

**Séminaire  
Ressources Technologiques  
et Innovation**

*organisé grâce aux parrains  
de l'École de Paris :*

Air France  
Algoé<sup>2</sup>  
ANRT  
ArcelorMittal  
Areva<sup>2</sup>  
Cabinet Regimbeau<sup>1</sup>  
Caisse des Dépôts et Consignations  
CEA  
Chaire "management de l'innovation"  
de l'École polytechnique  
Chambre de Commerce  
et d'Industrie de Paris  
CNRS  
Conseil Supérieur de l'Ordre  
des Experts Comptables  
Danone  
Deloitte  
École des mines de Paris  
EDF  
Entreprise & Personnel  
Fondation Charles Léopold Mayer  
pour le Progrès de l'Homme  
France Télécom  
FVA Management  
Roger Godino  
Groupe ESSEC  
HRA Pharma  
IDRH  
IdVectoR<sup>1</sup>  
La Poste  
Lafarge  
Ministère de l'Industrie,  
direction générale des Entreprises  
PSA Peugeot Citroën  
Reims Management School  
Renault  
Saint-Gobain  
Schneider Electric Industrie  
SNCF<sup>1</sup>  
Thales  
Total  
Ylios

<sup>1</sup> pour le séminaire  
Ressources Technologiques et Innovation  
<sup>2</sup> pour le séminaire Vie des Affaires

(liste au 1<sup>er</sup> novembre 2007)

**TROUVER DES APPLICATIONS  
DÈS AUJOURD'HUI POUR UNE TECHNOLOGIE  
DE DEMAIN**

par

**Frédéric TOUWARD**

Axane - Fuel Cell Systems (groupe Air Liquide)

Séance du 26 septembre 2007  
Compte rendu rédigé par Yves Breton

**En bref**

Dans un contexte où la disponibilité de l'énergie et la réduction des émissions polluantes sont d'actualité, l'hydrogène revient sur le devant de la scène comme une solution potentielle, notamment en appliquant le principe de la pile à combustible, connu depuis un siècle. L'Europe et l'agence nationale pour la recherche soutiennent ces nouveaux développements. Air Liquide, qui s'intéresse naturellement au nouveau débouché que constituerait le transport dans quelques décennies, a choisi d'explorer l'usage de l'hydrogène sur des applications ciblées. Elle compte ainsi se préparer à l'émergence de marchés de masse, en faisant évoluer la technologie tout en tenant compte des souhaits des utilisateurs et des problèmes de sécurité liés à l'usage de ce gaz combustible. Mais la partie est délicate, car la rentabilité des premières applications exploitant cette nouvelle source d'énergie implique souvent une adaptation par l'utilisateur de ses conditions d'usage.

*L'Association des Amis de l'École de Paris du management organise des débats et en diffuse  
des comptes rendus ; les idées restant de la seule responsabilité de leurs auteurs.  
Elle peut également diffuser les commentaires que suscitent ces documents.*

## **EXPOSÉ de Frédéric TOUVARD**

De formation technique et scientifique, j'ai d'abord travaillé dans l'ingénierie de défense militaire, puis chez Axane, une société créée par le groupe Air Liquide, employant une soixantaine de personnes, et implantée dans un pôle de haute technologie à Sassenage, près de Grenoble. J'y suis directeur d'une équipe de 25 personnes, en charge de conduire des projets visant à définir des produits, les fabriquer et en assurer le support après-vente.

Cette présentation s'appuie sur la synthèse que Gilles Garel, professeur à l'université de Paris-Est, et Rodolphe Rosier, doctorant à l'université Paris-Est (Prism OEP) et chez Axane, ont réalisée sur l'exploration que nous avons menée.

### **AXANE**

Air Liquide est un groupe gazier dont l'hydrogène est l'une des activités, avec sa fabrication, sa distribution et des offres associées, en particulier la pile à combustible à laquelle il s'est tout naturellement intéressé, car une telle pile peut fonctionner avec de l'hydrogène. Mais cela renvoie à bien d'autres aspects comme la sécurité d'usage – ce gaz peut être dangereux –, ainsi qu'à nombre de sujets intéressant l'énergie en général. Je vais centrer mon exposé sur la façon dont Axane a conduit à la fois l'exploration de la technologie de la pile à hydrogène et celle de nouveaux marchés susceptibles de s'y intéresser.

### **L'hydrogène, source d'énergie**

Les grands défis de l'énergie constituent un triptyque dont les trois volets sont la préservation de l'environnement à l'échelle planétaire, l'approvisionnement en fonction des situations géopolitiques, et le coût qu'elle représente selon les technologies retenues. Quelles sont les énergies disponibles ? Ce sont les énergies renouvelables, comme l'énergie hydraulique, l'éolien, le solaire, la biomasse ; les énergies fossiles comme le pétrole, le charbon, le gaz naturel ; enfin le nucléaire et bien d'autres sources d'énergie parmi lesquelles l'hydrogène. Il n'y en a pas une qui, dans l'absolu, soit la meilleure, chacune devant être considérée relativement aux autres en fonction de la situation, des avantages, des inconvénients, des contraintes, etc.

