

CONCEPT D'EXPLOITATION DES ILOTS DE PRODUCTION PAR DES EQUIPES AUTONOMES

Stefan LOOKS*

Résumé. - Le présent article est consacré à l'étude des moyens d'adapter la capacité d'un îlot de production à une charge variable. Dans ce cadre, nous examinons les méthodes suivantes: le déplacement des opérateurs entre îlots, le travail en équipes et l'horaire décalé. Ceci inclut les implications de l'horaire libre et les possibilités de décentralisation des responsabilités. Nous discutons les avantages et les inconvénients de chaque méthode présentée et proposons ensuite plus en détail un concept d'exploitation pour les îlots de production.

1. Introduction

Avec la publication de l'ouvrage intitulé "The Machine That Changed The World" de Womack, Jones and Roos en 1990, le monde occidental a enfin pris conscience de la supériorité des concepts de production appliqués au Japon [1]. La production en îlots en est un. Depuis 1992, nous participons à un projet visant la mise en îlot de la production d'une entreprise suisse de taille moyenne. La réduction du temps de passage et la réduction des encours sont les objectifs principaux de ce projet. Au moment de la rédaction du présent article, un premier îlot était en exploitation depuis quelques mois. Les résultats sont encourageants si bien qu'on envisage la mise en îlots successive de toute la production.

Lors d'un sondage effectué en 1989 dans 32 entreprises américaines, Wemmerlöv et Hyer ont constaté que le déséquilibre entre la charge d'un îlot et sa capacité est un des problèmes les plus importants [2]. Il peut être dû à un changement du mix produit, à une augmentation des ventes en général, ou encore à des variations importantes du flux de la matière en amont de l'îlot. Le déséquilibre entre la charge et la capacité de l'îlot peut avoir deux conséquences: soit que l'îlot n'a pas assez de travail, soit que la file d'attente devant l'îlot et, par conséquent, le temps de passage augmentent.

Dès le début de notre étude, nous avons pu constater que le même problème allait se présenter lors de la mise en place des îlots dans le cadre de notre projet. Il s'est avéré que les

* Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Institut International de Management pour la Logistique (IML)

îlots étaient tributaires d'une planification grossière qui ne contrôlait guère la charge de chaque îlot. En plus, les ateliers en amont des îlots avaient tendance à regrouper les produits semblables et à créer ainsi de fortes variations au niveau du flux des matières entrant aux îlots.

Notre travail avait deux objectifs: la stabilisation du flux de matière à l'entrée des îlots et l'adaptation de la capacité de l'îlot à sa charge. Ce sont précisément les idées et les concepts liés à ce dernier qui sont présentés ici.

Pour éviter la création d'une importante file d'attente à l'entrée de l'îlot, il est nécessaire de rapidement adapter sa capacité à la charge variable. Ceci exclut d'emblée tout déplacement des machines au profit du déplacement du personnel [3, 4]. Ainsi, notre étude se concentre sur les possibilités d'agir à court terme sur la capacité d'un îlot de production en cherchant des solutions au niveau du personnel. Nous considérerons la compatibilité de ces solutions avec l'horaire libre, très appréciée du personnel, et nous verrons également dans quelle mesure la variation de la capacité de l'îlot peut faire l'objet de la décentralisation des responsabilités.

2. Production en îlots

Le concept de la production en îlots préconise le regroupement physique, dit en îlot, des machines qui sont nécessaires à la fabrication d'un produit ou d'une famille de produits. Les figures 1 et 2 illustrent respectivement un atelier traditionnel et un atelier structuré en îlots.

