répartis « équitablement » sur tout le tissu industriel : les intégrateurs de technologie ont un gain beaucoup plus immédiat que les fournisseurs. Techniquement, les bibliothèques de modèles constituent un enjeu clé. Au final, l'architecte doit prendre une décision. Il a pour objectif de créer de multiples vues, par exemple sur la planche présentée : une vue adaptée au marketing, une vue pour la prédiction de maintenance et une vue permettant d'anticiper l'opérabilité, en plus des classiques vues « performance », « sécurité », « fabrication », etc. Dans une entreprise comme Airbus-EADS, du fait de l'enjeu de démonstration pour la certification, on estime qu'il faut une dizaine d'années pour « digérer » une rupture technique et une vingtaine d'années pour « digérer » une innovation qui, en plus d'être technique, touche à l'organisation.

En conclusion, en ce qui concerne l'industrie aéronautique et spatiale, les trois challenges présentés sont liés à une exploitation quasi-optimale de ce que nous offrent les technologies numériques. Le premier challenge concerne la fabrication de nouvelles connaissances et constitue un enjeu plutôt humain que purement technologique. La deuxième technologie numérique ou challenge concerne la méthodologie et la dernière fait référence très nettement au processus d'innovation, notamment en rupture. Les deux premiers challenges sont quasiment maîtrisés par les grands industriels parce qu'ils se présentent en pratique comme des évolutions des métiers. En revanche, le dernier challenge présente un risque dans la mesure où les innovations en rupture ne sont pas le fort des entreprises comme les nôtres.

Je terminerai par trois remarques. Les nouvelles technologies que nous avons vu apparaître vers 1995 demandent à former une nouvelle génération d'utilisateurs, ce qui nécessite de former également les certificateurs, les architectes, etc. en modélisation. Il s'agit de nouveaux métiers. La question de la formation se pose également : où apprenons-nous l'usage de ces nouvelles technologies ? A l'école, en entreprise, dans les deux ? Ces grandes technologies sont relativement faciles à associer à la délocalisation. Il est vrai qu'une partie de la Recherche & Développement des entreprises est délocalisée dans les pays d'Europe de l'Est, en Inde, etc. Il peut s'agir d'un avantage comme d'un inconvénient. Enfin,

nous nous demandons si la créativité engendrée par ces nouvelles technologies « tout numérique » ne va pas paradoxalement favoriser un nouvel entrant qui n'aurait pas à gérer un historique (humain, processus, etc.) riche et de valeur, mais poussant à un conservatisme voire un immobilisme vis-à-vis de l'innovation « en rupture »



Gérard SEGARRA

Pilote Innovation des systèmes télématiques, Renault

Je vais évoquer les ruptures technologiques au niveau des transports et de l'automobile. Il y a dix ans, Renault a considérablement investi dans la modélisation et la simulation concernant nos processus d'ingénierie (IAO : Ingénierie Assistée par Ordinateur) et de gestion de la production (GPAO). Nous avons développé la maquette numérique et maintenant, nous élaborons des projets en utilisant celle-ci de manière constante y compris pour les revues de projet à distance avec nos partenaires et équipementiers. Il est plutôt question de changement continu aujourd'hui au niveau de ces processus. En revanche, nous sommes à l'origine de nombreuses innovations au niveau du produit automobile. Ces innovations entraînent d'autres au niveau du cycle de vie des véhicules. Nous sommes très concernés par un certain nombre d'orientations en termes de durabilité de l'automobile. Nous sommes en particulier concernés par les plans d'action ITS (Intelligent Transport System) de la Commission européenne intégrant les objectifs de « zéro émission » et de « zéro mort sur les routes » en 2050. En effet, la sécurité routière est un enjeu important, avec 35 000 à 40 000 morts sur les routes par an dans l'Union européenne, ce qui équivaut à une grande catastrophe comme Tchernobyl ou le tsunami Japonais récent tous les ans. Ce plan d'action traite également du problème de la fluidité du trafic routier. En effet, plus le parc automobile européen s'accroît, plus le risque d'embouteillages augmente. Les innovations au niveau de l'automobile sont donc fortement tirées par ces grandes évolutions sociétales.

Je vous présenterai deux ruptures sur lesquelles nous travaillons. La première concerne la propulsion électrique qui change notre métier. La seconde concerne les systèmes de transports intelligents coopératifs qui devraient nous aider à diminuer le nombre de morts sur les routes et à fluidifier le trafic. Premièrement, la moto-propulsion électrique change nos méthodes de conception, de fabrication, de maintenance, et en particulier nécessite la formation à la maintenance de véhicules électriques, et au recyclage, notamment des batteries. En termes de déploiement, il faut gérer l'infrastructure de distribution électrique qui couvrira l'ensemble de l'Europe. Il faut proposer des points de charge aux véhicules électriques et étudier d'autres moyens de charge plus rapides. Des travaux sont en cours en Europe sur un système de rechargement de batterie lorsque le véhicule roule. Bien entendu, la moto-propulsion électrique aura un impact sur la consommation d'énergie. Il faudra parvenir à contrôler cette consommation d'énergie et à la lisser dans la journée, ce qui nécessitera une coopération entre Renault, les fournisseurs et les distributeurs d'énergie. Nous nous concertons avec EDF sur ces questions. Les achats d'électricité seront effectués en partie par des micro-paiements. Il faudra donc faire vivre ces capacités de micro-paiement, peut-être avec les cartes électroniques sans contact ou les téléphones portables (porte-monnaie électronique). Une des importantes problématiques des véhicules électriques a trait à la garantie de l'autonomie. Un véhicule électrique a une autonomie réduite et d'autant plus si l'utilisateur utilise la climatisation ou d'autres équipements consommateurs d'énergie électrique. Il faut pouvoir aider nos clients

à recharger leurs véhicules au bon moment, sans leur faire perdre trop de temps. Il sera nécessaire de coupler le véhicule électrique avec les systèmes de navigation afin de pouvoir estimer la consommation et alerter l'utilisateur du moment adéquat pour recharger son véhicule, gérer les alertes d'événements concernant le trafic routier comme les embouteillages qui peuvent impacter l'autonomie du véhicule et enfin localiser et gérer la disponibilité des points de charge. Cette rupture technologique entraînera de nombreux changements au niveau des processus.

La deuxième grande rupture a trait aux systèmes de transport intelligents coopératifs qui sont basés sur une communication en temps réel entre véhicules (V2V) et entre les véhicules et l'infrastructure routière (V2I). Ces systèmes apparaissent grâce à de nouvelles technologies de télécommunication locale dans la bande de fréquences 5,875 – 5,905 Gigahertz, libre de licences (voir figure ci-dessous). La communication de véhicule à véhicule à haut débit permettra d'assurer la sécurité routière de manière plus complète. Les voitures s'échangeront mutuellement leurs trajectoires au mètre près, leur vitesse, leurs caractéristiques statiques en termes de masse, de longueur, et dynamiques (actions entreprises par le conducteur, soit par exemple, tourner, freiner, accélérer, etc.) ce qui permettra de faire percevoir tout l'environnement et les risques associés à un véhicule donné. Il faudra gérer les risques de manière embarquée. Ainsi, il faudra déterminer s'il existe un risque de collision et, le cas échéant, fournir aux conducteurs des consignes et, dans le futur lorsque tous les véhicules seront équipés, permettre à la voiture de devenir un robot durant



les phases critiques précédant une collision. En effet, 93% des accidents ayant pour origine une erreur humaine, il ne faut pas compter que sur les hommes pour parvenir à l'objectif de zéro mort sur les routes. Cette rupture

entraînera de nombreuses innovations en matière de précision des trajectoires (déploiement de GALILEO), de fiabilité des communications, de sécurité du système et de sûreté de fonctionnement. La communication entre les véhicules et l'infrastructure routière permettra de mieux analyser le trafic routier et d'optimiser l'utilisation des ressources routières. Les informations remonteront des véhicules à un centre de gestion du trafic routier qui enverra des consignes aux conducteurs en termes de limites de vitesse contextuelles (pollution, régulation du trafic, accident, mauvaises conditions atmosphériques (pluie, verglas, brouillard, etc.), en termes de déviation et autres paramètres. Ces innovations au niveau du produit auront des impacts sur les processus qui devront par conséquent être adaptés aussi bien au niveau de la conception qu'au niveau de la validation et de la certification des véhicules. Il sera nécessaire de simuler le comportement des véhicules dans des situations de trafic complexes difficilement reproductibles. Bien entendu, il faudra créer l'infrastructure d'essai qui nous permettra de tester l'interopérabilité des véhicules provenant de constructeurs différents et leurs performances. Au niveau des produits, il faudra intégrer des innovations en termes de positionnement, de sécurité des données et de fiabilité.

