

Par **Michel GAILLARD (73)**
Délégué général
Association Les Supélec



LA RÉINDUSTRIALISATION

Bien que la réflexion sur la perte de compétitivité de notre économie et le déclin de notre industrie soit plus ancienne que la période de campagne présidentielle vécue en 2012, force est de constater que ces deux thèmes ont été majeurs dans les débats qui ont nourri celle-ci, en raison des fortes préoccupations exprimées par les deux candidats finalistes en faveur de l'emploi et du retour à un équilibre budgétaire que nous impose le nécessaire désendettement du pays.

Les ingénieurs et scientifiques que forme Supélec sont évidemment très concernés par les enjeux que sous-tend l'ambition de réindustrialiser la France. Née il y a près de 120 ans de la volonté des industriels d'un secteur électrique en plein essor, de former les ingénieurs nécessaires à l'expansion de celui-ci, l'École a su constamment orienter son enseignement et sa recherche vers les domaines scientifiques et techniques à même de répondre aux attentes des secteurs industriels en développement, d'anticiper sur leurs besoins futurs en compétences et savoir-faire. Rappeler que l'industrie est au cœur des métiers qu'exercent les ingénieurs n'est pas chose inutile.

Avec ce dossier consacré au thème de la réindustrialisation du pays, nous avons voulu donner la parole à des Supélec qui, à des titres divers, se sentent très concernés par cet enjeu. Le sujet est vaste et complexe, nous n'avons pas ici la prétention d'en faire le tour, mais seulement d'apporter quelques éclairages sur certains de ses aspects.

Dans chaque numéro de *Flux* un espace peut être réservé à des « billets d'humeur ». Si vous souhaitez vous exprimer sur ce dossier lourd et ambitieux, pensez-y pour les éditions à venir. ■

PAS DE CROISSANCE SANS INDUSTRIE,
PAS D'INDUSTRIE SANS INGÉNIEURS.....20
Par **Julien ROITMAN (70)**

SUPÉLEC ET RÉINDUSTRIALISATION.....21
Par **Alain BRAVO**

PAROLES D'ÉLÈVES.....23
Par **Adrien CICLET, Alexandre JOLY, Adrien MENDONÇA, Bénédicte VIAL et Marine CUNY**

INDUSTRIE, DE QUOI PARLE-T-ON ?
UN BESOIN DE DÉFINITION
ET DE CLASSIFICATION PAR CATÉGORIES.....25
Par **Alexandre TEDESCHI (88)**

ACCÉLÉRER L'ORGANISATION
DES ÉCOSYSTÈMES D'INNOVATION
PRODUCTIFS EN FRANCE.....28
Par **Sylvain DORSCHNER et Dominique VERNAY (72)**

AIDER LES PME, PMI ET ETI,
CONDITION D'UN SURSAUT INDUSTRIEL.....31
Par **Pascal MORAND (85)**

ÉOLIEN OFFSHORE :
NAISSANCE D'UNE NOUVELLE FILIÈRE
INDUSTRIELLE FRANÇAISE.....34
Par **Frédéric HENDRICK (88)**

L'INDUSTRIE OPTIQUE EN BRETAGNE :
UN EXEMPLE D'AMBITION ET
DE PERSÉVÉRANCE.....38
Par **Denis TRÉGOAT et Philippe DUPUIS (64)**

UNE INDUSTRIE PERFORMANTE
EN FRANCE ?.....42
Par **Frédéric BOIS (89)**

BILLET D'HUMEUR.....46
Par **Claude HENRY (67)**

PAS DE CROISSANCE SANS INDUSTRIE, PAS D'INDUSTRIE SANS INGÉNIEURS

Par **Julien ROITMAN (70)**
Président des IESF



Tout le monde s'accorde à reconnaître aujourd'hui que le redressement de la France, ou tout au moins le maintien de sa position actuelle, passe par une croissance économique c'est-à-dire par les entreprises, qui retrouvent depuis peu l'intérêt, voire les faveurs du public.

Au-delà des incantations, ladite croissance est directement fonction des ressources que notre pays pourra ou voudra bien y consacrer : investissements massifs et dans la durée sur les infrastructures, sur l'industrie et sur la formation, priorité donnée à la compétitivité et à l'innovation.

Les ingénieurs et scientifiques sont à la fois les acteurs et les garants de cette ambition.

Ce n'est d'ailleurs pas un hasard si ces thèmes ont été au cœur de la campagne présidentielle de 2012, aucun candidat sérieux ne pouvant faire l'économie d'une ébauche de réponse aux défis posés par une crise dont « *tous ne mouraient pas, mais tous étaient frappés* ». La publication, dès novembre 2011, du Livre Blanc des ingénieurs et scientifiques de France, largement diffusé au sein de la classe politique française, a de toute évidence contribué à cette prise de conscience et au retour de l'industrie dans le giron du « politiquement correct »...

Notre corps professionnel a voulu faire entendre sa voix à cette occasion, et apporter des propositions concrètes dans nos domaines de compétence, en tout cas dans ceux jugés prioritaires en raison de leur enjeu sur la durée. Notre légitimité à nous exprimer repose entre autres sur la consultation très large menée pendant plus de six mois au travers des 180 associations fédérées par IESF pour répondre aux questions qui nous taraudent : comment réindustrialiser la France, réhabiliter l'entreprise et encoura-

ger l'innovation ? Comment faire de l'enseignement supérieur une véritable préparation aux métiers ? Quelle stratégie énergétique adopter dans le cadre d'un développement responsable et d'une maîtrise de la sécurité ? Comment restaurer l'image de la science et de la technologie et rendre attractives les activités qui y sont liées ?

Nous avons fait 40 propositions pour réindustrialiser la France, articulées selon sept thèmes majeurs :

- **Relancer l'industrialisation de la France et l'attractivité de ses territoires**

Faire de nos entreprises l'outil de reconquête des marchés extérieurs : si la reconquête est une nécessité, elle doit se faire dans toutes ses dimensions : relocalisation d'activités, place des services, entreprises multipolaires. L'effort de reconquête peut être optimisé en stimulant les vocations d'entrepreneur pour transmettre ou créer des PME-PMI, en donnant l'avantage au terrain, et en réhabilitant les investissements à long terme pour l'attractivité des territoires.

- **Recherche, innovation et invention**

Ce sont les clés de notre compétitivité à venir. Plusieurs actions peuvent être mises en place pour faire face à la concurrence mondiale : un renouvellement continu de notre offre, le développement de l'innovation avec une démarche partagée par tous les acteurs concernés. Il faudra pour cela créer un environnement favorable (travaux de recherche, profils de docteurs) en portant une attention particulière aux technologies numériques.

- **Améliorer les formations et les préparations aux métiers d'ingénieur et de scientifique**

Sur la durée, le capital humain est un facteur crucial de la compétitivité : quitte à améliorer les formations et les préparations aux métiers d'ingénieur et de scientifique, autant capitaliser sur des modèles de formation qui ont déjà fait leurs preuves (les Grandes Écoles). Il est nécessaire de passer d'une dimension institutionnelle et quantitative à la mise en valeur des talents. Tout comme il est indispensable de s'ouvrir et s'adapter pour faire face aux nouveaux défis.

- **Répondre aux défis énergétiques dans l'immédiat et dans la durée**

L'énergie est un élément clé de notre qualité de vie et de notre potentiel de développement. Le passage d'une culture de gaspillage à une culture de recyclage est indispensable. Un débat public contradictoire tenant compte de la réalité et des horizons de temps doit être mis en place. Une action nationale, européenne et internationale relative au nucléaire et à l'efficacité énergétique doit être initiée.

- **Développer une culture de prévention des risques et de sécurité dans un monde incertain**

Thème sensible qui touche directement les ingénieurs, la sécurité appelle des réponses à construire sans céder à la politique de l'autruche, de façon à développer une culture de prévention et de suivi.

- **Ingénieurs et scientifiques, acteurs engagés d'un développement responsable**

La réalité s'impose à nous d'un monde dont les ressources ne sont plus infinies, la nature ne se réparant plus « automatiquement ». Cette nouvelle donne impose de nouvelles règles de conduite. Elle crée également un nouveau paradigme pour l'ingénieur et le scientifique, qui vont devoir élaborer des solutions sans précédent, par des voies sans précédent.

- **Restaurer une image attractive et concrète de la science et de la technologie**

Dans tous les pays développés, on a constaté une baisse préoccupante de l'intérêt pour la connaissance. Pour retrouver une vision positive du progrès de la connaissance et des technologies, plusieurs actions doivent être menées : motiver les jeunes en les informant mieux sur les carrières scientifiques, mieux reconnaître et rémunérer les métiers d'ingénieur, de chercheur, de technicien. Dynamiser le corps socio-professionnel des ingénieurs et scientifiques, encourager ses membres à rejoindre leurs associations en restaurant la défiscalisation des cotisations, favoriser une gestion des carrières dans la durée.

Le Livre Blanc est un document fondateur, « durable », synthèse des points de vue de la majorité de nos camarades. Il ne faut donc pas hésiter à s'y référer et à s'en servir vis-à-vis des princes qui nous gouvernent : maintenant que la Présidentielle est derrière nous, les associations d'ingénieurs et de scientifiques fédérées au sein d'IESF doivent se positionner comme des observateurs vigilants de la politique industrielle du nouveau gouvernement et apporter leur pierre au redressement du pays. Pas de croissance sans industrie, pas d'industrie sans ingénieurs.



À nous d'augmenter significativement notre participation à la représentation nationale et à la conduite des affaires dans les prochaines années : on ne peut en effet se plaindre de la place modeste dévolue à notre profession si nous ne faisons pas les uns et les autres l'effort de nous engager dans les débats de société et dans la vie publique, en nous appuyant sur notre expérience et sur notre pragmatisme. ■

SUPÉLEC ET RÉINDUSTRIALISATION



Par **Alain BRAVO**
Directeur Général de Supélec

Dans son histoire, Supélec a déjà traversé deux périodes économiques difficiles. Ces deux périodes sont relatées dans les « Cent ans d'histoire de l'École Supérieure d'Électricité » Girolamo Ramuni & Michel Savio. La première période est traitée dans le chapitre « Malakoff : essor, succès, difficultés (1924-1937) » ; le second dans le chapitre « Bouleversements industriels et sociaux : les adaptations nécessaires (1949-1960) » complété par « L'époque de la stabilisation dynamique (1960-1972) ».

À chaque fois, l'École a réagi en adaptant son modèle de fonctionnement, tout en poursuivant son développement au plus près des besoins de l'industrie, des services et de la recherche. En cet automne 2012, les Pouvoirs Publics lancent un « Pacte national pour la croissance, la compétitivité et l'emploi » suite au rapport de Louis Gallois, commissaire général à l'Investissement, ancien président d'EADS.

Que dire aujourd'hui du positionnement de Supélec dans l'ambition industrielle et de ses objectifs dans la mise en œuvre des leviers industriels ?

L'ambition industrielle

Si la recherche française est de haut niveau, force est de reconnaître que le taux de conversion des innovations en succès commerciaux est insuffisant, notamment pour soutenir à l'exportation une concurrence « hors prix » (innovation, qualité, service, ...). Au cœur de l'ambition industrielle est donc la « montée en gamme » pour laquelle les pôles de compétitivité, notamment les pôles stratégiques à rayonnement international, sont appelés à contribuer significativement. Dans l'accélération du transfert de la recherche à l'innovation, au titre du Programme des investissements d'avenir, les Instituts de Recherche Technologique (IRT) ont également un rôle clé à jouer. Enfin, à l'instar du modèle allemand, les thèmes de « Structuration et solidarité du tissu industriel » sont décisifs pour les PME et les ETI avec les notions de proximité et d'ancrage géographique auprès des industriels.

Les positions prises par Supélec dans les Pôles de compétitivité ancrent ainsi l'École, sa formation et sa recherche au cœur du redressement dans des filières majeures : Systematic (systèmes logiciels complexes), ASTech (aéronautique, espace, systèmes embarqués), MOV'EO (transports avancés) en Île-de-France, Images et Réseaux (images numériques) en Bretagne, MATERIALIA (matériaux et procédés) en Lorraine et S2E2 (énergie électrique) en Région Centre. Dans le prolongement de ces pôles, il importe de souligner la présence de Supélec dans les IRT System X et B-com, et par là sa démarche nouvelle de rapprochement et d'accompagnement des PME et ETI.

Les leviers

Le Pacte aborde également les leviers de la politique industrielle, insiste sur l'offre de formations tournées vers l'emploi et l'avenir au moment même où

le ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche a organisé des Assises territoriales et nationales dans son champ de compétence.