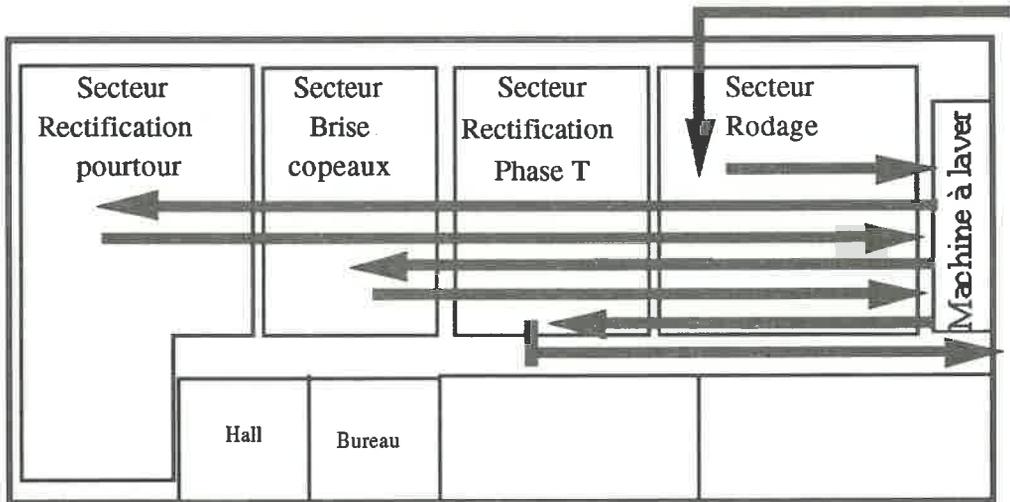


Figure 1: Cheminement d'une série dans un atelier en secteurs fonctionnels

Les flèches dans la figure 1 indiquent le chemin d'une série typique à l'intérieur d'un atelier traditionnel. La série change plusieurs fois de secteur et à chaque fois, elle se retrouve dans la file d'attente du secteur. Ainsi, elle passe la plupart du temps en attente de l'usinage.

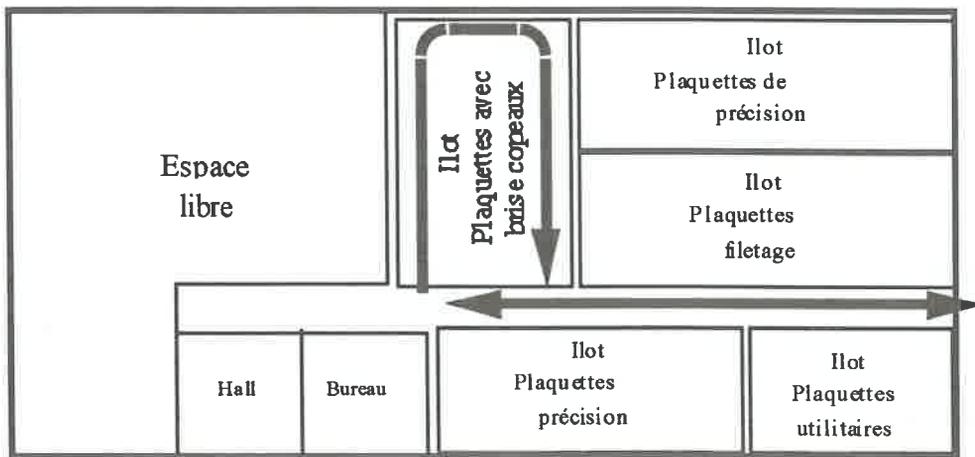


Figure 2: Cheminement d'une série dans un atelier en îlots de production

Par rapport à l'atelier traditionnel, le chemin d'une série à l'intérieur d'un atelier en îlots se trouve simplifié et raccourci. En effet, la série ne passe plus qu'une seule fois dans une file d'attente, à l'entrée de l'îlot, ce qui réduit le temps de passage. Ceci n'est pas le seul avantage et l'expérience, non seulement au Japon, nous montre que les îlots sont plus performants que les ateliers classiques à d'autres niveaux encore. Le tableau 3 présente les résultats du sondage effectué en 1989 auprès de 32 entreprises américaines qui ont introduit la production en îlots [2]

type d'amélioration	amélioration		
	minimum	moyenne	maximum
réduction du temps de passage	5%	45,6%	90%
réduction des en-cours	8%	41,4%	80%
amélioration de la motivation des opérateurs	15%	34,4%	50%
réduction du temps de réglage	2%	32,0%	95%
réduction de l'espace utilisé	1%	31,0%	85%
amélioration de la qualité	5%	29,6%	90%
réduction du stock des produits finis	10%	29,2%	75%

Tableau 3: Les bénéfices de la production en îlots [2]

3. L'îlot exemple

Le premier îlot qui a été mis en place dans le cadre de notre projet, consiste en cinq machines de trois types différents. Etant donné qu'un îlot normal, d'après Wemmerlöv et Hyer, a une taille de 4 à 6 machines et que la moyenne indiquée dans leur sondage est de 6,2 machines par îlot, notre îlot est assez représentatif et peut nous servir d'exemple [2]. De plus, il est composé de machines manuelles, semi-manuelles et de machines CNC plutôt autonomes, ce qui est intéressant du point de vue de l'organisation du travail des opérateurs. Le degré d'autonomie de la machine influence, en effet, largement la façon dont le travail de l'opérateur peut être organisé.

L'îlot comporte les machines suivantes: la machine A représente une rôdeuse ayant une autonomie d'environ 10 min.; le type B, en trois exemplaires, correspond à des machines de rectification de pourtour CNC ayant une autonomie de 2 heures environ; elle peut alors continuer la production pendant la pause de midi et après le départ des opérateurs; la machine C représente une machine de rectification manuelle sans autonomie aucune.

