



HAL
open science

Aides à L'organisation du travail dans les ateliers : problèmes du décalage entre prévision et réalisation

Marie-Françoise Valax, Jean-Marie Cellier

► To cite this version:

Marie-Françoise Valax, Jean-Marie Cellier. Aides à L'organisation du travail dans les ateliers : problèmes du décalage entre prévision et réalisation. Gilbert de Terssac; Pierre Dubois. Les nouvelles rationalisations de la production, Éditions Cepaduès, 1992, 978-2854283129. halshs-02478893

HAL Id: halshs-02478893

<https://shs.hal.science/halshs-02478893>

Submitted on 14 Feb 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Aides à L'organisation du travail dans les ateliers : problèmes du décalage entre prévision et réalisation

Valax M.F., Cellier J.M

Equipe de Psychologie Cognitive du travail ; URA-CNRS 259

5, allées Antonio Machado ; 31058 Toulouse cedex

La complexité croissante des systèmes de production, la nécessité de répondre rapidement aux demandes du marché ont conduit, entre autres, au développement de systèmes informatiques de gestion de production, regroupés sous la terminologie de Gestion de Production Assistée par Ordinateur (GPAO). Concernant les productions discrètes et diversifiées, ces systèmes informatiques assurent correctement les fonctions de gestion de données techniques (relatives aux produits à fabriquer), commerciales (commandes, ventes), de stocks (matières premières, composants, produits finis). Par contre leur utilité est beaucoup plus contestée pour la gestion du travail, c'est-à-dire la répartition de la réalisation d'un ensemble de produits dans le temps et l'espace. Selon certains auteurs (Doumeingts et al., 1983), cette déficience serait liée à la prédominance des facteurs humains dans cette fonction et à la fermeture des modèles utilisés.

Notre propos est d'analyser quelques-uns des déterminants de cette sous-utilisation. Cet examen s'appuie sur des études réalisées dans trois entreprises disposant de GPAO. La démarche commune à ces trois études est une démarche classique de psychologie ergonomique qui s'appuie sur l'analyse du travail des opérateurs chargés, à différents niveaux hiérarchiques, de l'organisation du travail. Dans cette analyse nous nous sommes attachés à saisir les écarts entre la tâche prescrite (par l'étude des contraintes inhérentes au fonctionnement des logiciels traditionnels) et la tâche effective des ateliers (Leplat & Hoc, 1983). L'utilisation d'une grille de lecture essentiellement issue de la psychologie cognitive, nous a conduit à décrire l'Organisation du Travail dans les Ateliers (OTA) en termes de traitement de l'information, en faisant référence à des concepts tels que planification (Sacerdoti, 1977 ; Hoc, 1987), résolution de problème (Richard, 1990), représentation mentale (Richard, 1985; Leplat, 1985).

Au travers de la description du fonctionnement des logiciels traditionnels d'OTA nous montrerons ici que le modèle sous-jacent à leur conception fait de l'atelier un exécutant d'un plan prescripteur. Dans un deuxième temps, l'analyse des sources de décalages entre un ordonnancement et sa réalisation, nous permettra de mettre en évidence l'incompatibilité entre le rôle d'exécutant attribué à l'atelier et les caractéristiques réelles de la situation. La troisième étape consistera à dégager les processus d'élaboration de plan développés dans l'atelier. Le caractère hiérarchique de ce processus nous conduira au dernier paragraphe à proposer une nouvelle approche pour la conception d'aides à l'OTA dans laquelle l'atelier ne serait plus un simple exécutant, mais un concepteur de plan.

1 - Modèles d'organisation du travail dans les ateliers dans les systèmes traditionnels de GPAO

1.1 - Les fonctionnalités des logiciels de gestion de production

Les logiciels d'aide à la gestion de production visent à intégrer la gestion des matières, la gestion du travail et la gestion des ressources. Généralement, ils sont constitués d'un noyau central autour duquel s'articulent différentes fonctions.

Les principales fonctionnalités des logiciels de GPAO sont (figure 1) :

1-Le plan directeur : En relation avec la politique générale de l'entreprise et le plan d'investissement, le logiciel calcule un échéancier des ventes de familles de produits par simulations successives.

2-Le plan de production : Conçu comme une désagrégation du plan directeur, il vise à déterminer dans le temps les quantités à fabriquer ou à approvisionner. Il s'appuie sur un calcul des besoins en composants et en matières premières.

3-L'ordonnancement : Il consiste à répartir dans le temps la réalisation des composants et à communiquer l'ordre de fabrication des tâches ordonnancées (lancement). Il porte sur la charge lancée et non sur la charge prévisionnelle.

4-Les outils de gestion : Relatifs aux données techniques, commerciales, de stocks, de fabrication, etc..., ils indiquent les transformations permanentes du réel. Leur fonction est d'aider les opérateurs dans leurs décisions quotidiennes.