#### *L'hydrogène*

Comment se situe l'hydrogène en tant qu'énergie en termes d'émissions de CO<sub>2</sub> ? Une pile à hydrogène n'émet pas de CO<sub>2</sub>, hormis les émissions correspondant à l'élaboration des matériaux qui la composent. Mais la fabrication de l'hydrogène entraîne de telles émissions. Cela dit, il existe déjà des travaux et des développements technologiques visant la séquestration du CO<sub>2</sub> lors de la production d'hydrogène, et même l'absence d'émission lorsqu'il est possible d'utiliser des sources renouvelables. Par exemple, au Canada, la situation permet de produire l'hydrogène par électrolyse. On va donc vers une diminution considérable de ces émanations.

Et en termes de perspectives d'usage ? Actuellement nous sommes dans une phase de marchés précoces. Selon une vision européenne, ils seront suivis vers 2015 d'autres marchés qui, en 2030, ouvriront la voie au marché du transport.

Je vais focaliser mon exposé sur la façon dont nous contribuons à créer ce marché, c'est-à-dire en commençant par des marchés de niche qui ne représentent pas des volumes importants, mais plutôt des applications unitaires, et qui vont nécessiter un type d'exploration et de management différent de celui du marketing traditionnel ou du marketing de masse.

## *La pile à combustible*

Une pile à combustible a la particularité de ne pas contenir ses réactifs – ils viennent de l'extérieur –, contrairement à une batterie où ils sont stockés aux bornes des électrodes. Une pile à hydrogène est alimentée par deux fluides, de l'hydrogène puisé dans une bouteille externe au générateur, et de l'air (ou de l'oxygène pur) qu'il s'agit d'amener au bon moment et au bon endroit. Un tel dispositif permet de séparer les notions de puissance et d'énergie, ce qui est très important pour une pile car si on veut augmenter son autonomie à puissance égale, il suffit d'ajouter des bouteilles d'hydrogène, contrairement à la batterie où l'on ne peut rajouter que du générateur complet, donc à la fois de la puissance et de l'énergie.

### **Pile à combustible vs groupe électrogène**

Dans un groupe électrogène, il y a aussi un combustible externe au générateur thermique et l'autonomie dépend également du volume de carburant dont on dispose, mais c'est la technologie qui diffère. Un groupe ne doit pas être dimensionné sur une puissance nominale mais sur une puissance crête, parce qu'il ne faut pas l'étouffer au démarrage. Ce n'est pas le cas d'une pile à combustible. Du coup, à usage comparable en régime normal, la pile à combustible peut afficher une puissance pratiquement deux fois moindre. On va aussi effectuer des comparaisons, notamment en termes de pollution et de bruit, afin d'identifier au cas par cas en quoi la pile peut apporter un avantage décisif par rapport à une solution reposant sur l'usage d'un groupe électrogène, seul ou couplé à des batteries comme c'est le cas, par exemple, dans de nombreux hôpitaux.

### **L'historique d'Axane**

Axane a progressé dans son projet de pile à hydrogène en quatre grandes étapes.

#### *L'approche technologique*

La première étape, de 1999 à 2002, fut une phase de préparation, dans une approche technologique participative par projets. Durant cette période, les constructeurs automobiles annonçaient des solutions énergétiques innovantes pour l'équipement de dizaines de milliers de véhicules dans les quatre ou cinq ans, mais l'échéance était repoussée chaque année d'un an ou deux. Dans notre pôle innovation à Air Liquide nous participions à ces projets par l'hydrogène, les fluides, la gestion thermodynamique, sur des véhicules de Renault et de PSA, des objets intéressant les militaires, des groupes électrogènes, en bref de grands exemples de technologies.

#### *Les premiers prototypes*

Ensuite, nous avons maîtrisé complètement la technologie de la pile à hydrogène en construisant notre propre *stack*, c'est-à-dire un empilage de cellules actives constituant le cœur de la réaction électrochimique. Cela nous a permis de lancer sur la période 2002-2003 deux grands projets : le Polar Pac et le Roller Pac.

Le Polar Pac allait nous servir de banc d'essai tout en étant conçu pour être utilisé par un néophyte, en l'occurrence Jean-Louis Étienne qui, en 2002, devait partir au pôle Nord pour une mission de trois mois et demi. Il s'est fait déposer sur place par hélicoptère, dans une capsule équipée de panneaux solaires couplés avec notre pile à combustible et des batteries lithium-ion, afin de produire son énergie pendant toute la durée de la mission. La pile embarquée, d'une puissance de 350 watts, tournait entre 6 et 15 heures par jour pour recharger les batteries. Il y a eu beaucoup de surprises, évidemment, avec cette architecture hybride couplant solaire, pac et batteries, car la littérature était peu fiable concernant le rayonnement solaire au pôle Nord. Comme la banquise se déplace quotidiennement de 10 à 20 kilomètres, Jean-Louis Étienne s'est finalement retrouvé à proximité du Groenland, c'est-à-dire à 500 kilomètres du pôle d'où il était parti, non sans avoir fait de nombreuses expérimentations : des mesures de pollen, d'eau, de rayonnement solaire, et d'énergie utilisée.

