

Apix Analytics, de la paille à l'entreprise internationale

par

■ **Philippe Andreucci** ■

Cofondateur et ancien dirigeant de la société Apix Analytics

En bref

Pour passer d'une idée en laboratoire, d'une innovation de rupture à un vrai produit industriel répondant à des besoins identifiés, le cheminement est long, tortueux, jalonné d'intuitions, d'opportunités, de rencontres, de chances et de déconvenues, et le résultat final peut être très éloigné de l'idée originale. Philippe Andreucci, cofondateur de l'alliance entre le CEA-Leti et le California Institute of Technology, nous livre un retour d'expérience sur le passage d'une technologie amont franco-américaine à une entreprise exploitant ses applications (analyseurs de gaz miniaturisés pour l'industrie et l'environnement). Comment passe-t-on de l'effet Casimir à l'analyse multigaz ? Comment une coopération académique internationale sur les nanosystèmes peut-elle aboutir à la création d'une entreprise en France ? Quels sont les outils d'accompagnement utiles et les bonnes pratiques à amplifier, ou les pièges à éviter ?

Compte rendu rédigé par Erik Unger

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.

Séminaire organisé grâce aux parrains de l'École de Paris du management :

Algoé¹ • Chaire Futurs de l'industrie et du travail • Chaire Mines urbaines • Danone • EDF • ENGIE • Executive Master – École polytechnique • Fabernovel • Groupe BPCE • Groupe OCP • GRTgaz • IdVectoR² • IPAG Business School • L'Oréal • La Fabrique de l'industrie • MINES ParisTech • RATP • Syndicat des entreprises de l'économie numérique et des technologies nouvelles³ • Université Mohammed VI Polytechnique • UIMM • Ylios¹

1. pour le séminaire Vie des affaires / 2. pour le séminaire Management de l'innovation / 3. pour le séminaire Transformations numériques

L'expérience que je vais vous raconter m'a occupé pendant presque seize ans. Elle illustre le cheminement complexe et souvent imprévisible allant d'une idée théorique née dans un laboratoire jusqu'à une application, un produit et un accès au marché. Ainsi est née Apix Analytics, une société qui développe des analyseurs de gaz. L'entreprise compte aujourd'hui un peu moins d'une trentaine de personnes, réalise un peu plus de 2 millions d'euros de chiffre d'affaires et est présente à l'international.

Après des études d'ingénieur (CentraleSupélec) et de commerce (ESSEC, HEC Challenge+), mon parcours professionnel m'a amené du marketing de l'innovation produit en PME à la recherche fondamentale, avec une quinzaine de brevets à mon actif. J'ai une expérience de management de programmes technologiques, notamment au CEA (Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives), et plus particulièrement au Leti (Laboratoire d'électronique et de technologie de l'information) à Grenoble, institut de recherche pionnier dans les micro- et nanotechnologies. J'ai ensuite cofondé la start-up Apix Analytics et l'ai dirigée pendant plus de sept ans. Je l'ai quittée il y a un an et demi pour me lancer dans de nouvelles aventures entrepreneuriales.

Penser l'après MEMS au CEA-Leti

Les MEMS¹ ont été en partie inventés au CEA-Leti au début des années 1980. On les retrouve dans pratiquement tous les capteurs de la vie quotidienne. Une voiture en compte environ deux cents, un téléphone portable, une bonne dizaine et un avion, plusieurs milliers. Quasiment tous les accéléromètres – les capteurs qui mesurent des accélérations, présents notamment dans les airbags ou dans les téléphones portables – exploitent le brevet fondateur du CEA.

En 2004, les technologies MEMS arrivent à maturité. Les industriels ont acquis les compétences de design et de développement technologique. Il est alors temps pour le Leti de penser "l'après-MEMS".

Je rejoins ainsi le CEA-Leti en 2004 pour trouver un prolongement aux MEMS dans le domaine des nanotechnologies (technologies permettant de réaliser des objets de l'ordre de quelques milliardièmes de mètre). Le développement de la nano-électronique, au début des années 2000, va nous permettre de lancer les NEMS, *Nano Electro Mechanical Systems*.

Un premier développement, le nano-accéléromètre

Le premier nano-accéléromètre est sorti au milieu de l'année 2005 au Leti, dans le cadre d'un projet européen. Le système occupait un carré de 10 microns de côté, avec des structures locales dont la largeur était de l'ordre de 200 nanomètres. Beaucoup plus petits que les MEMS, ces objets sont extrêmement réactifs et offrent des temps de réponse très courts. Nous avons pu développer des systèmes de détection ultrasensibles avec des applications dans les domaines de la biologie, de la chimie et de l'environnement.

