



HAL
open science

VERS UN OUTIL D'ÉVALUATION ET DE DIAGNOSTIC DE LA PERFORMANCE EN PLANIFICATION DE LA CHAÎNE LOGISTIQUE

David Damand, Marc Barth

► **To cite this version:**

David Damand, Marc Barth. VERS UN OUTIL D'ÉVALUATION ET DE DIAGNOSTIC DE LA PERFORMANCE EN PLANIFICATION DE LA CHAÎNE LOGISTIQUE. 9th International Conference on Modeling, Optimization & SIMulation, Jun 2012, Bordeaux, France. hal-00728641

HAL Id: hal-00728641

<https://hal.science/hal-00728641>

Submitted on 30 Aug 2012

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.

VERS UN OUTIL D'EVALUATION ET DE DIAGNOSTIC DE LA PERFORMANCE EN PLANIFICATION DE LA CHAÎNE LOGISTIQUE

D. DAMAND, M. BARTH

EM Strasbourg / Université de Strasbourg
61, avenue de la forêt noire
67085 Strasbourg Cedex - France
damand@em-strasbourg.eu, marc.barth@insa-
strasbourg.fr

RESUME : *Le contexte général de cette étude est le paramétrage du système de production. Il s'agit de réguler le flux physique en fonction d'objectifs, habituellement traduits en valeurs d'indicateurs de performance. Le pilotage de la performance passe par la maîtrise des conséquences des choix effectués. Il devient alors crucial de pouvoir articuler les effets potentiels des différentes décisions. Les approches existantes pour résoudre ce problème supposent toutes disposer d'un moyen de simulation capable d'estimer la valeur des indicateurs de performance pour chaque configuration des paramètres d'action qu'on lui soumet. Sur la base de ce postulat, et privilégiant l'utilisateur, nous nous sommes proposé de développer une démarche multicritère de compréhension et de représentation du comportement d'un système donné. La particularité de la démarche proposée est de combiner analyse de données et expertise de l'utilisateur. L'instrumentation de la démarche se nourrit d'outils d'analyse de données et d'aide à la décision pour donner naissance à une visualisation originale de la structure des performances dans un plan, appelée plan des préférences.*

MOTS-CLES : *Supply chain collaborative, indicateurs de performance, paramètres d'action, simulation, extraction de connaissances, analyse multicritère.*

1 INTRODUCTION

Le travail de cet article a été initié par deux questions fréquentes en gestion de production : Le système de gestion de production dont nous disposons, permet-il de répondre aux nouvelles conditions imposées par l'évolution de l'environnement de l'entreprise ? Dans l'affirmative, comment y répondre au mieux ? Nous nous sommes intéressés à ces questions lorsqu'elles mettent le décideur en situation de résolution de problème alors que les connaissances afférentes aux décisions à prendre dans cette nouvelle situation dépassent le cadre des connaissances répertoriées en gestion de production.

Les questions initiales peuvent être exprimées en modélisant les activités de régulation et de pilotage à la charge du gestionnaire. D'un point de vue cybernétique, le gestionnaire élabore la valeur de paramètres d'action pour faire atteindre au système un degré de performance caractérisé par la valeur des indicateurs de performance. Les paramètres d'entrée du système sont les paramètres d'action (PA), les sorties sont des indicateurs mesurant la performance du système (IP). Le problème initial peut être reformulé en utilisant le modèle de gestion que nous venons de décrire : peut-on par action sur les PA faire atteindre au système de production une valeur acceptable des indicateurs de performance compte tenu des contraintes sur les paramètres d'action, le travail à réaliser et les indicateurs de performance ? Si oui quelles sont les

valeurs à donner aux paramètres d'action ? La réponse à ces questions suppose qu'on sache modéliser et simuler la relation liant les paramètres d'action aux indicateurs de performance. Nous supposons, à l'instar de tous les travaux récents entrepris sur le sujet, que nous disposons d'un moyen de simulation du système de production capable d'évaluer la valeur des IP pour chaque configuration des PA qui lui est soumise.

Les travaux bibliographiques exploitables pour résoudre notre problématique se rangent alors en deux familles de travaux. La première famille de travaux utilise le simulateur pour définir des propriétés générales liant les PA aux IP et des lois de comportement caractérisant une famille de systèmes de gestion de production (comme dans (Dolgui and Prodhon, 2007), (Guide and Srivastava, 2000), (Koh et al., 2000), (Koh et al., 2002), (Mula et al., 2006), (Muthy and Ma, 1991), (Yeung and al., 2000), (Zhao and Kokin, 1997), (Kern and Wei, 1996), (Gardiner and Backstone, 1995) ou (Ho, 1995)). La connaissance de ces propriétés est censée aider le gestionnaire à mieux piloter le système de production réel sans utiliser de simulateur sur son propre système. La seconde famille de travaux nettement moins abondants que les précédents, propose une démarche de calcul des PA pour faire atteindre une valeur à un indicateur de performance (comme dans (Hnaien and al., 2010), (Martin and Temin, 1998), (Hurrion, 1997), (Fleury and Gourgand, 1998) ou (Lee and al., 1997)). La première approche est

limitée par le danger que représente une généralisation abusive des propriétés observées sur quelques exemples à une gamme plus large de systèmes compte tenu du caractère circonstancié des problèmes traités (Damand and al., 2010). La seconde approche omet souvent la dimension multicritère du processus d'évaluation des performances et la dimension cognitive (Keen, 1977), (Anderson, 1981), (Richard, 1998). Le lecteur trouvera dans (Damand, 2000) une analyse complète des limites des approches proposées dans la littérature. Comme résultat de cette analyse on retiendra que le caractère particulier de chaque système, la nouveauté des situations de pilotage à traiter, le caractère multicritère avéré des modèles de décision et la présence de l'homme dans la boucle de régulation et de pilotage nous ont incités à rechercher une démarche de compréhension et de représentation du comportement d'un système particulier. Nos efforts se sont donc concentrés sur l'analyse multicritère et la représentation de l'ensemble des performances et des actions en tenant compte des préférences du décideur ; ils ont donné lieu à l'introduction du concept de plan des préférences.

