
ACTUALISATION ET CALCUL DU TAUX DE RENDEMENT INTERNE

Cette annexe développe quelques thèmes du chapitre 10. Elle fournit des précisions supplémentaires sur les aspects pratiques de l'actualisation (chapitre 10, section 1.2.2) et du calcul des trois critères de prise de décision dans les analyses avantages/coûts (section 4.5.2) : la valeur actuelle nette (VAN), le rapport avantages/coûts (rapport A/C) et le taux de rendement interne (TRI).

Dans le cas du TRI, son interprétation doit refléter quelques limitations mathématiques, qui sont expliquées ci-dessous. Pour mieux comprendre comment le TRI peut être calculé, la deuxième section montre comment on peut estimer un TRI, pas à pas, en utilisant une calculatrice. Finalement, dans le texte principal, l'explication de la méthode pour obtenir des chiffres actualisés montre comment utiliser un tableau d'actualisation (tableau 10.4) et indique tous les détails des calculs et valeurs des chiffres avant et après actualisation. Aujourd'hui, ces types de calculs se font en utilisant un ordinateur et un tableur électronique, tel que Microsoft® Excel. Ici nous allons montrer les principales étapes pour l'utilisation de tableurs électroniques, tels que Microsoft® Excel.

1. LIMITATIONS MATHÉMATIQUES DU TRI

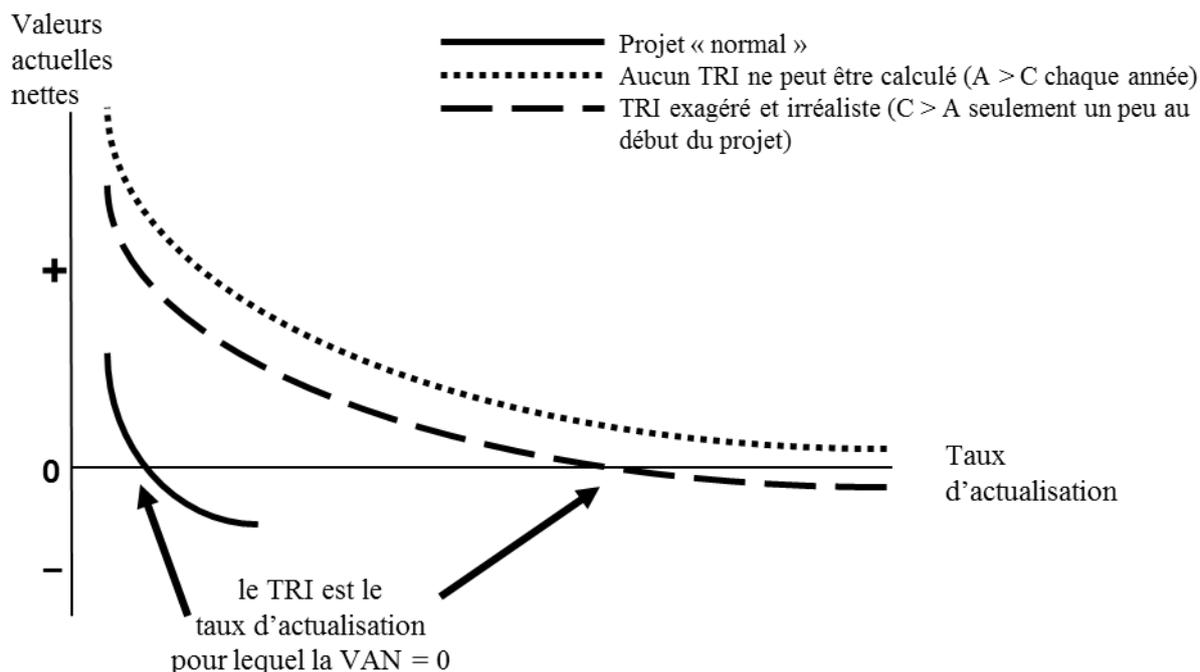
Un exemple de calcul du TRI a été donné dans le chapitre 10, section 4.5.2.3, et illustré par le tableau 10.11 et la figure 10.3. Il a été expliqué dans le chapitre 10 que le TRI ne peut pas être estimé directement à partir d'une formule, mais doit être calculé par tâtonnement, en essayant plusieurs taux d'actualisation, jusqu'à ce que l'on trouve celui qui rend la valeur actuelle nette (VAN) égale à zéro.