De la contribution de l'École, commune avec Centrale Paris, ressortent plusieurs thèmes d'actions qui entrent dans la logique du Pacte :

a) La réussite pour les étudiants conjugue impérativement plusieurs paramètres :

- **Les vocations scientifiques** : l'attraction vers les sciences exactes doit être développée dès le Lycée (bac -3), en particulier au travers de programmes tels que les cordées de la réussite pour lesquels les écoles d'ingénieurs pourraient parrainer des lycéens en nombre jusqu'à concurrence de 30% de l'effectif de leurs promotions (soit environ 300 en ce qui concerne CentraleSupélec qui délivre chaque année 1 000 élèves ingénieurs).
- **L'ouverture sociale** : alors qu'en moyenne les boursiers 2008 avaient deux points de moins de moyenne que les non-boursiers 2008 au moment où ils ont passé le baccalauréat (soit une mention d'écart), deux ans plus tard lorsqu'ils passent le concours d'entrée aux Grandes Écoles, cet écart moyen a été réduit à un point à l'écrit et à un intervalle de 0,5 à 0,7 point à l'oral, les CPGE permettant donc de rattraper de 2/3 à 3/4 du handicap social accumulé tout au long du lycée. Il est, de plus, observé que dans les matières qui pour certaines classes ne sont débutées qu'en CPGE cet écart est égal à zéro. Devrait donc être significativement augmenté le nombre des bourses allouées pour les formations en classes préparatoires aux Grandes Écoles (CPGE) et ensuite en école d'ingénieurs.
- **Les recrutements** : si CentraleSupélec rappelle son attachement au concours situé en aval des CPGE car le socle de programmes et de méthodes pédagogiques des CPGE est un référentiel précieux pour les autres dispositifs de recrutement, au sein de la future Université Paris-Saclay, les formations d'ingénieurs devront être accessibles également par voie post-bac dès le niveau L3 (cf. depuis 2010 l'accord Université Paris Sud, Centrale et Supélec). Il conviendra par ailleurs de développer l'ouverture aux formations technologiques via l'apprentissage. Une meilleure attractivité internationale se conjuguera à ces actions pour se traduire d'ici à 2020 par une augmentation du nombre d'ingénieurs formés pouvant atteindre 10 %.
- **L'insertion professionnelle** : ayant à l'esprit que les diplômés de Centrale et Supélec sont en situation d'activité à plus de 85 % moins de deux mois après leur fin d'études, il ne peut qu'être confirmé que l'implication des partenaires économiques est fondamentale aussi bien dans la gouvernance des établissements que pour l'orientation et la réalisation des projets pédagogiques, et pour l'évaluation de l'acquisition des compétences.

b) L'ambition pour la recherche et l'enseignement supérieur.

Quatre objectifs mobilisent plus particulièrement Centrale-Supélec :

- **La gouvernance** : l'ambition en formation d'ingénieurs et de doctorants est d'améliorer continuellement leur modèle pédagogique et scientifique qui permet d'ores et déjà de faire acquérir les connaissances et compétences nécessaires dans les entreprises, grands groupes et PME/PMI, et dans les laboratoires de recherche. Contribuer à l'innovation et à sa valorisation nécessite de rester au plus près des enjeux sectoriels et des politiques de site : dans Paris-Saclay, sans que ce soit un modèle unique applicable à toutes les composantes, il sera donc essentiel d'organiser la gouvernance de la School of Engineering & Information Science/Technology avec une large participation d'acteurs économiques et de collectivités territoriales dotés de pouvoirs exécutifs.
- **La recherche** : l'ambition en recherche est de développer le continuum le plus fertile possible de la recherche fondamentale à la recherche appliquée, et de la recherche expérimentale à la recherche fondamentale. Dans le modèle économique de CentraleSupélec la recherche contractuelle joue un rôle important de création de ressources propres puisque les revenus correspondants représentaient en 2011 20% de son budget consolidé en coûts complets : son développement est un enjeu capital pour les sciences de l'ingénierie et des technologies, et en termes de transdisciplinarité dans les sciences des systèmes, notamment au sein du programme cadre européen HORIZON 2020.
- **Le doctorat pour l'innovation** : l'ambition de CentraleSupélec est d'inciter 20% de ses élèves à poursuivre leurs études d'ingénieur par un doctorat. L'instauration d'un Bonus « poursuite en études doctorales » serait un élément stratégique de dialogues objectifs-moyens. Par ailleurs, à l'instar de l'action menée avec l'Université Paris Sud et de l'ENS Cachan au sein de la communauté des sciences de l'ingénierie et des systèmes - CSIS, et qui se prolonge avec Paris-Saclay, l'encadrement de la formation des doctorants sera enrichi avec des parcours de « compétences pour l'entreprise ».
- **L'enseignement supérieur numérique** : l'ambition internationale de l'enseignement supérieur français et de sa recherche doit se manifester au cours de la prochaine décennie dans l'espace numérique, et une stratégie nationale à la dimension des initiatives *Open On-line Courses* est impérativement à développer en complément des créations d'établissements français à l'étranger. À ce titre, dans le prolongement de ses premiers travaux, CentraleSupélec s'engagera au sein de Paris-Saclay.

Louis Gallois conclut son rapport par ces lignes :

« Pour reconquérir sa compétitivité, la France devra accomplir des efforts, manifester une grande persévérance dans l'action. ... L'objet du présent rapport, au-delà du diagnostic, est de proposer un ensemble de mesures cohérentes, servant de base à un pacte entre tous les acteurs de la reconquête industrielle de la France. »

À cet égard, au cours de cette décennie, comme dans les années 20 et 50, Supélec sera à son poste. ■

PAROLES D'ÉLÈVES

Le sujet de la réindustrialisation de la France est au cœur de beaucoup de débats actuellement. C'est un processus nécessaire, car le secteur industriel, employeur et moteur du tertiaire, constitue un pilier de notre économie.

La question que nous, futurs ingénieurs, nous posons est comment pouvons-nous nous inscrire dans cette évolution.

La réindustrialisation passe par l'innovation ...

*Par Adrien CICLET
Étudiant en seconde année*



Il semble évident que nous ne pourrions pas réindustrialiser à l'identique, il nous faut donc innover, être à la pointe et favoriser de nouveaux marchés plus porteurs. Il sera important de promouvoir les start-up qui sont un véritable vecteur de développement des idées, favoriser la recherche publique comme la recherche privée et investir dans des industries d'avenir. L'état a son rôle cadre à jouer mais c'est avant tout un véritable esprit d'entrepreneuriat inventif, ingénieux qui doit être insufflé.



...mais aussi par la qualité...

*Par Alexandre JOLY
Étudiant en seconde année*



La délocalisation fait malheureusement partie de notre quotidien depuis plusieurs décennies. Récemment les haut-fourneaux d'Arcelor en sont un bien triste exemple. Aujourd'hui en France, le chômage atteint son 17^e mois de hausse successive bien qu'Arnaud Montebourg essaie tant bien que mal de minimiser les dommages causés par cette délocalisation.

Cependant, certaines industries choisissent de revenir dans leur pays d'origine. Les constructeurs automobiles allemands sont la preuve vivante que cette pratique est rentable. Faute de qualité du produit fini, salaires augmentant dans les pays en développement, voire même logistique difficile à gérer à distance, sont autant de facteurs qui amènent à la réindustrialisation.

Bien que cette tendance reste marginale, elle devrait prendre plus de poids à l'avenir. Le gouvernement devrait l'accélérer en offrant encore plus d'avantages fiscaux qu'il ne le fait déjà pour les entreprises qui produisent sur le territoire français. Cela pourrait être une piste pour résorber le chômage. Par ailleurs en tant qu'entreprise, il est vrai que le marché dicte ses règles et qu'il est donc difficile de ne pas choisir la solution la plus rentable. Cependant, la limite est mince car cette rentabilité se fait parfois au détriment de la qualité. Des entreprises qui font de leur image de marque leur fer de lance ont tout à gagner à s'assurer d'une qualité irréprochable fournie par de la main d'œuvre hautement qualifiée.

... et par l'entrepreneuriat

*Par Adrien MENDONÇA
Étudiant en seconde année*



L'industrie constitue l'un de nos principaux débouchés mais les perspectives d'avenir dans ce domaine en France ne semblent pas

porteuses d'espoir. Pourtant, nous ne sommes pas en manque d'initiative.

L'entrepreneuriat est un des éléments moteurs de notre économie, le nombre de créations d'entreprises ayant presque triplé entre 2002 et 2010. Nous sommes convaincus que ce potentiel est sous-exploité. Il existe des PME industrielles innovantes qui devraient constituer un véritable moteur de la réindustrialisation, mais elles ne sont pas assez encouragées dans leur développement et se font bien souvent racheter par des grands groupes avant d'arriver à une taille suffisante pour exporter et être compétitif à l'échelle internationale.

La réindustrialisation ressemble à la sélection naturelle

Par **Bénédicte VIAL**
Étudiante en seconde année



Faut-il réindustrialiser ? Nous avons outre-Manche l'exemple d'une nation, qui fut mère de la révolution industrielle, et qui peu à peu s'est désindustrialisée au point d'être aujourd'hui un pays dont l'économie repose sur les services.

J'aurais tendance à penser qu'avec le temps s'effectue un processus de sélection naturelle, et que l'activité d'un pays tend naturellement à évoluer de manière à optimiser à long terme sa santé économique. Dans cette optique, ne vont rester dans le pays que les activités dans lesquelles nous excellons et sur lesquelles nous sommes rentables.

Pourquoi souhaitons-nous donc réindustrialiser ? Est-ce par souci de valoriser un savoir-faire dont l'on connaît l'excellence mais qui peine à faire face, à l'étranger, à la concurrence mondiale ? Ou par crainte de ne plus contrôler toute la chaîne de valeur, de perdre notre savoir-faire et de devenir en quelque sorte dépendants de celui des autres ?

Il y a pour moi, sous-jacente également à cette question, la crainte de s'affranchir autant de la production visible et matérielle au profit de l'immatériel. En effet, autant l'on appréhende instinctivement la notion de valeur et de création de valeur sur une production de biens, autant sur une production de services, on a sans doute tou-

jours une réserve, présentant un risque, ayant le sentiment que la notion de création de valeur sur des services immatériels repose plus sur une théorie construite que sur une raison évidente.

Paradoxalement, c'est ce vers quoi nous évoluons : l'information, l'argent, les données se dématérialisent. Parallèlement à cela se créent de nouveaux commerces, de nouveaux savoir-faire, de nouveaux métiers. Il me semble que c'est là que se trouve l'avenir. Mais, peut-être aussi, que la question de la réindustrialisation va de pair avec cette impression que nous aurions d'aller « trop loin », de perdre nos repères.

Cependant une chose est sûre, c'est que si nous voulons réindustrialiser, il nous faudra le faire dans les secteurs où nous sommes forts, où nous serons forts. Il y a dans toute décision stratégique de cette importance une part d'anticipation et une part de pari. Réindustrialiser, ce sera parier sur des secteurs d'avenir... et non sur le passé ! ■

PAROLE D'UNE PREMIÈRE ANNÉE

Par **Marine CUNY**
Étudiante en première année



Le monde de demain, notre rôle dans la société, les défis qui nous attendent, etc., sont autant de sujets sur lesquels nous, élèves-ingénieurs, portons notre intérêt. Nous avons conscience, notamment en temps de crise, que la jeunesse peut faire la force d'une économie. Les questions de réindustrialisation abordées récemment nous donnent un nouvel élan et nous guident vers un nouveau domaine de compétitivité et d'innovation: alors que l'ère industrielle s'était vue écrasée par la finance, elle a l'occasion de reprendre le dessus, d'être rédemptrice. Cela repose certes sur des décideurs politiques mais aussi et surtout sur nous, élèves et ingénieurs de demain. Il nous faut profiter de cette chance, de ce système où toutes les opportunités sont à saisir, où la crise n'est pas une fatalité mais un vecteur de renouvellement de notre économie qui dynamiserait l'industrie !

INDUSTRIE, DE QUOI PARLE-T-ON ?

UN BESOIN DE DÉFINITION ET DE CLASSIFICATION PAR CATÉGORIES

Par **Alexandre TEDESCHI (88)**
Président de Grandes Écoles
Entrepreneurs (17 Clubs
entrepreneurs repreneurs de
diplômés de Grandes Écoles)



Depuis longtemps, de nombreuses affirmations sont véhiculées au sujet de l'Industrie française. Malheureusement, elles ne sont pas étayées de faits et d'analyses pertinentes sur ce sujet.

Une des raisons principales à cela réside dans le fait que tout le monde parle de l'Industrie, du commun des mortels aux intellectuels et politiques, en passant par les ingénieurs et les entrepreneurs, mais personne ne prend le temps de définir ce qu'on appelle Industrie aujourd'hui. Pourtant, tout part de là et ce n'est pas une mince affaire.



Sans entreprendre une démarche pour établir une définition en phase avec le monde actuel et ses nouvelles références, regardons la contribution de la communauté à cette définition sur Wikipédia :

L'industrie est l'ensemble des activités humaines tournées vers la production en série de biens ; elle sous-entend :

- une certaine division du travail contrairement à l'artisanat ;
- une notion d'échelle ; on parle de « quantités industrielles » lorsque le nombre de pièces identiques atteint un certain chiffre ;
- l'utilisation de machines qui modifient la nature même du travail.