En conclusion, nous devons considérer et nous avons à gérer de nouvelles technologies de moto-propulsion, de nouvelles techniques de stockage de l'énergie, une nouvelle chaîne de distribution de l'énergie (par exemple électrique ou hydrogène) et un support d'information et de communication entre les véhicules et entre véhicules et infrastructure routière. Il faudra optimiser la relation entre l'automobile et les opérateurs de transport (incluant les opérateurs routiers), intégrant l'usage des transports publics pour utiliser au mieux les moyens de transports et l'infrastructure routière existants.



Jean-Louis DAUTIN
Directeur de CLARTE, Centre Lavallois de Ressources Technologiques

Je vais essayer d'aborder la notion de rupture technologique au service de l'emploi et de l'employabilité. Pour ce faire, je présenterai quelques exemples de mise en œuvre de ces ruptures technologiques autour de trois axes clés, à savoir l'ergonomie pour l'amélioration des conditions de travail et donc de la productivité, la formation pour l'amélioration des compétences et de l'expertise des hommes et des femmes d'une entreprise, et le support et l'assistance technique pour l'amélioration de la qualité de l'offre.

Comme vous avez pu le constater en regardant le programme, EADS est connu, de même que Renault. CLARTE l'est un peu moins. Il est donc nécessaire d'en faire une présentation rapide. CLARTE est un centre de recherche, d'étude et de transfert technologique autour des technologies image, réalité virtuelle, réalité augmentée, réalité mixte. Nous sommes l'une des premières plateformes de réalité virtuelle. Nous disposons d'un certain nombre d'équipements et notamment un plateau technique, le SASCube+, permettant de créer un environnement virtuel en 3D, y pénétrer et interagir en faisant comme si l'environnement virtuel était réel. CLARTE mène trois types d'activités, à savoir :

- le transfert technologique, la sensibilisation et le conseil auprès des TPE/PME,
- la recherche partenariale menée principalement avec de grands groupes. En effet, la convergence de l'ensemble des technologies de réalité virtuelle a un réel impact sur l'activité industrielle. Nous travaillons avec des entreprises navales (DCNS, STX, BENETEAU), des entreprises automobiles (Plastic Omnium, PSA, RENAULT), des entreprises du secteur du bâtiment (Saint-Gobain) et des entreprises du secteur agroalimentaire (LACTALIS).
- La recherche menée dans le cadre de projets collaboratifs labellisés par les pôles de compétitivité

Le premier axe clé relatif à la rupture technologique au service de l'employabilité concerne l'ergonomie, non pas au sens de l'aménagement de l'intérieur d'un véhicule mais au sens de l'ergonomie des postes et des lignes de production. Nous avons justement travaillé sur cet axe avec les équipementiers automobiles. L'idée est simple : si nous parvenons à accroître la sécurité en travaillant en amont sur l'ergonomie d'un poste de production, nous devons logiquement réduire le taux d'accidents du travail et les troubles musculo-squelettiques et, si le poste est bien conçu dès le départ, nous devons pouvoir accroître la compétitivité de l'entreprise avec pour objectif final le maintien de l'emploi. Notre challenge consistait à ne

pas tomber dans l'intelligence artificielle pure en utilisant un mannequin virtuel. Il s'agit au contraire d'associer l'expertise et l'expérience des vrais opérateurs et la puissance du numérique.

Concrètement, nous créons grâce à la maquette 3D la version 0 du poste de production. Cette maquette étant projetée en 3D relief à l'échelle 1 dans un dispositif de réalité virtuelle immersif (le SASCube+ : <http://www.clarte.asso.fr>), nous demandons ensuite à l'opérateur de simuler les gestes et postures qu'il devra effectuer sur ce poste. La possibilité lui est donnée de tout modifier sur son poste de production et de revoir le positionnement et la taille de ses équipements. Dès que l'opérateur estime qu'il se sent bien dans le poste de production virtuel, nous l'équipons avec des marqueurs de manière à reconstituer sa morphologie (son avatar), nous lui demandons d'effectuer à nouveau les gestes qu'il devra accomplir et nous enregistrons toutes les postures au sens ergonomique du terme. Nous analysons tous les mouvements de ses articulations en temps réel par un système de caméra. Nous appliquons ensuite sur cet enregistrement un algorithme classiquement utilisé dans le domaine de l'automobile afin d'obtenir un score. Si le score est satisfaisant et que l'opérateur estime que le poste virtuel est correctement organisé, le poste est validé et la production est lancée. En revanche, si l'un des deux paramètres n'est pas satisfaisant, le travail est recommencé jusqu'à parvenir à un score et à un ressenti de l'opérateur satisfaisants. Nos ingénieurs ont travaillé avec plusieurs équipementiers sur plus de 200 postes. Le gain est estimé à 20 % au niveau de la conception et 20 % environ également sur le retour en termes de réduction de journées d'arrêt de travail.

Concernant les ruptures technologiques au service de la formation et de l'aide à la maintenance, prenons un exemple dans le secteur naval. Dans ce secteur, la notion de série est tout à fait utopique : trois bateaux identiques représentent déjà une grande série ! Il est donc difficile, voire quasiment impossible, de s'entraîner et de préparer des opérations de construction, d'installation et de maintenance sans utiliser la réalité virtuelle. L'utilisation des outils 3D de réalité virtuelle va donc au delà des usages du monde de l'automobile ou du monde de l'aéronautique. Tout ce qui a été expliqué jusqu'à maintenant est valable pour le naval mais en plus, les technologies de réalité virtuelle sont les seules à pouvoir anticiper le montage, les évolutions et la maintenance des grands navires. Un premier exemple concerne la simulation de manœuvre d'accostage d'un navire en projet. Afin d'identifier la meilleure position des appareils pour optimiser cette manœuvre et la rendre faisable par un nombre limité de marins, plusieurs scénarii ont été testés à l'échelle 1 dans le SASCube+. Le scénario retenu a permis de convaincre l'armateur puis de sensibiliser les marins, futurs utilisateurs, en avance de phase.

Un second exemple concerne la préparation d'une opération de mise à niveau d'équipements encombrants sur un navire qui devait revenir à quai pour modernisation avec une immobilisation la plus courte possible afin d'en réduire le coût de perte d'exploitation. Les techniciens concernés se sont entraînés sur le navire virtuel en 3D afin d'anticiper les problèmes éventuels lors de l'intervention et de déterminer le séquençage optimisé des opérations à réaliser.

Dans les 2 exemples cités, la rupture technologique apportée par la Réalité Virtuelle a permis de réduire les coûts de formation et d'exploitation des navires et, par voie de conséquence, a permis un maintien voire une augmentation de l'emploi sur les fonctions concernées.

CLARTE : www.clarte.asso.fr

TABLE RONDE : SECTEUR CHIMIE, MATERIAUX



Nicolas DE WARREN

Directeur des relations institutionnelles d'Arkéma

Arkema, leader français de la chimie à vocation mondiale, est de plus en plus orienté vers les spécialités et dispose d'un robuste potentiel de recherche à travers ses neuf centres de recherche dans le monde. En tant que chimistes, notre travail consiste fondamentalement à apporter des solutions innovantes à toutes les autres industries. Nous travaillons ainsi sur tous les sujets-clés du développement durable, qu'il s'agisse des énergies nouvelles, du stockage de l'énergie et de l'efficacité énergétique, des matières premières bio-sourcées, de l'allègement des matériaux, de la gestion optimisée de l'eau, de l'éco-conception, etc. La modélisation et la simulation nous permettent d'optimiser et de raccourcir notre cycle d'innovation, notre *time to market*, et d'améliorer le service rendu à nos clients sous différents aspects. Nous utilisons modélisation et simulation à trois niveaux : au niveau micro et maintenant nanoscopique, puis au niveau mésoscopique dans l'optimisation des phases de pilotage et de la conception de nos réacteurs et enfin, à l'échelle macroscopique avec la virtualisation de nos futurs ateliers et unités de production.