Dans la suite de cet article nous commençons par présenter le plan des préférences, puis nous illustrons son utilisation sur un cas industriel avant de conclure sur les perspectives de recherche engendrées par ce travail.

2 LE CONCEPT DE PLAN DES PREFERENCES

Le plan des préférences est le résultat d'une démarche résumée sur la Figure 1. Les données de départ à la disposition du décideur sont obtenues à l'aide d'un simulateur du système de production. A l'issue des simulations, nous disposons d'un tableau de la relation PA-IP (*appelé tableau PA-IP pour la suite*). Le nombre de lignes du tableau dépend de plusieurs facteurs. Supposons le système piloté par n paramètres PA_i ($i=1..n$). A chaque paramètre est associé un nombre de niveaux. Si le paramètre est qualitatif, le nombre de niveaux correspondra au nombre d'états possibles du paramètre. Si le paramètre est représenté par une variable quantitative on ne retiendra qu'un nombre fini de valeurs possibles pour ce paramètre. Si l'on note N_i le nombre de niveaux respectivement associé aux paramètres PA_i , le nombre de lignes potentielles du tableau sera : $\prod_i N_i$. Nous

supposons, sans perte de généralité sur les concepts exposés ci-après, pouvoir générer toutes les lignes du tableau à l'aide du simulateur. Nous appelons "solution" une ligne de ce tableau c'est-à-dire un couple du type (paramètres d'actions, indicateurs de performances).

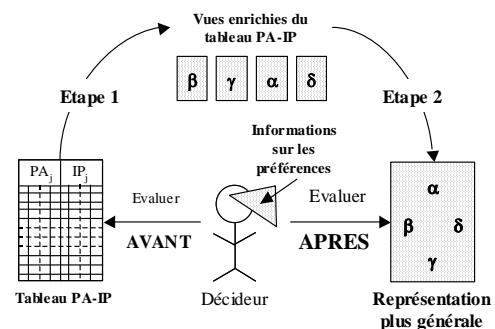


Figure 1. Notre démarche

L'évaluation des solutions du tableau PA-IP est réalisée par la construction de deux relations de préférence entre les solutions. L'une des relations est préétablie et indépendante du système analysé, l'autre tient compte de préférences propres au décideur. L'information sur les préférences du décideur n'est pas contenue dans le tableau PA-IP ; elle existe de façon non formelle dans la tête du décideur. Notons que cette information complémentaire nécessaire à l'évaluation n'est pas stabilisée ; elle dépend de la perception qu'a le décideur du problème dans la situation considérée. Dans un premier temps, pour accélérer le processus de construction des préférences et d'évaluation, des vues du tableau PA-IP enrichies par de la connaissance apportée par le décideur (Figure 1, étape 1) sont proposées. La connaissance que nous cherchons à représenter au travers des vues concerne les quatre activités (problématiques) de référence définies dans la théorie de l'aide à la décision (Roy, 1985) : trier (β), ranger (γ), décrire (δ) et sélectionner (α). Les activités d'obtention des préférences et des vues enrichies peuvent être systématisées et partiellement automatisées. Dans un deuxième temps, les vues précédentes sont intégrées dans une représentation plus générale (Figure 1, étape 2) : **le plan des préférences**. Cette dernière représentation des performances révèle notamment le rangement des performances du système selon les préférences du décideur. La représentation est anthropocentrique. Nous présentons ci-après, les outils d'analyse et de visualisation de la représentation.

2.1 Les outils d'analyse

La modélisation des préférences que nous proposons articule deux points de vue différents et complémentaires. L'élaboration de ces points de vue est systématisée en utilisant la méthode de rangement PROMETHEE (Brans et Vincke, 1985) d'une part, et une technique de tri des préférences que nous introduisons dans (Damand, 2000). La comparaison des rangements selon les deux points de vue permet de séparer les préférences fortes ou robustes des autres préférences. Une préférence non robuste correspond à un rangement contradictoire selon les deux points de vue. Ces contradictions donnent chacune lieu à deux niveaux d'interprétation. Le premier concerne l'interprétation de la numérisation des préférences. Le second touche au sens pratique des performances et peut donner lieu à l'identification de résultats

contre intuitifs. Pour compléter l'analyse des performances, des descriptions symboliques sont proposées. Elles reposent sur l'utilisation répétée et judicieuse (*séquence sélection-description*) de techniques de description symbolique des données développées dans (Bouزيد, 1992). Notre contribution à ce niveau a été de proposer ces descriptions et de formuler les questions du décideur sous la forme de problèmes permettant l'utilisation immédiate de ces techniques (Damand, 2000).

