

**Séminaire
Ressources Technologiques
et Innovation**

organisé grâce au support de :

Air Liquide
ANRT
CEA
IdVectoR

et des parrains de l'École de Paris :

Accenture
Algoé*
AtoFina
Caisse des Dépôts et Consignations
Caisse Nationale des Caisses
d'Épargne et de Prévoyance
Centre de recherche en gestion
de l'École polytechnique
Chambre de Commerce
et d'Industrie de Paris
Chambre de Commerce et d'Industrie
de Reims et d'Épernay**
CNRS
Conseil Supérieur de l'Ordre
des Experts Comptables
Danone
Deloitte & Touche
DiGITIP
École des mines de Paris
EDF & GDF
Entreprise et Personnel
Fondation Charles Léopold Mayer
pour le Progrès de l'Homme
FVA Management
IBM
IDRH
Lafarge
PSA Peugeot Citroën
Reims management School
Renault
Royal Canin
Saint-Gobain
SNCF
THALES
TotalFinaElf
Usinor

* pour le séminaire
Vie des Affaires

**pour le séminaire
Entrepreneurs, Villes et Territoires

(liste au 1^{er} juillet 2002)

**ESTEREL/SCADE :
DES MATHÉMATIQUES ÉLÉGANTES
À L'INDUSTRIE DES PROGRAMMES FIABLES**

par

Éric BANTÉGNIE et **Gérard BERRY**
PDG Directeur scientifique
d'Esterel Technologies

Séance du 13 mars 2002
Compte rendu rédigé par Lucien Claes

En bref

L'aventure a commencé par une course de voitures robots. Comment les programmer pour battre celles des concurrents ? Dix-huit ans plus tard, le nouveau langage inventé par deux chercheurs de l'École des Mines, non pas pour enrichir l'informatique mais simplement pour gagner la course, s'applique industriellement dans de nombreuses applications dont la plupart sont critiquées en termes de sécurité, dans des domaines aussi variés que l'aérospatial, l'aéronautique, l'automobile, les centrales nucléaires, les composants électroniques. Le passage de la recherche à l'industrialisation s'est fait en suivant le rythme des progrès technologiques, mais aussi en accompagnant l'évolution des besoins des utilisateurs dont le souci croissant est de développer avec le minimum de contraintes et le maximum de souplesse des applications performantes et parfaitement fiables.

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

EXPOSÉ

Éric BANTÉGNIE : Le langage Esterel a été créé, en 1984, par deux chercheurs de l'École des Mines, Jean-Paul Marmorat et Jean-Paul Rigault, dont l'enjeu était de gagner une course de voitures robots. Estimant les langages disponibles insuffisants pour programmer les leurs de sorte qu'elles battent celles des autres concurrents, ils ont inventé un langage qui soit à la hauteur de leur ambition. Ce fut le point de départ d'une recherche qui a duré plusieurs années. Différentes tentatives d'industrialisation ont été faites dès 1988, mais le langage et la technologie n'étaient pas assez matures ; cela n'a pas empêché le programme de recherche de se poursuivre, avec l'apparition en 1994 d'un premier compilateur à caractère industriel, puis la création en 1997 d'une notation graphique (SyncCharts) permettant à des gens de logiciel de bien l'appréhender. Dès 1998, deux entreprises, Dassault et Thomson-CSF, se sont intéressées à ces travaux, avec l'espoir qu'une société passerait au stade de l'industrialisation. Il y avait là l'occasion de créer une start-up assez originale : elle avait d'emblée deux clients identifiés.

La création d'Esterel technologies

À l'époque, je venais de prendre la présidence de Simulog, une société de services de haute technologie française, qui compte actuellement deux cents personnes. En novembre 1999, j'ai créé de toutes pièces, avec Bernard Dion, Esterel Technologies, une *spin-off* de la société de services, estimant que deux premiers contrats pouvaient être le signe d'un certain potentiel. Au départ, la nouvelle start-up était composée de dix personnes compétentes en transfert industriel. Une partie de l'équipe de l'École des mines de Paris et de l'INRIA dirigée par Gérard Berry l'a rejointe dès le début de l'année 2001. C'est ainsi que le savoir-faire académique s'est intégré à la structure et que se sont mis en place les différents éléments du puzzle.

Ensuite nous avons suivi le parcours assez classique d'une start-up, en commençant par un premier tour de financement : trois millions d'euros en 2000. Nous avons eu recours à des capitaux risqués classiques ainsi qu'à des sociétés industrielles ; des financiers purs et l'INRIA nous ont également soutenus.

Puis la société a commencé à se développer. Nous avons de nouveau levé douze millions d'euros pour pouvoir l'internationaliser ; les investisseurs existants ont apporté leur contribution, mais d'autres également, en particulier Intel Capital, et d'autres fonds : Galileo Partners, CDC Innovation, Advanced Capital Europe, etc.