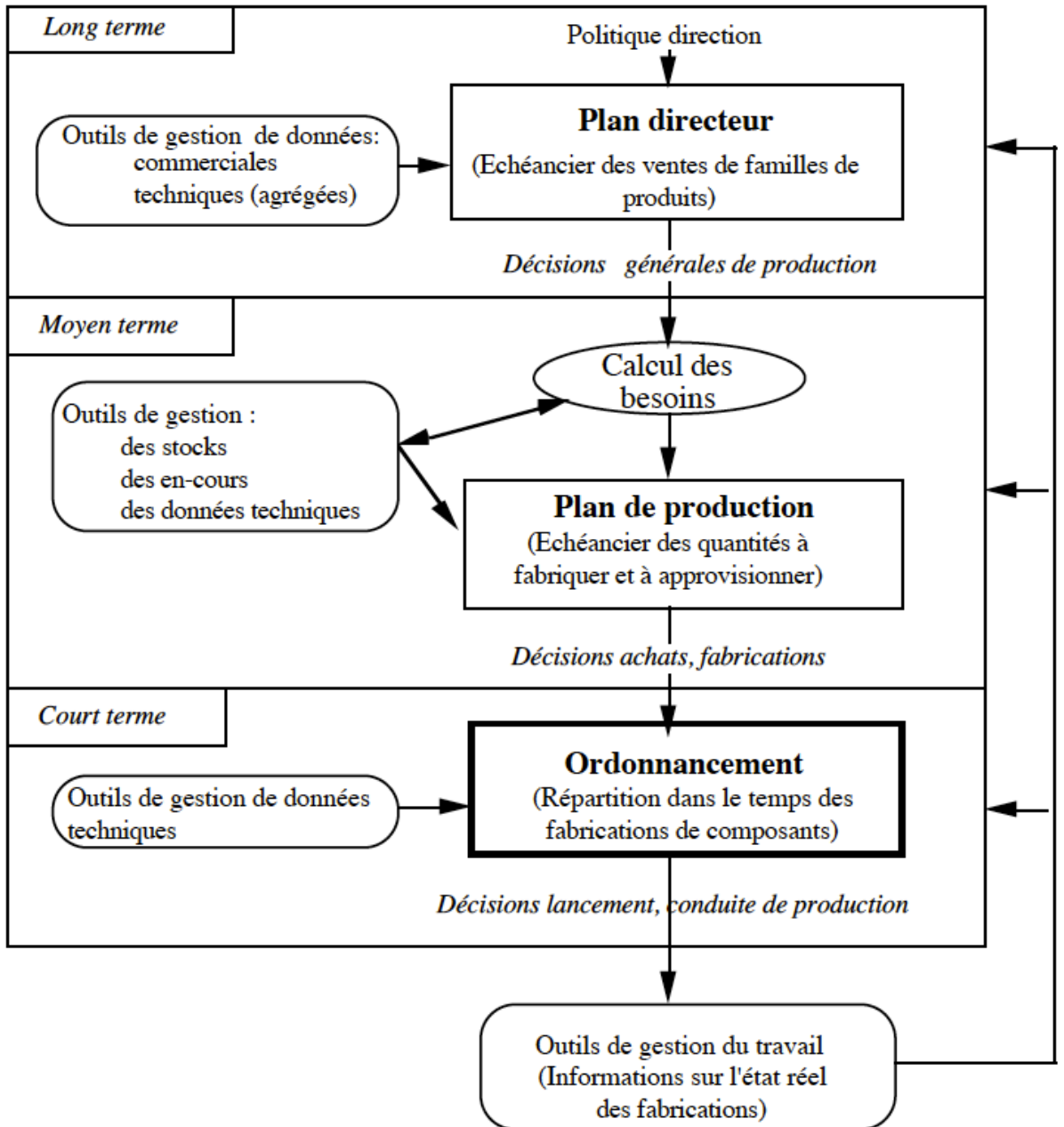


Figure 1 - Les fonctionnalités des logiciels de Gestion de production

Plan de production et ordonnancement sont des désagrégations successives du plan directeur effectuées à partir des données fournies par les outils de gestion. Représentant le niveau le plus détaillé du plan, l'ordonnancement intègre l'ensemble des données disponibles : commerciales (via le plan directeur), matières (via le plan de production), techniques et de travail (prises en considération à tout niveau sous un mode plus ou moins agrégé).

Les différents niveaux de planification sont réalisés sur des horizons plus ou moins longs : (à titre indicatif, car dépendants de la durée du cycle de fabrication et du cycle d'approvisionnement) le plan directeur a un horizon de 12 mois, le plan de production de 6 mois, l'ordonnancement de 1 mois. Ils sont redéfinis périodiquement de façon à s'adapter aux fluctuations de l'environnement : sur la base des horizons indiqués ci-dessus, on peut considérer que le plan directeur a une période de 4 mois, le plan de production une période de 2 mois, l'ordonnancement une période de 2 semaines.

