OUTILS EN INFORMATIQUE

Brice Mayag
brice.mayag@dauphine.fr

LAMSADE, Université Paris-Dauphine

R.O. Excel

Plan

Trois parties

1. Initiation à la Recherche Opérationnelle avec Excel (BD): 3h de cours et 12h de TP
2. Bases de Données élémentaires avec ACCESS (BD): 3h de cours et 12h de TP
3. Outils de l'Internet (initiation aux réseaux + HTML) (OI): 15h de cours et 15h de TP

Evaluation

- Notation finale= 0.4 CC + 0.6 Exam
- 0.6 Exam= 0.2 BD + 0.4 OI
- 0.4 CC= 0.2 cc + 0.2 partiel
- 0.2 partiel= 0.2 RO
- 0.2 cc=moyenne des notes obtenues sur les 3 parties des TP

Un exemple simple

Chris le campeur part en randonnée dans les pyrénées. Il ne peut emporter dans son sac à dos qu'un poids maximal de 14 kgs. Les quatre objets qu'il peut potentiellement emporté possède chacun un poids et une valeur indiqués dans le tableau suivant:

Objets	A	B	C	D
Valeurs	16	22	12	8
Poids	5	7	4	3

- Quels objets Chris devra-t-il mettre dans le sac de manière à maximiser la valeur totale des objets sans dépasser le poids maximal autorisé pour le sac? Est-ce une solution unique?

Qu'est-ce que la Recherche Opérationnelle?

Le Recherche Opérationnelle (RO) est *"la discipline des méthodes scientifiques utilisables pour élaborer de meilleures décisions. Elle permet de rationaliser, de simuler et d'optimiser l'architecture et le fonctionnement des systèmes de production ou d'organisation"* (ROADEF – http://www.roadef.org/).

$\Longrightarrow$ discipline carrefour associant les mathématiques, l'économie et l'informatique.

- Domaines d'application
- Méthodologie utilisée en RO
- Outils scientifiques et informatiques utilisés

Domaines d'application

⋆ **Militaire:** implantation optimale de radars de surveillance, gestion des convois d'approvisionnement, gestion des forces policières...

⋆ **Transport terrestres et aériens**: localisation d'entrepôts, planification d'une flotte de camions, ordonnancement d'atterrissage, ravitaillement d'un pays sinistré,...

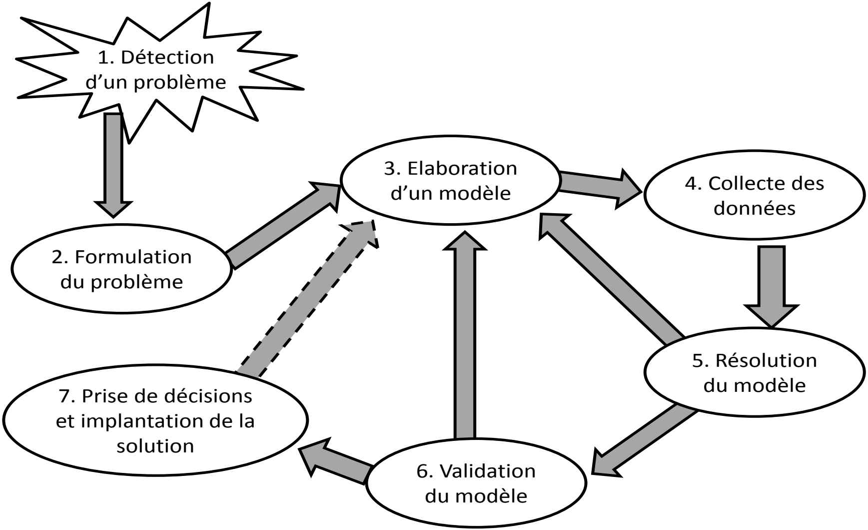
⋆ **Industriel**: Raffinage du pétrole, construction d'un stade, planification de production de bicyclettes, affectation de ressources à des tâches, problèmes de distribution...

⋆ **Secteur public**: gestion de projets, gestion des files d'attente, problèmes de planification, Emplois du temps et gestion du personnel, surveillance des rues par des caméras.

⋆ **Finance**: problèmes d'investissement - maximiser le profit (ou l'espérance de profit), gestion de portefeuille...