En juin 2001 nous avons ouvert une filiale aux États-Unis, puis des bureaux en Allemagne, en Angleterre et au Canada. Nous avons également fait l'acquisition en novembre 2001 d'une *business unit* d'une société suédoise, Telelogic, qui avait suivi un parcours assez voisin de celui d'Esterel.

La situation actuelle

La recherche et le développement sont faits à Sophia-Antipolis et à Toulouse ; des bureaux commerciaux sont implantés à Munich, Paris, Londres, Montréal ainsi qu'en Californie.

Nos résultats

La société compte une trentaine de grands clients répartis dans cinq pays. Nos résultats ont été en assez forte croissance : en 2000, notre chiffre d'affaires a atteint deux millions d'euros, en 2001 un peu plus de quatre, et cette année nous sommes déjà à douze millions d'euros ; notre rythme de croissance est donc de 120 % à 130 %, et nous prévoyons de maintenir au moins 100 % de croissance en 2003. Notre matelas de trésorerie permet de nous financer jusqu'en 2004.

Notre activité

Nous sommes un éditeur de logiciel avec déjà plus de deux cents licences vendues. Notre activité principale consiste en la fourniture d'outils de développement dans deux domaines différents et complémentaires : celui des logiciels embarqués critiques en termes de sécurité, et celui des systèmes et composants électroniques.

Les logiciels critiques

Les logiciels critiques en matière de sécurité sont essentiellement les cœurs des systèmes industriels qui mettent en cause la vie humaine. On les trouve dans trois secteurs de clientèle :

- l'avionique, marché riche en applications, par exemple les commandes électriques de vol ;
- le contrôle commande de centrales nucléaires, marché plus stable mais néanmoins important ;
- les logiciels embarqués automobiles et plus généralement dans les transports, un marché en très forte croissance.

Alors qu'il y a dix ans, il n'y avait pas une seule ligne de code dans une voiture, il y en a aujourd'hui pas loin de trois millions dans une Peugeot 607, avec beaucoup d'applications critiques pour la sécurité, notamment concernant les airbags, marché assez peu connu, mais aussi gros que celui des PC.

Les coûts de vérification des logiciels critiques représentent à peu près 40 % des coûts de développement. Comme ces systèmes mettent en cause la vie des gens, ils doivent être certifiés auprès des autorités compétentes, par exemple de l'aviation civile ou de la certification nucléaire, pour valider que leur cœur se comporte de façon conforme et qu'aucun bug logiciel n'est à craindre.

Les systèmes et composants électroniques

Les composants intégrés sur des puces électroniques, les cartes à puces, les systèmes de télécommunications mobiles sont autant d'illustrations de ce domaine. Les coûts de vérification et de correction y sont énormes : plus des deux tiers du coût de développement des composants électroniques y sont consacrés alors que la conception n'en représente plus qu'un tiers. D'un point de vue purement business, c'est le coût d'un dysfonctionnement sur le terrain qui est évidemment critique : si un bug se manifeste sur le principal composant électronique une fois qu'ont été vendus plusieurs millions de téléphones portables, le coût de remplacement est monstrueux. À cet égard, l'estimation du bug du Pentium est d'environ quatre cent soixante-quinze millions de dollars. La vérification de ces systèmes est bien un enjeu fondamental.

Notre originalité

Dans les organisations industrielles, il y a généralement des équipes dispersées et indépendantes pour écrire les spécifications, faire les développements, assurer les tests. Et beaucoup de ces travaux-là sont encore effectués à la main.

La mission d'Esterel Technologies consiste à fournir des outils de développement de systèmes dont la vérification est un enjeu majeur : ces systèmes doivent fonctionner de façon absolument nominale, sans aucune surprise. De plus nos solutions permettent à la fois de spécifier ces systèmes, de les développer d'une manière relativement automatique, de les simuler, de les tester, et de prouver que leur fonctionnement est exactement conforme aux spécifications, le tout dans un environnement unique qui permet de réunir les équipes.

Applications critiques

Nos clients qui développent des applications critiques se situent essentiellement en Europe et aux États-Unis. Nous ne sommes pas encore présents en Asie. Nos grands comptes sont en particulier Honeywell, Airbus, Eurocopter, Framatome. Voici quelques exemples d'applications critiques :

- *Défense et aérospatial* : dans le domaine de la défense et de l'aérospatial, les applications concernent les commandes de vol, le contrôle des moteurs d'avion, les systèmes de freinage, la gestion du cockpit, la gestion d'affichage pour le pilotage, le carburant, le pilotage automatique, les communications embarquées des satellites ou des avions, la gestion de la puissance électrique, les calculateurs d'alarme, etc ;

- *Automobiles et transports* : dans le domaine des automobiles, les développements concernent les commandes électriques de freinage, le contrôle des moteurs, l'injection, les airbags, la gestion de l'affichage conducteur ; dans les transports, il s'agit principalement des systèmes de commande d'aiguillages dont les enjeux de sécurité sont fondamentaux

- *Énergie* : dans l'énergie, nos outils sont utilisés par Schneider et Framatome pour spécifier, développer et vérifier le contrôle commande de centrales nucléaires.

