

ANDREI JIRNYI, BUREAU DE RECHERCHE DE KELLOGG

## Utilisation du complément Solveur dans MS Excel 2007

Le complément Excel Solver est un outil qui vous permet d'effectuer des optimisations simples et de résoudre des équations à l'aide d'Excel. Au sein de la Kellogg School, il est utilisé dans plusieurs cours, notamment la gestion des opérations, les finances I et II, la prise de décision stratégique et les stratégies de tarification, entre autres. Ce document explique les bases de l'utilisation du Solveur pour trois exemples, un exemple d'opérations (une optimisation du réseau) et deux exemples financiers (une optimisation de portefeuille et un calcul du « plug » dans les états financiers pro forma.

La version la plus récente de ce document et la feuille de calcul qui l'accompagne (solvertutorial.xlsx) sont liées à :

[www.kellogg.northwestern.edu/researchcomputing/training.htm](http://www.kellogg.northwestern.edu/researchcomputing/training.htm)

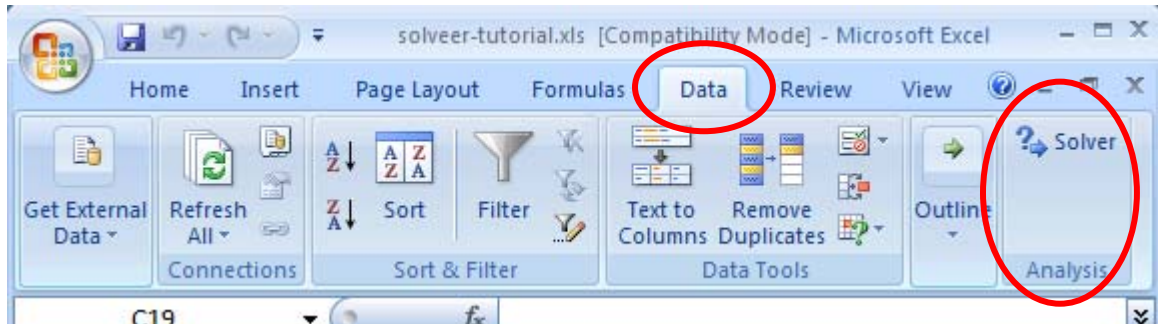
### **Contenu:**

Installation du complément Solveur .....	2
Exemple 1 : SunOil – optimisation du réseau.....	4
Étape 0. Définir le problème. ....	4
Étape 1. Description de la solution. ....	4
Étape 2. Optimisation .....	8
Exemple 2 : Optimisation de portefeuille .....	12
Problème:.....	12
Solution:.....	12
Exemple 3 : Calcul du « plug » dans les états pro forma.....	14
Calcul de la fiche de la dette : méthode 1 (avec le Solveur).....	15
Calcul du bouchon d'endettement : méthode 2 (résolution de référence circulaire) .....	17

### Installation du complément Solveur

Pour faire les exercices de ce document, vous devrez utiliser le complément "Solveur" pour Microsoft Excel. Une fois installé, il apparaît dans la barre d'outils "Analyse" sous l'onglet "Données":

Figure 1. Bouton Solveur



Si la barre d'outils "Analyse" n'apparaît pas, ou n'a pas le bouton "Solveur", le complément doit d'abord être activé :



1. Cliquez sur le bouton "Office" dans le coin supérieur gauche :
2. Choisissez "Options Excel" (Figure 2)
3. Choisissez "Add-Ins" dans le menu vertical à gauche (Figure 3)
4. Choisissez "Compléments Excel" dans la case "Gérer" et cliquez sur "Aller..." (Figure 3)
5. Vérifiez "Solver Add-In" et appuyez sur "OK" (Figure 4)
6. Le complément Solveur devrait maintenant apparaître dans la barre d'outils d'analyse (Figure 1)