Le caractère industriel d'une activité est étroitement lié au processus de production mis en œuvre : division du travail, spécialisation et répétitivité des tâches, donc mécanisation, développement et spécialisation des fonctions administratives et de support, etc.

De cette définition, on voit bien qu'il est nécessaire d'établir précisément un certain nombre de périmètres, paramètres et autres définitions : Industrie/

Artisanat - Échelle de production - Production en série - Division du travail - Part Machine/Homme - Sous-traitance - Processus de production et optimisation - Logistique ...

Sans ce travail permettant de bien qualifier l'Industrie, complété d'un travail secondaire de classification par catégories, on ne pourra pas sortir de données précises pouvant être comparées à d'autres (par exemple, celles de pays compétiteurs ou partenaires) ; on ne pourra pas sortir des indicateurs pertinents afin d'engager des processus d'amélioration et de mesurer l'effet de certaines mesures politiques. On restera donc dans le domaine des affirmations toutes faites qui, d'ailleurs, parfois, ne concernent plus l'Industrie.

Voilà pourquoi des questions peuvent se poser et rester sans réponse :

- Une société qui produirait cinq biens par an, est-elle industrielle même si elle dit travailler dans un site appelé usine ou avoir un gros chiffre d'affaires ?
- Une entreprise qui aurait une part trop importante de sa production de biens, sans machine, en



laissant une place trop importante au sur-mesure quasi artisanal, est-elle industrielle ?

- Une société produisant en France 10 biens par an quand son concurrent chinois en fait 5 000, peut-elle être comparée à ce dernier ? Dans cette situation précise, quel est vraiment l'impact du coût du travail comparé à celui du coût de production de masse ?
- Un entrepreneur qui sous-traite toute sa production, se concentrant sur le design, le marketing et la commercialisation, est-il un industriel ? Apple – Industriel ? Un français seul dans sa structure faisant la même chose mais pour 150 produits par an – Industriel ?
- Une société qui est dépassée au regard de ses moyens de production (vieilles machines – processus non optimisés) est-elle encore industrielle quand dans son secteur d'activité est à un autre stade d'évolution ? Quelle est la norme de référence concernant la division du travail et les processus industriels dans ce secteur pour la définition ?
- Une entreprise qui produit des biens immatériels, est-elle industrielle ?
- Y a-t-il des industriels sans usine ? Peut-on avoir une usine et ne pas être industriel ?

Arrêtons-nous là !

Une très grande complexité à analyser

Dans le prolongement du manque de définition et de classification pour parler de l'industrie, on peut avancer des réflexions sur cette dernière mais gare aux affirmations, car les sujets sont souvent d'une extrême complexité et des affirmations en apparence de bon sens peuvent cacher des réalités toutes autres.

Premier exemple :

L'innovation avec une affirmation qui fait consensus : « *L'innovation technologique permettra à la France de redresser son industrie* ».

En tant que fervent défenseur de l'innovation, mes propos pourraient surprendre mais, pour moi, cette affirmation est dérangeante. La majorité des gens oublie qu'avant 2008, le budget de recherche et développement de General Motors était un des plus importants du monde - plusieurs milliards de dollars, ce qui n'a pas évité à cette entreprise leader mondial de passer très près de la faillite. L'innovation, malheureusement, ne doit pas être que technologique, elle doit aussi s'accompagner d'un modèle économique nouveau, voire innovant. Parfois même, l'innovation ne doit être que sur le modèle économique, le marketing ou le design.

L'innovation n'est pas si facile que cela à appréhender et le gain n'est en rien automatique - les business angels et les capital risqueurs le savent bien.

Comme président de Clubs d'entrepreneurs, je rencontre chaque année beaucoup d'entrepreneurs innovateurs et je peux vous affirmer que l'innovation ne suffit pas pour faire du business.

Quant à l'analyse que certains entrepreneurs font sur leur innovation, il apparaît souvent, là aussi, qu'ils sont allés trop vite sur l'analyse de leur marché, de leurs concurrents, de leur environnement, des mentalités, de la recevabilité par les clients, de leurs coûts de production, de leur capacité à commercialiser leur produit ...

Deuxième exemple : **Le coût du travail qui focalise les esprits** **quand on parle de l'Industrie.**

Là encore, on part sur des idées basées sur des valeurs moyennes de production d'un salarié afin de se faciliter la vie pour l'analyse. Mais cela amène à des absurdités. Le vrai sujet est le coût en regard de la production humaine et de son efficacité. Ce que je peux affirmer c'est qu'il y a bien un sujet difficile à traiter – c'est la valeur de production d'un salarié – valeur de plus en plus dure à établir plus on monte en qualification, en autonomie et en responsabilité.

Le commun des mortels a pu observer que la motivation d'une équipe permet de faire plus avec celle-ci même sans incitation financière. J'ai pu rencontrer des entrepreneurs qui, avec une société de personnes très motivées et très profilées pour le job, faisaient le même boulot que des sociétés concurrentes employant beaucoup plus de personnes pour la même production. On a parlé souvent de cela pour l'entreprise Free ; son service technique, étant un concentré d'experts de haut niveau motivés, a un effectif beaucoup moins important que celui de ses concurrents.

Une industrie dans une société à repenser

Pour faire suite aux propos précédents, la complexité, c'est aussi que l'industrie est complètement présente et imbriquée dans notre vie de tous les jours et donc dans notre société.

Or, les fondations de nos sociétés/civilisations qui se sont développées majoritairement sur un modèle économique lié à la croissance doivent être revisitées et modifiées. Notre modèle est à bout de souffle et un nouveau doit être inventé si on ne veut pas voir des guerres remettre les pendules à zéro. Les rustines sur le vieux pneu ne serviront à rien, sinon à décaler sa fin dans le temps. Mais ce temps est de plus en plus limité.

Une société nouvelle doit être inventée, suite à une réflexion intelligente et non partisane, sur le sens du travail comme contribution de l'individu à la société, sur la mesure de cette contribution, sur le sens de l'intérêt général, sur les notions de



liberté et d'égalité, sur la gestion des inactifs et des actifs, sur le sens de notre société et ses priorités pour son développement et son épanouissement, sur l'accès libre à la propriété intellectuelle et aux technologies, sur le niveau moyen d'éducation nécessaire, sur le sens du libre échange concurrentiel à l'échelle de la planète et son organisation mondiale, sur la consommation limitée de biens, sur nos besoins fondamentaux dans un monde surpeuplé et donc sous contrainte de ressources, sur les prix à payer pour le changement, sur les évaluations qualitatives et financières que nous faisons de nos biens, sur les valeurs relatives entre les monnaies, sur l'aménagement du territoire, sur le respect effectif de l'environnement, sur nos exigences en terme de sécurité, sur nos exigences en terme de santé publique, sur nos approches à l'égard des risques de toute nature, etc.

Cette société a été inventée pour le meilleur monde possible – le sera-t-il ?

En tout cas les sujets évoqués pour son invention, seront traités pour le meilleur comme pour le pire sans d'ailleurs qu'on s'en rende compte et la société évoluera en bien ou en mal.

L'industrie aura toute sa place dans cette société et elle sera bien différente de celle d'aujourd'hui. Les gagnants seront ceux qui auront eu la vision de ce monde en profond changement et d'une extrême complexité. ■

ACCÉLÉRER L'ORGANISATION DES ÉCOSYSTÈMES D'INNOVATION PRODUCTIFS EN FRANCE

Par **Sylvain DORSCHNER**
Fondateur de INNOECO, Ancien
délégué général du pôle Systematic



et



Dominique VERNAY (72)
Président de la FCS Campus
Paris-Saclay, Ancien directeur
Technique de Thales, fondateur
et président d'honneur du pôle
Systematic

À partir de l'expérience qu'ils tirent des pôles de compétitivité, les auteurs proposent des pistes de réflexion pour disposer en France d'Écosystèmes d'Innovation Productifs de nature à donner à l'Industrie française un nouvel élan.

Transformation de l'organisation industrielle : écosystèmes et filières

L'industrie s'est profondément transformée depuis les années 1990 sous l'effet de la globalisation et de la diffusion des technologies de l'information. Cette transformation s'est caractérisée par une « dé-verticalisation » des grands groupes, l'apparition des sociétés de service à l'industrie (ingénierie, informatique, conseil) et celle de fournisseurs très souvent sous-traitants de production. Le modèle qui prévaut est celui de la division du travail aussi bien au niveau des entreprises appelées à se focaliser sur leur « *core business* » et à externaliser leurs activités jugées non stratégiques que des pays : les États-Unis et l'Europe se focalisant sur les tâches supposées nobles de la conception et des services, les autres pays, en particulier asiatiques, se chargeant de la production.

Ce modèle, s'il est encore transitoirement valable pour des produits standards de forte diffusion (commodités), ne prend en compte que le facteur de compétitivité coût et n'est ni acceptable socialement dans les pays occidentaux, ni réaliste à moyen terme sur le plan environnemental. Il a surtout été démenti par les pays émergents, maintenant émergés, qui mettent l'éducation, la science, la technologie et l'innovation au cœur de leur stratégie et ne se contentent plus des activités de production.

Par ailleurs, l'industrie de certains pays comme l'Allemagne ou la Suède, pourtant soumise aux mêmes transformations, s'en tire beaucoup mieux ;

une partie de l'explication de la différence avec la France vient d'une plus grande aptitude des acteurs à définir des stratégies communes, à collaborer, voire à mutualiser. Les organisations industrielles qui résultent de cette façon de travailler sont les « *clusters* » qui peuvent prendre des formes très variées.

Il devient indispensable de repenser le développement de l'Industrie en France. D'une part, en évitant de la segmenter en activités optimisées indépendamment : recherche, conception, industrialisation, production, support logistique sont autant d'activités en interdépendance forte ; par exemple, la perte de savoir-faire sur l'un des maillons peut avoir des répercussions négatives sur l'ensemble. D'autre part, en identifiant les sujets autour desquels les entreprises d'une même filière gagneront à jouer collectivement en s'appuyant résolument sur l'innovation comme facteur de compétitivité.

La politique des pôles de compétitivité : un exemple réussi de création de clusters

La politique des pôles de compétitivité prend sa genèse dans le rapport de Christian Blanc daté de janvier 1994 et intitulé « les écosystèmes de croissance ». Ce rapport montrait que partout où des politiques de soutien aux clusters avaient été déployées, le taux de croissance du territoire concerné surperformait économiquement par rapport à celui de l'État dans lequel il était inscrit. La question qui s'est alors posée aux décideurs séduits par l'idée fut de savoir comment faire naître ces écosystèmes qui permettent tout à la fois de rapprocher la Recherche de l'Industrie, facteur connu d'accélération de l'innovation, de répondre à l'attente des industriels en recherche de leviers de compétitivité hors prix et à celle des politiques en recherche de nouvelles approches pour l'aménagement du territoire.

Ainsi, une définition englobante fût arrêtée : « *un pôle de compétitivité rassemble sur un territoire bien*



nisés avec l'aide des collectivités territoriales et 71 pôles de compétitivité furent retenus recouvrant peu ou prou toutes les régions françaises et les principales filières industrielles.

Quelques six années après son lancement cette politique a fait l'objet d'une évaluation qui en dresse un bilan globalement très positif. Tout d'abord, ce sont pratiquement tous les grands groupes industriels français, plus de 5 000 PME et ETI et un très grand nombre de laboratoires de recherche qui se sont mobilisés pour mettre en place les gouvernances, établir les feuilles de route technologiques et bâtir les projets collaboratifs. Ce sont ensuite des projets de R&D collaboratifs qui ont généré entre 2008 et 2011 près de 2 500 innovations, 1 000 brevets et 6 500 articles scientifiques. Les dernières conclusions d'une étude à venir précisent que, pour les entreprises étudiées, la simple appartenance à un pôle entraîne une augmentation de 5% par an des dépenses en R&D, cette augmentation monte à 12% environ lorsque les entreprises participent à un projet collaboratif. Il n'y a donc pas d'effet d'aubaine : les entreprises ne substituent en rien la subvention publique, à leurs dépenses privées.

Au contraire, elles lui ajoutent une dépense privée supplémentaire, c'est donc un effet d'entraînement. Par ailleurs, l'effet levier constaté par l'investissement privé est très exactement de 3.1, très supérieur en cela au CIR.

Au-delà de cet aspect quantitatif, il est important de souligner que les pôles ont réalisé une transformation radicale des relations entre les acteurs : PME, grands groupes, laboratoires publics, établissements de formation, territoires ... Du climat de défiance, ou tout simplement d'ignorance des acteurs, les pôles ont su fabriquer de la confiance.

C'est sur ce modèle d'organisation et de refonte des relations et de coopération entre acteurs que nous pensons qu'il faut s'appuyer pour réin-

identifié et une thématique donnée, des entreprises petites et grandes, des laboratoires de recherche et des établissements de formation. Il a vocation à soutenir l'innovation, favoriser le développement des projets collaboratifs de recherche et développement (R&D) particulièrement innovants et de créer ainsi de la croissance et de l'emploi » (extrait du CIADT de 2005).

