

# LES PARTICULARITES DE LA GESTION DE PRODUCTION POUR SOUS-TRAITANCE

Dr. Hubert Mulkens\*

---

Résumé. - nous allons principalement nous intéresser aux particularités de la gestion industrielle chez certains sous-traitants et nous mettrons en lumière les caractéristiques que devrait présenter un logiciel de GPAO pour ces entreprises.

Mots clés : sous-traitance, GPAO, PERT, délais

## 1. La sous-traitance manufacturière

La sous-traitance manufacturière est l'opération par laquelle une société, le donneur d'ordre, confie à une autre société, le sous-traitant (aussi appelé aujourd'hui, par anglicisme, le sous-contractant), un travail de réalisation (fabrication ou montage ou traitements particuliers) qu'il ne peut ou ne veut faire lui-même; ce travail peut être unique ou répétitif, ne concerner qu'une pièce ou une série de pièces, ne concerner qu'un modèle ou plusieurs modèles en incluant ou pas la partie d'ingénierie de conception de la pièce en plus de sa réalisation.

La sous-traitance est une opération jugée économiquement nécessaire par le donneur d'ordre, soit pour des raisons de coût (la structure du sous-traitant, en général une PME, étant moins coûteuse que celle que devrait créer le donneur d'ordre pour le même résultat) soit pour des raisons d'efficacité (le sous-traitant étant mieux équipé pour réaliser l'opération que ne l'est le donneur d'ordre; le sous-traitant peut ainsi être plus rapide).

Avec l'augmentation de la variété des produits et le raccourcissement des délais de livraisons, on assiste à la mise en place de réseaux de sous-traitants.

La sous-traitance ne connaît pas de frontières: il n'est pas rare aujourd'hui de voir des entreprises européennes sous-traiter une partie importante de leurs opérations en Extrême-Orient.

---

\* Conseil en Organisation Industrielle - CH-1092 Belmont - Suisse

On distingue grosso-modo deux types de sous-traitants: les sous-traitants de spécialité et les sous-traitants de capacité.

Les sous-traitants de spécialité sont ces entreprises qui ont un savoir faire particulier dans une technique de production et que les entreprises donneurs d'ordre n'ont pas ou ne souhaitent pas acquérir, parce que leur emploi est trop rare ou que la mise en oeuvre interne de cette technique nécessiterait des investissements importants en machine ou en obtention du savoir-faire.

Les sous-traitants de capacité sont des entreprises qui ont la maîtrise de plusieurs procédés de fabrication que contrôlent également leurs donneurs d'ordre, mais qui ont plus de flexibilité et de réactivité (en général de par leur petite taille, le patron étant souvent lui-même aux commandes des machines) et auxquels les donneurs d'ordre passent des commandes quand eux-mêmes sont surchargés de travail dans les secteurs techniques correspondant à ceux du sous-traitant.

Cette classification est cependant très incomplète: elle néglige l'aspect produit et la relation commerciale qui existera entre le donneur d'ordre et le sous-traitant. Par ailleurs cette séparation en sous-traitance de capacité ou de spécialité n'est pas toujours évidente: une même entreprise de sous-traitance peut jouer les deux rôles selon les rapports qu'elle a avec ses clients.

### *1.1 Les sous-traitants intégrés*

En raisonnant en termes de secteur industriel, on constate que les secteurs industriels caractérisés par des volumes de fabrication importants (en quantité ou en valeur, comme l'automobile ou l'aérospatiale), et une concurrence commerciale vive, se sont organisés en réseaux de production: l'entreprise qui réalise le produit final et le livre au client se contente de plus en plus de faire l'assemblage final et laisse le soin à quelques grands sous-traitants de lui livrer les éléments et modules nécessaires au moment où elle en a le besoin. Certains sous-traitants ont ainsi grandi dans l'ombre de leurs donneurs d'ordre et sont caractérisés par une spécialité de produit: ils livrent le (ou les) même produit, sans doute dans un très grand nombre de variantes, sont souvent maîtres de la conception du produit, dans le respect d'un cahier des charges fourni par le donneur d'ordre, et sont totalement maîtres de la technologie et des processus qu'ils emploient et mettent au point. Dans ce réseau économique, les liens entre donneurs d'ordre et sous-traitants sont très forts: les contrats sont des contrats de marchés, souvent pluriannuels, avec des commandes ouvertes à livrer sur appel. Les exigences de qualité, de respect des délais et des quantités livrées forment la base de ce lien. Dans cet environnement, les techniques d'échanges commerciaux par moyens électroniques plutôt que par fax ou téléphone sont devenues vitales, surtout dans l'esprit d'une production organisée en "juste-à-temps": l'emploi de EDI (Electronic Data Interchange) est quasi obligé.

Ces grands sous-traitants ont eux-mêmes constitué leur réseau de sous-traitants de second niveau, auxquels ils font appel, selon le même principe de qualité et "juste-à-temps" pour leur fournir des composants plus simples et plus spécialisés sur une technologie particulière (par exemple les plasturgistes). Ces sous-traitants de second niveau sont également tenus par des contrats annuels, le respect de normes de qualité, de délais et de quantités livrées. Ces sous-traitants de deuxième niveau font parfois appel eux-mêmes à des sous-traitants de troisième niveau, mais avec des règles commerciales qui sont moins fortes:

on commence à retrouver à ces niveaux et aux suivants, les sous-traitants classiques, sous-traitants de spécialité process et sous-traitants de capacité.

En somme, ces sous-traitants intégrés dans un secteur industriel précis sont tout-à-fait comparables à des fournisseurs, à ceci près que leur produit est spécifié par leur dormeur d'ordre. Ils possèdent en général des bureaux d'étude, des ateliers de prototypes,... comme un fournisseur normal.