2.2 Les outils de représentation

Chacune des relations de préférence établies permet de positionner les solutions sur une échelle de préférence. Les échelles de préférences sont supportées par deux axes bornés, dits axe de rangement et axe de tri. En croisant les deux axes, nous obtenons ainsi un plan que nous

avons baptisé le plan des préférences (Figure 2, étape 1). Chaque solution ou performance du tableau PA-IP y est représentée par un point. Ce plan reflète en un clin d'œil la structure des performances atteignables par le système. L'exploration du plan est conditionnée par un dialogue (virtuel) entre l'utilisateur et le plan des préférences. Il s'agit donc "d'interroger" la représentation. Pour cette étape (Figure 2, étape 2), le décideur sélectionne manuellement des groupes de performances ou des liaisons entre groupes de performances. Pour caractériser et distinguer ces sélections, les réponses sont restituées sous formes de conjonctions et disjonctions de propositions logiques (D(PA,IP)) exprimées dans l'espace des IP et/ou des PA et placées en regard des sélections (Figure 2, étape 3).

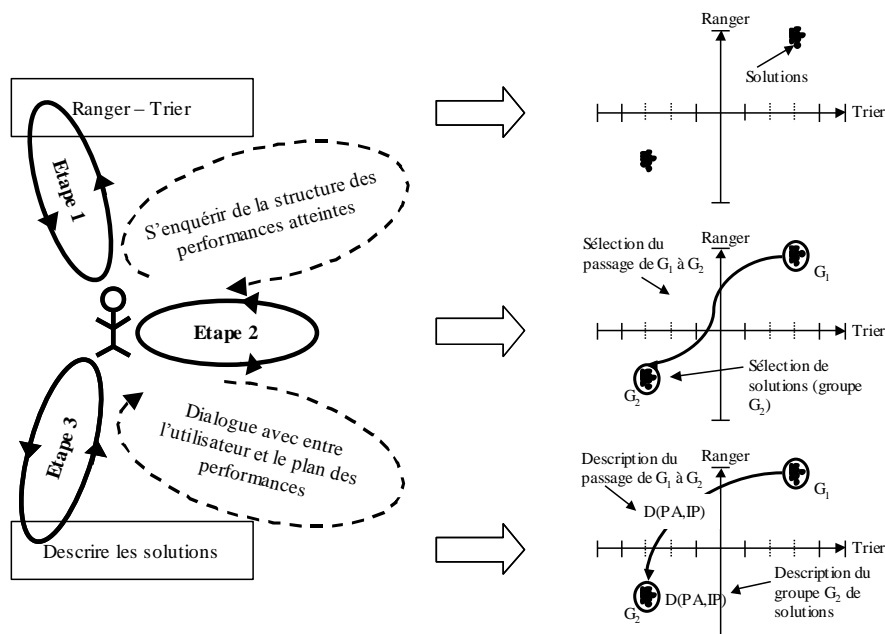


Figure 2. Le décideur au centre du processus de révélation des préférences

3 EXPLOITATION DU PLAN DES PREFERENCES A PARTIR D'UN CAS INDUSTRIEL

L'étude de cas présentée aborde le problème de l'impact des variations de demandes clients sur les performances du système de production. Cette problématique générale en gestion de production n'est qu'un support illustrant la démarche présentée ci-dessus.

3.1 Description du cas industriel

L'entreprise dans laquelle nous avons mené notre investigation est une entreprise axée sur la téléphonie. Elle emploie 1500 employés sur un site de production de 7500 m². Ouverte au monde de plus en plus concurrentiel avec une distribution dans plus de 110 pays, l'entreprise a le souci d'abaissement de ses coûts et principalement

des coûts de production par une utilisation optimale du système de production et une plus grande flexibilité du temps de travail. L'entreprise dispose d'un ERP qui utilise une logique MRPII à capacité infinie. La fabrication est faite sur prévision et l'assemblage est fait à la commande.

3.2 Problématique de l'étude de cas industriel

Dans cette étude, nous focalisons notre attention sur l'atelier d'assemblage et plus particulièrement sur la révision de ses valeurs de PA dans le cas d'une nouvelle situation prévisionnelle de vente. Elle correspond au nouveau profil des volumes de vente sur un horizon futur de six mois. Une nouvelle situation peut soulever plusieurs interrogations comme :

- Est-il nécessaire de modifier la solution de paramétrage actuelle ? Peut-on faire mieux ?

- Si oui, quels sont les paramètres à modifier ?
- Dans quel ordre modifier les paramètres ?
- Qu'est ce qui distingue une solution jugée "bonne" d'une solution jugée "mauvaise" ?
- etc.

Etant donné le caractère erratique du profil des prévisions de vente, le gestionnaire s'interroge également sur la manière de systématiser l'analyse d'une nouvelle situation. Nous montrons dans ce qui suit comment apporter des réponses aux types de questions ci-dessus à l'aide de la représentation des performances dans le plan des préférences.

3.3 Exploitation du cas industriel

Le plan de travail suivi sur ce cas contient 9 étapes :

1. Prendre connaissance de la structure physique, 2.

Prendre connaissance de la structure du système de gestion, 3. Choisir les IP, 4. Choisir les PA, 5. Construire un plan d'expériences, 6. Construire un simulateur PA-IP du système de gestion, 7. Choisir les valeurs des paramètres préférentiels relatifs aux méthodes d'analyses du tableau PA-IP, 8. Construire le plan des préférences et représenter les solutions, 9. Extraire les connaissances à partir du plan des préférences. Afin de pouvoir suffisamment développer l'étape 9, nous abordons ici uniquement les étapes indispensables à l'interprétation de la structure du plan des préférences.

