

# Sujet 1 : Introduction

MSE3312 : Planification de production et gestion des  
opérations

Andrew J. Miller

Dernière mise au jour: [October 3, 2011](#)

## Dans ce sujet...

- ① Aide à la décision dans la planification de production et la gestion des opérations
  - Motivations
  - Outils de calcul: Modélisation et résolution
- ② Hierarchie des activités de planification
  - Stratégique
  - Opérationnelle
  - Tactique
- ③ Principes de modélisation pour les situations réelles
- ④ Deux exemples des modèles (academiques) de planification classiques
  - Planification de production d'un bien
  - Exemple de modèle de planification stratégique

- 1 Aide à la décision dans la planification de production et la gestion des opérations
  - Motivations
  - Outils de calcul: Modélisation et résolution
  
- 2 Hierarchie des activités de planification
  - Stratégique
  - Opérationnelle
  - Tactique
  
- 3 Principes de modélisation pour les situations réelles
  
- 4 Deux exemples des modèles (academiques) de planification classiques
  - Planification de production d'un bien
  - Exemple de modèle de planification stratégique

- 1 Aide à la décision dans la planification de production et la gestion des opérations
  - Motivations
  - Outils de calcul: Modélisation et résolution
- 2 Hiérarchie des activités de planification
  - Stratégique
  - Opérationnelle
  - Tactique
- 3 Principes de modélisation pour les situations réelles
- 4 Deux exemples des modèles (academiques) de planification classiques
  - Planification de production d'un bien
  - Exemple de modèle de planification stratégique

# Décisions difficiles

- **Situations complexes:** On se trouve souvent dans les situations qui sont trop complexes pour qu'un humain puisse considérer tous les aspects importants de la situation, et toutes les relations entre eux, en même temps.
- **Quantité de données:** On a besoin de résoudre des modèles avec des ensembles de données réalistes, c'est à dire trop grand pour trouver une solution réalisable de bonne qualité sans aide informatique.
- **Efficacité et concurrence:** Avec les avances dans les moyens de transport et les tendances de mondialisation et d'informatisation, les entreprises qui gaspillent du temps ou des ressources risquent d'être éliminées du marché.

## Quantité d'informations

On a aujourd'hui la capacité de ramener, garder, et accéder aux quantités de données énormes.

- capacités de **capturer** des informations (scanners, codes, etc.)
- logiciels de **bases de données**
- variété et capacité des **réseaux informatiques**

Mais cette capacité ne servira pas à nous aider **sauf si...**

- on a des outils pour utiliser ces données pour améliorer les activités de planification et de gestion (**outils quantitatifs efficaces**);
- on peut accéder aux bonnes données, et dans les bons formats, pour les utiliser *dans ces outils* (**accès aux données**).

Il faut considérer une répositoire de données comme un **dépôt de stock**, et non pas un compte d'épargne.

Une immensité de données ne sera qu'une valise lourde si on ne sait pas les utiliser, ou si on ne peut pas les mettre dans un format que puissent utiliser des autres logiciels.

## Capacité de calcul

Notre capacité de calcul énorme est en train de se multiplier:

- mémoire
- rapidité de processeurs
- architectures parallèles (supercomputers, grids de calculs, multi-thread, GPU, etc., etc.)

Les remarques similaires que celles faites sur les quantités d'informations s'appliquent aussi aux puissances de calcul...

A quoi sert-elle une machine performante, mais qu'on ne peut pas utiliser pour fabriquer les biens dont on a besoin?

## Utilisation d'information

On a *beaucoup de données* et une *puissance de calcul* énorme.  
Comment les utiliser pour obtenir l'aide à la décision nécessaire?  
La bonne réponse s'agit sur (au moins) deux aspects:

- la capacité de réfléchir rigoureusement sur des problèmes de planification:
  - Qu'est-ce qu'on veut faire? Qu'est-ce qui nous empêche à le faire? Quelles réalités influencent ou limitent nos actions?
  - Autrement, il s'agit de la *bonne modélisation*.
- l'utilisation du logiciel disponible, et elle a (au moins) deux aspects:
  - modélisation efficace
  - utilisation intelligente du logiciel

Ces deux aspects sont inséparables.