⋆ **Telecom/Informatique**: localisation d'émetteurs GSM et de serveurs, stockage des données, systèmes d'exploitation...

Méthodologie utilisée en RO



Plan

Problème de production

Objectif:

Maximiser le profit selon la disponibilité de la main d'oeuvre, la demande du marché, la capacité de production, le prix de revient du matériau brut.

Exemple de problème: les chaises de M. Eugène

Maximiser le profit qu'il pourra tirer, au cours des 3 semaines, de ces types de chaises en utilisant au mieux les ressources de son atelier.

Les chaises de M. Eugène

Produits et demande

Type	Description	Commandes acceptées	Marché potentiel
A	en porte-à-faux	42	100
B	Barcelone	53	100

Résumé des données de fabrication

	Durée de fabrication d'une chaise		Nombre d'heures disponibles
Opération	A Porte-à-faux	B Barcelone	
Brasage	1,5 heure	2 heures	250
Laquage	30 minutes	45 minutes	100
Cuisson	8 heures	6 heures	140
Capitonnage	2 heures	3 heures	327
Profit par chaise	450 $	800 $	

Le modèle linéaire

Variables de décision :

x_A = nombre de chaises A à fabriquer d'ici 3 semaines

x_B = nombre de chaises B à fabriquer d'ici 3 semaines

Objectif :

$$\text{Max } z = 450\, x_A + 800\, x_B$$

Contraintes :

$$x_A \geq 42 \quad (1)$$

$$x_B \geq 53 \quad (2)$$

$$x_A \leq 100 \quad (3)$$

$$x_B \leq 100 \quad (4)$$

$$1{,}5\, x_A + 2\, x_B \leq 250 \quad (5)$$

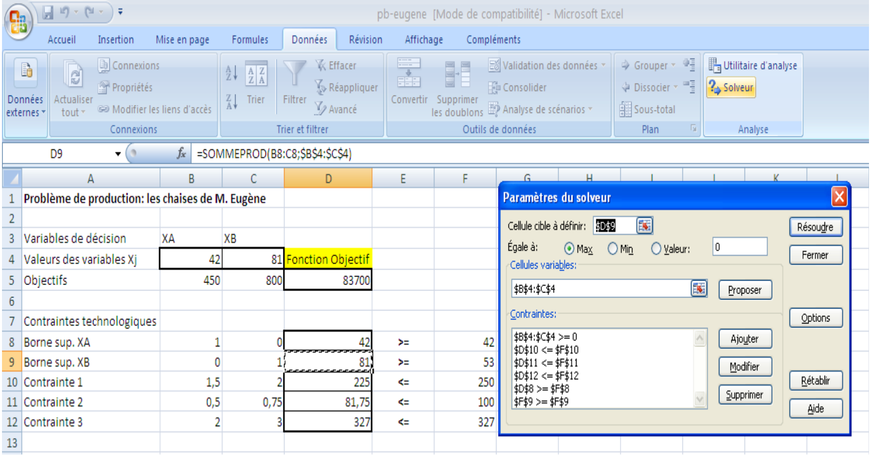
$$0{,}5\, x_A + 0{,}75\, x_B \leq 100 \quad (6)$$

$$2\, x_A + 3\, x_B \leq 327 \quad (7)$$

$$x_A, x_B \geq 0 \text{ et entiers}$$

Manque la contrainte $8x_A + 6x_B \leq 140$

Résolution sur EXCEL



Les problèmes de mélange

Le modèle à construire doit permettre de répondre à la question suivante:

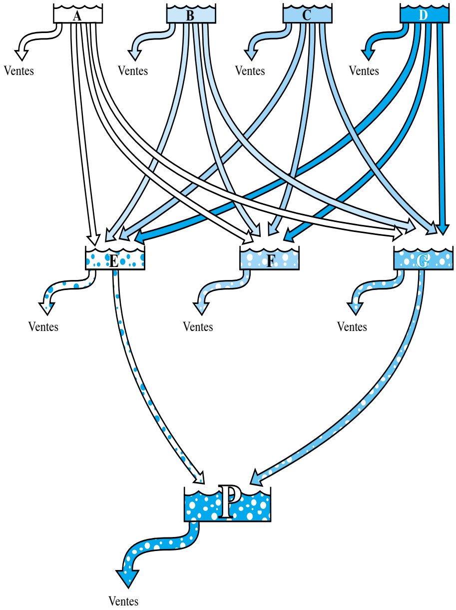
- De combien faut-il mettre, dans chaque mélange, chacun des ingrédients disponibles de façon à maximiser les profits découlant de cette production ou à minimiser les coûts?

