

## **Malik Hammadouche**

J'ai été forcé de par le projet sur lequel je travaille actuellement à devenir un expert en silicium métallurgique. Ce qui a été difficile pour moi d'abord c'est que, quand on m'a demandé de faire cette présentation, j'avais l'impression qu'on faisait appel au chercheur et non pas à l'administrateur. En me penchant un peu sur les documents qui m'ont été envoyés, je m'aperçois que c'est plus la partie administrative sur laquelle je devrais mettre l'accent que la partie technique. De toute façon, dans le projet que je vais vous exposer, il y a tellement de postconfidentialité, tellement de prudence à avoir que je ne pourrais pas m'aventurer ou donner des détails techniques qui seront peut-être sans intérêt pour tout le monde. Côté administratif, côté gestion du projet, je vais m'aventurer à vous donner des informations parce que je n'ai même pas (je suis un conseiller du Centre de métallurgie du Québec qui est au sein du cégep de Trois-Rivières) eu l'accord au préalable de mon directeur pour donner certaines informations, mais je vais essayer de vous donner le maximum de choses concernant la présentation technique elle-même. La compagnie avec laquelle on travaille, qui est notre partenaire puisque c'est elle le maître d'oeuvre dans ce projet-là, a opposé son veto sur pas mal de choses que je voulais vous présenter.

Maintenant, concernant le Centre de métallurgie du Québec, comme la plupart des centres spécialisés, je fais beaucoup d'assistance technique, formation sur mesure, application de nouvelles technologies. Jusqu'à il y a 2 ans, il se faisait très peu de recherche et

développement. Depuis 3 ans, effectivement, et peut-être même un peu plus. (M. Chiesa qui est là, qui est professeur au département de métallurgie et qui a essentiellement commencé la recherche sur le plan métallurgique, principalement dans le secteur de la fonderie, pourrait dire quelques mots éventuellement là-dessus). Le Centre de métallurgie a débuté sa recherche ces deux dernières années avec quelques projets que je vais citer ici : un premier projet, dans le cas du CRDI, Centre de recherche pour le développement international, le sujet ayant porté sur la recherche appliquée sur les fonderies. Ce qui est intéressant à noter dans ce projet, c'est qu'il fait appel à une coopération avec 3 autres pays. L'Amérique du Sud, donc, de là des problèmes assez considérables du côté des communications, n'est-ce pas, mais aussi des problèmes inhérents au fait que les chercheurs des pays tels que la Bolivie, l'Équateur ont beaucoup de misère à travailler de façon continue sur leur projet. Ils n'ont pas beaucoup de facilité dans ces pays qui sont en général en voie de développement. Donc une première difficulté de ce côté-là. Les ressources que le CMQ fournit : le chercheur plus les étudiants, donc M. Franco Chiesa ici présent, le chercheur et le partenaire, trois professeurs qui ont chacun environ deux à trois étudiants.

Un autre projet sur lequel le Centre de métallurgie travaille actuellement. Il faut dire que le premier projet d'une durée d'environ deux ans et demi, tandis que pour le deuxième projet, un projet dans le cadre du programme PART, ça touche le développement des logiciels de calculs du système de coulée pour la fonderie. Encore une fois, c'est ce genre de secteur de

fonderie qui est touché par le Centre de métallurgie. Le partenaire est une fonderie du secteur, ici Fonderie Thetford, et les ressources du CMQ, un chercheur, deux programmeurs et pour le partenaire trois personnes.

Il faut dire que le Centre de métallurgie du Québec a trois axes principaux de travail : la fonderie, le soudage et les essais non destructifs. Actuellement la recherche s'est développée, on se demande bien pourquoi, juste dans le secteur de la fonderie. Beaucoup d'autres projets, bien sûr, existent; des projets de recherche, dont le projet du FCAR, où encore M. Franco Chiesa est impliqué, mais je ne vais pas m'aventurer sur des terrains que je ne connais pas.

