

FR 

MAELICE

IN WONDERLAND

PROCESSUS DE PRODUCTION
ET DES SERVICES 

« De l'idée au service, rien n'est vraiment linéaire. »



BIENVENUE DANS LE TERRIER

SOMMAIRE

Session 1 : Introduction à la gestion des opérations et à la vision processus	3
Session 2 : Stratégie de processus et gestion des capacités	9
Session 4 : Programmation linéaire avec le Solveur Excel	15
Le terrier en 1 page : toutes les formules	19
Et maintenant, teste-toi !	20

MODE D'EMPLOI DU TERRIER



LA CHENILLE

Les définitions clés



BOIS-MOI

La formule, chaque terme expliqué, l'unité



MANGE-MOI

Un exercice corrigé pas à pas



LES CONSEILS DU LAPIN BLANC

Méthode et gestion du temps à l'examen



LE SOURIRE DU CHAT

Un moyen mnémotechnique qui reste quand tout le reste a disparu



QU'ON LUI COUPE LA TÊTE !

Le piège classique, l'erreur qui coûte des points



LA CLÉ DORÉE

Les 5 choses à retenir de la session



L'HEURE DU THÉ

Teste-toi ! Réponses à l'envers en bas de page



LES CONSEILS DU LAPIN BLANC

Pour le **midterm**, cette fiche couvre les **sessions 1 à 4**. La **session 3**, une courte séance asynchrone, n'y apparaît pas : revois-la directement sur Courses. Méthode : lis une session, fais **l'heure du thé** sans regarder les réponses, puis relis **la clé dorée**. La veille, garde seulement **le terrier en 1 page**.

SESSION 1 • PARTIE 1

INTRODUCTION À LA GESTION DES OPÉRATIONS



SESSION 1

INTRODUCTION À LA GESTION DES OPÉRATIONS ET À LA VISION PROCESSUS DE L'ORGANISATION

À la fin de cette session, tu sais :

- ✓ définir un processus et la gestion des opérations (OM)
- ✓ identifier l'unité d'écoulement d'un processus
- ✓ relier inventaire, temps d'écoulement et débit avec la loi de Little
- ✓ calculer des rotations de stock et une marge brute

« Commence par le commencement, continue jusqu'à la fin, puis arrête-toi. » (le Roi)

LA CHENILLE « Qui es-tu ? »

Processus (process) : toute activité qui transforme des **entrées** (inputs) en **sorties** (outputs).

Gestion des opérations (Operations Management, OM) : la conception, la gestion et le contrôle **systematiques** des processus.



La **chaîne d'approvisionnement** (supply chain) est un grand processus, fait de nombreux sous-processus.

Entrée : toutes les matières premières.

Sortie : le produit final livré aux clients.

Chaque entreprise dépend de ses processus pour survivre : **les comprendre, c'est pouvoir les améliorer**. Les outils OM rendent les processus :

plus efficaces

moins coûteux

plus résilients

moins polluants

← savoir citer les 4 !



SESSION 1 • PARTIE 1

LE CYCLE DES OPÉRATIONS ET SES MÉTIERS

Pour créer un produit ou un service, toute entreprise fait **3 choses** : marketing, opérations et finance. Elles forment un cycle.



Fonctions de soutien (support functions) :

comptabilité

systèmes d'information

ressources humaines

ingénierie

LES MÉTIERS DE LA SUPPLY CHAIN

1 S&OP et planification de la demande
« Cœur du réacteur » de la supply chain (Sales & Operations Planning).
Porte d'entrée de nombreux jeunes diplômés, postes en hausse.

2 Approvisionnement (supply)
Relier l'entreprise, ses fournisseurs et ses acheteurs.
Sécuriser les flux, développer la relation fournisseurs, gérer les pénuries. Postes en hausse.

3 Logistique, entreposage, gestion de site
Gérer l'entrepôt : gestion de projet et optimisation.
Recrutements tirés par la croissance de l'e-commerce.

4 Supply Chain Manager
Relever les défis de la chaîne : stocks, transport, RSE...
Les offres d'emploi ont plus que doublé en 3 ans.

