

De la nage du dauphin à la pompe cardiaque

par

■ **Érik Guillemin** ■

PDG et fondateur de AMS R&D

En bref

En étudiant la nage du dauphin et le mouvement ondulatoire de sa queue, AMS R&D a mis au point un nouveau concept de pompes biomimétiques. Les performances des pompes Wavera® leur ouvrent un marché dans de nombreux domaines industriels, de l'industrie automobile au nucléaire en passant par la pharmacie, l'aéronautique, l'électronique, etc. Dans le domaine médical, la création en 2011 de la société CorWave SA par l'incubateur MD Start et AMS R&D, grâce à l'apport d'une licence exclusive de la technologie Wavera®, a permis le développement de pompes d'assistance cardiaque qui n'endommagent pas les cellules sanguines et peuvent s'adapter aux variations du rythme du cœur en fonction de l'activité du patient. CorWave, qui a déjà levé 35 millions d'euros, sert de vitrine et de locomotive aux opérations que prépare AMS R&D dans d'autres secteurs industriels.

Compte rendu rédigé par Élisabeth Bourguinat

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

Le séminaire Management de l'innovation est organisé avec le soutien de la Direction générale des entreprises (ministère de l'Économie et des Finances) et grâce aux parrains de l'École de Paris du management :

Algoé¹ • Carewan¹ • Conseil régional d'Île-de-France • Danone • EDF • Else & Bang • ENGIE • FABERNOVEL • Fondation Roger Godino • Groupe BPCE • Groupe Caisse des Dépôts • Groupe OCP • GRTgaz • HRA Pharma² • IdVectoR² • IPAG Business School • L'Oréal • La Fabrique de l'industrie • MINES ParisTech • Ministère de l'Économie et des Finances – DGE • RATP • Renault-Nissan Consulting • SNCF • Thales • UIMM • Ylios¹

1. pour le séminaire Vie des affaires
2. pour le séminaire Management de l'innovation

J'ai 65 ans, je suis un *business developer* et, en quarante-quatre ans de carrière, j'ai créé quatre sociétés. J'ai vendu les trois premières et elles sont toujours en activité. Depuis une dizaine d'années, je me consacre exclusivement à la quatrième, AMS R&D, qui est née de ma rencontre avec Jean-Baptiste Drevet.

La rencontre

Jean-Baptiste Drevet est un ingénieur des Arts et Métiers. Dans les années quatre-vingts, ayant observé le mouvement ondulatoire des dauphins, il a cherché à convaincre ses professeurs qu'il devait y avoir une autre façon de transférer un fluide d'un point à un autre que de recourir aux turbines imaginées par Denis Papin il y a trois siècles. Mais ceux-ci lui répondaient invariablement : « *Si cela pouvait se faire, cela existerait depuis longtemps.* »

Pendant dix ans, il s'est obstiné à travailler sur son idée et, un jour, a trouvé comment aligner les 35 paramètres de ce qu'il a appelé *l'onde progressive amortie*. Le résultat est surprenant : cette technologie, en transférant le fluide en ligne droite au lieu de l'accélérer avec une turbine, permet d'économiser 30 % d'énergie et divise les forces de cisaillement par 40.

Un jour, en 2002, alors que j'étais à la tête d'une société qui fabriquait et distribuait des pompes pour bassins, fontaines et aquariums, Jean-Baptiste Drevet me téléphone pour me présenter son invention et commence aussitôt à m'en détailler les paramètres physiques. Je l'arrête, en lui expliquant que je ne suis pas ingénieur et que je n'y comprends rien, et je lui propose de venir me faire une démonstration le lundi suivant : « *Vous aurez un quart d'heure pour me convaincre. Si votre idée me plaît, nous ferons quelque chose ensemble. Si elle ne me plaît pas, nous nous serrerons la main et ce sera fini.* »