Il faut aussi remarquer que ces sous-traitants de premier, deuxième, troisième, etc.. niveau ne forment pas une arborescence partant d'un dormeur d'ordre: il s'agit d'un véritable réseau, un même sous-traitant travaillant pour plusieurs donneurs d'ordre différents et concurrents, sur des produits semblables.

Dans d'autres secteurs industriels, par exemple celui de certains biens d'équipements, comme les industries des machines, cette intégration est quasi absente ou même totalement nulle, en tout cas pour le plus grand nombre d'entre elles (mais pas les plus importantes, qui, elles, ont compris l'intérêt de la notion de réseau). Bien entendu, une première différence tient à la quantité des produits fabriqués: de quelques dizaines à quelques centaines de machines par an, mais elle tient aussi à la manière de les concevoir et de les fabriquer. La plupart de ces entreprises ont toujours cherché à tout fabriquer elles-mêmes et ne se tournent vers la sous-traitance que pour des problèmes de capacité, donc momentanés, ou des problèmes de spécialités mais pour lesquels elles veulent tout avoir à dire, c'est-à-dire spécifier le produit et la manière de le réaliser.

## 1.2 Typologie des sous-traitants

Nous nous trouvons donc en face de trois familles de sous-traitants:

- les sous-traitants de spécialité produit, intégrés, appartenant à un secteur industriel précis, et pour lesquels la gestion de production se pose en termes classiques de plan industriel, plan directeur et logistique. Les logiciels de GPAO (gestion de production assistée par ordinateur) de type MRP (Manufacturing Resources Planning), complétés de méthodes de gestion de fabrication en flux tirés fonctionnent très bien et sont de plus en plus capables de fonctionner en réseau hétérogène entre entreprises par le biais du traitement automatique des EDI.
- les sous-traitants de spécialité-process
- les sous-traitants de capacité, prêts à faire tout ce que leurs moyens de production leur permettront

Ces deux dernières catégories se caractérisent par l'absence totale de plan de production, puisque rien n'est prévisible si ce n'est l'emploi global de la capacité disponible. Les logiciels de gestion de production classiques basés sur MRP ne sont d'aucun secours et seraient mêmes plutôt dangereux. Pour la même raison, les méthodes de fabrication en flux tirés sont inadéquates.

Nous allons développer ces aspects dans la suite de cet article, en nous focalisant sur les sous-traitants de spécialité-process, pour lesquels une solution de gestion de la production par ordinateur peut être envisagée.

## 2. La sous-traitance de spécialité-process

Les sous-traitants de cette nature ont souvent commencé dans un petit atelier, avec une ou deux machines et ont tout misé sur leur savoir-faire. En quelques années, l'entreprise s'est étendue en conservant et en renforçant sa spécialité, mais la taille moyenne de ces entreprises n'est pas très grande: d'une dizaine à une centaine de personnes (parfois plus, comme dans certaines entreprises du décolletage). Ce sont souvent des entreprises familiales.

La deuxième caractéristique d'un sous-traitant de spécialité-process est qu'il n'a pas de produits propres: il vend un savoir-faire technique. Par conséquent, il n'aura pas de soucis de gestion d'un stock de produits finis, c'est-à-dire pas de stock à forte valeur ajoutée. S'il possède un stock, ce sera un stock de matières à faible valeur (sauf si ces matières ont un caractère spéculatif important, comme l'or ou l'aluminium à certaines époques). Ceci est déjà en avantage non négligeable au niveau de la gestion de sa trésorerie. Par contre, cette absence de produits propres lui interdit tout accès à un marché qui pourrait multiplier ses contacts et ainsi diversifier ses sources de profit. On constate que certains sous-traitants déjà d'une taille supérieure à la moyenne, ont compris cet intérêt et ont développé (ou acheté une licence) une ligne de produits qui souvent constitue un tampon de production: cette ligne de produits alimente la partie purement sous-traitance de l'entreprise quand il y a un creux dans ces ateliers. Il faut ajouter que cette pratique se rencontre plutôt chez certains sous-traitants de capacité.

La troisième caractéristique de ces sous-traitants est que les commandes de leurs clients sont constituées de séries courtes et quasi non-répétitives. En effet les donneurs d'ordre font partie d'un secteur industriel très morcelé en entreprises de taille moyenne (quelques centaines de personnes), qui, comme nous l'avons déjà mentionné, ne fabriquent qu'une dizaine à quelques centaines de produits par an. Dès lors, les commandes qu'ils vont passer à leurs sous-traitants seront constituées de séries allant de quelques pièces jusqu'à (rarement) une petite centaine de pièces.

La quatrième caractéristique est que ces sous-traitants sont certes équipés de machines, même à commandes numériques, mais l'essentiel de leur valeur ajoutée est lié à la main d'oeuvre nécessaire à la fabrication des produits. Le suivi d'affaires est donc un point particulièrement important pour ces entreprises, qui doivent gagner leur vie sur un ensemble disparate de petites commandes.

La cinquième caractéristique est que ces entreprises possèdent en général un parc de machines surdimensionné en ce sens que peu de machines sont employées à leur pleine capacité: les opérateurs sont relativement polyvalents et en fonction des commandes reçues seront affectés à tel ou tel poste.

La sixième caractéristique est que les gammes de fabrication sont souvent longues (plus de dix opérations; ceci est lié à leur caractère de spécialité) et la gamme sera très différente d'une série à l'autre.