OFFRES D'EMPLOI PUBLIÉES EN FRANCE EN 2023

3 779

Supply planner

1 004

Demand planner

989

Procurement manager

220

Manager S&OP

le Supply planner recrute de loin le plus

KFC ET L'UNITÉ D'ÉCOULEMENT

CAS KFC / DHL (ROYAUME-UNI, 2018) : UNE MAUVAISE DÉCISION OM



aïe : 2 restos sur 3 fermés

👑 QU'ON LUI COUPE LA TÊTE !

Tout changer d'un coup (6 entrepôts → 1) sans plan de secours : **634 restaurants fermés**. Une décision OM ratée peut paralyser toute une entreprise, même un géant.

PARTIE 2 : LA VISION PROCESSUS DE L'ORGANISATION

🐛 LA CHENILLE « Qui es-tu ? »

Unité d'écoulement (flow unit) : ce qui **traverse** le processus, du début à la fin. Chaque processus a une ou plusieurs unités d'écoulement.



🕒 LES CONSEILS DU LAPIN BLANC

Pour trouver la flow unit, demande-toi : « **Qu'est-ce qui entre, attend, puis ressort ?** » Écris-la toujours en tête de ta copie, tous les calculs en dépendent.

LES 3 MESURES D'UN PROCESSUS

LA CHENILLE « Qui es-tu ? »

TEMPS D'ÉCOULEMENT

(flow time)

Temps nécessaire pour qu'une unité traverse le processus. Il **inclut l'attente**, qui varie d'une unité à l'autre.

IRM : heure de départ du patient – heure d'arrivée.

INVENTAIRE (inventory)

Nombre d'unités d'écoulement **présentes dans** le processus. En production : l'en-cours (work in process).

IRM : trop de patients dans le service = mauvais signe.

DÉBIT (throughput)

Rythme auquel le processus **produit des sorties**.

IRM : 3 patients par heure.



LOI DE LITTLE Bois-moi

Inventaire moyen = Temps d'écoulement moyen × Débit moyen

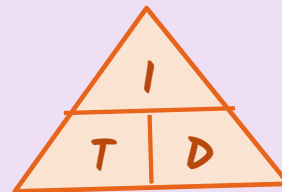
$$I = T \times D$$

I en unités · T en unités de temps · D en unités par unité de temps.

Donc aussi : $T = I / D$ et $D = I / T$.



LE SOURIRE DU CHAT



$I = T \times D$: « Il Tombe Doucement », comme Alice dans le terrier. Cache la lettre cherchée : ce qui reste donne la formule.



MANGE-MOI : LITTLE À L'IRM

Une IRM reçoit en moyenne **3 patients/h** et chaque patient y reste **40 min**. Combien de patients en moyenne dans le service ?

1 Unités d'accord : $40 \text{ min} = \frac{40}{60} \text{ h} = \frac{2}{3} \text{ h}$

2 $I = T \times D = \frac{2}{3} \text{ h} \times 3 \text{ patients/h} = \mathbf{2 \text{ patients}}$



QU'ON LUI COUPE LA TÊTE !

Mélanger **heures et minutes** dans Little = résultat faux. Convertis **tout dans la même unité** avant de multiplier.



SESSION 1 • EXERCICES

WALMART ET LA MARGE BRUTE



MANGE-MOI N°1 : WALMART

Combien de temps faut-il en moyenne à Walmart pour transformer 1 \$ investi en stock en 1 \$ de ventes ?

Rapport financier 2023 : inventaire 56 576 M\$, coût des marchandises vendues (COGS) 463 721 M\$.

$$T = \frac{\text{Inventaire}}{\text{Débit (COGS)}}$$

$$T = \frac{56\,576}{463\,721} = 0,122 \text{ an} \times 365 = \mathbf{44,5 \text{ jours}}$$

↖ *≈ 45 jours dans la supply chain de Walmart, en moyenne*



ROTATIONS DE STOCK *Bois-moi*

$$\text{Rotations} = \frac{365}{T \text{ (jours)}} = \frac{\text{COGS}}{\text{Inventaire}}$$

Combien de fois par an le stock est entièrement renouvelé. Le 365 ne bouge jamais.