Maintenant je vais vous parler d'un projet beaucoup plus spécifique qui a la particularité de ne pas être subventionné par le gouvernement du Québec ou du Canada. C'est un projet que le Centre de métallurgie a réussi à décrocher avec la compagnie SKW Canada, qui est établie à Bécancour sur le site industriel, et qui est essentiellement un producteur de fersilicium et de silicium métallique, qui est là depuis le milieu des années 70 environ. Cette compagnie, qui est la seule productrice de ce genre de matériaux fersilicium et silicium métallique au niveau du Canada et qui est implantée aussi, si je ne m'abuse, au Brésil, en France et en Allemagne, se retrouve confrontée à une très grande concurrence surtout française. Alors la concurrence est très agressive, les techniques de production actuelles très coûteuses (on verra pourquoi tout à l'heure quand je montrerai un petit schéma) et les politiques environnementales énergétiques et

économiques du Canada et du Québec deviennent de plus en plus exigeantes. C'est pourquoi SKW, pour ne pas fermer ses portes, a dû se résoudre à monter un programme de recherche. Ce programme de recherche, initialement, devait se faire en Allemagne pour des raisons économiques. SKW Canada a réussi à faire venir ce travail ici, ce qui fait bénéficier, bien sûr, toute la région.

L'objectif de SKW est de rester sur le marché, évidemment. Et par là même de développer, de réduire ses rejets industriels, de réduire sa consommation d'énergie (on verra pourquoi c'est très important tout à l'heure), de maximiser son rendement en matières premières et d'augmenter sa productivité.

Je suis obligé de vous parler un peu de ce qui se passe dans le processus de production pour comprendre où on veut en venir. Quand on fabrique du silicium métallique, on part de trois produits principaux, deux, trois matières premières, du quartz, essentiellement du SiO pur, du charbon et des copeaux de bois. Si vous regardez bien, on consomme ici annuellement 73 000 tonnes de copeaux de bois par année. Ce qui fait pas mal de bois. Voilà déjà un problème. Le charbon : 40 000 tonnes, on en a quand même assez. Le quartz : 87 000 tonnes; le quartz est une des ressources les plus présentes sur la planète donc, il n'y a pas de problème. En France, les matériaux, on les stocke dans des silos. De ces silos, on passe dans des silos de transvasement qui vont alimenter le four de production de silicium métallique. Ce que vous voyez en vert, ce sont des électrodes, des grosses électrodes en graphite ou en carbone qui vont plonger dans le four, créer un arc électrique qui va

produire des réactions chimiques nécessaires à la transformation des matériaux initiaux en silicium métallique.

À partir de ces trois éléments et de la réaction chimique qui se passe dans ce four sous l'effet d'un arc électrique, nous obtenons du silicium métallique, mais à travers toutes ces opérations, nous obtenons des déchets, à ce niveau-là, par exemple, des fibres de quartz, des fibres de charbon qu'on ne peut pas recycler. Il faudra en quelque part enterrer, donc creuser des fosses puis enterrer ça; c'est ce que fait SKW présentement. On obtient aussi à travers des réactions chimiques, ce que l'on appelle des fumées de silice, qui ne sont pas très bonnes pour l'être humain, qui sont très fines et qui sont partiellement utilisées, revendues à des cimenteries, par exemple, qui les incorporent à leur fabrication du ciment, mais vraiment partiellement. Ce qu'il faut remarquer surtout : 378 000 MWh par année. C'est ce que consomme un four de SKW, et ils en ont trois actuellement. C'est énorme, c'est énorme, je ne sais pas combien ça représente de villes à alimenter ou de populations, mais c'est vraiment énorme. Et tous les sites d'enfouissement qu'il faut creuser et pour mettre les fibres de quartz et pour mettre les fumées de silice qu'il faut faire disparaître parce que les exigences environnementales le demandent. Donc tout le défi pour SKW, si elle veut survivre, c'est de diminuer son utilisation de l'électricité, de diminuer son utilisation de copeaux de bois et éventuellement de recycler tout ce qui est matière, pour l'instant, à rebut.

Pour cela SKW a décidé de commencer un programme qui fait appel à un four pilote à petite échelle. Les fours qui sont utilisés

pour la production normale de SKW sont des fours d'une capacité de 20 MW et le four que nous utilisons comme four pilote actuellement est un four de 450 kW. De toute façon de 450 à 500 kW c'est quand même considérable. C'est un four qui est grand à peu près comme cette salle-là et trois mètres de diamètre environ.