Le lundi, quand ma secrétaire m'a annoncé que mon visiteur était là, j'avais complètement oublié ce rendez-vous. Jean-Baptiste Drevet entre dans mon bureau et commence à déballer un objet de la taille d'un paquet de cigarettes. Intérieurement, je me dis : « *Son truc, ça doit faire du goutte à goutte... Mais restons courtois.* » Puis il pose sur la table un récipient en plastique et me demande 3 litres d'eau, que je lui fournis. Ensuite, il plonge la pompe dans l'eau et s'apprête à brancher la prise électrique. J'ai alors un mouvement de panique en songeant que je vais assister à une électrocution en direct et que cela me vaudra cinq ans de tracas. Il me rassure, branche son appareil et... je reçois le pire coup de pied aux fesses de ma vie. Ce petit engin, de la taille d'un paquet de cigarettes, avait le même débit que la pompe de la taille d'une boîte à chaussures que ma société commercialisait et que je considérais comme extrêmement performante.

Quand j'ai demandé à Jean-Baptiste Drevet comment il avait eu cette idée, il m'a répondu : « *Les poissons et les oiseaux existent depuis des millions d'années. Les poissons avancent grâce à une membrane ondulante et les oiseaux volent grâce à deux membranes ondulantes. Si la propulsion avec une turbine était l'idéal, les poissons auraient une turbine et les oiseaux en auraient deux.* »

L'onde progressive amortie

Le composant principal de la technologie inventée par Jean-Baptiste Drevet est une membrane en élastomère, en forme de disque et percée au milieu. Le fluide à pomper arrive par la périphérie de la membrane et ressort par son centre. Un actionneur linéaire électromagnétique génère un mouvement de haut en bas qui donne à la membrane ce mouvement ondulatoire à partir de son bord extérieur jusqu'à son centre. En oscillant, la membrane transmet l'énergie au fluide pour obtenir le débit et la pression souhaités.

En fonction du domaine auquel la technologie est appliquée (automobile, médical, nucléaire, etc.), le matériau de la membrane, sa forme et sa taille peuvent changer, de même que le type d'actionneur. Nous avons, par exemple,

conçu une membrane de forme rectangulaire (comme un drapeau), dédiée aux flux d'air, et nous sommes en train de mettre au point une membrane tubulaire, qui pourra être insérée à l'intérieur des tuyaux, ce qui augmentera encore l'efficacité et la longévité de la pompe, puisqu'il n'y aura plus aucun raccord et que la propulsion se fera vraiment en ligne droite. Le matériau de la membrane doit également être adapté en fonction du fluide à transférer et de la réglementation du domaine concerné.

Notre pompe peut être utilisée pour toute sorte de fluides, mais également pour des mélanges de fluides et de matières, ou encore pour des flux d'air, comme le montrent les vidéos mises en ligne sur le site www.wavera.tech : pompage d'eau, de sable et d'huile mélangés, d'eau et de graviers, d'eau et de petits morceaux de tissus, d'eau et de papier toilette, d'eau et de mousse de lessive, de farine, de talc, etc. Cette pompe agit comme un tapis roulant qui emmène tout ce qui est déposé dessus.

Cette caractéristique la rend auto-amorçante, contrairement aux pompes centrifuges classiques. S'il reste de l'air à l'intérieur d'une pompe centrifuge au moment de son démarrage, elle ne fonctionnera pas, ou mal : il faut d'abord l'amorcer. Notre pompe Wavera®, en revanche, commence par chasser l'air puis propulse le fluide. La réactivité de la membrane est instantanée : on obtient le débit et la pression souhaités en 12 millisecondes, contre plusieurs secondes pour une pompe centrifuge traditionnelle. En conséquence, notre pompe peut être utilisée à la fois en mode immergé et non-immergé.

Comme elle est très économe en énergie, on peut, pour un débit et une pression donnés, réduire fortement sa taille par rapport à celle d'une pompe traditionnelle. Sachant que le coût d'une pompe réside essentiellement dans le cuivre de la bobine et dans l'aimant de l'actionneur, puisque les autres composants sont en métal ou en plastique, cela permet une réduction conséquente du prix de revient.