1.2 - La fonction ordonnancement

Caractéristiques de la fonction ordonnancement

L'ordonnancement, qui nous intéresse plus particulièrement, consiste à répartir dans le temps et dans l'espace des unités de travail. Ces dernières représentent des tâches auxquelles sont attribuées des caractéristiques de temps et de ressources.

Les caractéristiques temporelles sont constituées par :

- la durée de la tâche,
- ses dates de réalisation au plus tôt et au plus tard.

Notons que les dates au plus tôt et au plus tard sont calculées généralement à partir du cumul de la durée de la tâche et de durées fixes relatives aux temps de transit et d'attente.

Les caractéristiques de ressources concernent les éléments nécessaires à la réalisation de la tâche :

- une machine ;
- la matière ou les composants ;
- les aides, comme par exemple les gammes de fabrication.

Le calcul de l'ordonnancement vise à déterminer les dates au plus tôt et au plus tard des tâches (Doumeingts et al, 1983), en d'autres termes à définir une succession de tâches indexée sur le temps conventionnel. Utilisant des méthodes heuristiques telles que PERT ou MPM, qui ne permettent pas l'optimisation, certains logiciels proposent des systèmes de simulation qui offrent un choix restreint de solutions possibles parmi lesquelles la solution la plus satisfaisante est retenue.

Les résultats de l'ordonnancement sont présentés de plusieurs manières, par tâches ou par ressources. De plus, ils peuvent être plus ou moins agrégés, soit en distinguant les tâches, les ressources, soit en cumulant les charges (quantité de travail liée à une tâche) et les capacités (quantité de ressource liée à une tâche) sur une unité de temps donnée. Du point de vue du codage deux formes sont possibles : tableaux chiffrés ou graphe (réseau PERT ou graphe Gantt).

L'utilisation de l'ordonnancement : tâche prescrite à l'atelier

L'ordonnancement est divisé par atelier ou unités de fabrication. Chaque atelier reçoit un plan de travail qu'il doit suivre au plus près de façon à interférer le moins possible sur le travail des autres ateliers. Un produit passant par différents ateliers (par exemple, moulage, montage), quand un atelier ne respecte pas ses objectifs de fabrication, le plan de travail des ateliers amont (problèmes de stockage) et aval (problème de disponibilité des composants) devient caduque.

Que les objectifs de fabrication soient ou non atteints, l'atelier doit signaler au logiciel l'état de l'atelier. Par exemple, concernant les tâches, il signale leurs dates de début et de fin effectives, leur durées réelles, les quantités effectivement réalisées ; concernant les ressources, il signale les pannes et leur durée, les arrêts machine, les modifications d'affectation de ressources, etc. Intégrées dans le calcul de l'ordonnancement suivant, ces nouvelles données permettent un réajustement des prévisions.

Par ailleurs, l'atelier se doit d'analyser les causes des écarts entre plan et réalisation effective. Si les écarts sont déterminés par le paramétrage des caractéristiques des ressources et des durées liées à une tâche, l'atelier doit modifier ces valeurs. En effet, la capacité des ressources peut varier (*par exemple, la performance d'une machine diminue en fonction de son vieillissement ou la réduction des heures d'ouverture de l'atelier*) ou encore les durées se modifier (*par exemple, l'acquisition d'une machine plus performante peut réduire la durée de réalisation d'une tâche, de même la durée d'une tâche s'affine quand la fabrication d'un produit arrive à un régime permanent*). Ainsi, le paramétrage n'est jamais définitif, il doit être réajusté périodiquement de façon à assurer la faisabilité de la solution calculée par le logiciel.

Dans ce contexte, l'atelier a un rôle très restreint dans l'élaboration de l'ordonnancement. Il se limite à informer le logiciel sur l'état de ses ressources et de

ses charges, il peut jouer sur les résultats du logiciel, mais ceci dans des marges les plus réduites possibles. En d'autres termes, les logiciels traditionnels offrent aux ateliers un rôle d'exécutant qui doit suivre au plus près les prescriptions de l'ordonnancement.

Ce modèle peut fonctionner dans les situations facilement paramétrables et peu perturbées dans lesquelles les écarts entre planification et réalisation sont peu importants. Les productions discrètes et diversifiées n'ayant pas ces caractéristiques, l'utilisation d'un tel modèle dans ces situations suppose des adaptations qui alourdissent la tâche des ateliers.

Dans les paragraphes suivant, nous verrons d'une part les causes des écarts entre le plan et sa réalisation et d'autre part les adaptations des ateliers à ce dysfonctionnement.

