



**HAL**  
open science

# Intégration de l'aide multicritère à la conduite dans le système de pilotage en vue de l'amélioration des processus de production

Régis Dindeleux, Damien Trentesaux

## ► To cite this version:

Régis Dindeleux, Damien Trentesaux. Intégration de l'aide multicritère à la conduite dans le système de pilotage en vue de l'amélioration des processus de production. 42ème journées du groupe de travail européen aide multicritère à la décision, 1995, Namur, France. hal-03225822

**HAL Id: hal-03225822**

**<https://uphf.hal.science/hal-03225822>**

Submitted on 13 May 2021

**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.

# INTEGRATION DE L'AIDE MULTICRITERE A LA CONDUITE DANS LE SYSTEME DE PILOTAGE EN VUE DE L'AMELIORATION DES PROCESSUS DE PRODUCTION

Régis Dindeleux, Damien trentesaux

## **Problématique**

Les outils de modélisation des systèmes de production n'intègrent généralement pas une représentation formelle de la gestion des échanges d'informations (captage et passage d'ordres) entre le système de pilotage et le système piloté. Les outils de simulation par exemple ne nous permettent pas de modéliser et de simuler de manière simple et cohérente le système de pilotage et ses connexions avec le système physique de production. En effet, les règles de pilotage sont généralement imbriquées et figées dans la structure des ressources. De même, les outils actuels n'intègrent pas les processus de résolution de problèmes en tant que tel dans le processus de modélisation pour la simulation. Or, au moment de la prise de décision, il est primordial de rapprocher la simulation à la réalité, d'intégrer les notions de savoir-faire, de compromis par rapport à des critères antagonistes tels que les coûts les délais et la qualité, ainsi que la prise en compte de l'environnement.

En effet, dans le cas d'une défaillance machine par exemple, une décision sera prise par le chef d'atelier, en tenant compte des contraintes liées aux produits, au flux et aux ressources, ce qui lui rend complexe sa tâche et l'amène à oublier voire à se tromper sur ses décisions. De plus, ce même chef d'atelier au moment de la prise de décision, va être plongé dans un contexte lié aux objectifs de l'entreprise à un instant  $t$  et qui vont fortement influencer le choix de l'alternative. Dans le cas de la machine défaillante, si la commande est déjà en retard, la solution la plus performante du point de vue des délais sera prise, par contre si cette solution est trop onéreuse et que ce critère est prioritaire face à celui du délai, le chef d'atelier choisira une autre solution. C'est donc ce contexte que nous avons voulu prendre en compte en intégrant un algorithme d'aide multicritère à la conduite. Néanmoins, l'intervention de l'opérateur dans ce type de problèmes n'est pas toujours envisageable, en particulier pour des problèmes de temps d'intervention, dans ce cas, le système choisit une solution satisfaisante avec un contexte figé à priori, mais tenant compte de critères antagonistes.

## **Introduction**

L'étude présentée dans ce papier porte au niveau du pilotage d'un atelier. Ce niveau, intermédiaire entre le prévisionnel (ordonnancement, planification, etc.) et le temps-réel a pour responsabilité de gérer la production en restant cohérent avec les consignes prévisionnelles. La problématique d'un tel niveau est la complexité d'une telle gestion qui doit tenir compte à la fois des objectifs (prévision) et de l'état réel du système de production (temps-réel).

Notre approche quant à la résolution d'une telle problématique consiste à appréhender le système de production sous forme d'un ensemble de processus. Le processus est défini comme étant un enchaînement finalisé d'activités. Plusieurs types de processus peuvent être exhibés. Nous nous limiterons volontairement aux processus de production qui concrétisent le système de production.

La modélisation proposée intègre une représentation des flux (produits ou services) et des procédés (effecteurs) agissant sur les flux. La représentation utilise des symboles graphiques (cf figure) qui permettent de représenter sur un même schéma les flux, l'enchaînement des procédés agissant sur ces flux, ainsi que les échanges entre le système opérant et l'extérieur. C'est au travers de ces points d'échanges d'information (captage et passage d'ordres), que le système opérant va être piloté.