La figure 4 montre le "layout" et le flux de matière principal à l'intérieur de l'îlot. Les séries passent, en principe, d'abord sur la machine A, ensuite sur une des machines B et finalement sur la machine C. Les machines sont chargées de façon suivante: la machine A travaille environ trois heures par jour, chacune des machines B travaille onze heures par jour et la machine C six heures par jour. Ce rapport de charge est caractéristique pour le mix produit standard.

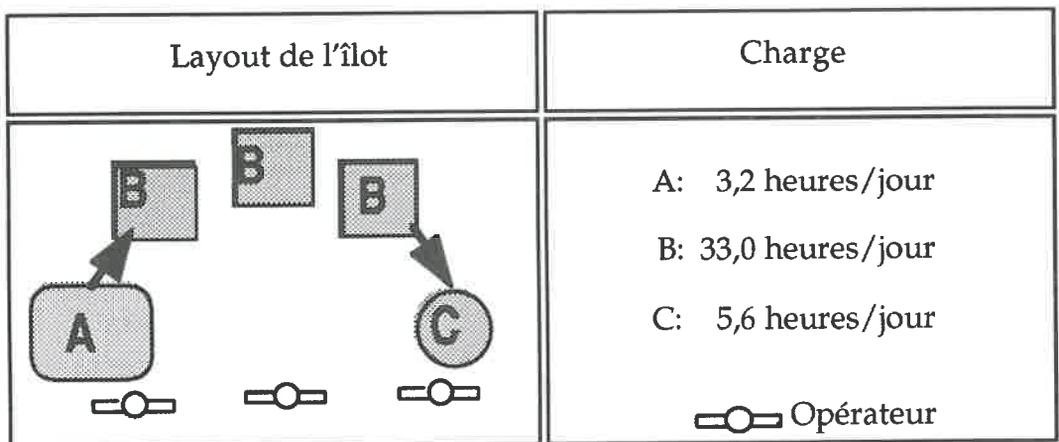


Figure4: Layout et charge de l'îlot exemple

L'équipe de l'îlot est constituée de trois opérateurs, dont deux maîtrisent les machines A et B, tandis que le troisième maîtrise la machine C. La polyvalence n'est donc pas complète. Tout de même, tous les opérateurs sont capables d'effectuer les travaux annexes pour toutes les machines, tels que par exemple : le contrôle, la manutention, le conditionnement et le lavage des pièces, le pré-réglage, le SMED et l'amélioration continue [5].

Pour faire travailler les machines pendant le temps correspondant à leur charge, le travail des opérateurs doit être organisé comme décrit en figure 5.

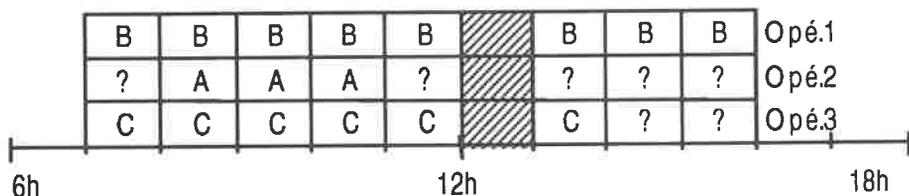


Figure 5: Organisation du travail des opérateurs de l'équipe

Un seul opérateur (Opé. 1) s'occupe toute la journée des machines B. Pendant la première heure de travail, c'est-à-dire de 7h à 8h, il est assisté de l'opérateur 2 pour la mise en route des machines. Etant donné leur autonomie de deux heures, les machines B tournent

de 7h le matin jusqu'à 18h le soir, soit 33 heures en tout (3 fois 11 heures), alors que les opérateurs quittent déjà à 16h. Les opérateurs 2 et 3 s'occupent des machines A et C dans la mesure de leur charge.

Il reste 6 heures sans affectation précise aux opérateurs 2 et 3 (représentées par "?" dans la figure 5). Il est important de se rendre compte que ce temps ne peut pas être utilisé pour augmenter la capacité de l'îlot si l'horaire n'est pas changé, car les machines B travaillent déjà au maximum de leur temps possible et présentent un goulet d'étranglement. Le temps journalier pour les travaux annexes est estimé à environ 2 à 3 heures. Ainsi, il reste quatre heures d'opérateurs disponibles. Un des opérateurs pourrait donc être affecté à 50% à un autre îlot.

Pour les autres configurations de la charge, de l'horaire et de l'équipe de l'îlot, nous appliquons le même type de calcul. En particulier, pour simplifier le calcul des exemples, nous supposons que la charge de l'îlot varie, alors que le mix produit reste constant. Comme nous verrons par la suite, ce fait ne change rien aux résultats des réflexions qui se basent sur ce calcul, car le concept d'exploitation présenté à la fin de cet article permet de compenser les effets d'un changement de mix produit.