Figure 2. Menu MS Office

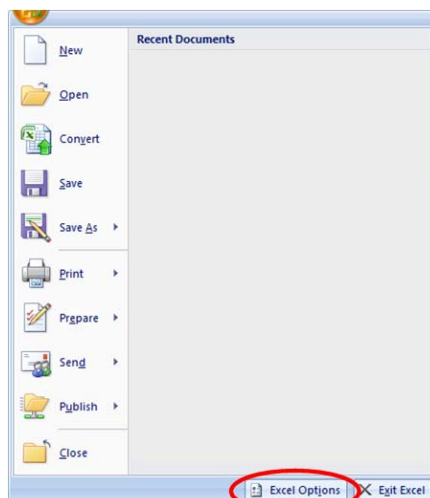


Figure 3. Menu d'options d'Excel

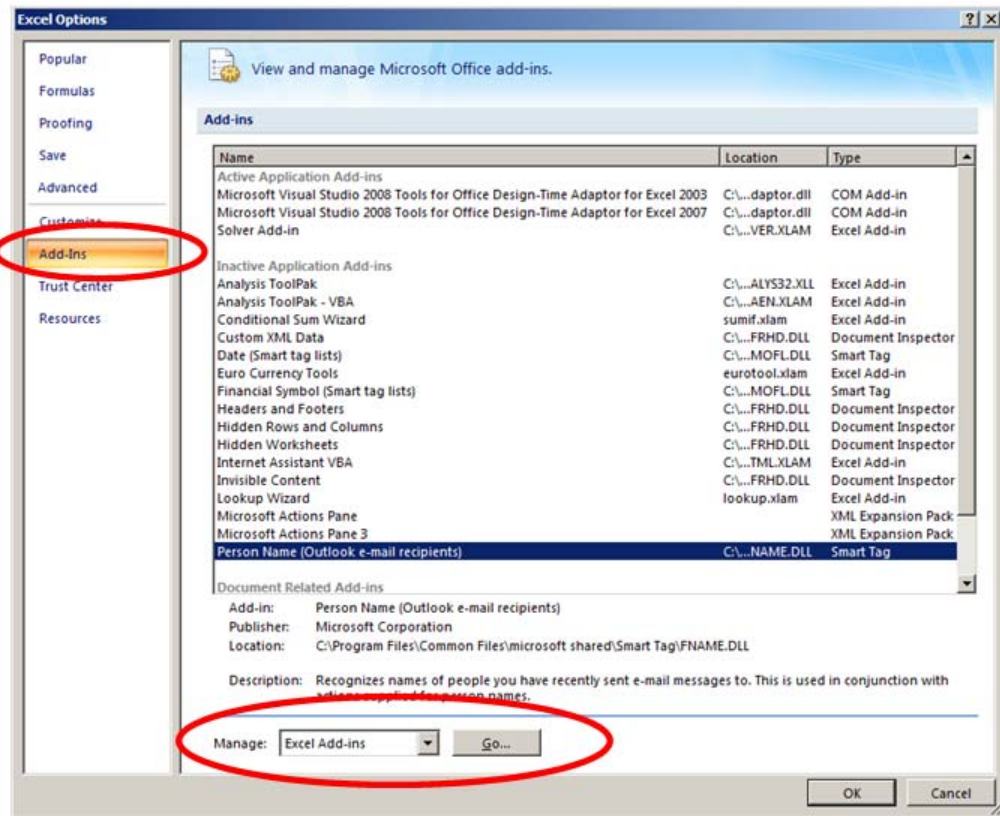
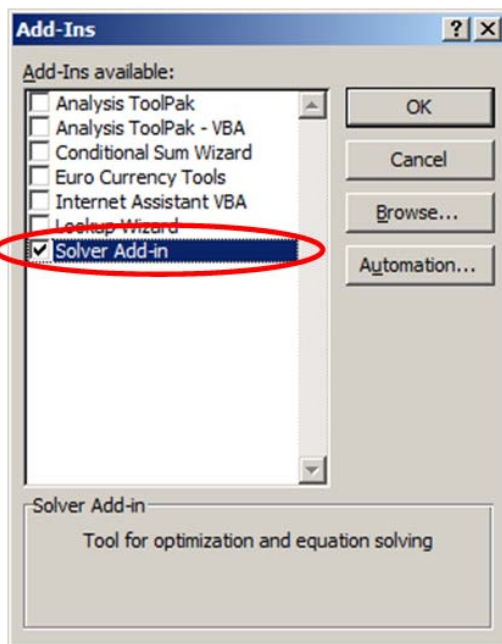


Figure 4. Menu Compléments



Une fois que le complément Solver fonctionne, vous pouvez continuer avec le reste de ce didacticiel.

### Exemple 1 : SunOil – optimisation du réseau

Cet exemple est tiré de Chopra & Meindl, *"Gestion de la chaîne logistique"*, 3<sup>rd</sup> Éd., Pearson Prentice Hall, 2007.

#### ÉTAPE 0 . DÉFINIR LE PROBLÈME.

Le vice-président de la chaîne d'approvisionnement de SunOil réfléchit à l'endroit où construire de nouvelles installations de production. Il y a cinq options : Amérique du Nord et du Sud, Europe, Asie et Afrique. Les coûts de production et de transport pour chaque couple possible de régions « Offre » et « Demande » sont indiqués dans le tableau suivant :

Figure 5. Données sur les coûts et la demande pour SunOil

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	<b>Inputs - Costs, Capacities, Demands</b>									
2		<i>Demand Region</i>								
		<i>Production and Transportation Cost per 1,000,000 Units</i>					<b>Fixed</b>	<b>Low</b>	<b>Fixed</b>	<b>High</b>
3	<i>Supply Region</i>	N. America	S. America	Europe	Asia	Africa	<b>Cost (\$)</b>	<b>Capacity</b>	<b>Cost (\$)</b>	<b>Capacity</b>
4	N. America	81	92	101	130	115	6,000	10	9,000	20
5	S. America	117	77	108	98	100	4,500	10	6,750	20
6	Europe	102	105	95	119	111	6,500	10	9,750	20
7	Asia	115	125	90	59	74	4,100	10	6,150	20
8	Africa	142	100	103	105	71	4,000	10	6,000	20
9	<i>Demand</i>	12	8	14	16	7				

Par exemple, il en coûte 115 000 \$ pour produire 1 million d'unités en Asie et les transporter en Amérique du Nord. Pour simplifier, nous supposons que ces coûts sont constants et que chaque million d'unités nous coûte la même chose à produire et à transporter.

De plus, la construction d'une usine a un coût fixe qui ne dépend pas du volume de production. Il existe deux types d'usines possibles : une faible capacité qui peut produire jusqu'à 10 millions d'unités par an à un coût fixe qui dépend de la région et est donné dans les cellules G4:G8 de la Fig. 1, et une grande capacité qui peut produire jusqu'à 20 millions d'unités par an à un coût fixe supérieur de 50 % (présentant ainsi des économies d'échelle). Le coût associé et la capacité maximale sont indiqués dans les cellules I4:J8 de la Figure 5.

La demande totale dans chaque région (en millions d'unités) est donnée dans les cellules B9:F9.

Nous devons décider :

- Combien et quel type d'usines devrions-nous construire dans chaque région
- Comment répartir la production entre elles
- Quels marchés chaque usine doit-elle approvisionner ?

#### ÉTAPE 1 . DÉCRIRE LA SOLUTION .

Avant de commencer l'optimisation, décrivons une solution arbitraire au problème et définissons les contraintes requises.

*D'abord, quelles plantes construire et où ?*

Les cellules en surbrillance (G14:H18) de la figure 6 indiquent le nombre de centrales de chaque type que nous construisons dans chaque région. Dans ce cas, nous suggérons une petite usine en Amérique du Nord et deux grandes usines en Amérique du Sud.

Figure 6. Nombre et emplacement des plantes

	A	B	C	D	E	F	G	H
11	<b>Decision Variables</b>							
12	Supply Region	Demand Region - Production Allocation (1000 Units)					Small Plants	Large Plants
13		N. America	S. America	Europe	Asia	Africa		
14	N. America	5	0	0	0	0	1	0
15	S. America	20	20	5	0	0	0	2
16	Europe	0	0	0	0	0	0	0
17	Asia	0	0	0	0	0	0	0
18	Africa	0	0	0	0	0	0	0

*À présent, combien devrions-nous produire et où devrions-nous transporter les marchandises ?*

Distribuons la sortie de chaque emplacement :

Figure 7. Allocation de capacité

	A	B	C	D	E	F	G	H
11	<b>Decision Variables</b>							
12	Supply Region	Demand Region - Production Allocation (1000 Units)					Small Plants	Large Plants
13		N. America	S. America	Europe	Asia	Africa		
14	N. America	5	0	0	0	0	1	0
15	S. America	20	20	5	0	0	0	2
16	Europe	0	0	0	0	0	0	0
17	Asia	0	0	0	0	0	0	0
18	Africa	0	0	0	0	0	0	0

Dans les cases (B14:F18) nous spécifions que nous aimerions produire 5 unités en Amérique du Nord et les vendre localement. Nous aimerions également que les installations sud-américaines fournissent 20 unités localement, 20 autres en Amérique du Nord et 5 en Asie. Malheureusement, un tel arrangement est impossible comme nous le verrons dans un instant.