Ensuite, dans la continuité du Polar Pac, c'est avec le Roller Pac que l'équipe d'Axane a conquis sa crédibilité au sein d'Air Liquide et dans le monde de la pile à combustible : il s'agissait d'un générateur dont le design devait séduire avec ses traits plutôt féminins, par opposition aux générateurs thermiques inesthétiques et maculés d'huile. Il nous a valu le prix de l'Observateur du design 2003, avec une mention spéciale "environnement" de l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME), et le grand prix Siemens de l'innovation 2004. C'était un générateur d'une puissance de 2 kW, avec une hybridation intégrée lui permettant de supporter des pics de 4 kW, ce qui, à cet égard, le rendait tout à fait comparable à un groupe électrogène de même puissance, mais avec l'avantage d'être silencieux et non polluant. Un raccord rapide hydrogène, un bouton "on/off" et une clé de coupe-circuit rendait son usage très simple.

### *L'industrialisation*

En 2004 et 2005 nous avons commencé à aborder l'industrialisation en même temps que nous recherchions les niches potentielles. Nous nous sommes alors rendu compte que d'un point de vue purement marketing nous étions plutôt démunis, puisque les utilisateurs pressentis n'exprimaient aucun besoin. Impossible par conséquent de segmenter, et pas question évidemment d'envisager la production d'un produit universel. C'est alors que nous avons imaginé des situations d'usage, en se demandant, par exemple, comment un pompier utiliserait notre générateur sur le terrain. Cela nous a permis de tirer des enseignements pour le design et le maquettage du produit, puis de le codévelopper en utilisant les potentiels internes du groupe mais aussi des partenariats avec des fournisseurs, et enfin de fabriquer des prototypes puis des mini-séries de 10 à 20 unités, sur des lignes d'assemblage présentant beaucoup de flexibilité.

C'est ainsi qu'après s'être fait une idée de ce que pourrait être l'objet pour un usage donné, toute l'équipe de conception converge vers sa réalisation, dans des délais très courts, et plutôt en mode "commando", afin de le tester en exploitation réelle puis le faire évoluer. Évidemment, tout n'est pas réinventé à chaque fois, car nous avons au préalable concentré nos efforts sur un objet, nommé Évopac, une brique technologique standard qu'on retrouvera dans les divers produits d'usage avec des habillages différents : par exemple une grande armoire fixe, avec une ou deux piles à combustible et un ou plusieurs compartiments de stockage de l'hydrogène ; ou encore un générateur habillé beaucoup plus serré pour des usages spécifiques exigeant sa mobilité.

### *Le déploiement*

En 2006 et 2007, les processus que j'ai décrits se poursuivent en boucle, mais le déploiement concerne désormais de multiples applications dans de nombreux pays. Par exemple nous avons un partenariat avec Bouygues Télécom pour alimenter en permanence certaines antennes téléphoniques, ce qui nous conduit à assurer périodiquement le remplacement des bouteilles de gaz afin d'éviter tout arrêt de fonctionnement du générateur. Cette logistique est facilitée par notre dispositif de télé-monitoring qui nous permet de surveiller à distance le niveau local des réserves d'hydrogène et de déclencher le cas échéant la livraison et la mise en service de nouvelles bouteilles.

Dans le cadre de ce déploiement, plusieurs points nous intéressent tout particulièrement :

- l'homologation de l'hydrogène ; nous participons évidemment aux antennes de réglementation et nous apportons notre contribution aux travaux sur les normes ;
- la notion de coût évité ; il s'agit, dans une réflexion commune avec un utilisateur potentiel, de mettre en évidence quels coûts pourraient lui être évités en utilisant notre pile à combustible plutôt qu'une autre technologie ;
- le décodage des besoins des clients ; il donne lieu à des travaux d'analyse de la valeur afin d'identifier ce qui est réellement important pour un utilisateur, et à une reconsidération des références actuelles pour pouvoir envisager l'introduction de la technologie pile ;

- la fiabilisation technologique ; l'expérience sur le terrain révèle souvent des surprises difficiles à prévoir par les équipes de conception, ou impossibles à observer en laboratoire ; il est nécessaire d'en tenir compte dans l'amélioration des produits ;
- la conception d'accessoires ; le générateur n'est peut-être pas suffisant à lui seul dans certaines conditions d'usage, ce qui peut mettre en évidence la nécessité d'accessoires, comme des chariots pour le déplacement du générateur lui-même ou le transport des bouteilles d'hydrogène, accessoires sans lesquels le développement commercial du produit pourrait être compromis ;
- la capitalisation des connaissances ; il s'agit de capitaliser toutes les données recueillies depuis la conception jusqu'à la mise en œuvre des produits, ainsi que l'historique de la conception elle-même.