4. Variation de la capacité à court terme

Par court terme, nous comprenons un laps de temps d'un jour à une semaine. Ceci exclut d'emblée tout déplacement des machines. Si le nombre de machines et leur vitesse de production sont invariables, le personnel travaillant dans l'îlot représente le seul paramètre d'influence.

En principe, il y a trois approches possibles pour la variation de la capacité de l'îlot par des mesures concernant le personnel:

- déplacement des opérateurs entre îlots
- changement du nombre d'équipes
- décalage de l'horaire

Les publications concernant les îlots de production préconisent la variation de la capacité par **déplacements des opérateurs** [3]. Un îlot à charge basse envoie temporairement un opérateur à un îlot à charge élevée (fig. 6). Ainsi un ajustement des capacités des deux îlots par rapport à leurs charges respectives peut être atteint.

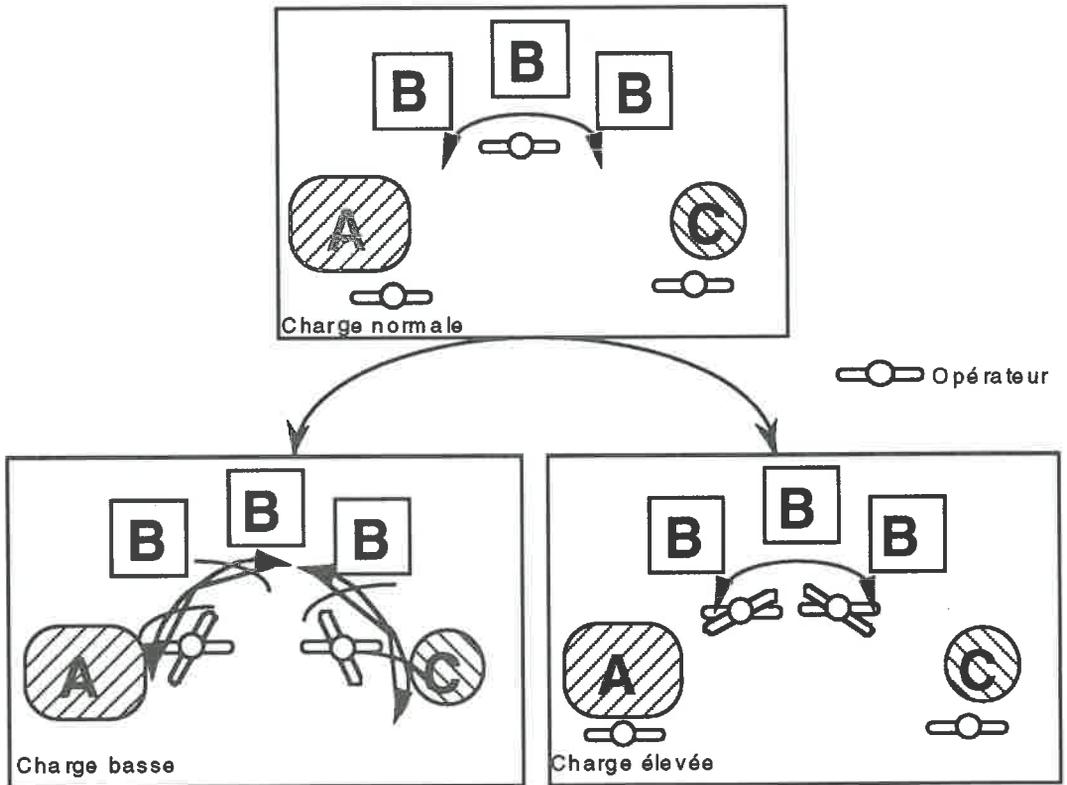


Figure 6: Equilibrage et adaptation de l'îlot aux variations de la charge

Par cette méthode, où l'horaire des opérateurs n'est pas modifié, la capacité de notre îlot exemple varie de façon suivante:

- deux opérateurs : 90 %
- trois opérateurs : 100 %
- quatre opérateurs : 100 %

La diminution du nombre d'opérateurs de trois à deux réduit la capacité de l'îlot à environ 90%. Cette réduction peut paraître relativement faible, mais en fin de compte, les machines ne travaillent que deux heures de moins, même si le temps d'opérateur diminue de huit heures. Ceci est dû au fait que dans la configuration à trois opérateurs, il restait six heures sans affectation précise.

Il faut se rendre compte que dans une telle situation, le stress pour les opérateurs devient important, car il leur manque du temps pour des travaux annexes. Ceci peut naturellement avoir des répercussions sur leur motivation ainsi que sur la qualité et l'efficacité de leur travail. En plus, un des opérateurs doit maîtriser au même temps deux types de machines (A et C).

En revanche, l'augmentation du nombre d'opérateurs de trois à quatre, sans qu'un changement au niveau des horaires n'intervienne, ne permet aucune augmentation de la capacité, puisque le temps d'activité des machines reste le même. Dans cette situation, les machines B présentent le goulet d'étranglement!