La modélisation des effecteurs est réalisée à partir d'une méthode géométrique qui définit pour chaque effecteur, un quadruplet que l'on appelle activité. Une activité est donc associée à un changement d'état du flux et représente une vue informationnelle de l'effecteur.

La succession des changements d'états et donc l'enchaînement finalisé des activités définit la notion de processus finalisé.

L'instanciation des quatre composantes de l'activité se fait dynamiquement pendant le déroulement du processus par le système de pilotage. En fonction des informations captées sur le système opérant, l'environnement et l'objectif, un module de résolution de problème basé sur la connaissance des métiers et des compétences de l'entreprise, propose une ou plusieurs instanciations définissant ainsi plusieurs activités envisageables. Une première étude portant sur le module d'aide à la décision multicritère (simulateur) a pour méthode de classer les activités préselectionnées selon des critères propres à l'entreprise traduisant le contexte au moment de la décision. Le choix final de l'activité la plus satisfaisante peut être automatisé ou peut être laissé à l'utilisateur en effectuant des changements de pondération de critères ou par simulation des activités proposées.

L'association de l'activité, du module de résolution de problème et du module d'aide multicritère à la décision constitue ce que l'on nomme le centre de pilotage.

Ce centre de pilotage transmet les composantes de l'activité à l'effecteur considéré à travers le point de pilotage.

### **Définition des processus opérants et de pilotage des systèmes de production**

Un processus est défini comme étant un enchaînement partiellement ordonné d'activités en vue de réaliser un objectif.

### **Les processus "opérant et de pilotage" : de la spécification à la validation**

Pour illustrer nos choix de méthodes et de représentations, nous allons les appliquer sur un exemple concret. Cet exemple est le cas réel d'une PMI travaillant sur des petites séries au plus juste et nécessitant donc une forte réactivité.

Son système de production consiste en la fabrication de crayons en matières plastiques et intègre des procédés de moulage, d'assemblage, de stockage et de mise en lots.

Il s'agit d'un système de production hybride qui est constitué de process continus pour les opérations d'injection et de process discrets pour l'assemblage et la mise en lot.

Nous allons mettre en évidence pour cet exemple les processus opérants et les processus de pilotage. La mise en évidence de ces processus se fait par identification de quatre phases: phase de spécification, phase de conception, phase de réalisation et phase de validation

Ces processus étant prévisionnels jusqu'à la phase de réalisation, c'est à dire dès que le produit est effectivement en cours de réalisation.

### **Phase de spécification**

#### **Spécification du processus opérant**

A partir de l'analyse de l'existant du système de production ou d'une nomenclature du stylo à produire, il va falloir spécifier tout ce qui est nécessaire afin de pouvoir dérouler le processus opérant lié à la fabrication du stylo (diagramme des flux, implantation,...).

Pour notre exemple :

- S1 spécifier les procédés utilisés, leurs entrées et sorties et leurs liens logiques
- S2: spécifier les ressources, machines et moyens à associer aux procédés

ex : qualification opérateur / tâche

Qualité machine/usinage, ...

#### **Spécification du processus de pilotage**

A partir du diagramme des flux de produit, on doit spécifier tout ce qui est nécessaire au pilotage de la production, c'est à dire tout ce qu'il faut associer à la représentation pour que le

système puisse être piloté et donc que le produit puisse être réalisé ( activité, centre de pilotage, ...)

S'1: Spécifier les règles de pilotage liées à des fonctions particulières (maintenance),

S'2: Spécifier les règles liées à chaque procédé, poste de travail et partenaires

S'3: Spécifier les règles de réaction aux aléas (pannes ressources, famine, blocage, ...)

S'4: Spécifier les capteurs à utiliser sur le système opérant ...

### **Résultat de la phase de spécification**

Un cahier des charges décrivant de manière formelle les différentes entrées et sorties des procédés, en utilisant des concepts issues de [ROT 95] dont voici quelques définitions liées aux produits, procédés et flots.

Ces différentes entrées et sorties liées aux procédés sont représentés graphiquement sur la figure 1

### **Les produits ou services et leurs flots**

La notion de produit P désigne les éléments qui circulent et qui sont transformés au sein de l'entreprise. Elle correspond aussi bien à des produits qu'à des services.

