

Cours : Le choix des investissements grâce à l'actualisation : La VAN (Valeur Actualisée Nette) et le TIR (Taux Interne de Rendement)

1 – La VAN, la Valeur Actualisée (ou Actuelle) Nette en avenir certain

11 – La comparaison de la somme des profits futurs en cash, mais actualisés, à la dépense d'investissement

Une technique de choix des investissements en gestion financière fondée sur l'analyse économique néoclassique est le calcul de la *Valeur Actualisée Nette* de l'investissement, la VAN qui s'appelle aussi *quasi rente actualisée*, *goodwill*, *discounted cash flow*. Cette technique s'applique tant à l'investissement physique qu'aux placements financiers.

La « formule » de la VAN est d'abord complexe pour celui qui n'aime pas trop les mathématiques ; mais en langage littéraire, la notion est très simple¹ : il suffit de comparer la somme des profits futurs en cash anticipés, *mais actualisés*, à l'investissement initial pour savoir si l'on va gagner ou perdre de l'argent. On suppose pour le moment que *l'avenir est certain* : les profits futurs sont parfaitement connus ; ce qui peut paraître bizarre alors qu'ils s'agit de paris sur l'avenir peut-être *radicalement incertain*...

Soit un projet de coût initial I_0 rapportant à chaque période t (t variant de $t = 0$ à $t = n$) des profits *avant charges financières*, donc des profits *économiques* futurs $\Pi (F_{I_0})_t$. Les $\Pi (F_{I_0})_t$ sont des profits *bruts*, des « cash flows » d'exploitation (*flux monétaires* avant comptabilisation des dotations aux amortissements), avant ou après impôts, etc., tout ce qu'on veut, mais surtout *avant coût financier* de l'éventuel endettement correspondant, car on va justement tenir compte du coût financier dans le calcul de rentabilité².

12 – L'actualisation des profits futurs en cash : la Valeur Actuelle (tout court) : la VA

Rappelons ce qui a déjà été présenté dans la leçon 1. Un euro (ou un dollar, ou un bon vieux ex-franc, ou un sesterce, peu importe...) gagné aujourd'hui vaut plus qu'un euro gagné dans le futur, car on déprécie le futur et cet euro peut être placé, *capitalisé* grâce au taux d'intérêt. Un euro capitalisé à 10 % vaut un an plus tard $1 + 10\%$ de 1, soit 1,1 ; deux ans plus tard $1,1 + 10\%$ de 1,1 ; etc. Si r est le taux de capitalisation, par exemple le taux d'intérêt, 1 euro dans un an vaut $1 + r$ et dans n années $(1 + r)^n$.

Inversement, un euro gagné dans 10 ans vaut aujourd'hui beaucoup moins qu'un euro. La solution consiste à *actualiser* les gains futurs et le tour est joué, ou presque. Si l'on verse un euro dans n années, sa valeur actuelle aujourd'hui est de $1 / (1 + r)^n$ (noté également $(1 + r)^{-n}$) ; en effet $1 / (1 + r)^n$ aujourd'hui, capitalisés valent dans n années : $(1 + r)^n / (1 + r)^n = 1$.

¹ Pour savoir si un projet est rentable ou non, il s'agit tout simplement de savoir si l'on gagne ou si l'on perd de l'argent en mettant en œuvre l'investissement ou le placement projeté ; mais il faut évidemment actualiser les profits futurs.

² En raisonnant ainsi, on applique sans le savoir le « *théorème de séparabilité* » entre les décisions économiques et les décisions financières.

La *Valeur Actuel*, la VA des flux de cash d'un investissement pour un taux d'actualisation (le taux d'intérêt noté r en première approximation, disons un taux de dépréciation du futur¹) – ou d'un placement financier – rapportant des profits futurs $\Pi (F_{I_0})_t$ est donc :

$$VA = \sum_0^n \Pi (F_{I_0})_t (1+r)^{-t}$$

13 – La VAN compare donc les flux de cash actualisés, la VA, à la dépense initiale d'investissement