2 - Causes d'écarts entre l'ordonnancement et sa réalisation

Les écarts entre l'ordonnancement et sa réalisation sont déterminés pour une large part par la complexité de la situation d'OTA, les capacités des logiciels et leur utilisation (Valax & Thuriot, 1990).

2.1 - Complexité de la situation

Dans les ateliers de fabrication discrètes et diversifiées les facteurs de complexité d'organisation du travail sont divers. On peut citer :

- la taille du problème : les données à prendre en compte sont très nombreuses et ne sont pas toujours modélisées (sinon modélisables...) ;
- les critères à optimiser sont nombreux et le plus souvent contradictoires ;
- les interactions entre les diverses données, décisions, événements ne sont pas toujours bien maîtrisées, voire connues ;

Dans ce contexte, les prévisions sur les événements futurs sont partielles. Si on peut prévoir l'occurrence de la plupart des événements, la prévision de leur date effective et de leurs effets est plus délicate. Par exemple, la localisation dans le temps d'événements tels que l'absence de personnel, les tâches ponctuelles (commandes à délai très bref, réparations, fabrication d'outils spécifiques,...) ne peut être prévue, et l'aléa qu'elle représente est d'autant plus préjudiciable que la charge de l'atelier est importante.

De plus, des décisions pertinentes à un moment donné peuvent avoir des conséquences néfastes ultérieurement. Par exemple, souvent considéré comme un facteur de qualité des produits, le couplage rigide un homme/une machine peut, à long terme, du fait d'une "sur-opérativisation" liée à l'expérience des opérateurs (Falzon, 1989), limiter la capacité de l'atelier. C'est le cas actuellement des ateliers qui, s'équipant de machines à commandes numériques, ont des difficultés à former (et donc à utiliser) des opérateurs antérieurement spécialisés sur un type de poste manuel ou semi-automatique.

2.2 - Capacité des outils de gestion

Travaillant sur des données homogènes et quantifiables alors que les données réelles pertinentes ne présentent pas toujours ces caractéristiques, les logiciels traitent des données en décalage par rapport aux données réelles, ceci aussi bien pour les ressources que pour le temps. De plus, ce décalage est accentué par l'inertie du logiciel relativement à l'évolution de la situation.

Données liées aux ressources

Le logiciel n'a qu'une connaissance partielle des ressources disponibles dans le sens où il les traite globalement.

Tout d'abord, la variabilité des compétences et des performances des ressources humaines n'est pas prise en compte. Les opérateurs sont considérés comme ayant des caractéristiques identiques et stables, ce qui n'est pas le cas dans la réalité. La performance peut varier d'un opérateur à l'autre et pour un même opérateur, d'un moment à l'autre (Gadbois & Queinnec). De même, tous les opérateurs n'ont pas les mêmes compétences (Caverni, 1988; Chi et al, 1988; Mariné et al, 1988), certains sont polyvalents (ils peuvent travailler sur l'ensemble des machines) alors que d'autres sont spécialisés.

Ensuite, pour réduire les temps de calcul et donner aussi une marge de flexibilité aux ateliers, les machines sont regroupées en postes de charge "parallèles" lorsque la fonction technique des machines est identique (fraisage, tournage,...) ou "séries" lorsque le regroupement correspond à la fabrication d'un type de produit donné (en quelque sorte une petite chaîne de production). Dans le premier cas, l'homogénéité des machines n'est que théorique : dans un même poste de charge les machines peuvent être plus ou moins performantes car plus ou moins récentes

ou encore plus ou moins automatiques. A l'extrême, il est possible que dans un poste de charge, un produit ne puisse être réalisé que sur une seule machine.

Ainsi la quantité et la qualité des produits sont prévues comme étant identique quel que soit l'opérateur ou le poste de charge utilisé, alors qu'en réalité elles sont variables.

Caractéristiques temporelles

Les caractéristiques temporelles des tâches sont considérées comme stables. Cependant, dans la réalité, elles sont soumises à des variations en fonction du produit sur lequel elles portent et du contexte de fabrication.

Le produit

La plupart des produits sont arrivés à un "régime permanent" dans le sens où leur durée opératoire, progressivement affinée, s'est stabilisée, des machines spécifiques leur ont été affectées, et ainsi les prévisions sont proches de la réalité. A l'inverse pour d'autres produits (tels que les prototypes, les produits fabriqués en quantité limitée ou de manière ponctuelle ou encore ceux qui sont encore dans leur phase de démarrage) la durée opératoire est très variable, et ceci d'autant plus que sa fabrication peut nécessiter un ouvrier possédant une qualification particulière, un outillage à acheter ou existant en quantité limitée (et donc en conflit d'utilisation pour d'autres matériels).

Le contexte

La durée opératoire théorique comprend la durée de réalisation effective et une durée fixe correspondant aux temps de transit et aux temps d'attente. Ces dernières sont en réalité très variables en fonction du contexte (poste de charge et/ou atelier en surcharge ou en sous-charge).