Notation :  $P = \{\text{pièces P1 brutes, pièces P2 brutes, pièces P3 brutes}\}$

#### Article élémentaire de produits

La notion d'article élémentaire  $ae$  permet d'associer à un produit une unique unité de mesure.

$ae(\text{pièces P1 brutes}) = \text{unité P1}$

$ae(\text{pièces P2 brutes}) = \text{unité P2}$

$ae(\text{pièces P3 brutes}) = \text{unité P3}$

#### Flot d'articles élémentaires

Un flot est une fonction qui permet d'associer à un ensemble d'articles élémentaires leur quantité respective.

#### Les procédés

##### **Transformation de produit**

Cette notion traduit le passage d'un flot à un autre.

On parlera d'une transformation  $t$  qui fournit un ensemble de produits  $V_t$  (valeur de transformation) en utilisant l'un des ensembles de produits donné par  $S_t$  (source de transformation).

##### **Procédé de transformation des produits.**

Le procédé de transformation de produits représente pour un procédé donné, les différentes transformations à réaliser sur ces produits.

##### **Procédé de stockage**

Les procédés de stockage peuvent être de plusieurs types, tampon, équilibrage, avec transformation,...

fig1 : processus opérant prévisionnel

- les types de postes (moulage, assemblage,...)

- la liste de toutes les règles et procédures prévisionnelles de pilotage du style :

Si machine M1 en panne alors remplacer par M2

Mettre un capteur d'état "marche, bloqué, arrêt" sur la machine M1,...

### **Phase de Conception**

### **Conception du processus opérant**

- conception des partenaires ( hommes, machines) pour un procédé donné
- conception des moyens liés au procédé (matières premières, outils, transport,...)
- planification des différentes opérations

Cette phase s'appuie aussi sur une définition formelle des activités liées aux processus dont voici quelques définitions.

### **Ordre de transformation des flots**

La notion d'ordre permet de représenter la transformation à effectuer sur un ensemble de flots pour un procédé donné (type de produit et quantité à transformer).

### **Modélisation des postes de travail : les partenaires**

On appelle poste de travail une entité physique (machine, personne) de l'entreprise effectuant une transformation de produits.

La notion de partenaire correspond à une fonction qui associe un procédé à un poste de travail de l'entreprise qui le met en oeuvre.

- Un partenaire, noté  $p_a$ , est une fonction telle que  $p_a(\text{poste de travail}) = \text{procédé}$

### **Définition et représentation de l'activité d'un procédé**

Pour décrire complètement une activité, on associe à un flot en entrée, l'ordre qui va permettre de le transformer, les partenaires émetteur et destinataire images de l'ordre par une fonction partenariat, ainsi qu'une date de réalisation.

On exprime donc l'activité comme un quadruplet  $a_p = (\text{flot}, \text{ordre}, \text{couple de partenaires}, \text{date})$

Le flot  $f_0$  sera réalisé par l'ordre  $O_1$  sur la machine  $e_1$  par le procédé  $Pt_1$  à la date  $T_1$  et sera ensuite transformé sur la machine  $e_2$  par le procédé  $Pt_2$ . L'activité est donc exprimée par  $a_p = (f_0, O_1, (p_{a1}, p_{a2}), T_1)$  avec les partenaires  $p_{a1}(e_1) = Pt_1$  et  $p_{a2}(e_2) = Pt_2$ . cf annexes

La modélisation géométrique nous fournit un espace vectoriel de dimension quatre dans lequel les activités sont caractérisées. L'activité étant associée à un effecteur, elle représente la transition entre l'état  $e_i$  (avant transformation) et un état  $e_{i+1}$  (objectif de l'activité).

### **Résultat de la phase de conception du processus opérant**

Planification des activités prévisionnelles

### **Conception du processus de pilotage**

Les activités liées au processus sont fortement perturbées par des événements externes ( leurs environnements) et des événements internes à ces activités (pannes de ressources...).

Réagir à ces événements afin d'optimiser le déroulement du processus nécessite la mise en place de centres de pilotage pour chacune des activités.