Sur cette base, une nouvelle politique d'innovation sans précédent fût donc adoptée en quelques mois, près de 1,5 Mds € de fonds publics furent débloqués pour les 3 premières années dont 600 millions placés dans un Fonds Unique Interministériel, un appel à projets national fût lancé. Cet appel à projets trouva un écho très positif et les acteurs de l'innovation se sont assez spontanément auto-orga-



dustrialiser la France. L'État doit faire confiance aux acteurs concernés et mettre en place des politiques pérennes d'incitations permettant leur mise en place.

Les Écosystèmes d'Innovation Productifs

Les clusters ne se limitent pas aux seuls écosystèmes de l'innovation : historiquement, c'est dans le domaine de la production que les premiers d'entre eux se sont constitués, en Suisse par exemple dans l'horlogerie et ce modèle s'est développé en Italie dans les années 1970 avec les districts industriels dont la réussite est reconnue. Il est souhaitable que l'approche retenue pour les mesures incitatives du gouvernement et en particulier celle des pôles de compétitivité permette de toucher le secteur productif avec deux axes d'actions :

- **le premier est celui de l'injection massive de l'innovation dans la chaîne de production** avec l'utilisation extensive des technologies de l'information, d'une robotique moins chère et l'arrivée des procédés de fabrication additifs, ceci suppose des investissements productifs importants et la mise en place de plates-formes mutualisées par des réseaux de PME accompagnés d'un effort important en matière de formation.
- **le deuxième est celui d'une plus forte prise en compte de la productique et des procédés de fabrication par les pôles de compétitivité.**

S'agissant d'innovation, on distingue classiquement innovation de rupture, celle qui permet de mettre au point des technologies et des produits radicalement nouveaux, et innovation incrémentale et de procédés ayant pour effet l'amélioration de produits ou de technologies ou encore la mise au point de nouveaux procédés industriels.

La France doit se positionner sur les deux types d'innovations qui se complètent :

- **L'innovation de rupture** s'appuie toujours sur une très forte concentration de chercheurs au meilleur niveau mondial en sciences et technologies. L'exemple classique est celui des grandes universités de recherche aux États-Unis comme Harvard, MIT, Stanford. Ces universités à la pointe de la science et de la technologie sont en relation forte avec le monde de l'entreprise. En France, la structuration en cours du paysage de l'enseignement supérieur et de la recherche doit permettre l'émergence d'une douzaine de telles universités. La création de l'Université Paris-Saclay à laquelle Supélec prend part correspond à cet objectif. Ces universités doivent se mobiliser sur les technologies capacitanes (enabling technologies) : nanotechnologies, matériaux avancés, biotechnologies, systèmes, etc. et sur les grands défis comme l'énergie desquels sortiront les industries de demain. Les IRT (Instituts de Recherche Technologiques) et les IEED (Instituts d'Excellence en Énergie Décarbonée) en seront les points focaux pour la coopération avec les industriels, les pôles de compétitivité les vecteurs de diffusion de ces technologies vers les filières industrielles.
- **L'innovation incrémentale et de procédés** : elle est clé pour la compétitivité des entreprises en particulier pour assurer la compétitivité de la conception et de la production. Elle nécessite une interaction très étroite entre industriels et laboratoires. Les Instituts Fraunhofer en Allemagne, le TNO aux Pays Bas et le VTT en Finlande en constituent les exemples les plus cités, la France avec les Instituts Carnot tente de s'en approcher. Toutefois les aspects liés à la productique n'y ont pas le même poids et mériteraient d'être sérieusement renforcés. Il en va de même sur la partie formation, la disponibilité de techniciens ou d'ingénieurs procédés de fabrication formés aux dernières techniques est indispensable pour avoir une activité de production compétitive.

Nous sommes convaincus que ces transformations sont essentielles à notre Industrie pour qu'elle puisse reprendre ses positions et servir de point d'appui à un rebond économique et d'emploi indispensable. ■

AIDER LES PME, PMI ET ETI, CONDITION D'UN SURSAUT INDUSTRIEL

Par **Pascal Morand (85)**



Voici quelques années, nos start-up luttèrent pour survivre dans la Bulle Internet et les grandes entreprises des Télécoms pour conquérir des parts de marché.

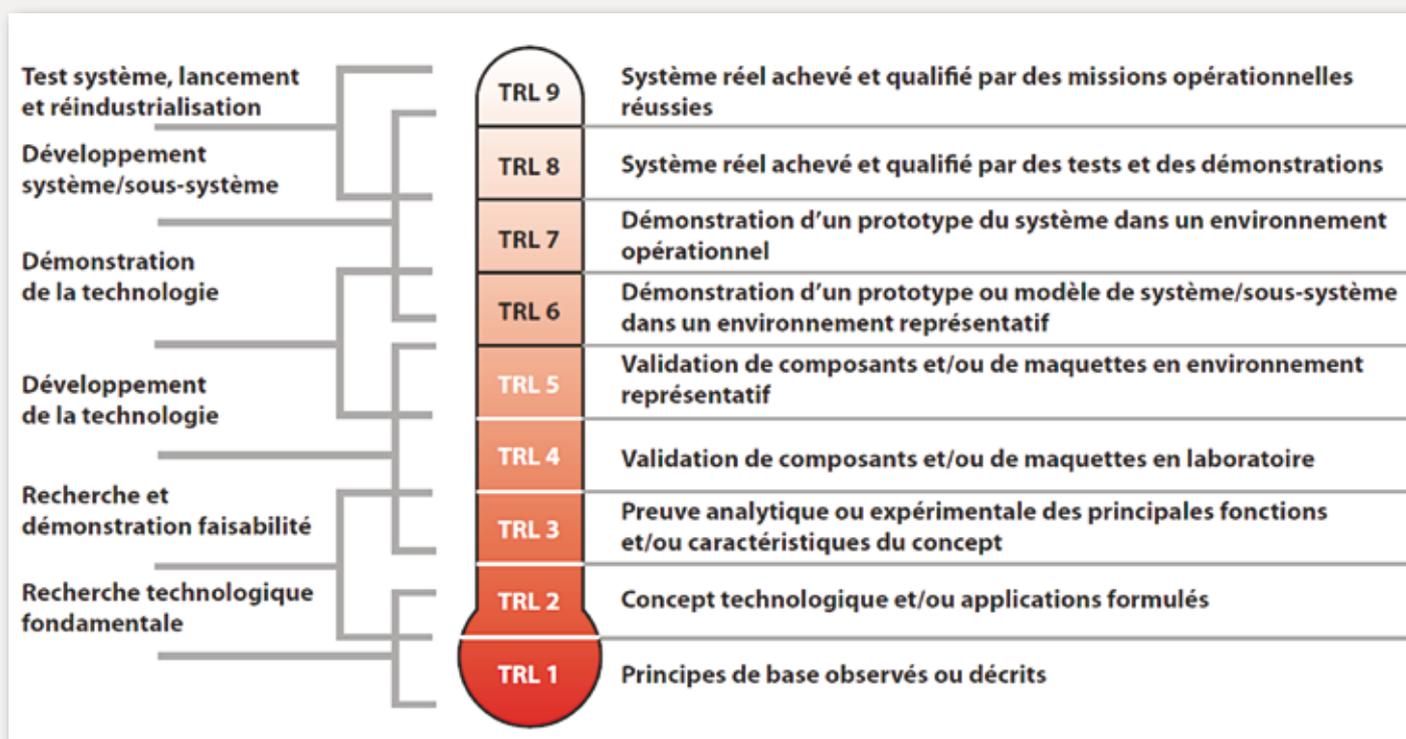
Tant pour les unes que pour les autres, ce fut la prime aux premiers et nouveaux entrants, la prime aux pionniers et aux plus audacieux.

Depuis, et notamment ces cinq dernières années, la prime est allée à ceux qui ont su le mieux se protéger. A contrario, ceux qui ont ouvert leurs marchés aux quatre vents, telle l'industrie des télécoms française, sont bien mal en point. Si certains États protègent leurs industries, comme le font le Canada ou les États-Unis, l'Europe est devenue un grand marché pour tous les industriels de la planète, plus ouvert que tous les autres

et sans que nous exigions de voir lesdits industriels produire dans nos pays. Sans risque de se tromper, on peut dire que l'un des grands chantiers de nos gouvernements nationaux et européen sera celui consistant à imaginer des contreparties, pour ce qu'il reste à sauver de notre industrie actuelle, mais aussi de celle en devenir.

Depuis 2005 en France, les Pôles de Compétitivité ont jeté les bases de nouveaux biotopes au sein desquels des entreprises, petites ou grandes, les Instituts Carnot (dont C3S Centrale-Supélec Systèmes) et divers organismes de recherche ont conçu de nouvelles formes de coopération pleines d'ambitions et au potentiel certain en matière de Recherche et Développement. Pour autant, qu'en est-il de leur efficacité collective en matière d'innovation, prise dans la définition internationale, selon l'échelle TRL (*Technology Readiness Level*), qui peut se traduire par Niveau de Maturité Technologique de la NASA par exemple, schématisée ci-dessous :

Pour amener des idées au stade du TRL 4 ou 5, les pôles de compétitivité ont fait leurs preuves et un millier de projets financés notamment avec des fonds F.U.I. (**FUI - Fonds Unique Interministériel**) notamment, d'autres avec des fonds FEDER (**FEDER - Fonds Européen de Développement Régional**), ont été portés sur les fonds baptismaux depuis six ans. Mais le respect des règles européennes sur la concurrence, empêche ces projets de dépasser le stade du TRL 6.





Reste la question du financement de l'innovation, plus ou moins intensive en capital selon qu'il s'agit d'extrapoler des technologies existantes (ex : passer de la 3G à la 4G), dont l'industrialisation (passage du TRL 6 au TRL 9) nécessiterait environ 3 fois plus de financements que pour la première partie du cycle, ou de projets sur des technologies de rupture exigeant un capital bien supérieur.

Depuis la mise en place des pôles de compétitivité, le recours au Crédit d'Impôt Recherche (CIR) a crû sensiblement, mais selon des modalités très différentes selon les acteurs, notamment depuis la réforme de 2008-2009. En effet, l'assiette des prestations éligibles au CIR peut être doublée pour toutes prestations passant par les Instituts Carnot, mais pas celles directement assurées par des PME-PMI. Ainsi depuis trois ans, les PME-PMI se sont vues coupées de leurs ressources en matière de contrats d'études et leurs liens avec les grandes entreprises se sont de fait en partie, voire totalement, taris.

Avant d'analyser comment passer de TRL 5/6 à TRL 9, il convient d'étudier ces nouvelles relations entre les PME-PMI et les autres acteurs, question renvoyant aux constantes de temps des cycles industriels, très variables selon la taille des entreprises.

Autrefois les grandes entreprises suscitaient des développements technologiques au sein des PME-PMI, voire des ETI, en leur commandant la réalisation de prototypes. Avec les pôles de compétitivité, les projets sont devenus collaboratifs, chaque partenaire devant puiser dans ses fonds propres pour cofinancer ceux-ci. L'État et les Régions ont accompagné le mouvement visant à créer de nouvelles entreprises structurées autour de ces projets dits « innovants ». Mais les emplois et l'activité économique n'ont jamais été au rendez-vous car les pôles de compétitivité ne savent pas dépasser le stade du TRL 5/6. Entre-temps, les G.E et certaines ETI se sont considérablement internationalisées, développant ici, prototypant là, industrialisant là-bas ... pour venir vendre ensuite chez nous !

Les G.E ne participent pas aux pôles de compétitivité pour créer des produits innovants avec leurs partenaires du pôle, mais seulement pour étudier des problématiques à trois, voire cinq ans ; leurs produits n'ayant même plus vocation à naître de ces collaborations, elles les achèteront sur étagères ou en donnant le cahier des charges des projets collaboratifs à des sous-traitants lointains et à coûts de production faibles. Pas facile de changer cela aujourd'hui, le pli semble pris !

Conséquence de ce qui précède, les PME-PMI et les ETI sont le plus souvent engagées à rechercher des commandes auprès d'autres donneurs d'ordre pour des produits qu'elles doivent finaliser par leurs propres moyens. Pour respecter leurs constantes de temps internes proches de 6 à 18 mois, l'intensité capitalistique nécessaire ne leur laisse que peu de choix : faire une levée de fonds, éventuellement en filialisant l'activité pouvant être induite par le produit en devenir.

Ainsi, naturellement, les PME-PMI ont toutes eu tendance à se centrer sur des marchés de petits à moyens volumes et, en priorité, sur les outils de fabrication ou de test qui serviront à la production de masse des produits finaux. Elles évoluent ainsi vers le développement de produits de niche, parfois associés à des technologies de rupture. Moins faciles à cerner pour les investisseurs que des produits grand public, alors que ces développements nécessitent des capitaux importants, on comprend mieux les difficultés que peuvent rencontrer les PME-PMI dans le financement de leur développement.

