# 1. Introduction

Le solveur d'EXCEL est un outil puissant d'optimisation et d'allocation de ressources. Il permet de trouver le minimum, le maximum ou la valeur au plus près d'une donnée tout en respectant les contraintes qu'on lui soumet. Nous pouvons donc résoudre c'est-à-dire trouver la meilleure solution pour un modèle de la programmation linéaire en utilisant ce solveur.

# 2. Quand utiliser le solveur

Utilisez le solveur lorsque vous recherchez la valeur optimale <u>d'une cellule donnée</u> (la fonction économique) par ajustement des valeurs de <u>plusieurs autres cellules</u> (les variables) respectant des conditions <u>limitées supérieurement ou inférieurement</u> par des valeurs numériques (c'est à dire les contraintes).

# 3. Exemple

Nous devions résoudre le Programme linéaire suivant :

 $MaxZ = 10x_1 + 15x_2 + 25x_3$ 

Sujet à :  $\begin{cases} x_1 + 2x_2 + 4x_3 \le 20000 \\ x_1 + x_2 + 3x_3 \le 16000 \\ 3x_1 + 5x_2 + 3x_3 \le 48000 \\ x_j \ge 0 \ ; \ j \quad [1;3] \end{cases}$ 

Le problème peut être synthétisé sur cette feuille de calcul EXCEL :

ਜ਼ੁ ਙਾ ∂ਾ ∓	EXEMPLE - Excel	Connexion 🖬 — 🗇 🗙
Fichier Accueil Insérer Mise en page Formules Don	nées Révision Affichage ${\mathbb Q}$ Dites-nous ce que vous voulez faire	♀ Partager
$ \begin{array}{c c} & & & \\ & & & \\ & & & \\ \hline \\ & & & \\ \hline \\ & & \\ & & \\ \hline \\ & & \\ & \\$	Image: Standard Image: Standard   Image: Standard Image: Standard	me Mettre sous forme Styles de elle ∽ de tableau ∽ cellules ∽ Styles Cellules → Cellule
S9 ▼ : × ✓ <i>f</i> <sub>x</sub>		v
A B C D E F	G H I J K L M	N O P Q R S T U
2	Programme initial : Toutes les va	riables sont posées = 0
3 Les Variables X1	X2 X3	7*E5+C7*C5+17*15
5 Valeurs recherchées		
6	MaxZ=	
7 La fonction économique 10	15 25 04	
l es Contraintes	Formule : F	11*E5+G11*G5+I11*I5
10		
11 Contrainte 1 1	2 4 0 ≤ 20000	
13 Contrainte 3 3	5 3 0 48000	
14		
15	Formule : E	12*E5+G12*G5+l12*l5
17	Formule :E1	13*E5+G13*G5+I13*I5
18		
20		
22		
23		
Feuille1 (+)	: (	
Pret		□ □ □ - + 100 % 09-38
📲 🔎 💷 🗎 🗮 📰 📗	🛃 🔟 🗵 🚬 🐋	∧ ⊡ // ⊄× FRA 09:36 ↓

- Les <u>cellules variables</u> sont les valeurs respectives des différents variables (cellules jaunes).
- Les <u>contraintes</u> sont les valeurs imposées (1<sup>iers</sup> membres des contraintes) (cellules rouges).
- La <u>cellule cible</u> est celle contenant la formule exprimant la valeur à optimiser (valeur de Z) (cellules bleues).

# 4. Configuration de l'outil Solveur

Afin d'optimiser la fonction économique, nous allons utiliser la commande Solveur... du menu Données. Il est fort probable que les commandes du solveur n'apparaissent pas encore dans le menu <u>Données</u>.

#### Ainsi déroulez le menu Données puis :

	ي د م												EX	EMPLE - E	Excel									Connexion	Ŧ			
Fichier	Accue	ál I	nsérer	Mise en	page	Formule	s Do	nnées	Rév	vision	Affich	age	♀ Dite	s-nous ce	que vo	us voulez	faire	:									₽ Par	rtager
Données externes	Nouvelle requête	Af	fficher les partir d'ur ources réce et transfoi	requêtes tableau entes mer	Actua tout	liser	onnexion opriétés odifier le xions	<b>s</b> s liens	2↓ ∡↓	Z A A Z Trier	Filtrer	₩ Effa ₩ Réa ₩ Ava trer	icer ippliquer i <b>ncé</b>	Convert	F H 99 ir ان 😽 ۱	lemplissa Supprime /alidation	nge in r les ( i des (	istantané doublons données Dutils de d	I+■ Co ⊂⊟ Re ▼ 6 Gé	nsolid lations rer le r	er nodèle	de données	Analy scénari	se Feuille d os + prévision révision	E Gr	ouper 👻 socier 🕤 us-total Plan		~
<b>S</b> 9	Ŧ		× ✓	fx																								~
	A	в	С		0	E	F		G	н		i i	J	К		L		M	N		0	Р	Q	R	S		г	U
1																												
In N4	formati buveau uvrir	ons																										
En	registre	≥r																										
En	registre	er sou	IS							Géné	ral																	
										Form	ules																	
In	primer									Vérifi	cation	١																
Pa	rtager									Enreg	gistren	nent																
Ex	porter									Lang	ue																	
Ρι	ıblier									Optio	ons av	ancé	es															
Fe	rmer									Perso	onnalis	ser le	ruban															
-	meto									Barre	d'out	ils Ao	ccès ra	pide														
C	mpre									Com	pléme	ents																
Co	ommen	taires	;							Cent	re de g	jestic	on de l	a confi	denti	alité												
O	otions										-																	
						Optior	15											С	omplé	ment	ts Exc	el 🔻	<u>A</u> ttein	dre				