Enfin la septième caractéristique est que le sous-traitant qui vit sans accords commerciaux particuliers devra systématiquement se battre sur les prix et les délais, tout en fournissant un produit de qualité irréprochable: selon la conjoncture, le donneur d'ordres accordera plus d'importance aux délais courts (en haute conjoncture: il est lui-même poussé

à satisfaire rapidement ses propres clients et ses propres ateliers sont surchargés) ou aux prix les plus bas (en basse conjoncture: il veut conserver ses clients en leur faisant des rabais, qu'il répercute souvent sur ses sous-traitants avant de chercher à optimiser sa propre organisation productive). En tout état de cause, le sous-traitant doit constamment contrôler ses coûts et ses délais. Il subit une pression de recherche de l'excellence bien supérieure à ce que subissent ses donneurs d'ordre. De plus, étant donné cet environnement de lutte sans merci entre sous-traitants pour la réponse à un même appel d'offres, le sous-traitant doit éviter de trop se lier avec un donneur d'ordres. Faire plus de 20 ou 30% de son chiffre d'affaires avec un donneur d'ordres particulier ne peut s'envisager que dans le cadre d'un partenariat du type de ceux que l'on retrouve dans les secteurs industriels organisés. C'est bien sûr ainsi que devrait être le futur, mais ce n'est pas comme cela aujourd'hui, surtout en période de réduction généralisée de l'activité économique.

### 3. Problèmes généraux de la sous-traitance

Après avoir ainsi brossé le tableau des caractéristiques propres à la sous-traitance de process, nous allons examiner les problèmes particuliers auxquels ces entreprises doivent faire face en matière de gestion industrielle.

Une des caractéristiques du cycle logistique du sous-traitant est que ce dernier se scinde en deux cycles différents:

- le cycle du traitement de l'offre
- le cycle du traitement de la commande

#### 3.1 *Le cycle du traitement de l'offre*

Dans une entreprise réalisant ses propres produits, le premier cycle tient quasiment de l'automatisme: le prix catalogue est fixé, les rabais quantités sont définis, les délais de livraison sont connus... Bien entendu, cette fonction de l'entreprise va se complexifier en raison directe de la nature des produits qu'elle vend: du produit sur catalogue au produit à assembler au départ de modules sur catalogue, ou de variantes et d'options prédéfinies et sélectionnées par le client.

Dans une entreprise de sous-traitance de spécialité-process, le cycle du traitement de l'offre n'est pas qu'un cycle à caractère commercial: c'est aussi un cycle avec un fort contenu technique et un fort contenu de ressources productives. En effet, le sous-traitant va devoir déterminer un coût complet de fabrication (et de là un prix pour son client) et un délai précis de réalisation et il va devoir s'engager fermement sur l'un et l'autre.

##### 3.1.1 Le sous-cycle technique

Or la difficulté vient précisément du fait qu'il n'a jamais, en général, fabriqué ce produit auparavant. Il lui faudra donc évaluer au mieux le problème technique à résoudre; comme c'est son métier (puisqu'il est sous-traitant de spécialité), il doit faire référence à son expérience pour évaluer la faisabilité, la difficulté, les risques techniques (notamment en termes de qualité atteignable), sans pouvoir remettre en cause la conception du produit qu'on lui demande de fabriquer. Très souvent, en effet, les sous-traitants de ce type voient le moyen de réaliser le produit plus simplement ou à moindre coût, mais ils estiment inutile d'essayer d'atteindre le donneur d'ordre pour le lui proposer. Simplement parce que ce

dernier a envoyé sa demande d'offres à plusieurs entreprises par l'intermédiaire de son service achat, dont la seule préoccupation va être de sélectionner l'offre la moins disante pour laquelle le donneur d'ordre est quasi certain qu'il va obtenir les produits dans les délais voulus et la qualité exigée. L'absence de contact direct entre le bureau d'études du donneur d'ordre et le sous-traitant va donc empêcher une négociation technique qui aurait pu être efficace pour les deux partenaires. De plus, le sous-traitant a rarement l'opportunité de répondre en demandant à pouvoir faire des essais de faisabilité payés par le client: la notion de prototype d'évaluation est très souvent absente, et c'est au sous-traitant à prendre entièrement sur lui le risque technique. C'est parfois vécu comme une opportunité intéressante pour le sous-traitant, qui voit là la possibilité d'élargir son offre et d'aller ensuite offrir cette nouvelle prestation à d'autres, même parmi les concurrents de son donneur d'ordre initial. Ceci est tout à fait envisageable s'il n'y a pas eu de transfert de technologie entre le donneur d'ordre et le sous-traitant.

En évaluant le coût de son travail pour répondre à la demande d'offre, le sous-traitant n'a droit à aucune marge: s'il se trompe dans son évaluation technique et fait une offre trop basse, il aura probablement l'affaire mais il va perdre de l'argent à la réaliser et il ne pourra rien exiger de plus que ce qu'il a offert. S'il prend des coefficients de sécurité pour calculer son offre, en regard d'une complexité technique particulière, il risque fort d'être plus cher que ses concurrents et donc de ne pas avoir l'affaire.

### 3.1.2 Le sous-cycle de l'évaluation de la capacité

Cette phase technique du cycle de l'offre se complique d'une évaluation immédiate de sa capacité de produire si la commande arrive suite à l'offre: comme le sous-traitant n'a de ferme que le planning de ce qu'il a actuellement en commande et qu'il a toujours plusieurs offres auxquelles il a répondu qui représentent une charge potentielle non négligeable, il doit évaluer sa charge probable et évaluer le délai dans lequel il pourra réaliser le travail pour lequel il répond à l'offre. A nouveau sa seule expérience pourra lui permettre de répondre au mieux à l'offre. A cela s'ajoute une difficulté supplémentaire: si le donneur d'ordre a indiqué un délai de livraison souhaité, cela borne l'évaluation que fera le sous-traitant mais en même temps cela introduira un autre type de contrainte très importante: le sous-traitant n'a aucune idée de la date à laquelle il recevra la commande ferme du client. Par contre, le jour où cette commande sera passée, le délai initialement exigé sera maintenu, or entre-temps, la situation aura considérablement évolué pour le sous-traitant: d'autres offres auront été passées en commandes, de nouvelles offres auront été faites...