MARGE BRUTE *Bois-moi*

$$\frac{\text{Revenus} - \text{COGS}}{\text{Revenus}} \times 100$$

La part du prix de vente (en %) qui reste une fois le coût du produit payé.



MANGE-MOI N°3 : LA THÉIÈRE

Une théière du Chapelier : prix 90 €, COGS 50 €.

$$\frac{90 - 50}{90} \times 100 = \mathbf{44,4 \%}$$



MANGE-MOI N°2

1 $\frac{365}{45} = \mathbf{8,1 \text{ fois par an}}$

2 Version exacte : $\frac{463\,721}{56\,576} = 8,2$

les deux sont justes, l'écart vient de l'arrondi à 45 j



QU'ON LUI COUPE LA TÊTE !

On divise par le prix de vente, pas par le coût.

$$\frac{40}{50} = 80 \% \rightarrow \mathbf{\text{faux !}}$$



LES CONSEILS DU LAPIN BLANC

Dans un rapport financier, le débit en \$ c'est le **COGS**, pas le chiffre d'affaires. Le stock est compté au coût, le débit aussi.

SESSION 1 • RÉCAP

FIN DE LA SESSION 1

 LA CLÉ DORÉE à retenir



- 1 **Processus** = entrées → transformation → sorties. L'**OM** conçoit, gère et contrôle les processus.
- 2 Toujours identifier la **flow unit** avant de calculer.
- 3 **Loi de Little** : $I = T \times D$, avec les mêmes unités partout.
- 4 En finance : $T = \text{Inventaire} / \text{COGS}$ et $\text{rotations} = \text{COGS} / \text{Inventaire} = 365 / T$ (jours).
- 5 **Marge brute** = $(\text{Revenus} - \text{COGS}) / \text{Revenus}$, on divise par le prix.

 L'HEURE DU THÉ mini quiz

- 1 Une boulangerie contient en moyenne 12 clients et en sert 36 par heure. Combien de temps un client y passe-t-il en moyenne ?
- 2 Quelle est l'unité d'écoulement d'une compagnie aérienne ?
- 3 Inventaire 20 M€, COGS 240 M€ par an. Combien de rotations de stock ?
- 4 Prix 120 €, COGS 90 €. Quelle marge brute ?
- 5 Vrai ou faux : le temps d'écoulement ne compte pas le temps d'attente.

Réponses : 1. $T = I / D = 12 / 36 = 1/3 \text{ h} = 20 \text{ min}$ · 2. Les passagers · 3. $240 / 20 = 12$ fois par an (environ 30 jours de stock) · 4. $(120 - 90) / 120 = 25\%$ · 5. Faux, il l'inclut

« Je ne peux pas revenir à hier, car j'étais une autre personne alors. »

· Alice ·



STRATÉGIE DE PROCESSUS



SESSION 2

STRATÉGIE DE PROCESSUS ET GESTION DES CAPACITÉS

À la fin de cette session, tu sais :

- ✓ placer un processus dans la matrice produit-processus
- ✓ trouver le goulot et la capacité d'un processus
- ✓ reconnaître les 4 types de processus
- ✓ calculer débit, utilisation, coût de main-d'œuvre et temps de cycle

« Il est toujours six heures, ici : c'est toujours l'heure du thé. » (le Chapelier)

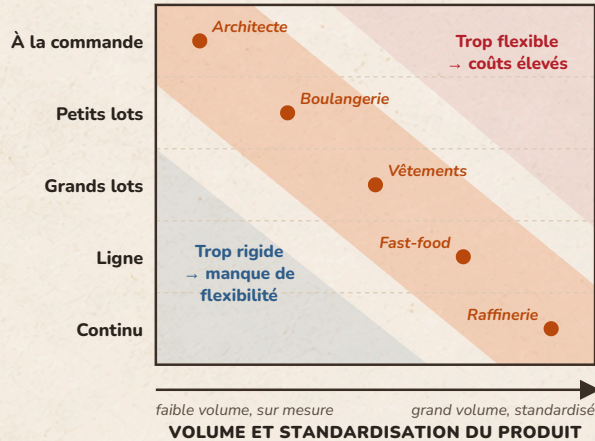
LA CHENILLE « Qui es-tu ? »

Processus : série de tâches qui mènent à la production d'un produit ou à la prestation d'un service.