Il paraît souhaitable que le CIR soit réformé pour permettre aux PME-PMI et ETI de bénéficier du même traitement que les Instituts Carnot, à savoir le doublement de l'assiette des prestations qui leur sont confiées. C'est ce que suggère un rapport du Sénateur de l'Essonne, Monsieur Berson, paru le 18 juillet 2012.

Les nouvelles structures récemment créées comme les IRT (Institut de Recherche Technologique) et les IEED (Instituts d'Excellence) sont appelées à fédérer plus largement encore, tant les universités que les centres de recherche technologique, et les bassins de recherche thématique de certaines régions. Et là, les constantes de temps vont s'allonger terriblement. Le premier IRT créé, l'IRT Jules Verne à Nantes, s'est vu confier des études, dont son directeur annonce que l'horizon dépasse les 10, voire 15 ans. Les PME-PMI y participeront peut-être en auditeurs libres ! D'autres PME-PMI, c'est certain, naîtront de ces réflexions et de ces clusters ambitieux, mais les solutions pour les trois à cinq ans sont certainement ailleurs.

Alors comment concilier les besoins de modernisation de nos industries, les besoins de créer de nouvelles industries, et les impératifs d'aller vite et bien en mobilisant d'importants moyens ?

On retiendra de ce qui précède que l'ouverture de nos marchés ne doit pas se faire sans contrepartie et que nos G.E doivent revenir à une politique de commande à nos PME-PMI ou à nos ETI pour leur permettre de disposer de références nationales, gages de succès à l'international,... sans oublier que 80 % de nos entreprises sont des PME qui font autant d'emplois. Au passage, peut-on suggérer de ne plus opposer PME-PMI et ETI : les TPE/PME

sont un vivier précieux pour les ETI qui sont souvent constituées de « grappes de PME » ayant vocation à l'excellence sur le segment d'activité qui est le leur, l'ETI étant garante de l'effet de synergie créé par le rapprochement de ces PME.

N'oublions pas non plus que 80 % du Capital Risque en France et 60 % du Capital Développement sont issus des placements personnels de nos compatriotes dans des Fonds Communs de placement (type FIP, FCPI), motivés par des mesures d'exemptions fiscales et un attrait pour une épargne longue et souvent fructueuse. Remettre en cause ces crédits d'impôt sonnerait tout simplement le glas de l'innovation. La future BPI, elle, sera essentielle en matière de garantie pour les crédits sous-crits par les entreprises.

Un crédit d'impôt recherche réformé, et un crédit d'impôt innovation encourageant pour passer enfin au TRL 9 seront d'autant plus efficaces qu'ils seront favorables aux ETI et PME-PMI dont les constantes de temps s'accordent parfaitement avec l'exigence des solutions de court terme recherchées. Alors quand vous entendez parler de mesure sur la compétitivité, demandez-vous également : « Est-ce que cela va favoriser les synergies entre sociétés avec les mêmes constantes de temps : ETI et PMI ? ».

Enfin, un débat qui empoisonne celui sur la compétitivité des entreprises concerne les conditions de paiement des fournisseurs, participant à la bonne santé financière de ces derniers, donc à leur aptitude à survivre et se développer. En Allemagne, les conditions de paiement sont bonnes entre entreprises ; il y a des acomptes réguliers et tout est payé à la livraison du produit.

Ainsi il n'y a pas de souci de financement de la trésorerie, et, contrats à l'appui, les entreprises empruntent à EURIBOR + 0,5 %, soit pour moins de 1 %. En France, il n'est pas rare que l'entreprise doive financer plus de 80 % de sa commande et sans acompte, la banque ne lui propose que du revolving entre 16 et 19 %, au terme duquel, les entreprises n'ont plus de marge et au bout de trois ou quatre ans de ce régime, le dépôt de bilan est annoncé, alors que leur business model est pertinent et compétitif.

Du travail donc, du bon sens aussi, et nous finirons par trouver les voies du succès !

Mais lorsque vous entendez une annonce, ne vous arrêtez pas au mot PME (terme convenu pour être politiquement correct), demandez-vous toujours : « Est-ce que cela sert les entreprises dont le chiffre d'affaires est entre 0,5 et 5 M€ ? Car ce sont elles qui concentrent 80 % des emplois ».

À ce jour les PME-PMI sont sans crédit bancaire donc sans financement ! ■

ÉOLIEN OFFSHORE : NAISSANCE D'UNE NOUVELLE FILIÈRE INDUSTRIELLE FRANÇAISE



Par Frédéric HENDRICK (88) (Alstom)
Vice-président offshore Wind

Pourquoi l'éolien offshore ? Perspective et marché

L'éolien offshore est né il y a de cela presque vingt ans au Danemark, un peu comme le pétrole offshore il y a plus d'un siècle, tout d'abord en implantant les éoliennes à quelques centaines de mètres des côtes, puis les fermes se sont progressivement éloignées. Mais pourquoi aller offshore, alors que les coûts et les difficultés sont supérieurs à l'éolien terrestre ? Tout simplement, et ici je ne chercherai pas à démontrer la nécessité de l'utilisation de l'énergie éolienne dans notre mix énergétique, car les perspectives de développement de l'éolien terrestre ne suffiront pas à eux seuls à couvrir nos besoins en énergie d'origine éolienne. Aujourd'hui le développement de cette technologie en Europe se justifie d'une part à cause de la raréfaction des sites éoliens de bonne qualité nécessitant du vent et un certain éloignement des habitations, et ensuite par la qualité de la ressource en mer du fait qu'il n'y a pas d'obstacles. Les « accros » de la voile savent bien qu'en mer le vent est plus puissant et plus régulier qu'à terre.

Le continent européen est assez densément peuplé (entre 100 et 400 hab/km²) par rapport, par exemple, aux USA (32 hab/km²) qui disposent de vastes espaces disponibles et venteux. Par contre, comme en Chine, ces vastes espaces posent souvent le problème de leur éloignement par rapport aux centres de consommation. En Europe, l'offshore se développe car il est le nouvel espace libre à notre disposition, alors qu'aux USA et en Chine, qui commencent eux aussi à annoncer des projets offshore, c'est la proximité des grands centres de consommation qui est visée.

La mer du Nord offre une climatologie très venteuse (de nombreux sites offrent des vents moyens entre 9,5 et 10,5 m/s ce qui correspond à des moyennes rarement atteintes en terrestre)



avec des zones importantes où les profondeurs moyennes vont varier entre seulement 20 m et 40 m y compris pour des sites à plus de 100 km des côtes. Cela permet à l'Allemagne, même avant son désengagement à marche forcée du nucléaire, d'afficher l'ambition de construire 24 GW en mer d'ici 2030. L'Angleterre a déjà fait installer plus de 1 GW à ce jour et a annoncé plus de 32 GW sur une période similaire. Si à cela on ajoute les 6 GW français et les 10 GW sur les autres pays de la mer du Nord et de la mer Baltique, on arrive à une perspective totale de plus de 70 GW dans les quinze à vingt prochaines années. Pour comparaison, la puissance totale actuelle du parc nucléaire français est de 66 GW, et il a fallu plus de trente ans pour les construire. Il s'agit donc d'un marché prometteur donnant des perspectives sur plusieurs années.

Parcs éoliens offshore : les géants des mers

Contrairement aux projets éoliens terrestres qui comptent rarement plus d'une dizaine d'éoliennes pour atteindre quelques dizaines de MW de puissance, les fermes offshore, car elles ne souffrent

pas des mêmes contraintes d'espace et afin de réduire les coûts d'installation, de maintenance et de raccordement à terre, font plusieurs centaines de MW au minimum. Les méga-fermes prévues sur certaines zones au Royaume-Uni vont même atteindre plusieurs GW, le record étant celle dite de Dogger Bank avec une capacité totale entre 9 et 13 GW. L'éloignement des côtes nécessite maintenant d'utiliser des sous-stations en courant continu d'une puissance suivant les cas de 600 MW à 1,2 GW et l'utilisation de câbles sous-marins de plus de 200 kV ce qui représente déjà de vrais défis technologiques. Deux facteurs importants de coûts pour les éoliennes offshore sont l'installation et la maintenance du fait de la complexité de la logistique en mer.

Or ces coûts sont presque invariants en fonction de la taille de l'éolienne. Il y a donc une course à la taille de l'éolienne : les machines terrestres ont des puissances qui varient entre 1,5 MW et 3 MW, alors que les machines offshore actuelles ont des puissances qui varient entre 3 MW et 6 MW. Depuis les premières machines qui étaient des machines terrestres légèrement adaptées, les erreurs passées



ont permis de comprendre qu'une machine offshore doit reposer sur une conception spécifique, avec par exemple un intérieur de la machine en surpression pour ne pas laisser entrer l'air humide et salin de l'extérieur. Il y a aussi pour les mêmes raisons une exigence particulièrement forte sur la fiabilité des machines : lorsque le vent est puissant, cela entraîne une forte houle et donc une faible accessibilité des éoliennes pour les réparer, accessibilité souvent limitée à l'hélicoptère dans ce cas. Enfin qui dit méga-fermes dit aussi méga-investissements : les articles de presse spécialisée parlent de 3 à 4 millions d'euros d'investissement total par MW installé !

L'Haliade 150 – 6 MW

C'est dans ce contexte que Alstom Wind a développé une machine de nouvelle génération, l'Haliade 150 – 6 MW (nb : Haliades est le nom des nymphes de la mer), spécifiquement dédiée à l'offshore. Cette machine a un rotor de 150 mètres de diamètre, un des plus grands disponibles à ce jour (le plus grand fait 154 mètres et vient juste d'être installé sur une première machine concurrente). Pour bien appréhender la dimension, chaque pale fait presque 74 mètres, quand l'envergure totale d'un A380 fait seulement 6 mètres de plus. Une éolienne étant une machine à transformer le vent en électricité, il est facile de comprendre que c'est l'envergure qui définit l'efficacité de la machine, exprimée en « facteur de charge », donnant en %

le temps équivalent de fonctionnement à pleine puissance.

Un facteur de charge de 50% pour une machine de 6 MW signifie que la machine va fonctionner quasiment en permanence, mais qu'elle va générer l'équivalent de 6 MW pendant 6 mois sur 12, ou de 3 MW pendant toute l'année. Ce facteur de charge est une des différences entre le terrestre et l'offshore : en terrestre en Europe, les facteurs de charge sont souvent de 33%, alors qu'en offshore ils sont plus proche des 50%. La nacelle est équipée d'un générateur synchrone à aimants permanents, gage de simplicité (mon lectorat de Supélec est bien placé pour le savoir ...) et donc de fiabilité. De plus, ce générateur est à « entraînement direct », c'est à dire qu'il est relié directement au rotor et tourne à la même vitesse.

Beaucoup d'éoliennes, dont celles d'Alstom en terrestre, utilisent un multiplicateur entre le rotor et le générateur, afin de convertir les quelque 12 à 15 tours/minute du rotor en 1 500 tours/minute pour le générateur. L'entraînement direct permet donc de simplifier là encore la machine en supprimant un organe mécanique posant des problèmes de maintenance et de fiabilité, mais il nécessite de développer un générateur de grande taille (environ 7,5 m de diamètre pour celui de l'Haliade, développé avec GE Power Conversion).

Enfin, la conception de l'Haliade comporte un principe mécanique breveté qui est particulier à toutes

les éoliennes d'Alstom : le Pure Torque™. Cela correspond à la mise en place d'un couplage mécanique élastique entre le rotor et le générateur qui ne transmet que le couple (d'où le Pure Torque), alors que le lien rigide du rotor se fait avec la structure ce qui va permettre de dévier les efforts indésirables reçus par le rotor (le vent ne souffle pas partout de la même façon sur un rotor qui balaye 17 500 m² !) vers la structure de la tour. Ce dispositif unique permet de donner une très grande robustesse mécanique à la machine.

En termes de planning, une première machine a été inaugurée près de Saint Nazaire le 19 mars dernier sur le site dit « Le Carnet ». Comme souvent en offshore, cette première machine a été installée onshore pour des raisons d'accès mais aussi de certification, car cela nécessite l'installation d'un mât de mesure dont le coût en offshore serait prohibitif. Une deuxième machine sera installée à une trentaine de km au large des côtes belges, raccordée au parc éolien offshore de Belwind I au mois de mars prochain. Des préséries commerciales sont prévues pour installation en 2014, avec le démarrage de la production série courant 2014.

Les projets français

Dans le cadre du Grenelle de l'environnement, la France s'est fixée un objectif de 6 GW d'éolien offshore installé d'ici 2020. Pour cela, le gouvernement a lancé un premier appel d'offres portant sur une tranche d'un peu moins de 3 GW répartis sur cinq projets en juillet 2011 : du nord au sud, Le Tréport, Fécamp, Courseulles-sur-Mer, Saint-Brieuc, Saint-Nazaire. EDF-EN a répondu en consortium avec Dong Energy, qui est peu connu en France, mais est l'ancien opérateur électrique national danois, ayant plus de vingt ans d'expérience en offshore (gaz et éolien) et plus de 1 GW offshore en exploitation à ce jour, et WPD et Nass & Wind qui étaient les développeurs historiques d'un certain nombre de ces projets, et avec un accord de fourniture exclusif avec Alstom pour l'Haliade. Le résultat de l'appel d'offres a donné trois projets au consortium conduit par EDF-EN (Fécamp, Courseulles-sur-Mer, Saint-Nazaire) et un projet pour celui mené par Iberdrola, utilisant l'éolienne d'Areva M5000 de 5 MW (Saint Brieuc). Le projet du Tréport a été déclaré infructueux.