Problème de mélange

Données relatives aux liquides A, B, C et D				
	A	**B**	**C**	**D**
Disp. (en L)	8 000	4 250	16 000	2 000
Achat (en $/L)	5,50	4,50	7,50	11,25
Vente (en $/L)	6,00	5,00	8,00	11,75
Mélange				
E	30 %	≥ 10 %	40 %	≤ 5 %
F	≥ 25 %	≤ 20 %	20 %	≥ 10 %
G	20 %	≥ 15 %	40 %	≤ 20 %

Données relatives aux liquides E, F et G			
	E	**F**	**G**
Demande (en L)	≥ 400	≥ 800	≥ 200
Vente (en $/L)	11	15	14
Produit P	1/3	–	2/3

Le produit P se vend 22 $/L.


A
B
C
D
Ventes
Ventes
Ventes
Ventes
E
F
G
Ventes
Ventes
Ventes
P
Ventes

Le modèle linéaire: 1ère partie

Variables de décision :

x_{IJ} = nombre de litres du liquide *I* affectés à l'usage *J*

où *I* = A, B, ..., G, P et *J* = E, F, G, P, V. Par exemple,

x_{AE} = nombre de litres du liquide A qui entrent dans la composition du mélange E

x_{GV} = nombre de litres du mélange G qui seront vendus sur le marché.

On introduit également des variables d'étape :

x_I = nombre de litres du produit *I* utilisés,

où *I* = A, B, C, D, E, G.

Fonction-objectif : Max $z = Ventes - Achats$, où

$$Ventes = 6\ x_{\mathrm{AV}} + 5\ x_{\mathrm{BV}} + 8\ x_{\mathrm{CV}} + 11{,}75\ x_{\mathrm{DV}} + 11\ x_{\mathrm{EV}} + 15\ x_{\mathrm{FV}} + 14\ x_{\mathrm{GV}} + 22\ x_{\mathrm{PV}}$$

$$Achats = 5{,}50\ x_{\mathrm{A}} + 4{,}50\ x_{\mathrm{B}} + 7{,}50\ x_{\mathrm{C}} + 11{,}25\ x_{\mathrm{D}}$$

Le modèle linéaire: 2ème partie

Contraintes : Elles se regroupent en 5 catégories.

(a) Disponibilité des liquides :

$$x_{AV} + x_{AE} + x_{AF} + x_{AG} = x_A \quad \text{et} \quad x_A \leq 8\,000$$
$$x_{BV} + x_{BE} + x_{BF} + x_{BG} = x_B \quad \text{et} \quad x_B \leq 4\,250$$
$$x_{CV} + x_{CE} + x_{CF} + x_{CG} = x_C \quad \text{et} \quad x_C \leq 16\,000$$
$$x_{DV} + x_{DE} + x_{DF} + x_{DG} = x_D \quad \text{et} \quad x_D \leq 2\,000$$

(b) Pour un mélange, quantité vendue ou utilisée = quantité fabriquée :

$$x_{AE} + x_{BE} + x_{CE} + x_{DE} = x_E \quad \text{et} \quad x_E = x_{EV} + x_{EP}$$
$$x_{AF} + x_{BF} + x_{CF} + x_{DF} = x_{FV}$$
$$x_{AG} + x_{BG} + x_{CG} + x_{DG} = x_G \quad \text{et} \quad x_G = x_{GV} + x_{GP}$$
$$x_{EP} + x_{GP} = x_{PV}$$

Le modèle linéaire: 3ème partie

(c) Conditions imposées dans l'élaboration des mélanges :

$x_{AE} = 0{,}30\, x_E$ et $x_{BE} \geq 0{,}10\, x_E$ et $x_{CE} = 0{,}40\, x_E$ et $x_{DE} \leq 0{,}05\, x_E$

$x_{AF} \geq 0{,}25\, x_{FV}$ et $x_{BF} \leq 0{,}20\, x_{FV}$ et $x_{CF} = 0{,}20\, x_{FV}$ et $x_{DF} \geq 0{,}10\, x_{FV}$