La VAN est donc la somme des profits bruts, des « cash flows » actualisés, moins l'investissement de départ qui représente évidemment en valeur actualisée... la somme des amortissements² :

$$VAN = VA - I_0$$

$$VAN = \sum_0^n \Pi (F_{I_0})_t (1+r)^{-t} - I_0$$

Si les différents $\Pi (F_{I_0})_t$ sont constants à chaque période, soit $\Pi (F_{I_0})$ - ce qui est rare, mais permet des développements théoriques intéressants – la VAN devient :

$$VAN = \Pi (F_{I_0}) \sum_0^n (1+r)^{-t} - I_0$$

On peut calculer la VA comme somme (somme des termes d'une progression géométrique) ; elle a peu d'intérêt, mais il est remarquable qu'elle tende vers : $\Pi (F_{I_0}) / r$ quand t tend vers l'infini ; on aura donc³ :

$$VA = \Pi (F_{I_0}) / r$$

$$VAN = \Pi (F_{I_0}) / r - I_0$$

Calculons, malgré l'intérêt limité de ce calcul pour notre objet, la somme de n termes d'une progression géométrique de premier terme $(1+r)^{-1}$ et de raison $(1+r)^{-1}$. Cette somme est⁴ :

¹ En fait c'est *non pas*, pour une entreprise, le taux d'intérêt du marché qui est choisi mais la *rentabilité économique désirée* (par les « investisseurs » en tant qu'épargnants) considérée comme le *coût du capital*. Il peut être considéré comme la somme du taux d'intérêt sans risque plus une prime de risque ; on y reviendra plus loin.

² La somme totale des cash flows actualisés, avant déduction de la mise initiale, est la valeur actualisée (tout court), la VA, qui est une VA brute, avant amortissements.

³ Soit un investissement de 100 qui rapporte chaque année jusqu'à l'infini un cash flow de 10. Si le taux d'actualisation est de 8 %, la somme des cash flows actualisés est de 125 ($10 / 0,08$) donnant une VAN de 25 ; cet investissement est rentable. S'il n'avait rapporté que 90, la VAN aurait été de -10 et l'on aurait perdu ce montant.

⁴ La somme des $n + 1$ termes d'une progression géométrique de premier terme 1 et de raison q (soit $1 + q + q^2 + q^3 + \dots + q^n$) est

$(1 - q^{n+1}) / (1 - q)$. Ici, avec $q = (1+r)^{-1}$, on a affaire à la somme $q + q^2 + q^3 + \dots + q^n = q(1 + q + q^2 + \dots + q^{n-1}) = q(1 - q^n) / (1 - q)$.

$$(1+r)^{-1} [1 - (1+r)^{-n}] / [1 - (1+r)^{-1}]$$

ce qui se simplifie, en multipliant numérateur et dénominateur par $(1+r)$, en :

$$[1 - (1+r)^{-n}] / r$$

ce qui peut s'écrire :

$$1 / r - (1+r)^{-n} / r$$

La VAN devient donc :

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{\Pi(F_{I_0})}{(1+r)^t} - I_0 = \frac{\Pi(F_{I_0})}{r} - R \frac{(1+r)^{-n}}{r} - I_0$$

On remarque que quand n tend vers l'infini, cette somme tend vers $\frac{\Pi(F_{I_0})}{r} - I_0$, car $(1+r)^{-n}$ tend vers zéro.

Qu'est-ce que $\frac{\Pi(F_{I_0})}{r}$? C'est tout simplement la valeur d'un placement qui rapporterait perpétuellement un revenu annuel de $\Pi(F_{I_0})$ pour un taux d'intérêt de r , plus exactement pour un taux d'actualisation correspondant à la rentabilité économique désirée. Quel est le placement qui rapporte 10 par an à un taux d'intérêt de 8 % ? Réponse géniale : 125 ! ($100 = 10 / 0,08$).

La VAN apparaît donc comme le surplus entre la somme des profits en cash, actualisés au taux r , de l'investissement et le non-placement de cette somme. C'est bien le *gain (ou la perte) net(te) en valeur actuelle de l'opération d'investissement*.

14 – L' « indice de profitabilité »

On calcule souvent un *indice de profitabilité* – traduction de l'anglo-américain « *index of profitability* » - par le rapport que nous noterons q . Ce n'est pas un hasard si l'on note q ce rapport : il s'agit tout simplement du quotient ou *ratio q de James Tobin* sur lequel on reviendra. On a donc¹ :

$$q = VA / I_0$$

On peut également calculer - ce qui est plus parlant - ce qui est quelquefois nommé *indice d'enrichissement relatif* ou *bénéfice actualisé unitaire* qui *semble* homogène à un taux de profit - mais il ne s'agit pas d'un taux de profit - en ramenant la VAN à I_0 . On a évidemment :

$$VAN / I_0 = (VA - I_0) / I_0 = q - 1$$

Si $q > 1$, $VAN > 0$: l'investissement est rentable. Si $q < 1$, $VAN < 0$: l'investissement n'est pas rentable. Si $q = 1$, $VAN = 0$: on va revenir immédiatement sur ce cas limite².