Inertie du logiciel

Pour être prise en compte dans le calcul de l'ordonnancement, la fabrication d'un produit doit être préparée (élaboration de gammes, nomenclature des pièces, etc...). Dans le cas de commandes ponctuelles et à délai très bref cette préparation est simplifiée et les données relatives à ce produit ne sont pas saisies. Ainsi, la charge réelle de l'atelier est plus importante que la charge traitée.

De plus, le calcul de l'ordonnancement étant long et coûteux, sa fréquence est de l'ordre d'une quinzaine de jours. Cependant, il arrive que l'atelier ait un délai de

réponse très court pour des tâches telles que les retouches, la réparation d'un outil, etc... Ces tâches ponctuelles ne sont pas intégrées dans le calcul prévisionnel.

Ainsi, le logiciel travaille sur des durées théoriques qui peuvent être plus ou moins éloignées des durées réelles relativement au produit et au contexte.

2.3 - Utilisation du logiciel

Une troisième source d'écart vient de l'utilisation du logiciel, tant au niveau des données fournies qu'au niveau de l'utilisation des résultats.

Données fournies au logiciel

Les données fournies par les ateliers sont de deux types (cf §1.3) : des paramètres relatifs aux composants du problème et le suivi de fabrication (l'état réel des fabrications).

Les paramètres

L'état des ressources est quantifié à l'aide d'un coefficient d'utilisation dont l'estimation est délicate, en particulier pour les postes de charge qui regroupent des machines classiques dont la performance dépend des opérateurs qui les utilisent et des spécificités de la charge.

De plus, la périodicité de modification des paramètres n'étant pas fixée, nous avons souvent noté que l'actualisation des paramètres n'est pas effectuée. Il s'ensuit une dérive entre les capacités traitées et les capacités réelles de l'atelier.

Le suivi de fabrication

Le calcul de l'ordonnancement étant généralement réalisé par quinzaine, avec une réactualisation hebdomadaire, les données relatives au suivi sont entrées avec la même périodicité. S'il est prévu que ces informations soient déclarées par l'atelier (manuellement ou informatiquement) en "temps réel", nous avons remarqué une tendance au regroupement des déclarations en fin de semaine, ce qui réduit leur fiabilité.

En ce qui concerne l'information sur les tâches, plusieurs problèmes se présentent. D'une part, il arrive que l'information sur la durée des tâches soit utilisée à la fois pour la gestion du travail et pour la gestion des salaires. Répondant à des logiques différentes, cette double utilisation peut introduire des écarts entre les durées effectives et les durées déclarées. D'autre part, lorsqu'une tâche qui débute une semaine doit s'achever la ou les semaines suivantes, le logiciel prévoit que

l'atelier déclare la date de début de la tâche et la durée restante en fin de chaque semaine. Outre le caractère subjectif de l'évaluation de la durée restante, on note que les ateliers négligent souvent de déclarer la date de début de la tâche.

En ce qui concerne l'information sur les ressources, la déclaration de l'arrêt des machines est problématique. Une panne, l'attente d'un outil, etc... bloquent les tâches. Pour éviter que le logiciel ne réordonne une tâche alors qu'elle ne peut être réalisée, l'atelier devrait déclarer cet état et évaluer la durée pendant laquelle la tâche sera bloquée. Ceci étant rarement fait, le logiciel attribue du travail à une machine inutilisable et accroît ainsi la charge de l'atelier.

Utilisation des résultats

Une autre source d'erreurs est issue de l'utilisation des résultats du logiciel, dans le choix de la solution et la compatibilité entre les informations offertes par l'ordonnancement et les décisions à prendre.

Choix de la solution

Nous avons vu (cf §1) que les méthodes de calcul n'offrant pas de solution optimale, certains logiciels proposent des systèmes de simulation qui permettent aux utilisateurs de choisir une solution parmi plusieurs solutions possibles. Généralement, les utilisateurs n'exploitent pas cette fonction, la première solution proposée est adoptée. Ainsi les décalages entre données réelles et traitées ne peuvent être régulés à ce niveau. Par ailleurs, le choix de la solution est assuré par un service central de gestion de production. L'atelier lui-même n'intervient pas dans ce choix. Les logiques différant entre ces deux services (logique "délai" pour le service central de gestion et logique "optimisation des ressources" pour les ateliers — Valax et al, 1990), la solution proposée aux ateliers ne correspond pas à leurs attentes et fait l'objet d'adaptations locales.

Compatibilité entre information et décision

Les résultats de l'ordonnancement sont généralement présentés sous deux formes de niveau d'agrégation différent :

a- Le plan de travail : il détaille la nature des tâches, leur localisation dans le temps, la ressource sur laquelle elles doivent être réalisées. Il est utilisé essentiellement comme support de décisions à court terme, telles que

l'affectation des tâches aux machines, aux hommes, le réglage des machines, etc.

b- La courbe de charge : elle cumule les tâches de manière à indiquer la charge ponctuelle qui sera affectée à un ensemble de ressources (postes de charge) dans une unité de temps donnée. Elle est utilisée comme support de décisions à moyen terme, du type sous-traitance, maintenance des machines, achat de matériel, etc...