Le centre de pilotage assure les trois fonctions suivantes :

- Agir : instanciation des composantes de l'activité
- Percevoir : en fonction de l'objectif lié à l'activité, on observe les éventuelles dérives
- Réagir : instanciation d'une nouvelle activité en fonction de la dérive du système opérant, de l'environnement et des objectifs

Ce centre de pilotage attaché à l'objectif local  $e_{i+1}$  possède la connaissance de l'état  $e_i$ , des caractéristiques de l'activité, des différents événements et de la dérive  $d = \text{activité}(e_i) - e_{i+1}$ . Si cette dérive est nulle aucune action corrective n'est envisagée et dans le cas contraire le centre de pilotage agit à travers le point de pilotage sur les composantes de l'activité (changement de partenaires,

décalage de la date, etc...) de manière à ce que l'objectif soit approché.

Le centre de pilotage est donc composé pour une partie de l'activité et pour l'autre d'un module de résolution de problèmes.

Dans cette phase nous concevons les centres de pilotage pour chaque effecteur :

- Concevoir les règles (globales) de communication entre centres de pilotage, c'est à dire de quelles variables a-t-on besoin, quels indicateurs de conformité doit on mettre en oeuvre, synchro ...
- Concevoir les procédures d'échanges entre les processus opérants et ceux de pilotage.
- Concevoir les règles liées à chaque effecteur (locales)

### **-Résultat de la phase de conception du processus de pilotage**

#### processus de pilotage prévisionnel

### **Phase de Réalisation**

Dans cette phase de réalisation, nous allons dérouler les processus prévisionnel, en prenant en compte les données réelles de l'atelier, telles que les quantités de produits, les pannes, les aléas divers. Dans cette phase, le processus va être piloté en instanciant les activités.

Considérons la fabrication des bouchons du stylo. L'Objectif correspondant au lancement d'un lot de 100 bouchons va permettre d'instancier une ou plusieurs activités prévisionnelles liées à l'effecteur "Moulage des bouchons" par exemple:

a1: (Matière plastique, 100 bouchons, procédé de moulage sur Centre Usinage1, date t1)

a2: (Matière plastique, 100 bouchons, procédé de moulage sur CU2, date t2)

a3: (Matière plastique, 100 bouchons, procédé de moulage sur Machine dédiée, date t3)

Ces alternatives de fabrication doivent ensuite être évaluées afin de choisir la plus satisfaisante.

Cette évaluation est faite à l'aide d'un algorithme d'aide multicritère à la décision.

Nous avons un ensemble d'alternatives à un problème donné et vis à vis des contraintes, nous devons évaluer ces alternatives selon une liste de critères afin de choisir la plus satisfaisante. La liste des critères que nous avons définis se rattache à trois axes de signification "coût, délais qualité"[ROY, TRENT]; ces axes représentant les différents points de vues du problème.

La liste des critères est:

- Critères pour les délais: Durée de la tâche/ressource, temps de préparation tâche/ressource, temps de transport du produit sur la ressource, disponibilité de la ressource.
- Critères pour la qualité: taux d'usure des outils/tâche, qualification requise pour l'opérateur/tâche.
- Un critère pour les coûts sera par exemple le coût de production.

A ce stade, nous pouvons construire la matrice de décision, qui est composée d'alternatives, de critère et de la pondération des critères. L'évaluation des alternatives selon les différents critère est faite à partir de données provenant des différentes bases de données de l'entreprise (maintenance, commercial, méthodes, ...). Cette façon de procéder est intéressante, dans la mesure où ces données sont cohérentes et mise à jour.

A partir de cette matrice de décision, le système est capable de procéder à l'étape d'agrégation afin de classer les différentes alternatives. Pour des raisons de convivialité et de représentation des critères, nous avons opté pour la méthode d'agrégation dite de surclassement "Prométhée II". La partie suivante détaille l'approche de résolution adoptée ainsi qu'une discussion portant sur le choix de la méthode multicritère et ce, en fonction du contexte de résolution.