### 3.1.3 L'exigence de réaction rapide

Pour compliquer le tout, tout ce travail de réponse à l'offre doit être fait à très court délai: de plus en plus on exige que le sous-traitant réponde en moins de 24 heures à la demande d'offre. Tout ce travail doit donc être optimisé et ceci d'autant plus que le sous-traitant doit répondre à de plus en plus d'offres pour un nombre de commandes réelles qui lui n'augmente pas aussi vite: le ratio nombre d'offres/nombre de commandes augmente, surtout en période de réduction de l'activité économique, ce qui augmente la charge d'un poste non productif mais dont l'importance sur la vie de l'entreprise est déterminante.

### 3.1.4 Le cas des clients réguliers

Un autre aspect important de ce cycle de traitement de l'offre concerne les clients réguliers de l'entreprise: bien que le sous-traitant ne fabrique pas de produits propres, il lui arrive que certains clients recommandent régulièrement le même produit. Dans ce cas, le calcul d'offre est extrêmement simplifié, puisqu'il suffira de consulter les relevés sur le travail réalisé précédemment pour établir une offre très précise. Cependant, il reste deux problèmes: le client n'indique pas toujours qu'il recommande quelque chose qui a déjà fait l'objet d'une commande précédente et c'est au sous-traitant d'identifier qu'il a déjà fait ce travail, ce qui peut nécessiter la consultation d'archives car il n'est pas rare que cette nouvelle commande concerne un produit qui a été réalisé il y a plusieurs années! Le deuxième cas de figure tient au fait que le donneur d'ordre commande à nouveau en prétendant qu'il s'agit du même produit que précédemment: il faudra toute l'attention du sous-traitant pour contrôler qu'effectivement il s'agit du même produit, mais il n'est pas rare que des modifications techniques mineures aient été apportées au produit et dans ce cas, il faudra réévaluer leur impact. Enfin, ce problème de nouvelle commande d'un produit précédemment réalisé se complique d'un aspect très psychologique dans la relation entre le sous-traitant et le donneur d'ordres: le donneur d'ordre s'attend à se voir offrir le même prix pour le même produit, malgré les mois de décalage, malgré les quantités différentes, malgré les modifications mineures. Il sera extrêmement sensible à toute augmentation du prix qui lui semblera toujours injustifiée. Or il faut bien reconnaître que la tendance à réduire les stocks, pousse les donneurs d'ordre à commander leurs produits à leur sous-traitant en séries de plus en plus courtes. Les frais de traitement administratif de l'offre puis de la commande entraînent une réduction importante des marges chez le sous-traitant s'il ne peut modifier son prix à la pièce pour une série plus courte. A ceci se greffe le problème de la variation des coûts de matière, sur lequel le sous-traitant n'a bien sûr aucun contrôle mais qui cependant entre pour une part dans son calcul de prix: sur ce sujet également, le donneur d'ordre est souvent peu compréhensif.

### 3.1.5 La gestion d'un problème de fabrication complet

Enfin un dernier aspect toujours lié à ce cycle de traitement de l'offre, tient au fait que le sous-traitant est de plus en plus chargé de résoudre un problème de fabrication complet: le donneur d'ordre veut le traiter comme un fournisseur de produit tel qu'on le trouve dans les secteurs intégrés (par exemple, le donneur d'ordre exigera qu'on lui fournisse les pièces traitées et peintes). Ce qui signifie qu'à sa spécialité, le sous-traitant devra ajouter la spécialité d'autres sous-traitants: il devient ainsi responsable d'un cycle de fabrication intégrant des sous-niveaux. Ceci va rendre son calcul d'offre plus complexe, car il devra lui-même faire des demandes d'offres à d'autres sous-traitants en exigeant d'eux un engagement sur les coûts et les délais en plus d'une réponse rapide!

Il est évident qu'il y a là une pression sur le sous-traitant pour qu'il intègre dans sa fabrication de nouvelles spécialités (en termes de processus).

## 3.2 *Le cycle du traitement de la commande*

Une fois l'offre partie, commence pour le sous-traitant une période d'attente de la commande. Très souvent, le sous-traitant n'a aucune nouvelle et il reçoit un jour la commande. Parfois, le donneur d'ordre l'appellera pour lui demander des précisions sur son calcul de prix, souvent en demandant au sous-traitant de s'exprimer sur les variations de prix si l'on commande un plus grand nombre de produits, éventuellement en fractionnant la

livraison et en lui demandant dans quelle mesure le sous-traitant peut stocker une partie de la production... L'objectif de ces entretiens est rarement technique; il est presque toujours commercial.

### 3.2.1 Les étapes de production

Dans le cas où la commande arrive et fait référence à l'offre, le premier travail du sous-traitant va être de s'assurer que la commande correspond bien à l'offre, que ni les spécifications techniques, ni les quantités, ni le délai, ni le mode de paiement, etc.. n'ont été modifiés, car la commande sera le seul document contractuel auquel le sous-traitant pourra faire référence en cas de litige.

La commande passe ensuite par une étape de préparation du dossier technique: la gamme définitive est établie, les programmes CNC éventuels sont écrits, les listes d'outillage nécessaires sont contrôlées, ...

Ensuite, le travail est planifié à l'atelier sur les différents postes de charge, les matières sont sorties des stocks ou approvisionnées et le travail est lancé.

### 3.2.2 Le suivi en atelier

Le suivi du travail dans l'atelier est l'une des opérations les plus délicates pour le sous-traitant, dans la mesure où il doit suivre plusieurs dizaines ou centaines d'ordres de fabrication simultanément, connaître très précisément la quantité de travail passée sur chacune des opérations par des opérateurs de qualification fort diverses, et ce le plus rapidement possible, car ses marges sont réduites, il doit donc maîtriser parfaitement ses coûts de production car il ne pourra jamais renégocier son contrat avec le donneur d'ordres. Toute dérive doit être immédiatement connue, analysée et comprise. Or on sait que l'automatisation de la saisie des temps en atelier est souvent entachée d'erreurs liées à des oublis des opérateurs qui ne clôturent pas correctement une opération ou ne soldent pas correctement un ordre de fabrication. De plus, le suivi du temps de travail est fort voisin de la gestion des temps de présence, sujet qui a toujours été une source de friction entre la direction de l'entreprise et les ouvriers, même dans des PME. A cela s'ajoute le fait que les temps partiels sont souvent faibles (quelques minutes) pour des petites séries, que les temps préparatoires (temps de réglage de la machine, temps de préparation des outils) doivent être éclatés quand ils affectent plusieurs ordres de fabrication différents.