Etapes 3 et 4

Les IP (Figure 3), les PA (Figure 4) et leurs niveaux respectifs sont choisis en collaboration avec le gestionnaire.

| Intitulé des IP _i | Désignation | [Unité] | Définition |
|------------------------------|---------------------------------------|-----------|--|
| <i>TSV</i> | Taux de service pondéré par le volume | [%] | Quantité de produits livrés à temps divisée par la quantité totale commandée |
| <i>COUT</i> | Coût total | [MF] | Coût de production (coût d'assemblage + coût composants avant assemblage) + coût de possession + coût d'heures supplémentaires |
| <i>HS</i> | Heures supplémentaires | [H] | Nombre d'heures supplémentaires moyen |
| <i>CH</i> | Charge | [Millier] | Quantité moyenne de produits à assembler |
| <i>COUV</i> | Couverture de stock | [J] | Couverture de stock moyenne |

Figure 3. Les IP

| Intitulé des PA _i | Définition | [Unité] | Paramétrage | |
|------------------------------|---|---------|-------------|-------------|
| | | | Niveau bas | Niveau haut |
| <i>Res</i> | Réserve de capacité | [%] | 0 | 10 |
| <i>Lis</i> | Activation/Désactivation de la procédure de lissage de charge | [/] | 0 | 1 |
| <i>Hsup</i> | Quantité d'heures supplémentaires | [%] | 0 | 40 |
| <i>Ho</i> | Horizon pour le calcul de la couverture de stock | [Mois] | 1 | 2 |
| <i>Hj</i> | Nombre de jours de couverture de stock | [J] | 1 | 5 |
| <i>Rl</i> | Règle de lotissement | [Mois] | 1 | 2 |

Figure 4. Les PA

Etapes 5 et 6

Le calcul MRP, effectué par l'ERP a été reprogrammé de sorte à pouvoir enchaîner les expériences. Une expérience correspond à une configuration de PA ; le plan factoriel complet à six facteurs principaux et deux niveaux compte $2^6=64$ expériences. Le temps de traitement informatique du plan reste compatible avec un traitement sur ordinateur personnel. Sur la base du plan d'expériences, 64 expériences sont simulées pour la nouvelle situation de prévisions de vente. Pour chaque configuration de PA, le résultat est une liste de valeur d'IP.

Etapes 8

Après construction du plan des préférences, la structure des performances atteintes se présente comme le montre la Figure 5. Le plan des préférences se définit par :

- un axe de tri caractérisé par 21 classes et cinq IP_j. Chaque classe indique le nombre d'IP dont la valeur est respectivement jugée *bonne*, *moyenne* et *mauvaise* par l'utilisateur. La classe 1 et 21 représente respectivement le meilleur des cas caractérisé par des IP_j tous jugés bons et le pire des cas caractérisé par des IP_j tous jugés mauvais.

- un axe de rangement caractérisé par une échelle normalisée entre "-1" et "1". Le maximum ("1") et le minimum ("-1") de l'axe traduisent respectivement une solution dont les valeurs d'IP_j sont numériquement meilleures que toutes les solutions relativement à tous les IP_j et une solution dont les valeurs d'IP_j sont numériquement moins bonnes que toutes les solutions relativement à tous les IP_j.

Un point dans le plan représente une solution ou un en-

semble de solutions du tableau PA-IP identiques en termes de préférence utilisateur. Les coordonnées d'une solution sont respectivement la classe d'affectation sur l'axe tri et sa qualification traduisant son importance relative sur l'axe rangement.

Etapes 9

Par souci de clarté, nous représentons uniquement les zones du plan des préférences que nous exploitons (Figure 6).

