Comment faire des calculs corrects

Jean-Charles Bagneris

v2018.08.1

Résumé

Ce document a pour objet de vous permettre de vous assurer que vous êtes capable de faire des calculs (financiers) efficacemment et correctement avec votre calculatrice ou un tableur.

Mots clés : calcul, calculatrice, tableur, arrondi, notation, préfixe, postfixe

Table des matières

Objectifs d'apprentissage

A la fin de ce module, les étudiants devraient pouvoir :

- Faire des calculs à partir de formules et expressions classiques en finance
- Écrire des expressions et des formules lisibles au format texte pour des médias tels que le mail, les forums sur internet etc.
- Vérifier la justesse de leurs calculs de différentes manières
- Arrondir correctement
- Enchaîner des calculs sur une calculatrice sans avoir à écrire des résultats intermédiaires sur du papier
- Utiliser un tableur efficacement, présenter les tableaux clairement, séparer les données des calculs, en utilisant les nombreux avantages de ces outils.

Bienvenue !

Bravo pour avoir ouvert ce document, et ignoré votre première réaction au vu de son titre : “Comment ? Mais je sais calculer, je suis allé à l'école aussi !”. Je pense que les quelques minutes que vous consacrerez à lire ces quelques pages ne seront pas perdues.

Ce qui suit est un ensemble de “trucs” utiles, et de règles de bon sens. Ce n'est *pas* un cours d'algèbre. J'ai appris certains de ces trucs au prix de quelques erreurs, c'est pourquoi je pense qu'ils vous feront gagner du temps et vous épargneront des maux de têtes et quelques cheveux.

Avant de commencer, faisons un test rapide. Pouvez-vous faire les calculs ci-dessous sans erreur du premier coup ? Vous pouvez aussi essayer de réécrire certains nombres ou expressions pour qu'ils soient plus clairs (avec une séparation pour les milliers, par exemple). Les réponses sont à la page suivante. Vous pouvez utiliser une calculatrice, mais pas un tableur (pas encore).

Test préliminaire

1. 2314 + 4312 - 3142 / 2 + 1233 / 3 * 4
2. 0,05 / (1 - 1,05^-3) * 230000
   (précision de la réponse 2 décimales)
3. 240000 * (1 - 1/3)
4. 0,037 + 1,1344 * (12,8% - 3,7%)
   (réponse en % avec 2 décimales)
5. Beta / (1 + D/C * (1-t))
   avec Beta = 1,8256 D = 230 C = 394 t = 1/3
   (précision de la réponse 4 décimales)

Réponses au test préliminaire

1. 2 314 + 4 312 - 3 142 / 2 + 1 233 / 3 * 4 = 6 699
2. 0,05 / (1 - 1,05^-3) * 230 000 = 84 457,97
3. 240 000 * (1 - 1/3) = 160 000
4. 3,7% + 1,1344 * (12,8% - 3,7%) = 14,02%
5. 1,8256 / (1 + 230/394 * (1 - 1/3)) = 1,3142

Si vos réponses étaient (même légèrement) différentes, vérifiez vos calculs. Peut-être vous êtes-vous trompé en saisissant les nombres (ce n'est pas difficile avec le premier exemple) ? Ou avez-vous fait une erreur d'arrondi ? Ou peut-être avez-vous eu des difficultés pour enchaîner les calculs les plus longs ?

Dans la suite de ce document, nous allons essayer de faire en sorte que vous puissiez éviter ce genre d'erreurs, et aussi vous aider à organiser votre travail quand vous avez des calculs à faire.

1 Règles générales

1.1 Notation et écriture des formules et expressions

Vous avez certainement pu lire et comprendre sans difficulté les calculs de test proposés en introduction ci-dessus. Mais si vous les regardez plus attentivement, vous verrez qu'ils ne sont pas écrits de manière très académique. Comparez par exemple 2×3 et 2 * 3.

La façon la plus correcte d'écrire ce calcul est certainement la première (2×3), mais ce n'est pas forcément la plus répandue de nos jours. En effet, nous utilisons les ordinateurs (et tablettes, smartphones, …) énormément, et rendre ou écrire correctement les mathématiques sur ces appareils a longtemps été pénible et difficile (bien qu'il existe désormais d'excellents moyens de le faire). De plus, écrire "proprement" n'est pas toujours votre but principal : ce que vous voulez est bien plus souvent saisir la formule dans votre calculatrice, dans un tableur ou même dans la source d'un programme informatique[1] parce que vous voulez en obtenir le résultat plutôt que l'imprimer de façon esthétique. Il se peut aussi que vous souhaitiez poser une question sur un forum au sujet de la formule, et ce forum ne dispose pas d'un système spécial pour saisir les formules mathématiques.

Quelle que soit la raison, le fait est que le plus souvent, nous utilisons un mélange de notation classique et informatique pour écrire des calculs et expressions mathématiques, et ce document ne fera pas exception. Pour que tout soit bien clair et que nous ayons une base commune, je détaille ces notations ci-dessous[2].

Notez que nous nous contenterons de suivre un ensemble de règles couramment acceptées. Si vous souhaitez adopter une écriture plus formelle, jetez un oeil à des syntaxes telles que AsciiMath[3].

1. Programmer est une activité amusante, vous devriez essayer un jour si vous ne l'avez jamais fait !
2. La notation informatique pour les expressions mathématiques est loin d'être idéale. En particulier, elle n'aide pas du tout à la compréhension de la structure d'une expression. Voir http://glench.com/LegibleMathematics/ (en anglais) à ce sujet.
3. http://asciimath.org/

Espacement

Utilisez toujours une espace pour séparer les opérandes (les chiffres) des opérateurs (addition, multiplication etc.) pour une meilleure lisibilité. Quand on utilise des parenthèses, il doit y avoir une espace avant une parenthèse (ou un crochet) ouvrante, mais pas après, et inversement, il faut une espace après une parenthèse ou un crochet fermant, mais pas avant. Vous pouvez toutefois choisir de ne pas faire suivre une parenthèse fermante d'une espace si l'opérateur suivant et le signe puissance (^).

Exemple 1

- Moche `2+3 -( 4 *5) ^ 2 + 6`
- Mieux `2 + 3 - (4 * 5)^2 + 6`
- Bien aussi `2 + 3 - (4 * 5) ^ 2 + 6`

Un autre point important pour la lisibilité est la façon d'écrire les nombres très longs, comme 2500000000 ou 0,000000045. La notation scientifique, comme 5,34E09 pour 5 340 000 000 n'est pas très courante en finance. La plupart des gens préfèrent utiliser un séparateur de milliers et de décimales. Le problème est évidemment de se mettre d'accord sur les séparateurs à utiliser. Je pense que ça n'a pas beaucoup d'importance, du moment que l'ensemble reste cohérent (utilisez le même séparateur partout…) et que bien sûr on n'utilise pas le même séparateur pour les milliers et les décimales[4].

Exemple 2

Le 18 mai 2012, Facebook s'est introduit en bourse. La société a été valorisée pour plus de 104 milliards de dollars ($104 000 000 000) dans les premières heures de cotation[a]. Le même jour, le taux de change du Yen japonais (JPY) était de 0,012 638 729 JPY pour un dollar US[b].

a. Source : https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Initial_public_offering_of_Facebook&oldid=771860366
b. Source : http://www.xe.com/currencytables/?from=USD&date=2012-05-18

Parenthèses et crochets

Il est souvent utile et même parfois indispensable (voir "Priorité des opérations") de grouper certaines parties d'expressions ou de calculs longs en utilisant des parenthèses ou des crochets. En général les parenthèses suffisent, mais certaines personnes préfèrent alterner parenthèses et crochets pour plus de lisibilité.

Exemple 3

Comparez les deux expressions ci-dessous :
`2 + 3 * 4 = 14`
`2 + (3 * 4) = 14`
Ici les parenthèses ne sont pas strictement nécessaires, mais elles rendent plus lisible le fait que la multiplication est faite avant l'addition.

La règle est bien sûr de faire d'abord les opérations dans les groupes les plus "intérieurs" (ceux dans lesquels il n'y a plus de parenthèses), puis de remonter les niveaux un par un jusqu'à ce que le calcul

4. Il m'est arrivé de recevoir un fichier de cours boursiers dans lequel tous les nombres comme 234 567, 45 étaient écrits 234.456.45 !

soit terminé. C'est par exemple ce que fait automatiquement votre calculatrice (ou un tableur).

Notez que les calculatrices électroniques et les tableurs n'acceptent généralement pas les crochets [] à la place des parenthèses, donc autant les éviter.