$x_{AG} = 0{,}20\, x_G$ et $x_{BG} \geq 0{,}15\, x_G$ et $x_{CG} = 0{,}40\, x_G$ et $x_{DG} \leq 0{,}20\, x_G$

$x_{GP} = 2\, x_{EP}$

(d) Quantités minimales imposées par le carnet de commandes :

$x_{EV} \geq 400$ et $x_{FV} \geq 800$ et $x_{GV} \geq 200$

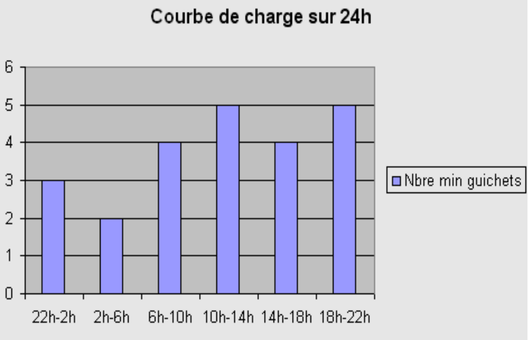
(e) Enfin, il faut ajouter les contraintes usuelles de non-négativité.

Solution optimale

	E	F	G	P	Ventes	Total
A	1 599	4 389	2 012	–	0	8 000
B	1 332,5	0	2 917,5	–	0	4 250
C	2 132	1 254	4 024	–	8 590	16 000
D	266,5	627	1 106,5	–	0	2 000
E	–	–	–	4 930	400	5 330
G	–	–	–	9 860	200	10 060
Total	5 330	6 270	10 060	14 790	–	–

Un problème de construction d'horaires

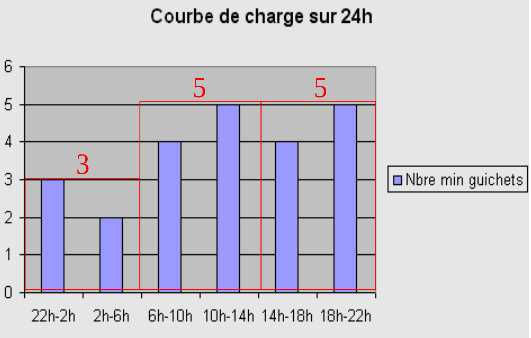
Problème: Affecter des agents à des guichets sur le péage d'une autoroute



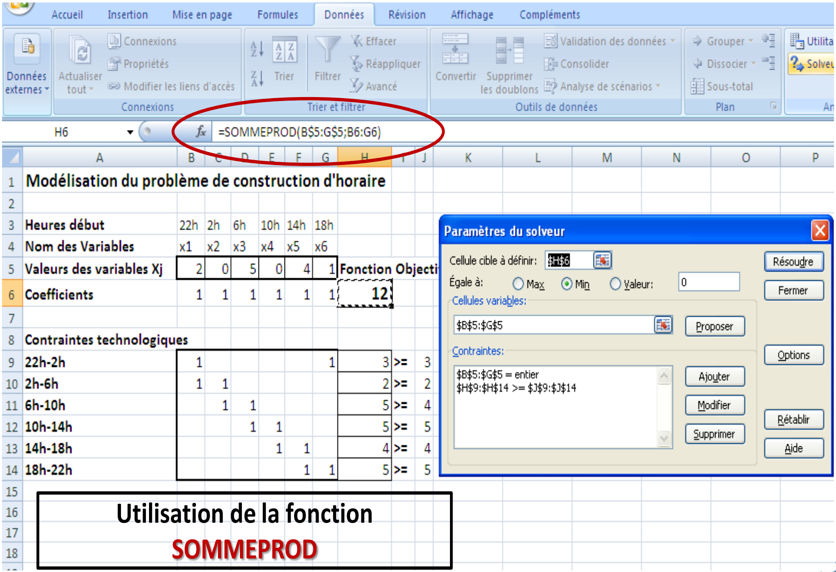
Un agent travaille 8 heures consécutives par jour, l'heure de début étant soit 22h, soit 2h, soit 6h, soit 10h, soit 14h, soit 18h. **Objectif:** minimiser le nombre d'agents employés.