2 - La rentabilité économique anticipée ou TIR (Taux Interne de Rendement)

¹ Dans notre exemple, l'indice de profitabilité est respectivement de 1,25 ou 0,9.

² Dans notre exemple on obtient respectivement 0,25 (ou - 0,1 en cas d'investissement non rentable) ; en plus clair un gain de 25 % (ou une perte de 10 %). 25 % (ou -10 %) de quoi ? On va y venir.

La notion de *Taux Interne de Rendement*, le *TIR*¹, renvoie à un *taux de profit marginal anticipé* ou *rentabilité économique marginale anticipée*.

21 – Le TIR en tant que technique

Si² les $\Pi(F_{I_0})_t$ sont positifs ou nuls, la VAN est une fonction monotone décroissante du taux d'actualisation qui peut s'annuler une seule fois pour un taux d'actualisation positif : ce qui définit le *TIR*, le *Taux Interne de Rendement* - ou le *Taux de Rendement Interne*, le *TRI* ; c'est pareil³.

Le *TIR* apparaît ainsi tout simplement comme une *analyse inversée* de la VAN. Quel est le taux d'actualisation *inconnu a* qui annule celle-ci ? La VAN dans nos hypothèses simplifiées étant :

$$VAN = \Pi(F_{I_0}) / a - I_0$$

Le taux d'actualisation qui annule cette VAN est donc dans ce cas très facile à trouver, sans tables numériques et sans calculette performante. On a donc un *TIR*⁴ de :

$$0 = \Pi(F_{I_0}) / a - I_0 \text{ soit : } a = TIR = \Pi(F_{I_0}) / I_0$$

Dans le cas général, le *TIR* est la solution de l'équation :

Quel est l'inconnue *a* tel que :

$$VAN = \Pi(F_{I_0}) \sum_{t=0}^n (1+a)^{-t} - I_0 = 0$$

ou $VA = I_0$

Quel est l'intérêt de ce calcul ? Autrement dit, pourquoi vouloir trouver un taux d'actualisation qui annule la VAN ? Pas pour le plaisir de l'annuler, tout simplement parce que le *TIR* est fondamental selon sa signification économique.

22 – L'aspect économique fondamental du TIR : c'est, à la limite, un taux de rentabilité économique marginal

Nous n'avons pris en compte jusqu'ici que l'aspect technique ; mais notre simplification technique éclaire parfaitement ce qu'est le *TIR*. L'aspect technique est le seul qui soit mis en relief dans les analyses les plus courantes... La VAN étant une fonction monotone décroissante⁵ du taux d'actualisation, disons de *r* : pour tout taux d'intérêt *r* inférieur au *TIR*, on est sûr de gagner de l'argent, d'avoir une VAN positive. La conclusion « technique » en matière de choix des investissements est simple au niveau microéconomique :

¹ Ce *TIR* est nommé par Keynes l'*Efficacité Marginale Anticipée du Capital*, l'*EMAC* ; c'est grâce à cette technique exposée ici qu'il théorise le choix des investissements. Keynes avoue son emprunt à Irving Fisher qui parlait du *TIR* en le nommant *taux de rendement par rapport au coût*.

² Si cette hypothèse n'est pas respectée, la VAN peut se comporter de façon très bizarre en fonction du taux d'actualisation...

³ Dans notre exemple, le *TIR* de l'investissement de 100 rapportant 10 jusqu'à l'infini est évidemment de 10 %. La VA est en effet de $10/0,1 = 100$ et la VAN est nulle.

⁴ On trouve ici dans notre exemple : $TIR = 10 / 100 = 0,1$ soit 10 %. On retrouve évidemment nos 10 % qui mesurent bien ici le taux de profit de l'investissement.