Finalement, essayez d'éviter d'utiliser de trop nombreux niveaux de parenthèses, parce que ça rend l'expression difficilement lisible, et que cela entraîne facilement des erreurs. En pratique, on a rarement besoin de plus de 2 ou 3 niveaux de parenthèses : évitez d'en utiliser quand ce n'est pas strictement nécessaire.

Addition et soustraction

Rien de spécial à ce niveau, on utilise les signes + et - pour ces opérations.

Exemple 4

2 + 3 - 4 = 1

Multiplication, division, fractions et reste (modulo)

Pour la multiplication, bien que le véritable opérateur soit $\times$, on ne l'écrit que rarement x ou X parce que pour *faire* une multiplication dans un tableur ou dans la plupart des langages de programmation, on utilise le signe * (astérisque). Donc on écrira 2 * 3 plutôt que 2 x 3.

En ce qui concerne la division, on utilise simplement un / (slash), comme pour les fractions. Et pour ces dernières, bien que ce soit une entorse à la lisibilité, on met tout sur une même ligne : aligner correctement numérateurs et dénominateurs en texte pur sur plusieurs lignes est quasi impossible[5]. De plus et encore une fois, c'est de cette façon que les fractions sont saisies dans un tableur.

Exemple 5

Pour représenter la fraction "100 sur la somme de 1 et 0,05", on écrit :

$$100/(1 + 0,05) = 95,238\,095$$

parce qu'on ne veut pas passer dix minutes à écrire ceci (qui ne fonctionne que parce que j'ai utilisé une police de caractères non proportionnelle) :

```
   100
--------- = 95,238 095
(1 + 0,05)
```

Un opérateur moins souvent utilisé est le reste (de la division) : appelé aussi modulo, il donne le reste d'une division entière. Par exemple, le reste de la division 5 / 3 est 2, celui de 50 / 7 est 1. Le reste est couramment exprimé par le mot "mod", ou par un signe %.

5. En fait, c'est probablement vraiment impossible, parce que la plupart des polices de caractères de nos jours sont proportionnelles : la valeur d'une espace n'est pas la même en fonction du contexte, ce qui bien entendu rend caduque toute tentative d'alignement.

Exemple 6

5 mod 3 = 2	parce que	5 = (1 * 3) + 2
50 % 7 = 1	parce que	50 = (7 * 7) + 1
233 % 5 = 3	parce que	233 = (46 * 5) + 3

On notera que l'utilisation du signe pourcentage n'est pas ambiguë ici, parce que pour écrire "cinq pour cent" par exemple, on préfèrera attacher le signe au chiffre qui le précède (5%) et qu'il n'y a pas d'autre chiffre derrière le signe %.

Exposants et puissances

L'exponentiation (ou "élever x à la puissance y") est souvent utilisée en finance, car c'est la base des calculs à intérêts composés. La notation formelle est bien sûr de mettre l'exposant en haut à droite du nombre concerné, comme dans 2^3, mais encore une fois, en mode texte, c'est impossible. La notation la plus courante, y compris sur la plupart des calculatrices et des tableurs, est d'utiliser l'accent circonflexe. On écrira donc 2^3 pour exprimer "2 à la puissance 3".

Vous rencontrerez parfois une autre notation, parce qu'elle est utilisée par certains langages de programmation (et en particulier Python[6], qui est largement utilisé en finance quantitative) : au lieu de l'accent circonflexe, on utilise ** (deux astérisques consécutifs). L'exemple ci-dessus s'écrirait donc 2**3.

Exemple 7

10^6 = 10**6 = 1 000 000

1.2 Notations plus avancées

Je détaille ci-dessous des notations pour des fonctions plus avancées, comme les fonctions mathématiques usuelles (logarithmes, fonction trigonométriques) ou les expressions qui contiennent des lettres grecques (somme, produit et autres).

Vous pouvez ignorer cette section, surtout pour une première lecture. Vous n'aurez probablement pas besoin de ces notations pour un cours de finance de base de toute façon. Je ne l'ajoute à ce document que pour qu'il soit suffisamment complet.

Fonctions, logarithmes, trigonométrie

Les intitulés de fonctions sont écrits en minuscule, avec les abréviations usuelles, et sont immédiatement suivis d'une parenthèse ouvrante (pas d'espace), la liste des arguments de la fonction séparés par une virgule et une espace, et finalement une parenthèse fermante. Pour les logarithmes, `ln` est le logarithme de base e, et pour les autres bases, utiliser `log` et la base en suffixe : `log10` pour le logarithme de base 10 par exemple.

6. https://www.python.org/

Exemple 8

ln(exp(1)) = 1
2 + log10(10 000) = 6
cos(x)^2 + sin(x)^2 = 1
\beta = cov(Ri, Rm) / var(Rm)

Somme, produit, lettres grecques

Comme dans le cas des fractions, il est difficile et pénible d'aligner correctement les valeurs à parcourir au-dessus et au-dessous des signes somme et produit en format texte, pour reproduire des exemples comme celui-ci :

$$P_0 = \sum_{t=1}^{n} \frac{CF_t}{(1+r)^t}$$

Pour les sommes comme celle-ci, et les produits également, une possibilité est d'éviter complètement la lettre grecque en utilisant l'écriture alternative avec les points de suspension (...) à la place. C'est généralement possible, et de plus cela a l'avantage d'être moins cryptique et plus facile à lire pour les gens qui ne sont pas trop à l'aise avec les notations mathématiques. L'expression ci-dessus pourrait donc s'écrire :

P0 = (CF1 / (1 + r)^1) + (CF2 / (1 + r)^2) + … + (CFn / (1 + r)^n)

Certaines personnes préfèrent séparer l'indice ou l'exposant avec un _, elles écriraient donc P_0 au lieu de P0 et CF_1 à la place de CF1. Cela n'a aucune importance, utilisez ce qui vous semble le plus lisible.

Comment écrire les lettres grecques, comme le fameux β en finance ? Je pense que le plus simple est d'utiliser la notation choisie dans le système de création de documents Latex[7] ou la syntaxe AsciiMath[8] : utiliser le nom de la lettre grecque, précédée d'une barre de fraction inverse et avec une majuscule pour la grecque majuscule. Ainsi, on écrirait `\delta` pour δ et `\Delta` pour Δ.

Exemple 9

La célèbre formule du MEDAF[a] s'écrira donc en format texte :
E(Ri) = rf + \beta * (E(rm) - rf)

a. Le modèle d'évaluation des actifs financiers, voir le chapitre rendement et risque dans n'importe quel manuel de finance.

1.3 L'ordre de priorité des opérations

Ce point est très important, et vous devez impérativement le maîtriser si vous ne voulez pas que chaque calcul sur une expression un peu longue ne devienne un cauchemar. Fort heureusement, c'est plutôt simple, il vous suffit de le savoir.

7. http://www.latex-project.org/
8. http://asciimath.org/

Il m'est arrivé à de nombreuses reprises que pendant une séance d'exercices, un étudiant lève la main et, montrant sa calculatrice, me dise "je n'ai pas les mêmes résultats que vous". La raison est toujours une mauvaise compréhension de l'ordre dans lequel les opérations sont réalisées sur la calculatrice, ou de parenthèses mal placées – ce qui revient au même.

Prenons un exemple simple.

Exemple 10

Faites le calcul ci-dessous *sans* l'aide d'une calculatrice :
2 + 3 * 6
Le résultat est 20, et non 30. Si vous vous êtes trompé, ou que vous n'étiez pas trop sûr de votre résultat, lisez la suite, ce n'est pas bien compliqué.

Quand une calculatrice ou un tableur lisent (ou plutôt analysent) ce genre de calcul, ils suivent des règles précises. Vous devez connaître ces règles et les utiliser, sinon bien sûr vous ne pourrez jamais communiquer correctement à ces dispositifs ce que vous voulez faire exactement, et vos résultats seront souvent faux.

En fait, la cause de tous ces problèmes est notre façon d'écrire les expressions mathématiques, avec les opérateurs (les signes) entre les opérandes (les nombres). On appelle cela la notation infixée parce que l'opérateur est au milieu (*in*) des opérandes. Il se trouve que ce n'est pas la seule notation possible[9], et, comme elle est ambiguë si on n'a pas de règles de priorité des opérations ni de parenthèses, ce n'est pas la meilleure. Cela peut paraître surprenant, parce que pour la plupart d'entre nous cela semble naturel : on pense "2 plus 3" et on écrit 2 + 3. Mais en fait, ce que nous voulons dire est "additionner 2 et 3", et donc on pourrait aussi bien écrire + 2 3. Ou encore, "prendre les nombres 2 et 3 et les additionner", ce qui donnerait 2 3 +. La première notation est appelée notation préfixée, et la seconde, notation postfixée (ou notation polonaise inverse). Les notations préfixée et postfixée ne sont pas ambiguës et n'ont pas besoin de parenthèses, quelle que soit la complexité de l'expression à calculer. Malheureusement, la grande majorité des gens dans le monde ont appris (et apprennent toujours) la notation infixée à l'école, et donc considèrent les deux autres illisibles (ou trop compliquées). Notez quand même que la notation postfixée est utilisée dans certaines calculatrices. Enfin, retournons à la notation infixée.