Dans le cadre de cet appel d'offres, le gouvernement français avait fortement incité les industriels à s'engager à développer une filière éolienne offshore française. En effet, à ce jour, il n'y a quasiment pas d'industrie éolienne en France : les grands pays de l'éolien en Europe sont ceux qui se sont engagés très tôt dans le développement de cette source d'énergie, à savoir le Danemark, l'Allemagne et l'Espagne. Le développement de l'offshore étant à un tournant avec le lancement des projets importants en Europe, c'était une occasion unique de prendre

le train en marche pour notre pays, dans le contexte de désindustrialisation que nous connaissons.

Le projet industriel d'Alstom

Alstom s'était engagé en cas de volume suffisant attribué, ce qui a été le cas, à développer une véritable filière industrielle en France. Cela va se concrétiser par la création de quatre usines : une usine de fabrication des nacelles et des générateurs (pour les générateurs en coopération avec GE Power Conversion) à Saint Nazaire, une usine pour les tours et une pour la fabrication des pales (en coopération avec LM Windpower) à Cherbourg. Ces quatre usines vont représenter à terme plus de 800 emplois directs.

La localisation a été choisie en fonction de différents critères allant de la position géographique, la qualité des ports jusqu'au bassin de main-d'œuvre et au réseau de sous-traitants potentiels. À ces quatre usines va s'ajouter la création d'un centre d'ingénierie dédié à l'offshore d'environ 200 ingénieurs et cadres, portant le total des effectifs à plus de 1 000 emplois directs et 4 000 emplois indirects. Ces développements vont se faire progressivement sur plusieurs années, le premier champ éolien offshore français étant prévu seulement à partir de 2016.

Pendant, Alstom a décidé d'anticiper la création de ses usines, en commençant par celle de Saint-Nazaire dont le permis de construire a été récemment délivré. L'objectif est de pouvoir fournir les champs éoliens allemands et anglais dès 2014/2015 et confirmer ainsi l'ambition à l'export de ces sites.

Et ensuite ?

Les prochaines étapes sont tout d'abord de conquérir le marché européen, mais aussi au-delà, de participer au déploiement de l'offshore dans le reste du monde, puis enfin de s'intéresser à l'éolien flottant pour les mers où la profondeur augmente rapidement en s'éloignant des côtes. Il ne faudrait cependant pas oublier que pour être pérenne, l'éolien offshore doit réduire le coût du MWh produit de façon significative pour asseoir sa place dans le mix énergétique. Cette réduction du coût doit se faire sur l'ensemble des composants d'un parc éolien, depuis la turbine jusqu'aux procédures d'installation ou de maintenance. Cette industrie est encore relativement jeune et a encore des marges d'amélioration.

En conclusion, l'éolien offshore représente un formidable défi industriel et humain et donc une formidable aventure pour les ingénieurs que nous sommes. Contribuant à la fois à la réindustrialisation de notre pays et à l'atteinte de ses ambitions de réduction de notre empreinte carbone, c'est un projet qui, je l'espère, motivera nos plus brillants ingénieurs. ■

L'INDUSTRIE OPTIQUE EN BRETAGNE : UN EXEMPLE D'AMBITION ET DE PERSÉVÉRANCE

Par Denis TRÉGOAT
Secrétaire Général
de Photonics Bretagne



et



PHILIPPE DUPUIS (64)
Responsable du CRITT
Électronique Bretagne

Au début des années 1960, le pôle industriel de Lannion est né dans le cadre d'une politique volontariste soutenue par la DATAR. Près de 7 000 emplois, couvrant des activités dans les télécommunications, allant de la R&D de France Télécom (CNET Lannion) à de la fabrication principalement du montage-câblage, ont été ainsi créés à Lannion et dans les villes proches de Guingamp, Tréguier et Morlaix.

Un premier choc industriel intervient dans les années 80 et provoque la destruction de plus de 3 000 emplois ouvriers, compensée partiellement par une croissance des emplois de techniciens et ingénieurs dans le domaine des logiciels et par une première vague de créations de PME en électronique, en informatique et aussi en optique avec la création des sociétés Radome et VFO.

En 1988, VFO est reprise par Pirelli France, filiale du grand groupe italien, et entame, sous le nom de SVFO, une croissance à succès dans un partenariat associant, de façon plus ou moins formelle, le CNET Lannion, l'Université de Southampton et le laboratoire Pirelli de Milan. En 1992, SVFO obtient de MCI aux États-Unis la première commande mondiale d'équipements de transmission à fibres optiques à très haut débit en multicanaux (WDM). Ainsi, vers 1997 l'activité optique apparaît comme une activité d'avenir, portée à Lannion par les deux grandes entreprises Alcatel et Pirelli. Une deuxième vague de création de PME se produit avec d'une part Idil et Keopsys, fondées par Patrice Le Boudec et Marc Le Flohic, docteurs en Physique de l'Université de Rennes 1 et d'autre part Highwave Optical Technologies (HWT), fondée par Eric Delevaque, et Algéty, fondée par Thierry Georges, dans le cadre d'essai-mage du CNET Lannion.

La spéculation financière provoque une croissance démesurée dans les composants optiques en 2000 avec une progression de l'emploi jusqu'à 1 200 sala-

riés à Lannion. L'éclatement de la « bulle Internet », doublé d'un « *Fiber glut* » (gavage de fibres optiques), se traduit en 2001-2002 par la fermeture des activités optiques des deux grands groupes (Alcatel et Pirelli) et des PME Algéty-Corvis et HWT.

Garder le potentiel

La résistance du Trégor est alors conduite sur trois plans : un soutien au reclassement, le maintien d'un potentiel de R&D et l'accompagnement d'une nouvelle vague de jeunes PME.

D'abord il a fallu redonner de l'espoir aux 1 000 salariés de l'optique en recherche d'emplois à Lannion. Une cellule de reclassement, Prefil, a permis d'épauler des opérateurs de production, techniciens et aussi des ingénieurs, avec notamment des incitations à la formation, à la mobilité géographique et à des réorientations professionnelles. La majorité de ces salariés finit ainsi par retrouver des repères professionnels.

Pour maintenir le potentiel de R&D, des actions s'engagent dès janvier 2002 pour la mise en place de deux plates-formes de R&D coopératives, PERSYST (transmissions télécoms à haut débit) et PERFOS (fibres spéciales). Deux ans plus tard, avec la confirmation des pouvoirs publics, acquise lors du Comité interministériel d'aménagement et de développement du territoire (CIADT) de décembre 2003, les deux plates-formes deviennent opérationnelles.

Du côté des PME, l'apparition d'une troisième vague de créations très diversifiée en 2003-2006 exprime une volonté forte de résistance de jeunes entrepreneurs de Lannion. Dès 2003, des anciens salariés de HWT, Jean-Claude Keromnès, Claude Vaudry et Patrick Even, forment Kerdry et Laséo. Plus tard en 2006, la fermeture de HWT donne naissance à trois entités : un établissement de la société Quantel, dirigé par David Pureur, une nouvelle filiale iXFiber du groupe iXCore, dirigée par Benoît Cadier, et la société ManLight, sous la responsabilité d'Eric Delevaque, reprise plus tard par 3S Photonics. À partir d'Algéty, dans des conditions variées, plusieurs



Figure 1 – Recherche publique en photonique (Bretagne)

jeunes entreprises se constituent : Yenista, Oxxius et Ekinops. Enfin Idea optical exploite un savoir-faire développé en partenariat avec le CNET/Orange Labs Lannion.

L'émergence d'un cluster Optique

Le cluster Photonics Bretagne voit le jour en 2011. Il a pour objectif de fédérer les acteurs régionaux de la filière Photonique, de favoriser l'innovation technologique et d'accompagner les démarches commerciales dans un cadre coopératif.

L'appui des universités et des Écoles d'ingénieurs de Bretagne

Photonics Bretagne, en plus de ses moyens propres de R&D (plate-forme PERFOS), s'appuie sur le laboratoire FOTON¹ (Fonctions optiques pour les technologies de l'information), avec ses deux composantes appartenant aux Écoles d'ingénieurs ENSSAT (Lannion) et INSA (Rennes), le laboratoire universitaire rennais EVC (Verres et céramiques) et plusieurs autres équipes universitaires (voir figure 1).

Les membres industriels de Photonics Bretagne disposent pour leur croissance d'un flux régulier de doctorants, formés dans les laboratoires régionaux, mais aussi d'ingénieurs spécifiquement formés dans le département optique de l'ENSSAT, de techniciens supérieurs formés à l'IUT de Lannion et au Lycée de Lannion (BTS Photonique). Plus largement les PME bretonnes sont prêtes à embaucher des jeunes ingénieurs, venant d'autres régions, ayant des doubles compétences électronique / optique et mécanique / optique avec un bon esprit d'initiative.

L'accompagnement régional et la coordination avec les autres régions françaises

Photonics Bretagne, présidé par David Pureur (société Quantel), peut faire appel à des structures d'accompagnement (Technopoles, Chambre de Commerce et d'Industrie, Bretagne Développement Innovation et Bretagne International). C'est ainsi que le cluster et ses membres sont représentés dans les grands salons internationaux. De plus, Photonics Bretagne interagit étroitement avec le pôle de compétitivité Images et Réseaux, dans lequel Orange Labs et Alcatel sont actifs, et les autres pôles Valorial et Mer.

Le cluster Photonics Bretagne est un des sept pôles régionaux en optique en France (voir figure 2). Il participe aux groupes de travail Télécom, Sécurité et Biophotonique de la plate-forme européenne Photonics 21. L'innovation en photonique est reconnue comme une des cinq technologies clés de l'avenir par la Commission Européenne.

Une génération de jeunes entrepreneurs

Les entrepreneurs de ce cluster ont, pour la plupart d'entre eux, acquis une formation de base à l'Université, notamment Université de Rennes 1 et de Lille, ou en École d'ingénieurs, complétée par une thèse, le plus souvent préparée au CNET Lannion. Certains d'entre eux ont acquis aussi une expérience à l'étranger : Thierry Georges en Californie avant d'entrer au CNET, Marc le Flohic en Amérique du Nord, David Méchin (Délégué Général de Photonics Bretagne) en Nouvelle Zélande, et aussi Michiel Van der Keur,

(1) Unité Mixte de Recherche CNRS

formé à la Technical University de Delft. D'autres ont acquis une expérience industrielle dans un grand groupe, notamment Alcatel, comme François-Xavier Olivier, fondateur d'Ekinops.

La plupart de ces PME se sont orientées de façon volontariste vers de nouveaux domaines d'applications :

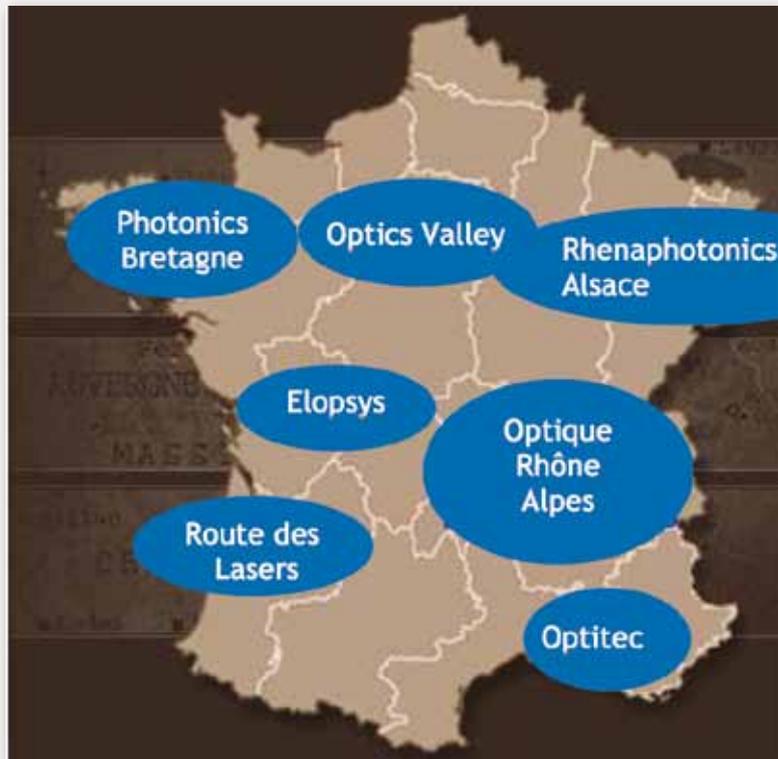


Figure 2 – Les sept pôles de photonique en France.

le médical, l'environnement, les ressources vivantes et la filière agro-alimentaire, les applications dans le secteur de la sécurité et de la défense, l'instrumentation scientifique.