⁵ Répétons-le, ce n'est toujours vrai que dans l'hypothèse simplifiée ou les flux de cash anticipés sont positifs : si certains sont négatifs, la VAN peut être une fonction croissante puis décroissante, etc. D'autres complications sont attachées au choix des investissements par le seul *TIR* ; on y reviendra.

si $TIR > r$ on investit
si $TIR < r$ on n'investit pas.

On peut tracer la courbe de la VAN en fonction¹ de r , on obtient ce qui ressemble à une branche d'hyperbole.

L'indice de profitabilité, pour un taux d'intérêt de 8 %, est dans ce cas de $q = 1,25$ et le bénéfice actualisé unitaire $q - 1 = 0,25$ ou 25 %. Que signifie exactement ces deux concepts rarement éclairés, ces indices et gains (ou pertes) en pourcentage ? Si l'on avait placé son argent au taux de 8 % au lieu de l'investir dans le projet, on aurait gagné chaque année 8 (8 % de 100) ; en fait on gagne ici 10 (10 % de 100). On a donc un gain supplémentaire de 2 % par an en investissant plutôt qu'en plaçant. Ces 2 actualisés à 8 % donne la VAN de 25 ($2 / 0,08$).

Il ne s'agit pas du taux de profit de l'investissement mais *du taux différentiel de rentabilité relatif* de l'investissement comparé à un placement au taux r . Sa fonction est décroissante de r et s'annule pour le *TIR*.

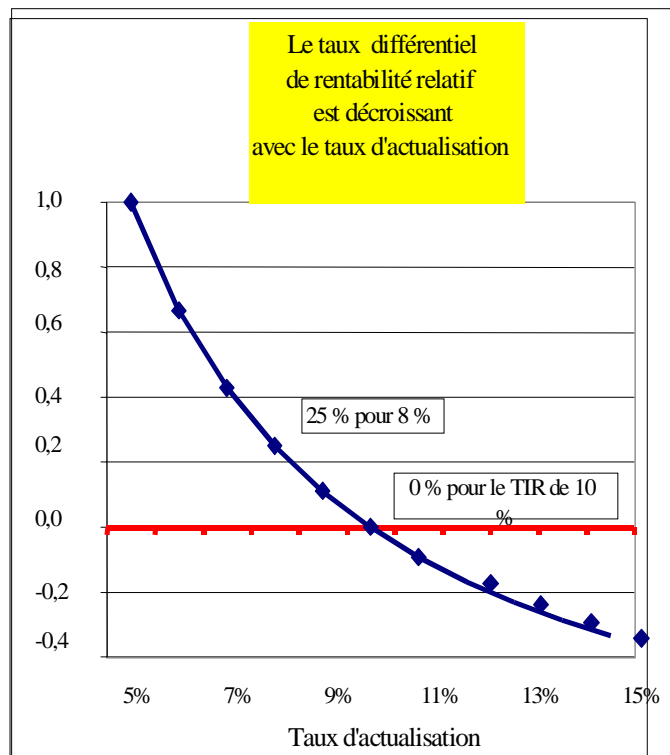
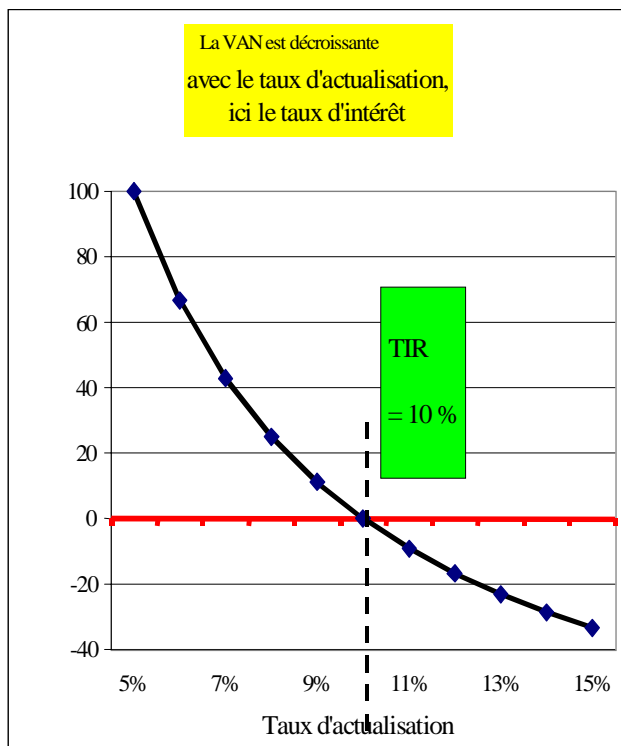
¹ Variant par exemple, selon notre illustration entre 5 et 15 %.