### **Quelques illustrations**

Pour illustrer notre processus d'exploration de niches et de développement, je vais citer plusieurs cas d'application.

#### *Le cinéma*

Il s'agissait d'un tournage réalisé de nuit, dans une rue du XI<sup>e</sup> arrondissement de Paris, par une équipe de 20 à 40 personnes détachées sur les lieux pour deux ou trois nuits. Compte tenu du coût de cette mobilisation, toute perte de temps est évitée en organisant au mieux les opérations de tournage, et en utilisant des équipements aussi adaptés et fiables que possible.

Pour ce genre de tournage, l'énergie nécessaire à l'éclairage et aux autres équipements est habituellement fournie par des batteries installées à proximité. Leur autonomie n'étant que de 20 minutes, elles sont rechargées par un groupe électrogène, mais comme il est bruyant, il faut évidemment l'installer là où le sommeil des riverains est le moins perturbé. Une personne doit donc assurer sa surveillance, et une autre faire les va-et-vient nécessaires pour y apporter les batteries déchargées et aller remettre en service les batteries rechargées, une logistique lourde et coûteuse.

Notre proposition de remplacer ce système par une pile à hydrogène a séduit l'équipe de tournage, car ce générateur silencieux et non polluant pouvait être installé à proximité des équipements et utilisé sans interruption, le remplacement d'une bouteille d'hydrogène étant transparent pour l'utilisateur. Le directeur photo, qui plaçait auparavant des écrans noirs pour réduire son éclairage, a appris à ajuster sa puissance lumineuse en fonction des capacités du générateur, acceptant ainsi d'en supporter les contraintes pour pouvoir bénéficier de ses avantages, notamment son silence qui a permis une prise de son en direct.

Grâce à cette expérience, nous avons découvert le concept d'énergie silencieuse à la demande, au sens où il ne faut que 5 à 10 secondes pour arrêter ou redémarrer le générateur, alors qu'on n'arrête pas un groupe, de peur qu'il ne redémarre plus, Ce nouveau concept s'applique évidemment à de nombreux autres cas d'emploi.

#### *La sécurité civile*

Lorsqu'un édifice s'effondre, par exemple à la suite d'un tremblement de terre, il faut aller chercher des victimes encore vivantes sous les décombres, et donc pouvoir éclairer et écouter, ce qui suppose du silence. Or, en utilisant des groupes électrogènes non silencieux, l'écoute est impossible sauf s'ils sont installés à plusieurs centaines de mètres du lieu de l'intervention, ce qui crée sur place des problèmes de mobilité, alors qu'elle est essentielle dans ce genre de situation. La pile à combustible peut résoudre ces dilemmes car elle peut être mise au cœur de l'écoute sans pour autant la perturber.

## *La surveillance*

D'autres applications plus spécifiques sont possibles, notamment dans le domaine de la surveillance, où le besoin d'énergie disponible sur des périodes de plusieurs semaines est avéré. Les équipes de planque ou les systèmes d'écoutes installés dans des véhicules pourraient par exemple en bénéficier.

### **Quelques chiffres**

Entre 2002 et 2007, Axane a progressé :

- de 8 à 60 personnes dans l'équipe de conception ;
- de 2 à 25 systèmes livrés par an sur des applications ciblées ;
- de 1 à 8 pays concernés par ce déploiement ;
- de 1 à 20 configurations de produits, résultant toutes d'un packaging différent du semi-produit standard.

### **Les régimes d'innovation**

De nombreuses recherches sont menées sur l'innovation, en particulier au Centre de gestion scientifique (CGS) de l'École des mines, à l'École polytechnique ou à l'université Paris-Est Marne-la-Vallée. Selon Gilles Garel<sup>1</sup>, on peut distinguer trois régimes d'innovation :

- le renforcement des offres existantes ;
- le renouvellement d'une offre pour des clients identifiés ;
- l'exploration qui concerne des utilisateurs encore non identifiés et des technologies inconnues ou instables.

Dans les termes des travaux du CGS<sup>2</sup>, le renforcement et le renouvellement pourraient être qualifiés de "conception réglée" – on pousse les limites d'un cadre existant –, et l'exploration de "conception innovante" – on change le cadre, ou on le réouvre différemment.

### **Le régime d'exploration**

Le régime d'exploration correspond à des équipes innovantes qui doivent rechercher s'il est possible de mettre en œuvre de nouvelles solutions, différentes de celles qui constituent la référence habituelle, d'où un décodage des besoins et le développement de nouvelles connaissances pour aboutir à un résultat. Mais comment orienter ce développement de connaissances ?

Les situations d'exploration ne reviennent pas seulement à révéler une réalité cachée inaccessible a priori, mais permettent d'ouvrir de nouveaux espaces, à partir de questions initiales mal posées ou banales, sur un concept pour lequel aucune configuration n'existe, et sur lequel les connaissances disponibles sont réduites ou peu exploitables. Mais ces questions imparfaites permettent d'engager avec l'utilisateur potentiel une réflexion commune sur la problématique, et de déboucher sur leur reformulation. C'est alors qu'il y aura génération de la connaissance qui va permettre, si c'est possible, de conduire l'objet vers la satisfaction du besoin. Nous sommes là dans une démarche qui pourrait être qualifiée de constructiviste.