Cette approche multi-échelles est donc désormais critique et les outils de simulation que nous utilisons doivent impérativement intégrer, sans discontinuité, ces échelles distinctes. Par ailleurs, nous sommes confrontés à la nécessité croissante d'intégrer, dès la conception, les contraintes opératoires en exploitation des unités, notamment les cycles de maintenance et leurs modalités qui doivent être optimisées. Au-delà même, nous devons intégrer dans la modélisation la gestion des flux amont et aval, du stockage à la chaîne de livraison et enfin l'ensemble du cycle de vie du produit, dans une logique d'éco-conception. C'est ce qu'on pourrait appeler la modélisation multifonctionnelle intégrée, et dans cette perspective, l'approche multi-échelles est désormais incontournable.

La modélisation numérique permet ainsi le raccourcissement des phases de développement et des gains de performance appréciables dans notre processus d'innovation et de recherche. Elle permet également de *booster* les performances d'autres outils à notre disposition (screening ultra-rapide, robotique, unités-pilotes), en démultipliant notre capacité de compréhension, ce qui permet d'optimiser l'efficacité de ces mêmes outils.

Mais fondamentalement, la chimie reste une science appliquée, et quelles que soient les vertus et les performances de la modélisation, nous ne sommes pas encore en mesure de nous passer d'expérimentations sur pilote. En revanche – et c'est un gain particulièrement appréciable – la modélisation et la simulation permettent de réduire et surtout d'optimiser remarquablement les phases de pilotage.

En guise d'exemples pratiques, nous produisons des peroxydes organiques, qui sont des initiateurs de polymérisation et de vulcanisation. Ces éléments sont par nature extrêmement réactifs et exothermiques. La problématique de sécurité est donc absolument majeure tant lors de la production que lors du transport

et de leur utilisation par la clientèle. La simulation des réactions constitue donc un enjeu critique en termes de service aux clients. Le fait de pouvoir simuler et caractériser expérimentalement la stabilité thermique de ces peroxydes nous permet ensuite de déterminer les conditions d'emballage, de transport et de stockage, et par conséquent d'apporter un service très optimisé à la clientèle.

Un autre exemple concerne le contrôle en ligne d'un processus de polymérisation (en extrusion) d'un thermoplastique. Le contrôle *ex-post* en polymérisation est tardif et imparfait. Nous avons développé une approche qui conduit à élaborer des modèles de corrélation entre une « signature » - relevée lors du contrôle en ligne - et un ensemble de propriétés physico-chimiques du produit en cours d'élaboration. Ainsi, le calcul numérique permet-il très opportunément de transformer une mesure en un panel de propriétés.

En matière d'éco-conception d'un polymère, le premier axe d'effort consiste à optimiser ses trois caractéristiques critiques : légèreté - rigidité - dimension/épaisseur. Pour ce faire, il faut optimiser les paramètres d'injection qui permettent d'accroître la prédiction mécanique. Le deuxième axe concerne la fin de vie du produit, où le recyclage se traduira le plus souvent par de nouveaux processus d'extrusion. Il nous faut donc progresser sur la compréhension fondamentale de la polymérisation et notamment celle des phases intermédiaires de « plastification » (passage d'un état liquide à un état solide) dans une extrudeuse. Résultat pratique : la simulation numérique nous permet d'optimiser de façon remarquable - et parfois totalement contre-intuitive - les profils de nos vis d'extrusion, entraînant des gains substantiels de coûts de production.

Autre exemple, dans le cadre de REACH, nous avons une obligation de détermination expérimentale de nombreuses propriétés physico-chimiques pour les très nombreuses substances soumises à enregistrement (30 000 pour l'ensemble de la chimie) ou autorisation (1000 environ). Pour satisfaire à ces obligations réglementaires parfois très lourdes, la modélisation moléculaire nous ouvre la voie de façon remarquable à la prédiction des propriétés physico-chimiques recherchées, source de significatives économies et de gains de temps. Cette démarche est de surcroît également valorisable dans la recherche de nouvelles molécules. Nous avons développé sur le sujet un programme performant avec l'INERIS, grâce au soutien de l'ANR.

Dernier exemple, la simulation est particulièrement appréciable dans le processus de fabrication de gaz réfrigérants, ce qui représente un enjeu important en termes d'économies d'énergie, les chaînes de climatisation étant très énergivores. Arkema est l'un des leaders mondiaux de la production de gaz frigorigènes pour l'industrie et l'automobile. Dans le cadre du protocole de Montréal, nous développons aujourd'hui la quatrième génération de gaz frigorigènes. Il y a donc, dans ce cadre réglementaire très évolutif, des enjeux climatiques très importants. Pour répondre à ceux-ci, le calcul numérique et la modélisation des propriétés thermodynamiques des réfrigérants deviennent incontournables, pour une conception optimisée des composants d'un circuit frigorifique (compresseurs, échangeurs) visant à obtenir le meilleur rendement énergétique possible. Ces techniques nous permettent ainsi de travailler avec les équipementiers de manière tout à fait appréciable, en les aidant à définir de nouvelles technologies performantes d'échangeurs thermiques et de compresseurs.

**François MUDRY****Directeur scientifique d'ArcelorMittal, Membre de l'Académie des technologies**

Ce matin, les tables rondes ont abordé trois technologies émergentes différentes, l'une sur la virtualisation et l'immersion 3D, une autre sur les masses de données et une dernière sur la modélisation et la simulation. Nous nous centrerons ici encore sur la modélisation et la simulation. Je vous présenterai un exemple qui a fonctionné et un autre qui ne fonctionne pas encore.

L'exemple qui ne fonctionne pas encore concerne la technique de la coulée continue. Cette technique a constitué une révolution dans les années 1970-1980. Il s'agit de faire couler de l'acier liquide dans une lingotière en cuivre refroidie à l'eau et de le solidifier suffisamment pour qu'on puisse extraire l'acier semi-solide en bas de la lingotière sans que le cœur, encore liquide ne s'échappe. Cet ensemble composé d'une peau solidifiée et d'un cœur liquide est extrait entre des rouleaux abondamment refroidis qui le tiennent jusqu'à ce qu'il soit suffisamment solide pour sortir de la machine. Nous avons essayé de modéliser numériquement ce processus continu mais cette modélisation n'est pas encore fonctionnelle. En effet, le problème à modéliser est très multi-physique : thermique, mécanique des solides, mécanique des fluides, changement de phase et électromagnétisme. Tous ces phénomènes sont fortement couplés entre eux et très non-linéaires. Les algorithmes pour traiter les équations physiques sont gourmands en temps de calcul et nous sommes incapables de paralléliser correctement ce problème. Les temps de calcul sont toujours prohibitifs nous obligeant à ne traiter que des sous-aspects simplifiés. Nous avons cependant bon espoir d'y arriver dans le futur bien que cela demande beaucoup d'efforts.

Pour en venir à l'exemple qui a fonctionné, nos clients automobilistes demandent des voitures moins lourdes pour satisfaire aux nouvelles normes concernant les émissions de CO₂. ArcelorMittal propose des solutions d'allègement en utilisant de nouveaux aciers plus résistants, plus rigides ou plus légers. Nous avons voulu modéliser une « caisse en blanc » complète. Celle-ci comporte des centaines de pièces. Les paramètres du problème sont l'épaisseur et le matériau de chacune d'entre elles. Pour réduire le poids des véhicules, il faut pouvoir vérifier que le cahier des charges de la caisse globale est vérifié. Ce cahier des charges comporte trois cas de résistance au crash, des contraintes sur la rigidité, les premiers modes propres de déformation, la résistance à la fatigue, la faisabilité industrielle de chaque pièce (mise en forme, assemblage, etc.). On cherche à optimiser par rapport à deux objectifs : le poids total et la forme. Il s'agit d'un problème complexe d'optimisation nécessitant plusieurs mois sur des machines conventionnelles. Heureusement, il est parallélisable et il a donc pu être traité sur un nouveau calculateur Petaflop. Nous avons réussi à réduire le poids de 22,4 kilogrammes par rapport à la solution optimisée précédente. Quand on sait que 1 kg de gagné correspond à un gain de 30.000 t de CO₂ par an sur le parc français, on mesure l'intérêt de ce genre d'étude globale.