Applications liées aux composants

Pour ce qui concerne les composants électroniques, nous travaillons essentiellement avec des groupes américains et européens, ST Micro-Electronics, Texas Instruments, Thales, Motorola, Schlumberger, France Télécom, et d'autres constructeurs de premier plan. Notre offre est mise en application dans trois grands domaines d'activité :

- la spécification d'architectures de systèmes, en particulier des plates-formes comme OMAP de Texas Instruments ;

- la validation de systèmes sur puce ; ce sont généralement des assemblages de blocs de propriété intellectuelle d'origines diverses ; les solutions que l'on propose permettent de valider l'intégration de ces divers composants dans différentes architectures ; à cet égard, nous avons un programme de coopération technologique assez avancé avec Intel, et les futures générations Pentium sont pour nous des cibles de déploiement ;

- le développement de protocoles de sécurité dans les télécommunications militaires, et de nombreuses activités dans les nouvelles générations de protocoles, que ce soit l'UMTS, le "BlueTooth" un système de communication sans fil, par exemple entre un mobile et une oreillette, ou encore des protocoles de sécurité basés sur les cartes à puce.

Une interaction science-industrie

Gérard BERRY : Ayant rejoint en 2001 la société Esterel Technologies, je vais raconter la même histoire, mais cette fois selon le point de vue de l'ancien chercheur que je suis.

Le projet que nous avons développé depuis 1982 avait toujours été conçu pour être industrialisé et donc lié à des applications réelles, tout en prévoyant que, dans les années 2000, le monde allait être entièrement envahi de "puçerons", ces puces électroniques que l'on trouve effectivement partout, et que cela allait totalement changer l'informatique.

Le langage Esterel est né à l'École des mines sous l'impulsion de Pierre Laffitte, directeur de la recherche, puis directeur de l'École des mines de Paris et fondateur de Sophia-Antipolis, qui croyait fortement à la recherche industrielle et au fait que l'informatique allait envahir le monde. Ce fut un projet mixte, entre l'INRIA et l'École des Mines. Une très forte interaction science-industrie – c'était notre religion – a été notre moteur.

En 1982-1983, après quelques expériences, nous nous sommes consacrés à la sémantique, c'est-à-dire aux aspects mathématiques de la chose, pour finalement réaliser un premier

compilateur. Nous avons dès lors travaillé avec des gens comme Bertin, Renault, Thomson, qui étaient surtout intéressés, en 1985, par le potentiel de notre technologie.

En 1988, nous avons fait un premier essai d'industrialisation, en particulier grâce à un chercheur exceptionnel, Georges Gonthier, qui avait fait une thèse extraordinaire à l'École des mines de Paris et obtenu le premier prix lors d'un concours international de mathématiques. Mais cet essai était prématuré pour deux raisons : d'abord l'état d'avancement de la technologie ne permettait pas encore un passage à l'industrialisation, et de plus le marché n'était pas mûr, ce que des chercheurs ne comprennent pas forcément.

Avec l'évolution des matériels informatiques, la limitation en taille des systèmes a finalement disparu, ce qui nous a permis de coopérer, en 1992, avec des gens de Digital Equipments, de Dassault, des Télécoms, qui ont pu développer de très grosses applications.

De 1996 à 2000, constatant à quel point il était difficile de travailler avec l'Europe, je suis allé voir aux États-Unis : il m'est apparu que c'était beaucoup plus facile avec les sociétés américaines, tout en ayant bien conscience que si l'on n'a pas à faire ses preuves avant, on doit les faire après, et qu'aucun mensonge n'est toléré sur le parcours.

Vu par un ancien chercheur, ce projet a des qualités, mais il présente aussi des défauts.

Des qualités

D'abord notre projet s'inscrit dans le contexte fabuleux de l'informatique "pervasive", c'est-à-dire où les puces se comptent en milliards : plus de 5 milliards de microprocesseurs sont fabriqués par an, et nous n'en sommes encore qu'au début.

Il n'y a pas beaucoup de pays au monde, à part la France, où l'on peut travailler à un projet innovant pendant dix-huit ans, avec une interaction très forte entre la théorie et la pratique, une caractéristique importante de l'École des mines de Paris et de l'INRIA.

Il s'agit d'une technologie polymorphe : nos clients sont très variés alors que la technologie est exactement la même. C'est comme les équations différentielles qui servent à des tas de choses, tout en étant un peu les mêmes partout.

Réaliser des logiciels sans passer par une phase prototype est aussi une qualité. Le coût de fabrication d'un prototype logiciel est généralement dix fois supérieur au coût estimé. Or on peut arriver directement à de bons résultats en multipliant simplement par 1,5 le coût de développement d'un prototype.