### 3.2.3 Les impératifs de la qualité

Enfin, quand le travail est terminé, il faut s'assurer qu'il correspond aux exigences de qualité du client: il est exclu de livrer un produit défectueux pour au moins deux raisons. La première est que la livraison d'un produit défectueux risque de coûter cher au client, si cette défectuosité n'est constatée qu'au montage du produit sur un ensemble l'intégrant et que la réaction du client sera d'annuler toute commande en cours et de ne plus avoir recours aux services de ce sous-traitant dans le futur et même d'exiger la compensation des dommages subis. La réputation du sous-traitant va donc en souffrir et ceci d'autant plus gravement qu'il est bien connu qu'une réputation est plus facile à défaire qu'à faire et qu'un client satisfait ne le fait jamais savoir, alors qu'un client mécontent le fera largement savoir. La deuxième bonne raison est que, si cela se produit, le client, en général, renvoie le lot complet (il ne trie pas les bonnes pièces des mauvaises) et il peut exiger qu'on lui refournisse immédiatement

des pièces bonnes, ce qui va entraîner une belle désorganisation dans l'atelier du sous-traitant, obligé de traiter une commande en urgence et, de plus, entièrement à ses frais.

### 3.2.4 Le respect des délais et la gestion des urgences

Tout ce cycle de traitement de la commande est soumis à un impératif important: le sous-traitant doit tenir les délais promis. Ceci sera d'autant plus difficile que parfois le client demandera de retarder ou d'avancer l'une ou l'autre commande, sans bien sûr admettre une augmentation de prix. Il demandera une livraison partielle, ce qui compliquera d'autant le suivi d'affaire dans l'entreprise. Enfin, au travail normal, s'ajouteront régulièrement des commandes urgentes venant de "bons clients". Ces traitements ne sont même pas rémunérateurs pour les sous-traitants dans la mesure où il est exclu pour eux d'espérer facturer lourdement cette prestation spéciale.

Un dernier problème dans le traitement de ce cycle est lié à la gestion comptable et financière: dès que le travail est terminé, il doit être livré et facturé, l'affaire doit être bouclée et analysée (gain ou perte) et le suivi des débiteurs doit être ferme.

## 4. Inadéquation des logiciels de Gestion de Production actuels

Après avoir ainsi fait le tour des particularités de la gestion industrielle chez les sous-traitants, examinons dans quelle mesure, les outils logiciels à disposition aujourd'hui peuvent les aider, et notamment les logiciels de GPAO.

Si l'on imagine qu'un logiciel de type MRP pourrait répondre à leurs besoins, il faut immédiatement constater un certain nombre d'incompatibilités graves entre l'approche MRP et la réalité de la sous-traitance:

- le sous-traitant n'a pas de produit propre, donc il n'a pas de plan directeur de production
- chaque produit fabriqué pour un client a une durée de vie très courte: on le fabrique une seule fois et on ignore quand il sera recommandé
- en général, ces produits sont de structure simple et n'ont donc pas de nomenclature
- la connaissance des gammes de fabrication est importante mais surtout par le lien qu'elles ont avec les ressources de production
- le seul stock à gérer est celui des matières premières
- le sous-traitant devrait pouvoir gérer ses moyens de fabrication avec un principe de capacité finie.

Le sous-traitant a plus un problème de gestion de ressources que de gestion matières et les logiciels MRP sont trop complexes à mettre en oeuvre avec leur quantité impressionnante de paramètres, souvent inadéquats ou inutiles pour un sous-traitant.

En fait on constate que ce que font les sous-traitants c'est de la gestion d'affaires, pour lesquels le modèle PERT semblerait plus adéquat. Cependant, ce modèle est lui-même d'un emploi trop complexe pour convenir: le nombre de tâches est limité (une dizaine) et la

complexité vient du traitement simultané de plusieurs dizaines voire centaines d'affaires petites en même temps.

En réalité, il n'y a que deux points essentiels que le sous-traitant voudrait voir correctement traités dans une GPAO qui lui serait adaptée:

- le calcul des offres
- le suivi d'affaires

Quelques logiciels de GPAO du marché répondent à ces besoins: certains ont été spécifiquement développés pour la sous-traitance, d'autres sont des adaptations de logiciels MRP.

#### *4.1 Le calcul des offres*

Il est important que le sous-traitant puisse rapidement établir une offre précise. Il se base sur son expérience, elle-même basée sur les travaux antérieurs. Une GPAO adaptée devrait être à même d'aider le sous-traitant à retrouver très rapidement, dans ses archives informatisées des travaux déjà effectués, le travail identique ou semblable de manière à repartir d'une base connue pour ensuite calculer seulement l'impact des différences. On se rend compte qu'une telle recherche doit être basée sur des critères technologiques et ressemble à l'emploi de la TGAO (technologie de groupe assistée par ordinateur) puisque ce que l'on recherche, en fait, n'est pas le même produit mais la même gamme (ce qui dans de nombreux cas se recouvrera). Ce n'est pas une fonction couramment rencontrée en GPAO puisqu'elle impose un lien entre la CFAO et la GPAO. En effet, la première étape du cycle de commande consiste en la préparation du dossier technique, qui peut nécessiter l'emploi d'un système de CFAO pour préparer la programmation des machines à CNC. Dans ce cas, toute l'information relative à la gamme est connue. Il faudrait donc pouvoir interroger cette base de données des produits déjà réalisés et pour lesquels les informations CFAO sont toujours sur support informatique, pour retrouver les produits identiques ou semblables à ceux que l'on cherche à calculer dans une nouvelle offre. La sous-traitance implique donc un lien étroit entre CFAO et GPAO, car ayant identifié le produit semblable, il faut alors retrouver son histoire dans l'archive de la GPAO: quels ont été les temps réellement consommés, quels ont été les problèmes rencontrés, quel a été le coût calculé, le coût réel? Il s'agit d'un travail interactif entre le responsable de l'offre et le système où sont renseignés tous les détails des offres et commandes passées. Cet utilisateur doit être très compétent dans l'emploi de son logiciel de CFAO et dans la connaissance des coûts de fabrication.