Dans ce régime, les équipes doivent savoir aborder des situations de complexité et d'incertitude, sans perdre de vue leur objectif qui est d'identifier de la valeur et de générer des connaissances, malgré toutes les ambiguïtés de l'inconnu.

---

<sup>1</sup> Gilles Garel et Rodolphe Rosier (2007), *Gérer l'exploration, le cas des technologies à haut potentiel*, 50<sup>e</sup> congrès de l'Asac (*Administrative Sciences Association of Canada*), 2-7 juin, University of Ottawa, School Telfer of management.

<sup>2</sup> Pascal Le Masson, Benoît Weil et Armand Hatchuel., *Les processus d'innovation, conception innovante et croissance des entreprises*, Hermès Lavoisier, (2006).

## Comment gérer l'exploration

L'exploration n'est évidemment pas une fin en soi, mais un moyen obligé pour aboutir à des applications rentables sur les marchés précoces. Elle nécessite une méthodologie et une organisation différentes de celles habituellement utilisées.

Nous reformulons la valeur de ce qui est exploré pour ensuite orienter notre travail sur cette valeur. Cette valorisation ne s'appuie pas seulement sur ce que nous disent les utilisateurs potentiels, mais nous procédons, de façon itérative, à un décodage de leur activité pour reconsidérer et reconfigurer avec eux leur façon de la gérer. Avec ceux d'entre eux qui sont suffisamment ouverts pour jouer vis-à-vis de nous un rôle de partenaires, nous allons plus loin en leur démontrant in situ, à l'aide de prototypes, quel est notre savoir-faire. En retour, ils nous aident à orienter notre produit pour qu'il corresponde bien aux besoins de leur application.

Cela dit, si la valeur imaginée s'avère erronée quelques mois plus tard, nous devons être capables de la reconsidérer ainsi que, le cas échéant, les travaux de conception déjà engagés. Nous intégrons ces bifurcations radicales comme un véritable principe de management.

### Les outils d'interface

Nous avons adapté ou développé des outils d'interface pour faciliter notre mission.

#### *Le cahier des charges*

L'émergence d'un futur objet concerne toutes les personnes exerçant chez Axane les métiers techniques, ceux du marketing et du commercial, et celui d'architecte qui assure la cohérence des autres métiers. Nous avons pris le parti de réunir, dans un même dossier, leurs visions partagées sur le futur objet, quitte à ce qu'elles évoluent au cours de sa conception. Nous y ajoutons nos connaissances sur l'environnement qui est notre champ de contrainte, et nous y traçons nos choix.

C'est ce dossier de l'objet qui fait office de cahier des charges, avec la différence qu'il n'est ni réducteur, ni verrouillant, qu'il reste ouvert aux changements de l'environnement, et qu'il favorise l'adaptabilité et la flexibilité que requiert notre démarche d'exploration.

#### *Les outils marketing*

Pour sélectionner des niches, nous nous servons d'une matrice très simple qui permet de noter pour chaque cas exploré : la description succincte du produit et de son contexte d'utilisation, description qui reflète ce qui a été identifié sur le terrain comme susceptible de satisfaire un utilisateur ; l'évaluation de la taille des marchés potentiels ; le positionnement du produit par rapport à toutes les technologies concurrentes. Une telle matrice permet de sélectionner les cibles pour lesquelles, à un moment donné, le potentiel de valeur semble le plus important, et donc de focaliser les équipes sur la conception des produits correspondants.

Pour que la conception soit en phase avec le marketing, nous utilisons une autre matrice avec, cette fois, une description très précise de l'utilisation prévue du produit, et tous les critères de conception technique qui lui correspondent : sa masse, son volume, son niveau sonore, etc.

Une dernière matrice nous permet de nous positionner par rapport à la concurrence, aussi bien dans les piles à combustible que dans les autres technologies. C'est là que nous pourrions alors être tentés de concevoir un produit universel répondant à tous les critères de choix, y compris les plus contraignants, mais il est plus réaliste de viser un compromis global, quitte à présenter, le cas échéant, à des prospects hésitants, quelles sont nos perspectives d'évolutions futures.

## *Le management chez Axane*

Nous favorisons l'innovation, que je considère plus comme un état d'esprit que comme une fonction, en faisant en sorte que tous les métiers avancent en parallèle, et avec de nombreuses itérations. Chez nous, c'est un véritable principe de management.

Cela se traduit par une ouverture entre les métiers, dans la définition détaillée des critères de conception, mais surtout dans leur acceptation partagée. L'idée est que les métiers puissent se confronter, car aucun d'eux ne peut prétendre à la suprématie. Cette confrontation suppose une tolérance réciproque permettant à chacun de se conforter dans son métier plutôt que de s'y sentir déstabilisé ; elle doit être accompagnée d'une mise en confiance de tous les acteurs, afin d'éviter que les métiers aient au contraire tendance à se protéger.