Cette deuxième présentation pose problème. En effet, l'ordonnancement porte sur la charge lancée et non sur la charge prévisionnelle qui s'intercalera avec l'encours au fur et à mesure de son lancement. Dès lors, les décisions à moyen terme sont prises "en aveugle". Les erreurs qui en découlent se répercutent obligatoirement sur les calculs d'ordonnancement suivants.

Dans ce contexte, l'ordonnancement calculé par le logiciel n'est pas directement applicable. Les écarts entre prévision et réalisation étant trop importants, il ne peut pas assurer le guidage de l'action et l'atelier est amené à concevoir un plan plus adapté à la situation réelle. Dans le paragraphe suivant, nous allons voir comment l'atelier gère le processus de conception du plan de travail, comment il assure la cohérence des décisions.

3 - Conception du plan de travail dans les ateliers

Ne pouvant se restreindre à un rôle d'exécutant, l'atelier doit contrôler la conception du plan de travail. En effet, la fabrication concerne un ensemble d'opérateurs qui sont, pour la plupart, impliqués dans les décisions d'OTA, soit par leur prise de décision, soit par l'application des décisions. De plus, un opérateur donné prend diverses décisions interdépendantes les unes des autres. Le contrôle de la cohérence des décisions collectives et individuelles devient ainsi un des problèmes majeurs de l'atelier.

Le processus de planification mis en œuvre par l'atelier et les différents opérateurs qui le composent, participe à la cohérence des décisions. Ce processus est en partie hiérarchique dans le sens où il suppose un affinement de plans schématiques par une démarche (majoritairement) descendante.

3.1 - Processus de planification collectif

Le processus de planification collectif comprend des décisions que l'on peut catégoriser par rapport au niveau d'agrégation de l'espace problème considéré. Les différents espaces problèmes sont constitués de données relatives aux tâches, aux ressources et au temps. Ils se différencient par le degré de schématisation des données sur ces éléments (Valax et al, 1989).

Les niveaux d'agrégation de l'espace problème et les décisions correspondantes, peuvent être mis en parallèle avec les niveaux hiérarchiques de l'atelier comme le montre le tableau 1 :

Tableau 1 - Niveaux d'agrégation de données sur la dimension organisationnelle du processus de prise de décisions d'O.T.A.

Fonctions			
	Chef d'atelier	Chef de section	Chef d'équipe
Niveau d'agrégation de données :			
	N	N+1	N+2
Tâche	Phase opératoire	Phase opératoire	Opération
Ressource	Poste de charge	Poste de charge et machine	Machine
Temps	1 semaine à 2 mois	1 jour à 1 semaine	1 heure à 1 jour.
Types de décisions (exemples)			
	Régulation charge/capacité	Affectation d'opérations aux machines et aux équipes Gestion outils, matières premières,...	Répartition des opérations sur les opérateurs Définition de l'ordre de réalisation des opérations

A un personnel d'atelier donné correspond un espace problème et des décisions spécifiques. En descendant les niveaux, les données de l'espace problème s'affinent, se désagrègent. Les décisions et leur application à un niveau donné contraignent le niveau suivant et limitent ainsi l'ensemble des décisions possibles.

Cette hiérarchisation des espaces problèmes se manifeste à travers les supports décisionnels utilisés : plan de travail et courbe de charge. Le plan de travail qui, comme nous l'avons vu, est un support des décisions à court terme (exemple : affectation des opérations aux ressources) est utilisé essentiellement par les chefs de section et les chefs d'équipe. La courbe de charge, support des décisions sur le moyen terme (exemple : achat d'outil, sous-traitance) est utilisée essentiellement par le chef d'atelier.

3.2 - Processus de planification individuel

D'un point de vue individuel, on retrouve cette structure hiérarchique (Ciais, 1989). Cependant, si dans le processus collectif, la désagrégation porte sur la tâche, les ressources et le temps, ici, elle porte essentiellement sur le temps. Pour un opérateur donné, la prise de décision se fait par étapes successives, sur des horizons glissants. A chaque étape correspond un horizon spécifique.

Tableau 2 - Exemple hypothétique d'un plan de travail résultant d'un processus de planification d'un chef de section.