La VAN et le TIR,

une illustration

Pour $I_0 = 100$ avec $\Pi = 10$

r	5%	6%	7%	8%	9%	10%	11%	12%	13%	14%	15%
VAN	100,0	66,7	42,9	25,0	11,1	0,0	-9,1	-16,7	-23,1	-28,6	-33,3
Taux différentiel de rentabilité	1,0	0,7	0,4	0,3	0,1	0,0	-0,1	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3



L'aspect économique est beaucoup plus important que cette technique d'actualisation.: **le TIR est bien un taux de profit marginal anticipé de l'investissement si les profits sont constants jusqu'à l'infini.**

Qu'est vraiment le TIR ? Si 100 rapportent toujours le même montant 10 de profit avant amortissement jusqu'à l'infini, la *rentabilité économique brute* - le flux de cash sur le capital investi - est bien chaque année de 10 %. Dans ces hypothèses simplifiées : le TIR est donc tout simplement dans ce cas la rentabilité économique (brute) anticipée perpétuelle de notre investissement supplémentaire. Si la période d'utilisation de l'investissement n'est pas infinie, cette évidence disparaît néanmoins. Cependant, deux investissements, l'un de durée infinie, l'autre de durée finie, produisant la même VAN nulle pour ce TIR, auront évidemment le même TIR, la même rentabilité économique marginale.

Le TIR n'est en général présenté que comme une technique astucieuse – mais avec ses limites – de choix et de discrimination entre plusieurs investissements. Il est rarement montré pour ce qu'il est : **un véritable taux de profit (marginal).**

3 - Quelques complications concernant la VAN et le TIR

La prise en compte du temps dans le choix des investissements, c'est-à-dire le recours à la technique de l'actualisation, règle une bonne partie des questions soulevées par les techniques rudimentaires atemporelles (taux moyen de rentabilité, non abordé ici) ou simplistes (le « pay back » - voir plus loin). On peut développer un peu l'intérêt de ces techniques et en percevoir les limites.

31 - La signification concrète des VAN et TIR : investir dans son entreprise ou placer son argent sur le marché financier ?

Les mathématiques financières montrent que *l'annuité*, si elle est constante, *de remboursement d'un emprunt (amortissement du principal et charge d'intérêt)* peut se calculer en considérant que la somme actualisée par le taux d'intérêt r de l'emprunt, de ces annuités est égale à l'emprunt. Si la durée de l'emprunt de montant E est de n années, on a donc (comme précédemment), en notant A l'annuité constante de remboursement :

$$E = A \sum_{1}^n (1+r)^{-n} = A [1/r - (1+r)^{-n} / r]$$

On peut donc en déduire l'annuité A :

$$A = E r / [1 - (1+r)^{-n}]$$

Plus la durée de l'emprunt est longue, moins l'annuité est importante (grande découverte !). Si la durée est « très longue », infinie, l'annuité tend vers le versement de l'intérêt d'une rente perpétuelle : Er , car $1 - (1+r)^{-n}$ tend vers 1, $(1+r)^{-n}$ tendant vers zéro.

Si les annuités de remboursement ne sont pas constantes, on ne peut plus utiliser ces « formules », mais la somme actualisée des annuités reste évidemment égale à E .

Que représente donc véritablement, « concrètement », la VAN et le TIR ?

Si, à la place d'investir I_0 , on avait prêté son montant au taux d'intérêt ou taux d'actualisation r , on nous aurait versé des annuités de remboursement, constantes ou non, dont la somme actualisée est égale¹ à I_0 .

La VAN représente donc bien « concrètement » le bénéfice si elle est positive (ou la perte si elle est négative) de l'opération d'investissement par rapport à la simple opération de placement de la valeur I_0 , pour un taux d'actualisation r .

Le TIR est ainsi tout simplement le taux d'intérêt pour lequel il est indifférent de placer son argent ou d'investir.

