

## **Les ingénieurs marocains semblent être moins performants que leurs confrères dans les pays développés : éléments de réponse**

**Par J. Chaouki\***

Depuis que j'ai passé une année sabbatique dans une grande compagnie privée au Maroc en 1996-97, plusieurs personnes m'ont posé et continuent même de le faire maintenant la question suivante : alors que nos ingénieurs sont formés dans les meilleures écoles d'ingénieur du monde, nationales ou internationales, comment se fait-il qu'ils semblent être moins performants dans le quotidien, dans la pratique de tous les jours? Ma réflexion a été amorcée à ce moment et a évolué au cours du temps. Durant cette année 2005-06, où je passe une nouvelle année sabbatique en Belgique dans une grande compagnie pétrolière, j'ai choisi d'y apporter des éléments de réponse.

D'abord, il est légitime de se poser cette question. Plusieurs indicateurs permettent de comparer la situation négative de nos usines à celles des pays développés ou même à certains pays dits en voie de développement. Parmi ces indicateurs, on peut citer : leur état technologique, les choix des procédés utilisés, leur compétitivité, leurs consommations énergétiques, leurs pollutions environnementales, le nombre de brevets déposés, les innovations technologiques impliquées, le nombre d'ingénieurs impliqués...Un véritable benchmarking doit être réalisé en profondeur pour quantifier ces situations, mais il ne faut pas se voiler la face : à la veille du libre marché, la réalité technologique de nos usines est alarmante et de profonds changements doivent être entamés le plus rapidement possible. Il en va de la survie de notre industrie.

Les éléments de réponse qui permettraient d'expliquer cet état de fait sont, bien sûr, innombrables, et il serait illusoire d'en dresser une liste exhaustive. Dans le texte qui suit, j'aimerais soulever deux éléments qui sont négligés, sinon complètement ignorés. Je ne vais pas parler de l'état technologique général car d'une part c'est largement décrit dans plusieurs revues spécialisées, et d'autre part c'est un problème similaire à celui de l'œuf et la poule. En effet, il est évident qu'il ne peut pas y avoir un avancement technologique spécifique et local, « un pic technologique » isolé, sans un avancement général et réciproquement. Pour fabriquer une voiture 100% marocaine, il faut qu'une multitude d'avancements technologiques soit réalisée. Pour ma part, je vais me restreindre à deux causes qui sont : l'innovation technologique et « la mémoire collective ».

---

\* M. Chaouki est professeur titulaire à l'École Polytechnique de Montréal depuis 1987. Il a formé une soixantaine de chercheurs. Il a publié plus que deux cents articles scientifiques dans des revues avec comités de lecture, plus de deux cent cinquante autres articles scientifiques et édité trois livres. De plus, il possède neuf brevets. Enfin, il détient plusieurs prix scientifiques. Actuellement, il est éditeur de la revue scientifique internationale « Chemical Product & Process Modeling ». Il a organisé plusieurs congrès internationaux et il est présentement directeur du programme scientifique et technique du 8<sup>ème</sup> congrès mondial du génie chimique qui se tiendra à Montréal en 2009. Il est aussi membre de plusieurs sociétés professionnelles et savantes (Ordre des ingénieurs du Québec, AIChE...). Durant toute sa carrière professorale, il agit comme consultant auprès de plusieurs compagnies nationales et internationales. Il a travaillé durant un an comme directeur technique chez Cynovad et a fondé Formmat Technologies Inc.

e-mail : [jamal.chaouki@polymtl.ca](mailto:jamal.chaouki@polymtl.ca)

## **L'innovation technologique**

Son importance n'est plus à démontrer. Tous les pays, développés et en voie de développement, l'ont tous louangée. Je ne citerai qu'un exemple, celui d'Alan Greenspan l'ancien directeur de la réserve américaine disait dernièrement que dans une économie internationale et globale, l'indice de développement économique dépend grandement de la capacité d'un pays à innover et à appliquer de nouvelles technologies. Tous les pays développés ont une politique spécifique quant à la R&D dans les compagnies. Par exemple, dans la province du Québec, les compagnies engagées dans des activités de R&D peuvent aller chercher des remboursements jusqu'à 70% des frais liés directement et indirectement à ce type d'activité. De plus, les scientifiques étrangers œuvrant dans ces compagnies ne payent pas d'impôt provincial durant leur cinq premières années. La R&D dans les compagnies marocaines est pratiquement inexistante, sauf des cas d'ultime exception. Il n'y a pratiquement aucune structure qui permet aux ingénieurs et techniciens d'innover. Ces ingénieurs n'ont aucun support et aucune liberté pour agir dans cette direction. Chez Dupont, les chercheurs peuvent travailler une journée par semaine sur une problématique définie par eux-mêmes. De plus, ils sont récompensés, y compris financièrement, en rapport à l'importance de leurs innovations. Les compagnies des pays développés ont beaucoup innové comme en témoignent les nombreuses percées technologiques qui sont omniprésentes dans notre vécu. Mais ce qu'on sait moins bien, c'est que ces réussites parfois éclatantes ont été accompagnées par beaucoup d'échecs qui ne sont pas ou peu documentés. Pour innover, il faut prendre des risques et nos compagnies ne sont pas en général prêtes à le faire. Les risques sont réels comme le démontrent les deux exemples que j'ai retenus à cause dans un premier temps des montants mis en jeu et dans un deuxième temps du know-how, de la réputation et de l'aura de la compagnie visée.