L'optimisation de production, l'optimisation de l'utilisation des rejets demande une parfaite connaissance de tous les processus chimiques qui se passent à l'intérieur du four, donc des réactions chimiques, de la thermodynamique, de la cinétique, de la thermique et c'est la partie pour laquelle, en fait, le Centre de métallurgie a été appelé en tant qu'expert pour aider au développement de nouvelles techniques. Nous voyons ici le four, proprement dit, le corps du four, les électrodes, en fait il y en a trois, puis c'est un four triphasé et, ici en bleu, les matériaux que l'on injecte; les réactions chimiques qui se déroulent au sein de ce four sous l'effet de l'arc électrique qui émet dans cette région et qui génère des températures de l'ordre de 2 000° forment des composés tels que les fumées de silice  $\text{SiO}_2$ , les carbures de silicium; ils en prennent aussi pour le four. Le tout concernant les fours actuels, c'est d'optimiser les chances de façon à produire le moins de  $\text{SiO}_2$ , de fumée de silice et le moins de carbure de silicium. Ça, c'est ce qu'on peut faire théoriquement. Il va falloir se pencher sur des technologies et il y a un risque à prendre énorme là-dedans. SKW a bien voulu le faire et nous avons contribué avec elle à cette étude.

Le premier rôle qu'on nous a demandé de jouer, c'était de prendre le four pilote et de nous arranger pour qu'il fonctionne au moins aussi bien que les fours de

production. Et cela nécessitait un plan d'expérience très précis puisque les facteurs qui interviennent sur le bon fonctionnement ou le mauvais fonctionnement de ce type de four, que je représente ici par une boîte noire, sont tellement nombreux qu'il faut absolument une méthode statistique pour pouvoir interpréter les résultats au bout. Ça c'était la première phase du projet et c'est la première phase sur laquelle on peut me permettre quelques mots.

Et l'autre phase du projet, c'est vraiment de prendre une technologie nouvelle que je ne peux pas énoncer et de la tester pendant à peu près deux ans sur plusieurs étapes et de voir au bout ce que ça donne.

Ça c'est l'aspect un peu technique. Je vous ai peut-être un peu ennuyé avec ça. Ce qui vous intéresse, c'est plus les moyens, les ressources utilisées. SKW a investi dans ce projet, il est en train d'investir actuellement environ 6.4 millions de dollars sur trois ans. Je dis bien environ. Les retombées économiques pour la région sont énormes, ne serait-ce que pendant la phase de mise en place du four pilote, la construction, la mise en place des charpentes métalliques, l'achat des équipements; ça a représenté environ jusqu'à maintenant 2 millions pour la région qui nous concerne. Le CMQ est le partenaire principal du côté de la mise en place du programme de recherche et de développement et les retombées pour le CMQ sont environ de 500 000 \$ annuellement. Ce qui n'est pas négligeable, surtout quand on sait que le gouvernement ne met absolument rien dans ce type de projet.

Parlons des ressources humaines. SKW, avant de venir nous voir, avait déjà fait une étude de faisabilité de son projet de recherche; toute la partie conception a impliqué des personnes qui se trouvent aussi bien en Allemagne qu'aux États-Unis qu'ici même au Canada, ce sont des gens de SKW. Nous, le CMQ, nous avons essentiellement embarqué au moment où ils en sont venus à une recherche de documentation à l'établissement de procédures d'essai. On a une façon de marcher, des rapports mensuels, des rapports d'essais, l'établissement de manuels techniques ainsi de suite. Tout ce qui est documentation, plan d'expérience et une partie du financement est revenu au Centre de métallurgie. En fait tout ce qui est ici la phase opération. Plus en détails, si on regarde l'autre organigramme pour la partie opération, il existe, pour ce projet-là, un comité directeur composé du p.d.g. de SKW, de l'ingénieur chef de SKW ici et d'un représentant du Centre de métallurgie. Après ça, nous avons la gestion administrative qui est faite par l'adjoint du directeur du Centre de métallurgie et le contrôle financier qui est assuré par une personne de SKW. Tout le reste, la supervision technique, le conseiller en ingénierie qui se trouve à être M. Jean Bergeron encore de SKW, le secrétariat, revient au CMQ, le soutien administratif au CMQ, la production au CMQ et le conseiller en recherche et développement fait partie du CMQ. Le CMQ a aussi engagé, pour les besoins du projet, quatre chefs d'équipe et 16 opérateurs. Donc vous voyez que la partie qui revient au CMQ est assez considérable, maintenant qu'on est dans la phase opération. Je vous annonce aussi que le contrat qui nous lie annuellement à SKW vient d'être renouvelé, autrement dit qu'ils

ont obtenu une satisfaction quand même considérable de nous. Donc vous voyez que le nombre de personnes impliquées est considérable et pour le Centre de métallurgie c'était tout un défi parce qu'on n'avait pas l'habitude de travailler de cette façon-là. On a l'habitude de PART, de PARIL et puis on se retrouve avec un projet dans lequel il faut entièrement créer un système de gestion, un système de recherche, aller chercher ses ressources, les former; éventuellement, même, si jamais on tombait sur une phase où SKW décidait de suspendre pendant deux semaines des travaux de recherche, il fallait mettre à pied des employés que l'on avait engagés : une chose assez délicate.