Echelles de temps				
Jours (Horizon semaine)	Equipe (Horizon jour)	Heure (Horizon équipe)	Tâches	
Lundi	Equipe 1	1		
		2	B	
		3		
		4	A	
		5	C	
		6		
		7		
		8		
		Equipe 2		E, G, H
		Equipe 3		D, F, H
Mardi			I, J, K, L, M	
Mercredi			N, O, P, Q	
Jeudi			R, S, T, U, V	
Vendredi			W, X, Y, Z	

Le tableau 2 représente des résultats hypothétiques de ce type de planification. Etant donné l'état d'un plan de travail constitué de 26 tâches, à la première équipe du lundi matin :

- pour cette première équipe, à chaque tâche correspond une heure de début (l'ordre chronologique des tâches ne correspond pas à l'ordre alphabétique, pour indiquer que leur succession est définie sur cet horizon).

- sur le reste de la journée du lundi, les tâches sont réparties par équipe (de même que pour la première équipe, l'ordre alphabétique ne correspond pas à l'ordre chronologique pour montrer que la succession des tâches se précise au cours du temps).

- sur le reste de la semaine, les tâches sont classées par jours.

3.3 - Variations des niveaux d'espaces-problèmes

Si la structure hiérarchique du processus de décision se retrouve dans les différentes situations étudiées, les niveaux d'agrégation qui définissent les espaces problèmes varient. Ils dépendent, en partie, des exigences de la production (Valax et al 1992).

Sur la dimension collective du processus, la correspondance entre les niveaux de décision et les catégories de personnel varie en fonction des caractéristiques des ateliers. Par exemple dans une entreprise qui fabrique du petit appareillage électrique, nous avons pu constater que dans les ateliers de moulage et de fabrication métallique, les prises de décisions sont centralisées sur le responsable d'atelier (les autres catégories de personnel d'atelier ayant un rôle consultatif), alors que dans les ateliers de montage, les décisions sont prises conjointement par les différentes catégories de personnels, toute personne pouvant prendre une décision en cas d'urgence.

Sur la dimension individuelle, on retrouve cette diversité. Pour un certain nombre de décisions, les horizons considérés sont plus courts en fin de chaîne de fabrication (montage) qu'en début (moulage et fabrication métallique). En reprenant le cas de l'affectation d'opérations aux machines, l'horizon le plus important peut être de 15 jours en début de chaîne, et de 3 jours en fin de chaîne.

4 - Aides logicielles à l'Organisation du travail dans les ateliers : Perspectives

Dans ce chapitre, nous avons mis en évidence que les logiciels traditionnels confèrent à l'atelier un rôle d'exécutant inadapté aux exigences réelles de l'OTA. Les sources d'écart entre un plan prescripteur et son exécution étant importantes, l'atelier ne peut en aucun cas respecter les objectifs qui lui sont assignés par le niveau supérieur. Quel que soit le plan proposé à l'atelier, celui-ci est amené à le modifier.

Une nouvelle approche de la conception d'aides à l'OTA consisterait à guider l'atelier dans les différentes étapes de l'élaboration du plan de travail. Le but du logiciel ne serait plus de calculer une succession de tâches, mais de fournir à l'atelier un ensemble de contraintes qui lui permettrait de concevoir un plan exécutable en tenant compte des réalités locales. La succession qui, au travers de la notion d'ordonnancement, était le fondement de l'approche traditionnelle devient ici une donnée éventuelle du problème à considérer au moment opportun.

Le processus de conception du plan de travail étant une réalité de l'atelier, il serait souhaitable que le logiciel développe une approche qui lui soit compatible. L'analyse du fonctionnement réel de l'atelier faisant émerger un processus de planification hiérarchique par affinement de plans, un outil informatique fondé sur une approche par propagation de contraintes paraît possible (Erschler et al, 1989, Thuriot & Valax 1989). En traduisant les décisions des opérateurs en un ensemble de contraintes pour l'étape de planification suivante, cet outil permettrait d'assurer en partie la cohérence des décisions collectives et individuelles au sein de l'atelier. Au niveau de l'interface, les contraintes pourraient être représentées par des marges de temps, de travail, de ressource, qui seraient réduites à chaque étape de planification. Poser le problème en termes de marges permet à l'atelier de fonctionner non pas sur une solution unique, mais sur un ensemble de solutions acceptables qui se restreint au cours du temps. Une solution choisie à un niveau N réduisant l'ensemble des solutions du niveau N+1, la cohérence des décisions entre les différents niveaux de planification est assurée.

Cette approche par propagation de contraintes a elle aussi des limites qu'il faut considérer. Nous avons vu que ce système assure la cohérence des décisions sur l'ensemble des niveaux de planification, cet avantage peut devenir inconvenient si, à un niveau donné, une décision erronée est prise. Dans ce cas, l'erreur se répercute, en s'amplifiant, sur les niveaux inférieurs. Dans les situations où les phases de conception et de réalisation sont distinctes, une fois l'erreur repérée, il est

possible de remonter les niveaux de manière à la corriger. Cependant, dans l'OTA, ces phases peuvent se chevaucher dans le temps, la plupart des décisions à chaque niveau sont suivies d'actions effectives qui ne peuvent être annulées. Dès lors, l'erreur se propage sur les niveaux suivants. Par exemple, si un chef d'atelier décide d'accepter une commande au temps t , alors que la charge au temps $t+1$ est déjà importante, la commande ne pourra pas être annulée et l'atelier devra trouver un moyen pour réguler cette surcharge, éventuellement prendre du retard sur une autre tâche.