Calculons la *capacité excédentaire* que nous avons dans chaque région, en millions d'unités. Elle est égale à la quantité produite :

$$[\text{Nombre de petites usines}] \times [\text{Faible capacité}] + [\text{Nombre de grandes usines}] \times [\text{Haute capacité}]$$

moins la quantité transportée depuis la région : par exemple, la capacité excédentaire pour l'Amérique du Nord (cellule B22) est égale à  $[G14 \times H4 + H14 \times J4 - \text{SUM}(B14:F14)]$  (Figure 8).

Figure 8. Contrainte de capacité excédentaire

=G14\*H4+H14\*J4-SUM(B14:F14)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Inputs - Costs, Capacities, Demands									
2	Supply Region	Demand Region					Fixed Cost (\$)	Low Capacity	Fixed Cost (\$)	High Capacity
3		Production and Transportation Cost per 1,000,000 Units								
4		N. America	S. America	Europe	Asia	Africa				
5	N. America	81	92	101	130	115	6,000	10	9,000	20
6	S. America	117	77	108	98	100	4,500	10	6,750	20
7	Europe	102	105	95	119	111	6,500	10	9,750	20
8	Asia	115	125	90	59	74	4,100	10	6,150	20
9	Africa	142	100	103	105	71	4,000	10	6,000	20
9	Demand	12	8	14	16	7				
10										
11	Decision Variables									
12	Supply Region	Demand Region - Production Allocation (1000 Units)					Small Plants	Large Plants		
13		N. America	S. America	Europe	Asia	Africa				
14	N. America	5	0	0	0	0	1	0		
15	S. America	20	20	5	0	0	0	2		
16	Europe	0	0	0	0	0	0	0		
17	Asia	0	0	0	0	0	0	0		
18	Africa	0	0	0	0	0	0	0		
19										
20	Constraints									
21	Supply Region	Excess Capacity								
22	N. America	5								
23	S. America	-5								
24	Europe	0								
25	Asia	0								
26	Africa	0								

Ici, la capacité excédentaire est égale à 5, ce qui signifie que nous produisons 5 unités de moins en Amérique du Nord que notre capacité ne le permet. De même, nous pouvons calculer la capacité excédentaire pour d'autres régions et voir que nous avons alloué 45 unités à transporter depuis l'Amérique du Sud alors que nous ne pouvons en produire que 40, ce qui entraîne une capacité excédentaire négative. Cet écart sera corrigé lorsque Excel résoudra le problème pour nous.

On peut aussi calculer la demande non satisfaite dans chaque région, égale à la demande initiale moins le nombre total d'unités qui y sont transportées (Figure 9) :

Figure 9. Demande non satisfaite

=B9-SUM(B14:B18)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	Inputs - Costs, Capacities, Demands									
2	Supply Region	Demand Region					Fixed Cost (\$)	Low Capacity	Fixed Cost (\$)	High Capacity
3		Production and Transportation Cost per 1,000,000 Units								
		N. America	S. America	Europe	Asia	Africa				
4	N. America	81	92	101	130	115	6,000	10	9,000	20
5	S. America	117	77	108	98	100	4,500	10	6,750	20
6	Europe	102	105	95	119	111	6,500	10	9,750	20
7	Asia	115	125	90	59	74	4,100	10	6,150	20
8	Africa	142	100	103	105	71	4,000	10	6,000	20
9	Demand	12	8	14	16	7				
10										
11	Decision Variables									
12	Supply Region	Demand Region - Production Allocation (1000 Units)					Small Plants	Large Plants		
13		N. America	S. America	Europe	Asia	Africa				
14	N. America	5	0	0	0	0	1	0		
15	S. America	20	20	5	0	0	0	2		
16	Europe	0	0	0	0	0	0	0		
17	Asia	0	0	0	0	0	0	0		
18	Africa	0	0	0	0	0	0	0		
19										
20	Constraints									
21	Supply Region	Excess Capacity								
22	N. America	5								
23	S. America	-5								
24	Europe	0								
25	Asia	0								
26	Africa	0								
27		N. America	S. America	Europe	Asia	Africa				
28	Unmet Demand	-13	-12	9	16	7				

Nous pouvons voir que nous avons une offre excédentaire dans certaines régions et une demande non satisfaite dans d'autres.

le coût total de production est égal à la somme des coûts variables (égal à la somme du produit cellule par cellule des coûts unitaires et des quantités produites) et des coûts fixes. Dans la capture d'écran ci-dessous, notez comment la fonction SOMMEPROD est utilisée pour calculer le coût variable total :

:



Figure 10. Fonction objectif (coût)

=SUMPRODUCT(B14:F18,B4:F8)+SUMPRODUCT(G14:G18,G4:G8)+SUMPRODUCT(H14:H18,I4:I8)										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	<b>Inputs - Costs, Capacities, Demands</b>									
2	Supply Region	Demand Region					Fixed	Low	Fixed	High
3		Production and Transportation Cost per 1,000,000 Units					Cost (\$)	Capacity	Cost (\$)	Capacity
4	N. America	81	92	101	130	115	6,000	10	9,000	20
5	S. America	117	77	108	98	100	4,500	10	6,750	20
6	Europe	102	105	95	119	111	6,500	10	9,750	20
7	Asia	115	125	90	59	74	4,100	10	6,150	20
8	Africa	142	100	103	105	71	4,000	10	6,000	20
9	Demand	12	8	14	16	7				
10										
11	<b>Decision Variables</b>									
12	Supply Region	Demand Region - Production Allocation (1000 Units)					Small	Large		
13		N. America	S. America	Europe	Asia	Africa	Plants	Plants		
14	N. America	5	0	0	0	0	1	0		
15	S. America	20	20	5	0	0	0	2		
16	Europe	0	0	0	0	0	0	0		
17	Asia	0	0	0	0	0	0	0		
18	Africa	0	0	0	0	0	0	0		
19										
20	<b>Constraints</b>									
21	Supply Region	Excess Capacity								
22	N. America	5								
23	S. America	-5								
24	Europe	0								
25	Asia	0								
26	Africa	0								
27		N. America	S. America	Europe	Asia	Africa				
28	Unmet Demand	12	-12	9	16	7				
29										
30	<b>Objective Function</b>									
31	Cost =	\$ 24,325								