L'amplitude du mouvement de la membrane est très faible, de l'ordre de 2 à 2,5 millimètres. La première propriété du caoutchouc est de supporter 800 % d'élongation. Notre membrane n'utilisant que 5 % de cette capacité, cela lui confère une très grande longévité. Nous sommes en mesure de garantir son fonctionnement pendant dix ans avec un usage 24 heures sur 24, à une fréquence de 100 Hertz.

De multiples champs d'application

Le marché potentiel de cette technologie est immense, car les pompes sont présentes un peu partout dans notre environnement. Voici quelques exemples d'applications de notre technologie.

Les avions et les automobiles

La petite taille de nos pompes intéresse particulièrement l'aéronautique et l'automobile, qui cherchent en permanence à réduire le poids de leurs équipements afin de diminuer leur consommation énergétique. Un avion, par exemple, comprend une trentaine de pompes destinées à transférer vers le moteur le kérosène stocké dans les ailes ou la soute. Si chacune de ces pompes peut être allégée, cela représente un gain de consommation énergétique non négligeable.

Les lave-linge et lave-vaisselle

Le groupe Siemens fabrique 3 millions de pompes destinées aux lave-vaisselle et lave-linge et se heurte à une difficulté récurrente : à la fin du lavage, il reste de la mousse, et pour la retirer, il faut rajouter de l'eau et rincer plusieurs fois, ce qui allonge le cycle de lavage et consomme de l'eau ainsi que de l'énergie. Notre technologie permet d'évacuer la mousse beaucoup plus facilement.

Les pompes de bassin

Les fabricants de pompes de bassins pour les jardins sont confrontés au problème des graviers qui pénètrent dans les pompes centrifuges. Ces derniers peuvent détériorer les pales, voire bloquer la pompe. Nous avons

fait la démonstration que non seulement notre pompe n'est pas arrêtée par quelques graviers, mais qu'elle peut parfaitement transférer un mélange de graviers et d'eau.

Les pompes de sanibroyeurs

Des fabricants de pompes destinées aux évacuations des eaux usées des toilettes de caravanes et de mobile homes sont également intéressés par notre technologie pour faciliter l'évacuation des eaux chargées. Nous avons montré que du papier toilette et même des morceaux de tissus peuvent être évacués sans difficulté par notre pompe, sans la bloquer.

Le sèche-mains

Nous avons également fabriqué un prototype de sèche-mains avec une membrane en forme de drapeau, beaucoup plus petit et moins bruyant que les appareils traditionnels.

La stratégie d'AMS R&D

Il existe actuellement des milliers de fabricants de pompes dans le monde, qui mettent en œuvre différentes technologies (pompes centrifuges, pompes péristaltiques, pompes à diaphragme, pompes Moineau, etc.). Parmi eux, 26 sociétés se partagent la moitié du marché, estimé à 50 milliards de dollars par an.

Certaines de ces technologies sont optimisées depuis des dizaines d'années déjà et leurs utilisateurs industriels y sont habitués. Quand un industriel de l'agroalimentaire ou de la cosmétique a investi des centaines de millions d'euros dans un *process* et que celui-ci fonctionne, il est peu enclin à en changer. Notre stratégie n'est donc pas de faire concurrence aux autres pompistes ni de prétendre remplacer toutes les pompes actuelles. Elle consiste plutôt à proposer aux industriels une technologie complémentaire par rapport à celles qu'ils utilisent déjà, et susceptible de leur permettre de régler leurs problèmes de *process* industriels non résolus, par exemple des difficultés d'amorçage, ou encore des problèmes de particules venant détériorer les pompes.

C'est pourquoi, plutôt que de choisir un domaine d'application et de développer une pompe spécifiquement destinée à ce domaine, nous avons choisi d'explorer l'ensemble des possibilités et des limites de notre technologie afin de présenter ces résultats aux principaux pompistes et aux industriels des différents secteurs.

Nous avons, par exemple, cherché à savoir si notre membrane pouvait fonctionner à une température de + 150°C ou, au contraire, de - 40°C, ce qui est indispensable dans certains domaines industriels, ou encore si elle supportait les fréquences de 400 Hertz que subissent tous les matériels aéronautiques. Au total, les 41 actionnaires d'AMS R&D (exclusivement des *business angels*) ont investi 8 millions d'euros dans la R&D, auxquels se sont ajoutés 3 millions d'euros apportés par des aides et prêts de Bpifrance.