Stratégie de processus (process strategy) : l'approche d'une organisation pour transformer ses ressources en biens et services. **But** : répondre aux exigences des clients tout en restant **efficace, flexible et rentable**.

LA MATRICE PRODUIT-PROCESSUS

TYPE DE PROCESSUS



Elle relie le **type de produit** (axe horizontal : du petit volume sur mesure au grand volume standardisé) au **type de processus** (axe vertical : du plus flexible au plus automatisé).

Sur la diagonale : zone efficace, le processus colle au produit.

Au-dessus (en haut à droite) : processus trop flexible pour un produit standardisé → inefficace, **coûts élevés**.

En dessous (en bas à gauche) : processus trop rigide pour un produit sur mesure → **manque de flexibilité**, clients déçus.

la diagonale = le bon chemin

LES CONSEILS DU LAPIN BLANC

Le message clé : **rester sur la diagonale** et adapter le processus à mesure que le produit évolue. Quand les volumes montent, on descend la diagonale.



LES 4 GRANDS TYPES DE PROCESSUS

TYPE	CARACTÉRISTIQUES	EXEMPLES	INCONVÉNIENT	AU PAYS DES MERVEILLES
1 À la commande <i>job shop</i>	Très flexible Faible volume, forte personnalisation	Meubles sur mesure, architecture	Coût unitaire élevé	Les chapeaux sur mesure du Chapelier
2 Par lots <i>batch</i>	Flexibilité modérée Production par groupes (lots), petits ou grands	Boulangerie, usine de vêtements	Temps d'arrêt entre les lots	Les fournées de tartes de la Reine
3 En ligne <i>line / assembly line</i>	Standardisé et répétitif Chaque poste répète la même tâche	Tesla, chaînes de fast-food	Une panne arrête toute la ligne	Les cartes qui repeignent les roses en rouge, rosier après rosier
4 Continu <i>continuous</i>	Entièrement automatisé Production identique 24 h/24, 7 j/7	Raffinerie de pétrole, brasserie	Très cher, aucune flexibilité	Le thé qui coule sans fin chez le Chapelier

 LE SOURIRE DU CHAT

« J'ai Bu La Concoction » : Job, Batch, Line, Continu. Dans l'ordre de la phrase, le **volume monte** et la **flexibilité baisse**.

 QU'ON LUI COUPE LA TÊTE !

Une boulangerie fait des **fournées** : c'est du **lot** (batch), pas du continu. Et « job » veut dire **sur mesure, à l'unité**, pas « travail ».

SESSION 2 · PARTIE 4

GESTION DES CAPACITÉS

LA CHENILLE « Qui es-tu ? »

Capacité (capacity) : nombre d'unités qu'une ressource peut traiter par période.

Goulot (bottleneck) : la station à la plus faible capacité. C'est elle qui fixe la capacité de tout le processus.



CAPACITÉ Bois-moi

$$\text{Capacité d'une station} = \frac{\text{Nb d'employés} \times 60}{\text{Temps de traitement (min/unité)}}$$

$$\text{Capacité du processus} = \min \{ \text{capacités des stations} \}$$

Résultat en unités par heure : le 60 transforme les minutes en heure.



MANGE-MOI : LE GOÛTER DU CHAPELIER FOU

4 stations, chaque employé payé 12 €/h. Calcule la capacité de chaque station, puis celle du processus.

ACCUEIL

le Loir

0,5 min/invité · 1
employé

$$\frac{1 \times 60}{0,5} = 120/h$$

GOULOT

SERVICE DU THÉ

le Chapelier

1,5 min/invité · 2
employés

$$\frac{2 \times 60}{1,5} = 80/h$$

GÂTEAUX

« MANGE-MOI »

le Lièvre de Mars

1 min/invité · 2
employés

$$\frac{2 \times 60}{1} = 120/h$$

SORTIE ET PAIEMENT

la caisse

0,6 min/invité · 1
employé

$$\frac{1 \times 60}{0,6} = 100/h$$

c'est lui le goulot : tout le monde attend son thé !