Donc votre calculatrice, lorsqu'elle traite une expression en notation infixée, réalise les calculs dans cet ordre :

- d'abord les calculs qui sont dans les parenthèses (de l'intérieur vers l'extérieur)
- ensuite les calculs de puissance,
- puis les multiplications et divisions,
- et enfin les additions et les soustractions.

Quand deux opérations sont de même niveau, la machine les traite simplement de gauche à droite, comme le sens de lecture en français. Aux États-Unis, on utilise l'acronyme PEMDAS (Parentheses, Exponentiation, Multiplication, Division, Addition, Soustraction) pour se souvenir de "l'ordre des opérations".

9. Si cela vous intéresse, voyez le lien suivant (en anglais) : http://interactivepython.org/runestone/static/pythonds/BasicDS/InfixPrefixandPostfixExpressions.html

Suite de l'exemple

Vous comprenez maintenant pourquoi
2 + 3 * 6 = 20
La calculatrice va "voir" le signe * et faire d'abord la multiplication, ce qui donnera 18. Elle ajoutera alors 2, pour obtenir le résultat final 20.

Jusqu'ici tout va bien, mais comment écrire l'expression "ajouter 2 à 3, puis multiplier le résultat par 6", pour obtenir 30 comme résultat ? En notation infixée, le seul moyen est d'avoir recours à des parenthèses. Elles ne sont pas là uniquement pour la lisibilité, elles sont également parfois indispensables pour forcer l'ordre dans lequel nous voulons faire les opérations. Donc, pour obtenir 30, il faut écrire (2 + 3) * 6.

Exemple 11

Quel est le résultat de l'expression ci-dessous, selon vous ?
(((2 + (3 * 6) - (5 + 3)) / 4) - 2))
Avez-vous remarqué que les parenthèses ne sont pas équilibrées ? (Il y a une parenthèse fermante de trop). Et maintenant que vous le savez, est-ce qu'elle n'est pas un peu difficile à analyser ? Comparez avec cette expression du même calcul :
(2 + (3 * 6) - (5 + 3)) / 4 - 2
Ici, les parenthèses autour de ne sont pas nécessaires et ont été ajoutées pour la lisibilité seulement. Je pense que cette dernière version est plus claire et facilite le calcul :

- 2 + (3 * 6) donne 2 + 18 = 20
- 20 - (5 + 3) = 20 - 8 = 12
- 12 / 4 = 3
- 3 - 2 = 1

Note finale : Comme je l'ai déjà écrit, évitez de mettre trop de parenthèses quand ce n'est pas nécessaire et que cela alourdit l'expression au lieu d'en améliorer la lisibilité.

Deux ou trois niveaux de parenthèses devraient être un maximum. S'il vous en faut plus, divisez votre calcul en étapes (de façon logique). Cela le rendra plus facile à vérifier en cas de problème. Attention, lorsque vous enchaînez les calculs des différentes étapes, vous ne devez jamais saisir à nouveau un résultat intermédiaire (l'écrire sur un bout de papier et l'entrer à nouveau dans la calculatrice). Voyez à ce sujet Enchaîner des calculs complexes ci-dessous.

1.4 Ordre de grandeur

Lorsque j'étais au lycée, nous avions un professeur de physique qui nous demandait toujours d'estimer de tête l'ordre de grandeur des calculs avant de recourir à la calculatrice. Évidemment, elle était très forte à ce petit jeu, et était capable de nous dire quelque chose du genre "cela doit faire environ 2,3 10^-4" avant que nous ayons fini de saisir l'expression dans nos calculatrices.

Je m'en souviens toujours, et je la remercie encore de son insistance à nous faire calculer de tête. Elle avait bien raison de nous faire estimer le résultat d'un calcul avant de le faire, car cela permet bien souvent d'avoir un ordre de grandeur et d'éviter des erreurs stupides.

Il nous arrive à tous d'avoir "les doigts qui se croisent", et de saisir un nombre faux (798 au lieu de 987), trop de zéros (on avait dit 100000 ou 1000000 ?), des parenthèses au mauvais endroit, etc. Être capable de détecter qu'un résultat est probablement faux parce qu'il n'a pas le bon ordre de grandeur est une excellente sécurité.

Fort heureusement, c'est beaucoup plus facile en finance qu'en physique (par exemple). La plupart des calculs financiers sont des calculs de prix (valeur) ou de rendement, et en général nous avons une assez bonne idée de ce à quoi le résultat doit “ressembler”, parfois même sans faire d'estimation. Par exemple, nous savons que le prix des obligations classiques n'est jamais très éloigné de leur valeur faciale. Nous savons également que le bénéfice d'une entreprise est une petite fraction de son chiffre d'affaires, qu'on ne peut pas rembourser plus que la somme prêtée, etc. Si en plus vous vous entraînez un peu pour pouvoir estimer le résultat d'une expression raisonnablement complexe de tête, vous ne laisserez plus jamais une erreur stupide ruiner un raisonnement correct.

Enfin, un autre avantage d'essayer d'estimer le résultat d'une expression de tête avant de faire le calcul, est que cela nous force à la relire : cela aide bien souvent à repérer une erreur que l'on n'avait pas vue auparavant.

Exemple 12

Essayez de trouver l'ordre de grandeur du calcul ci-dessous sans utiliser de calculatrice ou de tableur :
2 000 000 * 0,05 / (1 - 1,05^-4)
Il y a probablement beaucoup de façons de le faire, cela dépend des techniques que vous connaissez pour calculer de tête, de votre connaissance des formules utilisées etc. Je vais utiliser deux méthodes différentes.
D'abord, pour de petites valeurs de x (disons moins de 10%), et des valeurs raisonnables de n (moins de 6 ou 7), on peut approcher (1 + x)^n par 1 + nx. Remarquez que cela sous-estime systématiquement le résultat. Donc, 1,05^-4 est un peu plus grand que 0,80, et le dénominateur est un peu plus petit que 0,20. Notez ensuite que 2 000 000 / 0,20 c'est 2E06 / 2E-1, soit 1E07. Donc au final on a 1E07 * 0,05, soit 1E07 * 5E-2, donc 5E05. Le résultat final doit donc être plus grand que, mais assez proche de 500 000.
La seconde méthode suppose que vous ayez reconnu l'expression ci-dessus comme le calcul de l'annuité sur un prêt de 2 000 000, remboursé en 4 annuités constantes au taux annuel de 5%. Si vous débutez en finance ne vous inquiétez pas, cette formule vous sera bientôt familière, on s'en sert tout le temps. Sachant cela, on en déduit que si le taux d'intérêt était nul, l'annuité vaudrait 500 000 : 4 versements de 500 000 pour rembourser les 2 millions. Mais comme il faut en plus payer de l'intérêt au taux de 5% par an, l'annuité sera un peu plus grande que 500 000, il y aura l'intérêt en plus à verser. On remarque qu'on arrive à la même conclusion qu'avec l'autre méthode.
Maintenant, faites le calcul avec votre calculatrice ou un tableur. Vous devez trouver 564 023,67.

1.5 Arrondis et précision

Arrondir ne devrait jamais être un problème si vous suivez une règle simple mais impérative : vous ne devez arrondir que le résultat final d'un calcul. JAMAIS, JAMAIS vous ne devez arrondir (ou pire, tronquer) un résultat intermédiaire. Ce qui signifie que si vous avez un long calcul à faire, vous devez vous défaire de la terrible habitude de noter les résultats des différentes étapes sur un bout de papier, et finalement ré-assembler le tout en saisissant à nouveau les résultats intermédiaires (que bien sûr vous avez mélangés) dans votre calculatrice. Cette méthode est la plus sûre façon de faire des erreurs. Oui, “des” erreurs, au pluriel, parce qu'il y en aura probablement plus d'une.

Pour l'éviter, vous devez enchaîner les calculs correctement sur votre calculatrice ou sur un tableur. Ce n'est pas difficile et les explications détaillées suivent, dans la section Enchaîner des calculs longs et complexes pour les calculatrices, et dans la section Références de cellules pour les tableurs.