Dans l'usine de Magnola à Danville au Québec, on a tenté de produire du magnésium à partir de la serpentine (déchets de l'amiante). La production nominale prévue était de 63,000t/an, soit 20% de la demande mondiale. Les recherches au laboratoire ont eu lieu de 1985 à 95 pour un montant de 20M\$Can. L'usine pilote a coûté un autre 20M\$Can et a été opérée de juillet 1996 à juillet 1997. Cette opération a coûté 5M\$Can. L'usine industrielle devrait coûter 700M\$Can, mais en définitive elle a englouti 1300M\$Can (oui, c'est bien 1.3 milliards !!), et a été complété en 2000. Le démarrage n'a eu lieu qu'à la fin 2001 à cause de sérieux problèmes techniques. Le 29 janvier 2003, la compagnie a décidé de fermer l'usine prétextant une chute du prix du magnésium, mais dans la réalité les problèmes de conception, ainsi que des coûts d'opération inhérents à la conception sont à l'origine du manque de compétitivité de l'usine.

Dans les années 80, Dupont a décidé de produire du Lycra (une fibre textile synthétique que les femmes et les sportifs connaissent bien !) à partir du butane. Dans la première étape du procédé, on réalise une oxydation sélective du butane pour obtenir de l'anhydride maléique. La découverte a coûté 1.7M\$US/an. Les essais de laboratoire 5M\$US/an dans les années 85 et l'usine pilote 10M\$US/an en 1990. La construction de l'unité industrielle a coûté près de 150M\$US mais elle n'a jamais pu atteindre la production nominale. Des travaux de R&D sur l'unité industrielle ont été poursuivis pour atteindre la production nominale durant quelques années et ont

coûté 17M\$US/an. En janvier 2005, Dupont a décidé de démanteler l'unité industrielle. Le développement de ce procédé a coûté quelques 100M\$US.

Signalons d'abord que pour les deux exemples cités auparavant, les développements ont duré entre 15 et 20 ans ! Il y a, bien sûr, de nombreux autres exemples de tels échecs technologiques. Bref, les scientifiques, ingénieurs et techniciens œuvrant à l'étranger innoveront énormément mais se trompent aussi, quelques fois. Par contre, ces mêmes compagnies continuent d'être très profitables, innovantes, performantes... Au Canada, l'industrie des pâtes et papiers, une des plus importantes au pays, a longtemps négligé la R&D et les avancements technologiques. Les pays scandinaves, surtout la Finlande, ont par compte continué d'innover dans ce domaine. La conséquence ne s'est pas fait attendre; l'industrie papetière canadienne est de plus en plus dominée par les scandinaves. Pour innover, il faut donc prendre des risques. Les gros risques engendrent de grosses innovations et en définitive de gros profits. L'histoire des innovations ou des révolutions technologiques est très inspirante, très intéressante et permet de croire dans les réalisations futures. Parfois, il faut nager à contre courant, contre « les ça ne peut pas marcher ». P. G. de Gennes, prix Nobel de physique 1991, disait que les scientifiques ne sont pas des oracles. Lord Rayleigh, un des plus grands mécaniciens du siècle dernier, a écrit que tenter de faire voler un engin plus lourd que l'air serait une perte de temps ! Quelques années plus tard, l'Éole de Cément Ader prenait son envol. En 1933, lord Ernest Rutherford, prix Nobel de physique 1908, qualifiait l'exploitation de l'énergie nucléaire de « conte à dormir debout »<sup>▼</sup>. Neuf ans plus tard, Fermi a démontré le contraire, preuve à l'appui.