- 1 Aide à la décision dans la planification de production et la gestion des opérations
  - Motivations
  - Outils de calcul: Modélisation et résolution
- 2 Hierarchie des activités de planification
  - Stratégique
  - Opérationnelle
  - Tactique
- 3 Principes de modélisation pour les situations réelles
- 4 Deux exemples des modèles (academiques) de planification classiques
  - Planification de production d'un bien
  - Exemple de modèle de planification stratégique

# Modélisation efficace

- **Formulations correctes et précises** : Il faut que la formulation comprenne toutes les facettes **importantes** du problème, sans qu'elle contienne trop de détails.
- **Formulations raisonnables** : Il faut que la formulation comprenne toutes les facettes importantes du problème ... **sans** qu'elle contienne trop de détails.
- **Formulations alternatives** :  
Il faut que la formulation aide les solveurs à résoudre le problème aussi bien que possible.  
Par exemple, pour des problèmes de type programmes linéaires en nombres entiers, il faut une formulation aussi *forte* que possible.

Nous verrons bientôt des exemples.

Un exemple d'un logiciel performant, dont la version payante est capable de résoudre les problèmes de taille réaliste

- site web :

<http://www.fico.com/en/Products/DMTools/Pages/FICO-Xpress-Optimization-Suite.aspx>

- accessible aux machines de CREMI
- Version étudiante téléchargeable à

<http://optimization.fico.com/student-version-of-fico-xpress.html>

Il s'agit d'exactly la même version qui se vend, sauf que des limites sont imposées sur le nombre de variables (500), contraintes (500), et variables entières (50).

Autre possibilité : IBM ILOG

<http://www-01.ibm.com/software/websphere/products/optimization/>

## Que fait-il Xpress?

Nous verrons que beaucoup de problèmes présentent des décisions qu'on peut catégoriser en deux groupes:

- binaires
  - construire un dépôt/usine ici
  - affecter une tâche à cette machine
  - desservir un client donné par cette route

Toutes les questions ci-dessus peuvent se répondre par "oui/non".  
Par contre, il y a aussi les décisions ....

- continues
  - combien d'unités d'un bien produire
  - combien de stock à garder ici et maintenant
  - quelle quantité de matériaux faire livrer

Très souvent, on peut modéliser des situations avec ces genres de décisions comme **programmes en variables entières** ou **programmes en variables entières mixtes** (**MIP**: mixed integer program)

Les logiciels comme Xpress sont créés pour résoudre des tels modèles mathématiques.

## Autres liens et ressources

- Exemples d'applications

<http://www.fico.com/account/resourcelookup.aspx?theID=239>

<http://www-01.ibm.com/software/websphere/products/optimization/library/>

- Exemples de modèles

<http://examples.xpress.fico.com/example.pl>

- Autres exemples, codes Mosel, bibliothèques pour les problèmes de planification de production

<http://www.core.ucl.ac.be/LS-LIB/PPbyMIP>

- Livres associés

- *Modeling the Supply Chain*, par Jeremy F. Shapiro.
- *Production Planning by Mixed Integer Programming*, par Yves Pochet and Laurence A. Wolsey (surtout chapitres 1-3, 7, 14).

- 1 Aide à la décision dans la planification de production et la gestion des opérations
  - Motivations
  - Outils de calcul: Modélisation et résolution
- 2 Hierarchie des activités de planification
  - Stratégique
  - Opérationnelle
  - Tactique
- 3 Principes de modélisation pour les situations réelles
- 4 Deux exemples des modèles (academiques) de planification classiques
  - Planification de production d'un bien
  - Exemple de modèle de planification stratégique

- 1 Aide à la décision dans la planification de production et la gestion des opérations
  - Motivations
  - Outils de calcul: Modélisation et résolution
  
- 2 Hierarchie des activités de planification
  - Stratégique
  - Opérationnelle
  - Tactique
  
- 3 Principes de modélisation pour les situations réelles
  
- 4 Deux exemples des modèles (academiques) de planification classiques
  - Planification de production d'un bien
  - Exemple de modèle de planification stratégique

# Décisions stratégiques

Ces décisions ont effet pendant un temps long, et imposent des restrictions et capacités sur les opérations de l'entreprise.