Si, par contre, on fait travailler les quatre opérateurs en **deux équipes**, la capacité peut être augmentée à 170% (fig. 7). Dans ce cas, la qualification requise pour l'opérateur supplémentaire est soit la maîtrise de la machine B, soit celle des machines A et C.

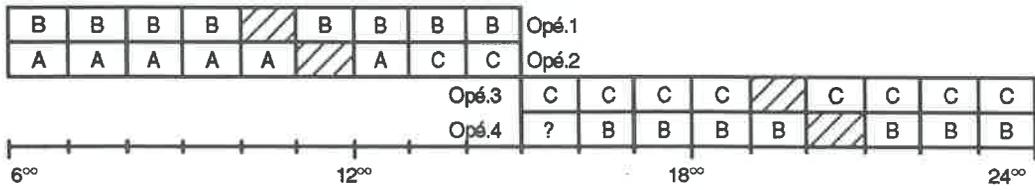


Figure 7: Organisation du temps de travail en deux équipes (4 opérateurs)

Pour notre îlot exemple, le travail de trois opérateurs en deux équipes permet d'augmenter la capacité à 127% (fig. 8). On remarquera que dans ce cas, les machines B ne peuvent être actionnées pendant un certain temps sans que ce soit au détriment d'une autre machine (l'opérateur 3 ne travaille que pendant trois heures sur les machines B et se consacre à la machine A pour le reste de son temps).

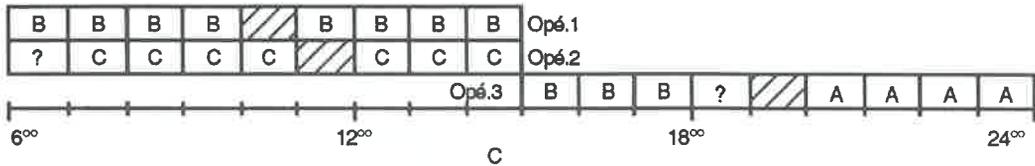


Figure 8: Organisation du temps de travail en deux équipes (3 opérateurs)

Cependant, il n'est pas toujours souhaitable de passer d'une à deux équipes. Un léger retard à cause d'une panne de machine ou d'une surcharge temporaire de l'îlot ne justifie, en effet, pas les coûts supplémentaires engagés par une mise en place d'une deuxième équipe. En plus, en application d'horaire normal, l'équipe de l'îlot dispose encore d'une réserve de quatre heures (fig. 5) qui peut être utilisée pour compenser un petit retard. La solution de l'**horaire décalé** permet d'utiliser cette réserve (fig. 9).

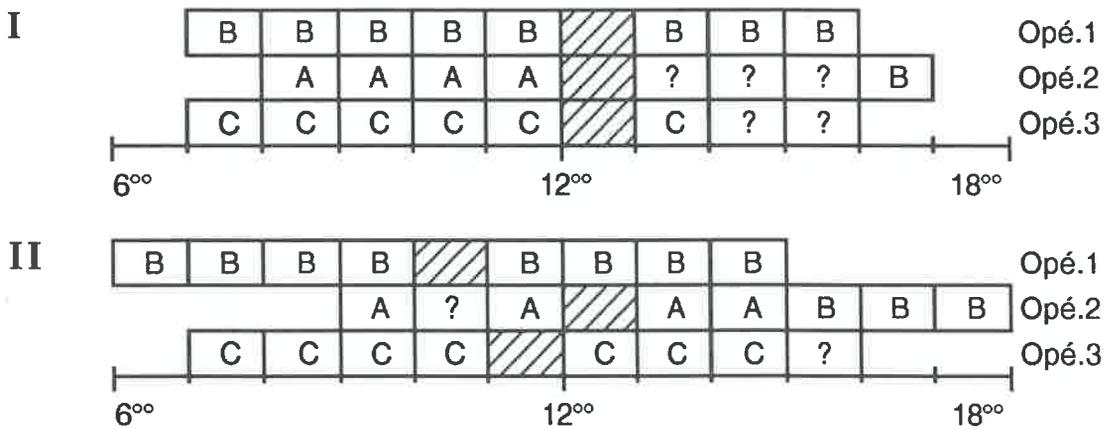


Figure 9: Horaire décalé d'une heure (I) et de trois heures (II)

Si on décale l'horaire de trois heures, le premier opérateur arrive à six heures du matin et s'occupe des machines B jusqu'à 15h. A ce moment, le deuxième opérateur prend la relève et s'occupe des machines B jusqu'à 18h. Etant donné leur autonomie de deux heures, les trois machines B tournent de 6h du matin jusqu'à 20h du soir, soit pendant 42 heures (3 x 14). Les opérateurs 2 et 3 s'occupent des machines A et C dans la mesure de leurs charges respectives. Il disposent de deux heures pour les travaux annexes, ce qui est suffisant pour garantir une bonne efficacité de l'îlot.

