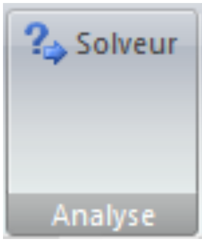
TP N°2: **Excel solver**

1) Activer le solveur

Après avoir lancé **Excel**, il faut activer le solveur, qui ne l'est pas par défaut sur les machines du CRIO. Pour cela, cliquer sur le *bouton microsoft office*, puis sur *options Excel*. Cliquer sur Complément puis, dans la zone *Gérer*, sélectionner *Compléments Excel*. Cliquez sur le bouton *Atteindre*, dans la fenêtre qui s'ouvre cochez *Complément Solver* et cliquez sur *Ok*. Patientez le temps de l'installation. Si tout a bien fonctionné, dans l'onglet *Données* est apparu un groupe tout à droite *Analyse* avec dans ce groupe *Solver*.



2) Résoudre un exemple de production

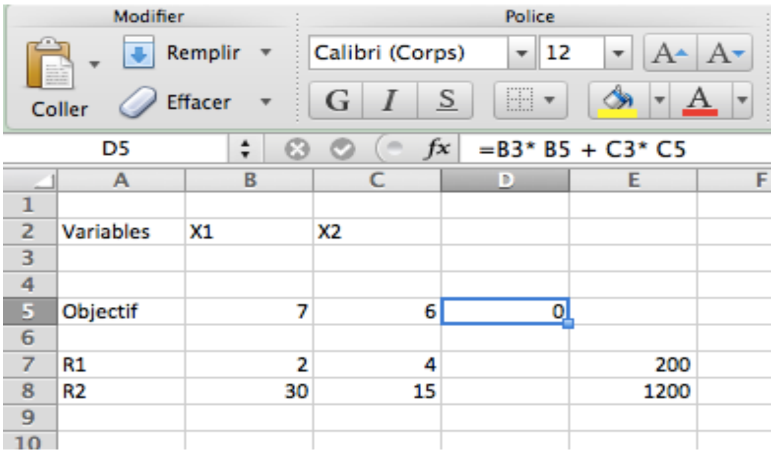
<u>Exemple</u> : Une usine produit deux modèles de machines, l'une que l'on appellera modèle A exige 2 kg de matière première et de 30 heures de fabrication et donne un bénéfice de 7 €. L'autre que l'on appellera B exige 4 kg de matière première et de 15 heures de fabrication et donne un bénéfice de 6 €. On dispose de 200 kg de matière première et de 1200 h de travail. Quelle production doit-on avoir pour obtenir un bénéfice maximal ?

Pour modéliser mathématiquement un tel problème, on pose x_1 et x_2 (appelées variables) respectivement le nombre de produits A et B à fabriquer quotidiennement sachant qu'il faut les ressources R_1 et R_2 (appelées contraintes) pour les produire. Ce modèle, appelé *programme linéaire,* est constitué d'un système d'inéquations avec une fonction à maximiser (bénéfice) :