Capacité du processus = $\min \{120 ; 80 ; 120 ; 100\} = 80 \text{ invités/h}$



LE SOURIRE DU CHAT

Comme le goulot de la bouteille « Bois-moi » : quelle que soit la taille de la bouteille, le thé sort **au rythme du goulot**.



LA MÉTHODE EN 5 ÉTAPES

- ① Capacité de chaque station
- ② Goulot = la plus petite
- ③ Débit = min (demande, capacité)
- ④ Utilisations
- ⑤ Coût de main-d'œuvre et temps de cycle

DÉBIT ET UTILISATION



DÉBIT, UTILISATION ET UTILISATION IMPLICITE *Bois-moi*

$$\text{Débit} = \min \{ \text{Demande} ; \text{Capacité du processus} \}$$

$$\text{Utilisation} = \frac{\text{Débit}}{\text{Capacité}}$$

$$\text{Utilisation implicite} = \frac{\text{Demande}}{\text{Capacité}}$$

ce qui est **vraiment** produit : **jamais plus de 100 %**

ce qu'on **voudrait** produire : **peut dépasser 100 %**



MANGE-MOI : LE GOÛTER EST DÉBORDÉ

Un samedi, **100 invités/h** se présentent au goûter. Capacité = 80/h → **Débit = min (100 ; 80) = 80 invités/h.**

STATION	CAPACITÉ	UTILISATION IMPLICITE 100 / capacité	UTILISATION 80 / capacité
Accueil	120/h	83 %	67 %
Service du thé	80/h	125 %	100 %
Gâteaux	120/h	83 %	67 %
Sortie et paiement	100/h	100 %	80 %

surchargé ! la file d'attente explose

pointillés = 100 %

Utilisation du processus = utilisation du goulot = $80 / 80 = 100 \%$. Utilisation implicite du processus = $100 / 80 = 125 \%$: la file d'attente du thé s'allonge !

👑 QU'ON LUI COUPE LA TÊTE !

Confondre **utilisation implicite** (demande / capacité) et **utilisation** (débit / capacité). Une valeur au-dessus de 100 % ne peut être qu'une utilisation **implicite** : elle signale une station surchargée.



LES CONSEILS DU LAPIN BLANC

Si la demande est **inférieure** à la capacité, débit = demande : même le goulot n'est plus occupé à 100 %.

COÛT, TEMPS DE CYCLE ET ÉQUILIBRAGE



COÛT ET TEMPS DE CYCLE *Bois-moi*

$$\text{Coût de main-d'œuvre} = \frac{\text{Total des salaires par heure}}{\text{Débit par heure}}$$

en € par unité

$$\text{Temps de cycle} = \frac{1}{\text{Débit}}$$

temps entre **deux sorties** successives



MANGE-MOI : ON ÉQUILIBRE LE GOÛTER

Avant · 6 employés, débit 80/h

1 Coût = $\frac{6 \times 12}{80} = \mathbf{0,90 \text{ €/invité}}$

2 Cycle = $\frac{60}{80} = 0,75 \text{ min} = \mathbf{45 \text{ s}}$

Après · 3e employé au thé, 7 employés

1 Thé : $\frac{3 \times 60}{1,5} = 120/h \rightarrow$ nouveau goulot :
sortie (100/h)

2 Débit = $\min(100 ; 100) = 100/h \cdot \text{cycle} = 0,6 \text{ min} = \mathbf{36 \text{ s}}$

3 Coût = $\frac{7 \times 12}{100} = \mathbf{0,84 \text{ €/invité}}$



LA CHENILLE « Qui es-tu ? »

Équilibrage de ligne (*line balancing*) : répartir le travail pour que les stations aient des **capacités proches**. Résultat : plus de débit, un temps de cycle plus court, un coût par unité plus bas.



QU'ON LUI COUPE LA TÊTE !

Améliorer le goulot augmente la capacité...
mais le goulot se déplace ! Recalcule **toutes** les capacités après chaque changement.