Nous avons aussi très vite mis plusieurs milliers de NEMS en réseau, sur une surface équivalente à celle d'un MEMS, ce qui a permis d'améliorer considérablement les performances d'un capteur unique et d'en multiplier les fonctionnalités. Néanmoins, le passage à l'échelle nanométrique a aussi fait apparaître des effets perturbateurs liés à la mécanique quantique, qui ont démesurément complexifié la conception des systèmes et leur fonctionnement.

1. *Micro Electro Mechanical Systems* : capteurs microscopiques transformant une force mécanique en signal électrique, permettant par exemple l'analyse du mouvement de l'objet auxquels ils sont intégrés.

L'effet Casimir ou les forces répulsives du vide

L'effet Casimir a été l'un des effets perturbateurs prépondérants dans nos premiers dispositifs. Elle a été théorisée en 1948 par le physicien néerlandais Hendrik Casimir. Quand on met deux plaques en regard, elles se rapprochent l'une de l'autre du fait d'une force purement quantique, dont l'intensité est inversement proportionnelle à la puissance 4 de la distance entre les plaques. Quand la distance entre les plaques se réduit (typiquement vers 170 nanomètres dans les matériaux étudiés) cette force de Casimir domine de plus en plus largement la force électrostatique. En analysant minutieusement cette force, nous avons réussi, au Leti, à amoindrir ses effets et à adapter les principes d'actionnement et de détection des NEMS aux échelles submicrométriques.

L'alliance Leti-Caltech

Le Leti avait acquis une énorme expérience dans la fabrication technologique des NEMS, mais la complexité du sujet nous imposait de faire appel à d'autres scientifiques chevronnés.

Nous avons repéré Michael Lee Roukes, professeur à Caltech (California Institute of Technology), l'un des pionniers des nanosystèmes. Il les avait théorisés et fait des démonstrations très intéressantes en laboratoire, à l'aide de quelques NEMS fabriqués de façon artisanale. Or nous, nous savions fabriquer des NEMS par milliers, voire par millions. C'est ainsi qu'en 2006, nous avons forgé une alliance entre le Leti et Caltech, *The Alliance for Nanosystems VLSI*².

Au bout d'un an de collaboration, en utilisant des outils de micro-électronique de manière massive et collective, nous avons réussi à fabriquer d'un coup 5 millions de NEMS sur des tranches de silicium de 200 millimètres de diamètre, puis des dizaines de millions de nanocapteurs.

En quête des premières applications

Il est dans l'ADN du Leti de faire de la science, mais avec une finalité applicative. Nous avons donc cherché à intégrer des industriels pour réfléchir aux applications.

Dès 2008, nous avons constitué un premier consortium de quatre industriels : Total, Leco (une société d'analyse américaine), bioMérieux et Areva. Ils nous ont aidés à développer une gamme de capteurs nanométriques orientés vers quatre applications clés : l'analyse de gaz; la spectrométrie de masse; la détection en milieu liquide; les interactions cellulaires et métaboliques. Grâce à nos NEMS, des avancées très intéressantes en matière de détection ont pu être réalisées sur chacun de ces sujets.

Entre 2009 et 2012, l'essentiel de nos efforts a rapidement porté sur l'analyse de gaz. Nous avons développé un instrument de mesure à l'échelle nanométrique. Il s'agit d'une nanobalance qui vibre à une très haute fréquence. Quand une masse vient s'agréger à sa surface, cette fréquence se modifie et la mesure précise de cette variation nous permet de remonter à la quantité de matière. À chaque fois que l'on réduit les dimensions des composants de la balance d'un facteur 10, la sensibilité du dispositif est multipliée par un facteur 10 000; des composants 100 fois plus petits nous permettent donc de mesurer des quantités 100 millions de fois plus faibles. Nos nanobalances peuvent aujourd'hui détecter des attogrammes (milliardièmes de milliardièmes de gramme) dans l'air ambiant et même des zeptogrammes (mille fois moins) sous vide. La taille typique des composants est alors de 2 micromètres par 400 nanomètres par 200 nanomètres.

En appliquant ces principes à l'analyse de gaz, nous avons détecté des concentrations infinitésimales dans les mélanges gazeux, de l'ordre de la dizaine ou de la centaine de ppb (*part per billion*, soit une molécule parmi un milliard). Notre détecteur était l'un des, sinon le, plus performant(s) au monde. En outre, nous avons réussi à faire tenir toute l'électronique requise par l'analyseur dans l'équivalent d'une boîte à chaussures, là où,

2. *Very Large Scale Integrated* (composants électroniques intégrés à très large échelle).