## Discussion

### Contexte

La conduite d'atelier est une étape du processus de production de plus en plus critique. Les contraintes de flexibilité et de capacité de résistance aux pannes sont de plus en plus forte. Désormais, il est nécessaire de proposer une méthode de conduite à la fois très réactive et très souple. Les méthodes existantes n'ayant pour objectif que la seule efficacité de production en terme de temps de réponse provoquent une minimisation de la flexibilité globale décrite en terme de flexibilité de ressource de production, de flux de produit, de décision de conduite et d'intégration de l'opérateur humain.

Notre approche a donc pour but de:

- recréer l'information au niveau des points de pilotage en dissociant les différents flux portant soit sur la décision, soit sur la production. De cette manière, il est possible de cerner un contexte de décision indépendamment du processus de production (cf. parties précédentes) et ainsi de créer la notion de point de pilotage et de décision de pilotage.
- Améliorer la flexibilité du processus global en proposant un module de décision réactif basé sur un ensemble de données plus complet. L'ensemble des décisions sera établi dynamiquement au cours du processus de fabrication.

Ce deuxième point est discuté plus en détail dans la partie suivante.

### Prise de décision

Notre étude porte principalement sur la problématique de l'allocation ou de la ré-allocation (de tâches ou de ressources). Cette restriction peut cependant être généralisée à une typologie plus complexe pouvant porter sur les caractéristiques de l'atelier de production (capacité machine, etc.). L'ensemble de ces prises de décisions se faisant en temps réel, puisque nous nous situons au niveau pilotage.

Le problème qui nous concerne est donc celui de l'allocation dynamique. Les approches classiques exploitent les algorithmes d'optimisation classique de recherche opérationnelle basés sur les règles de la gestion de production qui sont principalement: allouer la tâche à la ressource qui propose les délais les plus courts (Earliest Due Date:EDD) ou encore, allouer la tâche à la ressource qui a le temps de production le plus faible (Shorter Production Time: SPT) ou alors un compromis d'optimisation entre toutes ces règles.

Malheureusement, cette simplification réduit fortement la réactivité parce que:

1. L'opérateur n'a pas sa place dans la décision, ou fort peu,
2. Les calculs sont très complexes (optimisation portant sur de nombreuses variables continues et discrètes), et sont d'autant peu efficaces que les données sont très réduites et très simplifiées,
3. L'intégration des contraintes locales ou fugitives (commande urgente, préférence pour une machine à une autre pour raison personnelle ou professionnelle telle que respectivement l'habitude d'utilisation ou la rentabilité d'un investissement) est impossible,
4. L'intégration des contraintes techniques globales ou constantes (usure outil, capacité de stockage, temps de changement outil, re-initialisation, etc.) est très difficile et compromet fortement la prise de décision réaliste qui est occultée par les algorithmes classiques.

Ainsi, la performance globale de la structure de pilotage est fortement réduite par cette décision algorithmique car une telle prise de décision est nécessairement multicritère.

### **L'allocation de tâche: une décision multicritère**

Nous justifions de manière plus précise la nécessité d'une approche multicritère:

1. La prise de décision est par essence multicritère: il s'agit de trouver un compromis (coût,

délais, qualité, etc.)

2. L'intégration de l'opérateur humain: le système de décision n'est certainement pas capable d'intégrer toutes les données qui peuvent être intéressantes ou requises afin de prendre une décision satisfaisante. De plus, ce même système ne peut pas savoir pour une allocation donnée si les souhaits du décideur sont pris en compte, si ce n'est que par un dialogue homme-machine. Encore une fois, l'aide multicritère est capable de proposer une telle méthode.

Il reste alors la difficulté de proposer une méthode multicritère qui satisfasse de nombreuses contraintes imposées par de nombreux domaines différents tels que la gestion de production ou la coopération homme-machine. Certaines découlent naturellement de ce qui précède:

1. La problématique: choisir parmi un ensemble fini de possibilités (rarement élevé), l'une d'entre elle afin de lui allouer la tâche en question: problématique de choix portant sur un ensemble discret.