Dans ce processus, nous ne figeons que les paramètres qui ne peuvent pas attendre, c'est-à-dire qui se situent, à un moment donné, sur le chemin critique de la conception. Mais nous restons flexibles sur les autres. Du reste, les moyens de prototypage et de maquettage sont largement utilisés pour montrer en interne comment la réalisation de l'objet prend forme, et donner l'occasion d'avoir des échanges sur les choix retenus ou en cours. C'est un des moyens utilisés, en régime de conception, pour une communication ouverte et rapprochée qui nous permet de nous coordonner et de réagir très rapidement sur l'objet : en une semaine il peut se passer une révolution assez importante. Dans ce cas, il n'est pas question de se dire : « *Voilà un cahier des charges, on se revoit dans un mois.* » L'accompagnement du processus de développement se fait au quotidien.

### **Les types d'organisation**

Je vais maintenant parler, d'une façon plus générale, de types d'organisation et surtout de cultures de groupes que l'on peut observer dans le management de projets.

#### *La culture hiérarchique*

Dans le taylorisme, le chef dit, et les gens exécutent. Il n'y a pas de retour. C'est l'arbitraire du chef et donc le manque d'autonomie des subordonnés.

#### *La culture matricielle*

Les projets sont souvent organisés sous forme matricielle avec des circulations, liées aux procédures et aux normalisations au sein des métiers. C'est un jeu de piste avec un processus réglé, qui a l'avantage d'être normalisé, mais qui pourrait entraîner le manque de prise de responsabilité.

#### *La culture polycellulaire ou interactive*

On observe aussi parfois des organisations polycellulaires ou interactives. On fonctionne plutôt avec des zones d'influence ou des centres de gravité qui se créent. C'est l'esprit entrepreneurial qu'on trouve dans de nombreuses start-ups ou *spin-off*, mais qui nécessite beaucoup de régulation interpersonnelle. L'inconvénient majeur de ces cultures, c'est la désorganisation, le chaos, le désordre, si elles ne sont pas régulées.

#### *La complexité du dosage*

La complexité, c'est de réunir les trois cultures à la bonne dose. On a besoin du mode hiérarchique dans certains cas, et du mode interactif dans d'autres. On pourrait intégrer la gestion de la complexité au sein du "I" de la RID (Recherche, innovation et développement) car, pour être efficace, il s'agit de bien positionner le mode de fonctionnement selon des étapes. Mais si l'on veut fonctionner en mode interactif, encore faut-il se soucier d'y préparer tous les acteurs, car il exige un langage commun, une ouverture au changement, et un partage de valeurs, d'objectifs clairs, d'enjeux, d'expériences, et de reconnaissance en termes de

compétences. Si toutes ces conditions ne sont pas réunies, il sera très difficile de fonctionner dans ce mode.

## Le management par enjeux

Il est très courant d'observer qu'une équipe abordant une activité a une tendance naturelle à se jeter dans l'action, avant de se poser vraiment la question d'une méthode de travail, et seulement plus tard, celle des enjeux – c'est-à-dire du sens – de l'action entreprise. Cette façon de faire peut pourtant conduire à la paralysie de l'équipe, aux jeux de pouvoir et à la préservation de territoires par insécurité identitaire.

Mais si l'on s'accorde d'abord sur les enjeux, puis sur la méthodologie, le travail se fait de toute façon, car les compétences sont là, mais il se fait alors dans un cadre bien compris. Un management par enjeux, ou par séquences d'enjeux, rend les équipes capables de se repositionner en termes de vision et donc de remanier naturellement le travail en cours, car chaque identité individuelle est associée aux enjeux identitaires du collectif. C'est ainsi que nous avons permis à notre équipe d'être performante dans le milieu innovant de l'exploration.

## DÉBAT

**Un intervenant :** *L'ANR (Agence nationale de la recherche) soutient un programme<sup>3</sup> qui consacre des dizaines de millions d'euros à l'hydrogène. Au niveau européen, un autre projet<sup>4</sup> concerne le même sujet. Mais, à vous écouter, la pile à combustible est au point, et vous pouvez rapidement en livrer une à l'École des mines. En pratique, quels problèmes poserait alors l'hydrogène utilisé comme produit de consommation courante ?*

**Frédéric Touvard :** Si j'avais à livrer une pile à l'École des mines, je me heurterais à la réglementation concernant les gaz combustibles dans les ERP (établissements recevant du public) parce qu'il faudrait alimenter cette pile avec de l'hydrogène. Mais d'un établissement à un autre, il peut y avoir autour de l'hydrogène des représentations différentes des niveaux de sécurité, et c'est pourquoi nous avons malgré tout obtenu un accord dans une université, car c'est toujours l'exploitant qui est responsable de son matériel et de la sécurité. Ensuite, je chercherais à savoir à quel usage cette pile est destinée. Supposons qu'elle doive alimenter une machine à café. Dans ce cas, je procéderais à des tests sur cette machine qui, pour une consommation en régime normal de 1 kW, révéleraient peut-être des pics de consommation au démarrage de 5 ou 6 kW, ce qui serait rédhibitoire. Peut-être qu'alors je recommanderais une autre machine à café équipée d'un système de *soft-start* qui permettrait, lors de sa mise sous tension, de rester dans la limite de puissance du générateur. Voilà deux points importants qu'il faudrait régler.

