

# Organisation industrielle: l'apport des mathématiques

Autor(en): **Widmer, Marino**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Ingénieurs et architectes suisses**

Band (Jahr): **125 (1999)**

Heft 22

PDF erstellt am: **17.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-79661>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Organisation industrielle: l'apport des mathématiques

395

Marino Widmer,  
Professeur associé,  
Institut d'Informatique,  
Rue Faucigny 2,  
1700 Fribourg

Pour bien des responsables d'entreprise, l'utilité des mathématiques au niveau industriel se borne à des aspects de comptabilité (facturation, offres, plans d'affaires, calculs d'amortissement, etc.), de logistique (gestion des stocks) et éventuellement de prévision (estimation de ventes). Ils ignorent souvent qu'il existe des méthodes et des modèles mathématiques pouvant les aider à résoudre des problèmes tels que la localisation de nouvelles usines ou d'entrepôts supplémentaires, le dimensionnement du système de production, la planification, l'ordonnancement ou encore la logistique de distribution, pour ne citer que les plus connus [1]<sup>1</sup>. Pour chacun de ces domaines, il existe en effet des méthodes mathématiques - notamment celles de recherche opérationnelle<sup>2</sup> -, qui contribuent concrètement à la résolution de problèmes.

Le présent article porte sur un projet industriel qui a bénéficié de tels outils mathématiques, la démarche de résolution y étant spécifiquement mise en lumière.

Réunir deux sites de production ? Dans le but d'améliorer son processus de fabrication, une entreprise active dans la production d'appareils électriques décide de regrouper toutes ses activités en un même lieu, tout en augmentant de manière significative son chiffre d'affaires. Pour ce transfert, il n'est pas envisagé de modifier la structure extérieure du bâtiment, ce qui implique de trouver une surface assez importante dans l'atelier « d'accueil ». Deux voies sont explorées en parallèle: la réduction des stocks d'en-cours et, par conséquent, la surface qui leur est attribuée, ainsi que la simplification des flux de production.

## Une démarche méthodique

Pour mener à bien cette étude de faisabilité, nous avons procédé par phases, une fois recueillies les informations touchant les prévisions de production de l'entreprise (quels produits, quelles quantités, quels procédés). Dans la phase 1, nous avons défini un aménagement pour les zones de production, afin d'évaluer l'emplacement final de celles-ci. Nous disposons du plan des installations du site d'accueil avec les gammes opératoires des différents produits. Nous avons analysé les flux de matières en tenant compte des incompatibilités de proximité de certaines ressources. Une simplification des flux a été obtenue.

Puis, dans la phase 2, il s'agissait de dimensionner les zones de production et de définir les ressources nécessaires à chacune. Le calcul des charges peut se faire à partir des gammes opératoires et des prévisions de ventes par type de produit.

La phase suivante a imposé de définir avec précision les zones de stockage affectées aux en-cours. Cette étape implique l'ajout d'une simulation au calcul des charges.

A ce stade, en phase 4, il est possible d'analyser la faisabilité physique et économique d'un seul site de production. Sur la base d'informations économiques supplémentaires que l'entreprise doit fournir, une compilation des résultats des phases 2 et 3 est réalisée, complétée par une évaluation comparative des situations de « statu quo », sur deux sites de production, et de transfert sur un site. En cas de faisabilité du transfert, différents scénarios doivent en outre être proposés pour le transfert des activités sur le site d'accueil.

## Les méthodes de résolution

Plusieurs outils ont été utilisés pour mener à bien cette étude. Nous les présentons ici en fonction des diverses phases du projet.

*Phase 1: Définition d'un aménagement pour les zones de production*

Pour déterminer la disposition des zones de production les unes par rapport aux autres, nous avons utilisé un logiciel de placement LAYOUT [2], développé à l'Uni-

versité de Fribourg. Celui-ci s'appuie sur deux types de données: la liste des zones de production avec, dans la mesure du possible, leurs dimensions et la matrice des flux circulant entre elles, chaque zone étant caractérisée par les coordonnées géographiques de son centre et par sa surface. Quant à la forte contrainte imposée par les limites intangibles du bâtiment existant, elle a été intégrée à la fonction décrivant l'aire utile de travail. L'utilisateur a ensuite le choix entre trois objectifs: minimiser la place perdue, minimiser la longueur des flux ou opter pour un compromis entre les deux objectifs précédents.