2. L'utilisateur, I: il doit être parfois intégré au processus de décision. Et dans ce cas, la responsabilité qui lui incombe pour les allocations doit prendre en compte les faits suivants:

- *Les occurrences pour les tâches d'allocations ne sont pas uniques,*
- *L'efficacité du système global dépend du temps de réflexion pour l'allocation de chacune des tâches, et ce même si elles sont anticipées.*

Les conséquences de ceci sont évidentes:

- *L'opérateur doit dans un temps réduit allouer sa tâche, et ce de manière répétitive.*
- *Le temps d'allocation doit être insignifiant comparé au temps opératoire moyen.*

Afin de générer un choix rapide et répétitif dans le temps, il faut logiquement proposer une méthode:

- *Efficace vu le rapport 'temps passé pour allouer' / 'temps moyen d'opération'. Ce qui nécessite une méthode qui respecte le besoin d'avoir un tel rapport faible.*
- *Efficace vu le 'temps moyen entre deux allocations'. Encore une fois, si ce temps est faible, il sera nécessaire de mettre en place une méthode rapide.*

Il faut bien sûr garder à l'esprit que, dans une optique atelier flexible de production, la plupart du temps les délais sont serrés et le temps moyen entre deux allocations faible. Ce qui conditionne fortement la méthode.

D'autres contraintes (celles qui suivent) peuvent sembler peu nécessaires, mais nous allons voir, au contraire, que leur importance est au moins comparable à l'importance des contraintes précédentes, car elles déterminent l'efficacité réelle du système global:

1. Les données qualitatives: des données telles que la qualité du produit finis, la qualification d'un opérateur, le temps moyen opératoire, etc. sont des données qualitatives ou estimées (par des fonctions de probabilité par exemple) qu'il serait judicieux d'intégrer à l'algorithme multicritère pour éviter de pénaliser l'intérêt de prendre en compte des données réalistes, objectif que nous nous sommes fixés.

2. L'utilisateur, II: la plupart des méthodes multicritères sont destinées au plus ou moins long terme. ce qui concerne dans la grande majorité des cas, les décideurs habituels que sont les cadres, qui peuvent prendre le temps d'étudier la question pour prendre une décision importante mais unique. Ce qui n'est pas du tout le cas dans notre situation. Nous savons désormais que la décision doit être rapide et répétitive. De plus, une allocation étant une décision parmi un grand nombre, il n'est pas nécessaire de modéliser au plus fin la méthode multicritère. D'autant plus que dans ce cas, l'utilisateur est une personne d'atelier dont l'habitude n'est pas de prendre de telles décisions et dont les décisions n'influent pas de manière aussi primordiale au niveau de l'entreprise. Ainsi, il est nécessaire de proposer un outil d'aide dans lequel l'utilisateur peut avoir confiance. Des travaux émanants du domaine de la psychologie cognitive appliqué aux interfaces (N. Moray) parlent dans ce cas d'une fonction pour la qualité de la coopération. Elle s'écrit de la manière suivante:



Coopération = f(Confiance en soi, confiance en la machine). La coopération est croissante lorsque la confiance en soi diminue et/ou la confiance en la machine augmente. Le premier point n'est pas de notre ressort, alors que nous pouvons aisément jouer sur le deuxième en proposant une méthode simple et industrialisable dans laquelle tout opérateur non-cadre puisse croire. (Selon Schärli: "l'utilisateur a peur de la complexité", Pomerol: "la confiance du décideur se porte naturellement sur les méthodes simples").

Pour résumer ce deuxième point, il nous faut trouver une méthode:

- *Facilement interactive et aussi simple que possible dans son algorithmique,*
- *Capable d'éviter à l'opérateur une baisse d'attention et de réflexion due à la répétition,*
- *Efficace au sens ratio 'temps d'allocation'/'temps opératoire moyen' et au sens 'temps moyen entre deux allocations' pour éviter respectivement une perte d'efficacité et un engorgement de la file d'attente des demandes d'allocations.*
- *Le tout, harmonieusement couplé à une gestion de données temps réel et pouvant avoir de fortes connotations qualitatives. Bien sûr, ce point peut porter un préjudice important au besoin de simplicité.*

3. L'automatisation de la décision: dans le cas où l'utilisateur laisse le système de décision libre de son allocation, il peut-être utile de se demander s'il est judicieux et efficace de provoquer une telle automatisation. B. Roy répond à cette question: la problématique de choix approchée par une méthode multicritère convient bien à une "éventuelle utilisation répétitive et/ou automatisée".