Bien, supposons donc que vous avez fait correctement un long calcul. Il vous faut maintenant choisir la précision avec laquelle arrondir le résultat final. Soit vous avez une consigne précise ("arrondissez à 2 chiffres après la virgule"), soit vous n'en avez pas. Si vous n'en avez pas, suivez ces règles simples :

- les prix et les valeurs exprimées en unité monétaire doivent être affichés en fonction de la précision habituelle de la monnaie utilisée : deux décimales pour l'euro et le dollar, par exemple, et pas de décimales pour le JPY (yen japonais). Mais pour les grands nombres (millions et plus), voir le 3e point ci-dessous. Par ailleurs, rappelez-vous que dans un contexte de parités de change, la précision est souvent bien supérieure.
- les pourcentages sont affichés avec deux décimales : 3,45%
- les très grands nombres et montants (millions et au-delà) doivent en principe avoir 5 chiffres significatifs, pas plus, quand ils sont estimés ou résultent de prévisions. Mais vous devez utiliser les nombres exacts en comptabilité (bilan, compte de résultat etc.). Donc, écrivez 1 456 300 et non 1 456 298,34 si c'est votre meilleure estimation des ventes de l'année prochaine.
- les autres nombres doivent suivre la règle générale des 5 chiffres significatifs. Par exemple, affichez un bêta avec 4 décimales, ce qui fera bien un total de 5 chiffres significatifs (1 avant la virgule, 4 après), comme dans 1,4563.

Finalement, comment faire pour l'arrondi proprement dit ? Si vous cherchez un peu sur internet[10], vous verrez qu'il existe différentes méthodes, mais en finance on n'en utilise qu'une : arrondissez au chiffre le plus proche, vers le haut quand le dernier chiffre est 5 ou plus grand, vers le bas dans le cas contraire. Remarquez que c'est exactement ce que font un tableur ou votre calculatrice lorsque vous demandez un affichage avec une précision explicite.

Exemple 13

2,345 arrondi avec 2 chiffres après la virgule donne 2,35
2,344987 arrondi avec 2 décimales donne 2,34, avec 3 décimales 2,345, avec 4 décimales 2,3450
1 243 870,43 arrondi avec 5 chiffres significatifs donne 1 243 900

2 Bien utiliser une calculatrice électronique

2.1 Quel modèle de calculatrice ?

Il est maintenant temps que vous appreniez la vérité : oui, vous aurez besoin d'une calculatrice pour suivre un cours de finance. On manipule des nombres en finance, beaucoup de nombres, tout le temps. Et on fait un peu plus que les additionner, les soustraire ou les multiplier. De ce fait, la première question à vous poser est "de quel type de calculatrice ai-je besoin ?". En fait, tout modèle un peu plus élaboré qu'une calculatrice "à 4 opérations" devrait faire l'affaire. Cela signifie que, outre les 4 opérations de

10. Voir https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=IEEE_754&oldid=138095097

base (addition, soustraction, multiplication et division), vous aurez besoin d'élever à une puissance quelconque (x^y) parce qu'on s'en sert souvent pour actualiser les flux. Des registres de mémoires sont bien utiles également, mais ne vous inquiétez pas, il y en a sur presque tous les modèles. En fait, cela veut dire que les calculatrices basiques dites “comptables” ou “de bureau”, comme celles de la Fig.1, en dépit de leur nom, *ne sont pas* utilisables pour un cours de finance dans la plupart des cas.

Fig. 1 : Une calculatrice basique

De fait, les calculatrices qui conviennent sont le plus souvent appelées “scientifiques scolaire” ou “collège” par la plupart des boutiques, en ligne ou non. Remarquez que vous n'avez pas besoin des derniers gadgets : les graphiques nous seront inutiles, une ligne d'affichage suffit, et il n'est pas nécessaire qu'elle soit programmable. Au moment où j'écris (juin 2017), vous pouvez en trouver une pour moins de 15 € dans le plus proche supermarché. Mais il y a de fortes chances que vous en ayez déjà une, il vous suffit de la retrouver (difficile), de télécharger le manuel (simple), d'acheter de nouvelles piles (facile) et vous êtes parés.

Pour le manuel, allez sur le site du fabricant, trouvez la section “support” ou “téléchargements”, et récupérerez le manuel dans votre langue maternelle. Ou encore, entrez juste la marque et le modèle de votre calculatrice suivi du mot “manuel” dans n'importe quel moteur de recherche.

Fig. 2 : Une calculatrice correcte

Pour terminer cette introduction sur les calculatrices, permettez moi quelques mots sur les *smartphones*. Bien qu'ils soient sans aucun doute très pratiques, toujours disponibles, et dotés de milliers d'applications, ce ne sont pas des calculatrices. Pour commencer, je doute sérieusement que l'on vous autorise à utiliser un smartphone comme calculatrice pendant un examen dans un avenir proche. Ensuite, les applications “calculatrices” fournies sur ces engins sont le plus souvent très limitées – elles n’ont pas de registres de mémoire, par exemple. Elles sont en gros similaires aux calculatrices basiques dont j’ai parlé ci-dessus. En conclusion, rendez-vous un service à vous-même, et apprenez à vous servir proprement d’une vraie calculatrice. Entraînez-vous de façon à avoir confiance en vous, même avec le stress d’un examen, et savoir que les résultats que vous obtenez sont les bons.

2.2 Introduction rapide aux opérations les moins intuitives

Une des raisons pour lesquelles les gens ne lisent jamais le manuel de leur calculatrice est que la plupart des opérations se font de manière intuitive. Il vous suffit de saisir l’expression du calcul à faire tel qu’il est posé, d’appuyer sur la touche `[=]`, et voilà votre résultat. C’est bien, parce que cela signifie que vous pouvez même emprunter une calculatrice d’une marque et d’un modèle inconnus de vous, et vous débrouiller avec. En fait, nous savons maintenant que c’est parce que les calculs sont en principe exprimés avec la notation infixée, et il se trouve que la plupart des calculatrices utilisent cette même notation pour la saisie des calculs, il suffit d’appuyer sur `[=]` (ou quelquefois sur `[EXE]`) à la fin pour indiquer qu’il faut évaluer l’expression et en afficher le résultat.

Il y a toutefois des opérations qui sont moins courantes et parfois moins intuitives, ou un peu différentes en fonction des marques et modèles. Il est bien utile de connaître certaines d’entre elles, parce qu’elles font gagner beaucoup de temps et vous seront nécessaires pour beaucoup de calculs financiers.

Un des points qui sont moins intuitifs, c’est la différence de signification du signe `-` dans les expressions -3 et 3 - 2. Le premier `-` est en fait une partie du nombre négatif, et donc il n’y a pas vraiment d’opération dans la première expression. Le second est bien un opérateur, et indique qu’il faut “soustraire le nombre qui est à droite du signe de celui qui est à sa gauche”. La plupart des gens ignorent cette différence, mais pas les calculatrices, et certaines sont un peu délicates à ce sujet. Si vous voulez calculer 2^-3 par exemple, en utilisant la touche `[-]` et en pensant exprimer “deux à la puissance moins trois”, certaines calculatrices indiqueront qu’il y a une erreur. Elles ne comprennent pas, parce qu’il y a un opérateur immédiatement à la gauche du signe moins, et qu’elles attendent une opérande (un nombre). La bonne façon de procéder est d’utiliser la touche “changement de signe” de la calculatrice pour entrer le nombre négatif. Cette touche porte en principe un signe moins entre parenthèses `[(-)]`, ou quelquefois `[CHS]` pour “changement de signe”, ou même `[+/-]`. Essayez de la trouver sur les trois claviers représentés Fig.3.

Pour que ce soit plus facile, certaines calculatrices utilisent cette touche spéciale comme un préfixe, donc pour saisir “moins 4”, vous utiliseriez la touche de changement de signe *suivie* du chiffre 4, mais d’autres attendent une notation postfixée, ce qui veut dire qu’il vous faudra *d’abord* utiliser la touche `[4]`, puis celle de changement de signe. Soupir. Enfin bref, assurez-vous de savoir comment on procède avec la vôtre.

Exemple 14

Une fois que vous avez trouvé comment utiliser les nombres négatifs avec votre calculatrice, entraînez-vous avec les expressions ci-dessous et assurez-vous de trouver les bons résultats.
2^(-3) = 1 / 2^3 = 0,125
3 * 10^(-2) = 0,03
1,056^(-5) = 0,761 518
230 000 * (1 + 0,045)^(-10) = 148 103,37

Une autre faculté des calculatrices très utile et que pourtant les gens utilisent très peu, ce sont les registres de mémoire. Non seulement on peut stocker *des* résultats en mémoire, mais on peut aussi modifier directement le contenu d'un registre de mémoire par le calcul, c'est-à-dire utiliser le contenu du registre dans un calcul et automatiquement remplacer celui-ci par le résultat. Il se trouve que pour enchaîner des calculs longs, vous devrez savoir comment utiliser les registres de mémoire, et pas seulement pour stocker des résultats intermédiaires.