Le financement des entreprises a pris des formes diverses. Une d'entre elles, la société Idil, a pu progresser de façon régulière par autofinancement. Mais la plupart a eu recours à des financements extérieurs pour mener à bien l'industrialisation d'un nouveau produit, pour acquérir des équipements coûteux, pour constituer un stock de composants et aussi pour reprendre une activité, comme l'a fait en 2009 la société Yenista, dirigée par Michiel Van der Keur, en reprenant l'activité des lasers accordables de l'établissement francilien de la société japonaise Anritsu. Elles ont pu ainsi avoir recours à des fonds d'amorçage, notamment apportés par des Business Angels, emprunter auprès de banques, et/ou faire appel à des fonds d'investissement, ce qui a été difficile après le « *Fiber glut* » vers 2005, quand les investisseurs étaient plus que méfiants vis-à-vis de l'optique, particulièrement dans les télécoms.

Poursuivre l'effort dans la continuité

À Lannion l'éclatement de la bulle Internet et le « *Fiber glut* » ont amené les groupes internationaux, présents en optique et télécom, à quitter Lannion : Pirelli (Italie) après douze ans de présence, Siemens (Allemagne) après cinq ans, SR Telecom (Canada) après trois ans, et enfin le plus volatile, Cisco (États-Unis), après un an. Les PME de l'optique sont plus attachées



Fondateurs de PME à Lannion (de gauche à droite) : Vincent Louis, Supélec 96, Dr en informatique, société Dialonics, Jean-Christian Villey-Desmeserets, Supélec 92, société Saooti (wikiradio), Thierry Georges, X-Ing-Dr ENST, société Oxsius (optique), Michiel Van der Keur, MS Degree from TU Delft (P-B), société Yenista (optique) et Jean-Luc Alanic, Enssat, société AMG microwave.

Les PME de l'optique en Bretagne

Nom de la société	Date de Fondation	Activités
Idil	1995	Intégration de sous-ensembles optiques, sources lasers, Instrumentation optique et kits de formation
Keopsys	1997	Amplificateurs et lasers à fibres pour les Télécoms et la Défense
Ekinops	2001	Équipements pour réseaux de télécommunications optiques
Oxxius	2003	Sources lasers stabilisées dans l'optique visible, notamment pour le médical et l'instrumentation
Yenista Optics	2003	Filtres optiques et lasers accordables pour les Télécoms et l'Instrumentation
Kerdry	2003	Métallisation sur fibres optiques, dépôts couches minces notamment pour grands miroirs de télescopes
Quantel	2005	Lasers à fibres de forte puissance et lasers solides, pour le médical et l'usinage industriel
iXFiber	2005	Fibres spéciales, pour filtres, gyroscopes et capteurs optiques
Manlight (3S Photonics)	2006	Amplificateurs et lasers à fibres
Idea optical	2006	Répartiteurs et brasseurs optiques pour réseaux d'accès Télécoms

Et aussi à Lannion Laseo (marquage laser), iXBlue (capteurs maritimes), Cristalens (lentilles intraoculaires), Sillia (panneaux photovoltaïques), Laser Conseil (conseil en sécurité).

Société	Localisation	Activité
MicroModule	(Brest)	Sous-ensembles et instrumentations optiques
Evosens	(Brest)	Ingénierie optique et intégration
Le Verre Fluoré	(Rennes)	Verres spéciaux pour fibres optiques
Diafir	(Rennes)	Spectrographie médicale in-vivo en infrarouge
Optinvent	(Rennes)	Projection et affichage sur lunettes
OyaLight	(Rennes)	Systèmes d'éclairage à LEDs
Edixia	(Rennes)	Vision industrielle

à leur territoire que les grands groupes. Ainsi les emplois de l'optique en Bretagne, d'abord stabilisés au niveau de 150 à partir de 2003, ont progressé de nouveau à partir de 2006 pour dépasser le chiffre de 400 en 2012.

Le cluster Photonics Bretagne, lauréat de l'appel « grappe d'entreprises² » de la Datar en 2011 a pour ambition d'amplifier les retombées économiques au niveau régional et de participer à la structuration de la filière au niveau national et européen. Comme l'indique l'historien François Caron³, « *le concept de système productif local (SPL) s'applique ... à une concentration de savoirs formalisés à fort contenu technique ... Il est le plus souvent composé d'un ensemble de PME et de micro-entreprises, capables de faire valoir*

une forte identité et de maintenir une capacité d'innovation collective ...[Sa] réussite ...est le fruit d'une « atmosphère », qui aboutit à valoriser la prise de risque et la réussite entrepreneuriale, ou encore des modes de fonctionnement originaux ». ■

Contacts :

contact@photonics-bretagne.com
Tél. : 02 96 48 58 89
www.photonics-bretagne.com

Denis Trégoat, Secrétaire Général de Photonics Bretagne : Thèse de Chimie à l'Université de Rennes 1 (→1985), Ingénieur R&D à Alcatel (→2000), Highwave Optical Technologies (→2002), Directeur des Opérations à PERFOS ("2011).

Philippe Dupuis, Supélec 1964 : Ingénieur Thomson-CSF Brest (1967-1971), puis au CNET Lannion jusqu'en 1986, et enfin responsable du CRITT Électronique Bretagne (notamment participation à la fondation de PERFOS).

(2) Cluster industriel, Grappes d'entreprises, système productif local, sont différentes dénominations du même concept.

(3) François Caron, *La dynamique de l'innovation, Bibliothèque des Histoires, Editions Gallimard, 2010.*

UNE INDUSTRIE PERFORMANTE EN FRANCE ?



Par Frédéric Bois (89)

Avons-nous encore en France les leviers nécessaires au maintien d'une industrie performante et compétitive, susceptible de lutter contre les pays dans lesquels le coût du travail est inférieur ?

Nous tenterons de répondre à cette question en détaillant l'organisation industrielle nécessaire à la performance, c'est-à-dire à la capacité de fabriquer un produit de meilleure qualité que le concurrent, avec moins de moyens et dans les délais prévus.

Nous aborderons pour cela les quatre piliers de la compétitivité : des flux simples et performants, des postes optimisés, un personnel compétent et impliqué, des évolutions maîtrisées.

Pour chacun de ces piliers, nous détaillerons les pré-requis nécessaires et tenterons d'identifier les principales spécificités françaises.

Des flux simples et performants

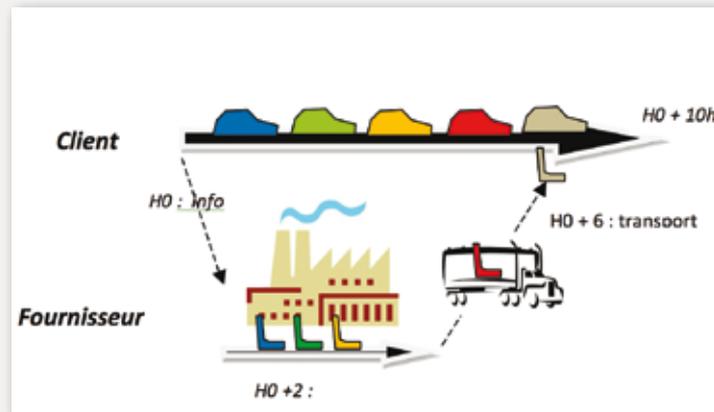
Le premier levier de performance dans l'industrie, comme dans bien d'autres domaines, est la recherche de flux globaux et locaux optimisés. Il s'agit ici de flux de produits, mais les autres types de flux (informatif, financier, ...) peuvent et doivent faire l'objet de réflexions du même type.

L'étude et l'optimisation de la chaîne logistique, la « *Supply chain* », sont probablement des axes de l'organisation industrielle ayant le plus évolué ces 20 dernières années, suite en particulier à l'internationalisation des échanges et aux révolutions successives des technologies de l'information.

Afin d'identifier les flux, il faut choisir les **opérations qui vont être réalisées en interne**, par opposition à ce qui va être acheté. Cette décision primordiale est complexe à prendre : où s'arrête mon cœur de métier ? Suis-je sûr de pouvoir produire pour moins cher que si j'achète ? Dans un contexte mondial, cette question est rarement simple. On y répond par une

étude technico économique dite de « *make or buy* » qui passe par des consultations auprès de fournisseurs et des chiffrages internes.

Les **coûts logistiques** de livraison sont pris en compte, ainsi que le niveau qualité et la flexibilité nécessaire. Pour des coûts très importants, ou une adaptabilité nécessaire forte, le fournisseur peut même être amené à s'implanter à côté de son client. C'est le cas des « flux synchrones », dans lequel l'élément n'est produit chez le fournisseur qu'à partir du moment où sa consommation est décidée chez le client. Par exemple, dans l'automobile, la production d'un siège chez un sous-traitant est lancée au même moment que la production du véhicule dans lequel il va s'intégrer. Cette synchronisation permet de supprimer des stocks intermédiaires au coût prohibitif compte tenu de la diversité et du prix des sièges. Elle demande en revanche rigueur dans la gestion des flux, et proximité géographique entre client et fournisseur.



Un flux synchrone : les sièges sont fabriqués et livrés alors que le véhicule est en cours de montage.

Pour la quantité prévisionnelle de produits à fabriquer, on choisit le **moyen de transport** le plus adapté pour les flux extérieurs au site de production (route ? ferroviaire ? mer ?), et le type de manutention pour les flux internes (tuyauterie ? chariot ? convoyeur ? automatisé ?).

Les **conditionnements** sont devenus également de plus en plus complexes et efficaces et leur étude est maintenant considérée comme un vecteur de la performance industrielle à part entière. Valable pour un ou plusieurs produits, recyclable ou jetable, le conditionnement intègre des fonctions diverses de préhensions, de protections, de déplacements, voire des qualités esthétiques.

Enfin, les différents stocks pour les produits achetés, intermédiaires et finis font l'objet de dimensionnements précis. On utilise pour cela les volumes prévisionnels, les périodicités de la consommation et les aléas potentiels. On étudie par exemple le temps que



Les conditionnements font l'objet d'étude à part entière.



met un produit à être transformé dans un atelier via une étude dite de « *Lead Time* ».

■ Sur ce premier critère des flux, la France, riche de ses réseaux physiques denses (routes, fer, aéroports) et de son tissu industriel potentiel, avec souvent la proximité des lieux de consommation, offre des avantages certains. ■

1 - Des postes de travail optimisés

Le poste de travail, c'est le lieu de l'entreprise où les produits sont modifiés, assemblés, transformés. C'est là que se crée la Valeur Ajoutée dans l'entreprise, c'est là que réside son savoir-faire sur son cœur de métier. Le but ici est de faire mieux que les concurrents, c'est-à-dire d'effectuer les opérations avec la meilleure rentabilité au regard des investissements réalisés : financier, humain, ...

Le **niveau d'automatisation** est le premier sujet à aborder, en comparant pour les différentes solutions techniques envisageables (produit et processus) le coût d'investissement initial plus le coût de réalisation unitaire multiplié par le volume prévisionnel. Dans un monde en évolution constante, la capacité d'évolution du processus est également prise en compte : en général, plus un processus est automatisé, moins il est flexible.

La **capacité des installations** est dimensionnée au plus juste : on vise un capacitaire correspondant à la quantité prévisionnelle à produire en tout point du flux, en intégrant néanmoins les aléas potentiels. Différentes méthodes existent, comme par exemple celle basée sur l'étude du « *Takt Time* » (Temps de cycle).

C'est pour ces raisons que tout industriel cherche à saturer ses capacités de production. En cas de sous-charge, les investissements lourds réalisés initialement et qui se comptent en général en dizaines, voire centaines de millions d'euros, ne sont plus rentabilisés. Rappelons à ce sujet que le taux d'utilisation des capacités industrielles françaises est, en septembre 2012, de 76 %, là où 100 % est un bon objectif et un réalisé supérieur à 100 % possible, en utilisant les heures supplémentaires ...

Ensuite, on intègre au processus les **modalités de surveillance-qualité** qui permettront de ne livrer au poste suivant qu'un produit garanti sans défaut et de faire ainsi « bon du premier coup ». On peut ajouter par exemple une astuce sur le processus ou sur les produits qui permet de bloquer physiquement les produits défectueux (« *Poka Yoké* »).



Un exemple de *Poka-Yoké* process basé sur une lecture de code barre. La carte sim qu'on ne peut mettre que dans un sens est un exemple produit.

Si une garantie qualité à 100 % n'est pas possible, on ajoutera des contrôles unitaires ou fréquentiels avec une fréquence adaptée à la rapidité de dérive possible du processus.

La sécurité du personnel et le respect de l'environnement sont également pris en compte dès la conception du poste, par exemple via les différentes réglementations **HQSE**.

On améliorera enfin le poste par des techniques d'optimisation industrielle, comme celle du « *Lean Manufacturing* » (*lean* = maigre) issu du Toyotisme. C'est le cas par exemple de la chasse aux « *Mudas* » au cours de laquelle on cherche à éradiquer toutes les sources de gaspillage (*Mudas* = gaspillages en japonais).