## ÉTAPE 2 . OPT IMI ZAT ION

Nous utiliserons l'outil « solveur » pour trouver l'allocation optimale. Notre objectif est de trouver une allocation minimisant les coûts en modifiant les variables de décision (B14:H18). Appelons la fenêtre "Solver" en cliquant sur le bouton "Solver" (Figure 1) et entrez le problème (il suffit de sélectionner des cellules dans la feuille de calcul pour entrer une référence à celles-ci):

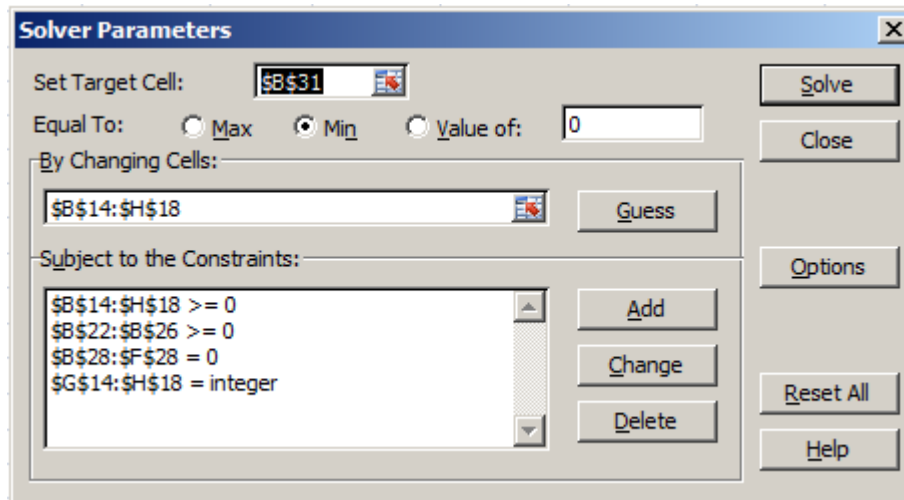
- "Cellule cible": B31 (coût total)
- "Égal à": Min (minimisation des coûts)
- « En changeant de cellules » : B14:H18

L'allocation doit également être faisable, ce qui signifie que nous saisissons également certaines contraintes (appuyez sur "Ajouter" pour ajouter une nouvelle contrainte) :

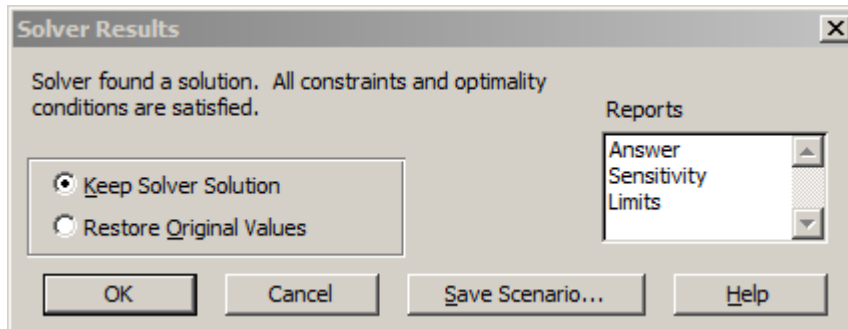


- Le nombre de plantes et la quantité produite dans chaque région ne sont pas négatifs :  
B14:H18  $\geq 0$
- La surcapacité n'est pas négative : B22:B26  $\geq 0$
- Toutes les demandes sont satisfaites : B28:F28 = 0
- Nous ne pouvons pas construire des usines fractionnées : G14:H18 = entier

Figure 11. Fenêtre du solveur



Appuyez sur « Solve » pour obtenir une solution (choisissez « Keep Solver Solution » dans la fenêtre contextuelle) :



Le résultat final est illustré à la figure 12 :

Figure 12. Allocation optimale

	A	B	C	D	E	F	G	H
11	<b>Decision Variables</b>							
12	Supply Region	Demand Region - Production Allocation (1000 Units)					Small	Large
13		N. America	S. America	Europe	Asia	Africa	Plants	Plants
14	N. America	0	0	0	0	0	0	2.4E-14
15	S. America	0	0	0	0	0	0	0
16	Europe	0	0	0	0	0	0	0
17	Asia	12	0	12	16	0	0	2
18	Africa	0	8	2	0	7	0	1
19								
20	<b>Constraints</b>							
21	Supply Region	Excess Capacity						
22	N. America	0						
23	S. America	0						
24	Europe	0						
25	Asia	0						
26	Africa	3						
27		N. America	S. America	Europe	Asia	Africa		
28	Unmet Demand	0	0	0	0	0		
29								
30	<b>Objective Function</b>							
31	Cost =	\$ 23,207						

La solution passe par deux usines en Asie et une en Afrique, toutes de type haute capacité. L'usine asiatique approvisionnera l'Amérique du Nord, l'Europe et l'Asie elle-même, et l'usine africaine approvisionnera l'Amérique du Sud, l'Europe et l'Afrique.