Donc votre calculatrice a des registres de mémoire (au moins un, mais souvent beaucoup plus, 16 est un nombre assez courant). Vous pouvez bien sûr y stocker un nombre ou le résultat d'un calcul, souvent en appuyant sur `[STO]` suivi de l'identifiant du registre (probablement un nombre de 0 à 9 ou une lettre de A à F). Vous pouvez alors rappeler le contenu du registre quand vous en avez besoin dans une expression : appuyez sur la touche `[RCL]` ou équivalent, suivie de l'identifiant du registre encore une fois. Essayez de trouver les touches `[STO]` et `[RCL]` sur les claviers de la Fig.3, mais plus important encore, trouvez comment faire sur votre propre calculatrice.

Remarquez que la possibilité de stocker dans les registres puis de retrouver des nombres quelconques vous évite l'usage du "bout de papier" : il est inutile (et dangereux) de noter des résultats intermédiaires, stockez-les dans un registre et retrouvez-les quand vous en avez besoin. Mais attendez, il y a mieux.

Fig. 3 : Claviers de calculatrices courantes

En plus de pouvoir stocker et retrouver des nombres, les registres vous permettent aussi de calculer directement avec leur contenu. Cela veut dire que vous pouvez faire quelque chose comme "faire ce calcul et mettre le résultat dans le registre A", puis "faire cet autre calcul et *ajouter* le résultat au contenu de A". Finalement, rappelez le contenu de A, et voilà, vous avez la somme des deux calculs que vous avez faits. Cela semble anodin, mais en fait c'est extrêmement utile pour beaucoup de calculs financiers qui supposent de faire la somme d'une série de termes, comme la VAN d'un investissement, le prix d'une obligation etc. Naturellement vous pouvez aussi soustraire, et, avec certains modèles scientifiques, faire des opérations plus complexes. Mais "ajouter au registre X" est vraiment quelque chose que vous devez savoir utiliser (savoir le faire, et savoir quand vous en servir), vous ne le regretterez pas, je vous le promets.

Pour faire "ajouter au contenu du registre", on utilise habituellement la touche `[STO]` ou équivalent, suivie du signe `[+]` et de l'identifiant du registre.

Maintenant, faites une pause pour aller voir dans le manuel de votre calculatrice comment réaliser les opérations suivantes :

- Stocker un nombre dans le registre X
- Rappeler le contenu du registre X
- Ajouter le dernier résultat affiché au registre X
- Faire une opération quelconque avec le dernier résultat affiché et le contenu du registre X, en mettant le résultat dans X

Remarquez que la dernière possibilité (opération quelconque) n'est pas nécessairement possible sur tous les modèles, mais c'est sans importance. Le plus important en finance, c'est de pouvoir ajouter au contenu du registre.

Exemple 15

Utilisez la technique d'ajout au registre pour calculer le résultat de l'expression ci-dessous :

$$\frac{2}{3}+\frac{4}{5}+\frac{3}{31}+\frac{67}{211}$$

Calculez chaque fraction individuellement, puis ajoutez le résultat du calcul au contenu d'un même registre (pour la première fraction, n'ajoutez pas, stockez). Rappelez ensuite le contenu du registre. Vous devez trouver `1,880 976 ....`
Remarquez que vous pouvez faire le calcul directement, il suffit de saisir
2 / 3 + 4 / 5 + 3 / 31 + 67 / 211 =
Mais l'idée ici est de pratiquer l'utilisation des registres de mémoire.

2.3 Enchaîner des calculs longs

Cela fait maintenant plus de vingt ans que j'enseigne la finance, et une des choses qui n'ont pas changées, c'est que la grande majorité des étudiants est incapable d'utiliser correctement une calculatrice. En général, ils n'en ont jamais ouvert le manuel, qu'ils ont perdu deux jours après avoir acheté la calculatrice (ou jeté avec l'emballage).

Qu'est-ce que j'entends exactement par "utiliser correctement une calculatrice" ? Prenons un exemple.

Exemple 16

Pouvez-vous faire le calcul ci-dessous avec votre calculatrice uniquement ? Pas de papier ni crayon, interdit d'écrire quoi que ce soit. Seulement la calculatrice. Donnez le résultat avec 6 chiffres après la virgule.

$$-200+\frac{23}{1+0,054}+\frac{12}{(1+0,054)^2}+\frac{45}{(1+0,054)^3}+\frac{37}{(1+0,054)^4}$$

Vous devez trouver `-98,964 147 ....` Si vous vous êtes trompé, ou si ça vous a pris plus de quelques secondes, ou encore si vous avez eu besoin d'un bout de papier, lisez la suite.

Il existe en gros deux façons de faire ce genre de calculs :

- soit vous avez suffisamment confiance en vous pour l'écrire en notation infixée correctement, dans ce cas faites le directement, pressez `[=]` et vous avez fini
- soit ce n'est pas le cas, et vous préférez séparer le calcul en plusieurs étapes, pour les assembler à la fin.

Suite de l’exemple

La notation infixée pour l’exemple est donnée ci-dessous. Si vous entrez cette expression soigneusement dans votre calculatrice sans rien y changer, et que vous pressez `[=]`, vous aurez le résultat correct :
-200 + 23 / (1 + 0,054) + 12 / (1 + 0,054)^2 + 45 /(1 + 0,054)^3 + 37 / (1 + 0,054)^4

Intéressons-nous maintenant à l’autre façon de faire, c’est-à-dire découper le calcul en étapes logiques. Cela suppose de stocker les résultats de chaque étape “quelque part” avant de tout assembler (additionner) à la fin. C’est souvent là que la plupart des gens ont recours au bout de papier, en arrondissant ou en tronquant les résultats au passage, et en les ressaisissant dans la calculatrice à la fin (ce qui multiplie les risques d’erreur).

Nous voulons éviter le système “bout de papier”, parce que c’est long, stupide (pourquoi saisir à nouveau un nombre qui était déjà dans la calculatrice ?), et propice aux erreurs de toute nature (arrondis “sauvages”, erreurs de saisie ou d’écriture etc.). Cela devrait vous rappeler ce que nous avons vu à la section précédente avec les registres.

La règle d’or est de ne *jamais, mais jamais* ré-entrer (saisir) un nombre qui est le résultat d’un calcul antérieur. A la place, on utilise la touche “dernière réponse” (souvent `[ANS]`), et/ou les registres de mémoire. Et le truc est qu’on ne fait jamais d’assemblage à la fin, mais pendant le calcul : à chaque fois qu’on a un “morceau de résultat”, on l’assemble immédiatement avec le résultat final “en cours”, en utilisant la faculté d’ajouter quelque chose au contenu d’un registre. Une fois que tous les morceaux ont été calculés, le résultat final est complet dans le registre.

Suite de l’exemple

Donc dans l’exemple ci-dessus, on a décidé de découper le calcul logiquement à chaque signe +, c’est-à-dire que l’on va calculer les fractions une par une, et immédiatement ajouter le résultat à la somme des fractions précédentes.
Voyons les différentes étapes qui conduisent au résultat final. La façon précise de les réaliser dépend de votre calculatrice, mais si vous avez fait les exemples précédents - et lu la partie correspondante du manuel - vous devriez pouvoir le faire sans difficulté. Essayez jusqu’à arriver au bon résultat.

1. Entrez 200 dans la calculatrice, changez le signe pour obtenir -200 et stockez ce nombre dans un registre (rappelez-vous lequel !)
2. Calculez la première fraction : faites simplement 23 / (1 + 0,054)
3. Ajoutez le résultat de ce calcul au registre choisi
4. Répétez les étapes 2 et 3 avec les autres fractions
5. Rappelez le contenu du registre

Vérifiez que votre résultat est bien identique à celui que j’ai donné, réessayez jusqu’à obtenir le bon résultat. Entraînez-vous.

Un dernier conseil pour les calculs longs : vérifiez toujours vos résultats (faites les calculs deux fois de suite). Et pour éviter les problèmes de “mémoire musculaire” (vos doigts font deux fois de suite la même erreur par habitude), la deuxième fois faites le calcul en commençant par la fin. Dans l’exemple, commencez par la dernière fraction et terminez avec `-200`.

2.4 Calculatrices à notation polonaise inverse

Regarde maman, sans les parenthèses !

Vous pouvez probablement sauter cette section, sauf bien sûr si vous avez une calculatrice à notation polonaise inverse et que vous souhaitez l'utiliser.

La notation polonaise inverse est un autre nom pour la notation postfixée. Une calculatrice à notation polonaise inverse attends que vous saisissiez les expressions à calculer en notation postfixée[11] et donc n'a pas besoin de parenthèses.