La figure 10 montre l'influence du décalage de l'horaire sur la capacité des machines à l'intérieur de l'îlot et sur le temps restant pour les tâches annexes. L'horaire décalé permet d'augmenter la capacité de l'îlot jusqu'à 127% pour le décalage de trois heures. Dans ce cas, le temps sans affectation précise est réduit à deux heures par jour. Dans notre exemple, ces deux heures sont le temps nécessaire pour effectuer toutes les tâches annexes. On peut dire, que l'îlot est parfaitement équilibré. Un décalage de plus que trois heures n'aurait pas de sens, puisque le temps d'activité des machines ne peut plus être augmenté.

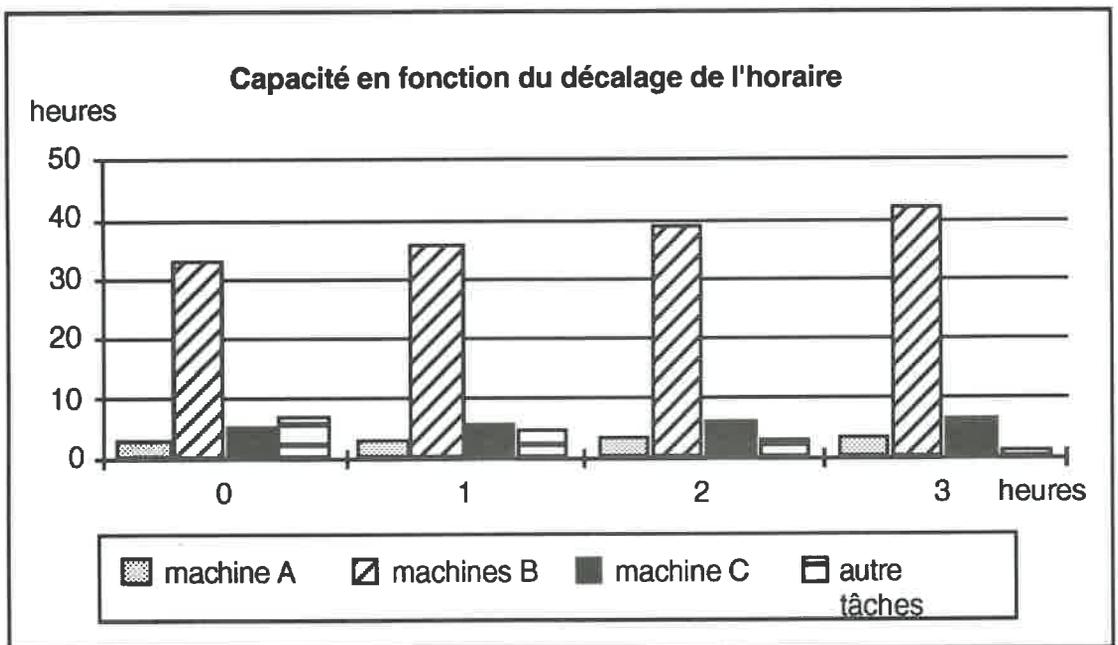


Figure 10: Capacité de l'îlot en fonction du décalage de l'horaire pour trois opérateurs

On constate que l'horaire décalé de trois heures pour trois opérateurs permet d'atteindre la même capacité que le travail de trois opérateurs en deux équipes. Il est évident que l'horaire décalé est préférable au travail en équipes pour des raisons économiques.

L'intérêt de l'horaire décalé réside avant tout dans le fait de pouvoir varier la capacité d'un îlot de production de façon linéaire. En plus, il est compatible, dans une certaine mesure, avec le concept de l'horaire libre. On peut imaginer une réalisation sous forme d'**horaire décalé semi-libre** qui satisfait en même temps les besoins de l'entreprise et les attentes du personnel. Ce principe est décrit dans la figure 11.

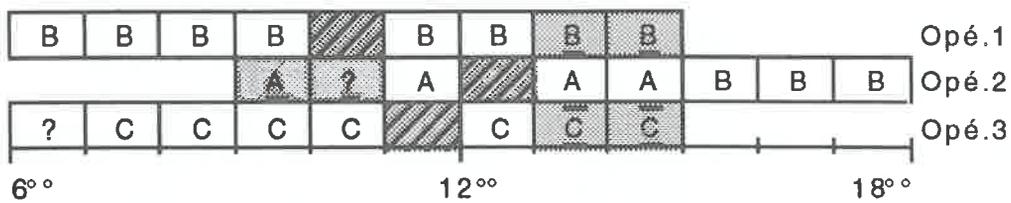


Figure 11: Horaire décalé semi-libre avec décalage de trois heures

Pour les opérateurs qui viennent à 6h du matin, la fin de travail se situe entre 13h et 15h. L'autre opérateur peut commencer son travail entre 9h et 11h mais il doit rester jusqu'à 18h. Ainsi les machines B peuvent tourner de 6h à 20h.