L'utilisateur donnera quelques critères que son expérience l'amène à considérer comme importants et le système lui proposera le nombre d'éléments trouvés correspondants à ces critères; un bref aperçu sur l'un d'eux permet à l'utilisateur de contrôler si le sens de sa recherche est efficace. Si le nombre de cas est réduit, l'utilisateur peut les visualiser les uns après les autres et sélectionner le cas de figure qui correspond le mieux à la demande courante.

Bien entendu, il faudra qu'un tel système soit à même de filtrer les occurrences successives d'un même travail de façon à ne présenter que la dernière réalisation, tout en indiquant l'existence des précédentes (il faut en effet permettre à l'utilisateur de se rendre compte, s'il le souhaite, du facteur d'apprentissage d'une même affaire à la suivante).

Si la recherche n'identifie aucune réalisation équivalente faite antérieurement, l'utilisateur sera amené à décider si le travail demandé entre dans la catégorie des travaux simples et donc faciles à évaluer, auquel cas il ne rentrera aucune information de conception-fabrication dans le système. A l'inverse, si le travail présente des aspects le rendant difficile à évaluer par expérience, une étude sommaire (contenant les points importants de la réalisation qui demandent une évaluation précise) sera menée sur le système de CFAO, valorisée et archivée comme offre.

La CFAO a bien entendu un deuxième rôle à jouer quand viendra la commande: on repartira du travail semblable, on prendra en compte les différences observées et on générera le nouveau dossier de fabrication.

Par ailleurs, dans le calcul des offres, il faudra prévoir la planification du travail qui serait à réaliser. Celle-ci devrait prendre en compte la probabilité d'avoir l'affaire, basée par exemple sur des valeurs historiques (le taux d'acceptation d'offre pour ce client) et devrait permettre l'introduction d'une forme de planification statistique, de façon à évaluer la charge globale probable des différents postes.

Par planification statistique, nous entendons l'attribution d'un coefficient de succès (entre 10 et 100%) de décrocher l'affaire; la charge induite par cette offre sera alors affectée aux machines et sections prévues, multipliée par ce taux de succès. Avec la somme de toutes les affaires en cours, commandes fermes et offres ouvertes, le profil de charge obtenu doit représenter une approximation raisonnable (à plus ou moins 15%) de la charge future réelle de l'atelier du sous-traitant. Bien entendu dès que l'offre est confirmée, la charge est réévaluée avec le coefficient 100% pour cette affaire et symétriquement, toute offre annoncée comme perdue supprime la charge correspondante prévue.

On peut aussi imaginer qu'avec le délai de l'offre, celle-ci soit progressivement affectée d'un coefficient réducteur (en effet, sans nouvelle du client, il est fort possible que celui-ci ait décidé de passer commande à un autre sous-traitant). Tout le problème va résider dans l'affectation du coefficient de succès à une affaire; il s'agit essentiellement de tirer parti des expériences passées.

De plus il faudra apprendre à partir de chaque prise de commande ou refus d'offre et corriger les coefficients que l'on attribue aux affaires selon leur donneur d'ordre et leur type. Cette partie du traitement pourrait faire l'objet d'un traitement par méthodes d'intelligence artificielle. Des expériences sont en cours sur cette conception de la planification des charges de l'atelier d'un sous-traitant.

#### 4.2 *Le suivi d'affaires*

Quand la commande est en cours de réalisation, il faut suivre son déroulement. Ceci nécessite une prise d'information constante dans les ateliers pour remonter l'information au niveau de la gestion de l'atelier. Il faudra aussi constamment optimiser le chargement des machines et s'assurer que tous les travaux progressent selon le plan prévu: l'ordonnancement doit être réactif.

Les logiciels de GPAO classiques laissent à des offreurs spécialisés le soin de résoudre ce problème de prise d'information et ensuite transférer le résultat. Or il est au contraire tout à fait important que cette information soit "horizontalisée" dans l'atelier. En effet, comme nous le verrons plus loin, les méthodes traditionnelles de mise en juste-à-temps de la

production ne fonctionnent pas en sous-traitance et c'est par le partage de l'information sur l'état d'avancement des travaux que l'on arrivera à une réduction du temps de cycle. Autrement dit, pour être efficace, le travail à réaliser devrait être immédiatement planifié sur tous les centres de charge avec l'indication de l'état du poste amont, à savoir a-t-il fait ce travail ou pas encore, et dans ce cas quelle est sa situation dans la file d'attente? Cette information de l'amont est la seule qui soit utile pour un poste de charge donné pour organiser au mieux son activité. On comprend qu'une solution informatique qui permette ainsi le partage des informations entre les différents postes de charge s'avérera la plus efficace. On retrouve donc un besoin d'intégration de l'information entre la planification et le suivi, fort semblable à l'intégration déjà découverte entre la CFAO et la GPAO.