Expliquer comment convertir une expression de la notation infixée à la notation postfixée dépasse de beaucoup les objectifs de ce document. Si cela vous intéresse, il y a énormément de ressources en ligne. J'aime particulièrement celle-ci (en anglais) : *Infix, Prefix and Postfix expressions*[12] parce qu'elle présente aussi la notion associée de pile (*stack*), et explique un peu comment l'ensemble fonctionne.

Exemple 17

En guise d'exemple, voici le calcul de l'exemple de la section précédente, écrit en notation postfixée :
-200 23 1 0,054 + / + 12 1 0,054 + 2 ^ / + 45 1 0,054 + 3 ^ / + 37 1 0,054 + 4 ^ / +

Pour finir, je ne peux pas parler des calculatrices à notation polonaise inverse sans dire un mot de la célèbre HP-12C, qui a longtemps été le standard *de facto* des calculatrices financières, et qui est toujours produite plus de 30 ans après son introduction en 1981. Parfois appelée “la calculatrice qui ne voulait pas mourir”, c'est probablement la plus connue des calculatrices à notations polonaise inverse. Voici une lecture récente et assez courte à son sujet (en anglais) :*HP 12c, Thirty five Years and Still Going Strong*[13]. Notez aussi que son manuel (que vous pouvez trouver facilement[14]) est une excellente introduction aux calculs financiers.

3 Utiliser un tableur correctement

Beaucoup de gens ont les mêmes problèmes avec les tableurs (tels que Microsoft Excel ou Google Spreadsheet) qu'avec les calculatrices : comme leur usage est assez intuitif, ils n'apprennent jamais à s'en servir vraiment efficacement. Cela donne des tableaux généralement énormes, sans structure (“il y en a partout”), avec des formules et des valeurs *hardcodées*[15] un peu partout (et en double ou triple), que personne, pas même leur concepteur, ne peut comprendre et encore moins mettre à jour quelques mois après leur création. Et pourtant, il faudrait bien les vérifier, corriger, et mettre à jour, car vous seriez surpris du nombre d'erreurs que l'on peut trouver dans ces tableaux gigantesques. Je vous donne ci-dessous quelques conseils d'organisation de vos feuilles de calcul pour que vous puissiez en faire des outils que vous pouvez réellement utiliser et faire évoluer quand le besoin s'en fait sentir.

11. La plupart des calculatrices modernes à notation polonaise inverse proposent aussi la notation infixée. Cette dernière est souvent appelée “mode algébrique”.
12. http://interactivepython.org/runestone/static/pythonds/BasicDS/InfixPrefixandPostfixExpressions.html
13. https://theictscoop.com/hp-12c-thirty-five-years-and-still-going-strong-c7d7183c2ad3
14. http://h10032.www1.hp.com/ctg/Manual/c00363319.pdf
15. Désolé pour cet affreux néologisme. Comme vous vous en doutez il vient de l'anglais “hard coded” qui signifie qu'une valeur numérique est entrée directement dans une formule ou un programme, au lieu de l'être au travers d'une constante.

Bien sûr, on utilise aussi les tableurs pour faire des calculs rapides, sans même sauvegarder les résultats, un peu comme une combinaison d'une feuille de brouillon et d'une calculatrice. Pourtant, il m'est même arrivé de voir des étudiants utiliser une calculatrice pour faire un calcul, et recopier le résultat dans une cellule de tableur ! Je me demande comment ils ne réalisent pas que *chaque* cellule du tableur est une calculatrice, probablement plus facile à utiliser et plus performante que celle qui est posée à côté de l'ordinateur.

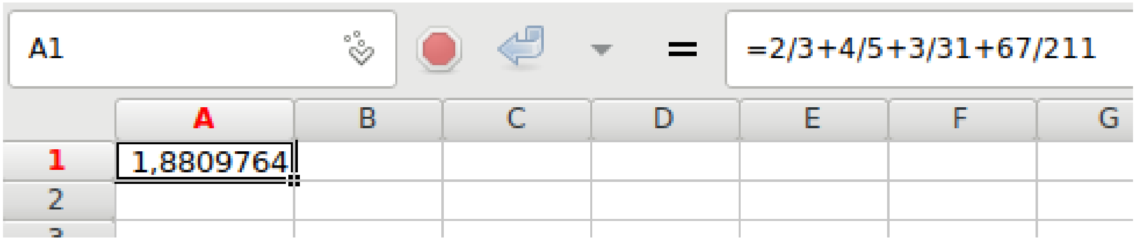


Fig. 4 : Utilisation d'une cellule comme calculatrice

Exemple 18

La Fig. 4 montre le calcul de l'exemple 15 vu au-dessus, réalisé dans une cellule de tableur. Ici, on utilise tout simplement la cellule comme une calculatrice. Remarquez le résultat dans la cellule, et l'expression à calculer dans la zone d'entrée des données. La notation infixée est utilisée, et la seule différence avec une calculatrice c'est que l'expression *commence* par un signe =, alors que sur la calculatrice on la *termine* en pressant la touche `[=]`.

3.1 Organisation des feuilles de calcul

La règle d'or est simple : une fichier tableur et les feuilles qu'il contient doivent être clairs, faciles à vérifier et à mettre à jour.

Clairs signifie pour commencer que l'objectif de la feuille de calcul doit être évident, ou indiqué clairement en haut à gauche (et non pas caché quelque part). Les sources de données doivent êtres identifiées (d'où viennent elles ? Quand ont-elles été mises à jour pour la dernière fois ?), et si une saisie est possible, la zone de saisie bien identifiée et immédiatement visible. Bien sûr, il doit être facile de trouver les résultats également. Si le problème à résoudre ou modéliser est complexe, séparez-le en étapes logiques et liées les unes aux autres en utilisant plus d'une feuille de calcul dans le classeur.

Faciles à vérifier veut dire que dans l'idéal, on doit pouvoir entrer dans le tableau des données qui produisent un résultat connu, pour vérifier que le résultat est bien celui qui est attendu. C'est un peu plus facile de nos jours avec la possibilité d'associer aux calculs des scénarios ou hypothèses : enregistrez vos données de test comme une hypothèse que vous pourrez réutiliser après vos modifications pour vérifier que vous n'avez rien cassé.

Finalement, faciles à mettre à jour signifie que vous devez anticiper les changements. Les taux d'impôt, les taux d'intérêt, certaines formules de calcul (participation des salariés) sont susceptibles de changer avec l'économie et le contexte légal, par exemple. Si vos formules sont dispersées un peu partout dans le tableau, avec des valeurs *harcodées* directement dans les formules, la mise à jour sera un cauchemar. Ne saisissez jamais aucune valeur chiffrée directement dans une formule de calcul, mais utilisez une référence à une cellule qui contient la valeur recherchée (comme le taux d'impôt, par exemple). Si cette valeur change, vous aurez seule une cellule à modifier, au lieu de chercher partout les formules qui utilisent cette constante. Soyez sympas avec vous dans le futur ! N'oubliez pas de commenter et d'expliquer vos formules, surtout celles qui ne sont pas évidentes. Encore une fois, cela vous évitera, à vous et aux gens avec qui vous travaillez, beaucoup de travail inutile quand vous devrez y revenir.

Pour finir, notez que, bien que très polyvalent, un tableur n'est pas nécessairement la solution à tous les problèmes. La présentation en tableau avec des lignes et des colonnes est tellement au coeur de leur fonctionnement que si vous avez un problème qui ne s'y prête pas, ne tombez pas dans le syndrome "si j'ai un marteau, tout est un clou" et utilisez un autre outil. Ces dernières années ont par exemple vu le développement et l'utilisation croissante des *notebooks* (carnets) comme le Jupyter notebook[16] ou le R notebook[17] dans le domaine du traitement des données, et ces outils font leur chemin en finance également.

3.2 Présentation

Quelques mots sur la présentation : bien que ce soit considéré comme une affaire personnelle et une question de goût, si vous ne travaillez pas seul et que vous devez partager votre tableau avec d'autres, vous devriez probablement suivre ces quelques conseils.

Alignement

C'est surement le point le plus important, et ces règles sont absolues, même pour un usage personnel :

- tous les nombres doivent êtres alignés à droite, et bien sûr tous les nombres d'une même colonne doivent avoir la même précision (nombre de décimales)
- le texte doit être aligné à gauche, sauf pour les entêtes de colonnes, qui doivent être alignées comme les données de la colonne
- centrer est rarement une bonne idée.

Polices de caractères et couleurs

Gardez les couleurs vives et les polices de caractère décoratives pour le carton d'invitation à l'anniversaire de votre petit neveu. Une feuille de calcul a pour objectif principal d'afficher des données chiffrées : utilisez une police de caractère appropriée (à espacement fixe de préférence) et alignez les nombres correctement. N'utilisez jamais plus d'une seule police dans une table, et n'utilisez une couleur de fond que pour des cas particuliers (la plus grande partie du tableau ne doit pas avoir de couleur de fond), utilisez les bordures par défaut autant que possible, et n'utilisez pas plus de deux couleurs pour le texte et les nombres.