Les **coûts de fonctionnement** du poste sont intégrés à l'équation économique : coût des **fluides**, de l'**énergie**, des **outils**, ... Remarquons à ce sujet que les coûts de l'énergie faible en France font partie de nos points forts industriels, en particulier pour les entreprises fortement consommatrices.

Les 7 Mudras à éradiquer :

- Attente de matériel ou de décision
- Transports d'info et matériels inutiles
- Tâches inutiles aux clients
- Stocks
- Mouvements inutiles
- Productions défectueuses
- Surproduction



Exemple d'optimisation de postes selon les principes du *Lean Manufacturing*.

Bien entendu, on utilise au mieux les dernières technologies disponibles pour les équipements nécessaires à la réalisation du cœur de métier bien sûr, mais également via toutes les possibilités apportées par les technologies de l'information.

Ainsi, le progiciel qui permet de suivre la réalisation des projets et des produits, l'ERP (« *Enterprise Resource Planning* ») ou PGI (« *planification des ressources de l'entreprise* ») doit être adapté et efficace. Il permet l'interconnexion et l'intégration de l'ensemble des fonctions de l'entreprise dans un système informatique centralisé.

Enfin, comme il est plus simple de refaire ce qui marche bien plutôt que de réinventer de nouvelles solutions, on formalisera toutes ces « bonnes pratiques » dans un Système de Production afin de pouvoir les généraliser et les pérenniser.

■ Ainsi, globalement, on cherchera, avec l'optimisation du processus, à avoir le meilleur retour sur investissement en tenant compte de tous les coûts de fonctionnement. Un coût du travail plus élevé sera donc clairement défavorable. Mais l'ensemble des dépenses, en particulier les coûts de l'énergie, devront être pris en compte. ■

Un personnel compétent et impliqué

Comme en toute entreprise, la première force d'une entreprise industrielle repose sur la compétence, l'implication et la capacité à travailler en équipe de ses collaborateurs.

La disponibilité d'une main d'œuvre qualifiée fait bien entendu partie des atouts de la France.

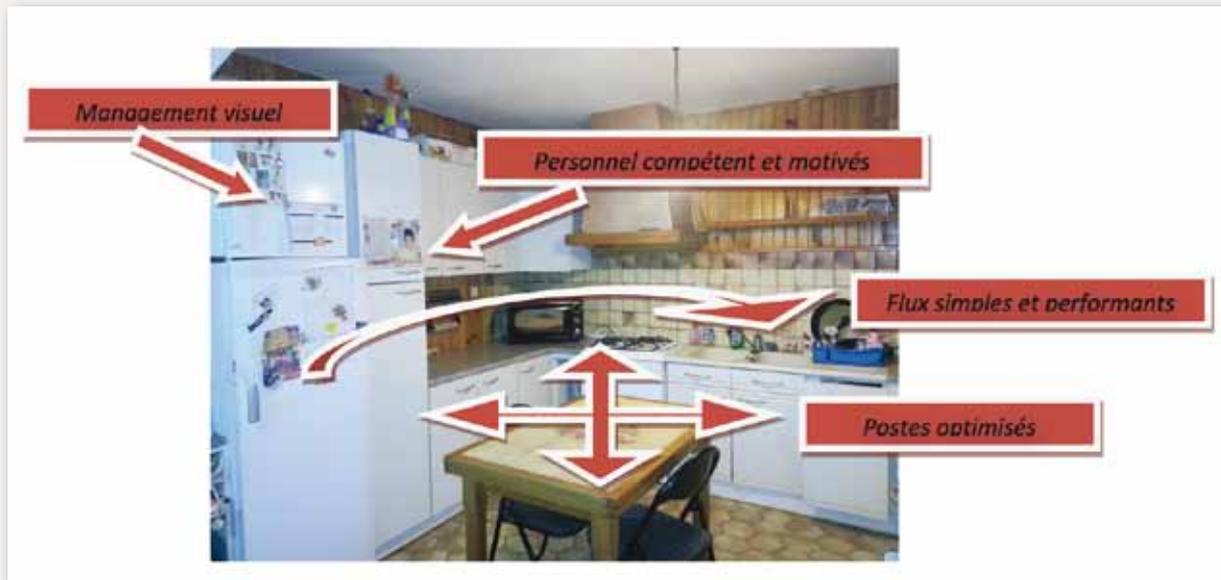


Un exemple d'affichage dans un atelier.

Nous ne reviendrons pas ici sur le management et ses conséquences claires sur l'implication et le travail en commun. Mais notons que la particularité d'une entreprise industrielle, c'est que le travail réalisé peut en général se voir, que ce soit dans un atelier ou sur une console de R&D. Ainsi, les managers veilleront à être souvent au sein des équipes, « sur le terrain ».

Les techniques du « *management visuel* » sont d'ailleurs de plus en plus utilisées : l'affichage à la vue de tous des objectifs et résultats de l'entreprise et de l'équipe. Ainsi, l'affichage d'indicateurs simples (coûts, qualité, délais, climat social, ...), régulièrement mis à jour et présentés, permettent d'améliorer la compréhension de la situation de l'entreprise par tous et donc l'adhésion.

Enfin, les **processus d'amélioration continue** (« *Kaizen* ») incitent chacun à réfléchir à ce qu'il est possible d'améliorer au sein de l'entreprise et à proposer des petites améliorations en groupes (cercles de Qualité) ou de façon individuelle (récompense à suggestion ...). L'amélioration par secteur ou « *chantier* », type chantier Hoshin, est également possible.



La maîtrise des évolutions via la gestion de projets

Dans un monde qui s'accélère, dans lequel la rentabilité de l'entreprise passe par l'innovation, la maîtrise des évolutions est devenue aujourd'hui une nécessité. L'entreprise ne peut plus se permettre qu'un nouveau produit démarre avec un an de retard pour cause de mise au point difficile. Heureusement, l'amélioration des techniques de pilotage de projet permet, dans l'industrie comme ailleurs, de mieux maîtriser les délais et de réduire les risques.

Des livres ont été présentés sur le sujet, nous veillerons à ne rappeler ici que quelques principes appliqués dans l'industrie.

Un projet, c'est d'abord un objectif officiel et partagé : **objectifs techniques, financiers, de délais**. Il permet à chacun dans l'entreprise de se préparer aux évolutions à venir.

Le « **projet de référence** », valable à un instant donné, est la meilleure hypothèse technique à un instant donné, avec ses conséquences sur le coût, la qualité, le planning. Le fait d'avoir un projet de référence permet à chacun de savoir ce qui est décidé et ce qui est hypothétique.

Partant d'un projet de références, et avec des méthodologies de type Amdec, on énumère et on quantifie les risques de ne pas atteindre tel ou tel objectif. On parle de « risques » car la fin du projet n'est pas encore survenue, on peut construire les plans d'actions nécessaires à l'éradication des risques.

De même, on n'oublie pas de rechercher les **opportunités** potentielles et d'en profiter.

On réalise enfin un **jalonement** rigoureux. Il permet d'officialiser le seuil de maturité du projet au plus haut niveau de l'entreprise et de vérifier l'avancement

des « livrables » (ce qui doit être produit par le projet), la consommation des ressources et la cohérence des différentes fonctions de l'entreprise.

■ **Sur l'axe de la maîtrise des évolutions, le lieu importe moins que la proximité des équipes. Ainsi, les secteurs de R&D, plus facile à déplacer que ceux de la production, auront tendance à les suivre dans une éventuelle délocalisation. N'en déplaie aux défenseurs du « fabless » ...** ■

Les principes sous jacents à une industrie performante sont en fait simples. Ils se retrouvent d'ailleurs dans bien d'autres domaines où l'optimisation du travail est importante :

La France dispose d'atouts très sérieux pour pouvoir continuer de développer une industrie performante : la qualification de son personnel, la proximité des centres de décision et des lieux de consommation, le coût de son énergie, ...

Encore faut-il qu'elle en ait la volonté, et s'en donne les moyens. Les récents débats semblent enfin aller dans ce sens.

Il faudra certainement longuement communiquer afin de redonner ses lettres de noblesse au travail manuel et à un des plus beaux métiers du monde, celui qui consiste à fabriquer des produits que nous utilisons tous les jours, pour nos besoins primordiaux, notre confort, notre santé, nos loisirs ... ■

Frédéric Bois (89) est Directeur Industriel. Il dirige depuis 20 ans des équipes et des projets stratégiques dans le domaine industriel. Après avoir démarré sa carrière chez PSA, en production, en qualité et à la tête de projets dont l'industrialisation de la 207sw, il a dirigé les opérations d'ETI industrielles leaders sur leurs marchés (TRIGO, CMN).

BILLET D'HUMEUR



Par Claude HENRY (67)

On parle beaucoup actuellement de l'industrie française, ou plutôt de ce qu'il en reste. Que d'incantations allant jusqu'à des exorcismes médiatiques !

C'est amusant et puis, pourquoi pas ? Le sujet est devenu trop sérieux pour le traiter sans un peu d'humour.

Mais, ce dont les entreprises françaises (quelle que soit leur taille) ont le plus besoin aujourd'hui, c'est de confiance.

On ne peut pas se battre sur les marchés du monde si l'on ne se sent pas fortement compris et soutenu par son pays.

Ceci étant dit, je veux vous apporter un témoignage et une conviction.

Ayant été pendant plusieurs décennies à la tête d'un groupe industriel, j'ai eu à vivre la mondialisation dans toute son ampleur. Tout en s'implantant industriellement dans plus de dix pays, notre dispositif industriel a pu se maintenir en France avec plus de vingt sites. Cela a été possible grâce à la réflexion sans concession et à la mobilisation des équipes, animées pour l'essentiel par des ingénieurs de toute formation.

Ce sont eux qui étaient les mieux placés pour comprendre les enjeux et surtout pour concevoir des solutions, certes d'effort, mais surtout d'espoir. Cette compétence venait de leur connaissance des enjeux mondiaux et de leur implication sur tous les fronts : amélioration constante des procédés de fabrication, investissements pertinents et performants, formation des jeunes par l'apprentissage et des moins jeunes par la formation continue, innovation constante en collant au plus près des besoins des clients, complémentarité avec les commerciaux, implication pour développer des unités de production en Asie et en Amérique pour mieux servir les clients locaux.

Dès l'ouverture fin 89 des pays de l'Europe de l'Est avec des salaires très bas, on pouvait prévoir le pire. Devant une commission parlementaire, en 91, nous avons exprimé notre inquiétude en faisant quelques propositions de bon sens, mais la seule recommandation, pour schématiser, a été : « *Soyez une entreprise citoyenne !* » Et sous-entendu : « *Vous pouvez compter sur nous pour être en tête des manifestants en cas de licenciements.* »

Fort de cette « confiance », nous avons créé des unités de production dans ces pays et pu obtenir une moyenne de coûts horaires compatible avec le marché. Pour la Chine, après son entrée dans l'OMC en 2001, nous avons attendu 2004 pour créer une unité dédiée essentiellement à cet énorme marché. Tout comme aux États-Unis, au Mexique et en Inde, ces implantations nous ont permis d'acquérir des parts de marché mondiales de plus de 30% et de générer une forte croissance. Parallèlement, nous avons fait des investissements importants dans l'électronique de puissance (par acquisition) avec une forte implication des ingénieurs du groupe. Tout ceci, loin de nous diluer, nous a renforcés tant en présence mondiale, en nous LOCALISANT dans les marchés porteurs, qu'en amélioration de notre base technologique (90% des nouveaux développements étaient avec une électronique associée). D'une entreprise franco-française, nous sommes devenus une entreprise française de taille mondiale. Il a fallu anticiper pour ne pas nous voir acculés au pire et surtout conduire cette mutation avec le profond respect des hommes.

Être ingénieur, au-delà d'un diplôme, c'est une vocation. N'allez pas vous perdre dans les logiciels de la finance, ou dans les jeux de pouvoir de ceux qui voient les choses de loin. L'industrie a plus que jamais besoin de vous, de votre compétence, de votre enthousiasme. Des équipes d'hommes et de femmes vous attendent pour vivre avec eux une merveilleuse aventure. C'est tout le bonheur que je vous souhaite.

De la même façon que la France du siècle passé doit tant à ses instituteurs dévoués que l'on nommait les « hussards de la République », soyez les « hussards de l'industrie ».

Sans vous, pas de salut. ■

Claude Henry (67) commence sa carrière industrielle en créant une usine de moteurs électriques dans le Nordeste du Brésil, puis en 76 rejoint le groupe Leroy-Somer où il occupe à partir de 1986 le poste de P.D.G de Moteurs Leroy-Somer puis en 1990 celui de PDG du groupe, basé à Angoulême. Il quitte ses fonctions opérationnelles en 2010. Pendant cette période, il a été Group Vice-Président d'Emerson Electric, actionnaire principal dont le siège est à Saint-Louis (Missouri).