Un problème de construction d'horaires

Le nombre total d'agents employés est de 13



Obtention d'une solution réalisable



Modélisation du problème de construction d'horaire

	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Heures début	22h	2h	6h	10h	14h	18h			
Nom des Variables	x1	x2	x3	x4	x5	x6			
Valeurs des variables Xj	2	0	5	0	4	1	Fonction Objecti		
Coefficients	1	1	1	1	1	1	12		
Contraintes technologiques									
22h-2h	1					1	3	>=	3
2h-6h	1	1					2	>=	2
6h-10h		1	1				5	>=	4
10h-14h			1	1			5	>=	5
14h-18h				1	1		4	>=	4
18h-22h					1	1	5	>=	5

Utilisation de la fonction SOMMEPROD

Exercice: l'horaire des standardistes

Problème: Une centrale téléphonique compte 50 standardistes à son service. Pas de politique des heures brisées. Ses employés travaillent 9 heures d'affilée, sans pauses-café, ni pauses-repas. Le tableau suivant donne les chiffres qui sont arrêtés:

Heures	0 – 3	3 – 6	6 – 9	9 – 12	12 – 15	15 – 18	18 – 21	21 – 24
Besoins	6	4	12	20	20	24	14	14
Salaire	86 $	86 $	86 $	75 $	75 $	75 $	80 $	80 $

Remarque: $6 + 4 + 12 + 20 + 20 + 24 + 14 + 14 = 114$. **Essayer de repartir les x_T standardistes entre différentes périodes de travail en minimisant les besoins pour offrir les services adéquats.**

Variables de décision :

x_j = nombre de standardistes prenant leur service à j heures

Objectif : Minimiser z, où

$$z = 86\ x_0 + 86\ x_3 + 86\ x_6 + 75\ x_9 + 75\ x_{12} + 75\ x_{15} + 80\ x_{18} + 80\ x_{21}$$

Contraintes :

$$\begin{array}{lr}
x_0 + x_{18} + x_{21} & \geq 6 \\
x_0 + x_3 + x_{21} & \geq 4 \\
x_0 + x_3 + x_6 & \geq 12 \\
x_3 + x_6 + x_9 & \geq 20 \\
x_6 + x_9 + x_{12} & \geq 20 \\
x_9 + x_{12} + x_{15} & \geq 24 \\
x_{12} + x_{15} + x_{18} & \geq 14 \\
x_{15} + x_{18} + x_{21} & \geq 14 \\
x_0 + x_3 + x_6 + x_9 + x_{12} + x_{15} + x_{18} + x_{21} & = x_T
\end{array}$$

Toutes les variables sont non négatives et entières.

Table: Le modèle linéaire: Horaire des standardistes

K6 =SOMMEPROD(B$5:J$5;B6:J6)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	**Modélisation du problème de construction d'horaire des standardistes**												
2													
3	**Heures début**	22h	2h	6h	10h	14h	18h						
4	**Nom des Variables**	x0	x3	x6	x9	x12	x15	x18	x21	xT			
5	**Valeurs des variables Xj**	**4**	**0**	**8**	**12**	**0**	**12**	**2**	**0**	**38**	Fonction objectif		
6	**Salaire**	86	86	86	75	75	75	80	80	0	2992		
7													
8	**Contraintes technologiques**												
9	Besoins 00	1						1	1		6	>=	6
10	Besoins 03	1	1						1		4	>=	4
11	Besoins 06	1	1	1							12	>=	12
12	Besoins 09		1	1	1						20	>=	20
13	Besoins 12			1	1	1					20	>=	20
14	Besoins 15				1	1	1				24	>=	24
15	Besoins 18					1	1	1			14	>=	14
16	Besoins 21						1	1	1		14	>=	14
17	Défn xT	1	1	1	1	1	1	1	1	-1	0	>=	0
18													
19	**Besoins**	**6**	**4**	**12**	**20**	**20**	**24**	**14**	**14**	**114**			
20													

Les problèmes de distribution ou de transport

Problème: Un produit à acheminer depuis 3 dépôts vers 4 clients de façon à minimiser les coûts de distribution.