#### Le Solveur est installé <

8	<b>) -</b> G - (			EXEMPL	.E - Excel									С	onnexion	Ŧ		đ	×
Fichier	Accueil	Insérer N	Mise en page	Formules	Données	Révision	Affichage	Format	♀ Dites	nous ce que v	ous voulez fa	aire						₽ Parta	iger
Données externes *	Nouvelle requête •	Afficher les re À partir d'un t Sources récen	quêtes ableau tes tou	Coni Coni Coni Coni Coni Coni Coni Coni	nexions riétés ifier les liens	A↓ ZA AZ Z↓ Trier	Filtrer	facer appliquer rancé	nvertir	Analyse	Feuille de Fevilie de	변문 Grouper · 전문 Dissocier 문문 Sous-total	- +∃ <b>?,</b> Sc ∃	olveur					
	Récup	érer et transform	ier	Connexio	ons		Trier et filtrer	0	utils de donné	es Pré	vision	Plan	G Ana	alyse					~
Connecte $\bullet$ : $\times \checkmark f_{k}$										~									
	А В	a C	D	F	F	G H		I J I	К	I M	N	0	Р	0	R	S	1 -	r I	U 🔺

# 5. Lancer le solveur

Don	inées	Révision	Affichage	♀ Dites-nous ce que vous vo	oulez faire			
iexions riétés fier les	liens Z	Z A A Z Trier	Filtrer	Paramètres du solveur	?	道 Grou	iper + +=	?, Solveur
ns			Trier et filtrer	Objecti <u>f</u> à définir :				
F	G	Н	I	À :	◯ Min	○ <u>V</u> aleur :	0	
	<b>X</b> 2		<b>X</b> 3	Ce <u>l</u> lules variables :				
		•		Contr <u>a</u> intes :				
								Ajouter
	1	5	25					Supprimer
								Rétablir tout
		2 1	3					<u>Charger/enregistrer</u>
		5	3	Rend <u>r</u> e les variables	sans contrainte	e non négatives		
				Sél <u>e</u> ct. une Sim résolution :	nplex PL		~	Options
				Méthode de résolution Sélectionnez le moteur Sélectionnez le moteur pour les problèmes co	n r GRG non linéa r Simplex PL poi mplexes.	ire pour des problèm ur les problèmes linéa	nes non linéair aires, et le mote	es simples de solveur. eur Évolutionnaire
				A <u>i</u> de			Ré <u>s</u> oudre	Fermer

## 6. Spécifications de la cellule cible (objectif à définir)

Dans la zone *Cellule cible à définir*, tapez la référence de la cellule que vous voulez minimiser, maximiser (c'est à dire la fonction économique).

Paramètre	es du solveur		La valeur de la for	La valeur de la fonction économique se situe dans la case K7				
Objec	ti <u>f</u> à définir :		SKS7					
À:	. ● <u>M</u> ax	🔿 Min	○ <u>V</u> aleur :	0				

- Pour maximiser la cellule cible, il faut choisir le bouton Max.
- Pour minimiser la cellule cible, choisir le bouton **Min**.
- Pour que la cellule cible se rapproche d'une valeur donnée, choisir le bouton **Valeur** et indiquer la valeur souhaitée dans la zone à droite du bouton.

### **Remarques**

- Allez plus vite en cliquant directement sur la cellule à spécifier plutôt que de taper sa référence au clavier.
- La cellule cible doit contenir une formule dépendant directement ou indirectement des cellules variables spécifiées dans la zone <u>Cellules variables</u>.

## 7. Spécification des cellules variables

Tapez dans la zone *Cellule variables* les références des cellules devant être modifiées par le solveur jusqu'à ce que les <u>contraintes</u> du problème soient respectées et que la <u>cellule cible</u> atteigne le résultat recherché.



## **Remarques**

- Allez plus vite, cliquons directement sur les cellules à spécifier plutôt que de taper leurs références au clavier.
- Nous pouvons spécifier jusqu'à 200 cellules variables.
- Dans le programme initial, on définit les cellules variables par des zéros.

## 8. Spécifications des <u>contraintes</u>



A l'aide des boutons Ajouter, Modifier et Supprimer de la <u>boîte de dialogue</u>, établir la liste de contraintes dans la zone *Contraintes*.