Le TRI ne peut être calculé que dans certaines **conditions** et, lors de son calcul, on peut rencontrer divers obstacles.

- L'exemple du chapitre 10 cité ci-dessus décrit un projet « normal » où, **au début du projet, les coûts sont généralement bien plus importants que les avantages** (investissements en biens durables, délai avant que le projet ait un impact – par exemple sur la maladie visée). Ce type de projet est illustré dans la figure Actualisation.1 par la ligne pleine. La courbe montre des VAN décroissantes avec l'augmentation du taux d'actualisation utilisé. Le TRI est le taux d'actualisation pour lequel la VAN = 0, ainsi illustré par le point où la courbe croise l'axe des x : les VAN étant positives au-dessus de l'axe des x et négatives en dessous.
- Pour pouvoir calculer un TRI, la **différence « avantages moins coûts »** doit être, **au moins pour une année, inférieure à zéro**. En effet, si elle était chaque année supérieure à zéro, la VAN ne pourrait jamais être égale à zéro (car la somme de différences toutes supérieures à zéro ne peut pas égaler zéro). Quel que soit le taux d'actualisation utilisé : 10 p. cent, 100 p. cent, 1000 p. cent, 1 000 000 p. cent, la VAN serait toujours positive. Cette éventualité est illustrée par la ligne pointillée de la figure Actualisation.1. La courbe s'approche de l'axe des x, mais ne la traverse pas : ainsi, on trouve des VAN positives à tous les taux d'actualisation possibles. Ce type d'exemple se rencontre assez fréquemment dans les projets vétérinaires, quand on applique une prophylaxie rentable tous les ans à une population animale stable, pour une maladie à incidence stable. On aboutit ainsi à des coûts plus ou moins égaux tous les ans et également à des avantages plus ou moins égaux tous les ans, et qui sont par ailleurs tous les ans supérieurs aux coûts.
- Une difficulté est illustrée par la ligne en tirets dans la figure Actualisation.1. Cette situation est également souvent rencontrée dans des projets vétérinaires, similaires à celui décrit ci-dessus, mais où il y a quand même quelques investissements nécessaires au début du projet. Dans ce cas, les coûts dépassent les avantages d'un peu seulement, tout au début du projet, et on peut aboutir à une situation dans laquelle il est presque impossible de calculer un TRI. Un TRI est calculable, mais il est « exagéré », dépassant en général 75 p. cent, et peut être très élevé, allant au delà de 500 p. cent ! On identifie ces projets par l'existence d'une opposition entre un TRI très élevé et un rapport avantages/coûts plutôt modeste. Dans ces cas, le TRI n'est pas un critère utile, et le rapport A/C ou la VAN sont plus fiables pour juger et classer le projet.

Figure Actualisation.1

Illustration graphique des limitations mathématiques du TRI



- Une autre difficulté mathématique qui est souvent mentionnée dans des manuels sur les analyses avantages/coûts est que dans la situation où la différence avantages moins coûts passe plusieurs fois du négatif au positif au cours du temps, on peut calculer un TRI pour chaque changement de signe. Ce type de projet se rencontre assez fréquemment. Il s'agit d'une situation où il faut réinvestir après quelques années (*par exemple, remplacer des véhicules ou des équipements*), et pour cette raison, après quelques années où les avantages du projet dépassent ses coûts, on rencontre une année où le contraire se produit. **Mais cette situation n'empêche pas le calcul d'un TRI valable.** En essayant d'estimer le TRI par les méthodes normales, on aboutit simplement et directement au 'premier' TRI calculable, et celui-ci donne une bonne estimation de la rentabilité du projet. Le fait que, en essayant des taux d'actualisation très élevés (par exemple, au delà de 5000 p. cent !), on peut quelquefois trouver un soi-disant « second TRI », n'a pas de signification pratique.