Notez qu'il y a une petite sous-utilisation de capacité à l'usine africaine, mais toute la demande est satisfaite, pour un coût total de 23,2 millions de dollars. Cela est dû à notre incapacité à construire des usines « fractionnées », c'est-à-dire à augmenter la capacité dans des unités plus petites. Si nous pouvions le faire, nous pourrions ignorer la contrainte d'entier :

Figure 13. Suppression de la contrainte d'entier

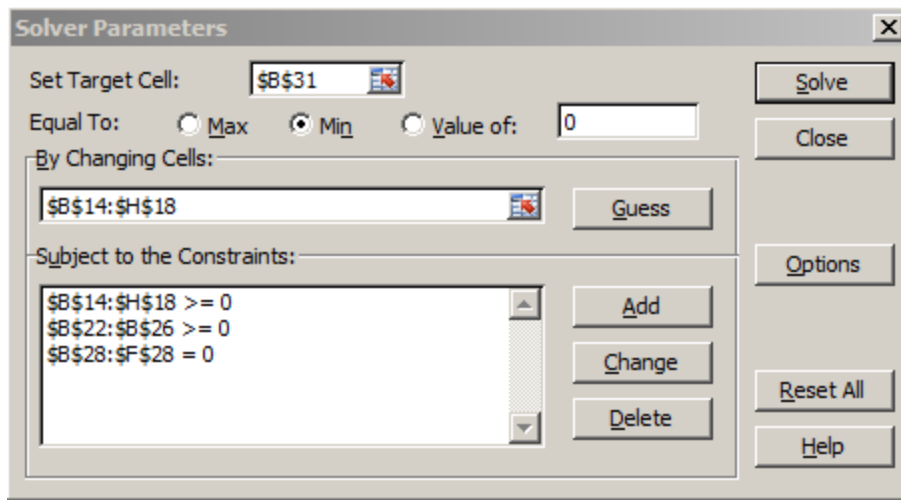


Figure 14. Solution fractionnaire optimale

	A	B	C	D	E	F	G	H
11	<b>Decision Variables</b>							
12	Supply Region	Demand Region - Production Allocation (1000 Units)					Small	Large
13		N. America	S. America	Europe	Asia	Africa	Plants	Plants
14	N. America	0	0	0	0	0	0	2.4E-14
15	S. America	0	0	0	0	0	0	0
16	Europe	0	0	0	0	0	0	0
17	Asia	12	0	14	16	0	0	2.1
18	Africa	0	8	0	0	7	0	0.75
19								
20	<b>Constraints</b>							
21	Supply Region	Excess Capacity						
22	N. America	0						
23	S. America	0						
24	Europe	0						
25	Asia	0						
26	Africa	0						
27		N. America	S. America	Europe	Asia	Africa		
28	Unmet Demand	0	0	0	0	0		
29								
30	<b>Objective Function</b>							
31	Cost =	\$ 22,296						

Comme nous le voyons, si nous avions pu construire des usines fractionnées, nous aurions pu atteindre la pleine utilisation de la capacité et réduire les coûts. Cependant, lorsque nous ne le sommes pas, une restriction "entière" du nombre de plantes est nécessaire pour produire des résultats raisonnables.

## Exemple 2 : Optimisation de portefeuille

Considérons un monde où deux actions s'échangent : Amazon (AMZ) et McDonalds (MCD). Quelle serait la meilleure façon de construire un portefeuille de ces actions pour un investisseur qui se soucie des rendements attendus et de leur variance ?

Ce problème est configuré dans l'onglet "Optimisation de portefeuille" de "solver-tutorial.xlsx".

### PROBLÈME:

Le rendement attendu des capitaux propres d'Amazon (AMZ) est  $r_{AMZ} = 25\%$ , avec un écart type  $\sigma_{AMZ} = 75\%$  ; le rendement attendu des capitaux propres de McDonald's (MCD) est  $r_{MCD} = 10\%$ , avec un écart type  $\sigma_{MCD} = 25\%$  pour cent. Le coefficient de corrélation est  $\rho = 0.25$  et le taux sans risque est  $r_f = 3\%$ . Trouvez le portefeuille efficace moyenne-variance.

### SOLUTION:

La covariance entre les deux titres  $Cov(r_{AMZ}, r_{MCD}) = \rho \sigma_{AMZ} \sigma_{MCD} \approx 0,0469$  (cellule G1).

Si le poids d'AMZ dans le portefeuille optimal est égal à une fraction  $x_{AMZ}$  (cellule K2), puis :

- Le poids de MCD est le reste du portefeuille,  $x_{MCD} = 1 - x_{AMZ}$  (cellule L2)
- La variance du portefeuille  $\sigma_P = (\sigma_{AMZ}^2 x_{AMZ}^2 + \sigma_{MCD}^2 x_{MCD}^2 + 2 x_{AMZ} x_{MCD} Cov(r_{AMZ}, r_{MCD}))^{1/2}$  (cellule M2)
- Le rendement attendu du portefeuille :  $E(r_P) = r_{AMZ} x_{AMZ} + r_{MCD} x_{MCD}$  (cellule N2)
- Rapport de Sharpe  $S = (E(r_P) - r_f) / \sigma_P$  (cellule O2)

Par exemple, un portefeuille équi pondéré (c'est-à-dire  $x_{MCD} = x_{AMZ} = 0,5$ ) a une variance d'environ 42,4 % (Figure 15).

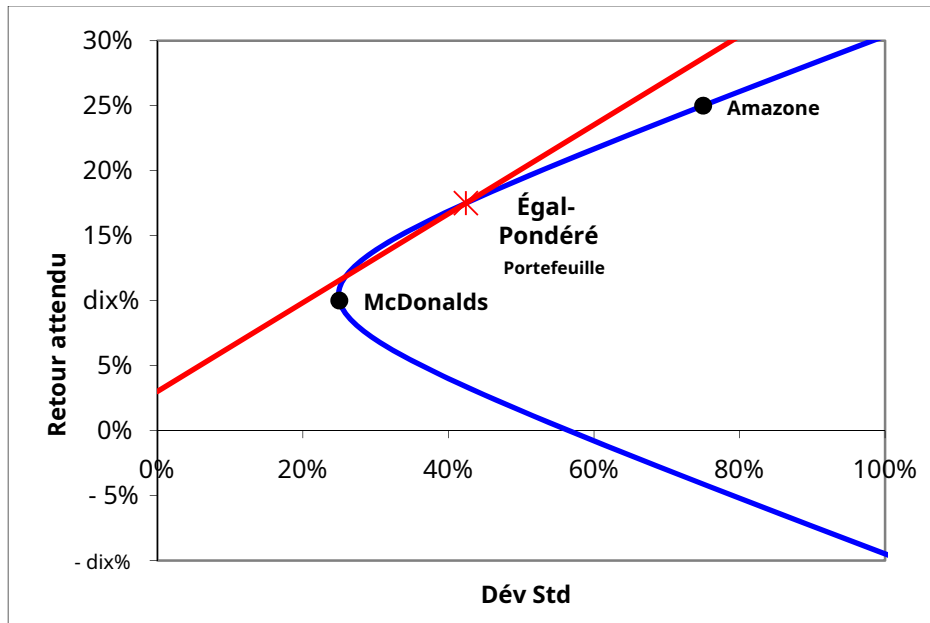
Figure 15. Portefeuille équi pondéré

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1		sig	E(r)		rhoAMZ,MCD	Rf	covAMZ,MCD		MVE Port:	xAMZ	xMcD	sigP	E(rP)	SR	
2	Amazon	75%	25%		0.25	3%	0.046875		(use Solver)	0.5	0.5	0.4239	0.1750	0.342065	
3	McDonalds	25%	10%												