« Il faut courir de toutes ses forces
pour rester à la même place. »

· la Reine Rouge ·



SESSION 2 · RÉCAP

FIN DE LA SESSION 2

LA CLÉ DORÉE à retenir



- 1 **Matrice produit-processus** : rester sur la diagonale, adapter le processus quand le produit évolue.
- 2 **4 types** : job, lots, ligne, continu. Le volume monte, la flexibilité baisse.
- 3 **Capacité du processus = min** des capacités des stations = capacité du **goulot**.
- 4 **Débit = min (demande, capacité)**. Utilisation = débit / capacité ($\leq 100\%$), implicite = demande / capacité.
- 5 **Coût = salaires/h ÷ débit, cycle = 1 / débit**. Après avoir amélioré le goulot, cherche où il est parti.

L'HEURE DU THÉ *mini quiz*

- 1 Une station a 3 employés et un temps de traitement de 4 min/unité. Quelle est sa capacité ?
- 2 Trois stations à 50, 40 et 60 unités/h. Capacité du processus et goulot ?
- 3 Demande 30/h, capacité 40/h. Débit, utilisation du processus et temps de cycle ?
- 4 5 employés à 15 €/h, débit de 50 unités/h. Coût de main-d'œuvre par unité ?
- 5 Une raffinerie de pétrole utilise quel type de processus ?

Réponses : 1. $3 \times 60 / 4 = 45$ unités/h · 2. 40/h, goulot = la 2e station · 3. Débit 30/h, utilisation 75 %, cycle 2 min · 4. 75 / 50 = 1,50 € · 5. Continu

« Pourquoi un corbeau ressemble-t-il à un bureau ? »

· le Chapelier (lui non plus n'a pas la réponse) ·

SESSION 4

LA PROGRAMMATION LINÉAIRE



SESSION 4

PROGRAMMATION LINÉAIRE AVEC LE SOLVEUR EXCEL

À la fin de cette session, tu sais :

- ✓ définir la programmation linéaire et citer ses applications
- ✓ paramétrer le Solveur Excel et lire sa solution
- ✓ modéliser un problème en 4 étapes

« Cela dépend beaucoup de l'endroit où tu veux aller. » (le Chat, à Alice qui cherche son chemin)



LA CHENILLE « Qui es-tu ? »

Programmation linéaire (PL, linear programming) : méthode d'optimisation mathématique pour trouver la **meilleure solution possible** d'un problème, sous un ensemble de **contraintes linéaires**.

Objectif : par exemple **maximiser** un profit ou **minimiser** un coût.

APPLICATIONS DOCUMENTÉES DE LA PL

TRANSPORT DU DERNIER KILOMÈTRE

la livraison finale au client

DPD · DHL · La Poste

GESTION URBAINE

collecte et transport des déchets...

Buenos Aires · Rotterdam · Denver

FABRICANTS

ceux qui sont à l'origine du produit

Ford · P&G · HP

HÔPITAUX ET SANTÉ

planning, lits, blocs opératoires

Hôpital Necker (Paris) · Lucile Packard
Children's Hospital (Stanford)

ÉNERGIE ET ÉMISSIONS

gérer l'énergie, réduire les émissions

Chevron · Peoples Energy (gaz, Chicago)

REVENUE MANAGEMENT

ajuster les prix à la demande pour maximiser le
chiffre d'affaires

Air France · NFL · IHG

SUPPLY CHAIN

faire circuler produits, infos et ressources des fournisseurs aux clients

Renault · Zara · Carrefour · Walmart · Amazon



MODÉLISER UN PROBLÈME DE TRANSPORT

NM Co. fabrique des baignoires dans **3 usines** (Rouen, Paris, Marseille) et les livre à **3 entrepôts** (Nantes, Lille, Reims). **Objectif** : décider combien expédier de chaque usine vers chaque entrepôt pour **minimiser les coûts de transport**, en respectant l'offre et la demande.

	Nantes	Lille	Reims	Capacité
Rouen	5	4	3	100
Paris	8	4	3	300
Marseille	9	7	5	300
Demande	300	200	200	700

 LE SOURIRE DU CHAT

« Vite, Oh Ciel, Trop tard ! » (le Lapin Blanc) : Variables, Objectif, Contraintes, contraintes Techniques.