Par ces deux exemples, nous avons voulu montrer que tous les problèmes ne sont pas égaux devant les nouvelles machines. Les gains sont immédiats pour certains d'entre eux. Ils sont beaucoup plus difficiles à obtenir pour d'autres types de problèmes.



Thierry COUPEZ

Directeur-adjoint du CEMEF Sophia-Antipolis Mines-ParisTech

Il est très difficile de déclarer qu'il faut investir dans le numérique avant d'obtenir des résultats. Pour passer de la dactylographie à Word, il a d'abord fallu convaincre que cette évolution pouvait être intéressante. Je vais essayer de montrer le point de vue du laboratoire et des centres de recherche de l'Ecole des Mines qui ont vocation à travailler avec l'industrie grande, moyenne, voire petite. Deux grands centres travaillent particulièrement sur les matériaux, à savoir le centre des matériaux basé à Evry et le CEMEF basé à Sophia-Antipolis. Je voudrais vous présenter le calcul scientifique, un élément important en numérique. Au départ, les ordinateurs ont été inventés pour réaliser des calculs. Les premiers calculs ont servi à fabriquer la bombe atomique et à piloter virtuellement les premières fusées. Au regard de cette histoire, la recherche sur les matériaux est un domaine multidisciplinaire, faisant appel à la fois à la physique de la matière, à la mécanique et aux mathématiques. Nous essayons d'être neutres et de fabriquer des outils pour tout le monde. L'industrie française a été très vite préoccupée par les outils de simulation. La première préoccupation consistait à contrôler les aspects dimensionnels, les aspects de grandes séries. Si nous comptons tous les partenaires de nos laboratoires, les matériaux couvrent tous les domaines industriels dans la mesure où ils sont à la base de toute fabrication.

Les ordinateurs et la simulation numérique dans le cadre du calcul scientifique permettent les grands systèmes linéaires. Il y a cinquante ans, nous parlions de systèmes à dix inconnues ; aujourd'hui nous en sommes à des systèmes à plusieurs milliards d'inconnues. En matière de simulation de données, il faut multiplier ces données au carré ou au cube pour changer de dimension (2D ou 3D). De plus en plus, nous effectuons des calculs dynamiques dans lesquels le temps constitue également un facteur. Pour gagner un cran d'échelle, il faut alors multiplier par seize le nombre d'inconnues, ce qui masque nos réelles capacités de calcul. Ces dernières évoluent aussi exponentiellement. L'échelle conditionnera la possibilité de réaliser des calculs de plus en plus précis et qui rendront de mieux en mieux service de façon de plus en plus importante. La courbe exponentielle d'évolution de nos capacités de calcul s'accompagne de la révolution informatique par seuils.

Nous travaillons aussi bien dans la fonderie, dans le forgeage, etc. Or la simulation du calcul numérique présente des enjeux importants dans ces procédés. Certains tests ne peuvent être réalisés que par simulation. Quels sont les enjeux aujourd'hui ? Nous savons modéliser les procédés à l'échelle macroscopique. Pour produire des pièces en grande série, nous sommes suffisamment mûrs pour effectuer des simulations correctes. Peut-être n'est-ce plus à ce niveau que se joueront les enjeux industriels ; peut-être les Chinois pourront-ils davantage produire que nous. Néanmoins, notre préoccupation consiste à apporter plus de qualité à notre travail. Si nous sommes capables de simuler un procédé de fabrication d'un matériau et de qualifier la structure interne du matériau, alors la plus-value de la simulation est extrêmement importante. De la même manière, la métallurgie française est très avancée parce qu'elle est capable de contrôler la microstructure des pièces qu'elle produit. Pour apporter une solution aux problèmes d'écoulement, nous utilisons une simulation qui donne des résultats proches de la réalité.

Débat

Serge CATOIRE

Le cas de l'écoulement que nous ne réussissons pas encore à modéliser résulte-t-il d'un manque d'ingénieurs qui possèdent le savoir-faire, d'un manque de moyens de calcul ou d'une autre cause ? Le jour où nous réussirons à modéliser l'écoulement, que pouvons-nous espérer gagner ?

François MUDRY

Il ne s'agit pas d'un problème de machinerie mais la réalisation du processus n'est pas aisée.

Thierry COUPEZ

Nous ne parvenons pas à réaliser le parallélisme entre les techniques et les algorithmes utilisés.

Gérard ROUCAIROL, Académie des technologies

En termes de rupture, la performance des PC doublait en 18 mois mais aujourd'hui, elle n'évolue plus aussi rapidement. La seule manière d'augmenter la performance consiste à coupler plusieurs processeurs. Il s'agit d'une vraie rupture parce que depuis trente ans, l'utilisateur était habitué à voir la performance des PC doubler gratuitement. Le coût était assumé en amont par le producteur. Or ce n'est plus vrai avec la parallélisation.

TABLE RONDE : SECTEUR AGRO-ALIMENTAIRE



Jean-Luc PERROT
Directeur du Pôle de compétitivité Valorial

Je vous remercie d'avoir invité le secteur agroalimentaire dans cette réflexion qui me semble très intéressante. Contrairement peut-être à une idée reçue, le secteur agroalimentaire est un secteur High Tech. Pour poursuivre et générer de nouvelles technicités, nous avons très probablement besoin de l'ingénierie numérique. Deuxièmement, ce secteur est très technophile, ce qui signifie que la plupart des technologies qui sont intégrées dans le secteur agroalimentaire viennent d'autres secteurs (mécanique, chimie et matériaux, plasturgie, etc.). Si nous ne construisons pas, nous ne recherchons pas vraiment d'innovations en matière de technologie, en revanche nous intégrons ces technologies très régulièrement. Troisièmement, je voudrais souligner la relation très particulière que nous avons tous avec l'aliment. Il s'agit d'une relation complètement différente de celle que nous pouvons avoir avec une voiture, avec un téléphone portable, etc.

Je n'ai pas voulu rentrer dans le détail de la technologie mais je vais plutôt vous exposer les préoccupations de notre secteur telles que je les perçois à travers un pôle de compétitivité dont je suis le Directeur. Peut-être qu'à partir de cette présentation, des collaborations nouvelles pourront être envisagées entre ce secteur agroalimentaire et l'ensemble des acteurs de l'ingénierie numérique, afin de parvenir à faire pousser un brocoli dans un glaçon comme l'illustration le symbolise.

L'industrie agroalimentaire constitue un tissu très dense d'entreprises, dont de nombreuses PME qui côtoient quelques grands groupes comme Danone, Lactalis, etc. Le chiffre d'affaire de ce secteur est important - il s'agit d'un secteur majeur pour l'économie nationale - mais sa rentabilité est globalement assez faible. Ce secteur est par ailleurs très pourvoyeur d'emplois, ce qui renvoie à l'exposé sur l'ergonomie des postes de travail. Le secteur agroalimentaire emploie en effet un très grand nombre de salariés qui travaillent parfois dans des conditions difficiles (environnement froid par exemple) et pour lesquels l'ingénierie numérique pourrait apporter des solutions. Le secteur agroalimentaire est exportateur commercial net avec un excédent régulier et des fleurons dans le secteur du vin, du champagne, etc. Pourtant, le ratio de recherche & développement par rapport au chiffre d'affaires n'est pas très élevé.