Pour limiter les erreurs à un niveau donné, deux solutions complémentaires sont envisageables. Tout d'abord, il est possible d'offrir à l'utilisateur un système qui simule les conséquences des décisions. Cependant, compte tenu des temps de calcul, la simulation peut être jugée coûteuse par les ateliers et ainsi peu utilisée (rappelons que la simulation d'ordonnancement qui est possible sur certains logiciels actuels est rarement utilisée). Une deuxième solution pourrait se situer au niveau de la présentation des données (Valax et al, 1991). Pour prendre ses décisions, l'opérateur met en œuvre un processus cognitif de résolution de problème qui suppose la construction de représentations mentales (Richard, 1984, 1990 ; Leplat, 1985). Ces dernières dépendent d'une part, des connaissances dont l'opérateur humain dispose et d'autre part, de la nature et du codage des données. Dès lors la présentation de l'information devient un problème essentiel dans la conception d'une interface d'aide logicielle à l'OTA.

Bibliographie

- Caverni, J.P. : Psychologie de l'expertise : éléments d'introduction. *Psychologie Française*. 33, 3, 114-125, (1988).
- Chi, M.T.H.; Glaser, R. & Farr, M.J. : *The nature of expertise*. Hillsdale : Laurence Erlbaum, (1988).
- Ciais, B : *Planification des données temporelles : Etude des plans et de leur utilisation dans la fonction ordonnancement d'un système de production*. Mémoire de maîtrise, Université Toulouse-le-Mirail, (1989).
- Doumeings, G.; Breuil, D. & Pun, L. : *La gestion de production assistée par ordinateur*. Paris : Hermès, (1983).
- Erschler, J.; Lopez, P. & Thuriot, C. : Temporal reasoning under resource constraints : Application to tasks scheduling. 2° *International Symposium on "Systems research Informatics and Cybernetics"*, Baden-Baden, West Germany August 11-16, 1989.

- Falzon, P. : *Ergonomie Cognitive du dialogue*. Grenoble : PUG, (1989).
- Gadbois C. & Queinnec : Travail de nuit, rythmes circadiens et régulation des activités. *Le travail Humain*, 47, 3, 195-225, (1984)
- Hoc J.M. : *Psychologie cognitive de la planification*. Grenoble : PUG.
- Leplat J. : Les représentations fonctionnelles dans le travail (1987). *Psychologie Française*, 30, 3/4, 269-278, (1985).
- Leplat J. & Hoc J.M. : Tâche et activité dans l'analyse psychologique des situations. *Cahiers de Psychologie Cognitive*, 3, 49-63, (1983).
- Mariné, C., Cellier, J.M. & Valax, M.F. : Dimensions de l'expertise dans une tâche de régulation de trafic : règles de traitement et profondeur du champ spatio-temporel. *Psychologie Française*, 33, 3, 151-160, (1988).
- Richard J.F. : La représentation du problème. *Psychologie française*, 1985, 30, 3/4, 277-284, (1985).
- Richard J.F. : *Les activités mentales : comprendre, raisonner, trouver des solutions*. Paris : Armand Colin, (1990).
- Sacerdoti, E. D. : A structure for plans and behavior. American elsevier publishing company inc, (1977).
- Thuriot C. & Valax M.F. : An interactive algorithm for scheduling decision aid, based on a temporal logic under resource constraints. "First ESPRIT CIM-Europe, conférence", Athens 17-19 May 1989
- Valax, M. F.; Mariné, C. & Reinert, M. : Traitement de données structurées par un ordre temporel ou hiérarchique : Utilisation dans l'analyse de l'activité, *Le travail humain*, 53, 1, 79-89, (1990).
- Valax, M.-F. & Thuriot, C. : Some new concepts for scheduling decision aids. In W. Karwowski and M. Rahimi (Eds) *Ergonomics of Hybrid Automated Systems II*. Elsevier Science Publishers B. V., 369-377,(1990).
- Valax, M.-F., Ciais, B. & Cellier, J.-M. : Computer aided scheduling : influence of mode of data presentation on problem solving strategy. In *11th Congress International Ergonomics Association*. 15-20 July 1991 .
- Valax, M.F; Thuriot, C., Cellier, J.M. & Erschler, J. : *Planification et contrôle de l'exécution des activités dans les systèmes de production : Une analyse des fonctions Planification-Ordonnancement*. SISTEM Axe 2 Rapport n°870004, (1989).