Des défauts

À chaque qualité correspond parfois un défaut. C'est ainsi que :

- le projet est de conception exclusivement française, mais c'est très ennuyeux pour les relations internationales et pour avoir des financements européens ;
- il s'est développé sur une durée de dix-huit ans, mais l'usure des personnes est un phénomène particulièrement dangereux ;
- la technologie polymorphe permet une grande variété d'applications, mais génère forcément un problème d'image : quand on discute avec un prospect, s'il admet que nous sommes bons chez les autres, il n'est pas pour autant convaincu que ce sera vrai chez lui ; cela nous conduit à soigner particulièrement le positionnement marketing et industriel de notre offre ;
- pas de prototypes mais de vrais systèmes, alors que pour avoir du succès au CNRS il vaut mieux "faire des lettres grecques" – quelque chose de très mathématisé – plutôt que de vrais logiciels ; à cet égard les choses sont heureusement en train de changer, mais il y a encore un certain culte des mathématiques abstraites en France.

Ajoutons à cela d'autres défauts :

- des instituts s'engagent bien sur la durée, mais la prise de risque est assez difficile parce que les statuts sont très lourds, la fonctionnarisation des chercheurs n'ayant vraiment pas arrangé les choses ; quand il s'agit de mettre le paquet à un moment donné, un problème institutionnel fort se pose : il n'est pas lié aux personnes, mais bien au système ;
- les chercheurs sont trop protégés, ce qui est lié au défaut précédent ; si l'usure gagne un chercheur, il reste chercheur, il ne se passe rien ; cela ne pose aucun problème à personne, du moins apparemment.

Des retombées individuelles

Après avoir fait le grand saut de la recherche à l'industrialisation, j'ai pu constater pour moi-même des retombées positives et des obligations.

Les retombées positives

L'engagement de moyens et la prise de risques ne présentent pas de difficulté. Les dirigeants mettent les moyens quand il le faut, ce qui est souvent impossible dans la recherche. Les gens sont beaucoup plus motivés, et prennent donc plus de risques.

La pluridisciplinarité est un point particulièrement fort : on fait travailler ensemble des gens de technologie, de marketing, de vente, de *process*, de finance. Une start-up ne peut fonctionner que comme ça. Certains m'avaient demandé pourquoi je ne créais pas la mienne : comme la science ne représente dans une start-up que 15 % ou 20 % des compétences nécessaires, je ne suis pas sûr qu'un ancien scientifique soit vraiment le plus apte à en être dirigeant, à plus forte raison s'il n'a pas déjà une grosse expérience en la matière.

C'est très enrichissant de travailler, dans une ambiance de profond respect mutuel, avec des gens d'autres disciplines. Il faut bien admettre qu'un chercheur respecte très rarement quelqu'un du marketing.

Quand on a quitté le monde de la recherche, ce ne sont plus des "pseudo-industriels" que l'on a comme interlocuteurs, mais des industriels réels, avec qui échanger est un réel plaisir.

Dans une start-up, chacun est amené à comparer sa propre vision des choses à celle des autres, une remise en cause très positive quand on vient d'un milieu de chercheurs qui pensent généralement que les autres doivent avancer comme eux.

Les obligations

En passant de la recherche à l'industrie, on savait bien que la charge de travail ne serait pas la même. Par exemple, nous avons dû commencer par refaire en dix-huit mois ce que nous avions réalisé en dix-huit ans, condition indispensable pour que le projet fonctionne bien.

Chacun doit faire l'effort de réviser ses croyances : il suffit qu'un seul membre de la start-up y renonce pour la faire échouer.

Il est urgent d'abandonner ses dadas : il y a beaucoup de choses très intéressantes dans la technologie qu'on est très fier d'expliquer aux trois personnes au monde qui les comprennent, mais industriellement cela ne présente aucun intérêt.

Les représentants des clients doivent être écoutés et suivis, même si l'on n'éprouve pas beaucoup d'estime à leur égard ; cela ne va pas toujours de soi : l'orgueil du chercheur est assez caractéristique.

High-tech : une définition

Quand on évoque l'internet, on peut parler de high-tech s'il s'agit de transmission par satellite, mais pas s'il s'agit de "Chaussette.com". Notre start-up est de celles qui ont un projet très technologique. Développer un circuit, tel un Pentium, ou construire un airbus, sont des activités de même nature ; un Pentium n'est pas moins compliqué qu'un airbus, et à l'heure actuelle c'est largement à la limite de la compréhension humaine. Dans ces cas-là, la technologie joue donc aux frontières de cette compréhension. Quand on dit "high-tech", il s'agit bien de cela.

Quelques réflexions

Éric BANTÉGNIE : Voici quelques réflexions que m'inspire notre affaire.

Maturation

On peut vérifier sur cette aventure que la préhistoire est beaucoup plus longue que l'histoire. Il s'est écoulé dix-huit ans entre la première idée scientifique et le premier euro. Somme toute, c'est comparable à un cycle de biotechnologie.

Recherche versus innovation

Je perçois mieux la différence entre la recherche et l'innovation ; la recherche est essentiellement un transfert d'argent vers le savoir : on investit et on crée du savoir ; l'innovation c'est le contraire, c'est mettre en forme le savoir pour extraire de l'argent.