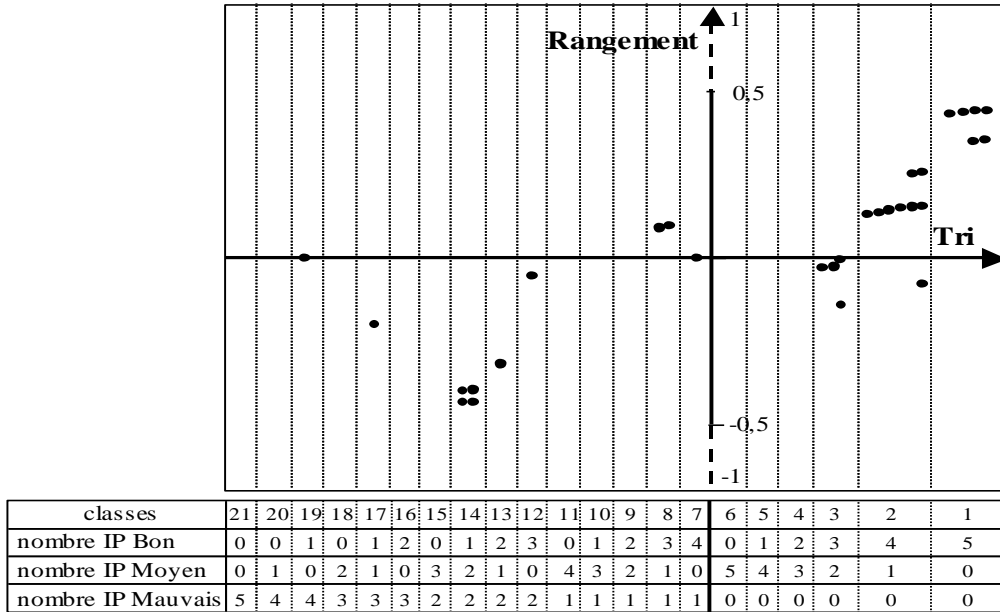


Figure 5. Plan des préférences du cas industriel

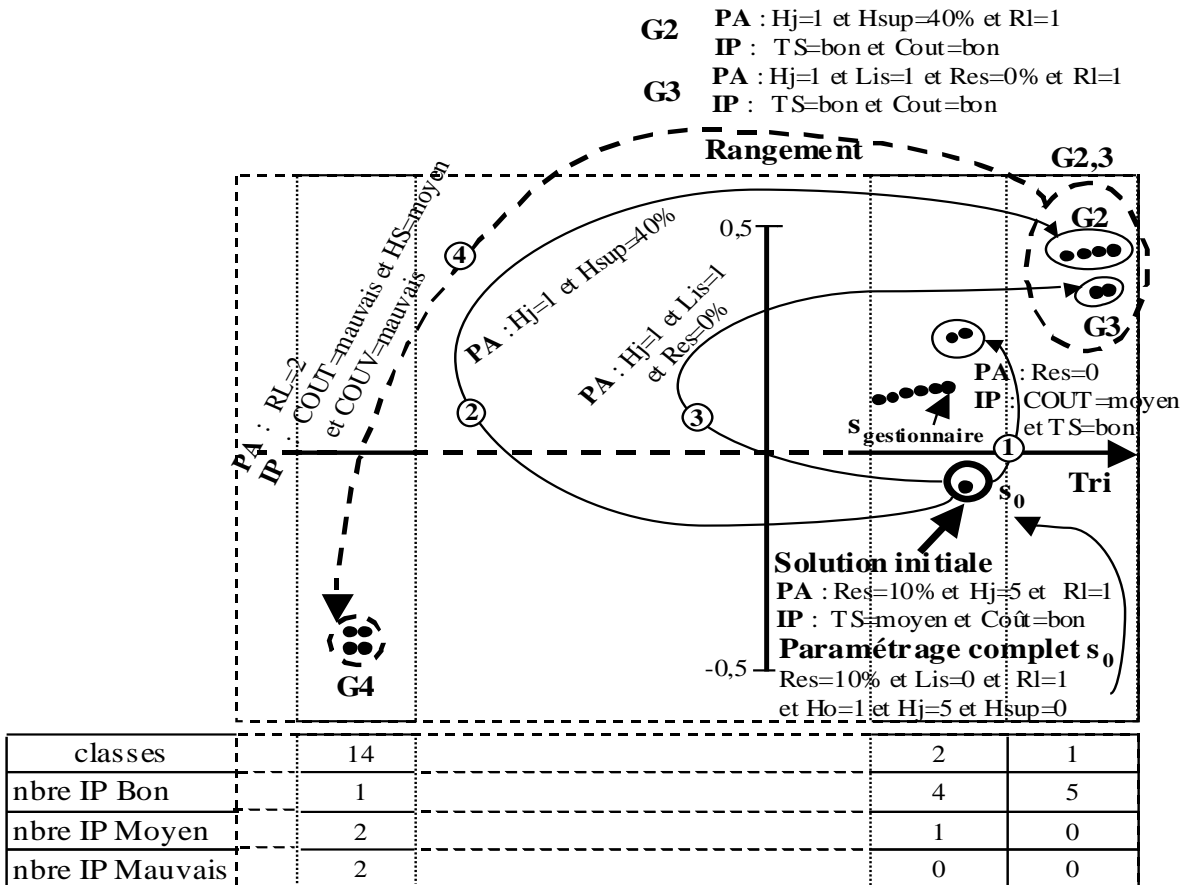



Figure 6. Exploitation du plan des préférences – Dialogue entre le décideur et le plan des préférences

C'est à ce stade que démarre véritablement notre contribution en termes d'éléments de réponses au questionnement du décideur. Nous proposons de restituer une analyse de notre représentation sous forme d'un dialogue virtuel avec le plan des préférences pour extraire les propriétés de la situation. Dans le but de montrer l'efficacité de la méthode, nous ne considérons aucune expérience préalable de la situation. En fin de dialogue, nous comparons nos résultats avec les résultats intuitifs du gestionnaire qui possède une expérience de la situation et nous proposons une synthèse des apports de notre dé-


marche dans le cadre de ce cas d'application. Nous démarrons arbitrairement le dialogue avec la question qui nous semble la plus légitime dans ce cas : "Comment se situe la solution initiale (La situation initiale s_0 correspond à la configuration des PA avant révision) dans la nouvelle situation ?". Les questions suivantes se construisent et s'enchaînent en fonction des interprétations des propriétés extraites à partir du plan des préférences. Nous restituons ici que partiellement le dialogue effectué.

