

M2 FPFS / Simulation de Monte-Carlo / Thierry Fouque

Noms :

Pour l'ensemble des analyses, vos calculs et vos résultats devront être sauvegardés sur le disque dur de l'ordinateur dans un répertoire à votre nom puis, à la fin de l'examen, transférés sur la **clé USB fournie**. Le nom du fichier de sauvegarde pour chaque question est systématiquement précisé.

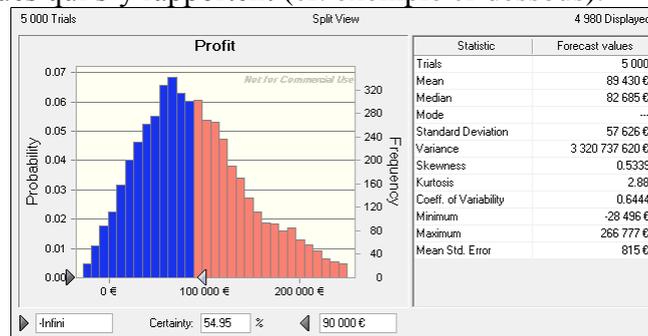
Attention, ne conservez qu'un seul fichier Excel comportant des instructions Crystal Ball ouvert à la fois.

Exercice n°1 – Utilisation du logiciel (unique intérêt de l'exercice).

Pour l'ensemble des analyses de cet exercice, vous utiliserez $n=100\ 000$ réplifications en fixant une valeur initiale (Seed) $z_0=999$ et une génération des nombres aléatoires par hypercube latin.

Pour simuler une valeur **entière** X_1 comprise entre 1 et 100 (bornes incluses), on lance deux dés à 10 faces¹. Le résultat du premier dé (nommé Dé1) correspond au chiffre des dizaines et le second (nommé Dé2) à celui des unités. Par exemple, si Dé1=7 et Dé2=5 alors $X_1=75$ (et non pas 57). Dans le cas particulier² où Dé1=Dé2=0, on pose $X_1=100$ (et non pas $X_1=0$).

- 1) Construisez une feuille de calcul permettant de reproduire cette expérience aléatoire et représentez graphiquement (avec Crystal Ball) la densité de probabilité de X_1 obtenue par simulation en y ajoutant également les statistiques qui s'y rapportent (cf. exemple ci-dessous).



Sauvegardez le fichier obtenu sous le nom Dés_Q1.Xls

On décide de compléter l'expérience précédente en lançant un troisième dé (nommé Dé3). La valeur X_2 obtenue sera calculée en retenant la plus grande valeur entre les trois dés pour comme chiffre des dizaines et la seconde plus grande valeur³ pour le chiffre des unités. Par exemple, si Dé1=7, Dé2=5 et Dé3=9 alors $X_2=97$. Dans le cas particulier où au moins deux des trois dés sont égaux à 0, on pose $X_2=100$.

- 2) Complétez la feuille de calcul précédente afin de reproduire cette expérience aléatoire et représentez graphiquement (avec Crystal Ball) la densité de probabilité de X_2 obtenue par simulation en y ajoutant également les statistiques qui s'y rapportent.

Sauvegardez le fichier obtenu sous le nom Dés_Q2.Xls

- 3) Quelle est la probabilité que $X_1=X_2$?

¹ Les 10 faces du dé (supposé équilibré) sont numérotées de 0 à 9 inclus comme le montrent ces illustrations :



² Vous modéliserez ce cas particulier à l'aide d'un test (fonction SI).

³ Excel possède une fonction GRANDE.VALEUR(Liste ; n) permettant d'extraire la n^{ième} plus grande valeur d'une liste de nombres. La fonction PETITE.VALEUR(Liste ; n) fonctionne selon la même logique et permet d'extraire la n^{ième} plus petite valeur.

Exercice n°2 – Cas d’application VueClaire.