Apport au monde académique

Ce qu'apporte une start-up au monde académique, ce sont d'abord des *problèmes réels*. Certes il y a des relations entre la recherche et l'industrie, mais ces relations sont très généralement avec des gens que Gérard Berry a qualifié de "pseudo-industriels", c'est-à-dire des gens qui occupent des positions transversales : ils ne parlent pas de leurs problèmes réels et opérationnels, mais de *catégories* de problèmes qui se posent à eux. C'est très utile, mais insuffisant : cela ne peut remplacer une confrontation au vrai problème de l'opérationnel qui a à exécuter une chose précise dans un temps fini, par exemple valider le Pentium 4 en moins de deux ans, faire voler tel avion à telle date.

Ensuite c'est *la focalisation*, autrement dit, parmi les nombreux problèmes que l'institution académique peut regarder, n'en retenir qu'un ou deux pour les traiter à fond. C'est un point crucial. On apprend beaucoup plus de choses en traitant un problème jusqu'au bout dans un cas particulier, ce qui n'empêche pas de l'abstraire ensuite en cas général.

Enfin ce que peut apporter une start-up, ce sont *des outils pour l'enseignement* ; nous avons lancé un programme académique où l'on fournit gratuitement des licences de nos logiciels à des institutions de formation, pour que des générations d'étudiants soient formées sur nos outils. Près de trente universités dans le monde sont concernées par notre démarche. Investir un peu sur le long terme, pour que l'enseignement soit fait sur des outils relativement *up to date*, est un véritable apport que les start-ups doivent faire aux institutions académiques.

Bien sûr, réciproquement, les institutions académiques doivent donner essentiellement de la formation et des compétences : nous n'aurions pas créé la société si nous n'avions pas eu la certitude que l'équipe qui avait développé les technologies de base nous rejoindrait à temps plein. De plus, la propriété intellectuelle doit pouvoir circuler du monde académique vers le monde de l'entreprise de manière assez libre et assez simple, comme c'est le cas en Allemagne et aux États-Unis. Enfin l'institution académique peut apporter des bancs d'essai, des problématiques initiales, et c'est là une contribution primordiale.

Des facteurs clés de survie

La survie d'une start-up n'est possible que si elle dispose des connaissances et des compétences dont elle a besoin, et si ses membres adoptent des attitudes pertinentes : en d'autres termes il ne suffit pas d'être compétent pour réussir. Quand je parle de compétences, je pense notamment aux éléments suivants, que je présente par ordre d'importance relative.

Les hommes

Gérard Berry l'a bien souligné, on ne fait rien sans une équipe. En termes d'attitudes, l'éthique est fondamentale : on est souvent poussé à la limite dans des relations commerciales, notamment export ; ne jamais rien faire de contraire à l'éthique me paraît être un des fondements de toute start-up.

Le "juste en avance"

Il ne faut arriver ni trop tôt, ni trop tard, mais être juste légèrement en avance par rapport à la maturité de compréhension ou au besoin des marchés. De très nombreuses idées n'ont pas été retenues tout simplement parce qu'elles ont été exprimées de façon prématurée. La difficulté est de savoir apprécier le bon moment. Un essai n'est pas inutile : nous en avons fait l'expérience avec notre tentative infructueuse d'industrialisation ; mais je pense primordial de sentir à quel moment il est opportun de changer de braquet : si on investit trop tôt, on brûle du cash en pure perte. En termes d'attitudes, il faut avoir le sens de l'urgence et, à certains moments, savoir travailler à guichets fermés pour atteindre un objectif précis.

L'accès au marché

Nous avons choisi d'avoir l'accès direct au marché en ayant des sites propres. Pourquoi ? Comme nos cycles de vente sont assez longs – nos outils une fois adoptés ont un rôle stratégique chez les clients –, un distributeur aurait généralement beaucoup de mal à s'accrocher sur la durée ; cela dit, nous passons tout de même par un distributeur pour l'accès au marché américain de la défense que nous considérons inaccessible de façon directe : il nous fallait un relais pour y accéder.

Nous avons également focalisé nos forces de vente directe sur un minimum de secteurs. Certes nous aurions pu traiter beaucoup plus de sujets, par exemple dans la robotique, les systèmes médicaux, et nombre d'applications potentielles, mais nous avons choisi de nous restreindre à deux domaines. Nous aurions pu n'en choisir qu'un seul, mais nous devons pondérer les risques en choisissant un domaine avec des cycles à cinq ou dix ans comme l'aérospatial, et un domaine à cycles relativement courts, trois ou quatre ans, comme les semi-conducteurs. Combien de secteurs cibler et à quel moment investir sont les questions dont nous débattons collectivement le plus souvent.

Le capital

On ne fait rien sans argent. Ayant passé quelque temps au ministère de l'Industrie, j'ai pu étudier une cinquantaine de dépôts de bilan de sociétés françaises de high-tech : à chaque fois la sous-estimation des besoins financiers était le facteur clé de l'échec. Du capital est indispensable pour faire des start-ups, et plus c'est intensif en technologie, plus il en faut. Or, faire un outil de développement de logiciel, c'est de l'ordre de grandeur de construire un laminoir, c'est vraiment de l'industrie lourde : développer un produit coûte cher, mettre en place un réseau commercial coûte très cher, on ne peut rien faire sans cash.