Le pôle de compétitivité de Valorial a pour but d'imaginer les aliments de demain. Ce pôle de compétitivité est né comme les autres pôles en 2005 dans le premier bassin agroalimentaire européen, à savoir la zone ouest de la France. Cette zone représente le quart du chiffre d'affaires national de l'agroalimentaire. Les exportations de cette zone équivalent à environ 80 Airbus par an en termes de valeur. Il s'agit en outre d'une zone très pourvoyeuse d'emplois. L'ouest de la France est un grand bassin de fabrication et de transformation de protéines animales (protéines de viande, produits laitier, produits de la mer mais très peu de protéines végétales).

Qu'est-ce que l'aliment de demain ? Il s'agit premièrement de penser à nous-mêmes et à ce que nous allons manger au quotidien. Nous traduisons cette préoccupation par le fait d'apporter une réponse bénéfique à des attentes circonstanciées et personnalisées. La circonstance renvoie au contexte de la consommation : je peux manger ma pomme au pied d'un pommier, chez moi ou sur une aire de repos d'autoroute par exemple. La personnalisation renvoie au type d'aliment consommé, en l'occurrence la variété de pomme et son degré de transformation (compote, ...).

Nous nous devons de proposer un produit de qualité sanitaire irréprochable. Il s'agit d'une préoccupation majeure et permanente des filières agroalimentaires. Il existe deux notions, à savoir la sécurité sanitaire des aliments et la sécurité alimentaire qui introduit la notion de disponibilité du produit à tout un chacun. Nous sommes moins concernés mais il s'agit d'un enjeu très fort au niveau mondial. Nous devons ensuite proposer un aliment à effet neutre ou bénéfique sur la santé humaine. Tout le travail aujourd'hui consiste à faire le lien entre l'aliment, l'alimentation, la nutrition et notre santé. Nous aurons forcément besoin de vous et de l'ingénierie numérique pour répondre à cette question. L'aliment de demain c'est également des ingrédients que nous pouvons extraire des aliments. Une entreprise produisant du cidre se demandait ce qu'elle pouvait faire avec tous les déchets de pépin. Or nous avons trouvé dans les pépins une molécule très intéressante en ce qu'elle possède une propriété de coupe-faim. Aujourd'hui, cette molécule peut être extraite et intégrée dans des produits vendus en pharmacie. Enfin, nous devons proposer des procédés et des emballages innovants parce que le produit alimentaire aujourd'hui se présente de plus en plus sous forme emballée afin de préserver sa qualité et sa durée.

Du fait de son implantation dans le bassin ouest de la France, le pôle de compétitivité de Valorial travaille sur la base d'une dynamique projet qui fonctionne de manière satisfaisante mais qui pourrait probablement mieux fonctionner en identifiant des collaborations et des relations un peu moins centrées sur le produit et

un peu plus tournées vers l'extérieur, raison pour laquelle j'ai répondu avec beaucoup de plaisir à votre invitation.

Quels sont les grands défis de l'agroalimentaire aujourd'hui ? Le premier défi consiste à assurer la sécurité des aliments pour conforter la confiance des consommateurs. En effet, la confiance ou la défiance des consommateurs est permanente vis-à-vis des produits agroalimentaires. Il s'agit d'un sujet souvent passionnel auquel le secteur agroalimentaire doit apporter une réponse permanente. Le deuxième défi consiste à mieux comprendre les liens entre l'alimentation et la santé des hommes. Il s'agit d'un domaine de progrès conséquent dans lequel il reste des boîtes noires. Le troisième défi consiste à atteindre un système durable de production des aliments. Il existe dans ce domaine des perspectives d'évolution et de développement considérables. Enfin, le quatrième défi consiste à développer de nouveaux produits alimentaires qui répondent aux attentes des consommateurs. Depuis l'après-guerre, nous apportons une réponse de masse aux attentes des consommateurs – nous allons tous avec notre caddie effectuer nos achats le samedi matin. Aujourd'hui, l'enjeu pour ce secteur agroalimentaire vise à retrouver de l'intimité avec le consommateur. Les produits alimentaires peuvent répondre à ce besoin d'intimité.

J'ai essayé d'illustrer les liens entre ces défis alimentaires et les réponses technologiques qui pourraient y être apportées. Afin d'assurer la sécurité des aliments pour conforter la confiance des consommateurs, il faut pouvoir tracer, contrôler et anticiper. Tracer signifie maîtriser et rendre accessible les flux d'information générés en amont dans les *process* et vers les clients. Contrôler renvoie à la possibilité de disposer de technologies de contrôle non-invasives de préférence. Enfin, il s'agit de savoir comment, à partir de l'accumulation et du traitement de cette information, il est possible d'anticiper le comportement d'un produit alimentaire tout au long de sa chaîne de production, de transformation et de distribution jusqu'à sa consommation. Le défi d'une meilleure compréhension entre l'alimentation et la santé des hommes en est encore à ses débuts. Les collaborations sont très évidentes et nécessaires entre le monde de la santé et le monde de l'agroalimentaire. Nous devons disposer de masses de données très importantes permettant de faire un lien entre chaque individu, son alimentation et son état de santé. La construction de ce lien passe par la modélisation.

Le défi consistant à atteindre un système durable de production des aliments fait appel à une économie de toutes les utilités, aux coproduits issus de la transformation d'un produit animal ou végétal, à l'éco-conception, etc. Enfin, pour développer de nouveaux produits alimentaires qui répondent aux attentes des consommateurs, l'un des enjeux pour l'agroalimentaire consiste à réduire les délais de mise au point des produits. Cette réduction des durées de mise au point passe très certainement par de la modélisation. Nous pourrions réaliser ce travail d'ici cinq ou dix ans. Par ailleurs, un produit alimentaire doit être séduisant, ce qui implique l'intégration des données de sécurité des aliments, de qualité organoleptique, de profil nutritionnel, d'impacts environnementaux dans la conception d'un produit afin de le présenter en faisant ressortir ses meilleurs atouts.



Bruno PREPIN
Délégué général d'AgroEDI Europe

Je dirige une association créée il y a une vingtaine d'années et qui regroupe l'ensemble des acteurs de la filière agricole. Cette filière agricole s'est organisée pour utiliser le numérique pour améliorer la productivité et développer de nouveaux services. Je vais vous présenter des exemples sur la traçabilité des aliments. Le contexte actuel est celui d'une raréfaction des ressources en matières premières, ce qui implique la nécessité d'un développement et d'une meilleure gestion de ces matières premières. Nous avons en outre besoin d'une sécurité alimentaire. Il y a six mois, le contexte européen était difficile. Un pays, un produit ou un ensemble de produits avaient été accusés à tort d'être responsables d'une maladie. La perte économique pour les exploitants de ce produit s'élevait alors à environ 300 millions d'euros par semaine. Porter préjudice à un produit induit des conséquences importantes et durables. Il faut pouvoir s'y préparer, en diffusant notamment une information localement et nationalement et de manière certifiée.

La traçabilité fait appel à plusieurs niveaux. Le premier niveau concerne les échanges commerciaux vers les pays tiers. Aujourd'hui, certains pays (Etats-Unis, Canada, certains pays d'Asie) refusent les certificats papiers des aliments dans la mesure où ces certificats peuvent être falsifiés. Ils veulent produire des certificats électroniques, ce qui nécessite d'être capable de traiter l'ensemble de la chaîne du produit, qu'il soit animal ou végétal. Le deuxième niveau a trait aux échanges entre les pays qui répondent à une réglementation européenne. Ici encore, la certification papier diminue et, de plus en plus, se développent des passeports de produits qui permettent de faciliter leur traçabilité. Pour les produits d'origine animale, il s'agit de pouvoir tracer leur chaîne depuis l'alimentation des animaux jusqu'à la consommation du produit animal. Nous avons mis en place la traçabilité sur les grandes cultures ou les cultures de précision. Nous sommes ainsi capables de diminuer la quantité de produits phytosanitaires utilisés. En identifiant géographiquement l'ensemble des intrants chimiques, humains, machinistes d'une parcelle et en les projetant avec des historiques et des modèles mathématiques, nous pouvons prévoir le « taux de chimie » que nous mettrons sur cette parcelle. L'ensemble de la gestion du cycle de vie d'une parcelle est ainsi automatisé et numérisé.