Client / Dépôt	C1	C2	C3	C4	Offre
D1	10	8	5	9	500
D2	7	5	5	3	300
D3	11	10	8	7	400
Demande	200	400	300	100	

Table: Coûts unitaires de transport

N5 =SOMMEPROD(B$4:M$4;B5:M5)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	**Modélisation d'un problème de distribution**															
2																
3	**Variables**	x11	x12	x13	x14	x21	x22	x23	x24	x31	x32	x33	x34			
4	**Valeurs des variables**	0	200	300	0	0	200	0	100	200	0	0	0			
5	**Coefficients**	10	8	5	9	7	5	5	3	11	10	8	7	6600		
6																
7	**Contraintes technologiques**															
8	Dépôt 1	1	1	1	1									500	<=	500
9	Dépôt 2					1	1	1	1					300	<=	300
10	Dépôt 3									1	1	1	1	200	<=	400
11	Client 1	1				1				1				200	=	200
12	Client 2		1				1				1			400	=	400
13	Client 3			1				1				1		300	=	300
14	Client 4				1				1				1	100	=	100
15																

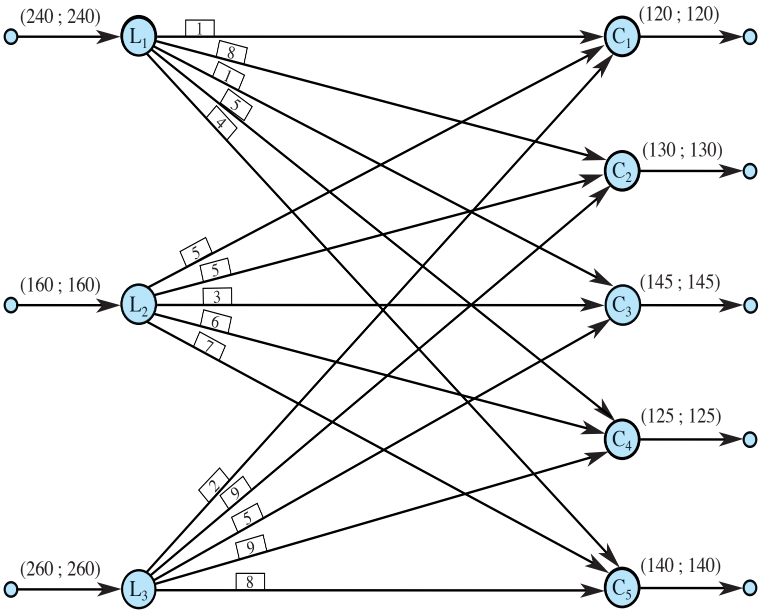
Exercice: un problème de transport

Problème: Trouvez, pour les tonnes de saucisses, un plan d'acheminement à coût minimal des laboratoires aux centres de distribution. Le coût de transport est de 2$/t le kilomètre. Les tableaux suivants sont donnés:

Labo \ Centre	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
L_1	50	400	50	250	200
L_2	250	250	150	300	350
L_3	100	450	250	450	400

Laboratoire	L_1	L_2	L_3	**Total**
Disponibilité S_i	240	160	260	660

Centre	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	**Total**
Demande D_j	120	130	145	125	140	660

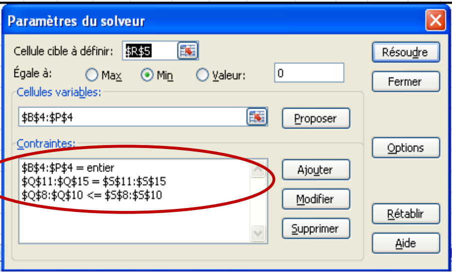

(240 ; 240)
(160 ; 160)
(260 ; 260)
L1
L2
L3
C1
C2
C3
C4
C5
(120 ; 120)
(130 ; 130)
(145 ; 145)
(125 ; 125)
(140 ; 140)
1
8
1
5
4
5
5
3
6
7
2
9
5
9
8

Modélisation du problème de transport

	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	S_i
L_1	1	8	1	5	4	240
L_2	5	5	3	6	7	160
L_3	2	9	5	9	8	260
D_j	120	130	145	125	140	660

Table: Tableau de transport

Variables	x11	x12	x13	x14	x15	x21	x22	x23	x24	x25	x31	x32	x33	x34	x35			
Valeurs des variables	0	0	100	0	140	0	130	0	30	0	120	0	45	95	0			
Coefficients	1	8	1	5	4	5	5	3	6	7	2	9	5	9	8		2810	
Contraintes technologiques																		
Disp L1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	240	<=	240
Disp L2	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	160	<=	160
Disp L3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	260	<=	260
Dem C1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	120	=	120
Dem C2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	130	=	130
Dem C3	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	145	=	145
Dem C4	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	125	=	125
Dem C5	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	140	=	140