## Une démarche rentable ?

**Int. :** *Pouvez-vous donner des éléments de prix ? Par exemple, le générateur a-t-il été rentable pour l'équipe de cinéma ?*

**F. T. :** Pour ce tournage, nous aurions été disqualifiés si nous avions comparé notre offre à la seule substitution d'un groupe électrogène, toutes choses restant égales par ailleurs, car notre générateur est beaucoup plus cher. En revanche, c'est grâce aux coûts évités que notre technologie peut s'avérer rentable, ce qui a nécessité la coopération du client pour déterminer les coûts cachés de la technologie concurrente. Autre exemple : dans les télécommunications, la mise en route des "baies antennes" s'accompagne de pics colossaux de consommation, car leurs concepteurs, comptant sur le réseau électrique, s'en sont peu préoccupés. Pour que notre

<sup>3</sup> PAN-H (Plan d'action national sur l'hydrogène et les piles à combustible), suite à un appel à projets de 2006 <http://www.agence-nationale-recherche.fr/AAPProjetsOuverts?NodId=17&lngAAPId=55>

<sup>4</sup> ERA-NET (European research area network) créé à la suite d'un appel à projet de 2004 <http://energie.wallonie.be/servlet/Repository/?IDR=1935>

client puisse bénéficier des avantages de notre offre, nous l'avons incité à adapter la séquence de démarrage de ses baies.

**Int. :** *Vous commencez par des marchés de niche, mais vous font-ils avancer vers les marchés de masse ?*

**F. T. :** C'est bien pour nous préparer à des marchés de masse que nous travaillons sur des flottes captives de véhicules avec des architectures hybrides – véhicules d'aéroport, de poste, de collectivités, etc. – qui nous révèlent les contraintes technologiques de terrain ou d'environnement. Nous avons aussi des axes de recherche sur des systèmes plus puissants, destinés au *back-up* des hôpitaux ou à des véhicules de transport comme les bus. Ces travaux préparatoires s'inscrivent bien dans une continuité.

**Int. :** *J'imagine que vous n'êtes pas rentables. Comment êtes-vous financés ?*

**F. T. :** Nous ne sommes pas encore rentables, comme bien d'autres compagnies concurrentes, mais certaines de nos activités sont financées par l'ANR, ou par l'Europe, comme par exemple un gros projet qui représente une large part de notre activité et qui concerne des véhicules hybrides, des fauteuils roulants et un véhicule à plateau, dont nous devons assurer sur cinq ans la conception, l'expérimentation et le déploiement dans quatre villes situées respectivement en Espagne, en Italie, en Allemagne et en France. Ces financements sont très importants pour nous parce qu'ils nous aident à développer des objets qui correspondent parfaitement à notre stratégie.

### Face à la concurrence

**Int. :** *Avez-vous des concurrents ?*

**F. T. :** Nous en avons beaucoup sur le continent nord-américain.

**Int. :** *Sur ces marchés-là, beaucoup de start-ups et de spin-off ont des approches assez différentes de celle que vous avez décrite, avec un recours important au financement privé, une focalisation très forte sur certaines de vos niches, et in fine des centaines de systèmes installés. Certaines de ces entreprises sont cotées, et annoncent certes des pertes importantes, mais un accroissement de leur chiffre d'affaires... Qu'en pensez-vous ?*

**F. T. :** Il est vrai que ces start-ups communiquent beaucoup sur la pile à combustible, mais en réalité le nombre de systèmes déployés sur le terrain et effectivement visibles par la population est très faible. Nous serions du reste très contents de pouvoir découvrir une application phare que nous n'aurions pas analysée et qui justifierait un développement spécifique sur ce genre de marché. Il faut bien s'assurer du fondement de l'information.

**Int. :** *Face à ces start-ups, le fait d'être dans un groupe comme Air Liquide constitue-t-il pour vous une force, ou au contraire un frein ?*

**F. T. :** Nous le vivons comme une force. Étant sur des fondations solides, nous enrichissons nos connaissances en approchant de petites cibles sur des marchés précoces. Je n'ai cité que quelques applications, mais il y en a beaucoup d'autres. Certains de nos concurrents nord-américains ont une stratégie très agressive à base de dumping, mais ce n'est pas la nôtre, qui est de construire brique par brique les premiers marchés, les fiabiliser, affiner du même coup notre *business model* tout en sachant qu'on n'est pas encore dans un marché de masse.