32 - VAN, TIR et placements sur les marchés financiers

¹ Qu'est-ce que I_0 , à part l'investissement initial ? C'est la valeur actualisée d'un placement qui rapporte rI_0 par an jusqu'à l'infini à un taux d'actualisation r , car $rI_0 / r = I_0$! 100 est par exemple la valeur d'un placement qui rapporte 8 par an jusqu'à l'infini à un taux de 8 % Quel est le placement qui rapporte 8 par an à un taux d'intérêt de 8 % ? Réponse géniale : 100 ! (100 = 8 / 0,08).

Ces deux méthodes peuvent de plus s'appliquer aux placements financiers. On parlera par exemple¹ de *VAN* et de *TRA*, *taux de rentabilité actuariel*, d'un placement financier.

La *valeur actuelle*, *VA* (tout court) d'un placement est donc la somme des flux futurs actualisés ; la *VAN* étant la différence entre cette *VA* et la valeur de marché du titre acquis, exactement comme pour un investissement non financier. Les « investisseurs » achèteront ainsi les titres si les *VAN* sont positives, ce qui fait monter le cours ; ils vendront si les *VAN* sont négatives, ce qui fait baisser le cours : si le marché est *efficace*, la concurrence doit faire tendre les *VAN* vers zéro ; autrement dit, *dans un marché efficace en équilibre, les VAN sont nulles et les valeurs de marché reflètent exactement les flux futurs actualisés.*

Ce cas théorique idéal suppose une information parfaite, etc. ; en deux mots les fameuses conditions de concurrence pure et parfaite chère aux néoclassiques.

33 - VAN, TIR et incertitude

Revenons à la question toute bête posée au début de ces développements : comment connaît-on les flux futurs ? Tous les calculs effectués jusqu'à maintenant supposent un *avenir certain*, c'est-à-dire des bénéfices futurs connus. Or, la notion même de risque recouvre en particulier des incertitudes sur les flux futurs². En *avenir incertain*, il suffit - plus facile à dire qu'à faire - de probabiliser, quand c'est possible, les occurrences de revenus futurs. On obtient ainsi une *espérance de VAN* et un *TIR espéré*.

Une méthode consiste à utiliser la simulation (méthode de David Hertz, de 1964) et à tirer au hasard, comme à la roulette (*technique dite de Monte-Carlo*). Il est également possible de minorer systématiquement, par un principe de prudence, les revenus futurs espérés (*méthode dite des équivalents certains*) pour calculer la *VAN*, ou d'augmenter le taux de rendement espéré d'une « super » prime de risque pour le choix selon le *TIR*. On peut également utiliser, si le projet d'investissement entraîne des réactions de la concurrence, la *théorie des jeux* selon ses diverses approches, de Von Neumann et Morgenstern à John Nash, l'« homme d'exception » du film aux maints Oscars d'Hollywood.

34 - les limites de la méthode VAN-TIR

Les méthodes *VAN-TIR* peuvent néanmoins donner des résultats contradictoires lorsqu'il s'agit d'arbitrer entre plusieurs choix possibles (existence d'un *taux pivot*, ou *d'indifférence*). De même - mais il s'agit alors de curiosités - certains projets peuvent avoir des *TIR* multiples, autrement dit la *VAN* n'est plus monotone décroissante. Cette possibilité est due à l'existence possible de revenus négatifs dans le futur, on l'a déjà indiqué ; le problème classique de base est celui de Lorie et Savage³.

L'inflation est également une source d'erreur, plus exactement l'évolution, toujours incertaine, des prix relatifs des produits et charges futurs.

Plus techniquement, le choix entre plusieurs investissements est quelquefois délicat. Si les durées de vie et/ou les coûts initiaux de plusieurs investissements sont différents, même le calcul des *VAN* pose problème : il s'agit de la *question dite des alternatives incomplètes*⁴.

Mais revenons sur la divergence entre *VAN* et *TIR* dans la question du choix entre plusieurs projets d'investissement. Elle tient essentiellement à la *répartition possible dans le temps des revenus attendus*. Si les flux de revenus espérés proches sont importants et les flux lointains faibles pour le projet *A*, et inversement pour le projet *B*, un taux d'actualisation faible fera peut-être préférer le projet *B* alors qu'un

¹ Voir P. Vernimmen, op. cit. pp.267 et suivantes.