Restitution du dialogue

| | |
|---|--|
|  | Comment se situe la solution initiale dans la nouvelle situation ? |
|  | La solution (Classe 2) se caractérise par 4 valeurs d'IP _i jugées bonnes et 1 valeur d'IP _j jugée moyenne. La solution appartient à la classe n°2. La définition de la classe figure dans le tableau sous le plan des préférences. |
|  | La solution initiale réalise une performance presque maximale. Peut-on améliorer l'IP _j dont la valeur est moyenne ? Quelle est l'identité de l'IP _j moyen ? |
|  | Il s'agit de l'IP TS. La description en IP figure sous la solution s_0 . (flèche en trait épais) |
|  | Pour agir sur le taux de service, rappelons-nous d'abord des valeurs des PA de la solution initiale ? Quelles valeurs de PA caractérisent la solution initiale dans la nouvelle situation ? |
|  | La solution initiale est représentée par le paramétrage suivant : Res(10),Lis(1),Hsup(40),Ho(1),Hj(5),RI(1). Les PA caractéristiques sont : Hj(5),Res(10),RI(1). Les descriptions figurent sous la solution s_0 (flèche en trait épais). |
|  | Que se passerait-il si on agissait sur la réserve de capacité ? |
|  | Effet de la réserve de capacité (Res) : 1 des valeurs d'IP est moyenne et 4 des valeurs d'IP sont bonnes (groupe G1, Classe 2). L'IP moyen est le coût. Pour arriver aux groupes G1, nous suivons la ligne : $\overset{\textcircled{1}}{\rightarrow}$. Les changements de valeurs de PA figurent sur cette même ligne. |
|  | Pourrait-on mieux faire ? Sur quels PA faut agir ? |
|  | Il existe deux groupes G2 et G3 vérifiant : tous les IP _j bon. Le groupe G2 est le plus performant. Les groupes G2 et G3 sont respectivement caractérisés par [Hsup(40),(Hj(1),RI(1)] et [Lis(1),Res(0),Hj(1),RI(1)]. Les groupes se trouvent dans la classe 1. Pour arriver aux groupes G2 et G3, nous suivons respectivement les lignes : $\overset{\textcircled{2}}{\rightarrow}$ et $\overset{\textcircled{3}}{\rightarrow}$. Les descriptions en PA des groupes G2 et G3 figurent au-dessus de l'axe de rangement. |
|  | Par rapport aux solutions G2, les solutions G3 sont certes plus coûteuses compte tenu des coûts de stockage. Cependant la valeur du coût reste bonne. Les solutions G3 permettent également de considérer un jour de couverture de stock ; en revanche elles épuisent la réserve de capacité. Finalement notre préférence est-elle en faveur de G2 ou G3 ? Pour faire progresser la réponse à cette question, constatons les modifications à effectuer depuis le paramétrage de la solution initiale s_0 pour atteindre G2 ou G3 ? |
|  | Le passage de s_0 à G2 et G3 est respectivement caractérisé par [Hsup(40),Hj(1)] et [Lis(1),Hj(1),Res(0)]. Les changements de valeurs de PA figurent sur les lignes : $\overset{\textcircled{2}}{\rightarrow}$ et $\overset{\textcircled{3}}{\rightarrow}$. |
|  | G2 et G3 sont caractérisés par une couverture de stock d'un jour. Aussi, le choix est conditionné par les deux alternatives : (Hsup(40) Heures supplémentaires) ou (Lis(1) lissage de charge et Res(0) capacité 100%). Pour progresser vers un plan d'action il faut intégrer au problème les contraintes de mise en œuvre. La solution G3 est opérationnelle à court terme, mais à moyen terme la solution G2 présente un gain relatif plus important et une réactivité aux variations de la commande client. |

Avant de passer à la confrontation de nos résultats avec ceux du gestionnaire, synthétisons les résultats du "dialogue" ci-dessus. Notre point de départ a été le paramétrage de la solution initiale. Ce paramétrage projeté dans le contexte de la nouvelle situation génère 4 bonnes valeurs d'IP et 1 valeur moyenne d'IP. L'IP moyen est l'IP taux de service. Pour améliorer l'IP TS, nous avons dans un premier temps intuitivement agi sur la réserve de capacité. Dans ce cas le TS s'est amélioré mais, aux dépens du coût, qui est moyen en termes de performances. Dans un deuxième temps nous avons explicité les positions des deux groupes de meilleures solutions G2 et G3. Par rapport à la solution initiale, G2 se caractérise par la mise en place d'heures supplémentaires et une couverture de stock d'un jour, et G3 se caractérise par du lissage de charge, une utilisation maximale de la capacité et une couverture de stock d'un jour. *Comment choisir entre les deux alternatives ?* Arrivé à ce stade, il faut passer à une logique d'action nécessitant l'expertise du gestionnaire. Néanmoins nous donnons une conclusion personnelle :

- A court terme, l'alternative G3 peut rapidement être mise en place. La décision de lisser la charge n'engendre pas une situation de problème¹. Il suffit de modifier la planification d'assemblage.
- A moyen terme, l'alternative G2 est plus rentable. De plus G2 présente l'avantage d'une flexibilité de paramétrage au niveau capacité. Mais la décision d'heures supplémentaires peut engendrer des problèmes d'organisation comme : se coordonner avec le service production, mettre en place un poste de nuit, recruter des intérimaires, former les intérimaires, etc..

Pour terminer notre analyse, et en considérant G2 et G3 comme des solutions satisfaisantes, nous avons également précisé quels sont les PA susceptibles de rapidement faire basculer la performance du système dans un état dit "mauvais". On constate par exemple qu'agir sur la règle de lotissement (Figure 6, le passage  de G2,3 à G4 est décrit en PA et IP) engendre des conséquences néfastes.