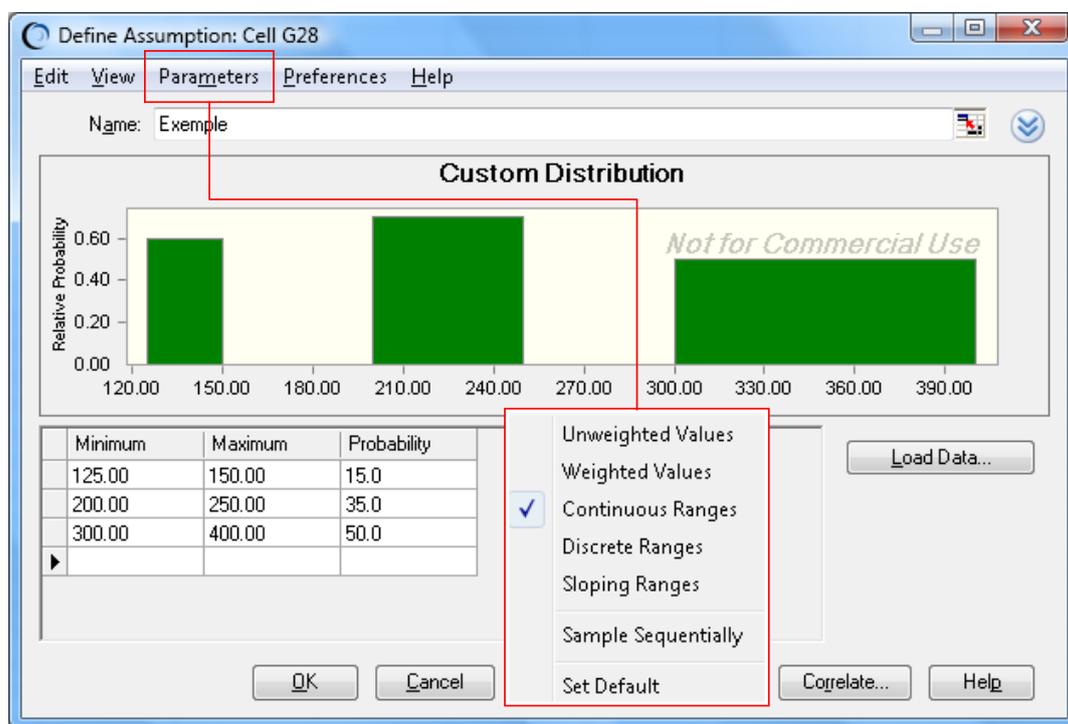
Pour l’ensemble des analyses de cet exercice, vous utiliserez $n=5\,000$ réplifications en fixant une valeur initiale (Seed) $z_0=999$ et une génération des nombres aléatoires par hypercube latin.

Un laboratoire pharmaceutique vient de terminer le développement d’un nouveau médicament destiné à soigner un problème de vision. Les premiers tests réalisés montrent que ce médicament donne des résultats intéressants mais le laboratoire ne sait pas si l’AFEPS⁴ (Agence Française d’Evaluation des Produits de Santé) va autoriser la mise sur le marché de cette nouvelle molécule.

Les coûts de développement se sont élevés à 10 millions d’Euros⁵. Les coûts additionnels des derniers tests à venir sont supposés être compris entre 3 € et 5 € millions. Les coûts marketing ne sont pas non plus connus avec certitude mais l’expérience passée laisse penser qu’ils peuvent être modélisés à l’aide d’une distribution triangulaire ayant comme paramètres 12 €, 16 € et 18 € millions.

Avant que l’AFEPS n’approuve la molécule, le laboratoire doit effectuer un test supervisé sur un échantillon de 100 patients pendant un an. L’AFEPS a indiqué que le médicament serait autorisé à condition de pouvoir corriger les problèmes de vision d’au moins 20 patients. Les tests réalisés par le laboratoire montrent un taux de succès de 25 %. On modélisera donc le nombre de patients soignés à l’aide d’une distribution binomiale.

Le laboratoire a déterminé que ce problème de vision concerne approximativement 12 millions de personnes en France et qu’on peut attendre une croissance comprise entre 0 et 5 % pour l’année à venir. Dans le même temps, il y a une chance sur quatre qu’un produit concurrent soit lancé et dans ce cas la taille du marché pourrait décroître de 5 à 15 %. Pour modéliser cette situation avec Crystal Ball, il est possible d’utiliser une fonction de type « Custom » comme sur le modèle donné ci-dessous⁶ :