Cette démarche nous a permis de déposer tout un portefeuille de brevets, à la fois en Europe, aux États-Unis, au Japon, au Canada et en Chine. Sur cette base, nous avons commencé à nouer des partenariats, notamment dans le nucléaire, l'automobile, l'aéronautique, le médical, la cosmétique et la pharmacie, avec deux options possibles selon les cas, licence ou joint-venture.

Les pompes LVAD de CorWave

Aux États-Unis, de nombreuses personnes souffrent d'insuffisance cardiaque liée à l'obésité. Le cœur humain assure une bonne circulation sanguine pour un individu sans surpoids, mais il y parvient beaucoup plus difficilement quand ce dernier souffre d'une surcharge pondérale importante. Ces personnes sont essoufflées au moindre effort et leurs déplacements sont difficiles et douloureux; elles n'ont donc pas une vie "normale".

Pour pallier ce problème, il existe, depuis vingt-cinq ans déjà, des pompes dites LVAD (*Left Ventricular Assist Device*), de la taille d'une balle de golf. Ces appareils viennent se brancher sur le cœur et, en reliant la pointe

du ventricule gauche à l'aorte ascendante, améliorent de 30% la circulation sanguine et permettent aux patients de retrouver une vie normale.

Ces pompes présentent toutefois trois gros inconvénients. Le premier est leur coût très élevé (100 000 dollars). Le deuxième tient aux forces de cisaillement qu'elles exercent sur les globules rouges du sang et qui ont tendance à les détruire – au bout de trois ans, le patient ne parvient plus à régénérer ses globules rouges suffisamment vite. Enfin, ces pompes fonctionnent avec un débit et une pression continus, alors que le cœur humain change de rythme en fonction de l'activité de la personne, pouvant passer en quelques instants de 60 à 80 battements par minute.

C'est pourquoi, alors que 60 000 patients seraient susceptibles de recevoir ce type de pompe chaque année aux États-Unis et en Europe, seulement 8 000 d'entre eux se font équiper.

En 2011, l'incubateur MD Start nous a contacté pour savoir si notre technologie Wavera® pouvait suivre le rythme cardiaque et si les forces de cisaillement étaient inférieures à celles des pompes rotatives.

Il nous a fallu un an pour réaliser les tests permettant de répondre à ces deux questions et ceux-ci se sont avérés positifs : notre technologie Wavera® préserve les globules rouges et s'adapte en permanence au rythme cardiaque.

Nous avons alors décidé de créer la société CorWave – *Cor* comme *coronarien*, *Wave* pour notre technologie Wavera (*wave era*, ou *ère de la vague*) –, qui bénéficie de l'exclusivité de notre technologie dans le domaine cardiovasculaire.

AMS R&D aujourd'hui

J'ai rencontré Jean-Baptiste Drevet en 2002. Nous avons aussitôt commencé à chercher des investisseurs et nous avons créé AMS R&D en 2005. Entretemps, en 2004, j'avais quitté l'entreprise que j'avais créée et pour laquelle je travaillais alors.

AMS R&D est une société française comprenant un laboratoire situé dans l'incubateur créé par la Ville de Paris dans le 20^e arrondissement, un siège social en Seine-et-Marne, une équipe de 4 ingénieurs-conseils et 41 actionnaires *business angels*.

Depuis le départ, nous nous appuyons sur un comité stratégique de 8 membres, choisis parmi les actionnaires, qui se réunit tous les mois pour discuter des stratégies de partenariat et de développement.

Nous souhaitons maintenant créer le plus de joint-ventures possible, chaque fois dans des domaines très précis. Nous en préparons actuellement deux concernant des marchés de plusieurs centaines de millions d'euros, pour lesquelles nous cherchons à la fois des financeurs et des responsables de projets.