L'originalité de LAYOUT est d'être en mesure de prendre en compte deux types de contraintes qui caractérisent notre problème, soit l'incompatibilité (de proximité) entre certaines zones et l'« inamovibilité » d'autres zones, pour construire graphiquement et dynamiquement un aménagement

<sup>2</sup> La recherche opérationnelle est une discipline carrefour où se rencontrent l'économie, les mathématiques et l'informatique. D'après le Dictionnaire du management et du contrôle de gestion de B. DERVAUX et A. COULAUD (*Dunod Entreprise*), il s'agit d'une « Méthode scientifique qui fait appel à la logique mathématique. Elle permet de formuler un problème en termes quantitatifs pour une prise de décision rationnelle. Ensuite, il sera effectué une comparaison, en valeur, des différentes solutions possibles. Il y a une relation entre la recherche opérationnelle et la notion de modèle qui lui sert de support essentiel. Cependant, le modèle sera nécessairement schématisé et partira d'hypothèses simplificatrices. »

<sup>1</sup> Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie en fin d'article.

des zones de production. L'utilisateur a ensuite la possibilité de modifier, de façon interactive, le résultat, tout en étant informé des variations de place ou d'allongement du flux.

#### *Phases 2 et 3: Définition des dimensions des zones de production et de stockage d'en-cours*

Pour ces deux phases, il a fallu définir le nombre de ressources, respectivement le nombre de places de stockage. Dans les deux cas, nous avons d'abord effectué des estimations grâce à un calcul de charges, puis validé les résultats par des simulations. Pour ce faire, nous avons utilisé FLEXI, un logiciel qui a été développé à l'EPFL pour visualiser graphiquement et analyser le comportement de systèmes de production n'excédant pas une vingtaine de postes de travail [3].

Une fois pourvu d'informations précises sur les produits et les ressources, cet outil permet de tester plusieurs plans de production, d'étudier différents routages pour les pièces, de voir si leur flux est régulier ou s'il existe des goulots d'étranglement, de quantifier le nombre de places de stockage devant chaque machine, etc. L'originalité de FLEXI est d'avoir été l'un des premiers logiciels de simulation à prendre en compte les pannes et les opérations de maintenance. A l'heure actuelle, bien qu'il ait un peu « vieilli » au niveau graphique, il reste un outil très efficace pour simuler le comportement des systèmes de production de type usinage.

#### *Phase 4: Faisabilité d'un seul site de production*

Aucun modèle mathématique spécifique n'est appliqué dans cette dernière analyse, qui fait uniquement appel à des calculs financiers de type classique.

#### **Les résultats**

Voici les principaux résultats obtenus au terme de chaque étape d'analyse, après que les informations suivantes ont été retenues pour la phase 1:

- la « disparition » de certaines zones, suite à un arrêt de production ou à un déplacement dans une autre partie de l'entreprise (doubles hachures discontinues dans la figure 1);
- les zones qu'il n'est pas possible de déplacer en raison des coûts ou pour des questions techniques (hachures continues dans la figure 1);
- les incompatibilités (de proximité notamment) entre certaines zones;
- la matrice des flux qui traversent l'atelier, en allant de la matière première aux produits finis.

La figure 1 représente une vue partielle de l'atelier, celle sur laquelle nous avons mené l'étude. Le flux des produits A et B est donné par la suite croissante des indices de A et de B. Les opérations B1 à B7

n'apparaissent pas dans cette figure car elles sont effectuées sur l'autre site de production.

La solution proposée (figure 2) représente l'une des meilleures solutions au niveau des flux de production.

Notons qu'à ce stade du projet, les activités de l'autre site ont été intégrées (mais sans tenir compte précisément des zones de stockage des en-cours!).

#### **Définition des dimensions des zones de production**

Les zones de production qui font l'objet d'une étude plus détaillée quant à leurs dimensions sont les zones liées aux produits A et B (de A1 à A12 et de B1 à B14).

Pour chacune d'entre elles, nous avons soigneusement évalué le nombre de ressources néces-

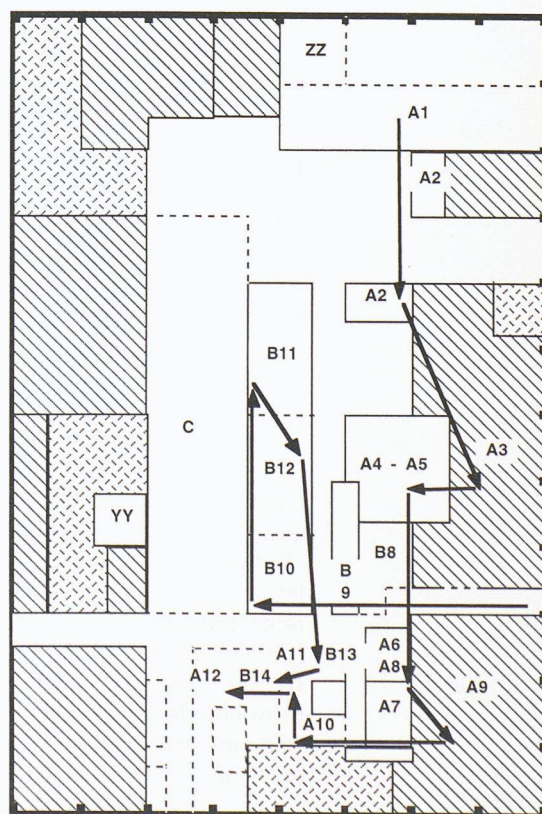


Fig. 1. - L'aménagement initial, avec les zones fixes (hachures continues) et les zones qui disparaissent (doubles hachures discontinues)

saies, en étudiant notamment la possibilité d'utiliser les mêmes pour différents types de produits.