5. Exploitation des îlots de production par une équipe autonome

Après avoir analysé les moyens de variation de la capacité à court terme par des mesures concernant le personnel, nous tenterons, à présent, de définir le concept d'exploitation de l'îlot.

Les analyses précédentes ont montré tout d'abord que le déplacement des opérateurs entre les îlots présente de l'intérêt seulement si le personnel constitue le goulet d'étranglement. Ensuite, nous avons vu que le concept de l'horaire décalé présente une solution au moment où ce sont les machines qui constituent le goulet d'étranglement. Enfin, nous avons pu constater que la mise en place d'une deuxième équipe devient valable dans le cas d'une charge très importante.

Le concept de l'exploitation des îlots de production prévoit trois types d'interventions pour équilibrer la capacité de l'îlot et sa charge: premièrement, les ajustements de la capacité à court terme par décalage de l'horaire; deuxièmement, les ajustements de la capacité à moyen terme par la variation du nombre d'opérateurs et du nombre d'équipes dans l'îlot; troisièmement, les ajustements de la charge à long terme par la variation de la quantité lancée (fig. 12).

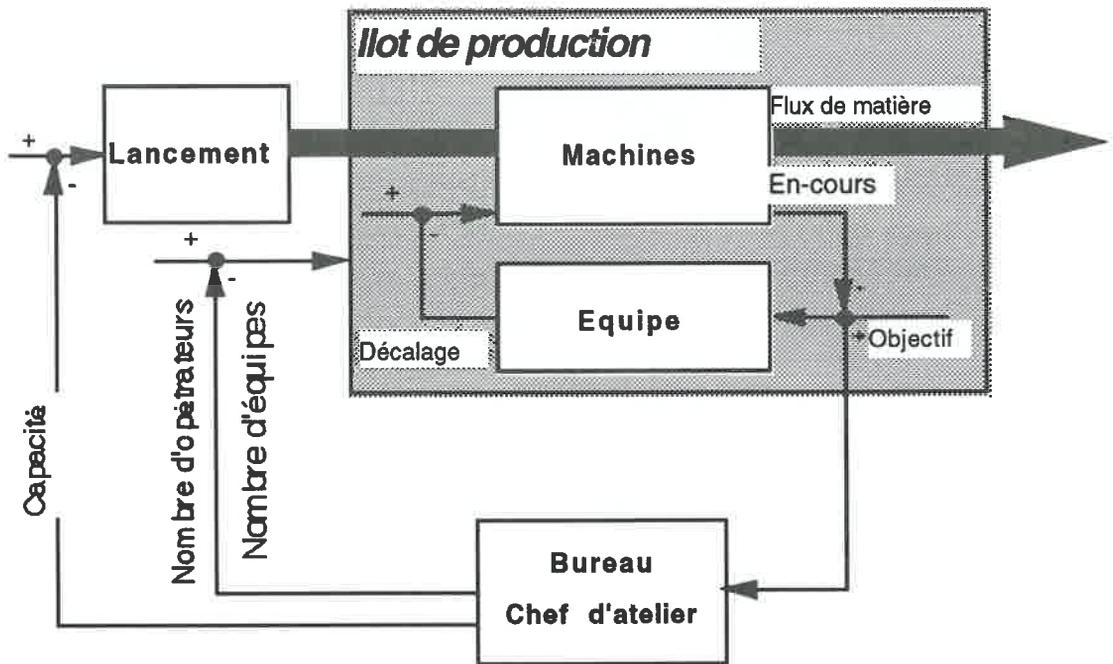


Figure 12: Concept de l'exploitation des îlots de production

L'objectif d'un îlot de production est de fabriquer la quantité de pièces demandée dans un temps de passage et un en-cours réduits. L'en-cours peut être mesuré avec relativement peu d'effort par l'équipe de l'îlot même. Celle-ci peut également décider du décalage nécessaire en fonction de la différence entre l'en-cours mesuré et l'objectif fixé. La prise de la mesure et le changement de l'horaire peut se faire hebdomadairement.

Ainsi l'îlot de production travaille de façon autonome. Le chef d'atelier n'intervient qu'en cas de problème majeur. Il suit régulièrement les rapports sur les performances de l'îlot. Si l'îlot est chargé de façon à ce que l'horaire décalé ne permet pas de libérer assez de capacité, il peut changer le régime de l'îlot en changeant le nombre d'opérateurs ou le nombre d'équipes. Il communique la capacité de l'îlot au bureau de lancement.