La ligne bleue de la figure 16 montre toutes les combinaisons rendement/écart-type possibles que l'on peut obtenir en combinant les deux actions avec des pondérations différentes, et la ligne rouge montre les combinaisons possibles du portefeuille équi pondéré avec l'actif sans risque. Évidemment, le portefeuille équi pondéré n'est pas efficace en moyenne-variance : une partie de la ligne bleue se situe au-dessus de la rouge et donc certains portefeuilles ont un ratio de Sharpe plus élevé.

<sup>1</sup>Exemple tiré des notes de cours du professeur Andrew Hertzberg pour Finance I.

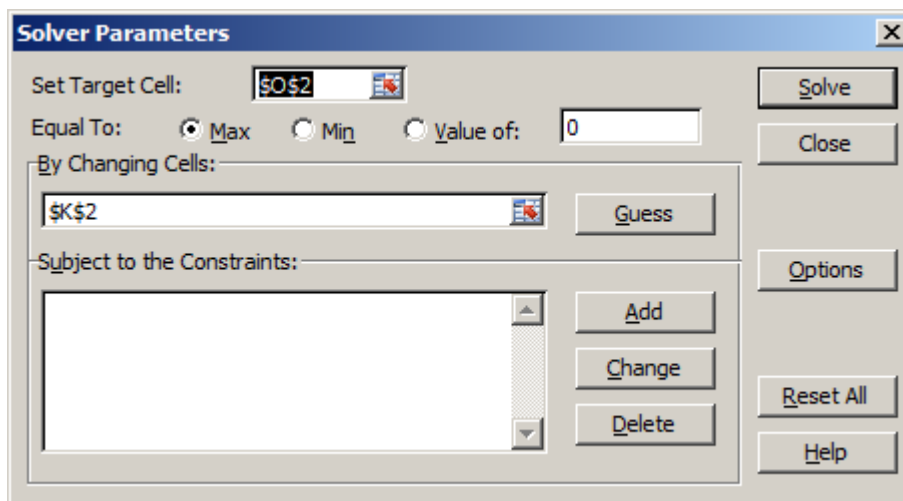
Figure 16. Sous-optimalité d'un portefeuille équipondéré.



Réolvons pour l'allocation d'actifs optimale. Nous utiliserons à nouveau l'outil Solveur :

- « Cellule cible » : O2 (rapport de Sharpe)
- Réglez-le "Égal à": Max
- En changeant de cellule : K2 (poids AMZ)

Figure 17. Paramètres du solveur pour l'optimisation de portefeuille

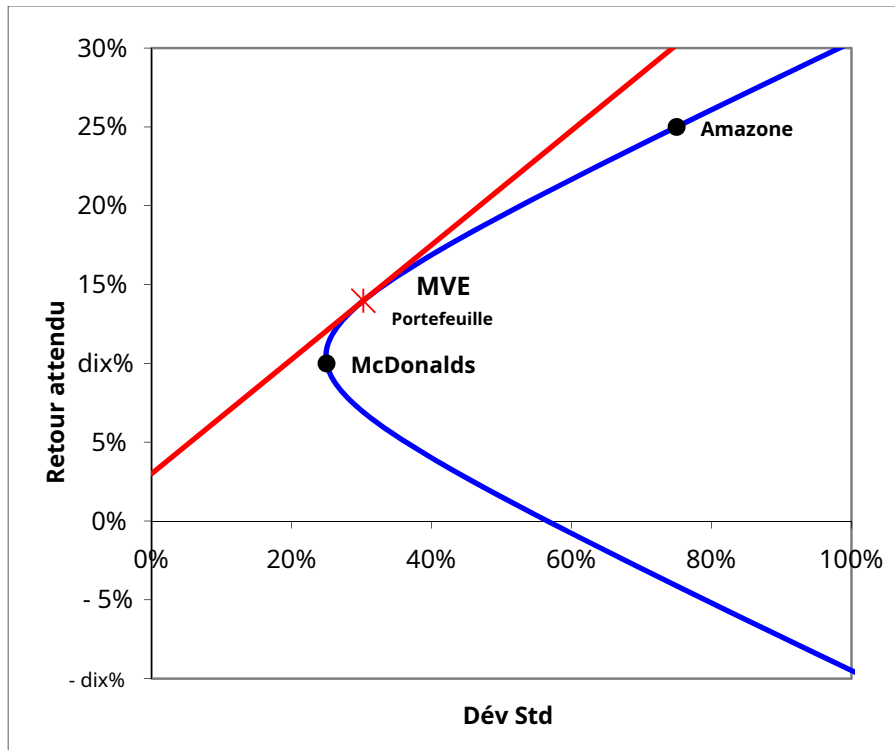


Cliquez sur le bouton « Résoudre » pour obtenir :

	I	J	K	L	M	N	O
1	MVE Port:	xAMZ	xMcD	sigP	E(rP)	SR	
2	(use Solver)	0.26482	0.735178	0.3025	0.1397	0.362771	

Ainsi, le portefeuille efficace moyenne-variance (MVE) contient environ 26,5 % des actions d'Amazon. Ce portefeuille maximise clairement le ratio de Sharpe :

Figure 18. Portefeuille efficace moyenne-variance



### Exemple 3 : Calcul du « plug » dans les états pro forma

*Pro forma* sont des prévisions des états financiers futurs de l'entreprise (bilan et états des résultats et des flux de trésorerie). Il est important qu'ils soient cohérents avec les règles comptables.