### Le marché du transport

**Int. :** *J'ai trouvé très optimiste l'hypothèse européenne d'une pénétration de la pile à combustible dans le secteur des transports en 2030. L'objectif des constructeurs automobiles qui se sont lancés était de remplacer les moteurs classiques par une pile à combustible attaquant directement la transmission, ce qui n'a pu se réaliser, non seulement parce c'était*

*beaucoup trop cher à développer industriellement, mais aussi du fait de l'indisponibilité de l'hydrogène dans les stations-service. Il y aura peut-être une pénétration très lente qui passera probablement par un véhicule électrique hybride, sans doute équipé au début d'un petit moteur thermique classique qui pourrait être remplacé, dans 20 ans ou plus, par une pile à combustible.*

**F. T. :** Le marché des transports ne sera peut-être conquis qu'après 2030, mais nous partageons la vision européenne selon laquelle il faut passer par la phase transitionnelle des marchés précoces, avant d'aborder le marché de masse qu'est le transport. Je partage aussi votre analyse sur les développements probables concernant l'automobile : nous développons déjà une architecture hybride sur un petit véhicule équipé de batteries classiques et d'une pile qui n'est pas seulement un hybride du moteur, mais qui peut être utilisée, par exemple, pour tailler une haie.

**Int. :** *Dans l'aéronautique, c'est entre 2015 et 2017 qu'arrivera la nouvelle génération des monocouloirs, destinée à remplacer les Airbus A320 et les Boeing 737. Sachant que les avions vont devenir beaucoup plus électriques, il faudrait savoir fournir environ 200 kW avec un générateur dont la densité serait inférieure au kilogramme par kilowatt. Pensez-vous que, dans ces conditions, l'aéronautique est un marché émergent pour les piles à combustible ?*

**F. T. :** Il s'agit là de produire de l'électricité lorsque l'avion est au sol, tous réacteurs éteints. Chez Axane, des pré-études ont été menées sur le remplacement de la turbine actuelle. Cependant, nous n'avons pas encore une idée très précise des phases de puissance nécessaire avant le décollage, ni des marges de compromis. Certes, nous pourrions nous positionner sur une technologie non polluante installée sur le tarmac à proximité de l'avion, mais l'introduction de l'hydrogène dans l'avion lui-même ne me semble pas acceptable actuellement.

### **Le mode de fonctionnement**

**Int. :** *Vous n'avez pas parlé de planning. Est-ce que la dimension temps est quelque chose de totalement élastique dans votre pilotage ?*

**F. T. :** Chez nous, le planning est très présent, mais ce ne sont pas des tâches que nous planifions, ce sont des enjeux, ou des étapes d'enjeux qui permettent d'en atteindre d'autres, avec un objectif final à 6 ou 8 mois. Cette cartographie de l'enchaînement d'enjeux résulte d'un travail d'évaluation qui tient compte de nos potentiels et de la façon dont cet enchaînement peut être assuré. Une fois ce planning évalué et sécurisé, nous nous lançons dans sa réalisation et, dès lors, la marge d'élasticité du temps devient très étroite.

**Int. :** *La manière dont votre équipe travaille ne me semble envisageable que parce qu'elle est suffisamment restreinte. Comme les rapports entre les gros bataillons de l'entreprise et cette petite équipe flexible et dynamique risquent de poser des problèmes, son activité ne doit-elle pas être très fortement soutenue par le top management ?*

**F. T. :** Jusqu'à 40 ou 50 personnes, une équipe fonctionne de façon très instinctive, mais au-delà il est important de formaliser la culture, et d'accompagner la dynamique permanente du changement identitaire, structurel et organisationnel de l'équipe, tout en veillant à la qualité des liens interpersonnels.

Dans le reste de l'entreprise, les modes de fonctionnement et la culture sont naturellement différents puisque les enjeux et les organisations ne sont pas les mêmes. Il faut donc soigner tout particulièrement les interfaces entre l'équipe "commando" et le gros de la troupe.

Pour ce qui nous concerne, le groupe Air Liquide est plus qu'un soutien puisqu'il a aussi des activités dans les stations-service pour les véhicules de démonstration, et dans le développement de nouvelles logistiques de production et de conditionnement de l'hydrogène. Évidemment, nous sommes soumis à des contraintes sévères car nous devons aboutir à des applications rentables, et nous devons gérer notre budget, rendre compte de nos activités,

suivre l'état de nos pertes et profits, etc., tout comme les autres structures et services d'Air Liquide qui sont mis en cohérence pour aborder la thématique de "l'hydrogène énergie".

Présentation de l'orateur :

Frédéric Touvard : a débuté sa carrière chez Air Liquide en 1995 dans le démarrage d'installations d'applications militaires (porte-avions Charles de Gaulle, sous-marin) ; il a ensuite occupé la fonction de chef de projet dès la création d'Axane et a développé de nouvelles méthodes de management de projets innovants ; il est aujourd'hui directeur projets et produits pour Axane et gère une équipe de vingt-cinq personnes ; il est coach en cours de certification *Coach & Team*.

Diffusion novembre 2007