### **Synthèse des contraintes**

Il suit donc de ce qui précède qu'un compromis doit être établi entre:

1. L'approche multicritère: qui se veut assez proche du raisonnement humain en intégrant des notions particulières telles que:

- *seuil de veto,*
- *seuil d'indifférence,*
- *Incomparabilité,*
- *critères contradictoires ou conflictuels, etc.*

2. Les besoins et les contraintes réels de la structure: qui sont

- *Allouer une tâche à un ressource*
- *Interactivité avec l'opérateur pour une gestion efficace de l'auto-adaptativité,*
- *Nécessité d'avoir une allocation efficace (l'efficacité se définissant par le ratio précédemment cité et le temps moyen entre deux allocations)*

3. Les contraintes psychologiques: il est nécessaire de correctement intégrer les aspects psychologiques d'une responsabilité accrue pour l'opérateur sachant que sa tâche d'exécutant est élevée au niveau décision, mais pour des décisions répétitives et fréquentes.

### **Discussion sur la méthode**

L'intérêt de l'utilisation d'une approche multicritère pour ce type de décision dans un environnement de production semble donc prouvé. Désormais, le problème n'est plus de choisir l'approche pour la résolution de la décision, mais plutôt de trouver une réponse à la question suivante:

"Quelle(s) méthode(s) multicritère(s) peut(vent) proposer un compromis intéressant entre les contraintes imposées par ces trois domaines structurellement indépendants que sont la gestion de production distribuée, la résolution multicritère et la psychologie?"

Une première étude a porté sur Prométhée II, malgré le fait que ce soit une problématique de tri. Nous justifions cette étude par le fait que Prométhée propose une solution intéressante à la question précédente:

1. La méthode de Prométhée a le mérite d'être simple. C'est ce qui a motivé en premier notre

choix. Elle est facilement implémentable et spécifiable en fonction du problème, très intuitive et compréhensible par l'utilisateur non nécessairement expert (cf. la notion de confiance en soi). C'est la principale différence avec les exemples proposés dans la littérature où la complexité de la méthode est supportée exclusivement par l'expertise de la personne qui traite le processus de décision.

2. Le classement donne une idée très claire à l'utilisateur de l'état des choses. Ce point est fortement lié à la question de l'aide: "que peut-il être judicieux de montrer à l'opérateur pour qu'il puisse se faire une idée rapide de la situation?". L'opérateur qui connaît un élément que le système ne prend pas en compte (donnée peu structurée) peut contourner ainsi le classement proposé par la machine. La question sous-jacente est de savoir s'il assume son choix alors que le système d'aide lui conseille autre chose. Mais cela relève plus de l'auto-responsabilité et de la confiance en soi.

Cette simplicité induit naturellement un inconvénient important:

La méthode Prométhée II projette une riche et subtile capacité de réflexion (veto, incomparabilité, indifférence, noyaux, etc.) sur un axe forçant notamment la comparabilité et la transitivité. De plus, cette transitivité (problématique de tri) n'est pas réellement nécessaire. Cette remarque ne tient compte que du premier point des 3 qui composent le compromis: le multicritère. Au regard de cet unique point de vue, il est évident que Prométhée II est peu riche. Cependant, en prenant en compte les deux autres points de vue (gestion de production distribuée, psychologie) le compromis est équitable.

Une solution envisageable est de greffer sur la phase d'agrégation de Prométhée II une technique de choix valué intégrant la notion de noyau. Ceci éviterait de forcer la transitivité et ainsi permettrait de conserver la souplesse de l'approche tout en proposant une meilleure qualité de décision.

En conclusion, l'intégration d'une approche multicritère accroît les potentialités en terme de réactivité du processus de production en améliorant la qualité de la décision. Le problème réside dans le choix de la méthode elle-même. Une première étude prouve qu'un compromis doit être établi afin de prendre en compte de nombreuses contraintes imposées par la spécificité du milieu de la production notamment. L'étude de Prométhée II constitue une première étape dans l'analyse des méthodes existantes.