2. CALCUL DU TRI EN UTILISANT UNE CALCULATRICE

Les **étapes** de calcul du TRI sont les suivantes.

- Il faut tout d'abord s'assurer que la **somme non actualisée des avantages est supérieure à celle des coûts** : en effet, dans le cas contraire, le projet ne pourrait pas être rentable, quel que soit le taux d'actualisation utilisé.
- Il faut ensuite s'assurer que les **coûts dépassent les avantages pour au moins une année**.
- On peut alors calculer la VAN au taux d'actualisation habituel et on constate si elle est positive ou négative.
- Lorsque la VAN est positive, on refait le calcul avec des taux d'actualisation plus élevés, jusqu'à ce qu'on obtienne une VAN négative. À l'inverse, bien sûr, si la VAN obtenue avec le taux d'actualisation habituel est négative, on refait les calculs avec des taux d'actualisation moins élevés.
- La valeur du TRI peut alors être estimée en utilisant la formule suivante, à partir des VAN positive et négative obtenues avec deux taux d'actualisation proches (entourant celui correspondant au TRI pour lequel la VAN est nulle). Le résultat obtenu est d'autant plus précis que les deux taux d'actualisation utilisés sont proches.

$$TRI = TA_i + \frac{(TA_s - TA_i) \times VAN_i}{VAN_s + VAN_i}$$

- TA_i : taux d'actualisation inférieur
 TA_s : taux d'actualisation supérieur
 VAN_i : valeur actuelle nette au taux inférieur (valeur absolue)
 VAN_s : valeur actuelle nette au taux supérieur (valeur absolue)

Dans le tableau 10.11 du chapitre 10, il faudrait, après avoir calculé une VAN positive de 378 au taux de 10 p. cent, essayer un taux d'actualisation plus élevé. Avec 20 p. cent, on obtient une VAN négative, de -72. Le tableau Actualisation.1 montre ce calcul. Il est à noter que si on n'a pas besoin de connaître les valeurs actualisées séparées des coûts et des avantages (pour calculer le rapport avantages/coûts), il suffit d'actualiser avantages moins coûts pour obtenir directement la VAN. Cette valeur négative pour la VAN permet de se servir de la formule d'approximation en substituant les valeurs calculées ; ainsi :

$$\begin{array}{ll}
 TA_i = 10 & TA_s = 20 \\
 VAN_i = 378 & VAN_s = -72 \quad (\text{valeurs absolues})
 \end{array}$$

$$TRI = 10 + \frac{(20 - 10) \times 378}{-72 + 378} = 10 + \frac{3780}{450} = 10 + 8,4 = 18,4$$

Le résultat obtenu, de 18,4 p. cent est un peu au dessus du taux réel, la formule ayant tendance à légèrement surestimer le taux. Un résultat plus exact pourrait être obtenu en actualisant d'abord à 15 p. cent, puis en utilisant la formule d'estimation.

Tableau Actualisation.1

Actualisation des avantages moins coûts du tableau 10.11 au taux de 20 p. cent

| Année | Avantages moins coûts | | |
|-------|-------------------------------------|------------------------|-------------------------------------|
| | Avant actualisation (milliers €) | Coefficient 20 p. cent | Après actualisation (milliers €) |
| 1 | - 2000 | 0,833 | - 1666 |
| 2 | 294 | 0,694 | 204 |
| 3 | 950 | 0,579 | 550 |
| 4 | 950 | 0,482 | 458 |
| 5 | 950 | 0,402 | 382 |
| Total | 1144 | - | -72 |

3. ACTUALISATIONS ET CALCUL DU TRI A L'AIDE D'UN ORDINATEUR

Aujourd'hui, ces types de calculs se font en utilisant un ordinateur et un tableur électronique, tel que Microsoft® Excel. Les tableurs électroniques incorporent toute une série de fonctions financières. Dans Excel, dans le contexte des analyses avantages/coûts, il y en a deux qui sont utiles :

- Celle pour actualiser (appelée « VAN »),
- Et celle pour calculer le taux de rendement interne (appelée « TRI »).