Cela conduit à détenir moins de 10 % du capital de sa société au bout d'un certain temps, sinon on possède 100 % de rien. Ne pas se faire diluer trop vite fait certes l'objet de grands débats, mais on doit accepter les règles du jeu du capitalisme.

La vision

Il faut savoir où l'on veut aller, et cultiver cette vision. Elle doit cependant être tempérée par la nécessité de gagner assez rapidement de l'argent ; chacun dans notre société doit être absolument convaincu que le but est de faire du profit, ce que les équipes de recherche ne comprennent pas toujours facilement.

L'exécution

La capacité d'exécution est une compétence que j'aurais pu citer plus haut dans l'échelle d'importances relatives. Nous avons fait le pari de mettre ensemble des gens de compétences et d'horizons complètement différents, et de faire en sorte qu'ils s'enrichissent mutuellement parce que nous n'avons pas le temps de former nos collaborateurs.

La technologie

Notre barrière à l'entrée est technologique mais, en termes d'attitudes, penser "solutions" et non "technologie" s'impose. Nous devons disposer le plus rapidement possible d'un *full product*, c'est-à-dire d'une solution complète qui répond de A à Z à un besoin très précis, même s'il ne recouvre pas la totalité du potentiel de notre technologie. Il nous faut parvenir à marquer un premier territoire et pouvoir dire que nous battons à plate couture tout ce qui peut exister au monde pour délivrer cette solution-là. À partir de ce moment, on peut construire, des revenus rentrent, les premiers clients sont satisfaits et on peut montrer des résultats tangibles. Tout ceci est absolument vital quand on développe une start-up.

Des facteurs de chance

La survie est certes un premier objectif, et je viens d'en énumérer les facteurs principaux, mais le succès en est un autre : c'est le produit de la survie et de la chance. Celle-ci peut se manifester en particulier dans les quatre cas suivants :

- *le timing* : faire en sorte d'être ni trop en avance ni trop en retard, décider du moment où mettre le paquet, lever l'argent à point nommé, tout cela est très difficile et je considère qu'on peut avoir ou non de la chance dans la gestion du timing ;
- *la santé* : la santé personnelle est un réel facteur de chance. Je déconseillerais fortement à quelqu'un de santé fragile de créer une start-up ; bien que ce soit une évidence, elle n'est pas forcément partagée par tout le monde ;
- *les cycles économiques* : le succès est tributaire des cycles économiques, qu'ils soient sectoriels, géographiques ou autres ; faut-il investir ou non à contre-cycle ? les décisions ne sont pas faciles à prendre ;
- *la valorisation des marchés* : l'effet de levier financier peut être très important et nous avons eu beaucoup de chance de ce point de vue, puisque nous avons pu, en 2000 et début 2001, lever des fonds avec des niveaux de valorisation exceptionnels.

Qu'est-ce qu'une start-up ?

Ce qui caractérise une start-up, c'est une tension créatrice entre l'angoisse de l'échec et la panique de la réussite ; mais il y a énormément de plaisir à y travailler et c'est assez agréable de voir le bébé se développer. L'angoisse de l'échec est toujours présente, on est à la merci de tas de choses. La panique de la réussite aussi : il nous est arrivé de devoir embaucher cinquante personnes en un an pour honorer de nouveaux contrats : c'est monstrueux, on passe son temps à interviewer les gens. Des sinusoides à très forte fréquence doivent être gérées, ce qui crée effectivement une très forte tension.

Faire une synthèse de ce qu'est une start-up est très ambitieux. Celle que nous proposons ici n'est qu'une modeste contribution à un vaste sujet.

DÉBAT

Un intervenant : *Quels liens gardez-vous avec Simulog et avec l'INRIA ?*

Éric Bantégnie : J'avais été chargé en 1998 du redressement de Simulog, société qui avait à la fois des activités de service pur, et des activités de développement de produits. Comme je suis pour la séparation des business models, j'ai décidé de scinder Simulog en deux sociétés totalement indépendantes, et j'ai choisi de m'occuper personnellement de celle dédiée aux activités de développement, tout en restant actionnaire et administrateur de l'autre. Nous avons toujours des liens avec l'INRIA qui est devenu un partenaire académique ; INRIA-Transfert est aussi un des actionnaires d'Esterel Technologies.

Gérard Berry : En fait dans notre société il y a deux technologies : Esterel, née à Sophia-Antipolis, et celle que nous appelons Scade, née à Grenoble sous le nom de Lustre. Les personnes qui avaient été les moteurs principaux d'Esterel sont parties, mais celles de Lustre sont restées dans leur laboratoire, ce qui fait que dans le cas de Scade, contrairement à celui d'Esterel, nous avons toujours des relations avec un laboratoire de recherche.