La traçabilité numérique ne fonctionnera que si l'ensemble des acteurs parlent le même langage. Les associations comme la nôtre ont pour objectif de travailler sur un modèle sémantique pour que l'ensemble des acteurs parlent le même langage et s'appuient sur les mêmes référentiels. Nous travaillons notamment sur un programme intitulé « *Epidémio-surveillance* » qui permet d'observer les nuisibles sur une parcelle. En modélisant ces nuisibles, il s'agit d'agir en amont afin de diminuer les préventions chimiques. Cette traçabilité nécessite des éléments sémantiques de compréhension tout au long de cette chaîne. Nous travaillons sous l'égide de l'ONU dans l'organisation de normalisation UN/CEFACT qui standardise les échanges au niveau mondial, qu'ils se situent au début ou à la fin de la chaîne d'un produit. Très peu de Français travaillent sur ces standards. Or si nous voulons nous développer et rendre notre agriculture plus compétitive, il faut participer à ces instances de normalisation et de standardisation. Une agriculture plus compétitive passe par la capacité d'offrir des services, dont la traçabilité, avec les produits alimentaires de base.

Nous travaillons également sur l'association d'environnements hétérogènes. Nous sommes ainsi capables de tracer les lots échangés de manière électronique. Nous sommes en train de tracer un produit jusqu'à

l'agriculteur, avec des environnements qui permettent de remonter cette information par des objets communicants et de la téléphonie qui collectera et remontera cette information en termes de traçabilité. L'association d'environnements hétérogènes nécessitera l'utilisation d'objets virtuels et des règles sémantiques communes dans un environnement technique hétérogène.



Caroline ALAZARD,
Président-directeur général de Greenext

J'ai fondé Greenext en 2007. Il s'agit d'une TPE de 17 personnes. Notre métier consiste à calculer et à analyser l'impact socio-environnemental des produits de grande consommation. Les technologies numériques se situent véritablement au cœur de notre projet d'entreprise depuis son démarrage. Nous avons d'ailleurs gagné en 2009 le premier prix de la

croissance verte numérique. Nous utilisons ces technologies pour permettre aux entreprises, notamment agroalimentaires mais pas seulement, de piloter et de valoriser la performance socio-environnementale de leurs produits. Très concrètement, nous proposons en amont un calculateur/simulateur en temps réel qui permet, par exemple à un distributeur pour ses marques propres ou à un industriel, de définir ou redéfinir le cahier des charges d'un produit, en évaluant immédiatement sa performance environnementale. Nous apportons une aide à l'éco-conception. En aval, nous permettons aux entreprises de valoriser ces informations en les communiquant auprès des consommateurs au travers de GreenCode Info, application web/mobile avec laquelle Greenext participe directement à l'expérimentation nationale d'affichage environnemental organisée par les pouvoirs publics depuis le 1^{er} juillet 2011.

Le prisme que j'aimerais apporter à vos interventions est relatif à la responsabilité sociétale et environnementale des entreprises. Effectivement, les outils utilisés par les entreprises, en particulier dans le domaine de la conception et de la qualité des produits, sont de plus en plus performants et intelligents. Néanmoins, ils devraient aussi permettre de pousser de l'information de l'amont vers l'aval, c'est-à-dire de favoriser un partage transparent de l'information relative aux conditions de fabrication et d'usage des produits, entre les acteurs de la chaîne de consommation, en particulier avec les consommateurs. Pour cela, les entreprises ont besoin d'outils interopérables, utilisant un langage commun et des standards, mais également d'un cadre de référence qui leur permette de s'évaluer et de se comparer sur leur marché. En étant partagées entre entreprises et consommateurs, ces données de référence peuvent créer un cercle vertueux d'intelligence écologique collective pour l'amélioration des pratiques de production et de consommation. Greenext a constitué ce cadre de référence au moyen d'une base de données comprenant le profil environnemental théorique des 500 000 produits de grande consommation distribués en France. En étant au cœur de notre calculateur/simulateur, cette base permet d'accélérer la production par les entreprises de l'information relative à la performance environnementale de leurs produits. Mais elle permet aussi de partager une information objectivée, préalable incontournable pour faire évoluer nos pratiques de production et de consommation et favoriser une économie verte et équitable.

Débat

Bruno REVELLIN-FALCOZ

Une consœur à l'Académie des technologies, Marion Guillou, déclarait récemment qu'entre le champ et l'assiette, il existe de quoi nourrir les quelques six milliards d'habitants de la planète avec 2 000 calories par jour. Pourtant, environ un milliard de personnes souffrent de sous-nutrition. L'approche par le numérique donne-t-elle un meilleur suivi de ce qui se passe entre le champ et l'assiette ? Est-ce un sujet sur lequel vous travaillez les uns et les autres ?

Bruno PREPIN

Nous travaillons en amont pour assurer une traçabilité globale du produit, depuis l'agriculture jusqu'à la première transformation du produit et ensuite jusqu'à la consommation finale du produit. La question se pose sur les règles à suivre pour assurer la bonne communication des informations entre chaque acteur de la chaîne d'un produit. Cet enjeu porte à la fois sur la structuration du message et sur un référentiel commun. Nous travaillons aujourd'hui sur ces deux aspects. Les outils numériques permettent ce travail. Il faut maintenant aller encore plus loin en certifiant et en communiquant hors de nos frontières cette information qui est connue et transmise au niveau national. Il s'agit d'assurer un service accompagnant le produit.

Caroline ALAZARD

Dans le domaine du calcul de l'impact environnemental d'un produit, il existe aujourd'hui un ensemble de méthodes qui commencent à être structurées autour d'une norme référentielle.

Jean-Luc PERROT

Nous travaillons considérablement sur les interactions entre les conditions de production des produits agricoles et leur impact sur la qualité du produit (qualité nutritionnelle, organoleptique, technologique, etc.). Au niveau de l'usine agroalimentaire, il existe de grands axes de travail, à savoir les conditions de conservation des produits et l'optimisation des rendements matière. En effet, les pertes matière sont colossales. Il faut réfléchir à cette question dans la mesure où il existe un potentiel d'économies conséquent.

Bruno REVELLIN-FALCOZ

Dans un colloque récent, il était expliqué qu'à l'échelle de la planète, la production d'un kilogramme de blé nécessitait huit litres d'eau tandis que la production d'un kilogramme de bœuf en nécessitait seize. Les données numériques que vous utilisez pour l'ensemble des produits agroalimentaires vous permettent-elles d'analyser les conditions de production des différents types d'aliments ?

Jean-Luc PERROT

Nous analysons effectivement la quantité d'eau nécessaire à la genèse de tel ou tel élément alimentaire, mais également l'apport nutritionnel que la consommation d'un produit générera.

Caroline ALAZARD

D'où l'importance de pouvoir proposer aux industries agroalimentaires des simulateurs.

Jean-Luc PERROT

Nous essayons de développer la notion d'éco-innovation qui associe l'éco-conception et l'innovation de produit.

François RACHLINE, CESE

Dans les pays avancés où les mouvements écologiques sont développés, l'image la plus populaire de la terre n'est pas celle du champ mais celle de la planète. Le numérique peut-il restaurer l'idée du champ ?

Caroline ALAZARD

Nous utilisons beaucoup les nouvelles technologies et nous travaillons notamment à la définition du local. Il s'agit de pouvoir, grâce aux données que nous collectons, qualifier le local pour apporter au consommateur une information lui permettant de prendre contact avec son environnement proche.

De la salle

La question portait sur la malnutrition et sur le rôle que pouvait jouer le numérique dans la lutte contre la malnutrition. La malnutrition est toujours la conséquence de l'insécurité politique, des accidents climatiques et de la démographie. Malheureusement, le numérique ne peut pas vraiment agir sur ces causes. En revanche, les technologies numériques sont très largement utilisées pour élaborer des prévisions de récolte à six mois ou un an. Faire profiter ceux qui n'ont pas assez de nourriture des excédents de production pose la question du transport. Là encore, le numérique peut apporter un élément de solution.

Pierre PRIGENT, Argos Coaching

Je voudrais réintroduire l'homme dans le système. Derrière tous les thèmes abordés surgissent des questions de management de personnes, de relations sociales, de pauvreté et de richesse, etc. Il me semble que nous parvenons à un pic.