Exemple 19

Je suis généralement réticent à utiliser des couleurs dans mes tableaux, et je suis plutôt en faveur de la simplicité dans ce domaine. Il y a quand même quelque chose que je fais assez souvent : je distingue les cellules qui contiennent les données du problème des autres en leur donnant un fond clair comme "light cyan". De cette façon, on peut séparer d'un coup d'oeil les données d'un exercice des résultats calculés avec celles-ci.

16. https://jupyter.org/
17. http://rmarkdown.rstudio.com/r_notebooks.html

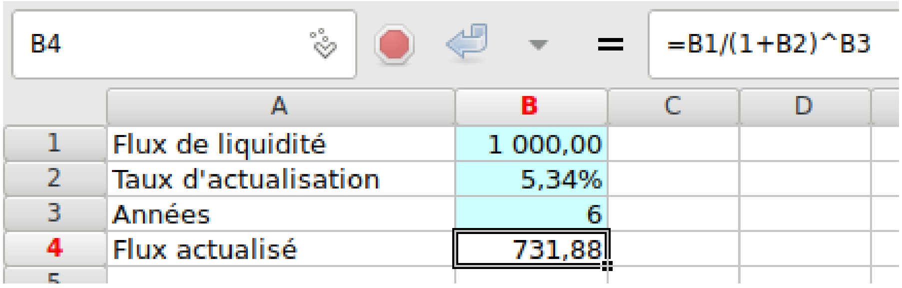


Fig. 5 : Calcul de cash flow actualisés

Dans la Fig. 5 vous avez un simple calcul d'actualisation utilisant la méthode des intérêts composés[a]. Pour faire court, il s'agit de diviser le cash flow par un facteur égal à un plus le taux d'actualisation, le tout à la puissance du nombre d'années. On fait donc :

$$\frac{\text{Cash Flow}}{(1 + \text{Taux d'actualisation})^{\text{Annees}}}$$

On a donc des cellules pour entrer le cash flow, le taux d'actualisation et le nombre d'années : elles ont un fond cyan. La cellule qui contient la formule, que vous pouvez voir dans la zone d'entrée des données, affiche le résultat : celle-ci n'a pas de fond coloré. Cela montre clairement que l'on a trois données et un seul résultat dans ce petit tableau.

a. Voir le cours sur la valeur, le temps et le taux.

Finalement, jetez un oeil sur ce lien (en anglais) *Design better data tables*[18] qui est un bon résumé de ce qu'il faut retenir en matière de présentation. Une très bonne illustration est proposée dans *Data looks better naked*[19].

3.3 Référencer les cellules

Comme avec une calculatrice, dans une feuille de calcul vous ne devez jamais ressaisir un nombre qui est le résultat d'un calcul antérieur. De plus, vous ne devez jamais saisir plus d'une fois la même donnée. Utilisez une référence (relative ou absolue) à la cellule qui contient le résultat ou la donnée dont vous avez besoin.

En outre, en utilisant convenablement des références relatives ou absolues, vous pouvez écrire des formules qui se copient correctement horizontalement ou verticalement sans avoir à les modifier par la suite, ce qui fait gagner énormément de temps pour construire des tableaux avec beaucoup de lignes ou colonnes similaires, comme ceux dans lesquels vous avez une colonne par mois ou par an, par exemple.

Donc, lorsqu'on doit dans un calcul utiliser un nombre qui est dans une cellule donnée, on se contente de le "désigner" en utilisant la souris ou les touches fléchées. Il n'est jamais nécessaire de saisir l'adresse de la cellule, ce n'est pas pratique et entraîne des erreurs. Contentez-vous de "montrer" la cellule dont vous avez besoin.

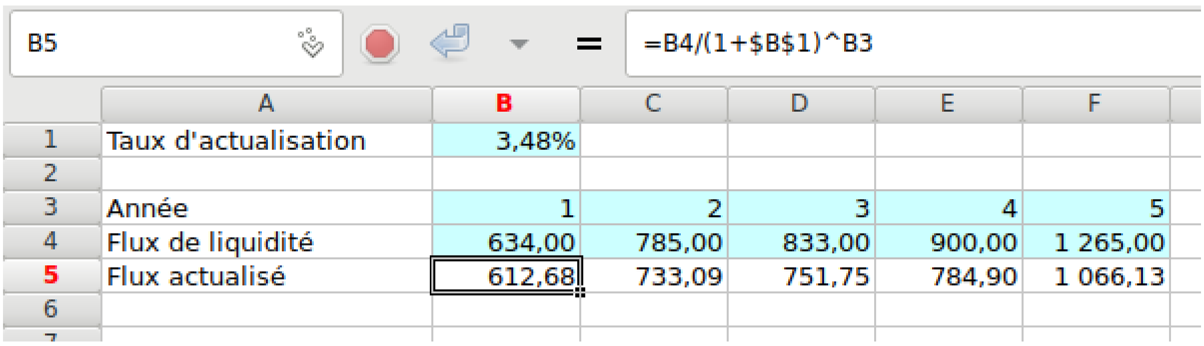
18. https://medium.com/mission-log/design-better-data-tables-430a30a00d8c
19. http://www.darkhorseanalytics.com/portfolio/2016/1/7/data-looks-better-naked-clear-off-the-table

Lorsque vous "montrez" la cellule, le tableur calcule et renvoie son adresse. Par défaut, celle-ci est une adresse *relative*. Une adresse relative est affichée comme les coordonnées de la cellule, comme C3 qui signifie à l'intersection de la colonne C et de la ligne 3, mais en interne, ce que le tableur mémorise c'est la position relative de cette cellule par rapport à celle dans laquelle on y fait référence (celle qui contient la formule). Donc, si vous faites une référence à C3 depuis C4, C3 signifie en fait "même colonne, ligne au-dessus". C'est très pratique, parce que si vous copiez la formule une cellule vers la droite, donc en D4, la référence "même colonne, une ligne au-dessus" sera conservée, et donc vous verrez D3 dans la formule au lieu de C3. Elle se sera automatiquement "adaptée" à son nouveau contexte.

Inversement, une référence absolue à une cellule est son adresse et ne changera jamais lors d'une copie ou d'un déplacement de formule. Pour montrer que la référence est absolue, la référence à la ligne et/ou à la colonne sont préfixées d'un signe $, comme dans $A$2 qui fait référence à la cellule qui se trouve à l'intersection de la colonne A et de la ligne 2. Encore une fois, vous n'avez pas à entrer le $ vous-même, il y a une façon d'indiquer au tableur que la référence est absolue. C'est souvent la touche `[F4]` sur la ligne supérieure d'un clavier de PC, mais c'est différent sur les ordinateurs Apple et les tablettes, donc cherchez comment faire sur votre matériel et avec le tableur que vous avez choisi.

En combinant correctement références relatives et absolues, vous pouvez concevoir des formules que vous saisissez une seule fois, et copiez ensuite autant de fois que nécessaire. Vous ne devriez jamais avoir à répéter quelque chose que vous avez déjà fait[20].

Finalement, la plupart des tableurs modernes permettent de *nommer* des cellules ou groupes de cellules, ce qui rend vos formules encore plus explicites et faciles à vérifier. Lire `=ventes-achats` par exemple est surement plus facile à comprendre que `=B3-B4`. Le seul inconvénient de cette approche est que cela ne fonctionne pas toujours très bien lorsqu'on passe d'un format de fichier à un autre (comme préparer votre tableau sur Excel sous Windows, et l'utiliser ensuite avec Numbers sous MacOS).


B5 = =B4/(1+$B$1)^B3

	A	B	C	D	E	F
1	Taux d'actualisation	3,48%				
2						
3	Année	1	2	3	4	5
4	Flux de liquidité	634,00	785,00	833,00	900,00	1 265,00
5	Flux actualisé	612,68	733,09	751,75	784,90	1 066,13
6						

Fig. 6 : Cash flows actualisés 1

Exemple 20

Dans la Fig. 6, les colonnes B à F ont une structure identique : ligne 3 on a une donnée qui est le numéro d'année, ligne 4 une autre donnée qui est le cash flow, et en ligne 5 un résultat qui est la valeur du cash flow actualisée, comme dans le calcul de l'exemple 19.
Remarquez que pour calculer le cash flow actualisé, on a besoin du taux d'actualisation en plus du cash flow lui-même et du "numéro" de l'année. Ici, le taux d'actualisation est dans la cellule `B1`. Toujours sur la Fig. 6, on voit que dans la formule en B5 (que vous pouvez voir dans la zone d'entrée des données), la référence au cash flow B4 et la référence à l'année B3 sont relatives, mais

20. On appelle cela l'approche DRY, pour "Don't Repeat Yourself".

que la référence au taux d'actualisation $B$1 est absolue. Cela signifie que cette même formule, copiée dans toutes les cellules de C5 à F5 fonctionnera correctement : les références relatives à l'année (deux lignes au-dessus) et au cash flow (une ligne au-dessus) seront changées en fonction du contexte, et la référence absolue au taux d'actualisation ($B$1) restera la même. Vous pouvez voir le contenu de la cellule D5 sur la Fig. 7 et vérifier qu'effectivement, l'année est prise en D3, le cash flow en D4 et le taux d'actualisation en B1.