6. Conditions et limites du concept d'exploitation

Le concept d'exploitation des îlots de production par une équipe autonome a été présenté plus haut. Il s'agissait d'un cas d'exemple. Il se pose la question de la validité de ce concept pour d'autres cas d'application. Il s'agit de savoir sous quelles conditions ce concept est-il faisable pour un îlot quelconque.

La première condition est une flexibilité accrue des opérateurs. Ils doivent être suffisamment polyvalents et motivés. Ils ont besoin des capacités humaines pour qu'ils puissent travailler et prendre des décisions dans l'équipe. Il est absolument nécessaire d'avoir un entraînement et un encadrement proche à la mise en route de ce concept pour mettre bien en place les processus de décision à l'intérieur de l'îlot.

Il est évident que le système décrit plus haut ne serait pas applicable, s'il fallait interroger le comité d'entreprise pour chaque changement d'horaire. Une telle façon de travailler nécessite un accord cadre avec le comité de l'entreprise sur les conditions sous

lesquelles ce système peut être appliqué. Ceci inclut également les questions de rémunération des opérateurs et les conditions de l'horaire libre.

Il va de soi, que le concept n'est pas applicable, si les machines (ou une machine) travaillent déjà près de 24 heures (par exemple : atelier flexible). Il peut également arriver qu'en présence de machines avec une autonomie très importante, un décalage d'horaire n'augmente que très peu la capacité. Dans ce cas, le concept perd de son attractivité.

Avant la mise en place des îlots, des analyses approfondies s'imposent. Il faut déterminer l'augmentation de capacité possible pour chaque configuration. Dans notre exemple, le passage de l'horaire normal à un horaire décalé de trois heures permet d'augmenter la capacité de l'îlot de 27%. Cette valeur est différente pour chaque îlot et dépend aussi du mix produit de la charge. Pour cela, une analyse de sensibilité au mix produit ainsi qu'une analyse de la variabilité du mix produit sont également très importantes.

7. Conclusion

Le concept d'exploitation des îlots de production à l'aide des équipes autonomes permet à l'entreprise de tirer tous les bénéfices d'un îlot de production: diminution de temps de passage, réduction du niveau des en-cours, etc. Le plus grand avantage de ce mode d'exploitation réside dans le fait qu'il permet d'exploiter l'îlot qui se trouve à tout moment dans un état équilibré. Il faut souligner que ce concept permet d'exploiter également des îlots qui comprennent des machines très chargées, sans pour autant risquer une file d'attente importante et des pertes de performance. L'îlot devient très flexible à l'égard des variations de charge temporaires.

Ce n'est pas seulement l'entreprise qui est gagnante dans ce cas, les employés bénéficient également de ce mode d'exploitation: leur travail dans les îlots est plus valorisant et diversifié, ils ont plus de responsabilités, ils augmentent leur polyvalence, ce qui augmente leur valeur sur le marché du travail et, en plus, ils bénéficient d'un horaire semi-libre. N'est il pas vrai que le meilleur marché est celui où les deux parties font une bonne affaire!

8. Bibliographie

- 1) Womack, J.P.; Jones, D.T.; Roos, D.: *The Machine that Changed the World*. New York: Rawson, 1990.
- 2) Wemmerlöv, U.; Hyer, N.L.: *Cellular manufacturing in the US industry: a survey of users*. *International Journal of Production Research*, 27,9, 1511-1530, 1989.
- 3) Béranger, P.: *Les nouvelles règles de la production: vers l'excellence industrielle*. Paris: Dunod, 1987.
- 4) Bullinger, H.-J.; Klein, A.: *Flexible Arbeitszeit im zukunftsorientierten Produktionsbetrieb: Chancen und Risiken*. In: *Flexibilisierung der Arbeitszeiten im Produktionsbetrieb: IAO-Forum*, 9 November 1988 in Stuttgart, Berlin, Heidelberg, New York, u.a., Springer-Verlag, 1989.
- 5) Pithoud, F.; Looks, S.; Mulkens, H.: *SMED: pourquoi le facteur humain est-il si important? Rapport sur deux cas d'études*. A paraître dans la *Revue Française de Gestion Industrielle*.
- 6) Looks, S.: *Simulation de l'îlot de test*. Rapport de travail CERS 2494.1, 1994.

- 7) Harmon, R.L.; Peterson, L.D.: **Une usine pour gagner: techniques pratiques d'organisation industrielle.** Paris: InterEditions, 1992.
- 8) Sekine, K.: **One-Piece Flow: Cell Design for Transforming the Production Process.** Cambridge, Mass.: Productivity Press, 1990.
- 9) Looks, S.; Joris, S.: **Simulation de l'îlot de test. Rapport de travail CERS 2494.1, 1994.**