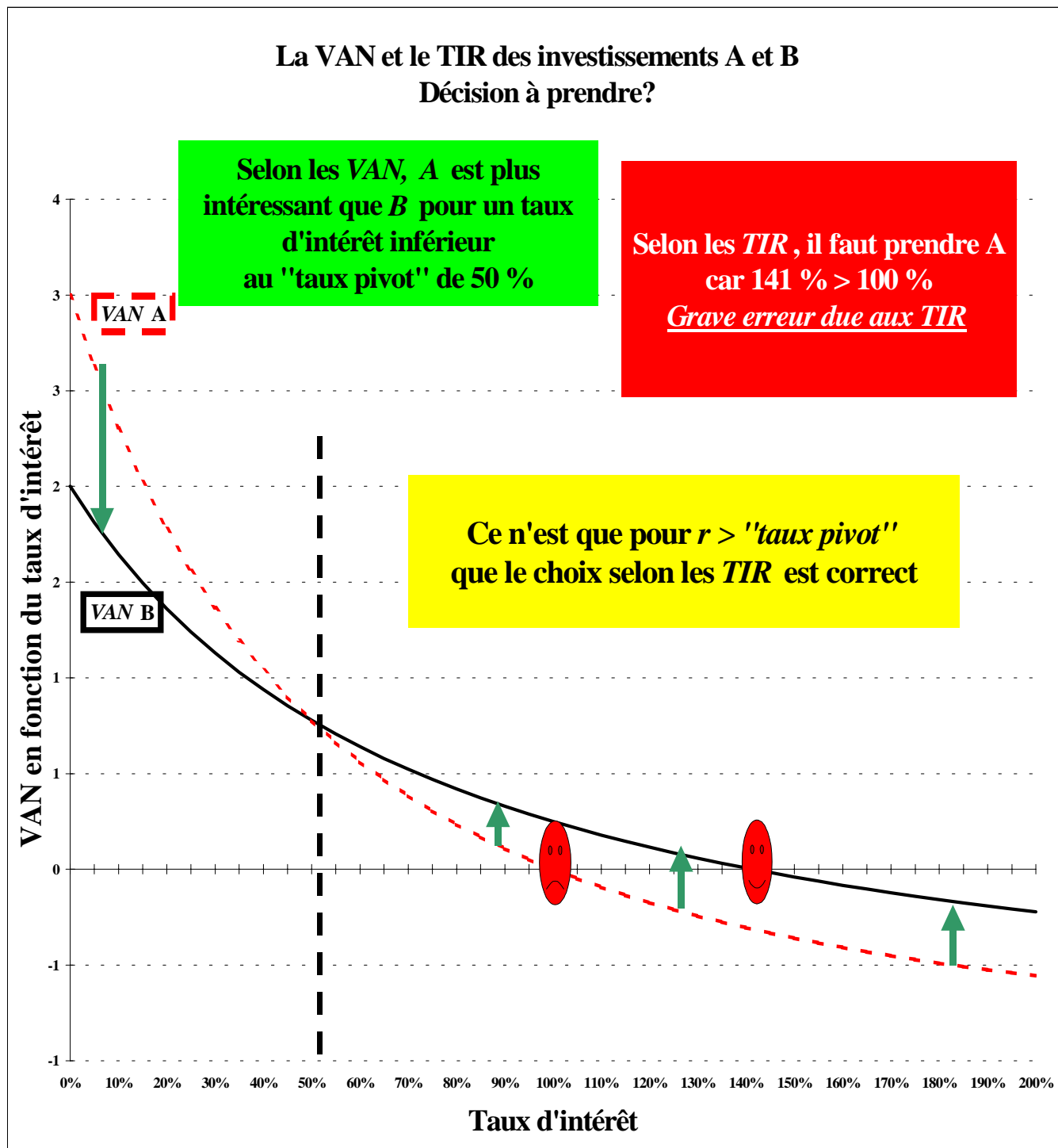
² Pas toujours : un placement financier en obligation à taux fixe donne des flux futurs certains (hors faillite de l'émetteur, inflation, fluctuation des cours si on revend l'obligation avant son échéance, etc.)

³ Voir par exemple B. Colasse, op. cit. pp. 476 et suivantes. Ce problème, posé en 1955 a été résolu en 1964. Il revient à analyser la *VAN* et le *TIR* d'un projet de coût initial de 1600 en année zéro induisant des cash flows d'exploitation de + 10000 et - 10000 respectivement en année 1 et 2. Essayez de trouver la solution, ou, au moins, de percevoir le problème.