Il se pose un problème intéressant relatif à la précision du suivi, sachant que plus le suivi est précis, plus il coûte en temps productif, en procédures et en traitement. Il faut donc déterminer la limite raisonnable sur la prise d'informations en ateliers, en évitant la surcharge administrative des ouvriers. Très souvent, on trouve des cartes de suivi de production par lot, imprimées par la GPAO et munies d'un code à barres. Malheureusement, ces moyens offrent peu de souplesse: le fractionnement d'un lot, le regroupement de lots, le chevauchement d'opérations et d'ordres de fabrication, qui sont des opérations courantes et indispensables chez un sous-traitant, toujours à la recherche de flexibilité, entraînent, en pratique, des difficultés de suivi: on ne veut pas réimprimer des cartes de suivi pour chaque modification de traitement du lot. On verra alors très souvent des bouts de papier écrits à la main identifiant le sous-lot. De plus, le suivi par codes à barres n'est pas très efficace par le fait qu'il entraîne des mouvements de saisie sur un lecteur, en général unique pour un atelier ou un secteur, pour identifier l'opérateur, le lot, l'ordre de fabrication, l'opération et le poste de charge. Cette prise d'information contraignante n'aide en rien l'opérateur quant au problème de l'ordonnancement.

La solution la plus efficace doit donc être de marier saisie et ordonnancement: il faut permettre à chaque responsable d'un secteur de l'atelier de choisir les travaux à effectuer en fonction des critères temporels habituels mais aussi de critères techniques; en effet, on cherchera par exemple à regrouper les travaux utilisant les mêmes outils sur une machine donnée; en fait on visera l'optimisation en réduisant les temps improductifs que la machine soit un goulet ou pas, car l'essentiel reste le fait que tout temps improductif est un coût supporté par l'entreprise. Nous avons mené quelques essais [Réf. 1, 2] pour mesurer expérimentalement les gains que l'on pouvait attendre de l'emploi d'un ordonnancement à contraintes techniques; ceux-ci varient de 5 à 15%.

En présentant ainsi au responsable d'un secteur une liste ordonnée des travaux à faire ainsi que des propositions de regroupement, il reste cependant maître de son choix: le fait de sélectionner un travail dans la liste le déclarera ouvert dans cette section, donc la saisie des temps s'amorce, et provoquera un nouveau calcul de l'optimum (local ou global, voir d'autres commentaires plus bas) avec la proposition d'une nouvelle liste de choix de travaux suivants à faire. Une nouvelle sélection d'un travail ouvert pourra ensuite permettre d'informer sur les changements de situation l'affectant: fin de l'opération, suspension, fractionnement,...

Par ailleurs, dans le suivi des coûts, on veut pouvoir réaffecter correctement les temps de préparation aux différents travaux regroupés sur une même machine; en mariant le suivi et l'ordonnancement, les groupes de travaux faits ensemble avant arrêt pour changement d'outils, sont identifiés et le temps d'outillage est réparti au pro-rata, par exemple, du temps total productif.

Il faut enfin tenir compte d'un dernier point propre au suivi d'affaires en sous-traitance: le suivi se trouve perturbé systématiquement par les interventions des clients eux-mêmes qui demandent d'avancer ou de retarder telle ou telle de leur série. Dans ce cas, il faut que la négociation entre le sous-traitant et son client ne nuise pas aux autres clients du sous-traitant, autrement dit que toute avance de travaux ne puisse se faire que si elle n'entraîne pas de retard pour ces autres travaux et que seul le portefeuille d'affaires en cours pour ce client soit soumis à renégociation: il a ainsi la possibilité d'avancer un travail au détriment d'une autre de ses commandes; comme c'est le donneur d'ordre qui a la vision de sa propre production, il est logique de lui laisser cette responsabilité. A nouveau l'ordonnancement est une fonction qui vient au secours du sous-traitant en l'aidant à visualiser les effets des demandes de son client sur ce portefeuille de commandes.

Une autre fonction importante liée au suivi d'atelier concerne la saisie d'informations de fabrication: les opérateurs qui rencontrent des difficultés lors d'une fabrication ou d'un montage prennent en général quelques notes pour eux-mêmes, au cas où le travail reviendrait. Ils notent ainsi la manière dont ils ont tourné la difficulté, de façon à gagner du temps la prochaine fois. Le problème de ce traitement est que d'une part cette information ne remonte jamais au bureau de préparation du travail (méthodes ou programmation) et que d'autre part, quand le travail reviendra, il faudra encore que l'opérateur se souvienne de ce cas et retrouve ses notes. Parfois aussi, de telles indications sur les difficultés rencontrées sont notées directement sur les plans. En pure perte également car les plans seront archivés avec l'affaire sans que personne n'en fasse l'examen. Il serait donc bon qu'un système de gestion d'atelier soit à même d'enregistrer ces commentaires des opérateurs. Comme par ailleurs, il est exclu de leur demander de faire de longues écritures (source de blocage), il faut faciliter cette prise d'information; aujourd'hui la technologie existe et il est parfaitement possible d'enregistrer un commentaire vocal ou de numériser un croquis et d'associer ces éléments d'information à l'affaire. Le multi-media ne doit pas être réservé aux esthètes souhaitant visiter "Le Louvre" chez eux! Il a aussi un rôle à jouer dans les ateliers de production.

Pour conclure, ce suivi des travaux reste tout à fait essentiel pour maîtriser les dérives éventuelles entre le planifié et le réalisé avant qu'elles n'induisent des surcoûts sur les travaux, à un point tel que le sous-traitant y perde de l'argent: il doit être informé au jour le jour. Ceci implique que la GPAO pour ces sous-traitants soit complète avec des modules de suivi des coûts. De plus le sous-traitant souhaitera toujours mieux connaître ses clients pour gérer son risque: il doit avoir en permanence accès à des informations sur le chiffre d'affaires fait avec ce client, sur son sérieux dans ses exigences (nombre de modifications techniques ou de délai demandés en cours de fabrication), sur son taux d'acceptation des offres (sa fidélité), sur sa manière de payer....

On aura compris, au travers des quelques idées présentées ci-dessus, que la GPAO pour sous-traitant doit être un produit nettement plus intégré que pour un fabricant de produits sur catalogue; la comptabilité et le suivi des débiteurs en sera aussi un élément non négligeable.