### « La mémoire collective »

Lors de mon séjour au Maroc et durant les nombreuses consultations que je continue de mener au Maroc, je suis toujours estomaqué du peu de documentation existante dans les compagnies. Chaque ingénieur nouvellement recruté doit constituer sa propre « bibliothèque ». C'est toujours à recommencer. L'accumulation du savoir frise le zéro. Je me rappelle cette compagnie marocaine qui a voulu renouveler certains de leurs filtres. Elle a commandé celui qu'elle avait testé dix ans auparavant et qui ...ne fonctionnait pas. Bref, la « mémoire collective » des compagnies est pratiquement toujours vide. Or la continuité et l'accumulation du savoir sont primordiaux en génie. Par exemple, pour construire, opérer et produire des centrales thermiques de 500 MW au charbon, la Chine a d'abord construit des unités de laboratoire qui ont été opérées pendant les années 80. Ensuite, elle a développé des unités pilotes de l'ordre de 1 à 2 MW, pour enfin développer d'abord de petites unités industrielles de l'ordre d'une dizaine de MW, ensuite 100 MW pour enfin atteindre des 500 MW et plus. Demain, ça sera des 800, peut-être 1000MW. « Qui n'avance pas, recule ». De plus, quand la technologie a changé passant des lits fluidisés à des lits fluidisés sous pression, il fallait recommencer encore une fois par des unités de laboratoire pour aboutir à des unités industrielles. Le même circuit a été suivi, mais en accéléré. La Chine est capable actuellement de les construire en totalité de A à Z ; mieux, sa technologie peut maintenant compétitionner celle des grosses compagnies énergétiques de ce monde, des ABB, Lurgi...Le savoir technologique est incrémental. Ce sont des essais et erreurs où les leçons tirées de ces mêmes erreurs et leurs

---

<sup>▼</sup> “Anyone who expects a source of power from the transformation of the atom is talking moonshine.”

correctifs qui sont primordiaux. On apprend beaucoup de ses erreurs. Les exemples de ratés technologiques sont et seront tournés en savoir-faire, pour atteindre et développer de nouvelles idées, de nouveaux procédés. Dans les procédés pétroliers, les colonnes à distiller permettant de séparer les différents constituants qui sont omniprésentes. Dans la compagnie où je passe actuellement une année sabbatique, tout le personnel concerné s'est donné, depuis un certain temps déjà, comme objectif de répertorier toutes les expériences de vécu, de problèmes de conception, d'opération...concernant ces colonnes. Il en est résulté un document d'à peu près 40Mbits qui relate tout le vécu de la compagnie. Un jeune ingénieur nouvellement recruté va bénéficier de tout ce savoir-faire. Il pourra profiter dans sa propre expérience de tout cet enrichissement. Son vis-à-vis marocain, peut-être même diplômé de la même école, ne pourra d'aucune façon profiter du savoir faire accumulé. Les différences de savoir technologique et scientifique de chacun vont aller en grandissant. Les avancées technologiques ne sont pas des sciences exactes. Elles reposent sur l'expérience de chacun, mais aussi sur celle de la compagnie via sa « mémoire collective ». Avec l'avènement de l'ordinateur, de l'archivage des documents de l'éducation permanente et de l'internet, il est actuellement relativement facile de se constituer ce type de mémoire de la compagnie. Pour cela, il faut, là aussi, d'abord y croire, fournir aux ingénieurs et techniciens le support adéquat et les outils nécessaires et mettre les efforts nécessaires.

Effectivement, les ingénieurs marocains semblent être moins performants que leurs confrères dans les pays développés malgré la qualité de leur formation dans les écoles d'ingénieurs aussi bien au Maroc qu'à l'étranger. Les raisons de cet état de fait sont, bien sûr, innombrables, et il est illusoire d'en dresser une liste exhaustive. Parmi celles-ci, les innovations technologiques et "le retour d'expériences" (appelé REX par Air France) semblent être inexistantes dans les industries marocaines. Les compagnies marocaines peuvent innover selon leur taille, leur compétitivité et leurs compétences. Il en va de leurs avenir. Au fait, il y a un large spectre d'innovations allant de la révolution scientifique à de nouveaux outils ou méthodes capables de solutionner intelligemment des problèmes particuliers. Pour cela, il faut d'abord y croire, fournir aux ingénieurs et techniciens le support adéquat et les outils nécessaires, mettre beaucoup d'effort et prendre des risques calculés. Thomas Edison, inventeur infatigable, avait coutume de dire que la science demandait 5% d'inspiration et 95% de transpiration. De plus, pour faire profiter les ingénieurs débutants de toutes les expériences accumulées, il faut établir, au plus vite, un système qui leur permet d'assimiler le passé technologique de la compagnie en créant une véritable mémoire collective. Ce n'est que dans ce contexte que nos ingénieurs marocains pourront commencer à combattre à arme égale la compétition technologique internationale qui a bel et bien commencé.