Généralement, certains champs sont prévus indépendamment (*par exemple*, à partir d'hypothèses sur les taux de croissance ou les ratios financiers), tandis que d'autres sont calculés à partir de ceux-ci. Un champ « Debt (Bank) Plug » sert à « fermer le modèle », *c'est à dire*, pour s'assurer que les actifs prévus sont égaux à la somme des passifs et des capitaux propres.

Prenons un exemple concret.

CALCUL DU PLUG D'ENDETTEMENT : MÉTHODE 1 (UTILISATION DU SOLVEUR)

La figure 19 montre le bilan réel d'Au Bon Pain (ABP) pour 1997 et les valeurs prévues des ventes, des dépenses, de l'actif total, des autres passifs et des dividendes prévus pour 1998. Le taux d'imposition des sociétés est de 34 % et le coût de la dette est de dix%:

Figure 19. Au Bon Pain : résultats de 1997 et prévisions de 1998

Income Statement	1997	1998 Pro-Forma
Sales		10,000.00
COGS+operating expense		8,000.00
Interest expense		
Net income before tax		
Tax		
Net income after tax		
Dividends		50.00
ΔRetained earnings		
<b>Balance Sheets</b>		
<b>Assets</b>		
Total Assets	1,800.00	3,000.00
<b>Liabilities</b>		
Bank loan	300.00	
Other liabilities	1,000.00	1,500.00
Total liabilities	1,300.00	
Retained earnings	500.00	
Total liabilities and equity	1,800.00	

Supposons que la valeur du prêt bancaire à la fin de 1998 soit nulle. On peut alors renseigner le reste du bilan et le compte de résultat (les valeurs calculées sont en italique).

Nous calculons la charge d'intérêts comme la valeur moyenne du prêt bancaire en 1998, égale à  $(300+0)/2$ , multipliée par le coût de la dette de 10 % (Figure 20) :

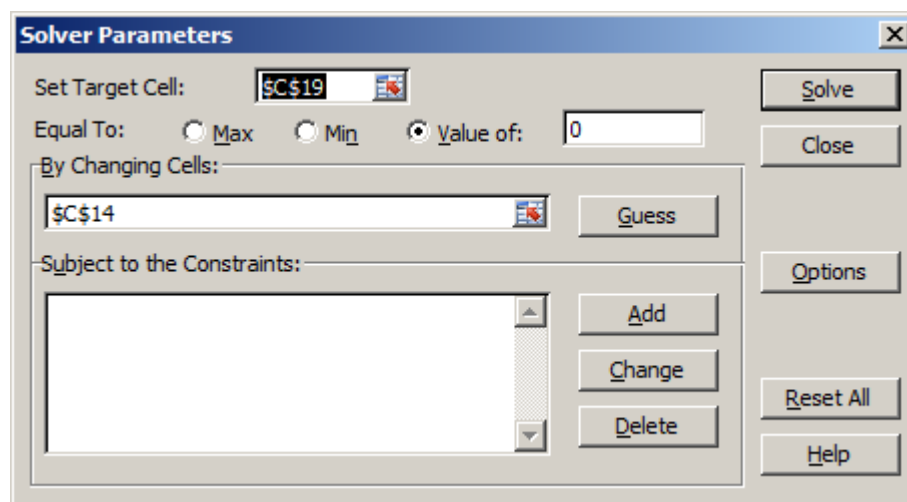


Figure 20. ABP : 1998 Pro-Forma avec zéro PLUG

	A	B	C	D
1	Income Statement	1997	1998 Pro-Forma	Notes
2	Sales		10,000.00	
3	COGS+operating expense		8,000.00	
4	Interest expense		15.00	Interest expense at 10% of avg. balance
5	Net income before tax		1,985.00	
6	Tax		674.90	Assuming a 34% tax rate
7	Net income after tax		1,310.10	
8	Dividends		50.00	Given
9	ΔRetained earnings		1,260.10	
10	Balance Sheets			
11	Assets			
12	Total Assets	1,800.00	3,000.00	
13	Liabilities			
14	Bank loan	300.00	-	
15	Other liabilities	1,000.00	1,500.00	
16	Total liabilities	1,300.00	1,500.00	
17	Retained earnings	500.00	1,760.10	
18	Total liabilities and equity	1,800.00	3,260.10	
19	Discrepancy [A-(L+E)]	-	(260.10)	

Notez que les livres ne s'additionnent pas et qu'il y a un écart entre l'actif et le passif. Pour clôturer le modèle, nous devons calculer le montant de financement supplémentaire dont l'entreprise aura besoin en 1998 pour soutenir la croissance prévue. En d'autres termes, nous devons trouver une telle valeur pour le prêt bancaire (B14) qui se traduirait par un écart nul (C19) :

Figure 21. Options du solveur pour trouver le PLUG



Appuyez sur "Résoudre" pour obtenir la solution :

Figure 22. Solution : 1998 Pro-Forma et PLUG

releve de revenue	1997	1998 Pro-Forma
Ventes		10 000,00
COGS+dépenses d'exploitation		8 000,00
Intérêts débiteurs		1500
Résultat net avant impôt		1 985,00
Impôt		674,90
Résultat net après impôt		1 310,10
Dividendes		50,00
ΔReport à nouveau		1 260,10
<b>Bilans</b>		
<i>Actifs</i>		
Total des actifs	1 800,00	3 000,00
<i>Passifs</i>		
prêt bancaire	300,00	-
Autres passifs	1 000,00	1 500,00
Responsabilités totales	1 300,00	1 500,00
Des bénéfices non répartis	500,00	1 760,10
Total du passif et des capitaux propres	1 800,00	3 260,10
<b>Écart [A-(L+E)]</b>	-	(260.10)

Ainsi, la croissance prévue ne nécessitera aucun financement bancaire supplémentaire (PLUG = -269).