- localisation des dépôts, usines, et magasins
- choix d'ensemble de produits ou d'activités
- affectation des produits/activités aux sites de production/distribution
- choix de marchés à pénétrer ou de fournisseurs

- 1 Aide à la décision dans la planification de production et la gestion des opérations
  - Motivations
  - Outils de calcul: Modélisation et résolution
- 2 Hierarchie des activités de planification
  - Stratégique
  - Opérationnelle
  - Tactique
- 3 Principes de modélisation pour les situations réelles
- 4 Deux exemples des modèles (academiques) de planification classiques
  - Planification de production d'un bien
  - Exemple de modèle de planification stratégique

# Gestion opérationnelle

Ces décisions/politiques sont prises/implémentés en temps réels, ou presque. Les décisions stratégiques et tactiques définissent et limitent les actions qu'on peut choisir à ce niveau.

- ordonnancement des tâches déjà affectées à une machine
- routage quotidienne des véhicules

- 1 Aide à la décision dans la planification de production et la gestion des opérations
  - Motivations
  - Outils de calcul: Modélisation et résolution
- 2 Hierarchie des activités de planification
  - Stratégique
  - Opérationnelle
  - Tactique
- 3 Principes de modélisation pour les situations réelles
- 4 Deux exemples des modèles (academiques) de planification classiques
  - Planification de production d'un bien
  - Exemple de modèle de planification stratégique

Ces décisions se font dans le cadre déterminé par les décisions stratégiques.

En revanche, ils rendent possible et limitent la gestion des activités opérationnelles.

L'échelle du temps peut s'agir de plusieurs mois jusqu'à quelque jours.

- quantités de production
- affectation de tâches aux sites, lignes de production, ou machines
- détermination des prix

- 1 Aide à la décision dans la planification de production et la gestion des opérations
  - Motivations
  - Outils de calcul: Modélisation et résolution
  
- 2 Hierarchie des activités de planification
  - Stratégique
  - Opérationnelle
  - Tactique
  
- 3 Principes de modélisation pour les situations réelles
  
- 4 Deux exemples des modèles (academiques) de planification classiques
  - Planification de production d'un bien
  - Exemple de modèle de planification stratégique

# Éléments d'un modèle

La modélisation par la programmation mathématique nous exige de bien préciser

- les décisions qu'on peut prendre;
- les limites sur ces décisions, et les relations entre ces décisions et leurs limites;
- notre objectif;
- les données qu'il nous faut avoir pour pouvoir prendre les meilleures décisions possibles.

La connaissance de ces éléments est **indispensable** pour la gestion efficace d'une entreprise. (Souvenons que la possession d'une répositoire de données **ne** nous aidera **qu'on sait quelles données sont importantes et comment les utiliser**).

Alors on voit dans cette exigence une grande avantage de l'utilisation d'outils de programmation mathématiques, *même avant qu'on résoud un seule modèle.*

## Questions utiles pour définir un modèle pertinent et correcte

- Quel est notre but dans cette situation?
- Quel sont les décisions qu'on peut prendre? Qu'est-ce qu'on modifier ou changer?
- Quelles sont les données nécessaires pour prendre et évaluer nos décisions?
- Quelles sont les contraintes imposantes des limites sur les décisions possibles?

# Eléments nécessaires de chaque programme mathématique

- Indices
- Données
- Variables
- Objectif
- Contraintes

- 1 Aide à la décision dans la planification de production et la gestion des opérations
  - Motivations
  - Outils de calcul: Modélisation et résolution
  
- 2 Hierarchie des activités de planification
  - Stratégique
  - Opérationnelle
  - Tactique
  
- 3 Principes de modélisation pour les situations réelles
  
- 4 Deux exemples des modèles (academiques) de planification classiques
  - Planification de production d'un bien
  - Exemple de modèle de planification stratégique

- 1 Aide à la décision dans la planification de production et la gestion des opérations
  - Motivations
  - Outils de calcul: Modélisation et résolution
- 2 Hierarchie des activités de planification
  - Stratégique
  - Opérationnelle
  - Tactique
- 3 Principes de modélisation pour les situations réelles
- 4 Deux exemples des modèles (academiques) de planification classiques
  - Planification de production d'un bien
  - Exemple de modèle de planification stratégique

# Fabrication de velos

On a un horizon d'une année, des prévisions de demande pour chaque mois dans l'année, et des estimations des coûts.