Serge CATOIRE

J'ai été frappé par l'utilisation du verbe séduire à la fin de l'exposé de Jean-Luc Perrot.

Jean-Luc PERROT

Il s'agit de répondre en intimité aux attentes de chacun des consommateurs. Il faut gérer un paradoxe, à savoir à la fois massifier les productions et répondre à une attente précise de chacun d'entre nous.

Caroline ALAZARD

J'associe au terme séduire le terme responsabiliser. Une entreprise agroalimentaire déclarait récemment vouloir faire et laisser dire. Or j'estime qu'il est important de faire et de faire savoir, ce que les nouvelles technologies permettent.

Conférence de clôture



Daniel ZAMPARINI
Grand témoin de l'industrie,
Directeur des services informatiques de PSA Peugeot Citroën

Je souhaite illustrer les évolutions que nous avons rencontrées dans le domaine automobile. J'aborderai ensuite le sujet d'une manière plus globale. En effet, le numérique ne touche pas simplement les grandes industries mais il aura également un impact sur la manière dont les entreprises s'organiseront et sur la manière dont la relation avec les clients évoluera. Il s'agit d'une vraie révolution que nous ne devons pas manquer si nous voulons rester dans la course.

Vous connaissez PSA. Aujourd'hui, nous restons le premier constructeur automobile en France. 2010 a été notre meilleure année en termes de volume. Nous sommes le deuxième leader en véhicules utilitaires légers en Europe après Volkswagen. Néanmoins, notre force constitue également notre axe d'amélioration, à savoir que nous restons aujourd'hui encore trop européens. Il faut faire en sorte de devenir un acteur mondial dans les années à venir. Il n'empêche que nous avons aujourd'hui six centres de recherche & développement au niveau mondial dont quatre en France. Pour concevoir des produits mondiaux, il faut pouvoir travailler avec des unités de recherche & développement à l'international. Nous avons ainsi une unité de R&D à Shanghai et une autre à Sao Paulo. Nous consacrons 5 % de notre chiffre d'affaires à la recherche & développement et nous avons également deux centres d'essais et deux centres de design.

Le cycle de développement d'une nouvelle voiture dure aujourd'hui entre deux ans et demi et trois ans alors qu'il y a peu de temps, ce cycle durait entre trois et quatre ans. Il est nécessaire de réduire le délai entre l'émergence de la première idée et le jour où le véhicule est lancé sur le marché. Au-delà de ce délai, les coûts de développement d'un nouveau véhicule peuvent également être réduits. Pourtant, le contenu des prestations est devenu de plus en plus riche. La seule réponse pour résoudre l'équation consiste à paralléliser les procédés et à travailler en interne mais également avec les fournisseurs, le plus tôt possible. Je vais vous présenter quelques exemples en la matière.

Nous avons évoqué la réalité virtuelle. Il est vrai que le style est avant tout une réalisation artistique. Les premiers sketches sont réalisés par des artistes. Il faut ensuite les traduire en réalité. Parallèlement à l'élaboration de ces premiers croquis du véhicule, nous utilisons la technologie numérique pour modéliser ce premier dessin et nous discutons avec les collaborateurs du marketing pour savoir si cette modélisation correspond à ce qu'ils ont en tête. A ce stade, la décision de lancer le projet n'est pas encore prise. Pourtant, nous avons l'impression que le véhicule existe déjà. Ensuite, nous commençons à définir plus précisément le véhicule modélisé. Ce développement se réalise en partenariat avec nos collaborateurs et nos fournisseurs. La difficulté réside dans la capacité à pouvoir partager les données au fur et à mesure des modifications. Nous sommes l'une des premières entreprises à déployer une image 3D du véhicule modélisé sur l'écran de tous nos fournisseurs afin de permettre un travail coopératif. Il existe donc un compromis entre le style et la technique. Nous commençons également à étudier l'architecture du véhicule, la conception détaillée des pièces. Si nous réalisions ces dessins les uns après les autres, il nous faudrait des années pour développer un nouveau véhicule. Le numérique constitue la seule possibilité de partager,

de collaborer et de réaliser plus rapidement ce que nous pourrions réaliser à travers des dessins. Non seulement nous définissons un nouveau produit mais également nous commençons à préparer les usines qui fabriqueront les pièces et monteront les véhicules. Il s'agit de concevoir les outils qui permettront de construire les pièces et d'assembler les véhicules. Tous les métiers de l'automobile sont concernés. Nous vérifions avec nos fournisseurs que les outils qui sont construits pour l'assemblage des véhicules sont adéquats. Nous définissons à la fois la voiture et les outils qui nous permettront de la produire. L'une des difficultés rencontrées a trait au fait que nos voitures comprennent de plus en plus d'électricité électronique. Il faut donc mettre en place en parallèle toute la conception d'électricité électronique. Il faut faire en sorte que tous les calculateurs et ordinateurs d'un véhicule puissent dialoguer et interagir ensemble. Si nous avons attendu la moitié du cycle de développement pour initialiser cet aspect, le temps nécessaire aurait été plus long.

Une fois que toutes ces hypothèses sont développées, il faut les valider, ce qui passe nécessairement par la simulation. Or dans le domaine automobile, la validation concerne tous les aspects du véhicule. Grâce à la simulation, tous les calculs nécessaires à la validation sont réduits. Les micro-processeurs du marché nous ont permis de contenir l'évolution des coûts de manière extraordinaire. Dans le même temps nous avons multiplié nos puissances installées par dix. L'apport des solutions grand public nous permet de réaliser ce que nous n'étions pas en mesure de réaliser auparavant.

Il ne faut pas oublier la partie B to C, ni la partie B to B. Auparavant, la construction d'une configuration s'appuyait sur des prises d'images. Aujourd'hui, nous disposons d'une chaîne continue entre la maquette et ses configureurs, qui s'effectue en temps réel bien avant que la voiture n'existe. La voiture devient un objet de plus en plus connecté et qui peut envoyer énormément de données à la base, ce qui permet de renvoyer au conducteur plusieurs informations (vitesse parcourue, anomalie détectée, aide à la prise de rendez-vous dans un garage, etc.). Les outils de diagnostic sont également de plus en plus sophistiqués.

En conclusion, nous ne pourrions pas rester dans la course parmi les meilleurs si nous ne maîtrisons pas le numérique non seulement pour concevoir les voitures mais également pour les vendre et pour développer une relation plus personnelle avec chacun de nos clients. Néanmoins, nous ne pouvons pas tout réaliser tous seuls. Le numérique fait appel à un écosystème qui, malheureusement, n'est pas aujourd'hui dominé par l'industrie européenne ni par l'industrie française. Cet écosystème est très dépendant de l'Amérique du Nord. Il existe d'énormes opportunités dans toutes les entreprises. La différence entre les entreprises qui réussissent et les entreprises qui rencontrent des difficultés résultera du meilleur traitement de l'ingénierie des connaissances par le biais du numérique. Non seulement pour l'industrie traditionnelle comme l'automobile mais également pour d'autres industries, comme l'agroalimentaire par exemple, correctement gérer le numérique constitue un challenge important qui nous permettra de mieux gérer les connaissances, de mieux vendre nos produits et de construire une relation personnalisée avec chacun de nos clients. En France, le numérique doit largement dépasser les entreprises comme la nôtre ou comme Dassault et Airbus. Le numérique doit devenir une culture partagée, seule manière de faire évoluer les organisations traditionnelles, de développer plus rapidement le travail collaboratif, de davantage faire participer chacune des personnes de notre société à la conception de nouveaux produits, de faire participer nos clients et leur permettre de s'exprimer, etc. Si nous ne nous engageons pas dans cette voie, nous risquons de ne plus être dans la course et d'être concurrencés par des nouveaux entrants. L'une des caractéristiques du numérique réside en effet dans l'opportunité qu'il donne à de nouveaux entrants de devenir des acteurs. Tout n'est pas encore perdu mais il faut que tout un écosystème puisse se déployer, incluant l'éducation. En dehors de l'industrie automobile, essayons tous modestement à notre niveau de développer un vrai écosystème et de sensibiliser le monde politique de l'importance d'un tel écosystème pour le futur. Si nous ne le faisons pas aujourd'hui, il sera peut-être trop tard demain.