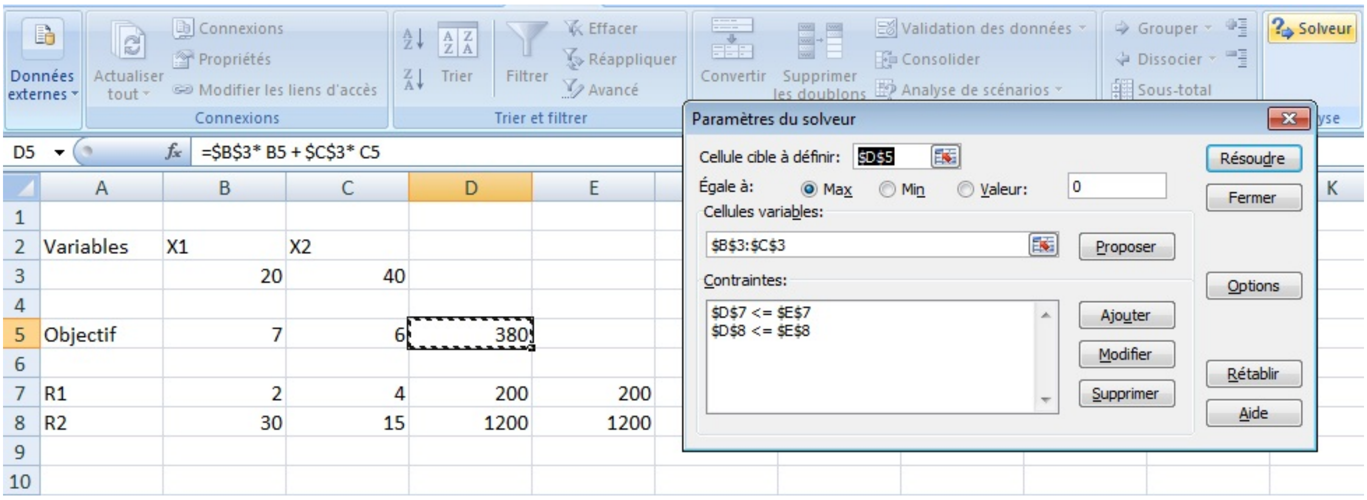
$$\begin{cases} \text{Max } 7x_1 + 6x_2 \\ \text{s.c.} \\ 2x_1 + 4x_2 \leq 200 \quad (R_1) \\ 30x_1 + 15x_2 \leq 1200 \quad (R_2) \\ \\ x_1 \geq 0, x_2 \geq 0 \end{cases}$$

Pour le résoudre avec un solveur Excel, il faut saisir l'ensemble des coefficients, paramètres et équations du programme linéaire sous une feuille de calcul **Excel**, sous un format tableau. Pour cela :

- affecter chaque coefficient ou paramètre à une cellule de la feuille de calcul,
- affecter une cellule à chacune des variables de décision (il n'est pas nécessaire d'attribuer à chacune une valeur initiale),
- puis rentrer les fonctions linéaires associées à la fonction objectif et aux contraintes. Il s'agit d'associer à chaque fonction une cellule dans laquelle se trouvera la formule qui permet de la calculer. Nous rappelons que pour définir une formule dans une cellule, il faut commencer celle-ci par le caractère "=". Par exemple, pour la cellule calculant la valeur d'une solution en D5 nous aurons : = B5 * B3 + C5 * C3



Ou de façon plus générale, s'il y a *n* variables, il est préférable d'utiliser la fonction prédéfinie **sommeprod**: SOMMEPROD(B3 :C3 ;B5 :C5)



Il est maintenant possible d'utiliser le solveur **Excel** pour la résolution de ce programme linéaire. Pour cela, choisir **Solveur** dans le menu **Outils** et remplir les champs suivants :

- dans **Cellule cible** il faut donner l'adresse de la cellule où est précisé la formule de la fonction objectif,
- préciser si l'objectif est à minimiser, maximiser (hypothèse retenue par défaut), ou si l'on veut qu'il atteigne une certaine valeur à préciser,
- dans **cellules variables** il faut donner les cellules dans lesquelles seront affectées les valeurs des variables de décision en les séparant par des ":",
- il reste à exprimer l'ensemble des contraintes qui peuvent s'ajouter une à une, ou par groupe de même type, avec la commande **Ajouter**. Il faut mettre dans le premier champ la cellule où se trouve la formule de la i$^{\text{ème}}$ contrainte, dans le second champ choisir le type de contrainte dans le menu déroulant et enfin, dans le dernier champ, donner la valeur du second membre de la contrainte, soit directement, soit par le nom de la cellule contenant cette information. A ces contraintes, il faut ajouter les contraintes de signe sur les variables qui sont par défaut sans contrainte de signe. Si toutes les variables sont supposées positives, alors utiliser le champ **Options** du solveur et sélectionner **modèle non-négatif**.