Comparaison de nos résultats avec les décisions prises par le gestionnaire

Le gestionnaire de son côté avait décidé de conserver une couverture de stock de cinq jours et une flexibilité de 10% au niveau de la capacité. Pour compenser le manque de capacité il a mis en place des heures supplémentaires. Il s'agit de la solution $s_{\text{gestionnaire}}$ (voir Figure 6, classe 2) qui se caractérise par une bonne valeur de taux de service et une valeur moyenne de coût. En présentant nos résultats (G2 et G3) a priori meilleurs, le gestionnaire était étonné qu'une couverture de stock d'une semaine était appropriée pour avoir un bon taux de service. On constate ici un biais cognitif fréquent qui est la focalisation sur une solution préférée d'emblée par l'utilisateur. Ce biais, dont une des conséquences est la limitation hâtive des choix, peut s'expliquer de la manière suivante. En règle générale "*la couverture de stock in-*

fluence le taux de service" or nous avons montré que dans la nouvelle situation la règle n'est pas vérifiée. Nous rejoignons donc la motivation du travail de cet article : compte tenu du caractère situationnel, il est extrêmement délicat de se reposer sur des règles générales du comportement entre PA et IP en termes de décision, et, qu'il est utile de passer par une phase d'analyse comme nous venons de le faire.

3.4 Conclusion sur l'exploitation du plan des préférences à partir d'un cas industriel

A l'aide de notre approche, nous avons pu situer dans un premier temps la ou les solutions intuitives du gestionnaire dans l'ensemble des performances atteignables par le système. Dans un deuxième temps, nous avons trouvé des solutions au moins aussi bonnes, voire meilleures que celles préconisées par le gestionnaire. Ces solutions ont été établies relativement rapidement au regard, du processus d'essais erreurs ayant mené à la solution du gestionnaire. L'analyse met également en lumière les effets positifs ou négatifs des paramètres d'action. En se focalisant sur une solution meilleure, on connaît les PA susceptibles d'améliorer ou détériorer les performances. En termes d'utilisation notre approche permet :

- de consolider ou infirmer des raisonnements a priori,
- au travers d'une vision globale des solutions, de s'exprimer sur ses préférences et ainsi accélérer l'évaluation des solutions,
- de rapidement trouver des éléments de réponses aux questions du gestionnaire par exploration du plan des préférences. Les repères du plan favorisent la détection d'écarts entre solutions, la détection de solutions pertinentes dans le contexte de décision.
- de prendre conscience d'une latitude d'action et déduire des stratégies de paramétrage. En effet, lorsqu'une solution se caractérise par un nombre restreint de PA, le gestionnaire dispose d'une flexibilité d'action sur les PA non caractéristiques. Un exemple de PA non caractéristique est la réserve de capacité dans le cadre des solutions du groupe G2 : que la réserve de capacité soit consommée ou non n'a pas d'incidence sur les valeurs des indicateurs de performance.
- de converger vers une solution préférée. Il est alors opportun de continuer l'exploration en élaborant un plan d'expériences dont les valeurs de PA varient autour des valeurs de PA de la solution préférée.

Les résultats de ce cas d'application font également émerger des applications potentielles de notre démarche. Nous avons découvert des paramétrages plus performants que les paramétrages actuellement utilisés par l'entreprise. Certains sont applicables à court terme et d'autres à moyen terme. Une première perspective est d'utiliser notre approche comme un outil prédictif d'exploration pour des contextes futurs. Dans ce cas l'objectif escompté est de faire apparaître des relations stratégiques qu'il ne serait pas possible d'appliquer à court terme. Par ailleurs, notons que la représentation du système de production que nous proposons fait observer un compor-

¹ Au sens des définitions données en introduction.

tement dans un contexte correspondant à un environnement donné. Une deuxième perspective serait d'étendre l'étude au caractère naturellement dynamique de l'environnement et ainsi faire apparaître des trajectoires sur le plan des préférences. Toute dérive du système de production selon l'environnement analysé serait immédiatement visible.

4 CONCLUSIONS ET PERSPECTIVES

Le plan des préférences représente une assistance visuelle d'analyse susceptible de rapidement capitaliser des résultats et des enseignements de l'action pour enrichir la réflexion et ainsi converger vers une ou plusieurs solutions préférées. Il réalise notamment les fonctions suivantes :

- Répondre aux quatre problématiques de référence : α (problématique de la sélection), β (problématique du tri), γ (problématique du rangement), et δ (problématique de la description) en aide à la décision.
- Préparer et modéliser une structure experte d'évaluation des solutions.
- Prendre en compte les informations de l'utilisateur avant et pendant l'exploration des solutions.
- Donner une représentation synthétique des performances du système.
- Représenter et définir les zones de performance atteignables mais également non-atteignables par le système étudié dans un plan caractérisant les performances d'après un modèle de préférence établi par l'utilisateur. La définition visuelle dans le plan des préférences est complétée par une description symbolique (PA et IP) des solutions atteintes.
- Décrire les zones de performance atteintes mais également non-atteintes.
- Les échelles et les règles de lecture du plan sont également invariables et faciles à comprendre.
- Le plan des préférences existe indépendamment de la structure des données qu'il cherche à représenter.