Rapport des réponses 2 Feuil3

Les problèmes d'ordonnancement des projets

Un projet consiste en un ensemble de n tâches liées par des contraintes de succession ou de précédence

- Calculer la durée minimale du projet, les ressources étant supposées illimitées: Minimiser $(t_{n+1} - t_0)$ sous les contraintes de potentiels
- Déterminer les dates de début au plus tôt et au plus tard des tâches
- Déterminer les tâches critiques (chemin critique).

Les problèmes d'ordonnancement des projets

On a:

- n tâches à exécuter + 2 tâches fictives 0 et $n+1$ de durées nulles
- t_j : date de début de la tâche j, p_j sa durée

Formulation mathématique

Déterminer $(t_0, t_1, \ldots, t_n, t_{n+1})$ de façon à
Minimiser $(t_{n+1} - t_0)$
s.c.

- Contraintes de potentiel: $t_j - t_i \geq a_{ij}$
- Contraintes de non négativité: $t_0, t_1, \ldots, t_n, t_{n+1} \geq 0$

Exemple de problème d'ordonnancement

Projet RESO: implantation d'un réseau micro-informatique

Code	Description	Prédécesseur(s) immédiat(s)	Durée (en jours)
A	Évaluation initiale	–	5
B	Élaboration de la structure du réseau	A	10
C	Élaboration du plan de formation du personnel	A	3
D	Analyse des coûts	B, C	5
E	Révision des plans et approbation du budget	B, C, D	5
F	Mise en place du câblage	E	5
G	Montage des serveurs	F	5
H	Montage des stations de travail	G	3
I	Installation du logiciel d'exploitation du réseau	H	4
J	Montage des lignes téléphoniques	G	5
K	Montage des ponts	G	3
L	Documentation de la structure du réseau	I, J, K	5
M	Formation du personnel	L	8
N	Négociation de la politique d'entretien	H, J, K	2
O	Élaboration des procédures d'exploitation	L, N	5
P	Élaboration des procédures de copies de sécurité	O	5
Q	Élaboration des procédures d'entretien et de réparation	O	5

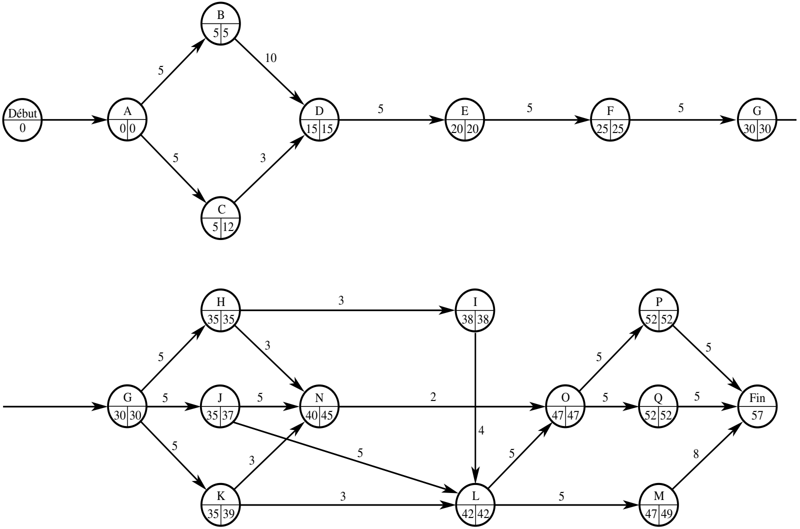


Figure: Graphe potentiel-tâche

- J-F Hêche, Th. M. Liebling et D. de Werra. ***Recherche Opérationnelle pour les Ingénieurs***. *T1, Presses Polytechniques Romandes.*
- Christian Prins et Marc Sevaux (2011). ***Programmation linéaire avec Excel***. *Editions Eyrolles.*
- Virginie Gabrel ***Initiation à la Recherche Opérationnelle avec EXCEL***. *transparentsCours-JAN2011.*
- Philippe Vallin et Daniel Vanderpooten. ***Aide à la décision. Une approche par les cas***. *Editeur : Ellipses.*