Une fois ces champs remplis, on peut lancer la résolution avec la commande **Résoudre**. Vous devez préciser si l'on veut (c'est ce qui est fait par défaut) que la solution optimale apparaisse sur la feuille de calcul comme valeur des variables ou si l'on ne veut pas changer les valeurs actuelles des variables de décision. De plus, vous pouvez demander 3 rapports supplémentaires :

- celui dit de **réponses** retourne les valeurs optimales des variables de décision, de la fonction objectif optimale et des ressources utilisées pour cette solution optimale ;

- celui dit de **sensibilité** retourne l'analyse de sensibilité de la solution optimale, c'est-à-dire les intervalles dans lesquels peuvent varier les coefficients de la fonction objectif ou un second membre d'une contrainte tout en gardant la même base optimale ;
- celui dit de **limites** donne pour chaque variable l'intervalle dans lequel elle peut varier et dans quel intervalle peut varier sa contribution dans la fonction objectif.

Il faut sélectionner le ou les rapports que l'on souhaite avoir avec la résolution.

Exercice 1 :
Faire la résolution de l'exemple de production précédent.

Exercice 2 : Problème de production

Un four peut fabriquer deux types de gâteaux A et B. Il met 2 minutes pour fabriquer un gâteau de type A, 1 minute pour un gâteau de type B. L'usure, et donc le remplacement, des parties du four, interdit de fabriquer en une heure plus de 24 gâteaux de type A et 36 gâteaux de type B. Le refroidissement du four lui interdit de fabriquer plus de 45 gâteaux A et B par heure. Le profit réalisé sur un gâteau de type A est de 100 €, sur un gâteau de type B de 200 €.

Déterminez la production horaire permettant de réaliser le profit maximal.

Exercice 3 : Chris le campeur

Chris le campeur part en randonnée dans les Pyrénées. Il ne peut emporter dans son sac à dos qu'un poids maximal de 23 kgs. Les objets qu'il peut potentiellement emporté possède chacun un poids et une valeur indiqués dans le tableau suivant :

Objets	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Valeurs	12	11	12	4	5	10	6	12	7	9
Poids	8	9	4	3	5	8	4	6	4	6

1. 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 ?
2. Supposons à présent que Chris se voit imposer l'une des trois contraintes suivantes :
   - Contrainte 1 : Il ne peut emporter que quatre objets au maximum.
   - Contrainte 2 : S'il décide d'emporter l'objet I, alors il doit aussi emporter l'objet E
   - Contrainte 3 : S'il décide d'emporter l'objet A alors il ne peut pas emporter l'objet H

   Pour chaque contrainte, déterminer la (ou les) solution(s) qui semble(nt) la (les) meilleure (s) pour Chris. Quelle serait la solution optimale pour Chris si ces trois contraintes devaient être prises en compte simultanément.

Exercice 4 : Choix d'investissement

La société DAUPH dispose de 30 milliards d'euros à investir. Les experts proposent 16 projets d'investissement dont les coûts et les bénéfices sont résumés dans le tableau suivant :

INV	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
BEN	4	3	8	5	10	7	1	3	3	6	12	2	4	15	8	7
COU	2	5	2	2	7	4	1	2	1	4	10	2	1	13	7	4

INV=Investissement BEN= bénéfices (en milliards d'euros) COU= Coûts (en milliards d'euros)

1. Proposer, de façon intuitive, aux dirigeants de la société une liste de projets à choisir pour leur investissement.
2. Formuler ce problème à l'aide d'un programme linéaire.
3. Construire le tableau associé au programme linéaire.
4. Résoudre le programme linéaire à l'aide du solveur Excel.
5. Comparez la solution obtenue à celle obtenue si le budget d'investissement initial diminuait de 5 milliards d'euros.

Exercice 5 : L'horaire des standardistes

Vous êtes en charge de la gestion des ressources humaines d'une centrale téléphonique dont les besoins en standardistes sont les suivants :

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 /créneau (3 h)	86	86	86	75	75	75	80	80

Une standardiste travaille 6 heures d'affilée et peut commencer à 0h, 3h, 6h, 9h, 12h, 15h, 18h ou 21h. Vous cherchez à affecter des standardistes à des postes téléphoniques de façon à satisfaire les besoins tout en minimisant les coûts.

1. Modéliser ce problème à l'aide d'un programme linéaire.
2. Résoudre ce modèle avec le solveur d'Excel.