Les formules des cellules B7, C7 et D7 (tableau Actualisation.2) calculent simplement le total des cinq chiffres pour coûts, avantages et avantages moins coûts, en utilisant la formule « SOMME ».

La formule VAN, utilisée dans les cellules B8, C8 et D8, ne calcule **pas** la valeur actuelle nette du projet (telle qu'elle a été définie antérieurement dans le chapitre 10, comme la différence entre la valeur actualisée des avantages et celle des coûts). La formule VAN d'Excel calcule simplement la valeur actuelle d'une série de chiffres, allant de la première à la dernière année, au taux d'actualisation donné (il y a également une fonction financière dans Excel, pour VA = valeur actualisée, mais celle-ci se réfère à une série de sommes égales au cours d'un nombre d'années et n'est donc pas à utiliser dans le contexte présent).

- C8 correspond à la valeur actualisée des avantages (VAA)
 B8, à la valeur actualisée des coûts (VAC)
 D9 est égal à D8, c'est-à-dire à la valeur actuelle nette (VAN = VAA - VAC).

Tableau Actualisation.2
Actualisation des avantages et des coûts des tableaux 10.5 et 10.11
et calcul de la VAN, du rapport A/C et du TRI en utilisant Microsoft® Excel

| | A | B | C | D |
|-----------|------------------------|-------|---------------------------------|--------------------------|
| 1 | Année | Coûts | Avantages | Avantages moins coûts |
| 2 | 1 | 2000 | 0 | -2000 |
| 3 | 2 | 300 | 594 | 294 |
| 4 | 3 | 300 | 1250 | 950 |
| 5 | 4 | 300 | 1250 | 950 |
| 6 | 5 | 300 | 1250 | 950 |
| 7 | Total | 3200 | 4344 | 1144 |
| 8 | Total actualisé à 10 % | 2683 | 3060 | 377 |
| 9 | | | Valeur actuelle nette (VAN) | 377 |
| 10 | | | Rapport avantages coûts (A/C) | 1,14 |
| 11 | | | Taux de rendement interne (TRI) | 0,1799 |

Formules entrées dans les cellules :

| | |
|-----|-----------------|
| D2 | =C2-B2 |
| D3 | =C3-B3 |
| D4 | =C4-B4 |
| D5 | =C5-B5 |
| D6 | =C6-B6 |
| B7 | =SOMME(B2:B6) |
| C7 | =SOMME(C2:C6) |
| D7 | =SOMME(D2:D6) |
| B8 | =VAN(0,1;B2:B6) |
| C8 | =VAN(0,1;C2:C6) |
| D8 | =VAN(0,1;D2:D6) |
| D9 | =C8-B8 |
| D10 | =C8/B8 |
| D11 | =TRI(D2:D6;0,1) |

Note : Il y a des légères différences dans les totaux de la ligne 8 dues au fait que les coefficients d'actualisation utilisés par l'ordinateur sont exacts, et non arrondis à 3 décimales, comme ceux du tableau 10.4.

La formule TRI calcule le TRI à partir d'une série de chiffres, qui doit être celle des avantages moins coûts **non actualisés**, année par année, ici D2 à D6, allant de la première à la dernière année, et commençant le processus de tâtonnement par le taux d'actualisation inséré dans la formule (après avoir précisé les cellules) ici 10 p. cent, exprimé en décimale, donc 0,1. Le résultat est également donné en **décimales**, et non en pourcentage. Pour avoir la réponse en pourcentage, il faut modifier la formule, en multipliant par 100. Ainsi, le résultat ici était de 0,1799. Si la formule entrée était :

$$=100*TRI(D2:D6;0,1)$$

le résultat serait 17,99 p. cent, c'est-à-dire le TRI exprimé en pourcentage.