## **5. Le juste-à-temps en sous-traitance de spécialité-process**

De plus en plus, les entreprises de production cherchent à produire à délai court et des stocks voisins de zéro. Pour une entreprise qui possède un catalogue de produits précis, on a pu chercher à adapter l'organisation productive de façon à réduire les temps de cycle. Deux

types de réponse organisationnelle sont souvent rencontrés: l'organisation en cellules de fabrication et l'emploi de flux tirés (par exemple à l'aide de Kanbans).

Chez un sous-traitant, la mise en cellules est presque exclue de par la diversité des produits qu'on va lui demander de fabriquer et donc de leurs gammes de fabrication: on retrouverait vite toutes les machines de l'atelier dans une seule cellule. Par contre, on peut faire remarquer que les sous-traitants ont déjà depuis longtemps introduit une forme de polyvalence des opérateurs puisque la charge de travail se déplace d'un type de machine à l'autre au gré des commandes reçues.

Nous nuancerons cependant ce propos: sans parler de véritable mise en cellules, il peut être utile de considérer la division de l'atelier en deux secteurs, l'un traitant de pièces uniques, en général fabriquées sur machines conventionnelles et l'autre traitant de séries (dès 3 pièces par exemple) et souvent équipé de machines à commandes numériques. L'ensemble des machines manuelles devra être servi par une équipe d'opérateurs polyvalents, capables de prendre en charge la gamme de fabrication complète d'une pièce, en se déplaçant d'une machine à la suivante. Nous retrouvons ainsi un concept proche de la "mise en cellule"; rappelons qu'un atelier de sous-traitance est en général suréquipé en moyens de production par rapport à son personnel, ce qui facilite la mise en place d'une telle organisation.

Par ailleurs, l'emploi de flux tiré, qui simplifie la gestion (sans cependant réduire totalement les stocks!) est également impossible à mettre en oeuvre chez un sous-traitant de par l'absence de produits stables. L'environnement est typiquement de type flux poussé: quand un travail est terminé sur un poste, il faut l'amener sans délai au poste suivant. Ceci ne sera possible que par le partage d'informations et dans ce cas, seule l'informatique dans l'atelier pourra être utile, ainsi que nous l'avons déjà fait remarquer plus haut.

Enfin, de façon globale, le concept de flux à pièce unique (série unitaire) ne convient pas dans la mesure où les commandes reçues s'expriment par lots (mais sans idée de lot économique chez le sous-traitant!) qui doivent être traités et livrés d'un seul tenant.

Donc les réponses classiques de fabrication en juste-à-temps ne conviennent pas.

Bien entendu, on devra trouver pour le sous-traitant une forme d'organisation lui permettant de réduire ses cycles de fabrication. On s'aperçoit rapidement que cette forme d'organisation comporte à la fois des éléments de centralisation importants (à l'inverse de ce qui se fait en organisation cellulaire ou en flux tiré) et d'autonomie locale. En effet, on va chercher à réduire le temps de cycle total, mais cette réduction ne peut pas être faite pour une seule commande; elle doit viser l'ensemble des commandes traitées par l'entreprise. L'optimisation doit être globale et on sait par ailleurs que la somme d'optima locaux fait rarement un optimum global. Donc cela nécessite une centralisation du traitement de la distribution des travaux de telle sorte que l'on puisse regrouper des travaux pour des clients différents mais qui vont nécessiter les mêmes outils ou les mêmes appareillages spéciaux, parfois longs à monter ou régler. Mais ces regroupements ne pourront pas se faire au détriment d'un accroissement des en-cours. Il faut toujours viser la fluidification. Ceci ne peut se faire que de façon centrale et peut nécessiter une approche de type système expert pour prendre en compte toutes les règles et les contraintes propres à l'entreprise et à son secteur d'activité.

Par ailleurs, une fois que le travail aura ainsi été globalement planifié, chaque poste de charge peut chercher à optimiser le passage de ses lots dans le temps qui lui est alloué: il

reste des degrés de liberté exploitables, ... qui évitent au système d'avoir une allure de "big brother". Comme dans toute introduction d'un système informatisé, la formation et l'information des opérateurs sont essentielles.

## 6. Conclusions

La GPAO pour sous-traitants de spécialité-processus doit répondre à un cahier des charges très particulier qui n'est satisfait ni par une approche MRP, ni par une approche PERT. On constate que cette gestion de production doit être totalement intégrée avec la CFAO d'une part pour arriver à un calcul d'offre efficace, rapide et précis, tenant compte de l'historique des travaux réalisés précédemment par l'entreprise et d'autre part avec le suivi d'atelier. Chaque commande devra être suivie de façon dynamique (afin de répondre sur le champ à toute demande client quant à l'état de son travail, accepter de déplacer des priorités, répondre aux aléas,...). Ceci implique une intégration très poussée des différentes fonctions d'un tel logiciel et l'emploi d'une base de données unique, évitant la resaisie multiple des mêmes informations. Ce type de GPAO préfigure le futur des systèmes de GPAO en général: pilotés par les événements plutôt que par les données.

On constate par ailleurs que la mise en place d'une organisation productive de type juste à temps ne peut pas aller très loin: l'absence de produits propres, répétitifs et réguliers interdisent le flux tiré et la mise en cellules. Mais cela n'interdit pas l'application des aspects humains du juste-à-temps: la polyvalence et la responsabilisation des opérateurs. On peut par ailleurs mettre en oeuvre un flux poussé par l'informatique à l'aide d'une distribution horizontale d'informations en temps réel.

## 7. Bibliographie

- 1 E. Goethlin, H. Mulkens, F. Pithoud "Job scheduling with tooling constraints: a case study", présenté comme conférence interne à la société Strippit (USA)
- 2 H. Mulkens "Genetic algorithms applied to the scheduling of a machine with tooling constraints", note technique disponible auprès de l'auteur.