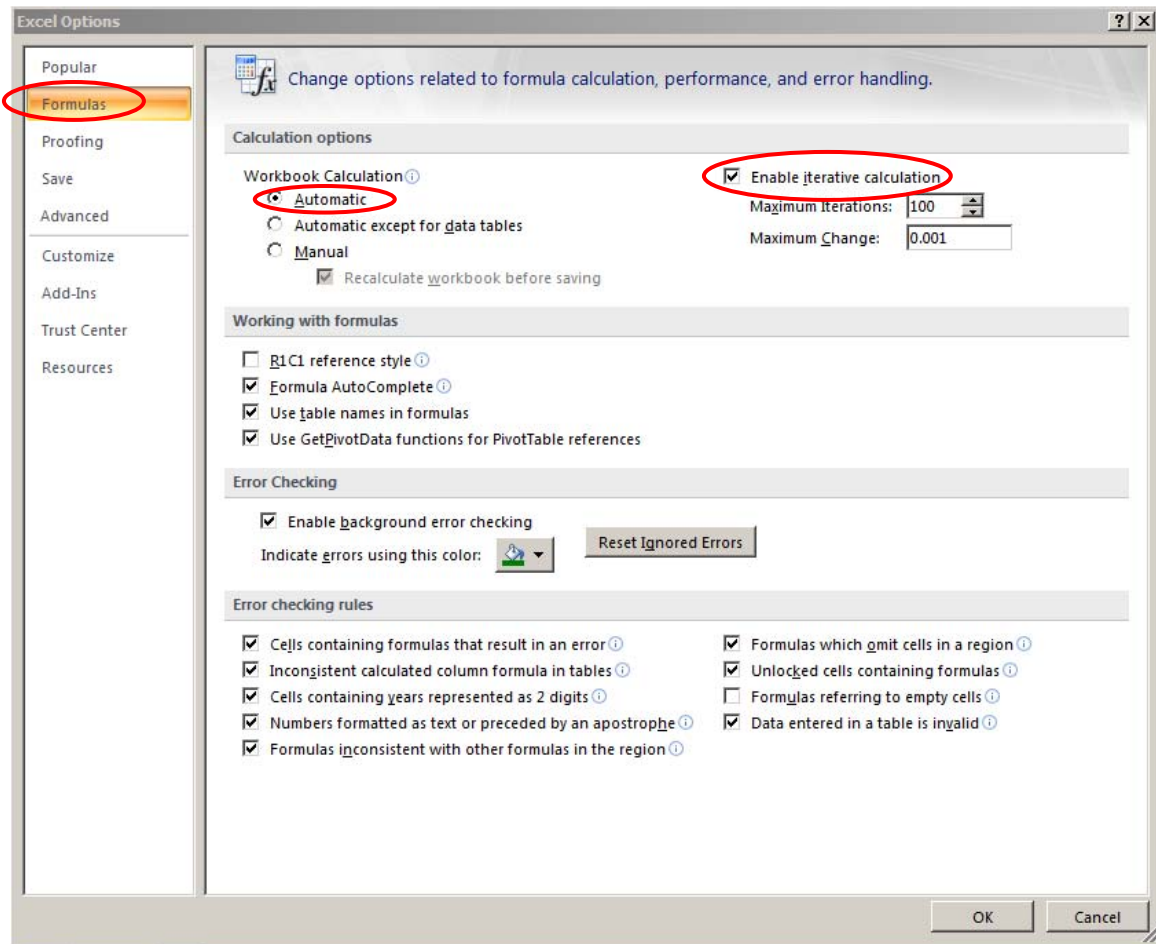
#### CALCUL DU PLUG D'ENDETTEMENT : MÉTHODE 2 (RÉSOLUTION DE RÉFÉRENCE CIRCULAIRE)

Une autre façon de faire la même chose, qui ne repose pas sur l'utilisation du complément Solveur, consiste à autoriser les références circulaires et à faire en sorte qu'Excel trouve la solution de manière itérative. Cette option doit d'abord être activée :

1. Comme avec Solver, cliquez sur le bouton Microsoft Office et choisissez "Options Excel" (Figure 2)
2. Cochez "Activer les calculs itératifs" sous l'onglet "Formules" (Figure 23)
3. Réglez "Calcul du classeur" sur "Automatique"
4. Appuyez sur OK

Le plus bas est le "Min. Changer", plus la solution est précise et plus il faut de temps pour la trouver. Augmenter "Max. Itérations" permet à Excel de prendre plus de temps pour trouver la solution.

Figure 23. Activation des calculs itératifs



Une fois les calculs itératifs activés, nous pouvons entrer des références croisées circulaires et Excel les résoudra. Dans ce cas, nous pouvons calculer PLUG en connaissant le total des actifs, les autres passifs et les bénéfices non répartis pour 1998 :

$$(\text{PLUG}) = (\text{Actif}) - (\text{Passif}) - (\text{Bénéfices non distribués})$$

ce qui forcera l'écart à 0 (Figure 24).

Si nous avons défini l'option "Calculs du classeur" dans Excel sur "Automatique", il trouvera automatiquement la solution pour PLUG.

Sinon (ou si vous venez d'ouvrir une nouvelle feuille de calcul et que vous n'avez pas choisi de résoudre les références circulaires), vous pouvez appuyer sur F9 pour calculer la solution<sup>4</sup>. En règle générale, vous souhaitez peut-être une résolution automatique pour plus de simplicité, mais si votre feuille de calcul est trop compliquée et prend beaucoup de temps à traiter, vous souhaitez peut-être passer aux mises à jour manuelles, auquel cas vous devrez appuyer sur F9.

<sup>4</sup>Vous devrez peut-être répéter cette opération plusieurs fois.

chaque fois que vous faites une référence circulaire. Cela peut également être nécessaire si vous venez d'ouvrir une feuille de calcul existante.

Figure 24. Saisie d'une référence circulaire

	<b>C14</b>	<b>=C12-C15-C17</b>	
	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
1	<b>Income Statement</b>	<b>1997</b>	<b>1998 Pro-Forma</b>
2	Sales		10,000.00
3	COGS+operating expense		8,000.00
4	Interest expense		1.55
5	Net income before tax		1,998.45
6	Tax		679.47
7	Net income after tax		1,318.98
8	Dividends		50.00
9	ΔRetained earnings		1,268.98
10	<b>Balance Sheets</b>		
11	<b>Assets</b>		
12	Total Assets	1,800.00	3,000.00
13	<b>Liabilities</b>		
14	Bank loan	300.00	(268.98)
15	Other liabilities	1,000.00	1,500.00
16	Total liabilities	1,300.00	1,231.02
17	Retained earnings	500.00	1,768.98
18	Total liabilities and equity	1,800.00	3,000.00
19	<b>Discrepancy [A-(L+E)]</b>	-	-