Toutefois, il est à noter que l'approche que nous proposons n'est directement opérationnelle que sur les systèmes qu'on peut simuler et pour lesquels une évaluation exhaustive ou représentative des performances est réalisable. De tels systèmes existent dans la pratique. Ils sont trop complexes pour que l'homme en perçoive le fonctionnement global et les limites tout en restant suffisamment simples pour construire un modèle de simulation fidèle au fonctionnement réel et simuler l'ensemble des modes de fonctionnement.

Nos travaux de recherche actuels visent à étendre notre approche :

- aux cas où le nombre des lignes du tableau PA-IP devient plus important ou n'est pas entièrement connu. La définition du plan des préférences étant indépendante du système étudié, nous cherchons à systématiser son exploration.
- à l'évaluation en planification de la Chaîne Logistique dans un contexte collaboratif.

REFERENCES

- Anderson J.R., 1981. Effect of Prior Knowledge in Memory for New Information. *Memory and Cognition*, 9(3), p. 237-246.
- Bouzid L. and Mutel B. and De Guio R., 1992. Application of Conceptual Learning Techniques to Generalized Group Technology. *Applied Artificial Intelligence*, 6, p. 443-458.
- Brans J.P. and Vincke Ph., 1985. A preference ranking organization method, the PROMETHEE method. *Management Science*, 31, p. 647-656.
- Damand D. and Barth M. and Dhekil A., 2011. Paramétrage de la méthode MRP : une revue de la littérature. *Revue Française de Gestion Industrielle*, 30, p75-105.
- Damand D., 2000. Aide au pilotage de la performance en gestion production, caractérisation et représentation de propriétés d'un processus de production décrit par un tableau de performance. Thèse de doctorat, Université de Strasbourg, France.
- Dolgui, A. and Prodhon C., 2007. Supply planning under uncertainties in MRP environments: A state of the art. *Annual Reviews in Control*, 31 (2), p. 269-79.
- Fleury G. and Gourgand M., 1998. Genetic algorithms applied to workshop problems. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 11(2), p. 183-92.
- Gardiner S.C. and Blackstone J.H., 1995. Setups and effective capacity : the impact of lot sizing techniques in an MRP environment. *Production Planning and Control*, 6(1), p. 26-38.
- Guide, V. D. R, Srivastava, R., 2000. A review of techniques for buffering against uncertainty with MRP systems. *International Journal of Production Planning and Control*, 11 (3), 223-33.
- Hnaïen F. and Delorme X. and Dolgui, A., 2010. Multi-objective optimization for inventory control in two-level assembly systems under uncertainty of lead times. *Computers & Operations Research*, 37 (11), 1835-43.
- Ho C.J., 1995. Examining the impact of demand lumpiness on the lot-sizing performance in MRP systems. *International Journal of Production Research*, 33(9), p. 2579-99.
- Hoc J.-M., 1992. *Psychologie cognitive de la planification*. Presses universitaires de Grenoble, ISBN 2-7061-0280-2, 1992.
- Hurriion R.D., 1997. An example of simulation optimisation using a neural network metamodel: finding the optimum number of kanbans in a manufacturing system. *Journal of the Operational Research Society*, 48(11), p. 1105-12.
- Keen P.G.W., 1977. The evolving concept of optimality in multiple criteria decision Making. *Management Science*, 6, p. 31-57.
- Kern G.M. and Wei J.C., 1996. Master production rescheduling policy in capacity-constrained just-in-

- time make-to-stock. *Decision Sciences*, 27(2), p. 365-87.
- Koh S.C., Jones, M. H. and Saad, S. M., Arunachalam, S., Gunasekaran, A., 2000. Measuring uncertainties in MRP environments. *International Journal of Logistics Information Management*, 13 (3), 177-83.
- Koh, S. C., L. Saad S., M. and Jones, M. H., 2002. Uncertainty under MRP-planned manufacture: review and categorization. *International Journal of Production Research*, 40 (10), 2399-421.
- Lebart L. and Morineau A. and Piron M., 1997. *Statistique exploratoire multidimensionnelle*, Dunod, ISBN 2-10-004001-4.
- Lee I., Sikora R. and Shaw M.J., 1997. A genetic algorithm-based approach to flexible flow-line scheduling with variable lot sizes. *IEEE Transactions on Systems Man and Cybernetics Part B [Cybernetics]*, 27(1), p. 36-54.
- Martin A.D. and Te-Min C., 1998. Yeuhwern Yih, Kincaid R.K, "Using tabu search to determine the number of kanbans and lotsizes in a generic kanban system. *Annals of Operations Research*, 78(2), p. 201-17.
- Mula, J., Poler, R., Garcia S. and Lario F. C., 2006. Models for production planning under uncertainty: A review. *International Journal of Production Economics* , 103 (1), 271-85.
- Murthy, D.N.P. and Ma, L., 1991. MRP with uncertainty: a review and some extensions. *International Journal of Production Economics*, 25 (1-3), 51-64.
- Richard J.-F., 1998. *Les activités mentales, comprendre, raisonner, trouver des solutions*. Editeur A. Colin, ISBN 2-200-21871-0.
- Roy B., 1985. *Méthodologie multicritère d'aide à la décision*, Economica, ISBN 2-7178-0901-5.
- Yeung, J. H. Y., Wong, W. C. K. and Ma, L., 2000. Parameters affecting the effectiveness of MRP systems: a review. *International Journal of Production Research*, 36 (2), 313-331.
- Zhao X. and Kokin L., 1997. Lot-sizing rules and freezing the master production schedule in material requirements planning systems. *International Journal of Production Economics*, 53(3), p. 281-305.