Les tableurs électroniques, tels qu'Excel, sont des outils très puissants. Cependant, cela n'empêche pas que l'utilisateur vérifie les chiffres obtenus et les présente de manière à ce que les calculs puissent être vérifiés. L'encadré Actualisation.1 présente quelques sources d'erreurs fréquemment rencontrées, et le tableau Actualisation.3 donne un exemple d'une approche pour rendre plus transparents quelques calculs. Ainsi, dans le tableau Actualisation.3, la cellule D7 aboutit exactement au même résultat que la cellule B8 du tableau Actualisation.2, mais en montrant les pas intermédiaires. Avec l'expérience, l'utilisateur trouve un juste milieu entre montrer tous les calculs et trop les dissimuler dans des formules complexes.

Encadré Actualisation.1

Quelques sources d'erreurs à éviter

Nous supposons ici que le lecteur connaît déjà bien les principes d'Excel. Cependant, il y a deux sources d'erreurs que l'on rencontre assez souvent.

1 Utilisation ou non de chiffres marqués « % » et de cellules formatées comme pourcentage.

Il est important d'être très clair en utilisant des pourcentages et le signe pourcentage. Sinon, on arrive rapidement à des résultats qui sont 100 fois plus grands ou seulement 1/100 des chiffres désirés. Comme dans tout calcul mathématique, il faut avoir d'abord une idée de l'ordre de grandeur attendu du résultat, puis vérifier si la réponse obtenue est proche de celui-ci. Ainsi, dans la formule pour le VAN (tableau Actualisation. 2), dans la cellule B8, on aurait pu mettre =VAN(10%,B2:B6).

2. Trop de calculs dissimulés.

Comme dans l'utilisation de modèles statistiques, il est important de ne pas négliger l'étape de vérification, pour s'assurer que les résultats correspondent à ce qui est attendu. Souvent, dans les travaux d'actualisation, cela vaut la peine de montrer, année par année, les chiffres avant et après actualisation. Ainsi, on pourrait bâtir un tableau tel que le tableau Actualisation.3 ci-dessous pour pouvoir tracer les calculs en détail. Ce type de démarche permet de repérer les anomalies et erreurs éventuelles.

Tableau Actualisation.3
Actualisation des coûts du tableau Actualisation.2
montrant les facteurs d'actualisation et coûts actualisés année par année

| | A | B | C | D |
|----------|-------|-------|-------------------------|------------------|
| 1 | Année | Coûts | Facteur d'actualisation | Coûts actualisés |
| 2 | 1 | 2000 | 0,90909 | 1818 |
| 3 | 2 | 300 | 0,82645 | 248 |
| 4 | 3 | 300 | 0,75131 | 225 |
| 5 | 4 | 300 | 0,68301 | 205 |
| 6 | 5 | 300 | 0,62092 | 186 |
| 7 | Total | 3200 | - | 2683 |

Formules entrées dans les cellules :

| | |
|----|---------------|
| B7 | =SOMME(B2:B6) |
| C2 | =1/(1,1^A2) |
| C3 | =1/(1,1^A3) |
| C4 | =1/(1,1^A4) |
| C5 | =1/(1,1^A5) |
| C6 | =1/(1,1^A6) |
| D2 | =C2*B2 |
| D3 | =C3*B3 |
| D4 | =C4*B4 |
| D5 | =C5*B5 |
| D6 | =C6*B6 |
| D7 | =SOMME(D2:D6) |

Notes : Le symbole « ^ » signifie « élevé à la puissance de » ; ainsi, dans Excel, la formule « =3^4 » donne le résultat pour 3x3x3x3= 81. Le symbole « * » signifie multiplication.

La formule est celle pour le calcul du facteur d'actualisation (voir chapitre 10, section 1.2.2) $1/(1+i)^n$ où i = taux d'actualisation (ici 10 p. cent) exprimé en décimales, et n = nombre d'années. Ici le résultat est donné avec 5 chiffres après la virgule.