CONCLUSIONS DES ORGANISATEURS



Françoise FRISCH
Vice-présidente du Conseil économique, social et environnemental
(CESE)

Bonsoir. A la fin de cette journée, je voudrais vous passer un seul message ; celui de l'importance accordée par le Conseil économique, social et environnemental à la collaboration que nous avons amorcée aujourd'hui avec l'Académie des technologies et le Conseil général de l'industrie, de l'énergie et des technologies. Clairement, nous sommes demandeurs de cette collaboration pour l'avenir pour ce que vous nous apportez d'ouverture sur le monde. J'aimerais terminer par quelques mots sur ce que nous pouvons, nous, vous apporter. La question de Monsieur Revellin-Falcoz sur la perte entre le champ et l'assiette et le problème planétaire que cela pose m'a incité à choisir cet exemple. Nous voyons que pour régler de tels problèmes, il faudra plus d'un jour.

Face à ce genre de question, nous rencontrerons de nombreuses polémiques et différentes formes de résistance au changement. Le Conseil économique, social et environnemental comprend davantage de femmes et constitue une mosaïque de représentants de la société civile organisée. 18 groupes sont représentés parmi lesquels des agriculteurs, des compatriotes ultra-marins, des représentants de syndicats de salariés, des représentants du patronat, des artisans, des professions libérales, etc. Sur un sujet habituellement polémique débouchant bien souvent sur des conséquences politiques, nous nous efforçons de nous mettre d'accord. En outre, le Conseil économique, social et environnemental constitue également un lieu d'influence dans la mesure où l'évolution de l'opinion de ses membres a un impact sur l'évolution de la société française qu'ils représentent. Nous avons le plus grand besoin de cette ouverture. Je terminerai en remerciant tous les intervenants et les participants à ce colloque. A très bientôt.



Gérard ROUCAIROL
Vice-président de l'Académie des technologies

Ce colloque était une première à trois composantes, à savoir la société civile représentée par le Conseil économique, social et environnemental, les politiques publiques représentées par le Conseil général de l'industrie, de l'énergie et des technologies et une anticipation du devenir de ces technologies apportée par l'Académie des technologies. De ce point de vue, cette journée a été un succès et je remercie les participants et les deux autres institutions partenaires de ce forum. L'une des dimensions que nous souhaitons faire passer à travers ce colloque a trait au fait que les technologies ne progressent pas en extrapolation simple de ce qui se passe habituellement. En général, les individus sont informés des

technologies de grand public mais ils sont peu informés des ruptures et des opportunités qu'elles offrent en matière d'évolution de la société et de l'économie. Cette journée a permis de montrer que de véritables politiques industrielles se mettent en place avec un changement profond des méthodes industrielles et des enjeux de compétitivité du fait de ces ruptures technologiques.



Héliane SERVEILLE

Conseil général de l'industrie, de l'énergie et des technologies (CGIET)

En conclusion, participer à ce colloque a été un grand plaisir pour nous aussi. Il s'agissait d'une première. Nous avons appris à travailler ensemble et nous sommes désireux de poursuivre. Je voudrais remercier l'auditoire et les intervenants, avec une mention spéciale pour les pôles de compétitivité dont plusieurs nous ont aidés de manière très professionnelle et ont mis à notre disposition leur réseau. Je souhaiterais particulièrement remercier toutes les personnes qui ont fédéré leurs compétences au sein de chaque organisme pour que cette journée soit un succès. Vous aurez une restitution synthétique de cette journée et vous recevrez prochainement un questionnaire en ligne vous demandant votre appréciation dans une perspective de poursuite de cette démarche. N'hésitez pas à formuler des propositions de thèmes et de formats.

RESUME ET PERSPECTIVES

Les Technologies de l'information et de la communication (TIC) sont à l'origine de ruptures technologiques, économiques et sociétales qui sont fondamentales. Vecteur d'innovation et de compétitivité pour les entreprises et les administrations, elles modifient profondément les modes de vie et les conditions de travail ainsi que l'organisation des entreprises.

Le Grand débat organisé le 25 Novembre au Palais d'Iéna à l'initiative de l'Académie des Technologies en collaboration avec le CESE et le CGIET, a réuni sur la thématique de *l'ingénierie numérique* des acteurs prestigieux du monde industriel, économique et social. Des exposés et des très nombreuses discussions qui ont suivi, il ressort très clairement que ce secteur représente un enjeu stratégique fondamental pour le développement économique de la France tant par l'important potentiel de création d'emplois et de valeur dans les sociétés de technologies issues de ces domaines que par l'impérieuse nécessité pour les entreprises (grandes et petites) d'intégrer ces technologies à tous les niveaux de l'organisation de l'entreprise.

En particulier il ressort des exposés que l'usage du numérique est maintenant devenu incontournable, d'un point de vue industriel, non seulement dans les phases aval de validation ou de qualification d'un produit ou service mais bien plus encore dans leur phase de conception.

Dans un contexte français ou européen marqué par les délocalisations et où les objectifs d'une ré-industrialisation modernisée deviennent donc prioritaires, on mesure aisément l'importance de s'assurer de la maîtrise technologique des outils qui sont indispensables aux prémices de tout processus industriel de création de valeur. De même les technologies d'aide à la décision, que celle-ci soit de nature commerciale, stratégique, technique ou encore politique, vont être entièrement révolutionnées par de nouvelles possibilités d'extraction de données statistiques à partir des masses de données considérables auxquelles on peut avoir accès via Internet. La capacité d'accéder rapidement à ce type d'information devient alors non seulement un enjeu de compétitivité mais aussi de pouvoir dans le concert mondial.

Cependant pour permettre une appropriation optimale de ces nouvelles technologies plusieurs actions sont impératives et tout particulièrement :

- Un effort soutenu de Recherche et Développement placée sous le signe de la continuité et du long terme au sein d'équipes pluridisciplinaires, industrielles et académiques
- La mise en place d'infrastructures nationales garantissant à tous (industries, administrations et citoyens) un accès aisé à ces technologies
- Un effort important d'information et d'aide à la conduite du changement pour assurer l'acceptabilité de ces changements structurels fondamentaux, notamment auprès des citoyens et des PME,
- La mise en place dans les universités et les grandes écoles de formations adaptées pour répondre aux besoins importants de compétences et permettre un bon usage de ces technologies dans la vie professionnelle et privée.

Le grand débat a permis de mettre tout particulièrement en évidence trois ruptures essentielles :

- La généralisation de l'usage des outils de modélisation et de simulation et le calcul haute performance ;
- Les outils de virtualisation et d'immersion 3D ;
- La disponibilité de masses considérables de données et l'impact des techniques destinées à les traiter et les analyser.

Ces ruptures ont été illustrées pendant le Grand débat par trois secteurs économiques, ceux du transport, de la chimie et des matériaux et de l'agro-alimentaire tout en insistant sur le caractère générique des ruptures et sur leur impact dans tous les secteurs de l'industrie, des services et de l'administration.

La France dispose d'un potentiel et de compétences pour répondre à ces défis, mais des mesures fortes et rapides doivent être prises pour saisir ce qui est à la fois une chance mais aussi un risque pour notre pays si on n'y prend pas garde.

Rédaction : Alain Brenac, chargé de mission pour l'organisation du Colloque,
Secrétaire scientifique de la Commission technologies de l'Information et de la Communication

Création/montage : Olga Allard/Académie des technologies

Crédits photos : CESE, Jean-Pierre Tinchon

Co-organisateur :

- Le Conseil économique, social et environnemental 9, place d'Iéna, Paris 16
www.lecese.fr
- Le Conseil General de L'industrie, de L'énergie et des Technologies, Ministère de l'économie, des finances et de l'industrie, Bâtiment Necker, 120 rue de Bercy, Paris 12, www.cgiet.org
- L'Académie des technologies, avenue Franklin D. Roosevelt, Porte C, Paris 8
www.academie-technologies.fr