Coûts de production:

- fixe : 5000 euros
- coût marginal : 100 euros

Il existe aussi un coût unitaire de stockage qui représente le coût moyen de garder un vélo un stock pendant un mois: 5 euros

# Notes

- Des logiciels de prévision (e.g., <http://www.lokad.com/FrFrAccueil.ashx>) existent...  
...mais il faut savoir comment en profiter.
- On ne peut pas espérer de trouver un bon plan de production par la devination ou par l'énumération.

## Fabrication de velos

On peut appliquer un modèle standard : “uncapacitated lot-sizing problem” (ULS) (problème de taille de production sans capacité).

Ce modèle se présente souvent comme sous-problème dans les applications industrielles.

## Formulation standard de "ULS"

$$\min \quad \sum_t p_t x_t + \sum_t h_t s_t + \sum_t f_t y_t \quad (1)$$

$$\text{s.t.} \quad x_t + s_{t-1} - s_t = d_t, \forall t \quad (2)$$

$$x_t - d_{t,NT} y_t \leq 0, \forall t \quad (3)$$

$$x_t, s_t \geq 0, \forall t; y_t \in \{0, 1\}, \forall t \quad (4)$$

Remarques:

- Nous utiliserons souvent  $NT$  comme le **nombre de périodes** (soit journées, soit semaines, soit mois); voir contrainte (3).
- Soit  $d_{t\ell} = \sum_{u=t}^{\ell} d_u$ ; alors  $d_{tNT} = \sum_{u=t}^{NT} d_u$  (contrainte (3)).
- La quantité  $s_0$  ( $s_{t-1}$  dans contrainte (2) pour  $t = 1$ ) représente la **quantité de stock initiale** et alors fait normalement partie des données du problème.

- 1 Aide à la décision dans la planification de production et la gestion des opérations
  - Motivations
  - Outils de calcul: Modélisation et résolution
- 2 Hierarchie des activités de planification
  - Stratégique
  - Opérationnelle
  - Tactique
- 3 Principes de modélisation pour les situations réelles
- 4 Deux exemples des modèles (academiques) de planification classiques
  - Planification de production d'un bien
  - Exemple de modèle de planification stratégique

# Uncapacitated facility location (UFL)

Problème de localisation de dépôts non capacités.

Ici verrons-nous un exemple de la différences en calculs que peuvent faire les modélisation différentes.

- $J$  sites pour dépôts éventuels:  $1, \dots, i, \dots, J$ 
  - Soit  $f_j$  le coût fixe d'avoir un dépôt à  $j$ .
- $I$  clients  $1, \dots, i, \dots, I$ 
  - Soit  $c_{ij}$  le coût de satisfaire la demande du client  $j$  du dépôt  $i$
- Pour simplifier les modèles, nous ne considérons pas les capacités.

## Deux formulations différentes

$$\begin{aligned} \min \quad & \sum_j f_j y_j + \sum_{i,j} c_{ij} x_{ij} \\ \text{soumis à} \quad & \sum_j x_{ij} = 1, \forall i \\ & \sum_i x_{ij} \leq l * y_j, \forall j \\ & y_j \in \{0, 1\}, \forall j \\ & x_{ij} \in \{0, 1\}, \forall i, j \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \min \quad & \sum_j f_j y_j + \sum_{i,j} c_{ij} x_{ij} \\ \text{soumis à} \quad & \sum_j x_{ij} = 1, \forall i \\ & x_{ij} \leq y_j, \forall i, j \\ & y_j \in \{0, 1\}, \forall j \\ & x_{ij} \in \{0, 1\}, \forall i, j \end{aligned}$$

## A souvenir

- trois niveaux de planification
  - stratégique (décisions à long terme)
  - opérationnelle (décisions en temps réel)
  - tactique (décisions entre stratégique et opérationnelle)
- l'importance de la modélisation: Sans une telle activité, il est impossible de profiter des capacités de collectionner et garder des données, et des puissances de calcul disponibles.
- l'importance des formulations différentes pour les modèles MIP (les forces relatives des *relaxations*)

## Pour rappel : principes de modélisation

- Déterminer quel est le objectif général de la situation.
- Déterminier quelles décisions qu'il faut prendre.
- Déterminer quelles données il faut collectionner.
- Déterminer quelles contraintes sont importants à considérer.
- Repeter!