Modifier une contrainte		×
Référ <u>e</u> nce de cellule : SMS13	€ <= ∨	Contrainte : \$M\$13
<u>O</u> K	Ajouter	A <u>n</u> nuler

### **Remarques**

- Après avoir cliqué dans chaque case à compléter, il suffit de cliquer dans les cellules correspondantes directement sur la feuille Excel, puis pour confirmer
- Une contrainte peut être une limité inférieurement (≤), supérieurement (≥) ou limité aux nombres entiers (opérateur *ent*) ...
- La cellule à laquelle l'étiquette *Cellule* fait référence contient habituellement une formule qui dépend des cellules variables.
- Le solveur gère jusqu'à 200 contraintes.

9. Les options du solveur

Options	?	×
Toutes les méthodes GRG non linéaire Évolutionne	aire	
Précision des contraintes : 0	,000001	
✓ Échelle <u>a</u> utomatique		
Afficher le résultat des itérations		
Résolution avec des contraintes de nombre entie	r	
Ignorer les contraintes de nombre entier		
O <u>p</u> timalité des nombres entiers (%) :	l	
Résolution des limites		
Temps max (secondes) :		
<u>I</u> térations :		
Évolutionnaire et contraintes de nombre entier :		
Sous-problè <u>m</u> es max :		
Solutions <u>r</u> éalisables max :		
<u>о</u> к	A <u>n</u> nu	ıler

Cette boîte de dialogue permet de contrôler les caractéristiques avancées de résolution et de précision du résultat. En général, la plupart des paramètres par défaut sont adaptés à la majorité des problèmes d'optimisation.

Concentrons-nous sur quelques options plus spécifiques :

#### Afficher le résultat des itérations

Interrompt le solveur et affiche les résultats produits par chaque itération. Cette option permet de suivre étape après étape les différents <u>programmes de base</u>.

### **10.**Résolution et résultat

Une fois tous les paramètres du problème mis en place, le choix du bouton Résoudre amorce le processus de résolution du problème. Nous obtenons alors une de ces réponses :

#### Module : PL

#### Université FEHAT ABBAS SETIF Faculté des Sciences Département informatique

COURS N°9 : Utilisation d'EXCEL pour résoudre des problèmes de programmation linéaire



#### Première solution de base



#### Solution finale

#### Que faire des résultats du solveur

- Garder la solution trouvée par le solveur ou rétablir les valeurs d'origine dans votre feuille de calcul.
- Créer un des rapports intégrés du solveur en sélectionnant celui qui nous concernera. Rapports



### **11.Rapport des réponses**

Au bas de l'écran, vous pouvez obtenir le rapport des réponses en sélectionnant la feuille correspondante :

	Rapport de solution 3				
⊟ ್⊤∂- ∓	EXEMPLE - Excel	Connexion	<b>•</b> –	- 0	×
Fichier Accueil Insérer Mise en page Formules Données	Révision Affichage $Q$ Dites-nous ce que vous voulez faire			P₄ Parta	ager
Données vecueter > Connexions Récupérer et transformer Données Nouvelle → Cosources récentes Récupérer et transformer Données Récupérer et transformer Données Données Récupérer et transformer Données Récupérer et transformer Données Récupérer et transformer Données Donné	21   Image: Constraint of the constraint				~
A1 • : X v fx Microsoft Excel 16.0 Rapport	de solution				~
A B C D	E F G H I J K L M	N	0	Р	
Some     Some <th< td=""><td>automatique, Afficher le résultat des itérations é, Tolérance des nombres entiers 1%, Résoudre sans les contraintes de nombre entier, Supposé non négatif aleur finale 170000 aleur finale Entier 10000 Suite 3000 Suite 1000 Suite</td><td></td><td></td><td></td><td></td></th<>	automatique, Afficher le résultat des itérations é, Tolérance des nombres entiers 1%, Résoudre sans les contraintes de nombre entier, Supposé non négatif aleur finale 170000 aleur finale Entier 10000 Suite 3000 Suite 1000 Suite				
Value     Nom     Valeur de la cellule       Cellule     Nom     Valeur de la cellule       SK\$11     Contrainte 1 MaxZ=     20000 \$k       SK\$12     Contrainte 2 MaxZ=     16000 \$k       SK\$13     Contrainte 3 MaxZ=     48000 \$k	Formule     État     Marge       \$11<-=\$M\$11				-
Rapport de solution 3 Feuille1 (+)	: •				Þ
Prêt				+	100 %
- C <u>C </u>		^ •⊠ <i>(</i> (;	∜× FRA 1	6/11/2016	$\Box$

Ce rapport donne l'évolution des cellules variables et de la cellule cible. On remarque donc bien qu'il y a eu une maximisation.

Le rapport rappelle les différentes valeurs des contraintes, leurs formules, et dans quelle mesure elles ont été respectées.

• Lié : La valeur finale de la cellule contenant une contrainte atteint effectivement la valeur maximum. *Exemple : \$K\$12 devait-être <=16000 et vaut bien finalement 16000.* 

La Marge (que l'on appelle temps mort) est donc égale à 0.

• Non lié : La contrainte est respectée mais la valeur finale de la cellule n'est pas égale à la valeur maximum ou minimum de la contrainte. *Exemple : Pas d'exemple ici.* 

La Marge (temps mort) vaut ici 0 pour les 3 contraintes.