La concurrence

Int. : *Quelle est la situation en termes de concurrence ?*

É. B. : Nous avons d'assez nombreux concurrents, mais chacun d'eux ne traite qu'une partie des fonctions que nous assurons. Ce qui nous différencie est de les traiter toutes à l'aide d'un produit unique.

Le niveau de concurrence est assez intense dans la CAO électronique, c'est pourquoi nous n'y avons retenu qu'un seul sujet – la validation de systèmes sur puce – que l'on a traité jusqu'au bout. Il y a beaucoup moins de concurrence dans le domaine des logiciels embarqués.

La propriété industrielle

Int. : *Utilisez-vous des outils particuliers de propriété industrielle ?*

É. B. : Les éléments de propriété industrielle développés en propre dans notre société font essentiellement l'objet de copyrights. Nous envisageons de breveter à moyen terme certains aspects de la technologie mais ce n'est pas simple parce qu'une bonne partie des concepts originaux ont fait l'objet, dès 1990, de nombreuses publications. La modalité actuelle consiste à racheter à INRIA-École des Mines des droits de modification, et de construire des droits de propriété originaux en modification d'une racine technologique acquise sous la forme de licence source.

Int. : *Avez-vous des commentaires sur le brevet logiciel ?*

É. B. : Les brevets sont essentiellement accessibles aux grandes entreprises, qui peuvent en faire une gestion macroscopique, par exemple sous la forme de troc ; pour les petites, les brevets sont plus défensifs qu'offensifs. C'est un peu comme une course aux armements. Je suis assez inquiet de voir la montée des débats autour de la brevetabilité de logiciel : nous risquons d'être amenés à breveter des choses alors que nous n'en avons pas l'intention, or c'est particulièrement coûteux.

G. B. : Notre plus grande protection tient à la difficulté de ce que nous faisons, et au temps très long nécessaire pour le copier : le jour où quelqu'un l'a copié, c'est déjà périmé. Le timing est donc notre force, du moins pour le moment.

Quel recrutement ?

Int. : *Les listes de bonnes pratiques, comme celle que vous avez proposée, ne sont pas suffisantes. Par exemple quand on dit qu'il faut qu'entre recherche et marketing on se respecte, encore faut-il, comme vous le faites, y mettre les moyens. Or des gens qui ont fait votre parcours sont de plus en plus improbables. Vous avez été recrutés sur des critères extrêmement exigeants, vous êtes forts en abstraction, mais votre identité n'est pas ancrée dans un rituel académique, vous restez vous-mêmes. Il me semble qu'ailleurs, on ne sait pas faire cela.*

Cela dit, la composition de votre équipe a aussi une importance fondamentale pour votre réussite. Qui recrutez-vous et comment ?

É. B. : La quasi-totalité des dirigeants sont des ingénieurs de formation générale. Les autres collaborateurs sont pour les deux tiers des ingénieurs et pour un tiers des universitaires, avec un patchwork de nationalités et de cultures assez fantastique : quatre-vingt-quinze personnes représentent plus de dix nationalités différentes. Cela pose des problèmes d'ajustements réciproques, notamment quand il s'agit de faire des présentations de nos produits : on ne s'adresse pas de la même façon à un Américain, un Allemand, ou un Asiatique. Mais nous tirons en même temps parti des réactions et des aptitudes particulières aux pays et aux cultures en répartissant les rôles : ainsi par exemple, nous commençons les bêta-tests en Allemagne et la validation des concepts marketing aux États-Unis.

Je suis d'accord sur l'efficacité limitée des recettes. Mais il en est une qui me paraît utile : pour recruter des gens : il faut avoir un chargé de recrutement interne à l'entreprise. C'est une des premières personnes que nous avons recrutées, et c'est de très loin le meilleur investissement que nous ayons fait, mise à part l'acquisition de la licence source d'Esterel.

Malgré tout, le recrutement est très coûteux : nous avons dépensé l'an dernier trois fois ce que nous avons budgété. Cela dit, notre taux de turnover est inférieur à 2 %.

Des décisions concertées

Int. : *Vous avez dit que les orientations de votre société font l'objet de discussions collectives. Qui participe à ces discussions et selon quelles modalités ?*

É. B. : Nous avons trois types de réunions périodiques :

- les *decision meetings*, réunions liées aux cycles de vie de produit selon la méthodologie de General Electric ; elles ont lieu tous les trois mois ; les dirigeants de la société et les responsables de produit y participent ;
- celles du comité stratégique, avec sensiblement les mêmes personnes et la même périodicité, qui étudient l'évolution de l'offre à moyen terme ;
- les autres réunions opérationnelles traitant de la vie courante de la société.

Tous les six mois je réexplique à tout le monde les rôles de chacun dans l'entreprise, et les *process* sont définis par rapport à ces rôles. En termes de management, c'est pour moi l'action la plus importante.