1 VARIABLES DE DÉCISION

x_{ij} = nombre de baignoires expédiées de l'usine i vers l'entrepôt j .
 i : 1 Rouen, 2 Paris, 3 Marseille · j : 1 Nantes, 2 Lille, 3 Reims

2 FONCTION OBJECTIF

$$\text{Min } 5x_{11} + 4x_{12} + 3x_{13} + 8x_{21} + 4x_{22} + 3x_{23} + 9x_{31} + 7x_{32} + 5x_{33}$$

les coûts du tableau, ligne par ligne

3 CONTRAINTES

Capacité des usines ($\leq$)

$$x_{11} + x_{12} + x_{13} \leq 100 \cdot \text{Rouen}$$

$$x_{21} + x_{22} + x_{23} \leq 300 \cdot \text{Paris}$$

$$x_{31} + x_{32} + x_{33} \leq 300 \cdot \text{Marseille}$$

Demande des entrepôts ($\geq$)

$$x_{11} + x_{21} + x_{31} \geq 300 \cdot \text{Nantes}$$

$$x_{12} + x_{22} + x_{32} \geq 200 \cdot \text{Lille}$$

$$x_{13} + x_{23} + x_{33} \geq 200 \cdot \text{Reims}$$

4 CONTRAINTES TECHNIQUES

$x_{ij} \geq 0$ pour tout i, j (non-négativité : on n'expédie pas de baignoires négatives).

 LES CONSEILS DU LAPIN BLANC

Avant de résoudre, compare offre et demande : $100 + 300 + 300 = 700 = 300 + 200 + 200$. Problème équilibré : toute la capacité sera utilisée.

RÉSoudre AVEC LE SOLVEUR EXCEL

PARAMÉTRER LE SOLVEUR EXCEL *Les conseils du Lapin Blanc*

- 1 **Activer le Solveur** : Fichier > Options > Compléments > Compléments Excel > cocher Solveur. Il apparaît dans l'onglet **Données**.
- 2 **Construire le tableau** : une matrice 3×3 de quantités (les x_{ij} , à 0 au départ) + les totaux par ligne et par colonne avec SOMME.
- 3 **Définir l'objectif** : une cellule =SOMMEPROD(coûts ; quantités), puis choisir **Min**.
- 4 **Cellules variables** : la matrice des quantités.
- 5 **Contraintes** : totaux des usines $\leq$ capacités, totaux des entrepôts $\geq$ demandes.
- 6 Cocher « **Rendre les variables sans contrainte non négatives** ».
- 7 Méthode de résolution : **Simplex PL**, puis **Résoudre**.



MANGE-MOI : LA SOLUTION OPTIMALE

	Nantes	Lille	Reims	Expédié
Rouen	100 ⁵	0 ⁴	0 ³	100/100
Paris	0 ⁸	200 ⁴	100 ³	300/300
Marseille	200 ⁹	0 ⁷	100 ⁵	300/300
Reçu	300	200	200	

Coût minimum :

$$5 \times 100 + 4 \times 200 + 3 \times 100 + 9 \times 200 + 5 \times 100$$

$$= 500 + 800 + 300 + 1800 + 500$$

$$= \mathbf{3\,900}$$

Lecture : Rouen, la moins chère, envoie tout à Nantes. Paris sert Lille et Reims. Marseille, la plus chère, complète Nantes et Reims.

QU'ON LUI COUPE LA TÊTE !

Les 3 erreurs qui coûtent cher : **oublier la non-négativité** (le Solveur peut proposer des quantités négatives), **inverser les signes** ($\leq$ pour les usines, $\geq$ pour les entrepôts), ou choisir **GRG non linéaire** au lieu de **Simplex PL**.

SESSION 4 • RÉCAP

FIN DE LA SESSION 4

 LA CLÉ DORÉE à retenir



- 1 PL = optimiser (max ou min) une **fonction objectif** sous des **contraintes linéaires**.
- 2 **4 étapes** : variables, objectif, contraintes, contraintes techniques ($x \geq 0$).
- 3 Transport : **usines $\leq$ capacité, entrepôts $\geq$ demande**.
- 4 **Solveur** : objectif, cellules variables, contraintes, non-négativité, **Simplex PL**.
- 5 **NM Co.** : coût minimum de **3900**.