⁴ Voir par exemple B. Colasse, op. cit. p. 505 et suivantes.

taux élevé fera préférer le projet A, d'où le taux pivot et l'intersection des deux courbes de VAN en fonction du taux d'actualisation.

Comme par exemple dans l'exercice introductif de ce chapitre.



La divergence VAN / TIR tient également au fait que l'actualisation suppose toujours, que l'on emploie la méthode de la VAN ou son inverse apparent, celle du TIR, le réinvestissement des revenus espérés : autrement dit chaque revenu à la période t est réinvesti au taux d'actualisation choisi. S'il n'en était pas ainsi, on ne pourrait pas, tout simplement, l'actualiser. Imaginons par exemple qu'un revenu de 100, actualisé aujourd'hui avec un taux d'actualisation de 10 %, peut être réinvesti dans un an, deux ans ou n années au taux de 50 % : l'actualisation à 10 % n'a alors plus de sens.

Or, le calcul selon le *TIR* suppose que le réinvestissement s'effectue selon un taux d'actualisation égal au *TIR*, ce qui est peu réaliste et entraîne donc des désagréments quand, en particulier, les revenus attendus ne sont pas homogènes dans le temps entre plusieurs investissements.

Une solution est souvent présentée ; il s'agit de l'emploi des *VAN et TIR dits globaux, ou corrigés*. On peut alors : capitaliser en fin de période les revenus futurs attendus à un taux choisi et réaliste (un taux d'intérêt moyen par exemple) ; puis actualiser cette capitalisation à un *TIR*, dit, donc, *global*, tel que cette actualisation soit égale au coût du projet.

De même, la *VAN globale* sera la différence entre ladite capitalisation, à un taux choisi et réaliste, actualisée au taux d'actualisation de l'entreprise, en général différent du premier taux, et le coût du projet.

Mais cette finasserie ne semble pas lever toutes les contradictions.

35 - Le pay back ou délai de récupération de l'investissement : le rapport avec le *TIR* dans certaines hypothèses

Une autre technique de choix des investissements en gestion financière est celle du *pay back* : en français le *délai de récupération*, souvent appelé également le *retour sur investissement*, qui peut dans les cas limites se rapprocher du *TIR*.

Un investissement de 100 qui rapporte 10 chaque année présente un *pay back*, un délai de récupération de 10 ans. On peut trouver une relation entre le *pay back* et le *TIR*, à condition que les revenus attendus soient constants dans le temps et la durée de vie du projet très longue (théoriquement infinie). Si un projet de coût initial I_0 rapporte un profit $\Pi (F_{I_0})$ annuel constant dans le temps, son *pay back* sera, en années, de :

$$I_0 / \Pi (F_{I_0})$$

Autrement dit, dans ces hypothèses très restrictives, le *TIR* est l'inverse du *pay back*, et vice versa : un *pay back* de 10 ans correspond à un *TIR* de 10 %. Si la durée de vie n'est pas infinie, le calcul du *TIR* par l'approximation du *pay back* devient une approximation d'autant plus grossière que la durée de vie est courte ; de même, le *TIR* n'apparaît plus comme une rentabilité économique exacte. Il en est de même de tous nos calculs précédents.

Conclusion

L'avenir est soumis à *l'incertitude radicale* chère à John Maynard Keynes, auteur (en 1921) d'un *Treatise on Probability* ; sa thèse de doctorat. L'incertitude devenait à la mode ; un autre économiste, Knight, développait au même moment les mêmes idées.

La physique théorique venait d'ailleurs de découvrir un phénomène comparable, avec le *principe d'incertitude de Heisenberg*.

Mais c'est peut-être toute l'analyse du choix des investissements qui est à remettre en cause, même si l'on connaissait l'avenir des profits. En effet :

- le choix des investissements selon les méthodes de la *VAN* ou du *TIR maximisent certes la masse de « profit pur »* de l'entrepreneur - et la « *richesse des actionnaires* » -, mais pas, sauf heureux hasard du choix de la *reD*, le taux de rentabilité économique ;
- le *taux de rentabilité désiré actuel est aussi indéterminé que l'avenir*, car il est influencé par les profits à venir. En effet, le taux d'intérêt dépend en fait, par la *double spéculation* sur les *marchés financiers obligations et actions*, de la valeur des cours des actions, donc des perspectives de profits futurs.

Et en avant pour de nouvelles aventures...