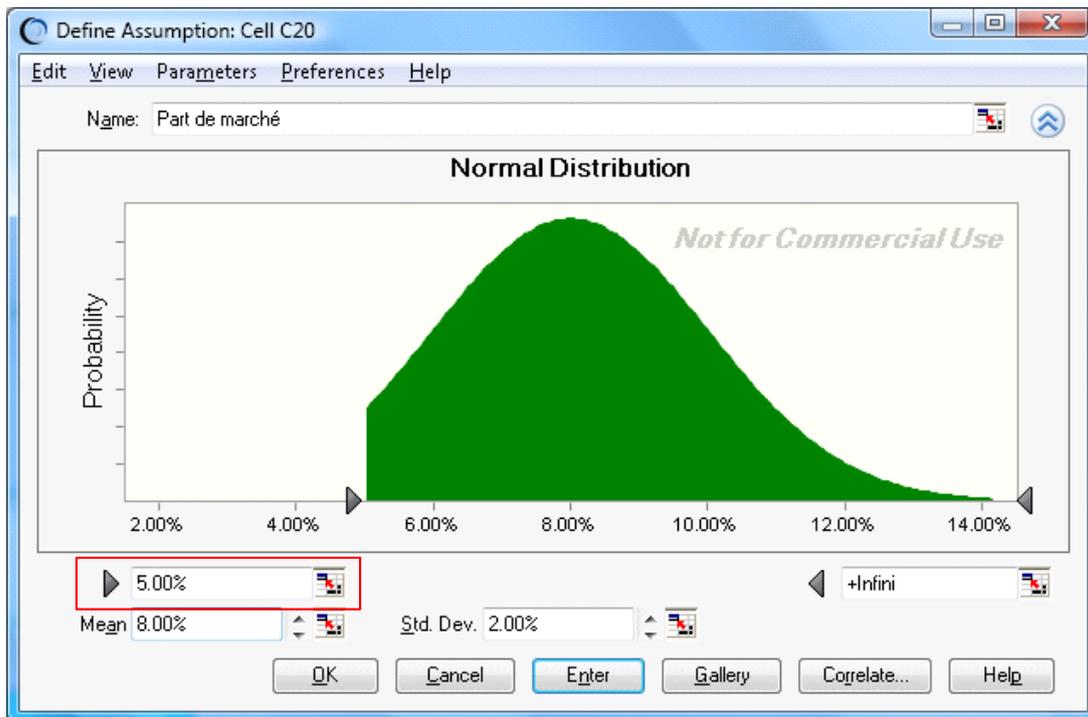
Si vous n’arrivez pas à reproduire ce résultat, vous pouvez procéder en deux temps et dans le pire des cas, retenir une valeur déterministe de -0.625 % (valeur moyenne qui donnera donc un nombre de personnes concernées (taille du marché) de 11.925 millions).

⁴ Le nom de l’agence a été inventé pour les besoins de l’exercice...

⁵ Pour l’ensemble de l’exercice, on raisonnera avec comme unité le million d’euros.

⁶ Ce que Crystal Ball nomme « Relative Frequency » se traduit en français par « densité ». La densité est calculée de façon à ce que l’aire de chacune des barres des histogrammes (donc en tenant compte de l’amplitude des classes) soit égale à la probabilité de la classe (exemples : $(150-125)*0.6=15$ et $(250-200)*0.7=35$).

Par ailleurs, une étude de marché montre que l'éventuelle part de marché du laboratoire pourrait être correctement estimée à l'aide d'une loi normale avec une moyenne de 8 % et un écart-type de 2 %. Par contre, cette part de marché est supposée ne pas pouvoir être inférieure à 5 %. D'un point de vue technique, la distribution est donc tronquée comme cela est indiqué sur la copie d'écran ci-dessous :



Finalement, la marge unitaire (par client) est de 48 €. Si le produit est approuvé, on calcule la marge brute comme étant égale au produit de la marge unitaire par la part de marché et par la taille du marché à la fin de la première année. On obtient la marge nette en soustrayant tous les coûts. Si le produit n'est pas approuvé, la marge nette (perte nette) est égale à la somme des coûts de développement et des coûts additionnels des derniers tests (en revanche, les dépenses de marketing ne sont engagées qu'à partir du moment où le produit est approuvé).

- 1) Exécutez la simulation et représentez graphiquement la densité de probabilité du résultat (marge nette) en y ajoutant également les statistiques qui s'y rapportent. Expliquez la forme (distribution bimodale) du résultat.

Sauvegardez le fichier obtenu sous le nom `VueClaire_Q1.Xls`

- 2) Quelle est la probabilité d'obtenir un résultat négatif ?

3) Quelle est la probabilité d'obtenir un résultat inférieur à -10 € millions ? A quelle situation cela correspond-il ? Expliquez comment ce résultat peut être obtenu à partir des données figurant sur la feuille « DistributionBinomiale » du classeur.

4) Etudiez l'évolution du résultat si on fait varier la marge unitaire (par client) entre 46 € et 50 € par pas de 2 €. Commentez les résultats obtenus.

Sauvegardez le fichier obtenu sous le nom VueClaire_Q4.Xls

5) Une forte activité de lobbying (d'une valeur de 500 000 €⁷) permettrait d'obtenir de l'AFSSAPS qu'elle abaisse son seuil d'acceptation de 20 à 19 patients soignés. Pensez-vous que cette pratique soit « financièrement » intéressante (à défaut d'être moralement acceptable) ?

⁷ Cet exemple est purement théorique...