 L'HEURE DU THÉ *mini quiz*

- 1 Dans un problème de transport, quel signe pour une contrainte de capacité d'usine ?
- 2 Que représente x_{23} dans le cas NM Co. ?
- 3 Quelle méthode choisir dans le Solveur pour un problème linéaire ?
- 4 2 usines et 4 entrepôts : combien de variables de décision ?
- 5 Pourquoi ajouter $x_{ij} \geq 0$?

Réponses : 1. $\leq$ (on n'expédie pas plus que la capacité) • 2. Les baignoires expédiées de Paris vers Reims • 3. Simplex PL • 4. $2 \times 4 = 8$ • 5. On ne peut pas expédier une quantité négative

« Je n'ai pas le temps ! Je vais être en retard ! »

• le Lapin Blanc, la veille de l'examen •



TOUTES LES FORMULES

LE TERRIER EN 1 PAGE

SESSION 1 · FLUX

Loi de Little

$$I = T \times D$$

unités = temps × unités/temps

Temps d'écoulement

$$T = \frac{I}{D}$$

unité de temps

Temps d'écoulement (finance)

$$T = \frac{\text{Inventaire}}{\text{COGS}}$$

années (× 365 = jours)

Rotations de stock

$$\frac{365}{T \text{ (jours)}} = \frac{\text{COGS}}{\text{Inventaire}}$$

fois par an

Marge brute

$$\frac{\text{Revenus} - \text{COGS}}{\text{Revenus}} \times 100$$

%

SESSION 2 · CAPACITÉ

Capacité d'une station

$$\frac{\text{Nb d'employés} \times 60}{\text{Temps de traitement}}$$

unités/h (temps en min/unité)

Capacité du processus

$$\min \{ \text{capacités des stations} \}$$

unités/h

Débit

$$\min \{ \text{Demande} ; \text{Capacité} \}$$

unités/h

Utilisation

$$\frac{\text{Débit}}{\text{Capacité}}$$

% (≤ 100 %)

Utilisation implicite

$$\frac{\text{Demande}}{\text{Capacité}}$$

% (peut dépasser 100 %)

Coût de main-d'œuvre

$$\frac{\text{Salaires totaux par heure}}{\text{Débit par heure}}$$

€ par unité

Temps de cycle

$$\frac{1}{\text{Débit}}$$

h/unité (× 60 = min/unité)

SESSION 4 · PROGRAMMATION LINÉAIRE

Objectif

$$\text{Min } \sum c_{ij} x_{ij}$$

coût total (ou Max pour un profit)

Usines

$$\sum_j x_{ij} \leq \text{capacité de l'usine } i$$

une contrainte par usine

Entrepôts

$$\sum_i x_{ij} \geq \text{demande de l'entrepôt } j$$

une contrainte par entrepôt

Technique

$$x_{ij} \geq 0$$

non-négativité



FIN DU VOYAGE... OU PRESQUE

ET MAINTENANT, TESTE-TOI !



MAELICEINWONDERLAND.FR



Scanne le QR code pour retrouver sur le site **les quiz, les flashcards des formules** et les autres fiches Maelice in Wonderland.

« *Tout le monde a gagné, et tout le monde doit avoir un prix !* »

• le Dodo •

LA CHECK-LIST DE LA VEILLE D'EXAMEN

- | | |
|---|--|
| ☐ Relire le terrier en 1 page | ☐ Refaire les 3 heures du thé sans regarder |
| ☐ Refaire le goûter du Chapelier de A à Z | ☐ Refaire NM Co. dans Excel avec le Solveur |
| ☐ Vérifier que le Solveur est activé si l'examen se fait sur ordinateur | ☐ Calculatrice chargée, et dormir (même le Loir le sait) |

Fiche rédigée par un étudiant PGE 1A, à partir du cours « Processus de production et des services » de NEOMA Business School. Elle complète le cours, elle ne le remplace pas.

Univers inspiré d'*Alice au pays des merveilles* et *De l'autre côté du miroir* de Lewis Carroll (1865 et 1871, domaine public).
Exemples d'entreprises cités à titre pédagogique.

RÉDIGÉ PAR UN ÉTUDIANT PGE 1A