D5 = =D4/(1+$B$1)^D3

	A	B	C	D	E	F
1	Taux d'actualisation	3,48%				
2						
3	Année	1	2	3	4	5
4	Flux de liquidité	634,00	785,00	833,00	900,00	1 265,00
5	Flux actualisé	612,68	733,09	751,75	784,90	1 066,13
6						

Fig. 7 : Cash flows actualisés 2

Résumé

- Pour écrire une expression mathématique quelconque au format texte, utilisez la notation infixée. Ajoutez des parenthèses lorsque c'est nécessaire seulement (ne les utilisez pas lorsqu'elles rendent le résultat moins clair).
- L'ordre de priorité des opérations est Parenthèses, Puissances, Multiplication et Division, Addition et Soustraction. Il est fondamental de bien comprendre comment un tableur ou une calculatrice réalisent les calculs dans une expression longue.
- N'arrondissez jamais un résultat intermédiaire. L'arrondi se fait sur le résultat final uniquement, en utilisant la règle la plus courante (celle qui est utilisée par les tableurs et calculatrices).
- Utilisez une calculatrice suffisamment puissante : elle doit pouvoir calculer des puissances avec des exposants quelconques, et avoir des registres de mémoire.
- Lorsque vous enchaînez de longs calculs avec une calculatrice, n'écrivez pas les résultats intermédiaires sur du papier pour les saisir à nouveau plus tard. Utilisez les registres de mémoire.
- Lorsque vous créez une feuille de calcul dans un tableur, assurez-vous de pouvoir séparer facilement les cellules qui contiennent des données de celles qui contiennent le résultat de calculs (des formules). Ne saisissez jamais à nouveau un résultat obtenu, faites référence à la cellule qui le contient.
- Faites des formules “adaptables”, qui produiront les résultats attendus lorsque vous les copierez ou les déplacerez dans de nouvelles lignes ou colonnes. Ne saisissez jamais une valeur chiffrée dans une formule, mettez là dans une cellule et faites-y référence.

Exercices

1. Vérifiez si les expressions ci-dessous sont justes ou fausses. N'utilisez ni calculatrice ni tableur, faites le de tête.

    - 2 + 3 * 5 = 2 + (3 * 5)
    - 3 + 2 * 6 - 2 = 28
    - 6 * 5 - 3 = 6 * (5 - 3)
    - 5 * 7 - 2 = 33

2. Faites les calculs ci-dessous de tête.

    - 600 / 3 + 45 / 5
    - 1 + 2 / 5
    - 6 * 7 / 3
    - 2^3 + 4 * 5 - 7

3. Vérifiez les expressions ci-dessous en estimant l'ordre de grandeur des résultats. N'utilisez ni la calculatrice ni le tableur.

    - 3 * (1 + 0,02)^3 < 1,18
    - 2 000 000 / 0,03 > 6E07
    - (2,5 / 5 * 400 / 0,18)^3 > 1 000 000
    - 1,25 / (1 + 0,2 * (1 - 1/3)) > 1,25

4. Utilisez votre calculatrice pour faire les calculs ci-dessous. N'utilisez pas de papier brouillon ou quoi que ce soit d'autre que votre calculatrice. Donnez les résultats avec deux chiffres après la virgule.

    - 6,5 * (1 - 1,05^-12) / 0,05 + 100 / 1,05^12
    - 1,18 / (1 + 0,45 * (2 / 3))
    - -2 340 + 1 500 / 1,14 + 2 500 / 1,14^2 + 3 000 / 1,14^3
    - (2 000 000 * 0,18 - 90 000) * (1 - 1/3)

5. La formule ci-dessous donne la valeur du bêta "sans dette" β_{SD}, en fonction du bêta β, du levier financier `D/C` d'une entreprise, et du taux de l'impôt sur les bénéfices t:

$$\beta_{SD} = \frac{\beta}{1 + \frac{D}{C} \times (1 - t)}$$

    - la transcription infixée ci-dessous est-elle correcte ? Pourquoi ?
      `\beta_SD = \beta / (1 + D * (1 - t) / C)`
    - calculez β_{SD} pour les valeurs suivantes :
      β = 1,4532, D/C = 45/76, t = 1/3

Réponses aux exercices

1. Vérifiez si les expressions ci-dessous sont justes ou fausses. N'utilisez ni calculatrice ni tableur, faites le de tête.

   - 2 + 3 * 5 = 2 + 15 = 17 = 2 + (3 * 5) Vrai
   - 3 + 2 * 6 - 2 = 3 + 12 - 2 = 13 != 28 Faux
   - 6 * 5 - 3 = 30 - 3 = 27 != 6 * (5 - 3) Faux
   - 5 * 7 - 2 = 35 - 2 = 33 Vrai

2. Faites les calculs ci-dessous de tête.

   - 600 / 3 + 45 / 5 = 200 + 9 = 209
   - 1 + 2 / 5 = 1,4
   - 6 * 7 / 3 = 42 / 3 = 14
   - 2^3 + 4 * 5 - 7 = 8 + 20 - 7 = 21

3. Vérifiez les expressions ci-dessous en estimant l'ordre de grandeur des résultats. N'utilisez ni la calculatrice ni le tableur.

   - 3 * (1 + 0,02)^3 < 1,18 Faux
     3 * (1 + 0,02)^3 = 3 * 1,02^3
     3 * 1,02^3 > 3 * 1,06
     3 * 1,02^3 > 1,18

   - 2 000 000 / 0,03 > 6E07 Vrai
     2 000 000 / 0,03 = (2 / 3) * (1E06 / 1E-2)
     (2 / 3) * (1E06 / 1E-2) = (2 / 3) * 1E08
     (2 / 3) * 1E08 > 0,6 * 1E08
     (2 / 3) * 1E08 > 6E07

   - (2,5 / 5 * 400 / 0,18)^3 > 1 000 000 Vrai
     (2,5 / 5 * 400 / 0,18)^3 = (0,5 * 400 / 0,18)^3 = (200 / 0,18)^3
     (200 / 0,18)^3 > (200 / 0,2)^3
     (200 / 0,2)^3 = 1 000^3 = 1 000 000

   - 1,25 / (1 + 0,2 * (1 - 1/3)) > 1,25 Faux
     1 + 0,2 * (1 - 1/3) > 1
     1,25 divisé par quelquechose qui est > 1 est plus petit que 1,25.

4. Utilisez votre calculatrice pour faire les calculs ci-dessous. N'utilisez pas de papier brouillon ou quoi que ce soit d'autre que votre calculatrice. Donnez les résultats avec deux chiffres après la virgule.

   - 6,5 * (1 - 1,05^-12) / 0,05 + 100 / 1,05^12 = 113,29
   - 1,18 / (1 + 0,45 * (2 / 3)) = 0,91
   - -2 340 + 1 500 / 1,14 + 2 500 / 1,14^2 + 3 000 / 1,14^3 = 2 924,37
   - (2 000 000 * 0,18 - 90 000) * (1 - 1/3) = 180 000

5. La formule ci-dessous donne la valeur du bêta "sans dette" β_{SD}, en fonction du bêta β, du levier financier `D/C` d'une entreprise, et du taux de l'impôt sur les bénéfices *t*:

$$\beta_{SD} = \frac{\beta}{1 + \frac{D}{C} \times (1 - t)}$$

- la transcription infixée ci-dessous est-elle correcte ? Pourquoi ?
  `\beta_SD = \beta / (1 + D * (1 - t) / C)`
  Oui la transcription est correcte : les parenthèses autour du dénominateur garantissent qu'on le calcule correctement avant de faire la division. Remarquez que multiplier `D` par `(1 - t)` d'abord, puis le diviser par `C` est la même chose que diviser `D` par `C` puis multiplier le résultat par `(1 - t)` car la multiplication et la division sont commutatives.
- calculez β_{SD} pour les valeurs suivantes :
  β = 1,4532, D/C = 45/76, t = 1/3
  On obtient `\beta_SD` = 1,4532 / (1 + 45 * (1 - 1/3) / 76) = 1,0419