### Définition des zones de stockage d'en-cours

Les deux points précédents ont montré qu'en ce qui concerne la surface de production, la réunion des activités sur un seul et même site est possible. Cependant, il est inutile de disposer d'un bon système de production et de ne pas savoir où déposer les stocks d'en-cours! La détermination de la surface à attribuer aux zones de stockage est donc primordiale dans cette étude, en fonction de la surface limitée qui leur est dévolue. Pour effectuer cette analyse, nous avons procédé à une simulation des processus de production de deux types de produits caractéristiques.

Après avoir scindé chaque processus en trois parties, nous avons simulé les six « sous-processus » ainsi définis, puis analysé le pire des cas - soit celui où les sous-processus nécessitent le plus de place de stockage - et estimé les stocks entre les différentes ressources. Cela a permis de définir le nombre de palettes nécessaire dans le cas le plus défavorable pour chaque sous-processus. Nous avons ensuite affiné l'estimation du nombre total de palettes en « circulation » simultanément dans l'atelier.

### Faisabilité d'un seul site de production

Les résultats des phases précédentes ont amené à la conclusion suivante: le site d'accueil dispose de la surface nécessaire pour accueillir les activités des deux sites

réunis. Nous avons toutefois rendu attentif le responsable de l'atelier au fait que, pour qu'une telle réunion soit viable, il est impératif de repenser l'organisation du mode de travail et de s'assurer que la surface dédiée aux stocks d'en-cours soit la plus réduite possible (aménagement optimal, organisation de type flux tendu ou juste-à-temps, mode de montage unique, etc). A défaut, l'opération se solderait en effet par un échec. A l'issue du bilan final et compte tenu des arguments aussi bien techniques et organisationnels que financiers, la direction de l'entreprise a décidé de tout transférer sur le site d'accueil.

### Conclusion

Ce projet s'est avéré particulièrement intéressant du point de vue de la recherche opérationnelle, dans la mesure où il faisait intervenir plusieurs aspects dont le problème d'aménagement, l'optimisation de flux et la simulation. D'un autre côté, il a bien mis en évidence la nécessité d'adopter une démarche structurée pour résoudre un problème aussi complexe. En effet, lors des discussions initiales, seules les difficultés (liées aux surfaces, aux stocks, au flux) ressortaient et ce n'est qu'en abordant les problèmes dans un ordre logique que nous sommes parvenus à faire des propositions concrètes. □

### Bibliographie

- [1] WIDMER, M.: « Organisation industrielle: le réel apport des mathématiques », thèse d'habilitation, Université de Fribourg, mai 1998
- [2] SCHNEUWLY, P.: « LAYOUT: Eine Applikation zur optimalen Anordnung von Produktionssystemen », travail de diplôme, Institut d'Informatique, Université de Fribourg, juin 1996
- [3] WIDMER M.: « Modèles mathématiques pour une gestion efficace des ateliers flexibles », Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 1991

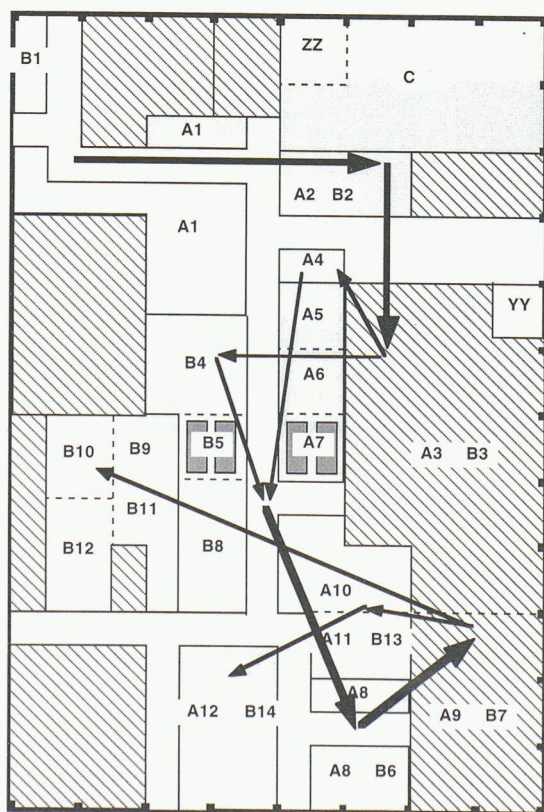


Fig. 2. - L'aménagement final proposé à la fin de la phase 3