Je termine très rapidement. Ce qui est important à comprendre je pense, c'est pourquoi SKW a choisi le Centre de métallurgie pour travailler dans un tel projet. Évidemment, du point de vue des ressources intellectuelles, du point de vue de la recherche, des experts il n'y a pas grand monde concernant le silicium métallique, mais quand même, le Centre de métallurgie n'a pas plus d'experts que l'École Polytechnique de Montréal alors, pourquoi a-t-on été cherché le Centre de métallurgie. Évidemment au Centre de métallurgie, il y a une équipe de métallurgistes qui est quand même considérable, surtout si on pense que cette équipe est renforcée par tous les professeurs du département de métallurgie qui ont tous un certain champ d'expertise, dont M. Franco Chiesa en fonderie, Robert Lizé en soudage, et tous les équipements que possède le Centre de métallurgie à travers le département de métallurgie. La disponibilité des moyens d'équipement, la capacité d'aller chercher des subventions non gouvernementales sont des atouts.

Évidemment SKW est venu pour négocier avec nous le contrat, on aura fait miroiter bien honnêtement la possibilité d'aller chercher pour eux des subventions. On l'a fait. Je ne suis pas encore autorisé à vous donner les résultats de ces démarches. Mais on l'a fait, et c'était déjà un aspect qui les a vraiment intéressés. On parlait au départ de PART, mais finalement on s'est vite aperçu que ce n'était pas pour une entreprise comme SKW. La capacité d'engager et de former une équipe de travail, évidemment le Centre de métallurgie, un de ses mandats, c'est de former. Donc on est capable d'aller chercher des gens au bien-être social ou ailleurs, puis leur donner une formation accélérée, on a des gens pour ça, et les intégrer très rapidement dans une équipe de travail. Ça, vous pouvez être sûr que les gens de Polytechnique, par exemple, ne pourront pas. Il y a aussi le fait que le Centre de métallurgie était prêt tout de suite à mettre ses ressources, ses ingénieurs, ses chercheurs à la disposition de SKW. L'universitaire, et j'espère que je ne m'aventure pas trop, l'universitaire qu'est-ce qu'il va faire? Il va prendre notre projet, puis il va commencer à chercher des étudiants; mais ces étudiants, il faut qu'ils suivent d'abord un certain programme de cours, ainsi de suite; donc ce processus est assez lourd et lent.

Le fait que le Centre de métallurgie ait engagé lui-même le personnel qui travaille sur le four pilote décharge SKW de toute responsabilité. Ce qu'on va faire, on aidait SKW à fermer deux de ses fours pendant deux mois. Or, en même temps, elle engageait du personnel pour travailler sur le four pilote. Du moins c'est nous qui le faisons pour eux. Évidemment ça leur enlevait une sacrée épine du pied. Et ça

c'était aussi une des ces raisons-là. Une équipe de gestion et d'administration était déjà disponible au CMQ, donc SKW en a profité de même que la situation géographique du CMQ relativement à SKW puisqu'on est tous dans la même région.

### **Question**

La quantité de matières premières, le bois utilisé, 73 000 tonnes c'est quel type de bois ?

### ***M. Hammadouche***

*Le bois d'épinette, la quantité est phénoménale, comme je l'ai vu quand j'ai eu l'occasion de travailler au sein de l'usine. Tu vois le nombre de troncs d'arbres qui entrent d'un côté et qui ressortent sous forme de copeaux et qui prennent pas de temps à disparaître dans le four, c'est vraiment énorme. Ils sont obligés d'utiliser ces copeaux de bois parce que ça donne une aération de la charge, et non pas pour l'apport en carbone, mais une aération de la charge au sein du four. Mais c'est phénoménal et il y a moyen de diminuer ces quantités. Une des quatre phases du projet, qui vient de commencer, consiste justement à diminuer l'utilisation du bois. ■*