G. B. : Il est difficile de comprendre que c'est un point fondamental quand on sort de la recherche, puisque par construction, la recherche c'est le bouillonnement. Dans une start-up en pleine croissance, il ne faut aucune cacophonie : chaque personne qui, dans un registre donné, a raison a priori, doit être clairement identifiée. C'est un peu comme dans un orchestre où chacun joue de son instrument. Le seul problème, c'est qu'on déchiffre la partition en même temps qu'on la joue devant les spectateurs. Chaque instrumentiste doit suivre sa propre partie et s'y tenir. Cela dit, il faut aussi garder la motivation des gens – leur liberté créatrice –, mais cela relève de l'action du PDG.

Tintin à la rescousse

Int. : Comment le fait d'avoir à programmer une voiture robot a-t-il pu conduire au langage Esterel et aux Pentiums ?

G. B. : La vision originale d'Esterel vient de plusieurs facteurs.

Le problème a été posé en 1949 par Maurice Wilkes, un des pères de l'ordinateur, quand il a dit « *le jour où on a commencé à programmer, on a trouvé, à notre grande surprise, que c'était beaucoup plus difficile d'écrire des programmes justes que ce qu'on pensait.* » C'était totalement inattendu, et une des difficultés de l'informatique moderne, c'est que ça l'est toujours ! Il fallait découvrir le *debugging* et pour comprendre sa nécessité, il suffit de comparer l'informatique à la situation du PDG d'une entreprise employant un million de personnes qui toutes feraient exactement ce qu'on leur a dit de faire, sans jamais prendre la moindre initiative. Il est évident que cela n'a aucune chance de marcher, et pourtant un ordinateur, ça ressemble à cela.

Pour la programmation de notre voiture robot, l'idée centrale m'a été inspirée par un dessin d'Hergé¹. Dans une de ses aventures, Tintin et ses amis sont partis en fusée pour la Lune. Au voisinage d'Adonis, le capitaine Haddock, ayant abusé de whisky, sort imprudemment de la fusée, provoquant l'arrêt de son moteur, et commence à dériver vers cet astéroïde, au point de s'y satelliser. Pour lui venir en aide, Tintin demande au professeur Tournesol de remettre en route le moteur de la fusée, et d'orienter la trajectoire afin de s'approcher suffisamment du capitaine, selon une orbite voisine, pour pouvoir l'attraper au lasso. Lui-même sorti de la fusée, il apprécie le moment où il en est au plus près, et crie "stop" au professeur Tournesol qui coupe à nouveau le moteur : la manœuvre est réussie, le capitaine ivre est finalement récupéré. Si des invraisemblances scientifiques se cachent dans cette histoire, il y a tout de même de quoi inspirer un chercheur.

Comment faire pour programmer ça ? pour calculer le bon moment ? Les outils disponibles en 1985 étaient inopérants. Il fallait une informatique *parallèle* capable de s'occuper de nombreux objets indépendants, une informatique *newtonienne*, c'est-à-dire où les éléments traités interagissent instantanément, enfin un *style de programmation* adapté.

L'informatique parallèle était dans ses balbutiements, il fallait une très grande puissance de calcul pour des interactions pratiquement instantanées. Quant au style pour programmer notre voiture robot, nous avons imaginé que nous avions à gérer des unités de temps comme pour un coureur s'entraînant sur un stade : des mètres à franchir, des pas à faire, des temps à consacrer à une action, des tours de piste à faire. La régulation peut alors se programmer ainsi :

- 1 - courir tranquillement pendant 100 mètres, puis
- 2 - pendant quinze secondes, à chaque pas, sauter et souffler, (activités parallèles qui peuvent être régulées en fonction des battements de cœur par exemple), puis
- 3 - après 100 mètres + 15 secondes, aller à fond,
- 4 - recommencer tout, mais
- 5 - arrêter au bout de trois tours.

On s'est aperçu que l'idée tout à fait nouvelle d'écrire ainsi les programmes pouvait s'appliquer partout : elle permettait de s'adresser à un bus dans un circuit électronique, de parler à un robot, de discuter avec son central téléphonique, etc. En programmation classique il faudrait des dizaines de pages de code pour parvenir aux mêmes résultats, et les modifier serait une galère. Avec notre système, c'est au contraire très souple et beaucoup plus simple, et c'est là que se trouve, avec l'efficacité du *debugging*, notre valeur ajoutée.

¹ *On a marché sur la lune*, Hergé, Casterman, page 10.

Présentation des orateurs :

Eric Bantégnie : ingénieur École polytechnique (1982), ingénieur des Télécommunications (1985), ingénieur des Mines (1988), PDG d'Esterel Technologies. Auparavant directeur de production à France Télécom, puis au ministère de l'Industrie, puis PDG de Simulog, Pour plus de détails, voir <http://www.esterel-technologies.com/v2/corporate/pageLibre0001004e.html>.

Gérard Berry : ingénieur École Polytechnique (1970), ingénieur des Mines (1973), thèse de doctorat d'État en mathématiques (1979). Chercheur puis directeur de recherches à l'École des mines de Paris de 1970 à 2001. Actuellement directeur scientifique à Esterel Technologies. Prix Montpetit de l'Académie des sciences 1990. Prix Science et Défense 1999.

Diffusion juillet 2002