Le premier contact

Un intervenant : *Pourquoi Jean-Baptiste Drevet vous a-t-il appelé vous, plutôt qu'un autre pompiste ?*

Érik Guillemain : Il en avait appelé beaucoup d'autres avant moi, mais tous lui répondaient : « *Le jour où vous aurez une vraie pompe et non un démonstrateur, revenez vers moi.* » Le problème est qu'il n'avait pas de financement pour passer du démonstrateur à une vraie pompe. Apparemment, j'ai été le premier à bien vouloir écouter ce qu'il avait à me dire.

Du bon usage du temps

Int. : *Les ingénieurs sont souvent impatientes. Supporte-t-il facilement de devoir attendre si longtemps pour voir son produit arriver sur le marché ?*

É. G. : Au contraire, il est extrêmement perfectionniste et, si je l'écoutais, nous attendrions encore dix ans pour commercialiser le premier produit... Mais il vient un moment où il faut se décider à vendre, même si le produit n'est pas parfait : on sort une première version, puis on l'améliore.

Si les actionnaires d'AMS R&D m'ont fait confiance, c'est qu'ils savent que je suis le premier intéressé à ce que le retour sur investissement ne tarde pas trop.

Le goût du risque

Int. : *Quel retour sur investissement espèrent vos actionnaires ?*

É. G. : Je leur ai bien expliqué que nous sommes dans l'univers du capital-risque : en cas de succès, ils peuvent multiplier leur mise par 10 ou par 20, mais si, demain, une technologie encore plus performante supprime l'onde progressive amortie, nous nous serrerons la main et nous n'en parlerons plus. Avant toute entrée dans le capital social d'AMS R&D, je demande à mes *business angels* si l'investissement que je leur propose risque de changer leur vie en cas d'échec : « *Si tu perds cet argent, seras-tu obligé de vendre ta maison, ton bateau ?* » Si c'est le cas, je refuse. Il faut qu'ils soient capables de me dire : « *Je sais que je peux tout perdre, j'en prends le risque !* »

Une pompe impossible à encrasser ?

Int. : *Est-il vraiment impossible que votre pompe s'encrasse ou se bloque ?*

É. G. : Il faut seulement veiller à ce que le diamètre de la sortie de la pompe soit supérieur à la particule la plus grosse susceptible d'entrer dans le dispositif. Si le dimensionnement est bon, tout ce qui entre dans la pompe sera éjecté sans problème.

La question du bruit

Int. : *Le mouvement de la membrane est-il bruyant ?*

É. G. : À condition d'être bien réglées, nos pompes sont moins bruyantes que les autres. Elles sont dotées d'un capteur de déplacement qui arrête la membrane à un dixième de millimètre des flasques du haut et du bas de la pompe. Tout l'enjeu est d'assurer "l'occlusivité" de la pompe, de façon à éviter les phénomènes de refoulement, et en même temps d'éviter tout contact, car cela générerait du bruit.

Le marché des lave-linge et lave-vaisselle

Int. : À quel prix pouvez-vous envisager de vendre une pompe destinée à un lave-vaisselle ou à un lave-linge ?

É. G. : Un des leaders de ce secteur achète 3 millions de pompe par an et les paie 2,93 euros pièce. Au total, il s'en vend 100 millions par an dans le monde... Cela dit, la concurrence est rude. Il y a vingt-cinq ans, je me souviens que je branchais mon lave-vaisselle avant d'aller me coucher, tant il était bruyant. Aujourd'hui, ces appareils sont tellement silencieux que vous êtes incapable d'entendre s'ils fonctionnent ou non. Nous allons devoir nous aligner sur ces performances techniques et de prix de revient, ce qui prendra un certain temps.

Le coût des pompes LVAD

Int. : Combien coûte la pompe CorWave par rapport aux pompes LVAD classiques ?

É. G. : Les prototypes que nous avons réalisés sont loin de coûter 100 000 dollars comme les pompes LVAD classiques. Cela dit, le prix de vente devra permettre d'amortir les millions d'euros de R&D qui auront été nécessaires à la mise au point de la nouvelle pompe et à sa commercialisation.