Il nous semble aussi nécessaire d'aborder un problème trop souvent occulté qui est celui de la gestion des données (phase de renseignement selon Simon). Dans le but de procéder à une prise de décision efficace, les données doivent être:

- accessibles: un gestionnaire doit pouvoir fournir les données nécessaires au traitement. Dans le cas où les données sont peu accessibles (coût d'accès: capteur à prix élevé, etc.), des estimateurs doivent être développés. De telles données entachées d'erreurs doivent être alors supportées par le système d'aide à la décision. Ceci peut constituer une contrainte supplémentaire quant aux spécifications de la méthode de résolution.

- pertinentes: dans le temps (obsolescence) et dans l'espace (données peu redondantes, peu agrégées). Certains travaux sont réalisés dans ce sens: [Cauffriez] pour l'étude sur la pertinence dans le temps en particulier. En ce qui concerne la pertinence spatiale, de nouvelles méthodes telles que l'analyse par activité (ABC: Activity Based Costing) permettent d'obtenir des données très précises en terme de coût. Cette méthode s'oppose quelque peu avec l'approche classique de la méthode analytique. De cette manière, les prises de décisions peuvent être effectuées sur un jeu de données réellement fiable, précis et peu agrégé.

• •

fig.16. Matrice de décision

fig.17: Classement des alternatives

Considérons l'exemple d'allocation de la tâche "fabriquer les bouchons"

Alternatives / critères	coûts	délais	qualité
A1: fabriquer sur CU1	500	2,5	Très bonne
A2: fabriquer sur CU2	200	1	moyenne
A3: Fabriquer sur machine dédiée	600	0,5	Très bonne

fig. 18. Matrice de décision

fig. 19. Classification selon une pondération 1,1,1

fig. 20. Classification avec comme pondération 3, 1, 1.

Cette approche de recherche est de choix d'une solution nous permet de simuler l'impact de l'environnement et de l'objectif de l'entreprise sur le système de production. Elle permet par ailleurs de tenir compte du contexte au moment de la décision. En effet, considérons qu'au moment du choix d'alternative, les délais soit essentiels à cause de l'arrivée d'une commande urgente mais qu'il ne faut pas pour autant que les coûts soit trop élevés, dans ce cas le chef d'atelier adaptera la pondération des critères liés aux délais et aux coûts.

## Références

- [Bak 95] M. Bakalem R. Dindeleux G. Habchi A. Haurat - Proposal for a simulation model integrating a hierarchical and multicriteria control model - Eurosim 95 Vienne - 1995
- [Bak 95] Bakalem M, Habchi G, and Courtois A. 1994. "An Object-Oriented Approach for Production Systems Modelling". In the Proceedings of EMS'94; June 2-5, Barcelona, SPAIN.
- [Ber 92] J. Bernad - Approche systémique de l'entreprise et de son informatisation - ed. MASSON - 1992
- [Bra 85] J.P. Brans, P. Vincke. 1985. "A preference ranking organization method, the PROMETHEE method". Management science, vol 31.
- [BrH 95] C. Braesch A. Haurat - De la nécessité de maîtriser l'information. - Université d'été - 1994
- [Cauffriez 94] CAUFFRIEZ, L., 1994, Contribution à la mesure en temps réel des performances de production d'ateliers manufacturiers dans les applications de supervision distribuées, Thèse de doctorat, Valenciennes, France.
- [Din 94] R. Dindeleux. 1994. "Aide multicritère à la décision pour la conduite d'atelier", Rapport DEA - Université de Valenciennes.
- [Mas 94] P. Massotte - Evolution des technologies de l'information et optimisation des processus. - Rapport d'habilitation à diriger des recherches - 1994
- [Rot 95] H. Rotival. La réalistique : un modèle de représentation de l'activité de l'entreprise- à paraître
- [Roy 93] ROY, B. and BOUYSSOU, D. 1993, Aide multi-critère à la décision: Méthodes et cas , Economica, Paris, France.
- [Trentesaux 94] TRENTESAUX, D., DINDELEUX, R. and TAHON C. 1994, A MultiCriteria

Decision Support System for Dynamic task Allocation in a Distributed Production Activity Control Structure, European Workshop on integrated Manufacturing Systems Engineering, IMSE'94, INRIA, Grenoble, France, 383-393.