La part de Wavera dans CorWave

Int. : Quelle part de CorWave détenez-vous ?

É. G. : Lors de la création de la société, les actions ont été réparties entre MD Start et AMS R&D, ce dernier en tant qu'apporteur de la technologie. Notre part s'est réduite depuis, en raison de l'entrée de nouveaux investisseurs et fonds d'investissement, mais en contrepartie, cette première joint-venture représente une vitrine pour nous et joue le rôle d'une locomotive technologique.

Int. : Vous n'aviez donc pas prévu des clauses de non dilution ?

É. G. : Nous n'avions effectivement pas prévu ce genre de clause qui, du reste, n'aurait vraisemblablement pas été acceptée, mais nous bénéficierons sans doute de meilleures conditions de négociation lors des prochaines créations. Cela dit, même s'il ne nous restait qu'un pourcentage réduit d'une "licorne", ce serait toujours bon à prendre...

Les brevets

Int. : Quand vos brevets tomberont-ils dans le domaine public ?

É. G. : Nous disposons d'un important portefeuille de brevets et, grâce à notre R&D permanente, nous déposons chaque année des brevets d'amélioration qui prolongent la protection de la membrane ondulante Wavera®.

Int. : Vos brevets ont-ils été attaqués ?

É. G. : Non, et chaque nouveau partenaire avec qui nous travaillons commence par faire expertiser notre portefeuille pour vérifier si nos brevets sont réellement bien protégés... Les pompes à membrane existent depuis plusieurs siècles, mais il s'agissait de membranes passives alors que, dans notre technologie, la membrane est active.

Int. : J'imagine que vous cherchez encore à améliorer vos brevets ?

É. G. : Nous travaillons effectivement sur l'amélioration de la membrane, de la tête de pompe, de l'actionneur, ou encore de l'électronique.

Int. : *Comment gérez-vous la coordination entre votre propre R&D et celle de CorWave?*

É. G. : Nous travaillons en parfaite harmonie avec CorWave, et aucun conflit de propriété intellectuelle n'est possible entre nos deux sociétés.

Les échecs

Int. : *Avez-vous rencontré des échecs dans certains secteurs industriels?*

É. G. : Quand nous avons échoué, c'est parce que notre interlocuteur ne nous avait pas tout dit, ou parce que nous n'avions pas bien compris ses contraintes. Notre client doit nous décrire la totalité des situations que la membrane peut rencontrer pendant sa durée de vie. Une membrane peut durer dix ans, mais si, pendant dix minutes, elle est confrontée à des particules métalliques alors que cela n'avait pas été prévu, cela peut lui être fatal. Dans le domaine de l'énergie, par exemple, nous avons conçu, avec l'aide du Cetim, un revêtement capable de protéger la membrane lorsqu'elle est mise en contact avec de l'acide, des particules métalliques ou d'autres éléments, tout en lui conservant sa souplesse.

Le choix de la France

Int. : *N'avez-vous pas été tenté de vous installer aux États-Unis, afin de bénéficier de la capacité d'investissement, du potentiel de compétences et du dynamisme économique que l'on trouve là-bas?*

É. G. : J'ai vécu pendant trois ans à Washington DC et j'adore ce pays, mais je suis français, Jean-Baptiste Drevet aussi, et mon carnet d'adresse est composé exclusivement de *business angels* français. De plus, à chaque étape, nous avons été parfaitement bien accompagnés par Bpifrance, qui nous a apporté une aide financière en émergence, une nouvelle aide lors de la création d'AMS R&D, puis encore plusieurs aides à l'innovation pour le développement de l'entreprise, participant ainsi activement au développement et au capital de CorWave.

■ Présentation de l'orateur ■

Érik Guillemin : *business developer* depuis plus de quarante ans, il a créé plusieurs sociétés dans des domaines variés. Depuis plus de dix ans, il se consacre entièrement à la technologie de membrane ondulante Wavera® qui peut être utilisée dans les domaines des pompes, des ventilateurs, des compresseurs et des propulseurs.

■ www.corwave.com

Diffusion mai 2019
