

THESIS / THÈSE

MASTER EN SCIENCES ÉCONOMIQUES ORIENTATION GÉNÉRALE À FINALITÉ SPÉCIALISÉE

Choix des investissements et incertitude

Massart, Jean

Award date:
1970

Awarding institution:
Universite de Namur

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal ?

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Facultés Universitaires N.-D. de la Paix, Namur

FACULTE DES SCIENCES ECONOMIQUES ET SOCIALES

ANNEE ACADEMIQUE 1969-1970

JEAN MASSART

CHOIX DES INVESTISSEMENTS ET INCERTITUDE

Mémoire présenté en vue de l'obtention du grade
de Licencié en Sciences Economiques et Sociales
(Economie de l'Entreprise)

Jury du Mémoire : M. M. GUILLAUME
M. F. BODART

Ce travail n'aurait pu être entrepris et mené à terme sans les conseils, les critiques et les nombreux encouragements du Professeur M. GUILLAUME.

C'est pour moi un plaisir autant qu'un devoir de lui exprimer ici toute ma gratitude et ma profonde reconnaissance.

Je remercie le Professeur F. BODART pour les conseils apportés.

Il me tient à coeur d'exprimer mes remerciements à tous ceux qui, par leur gentillesse, leur compréhension et leurs encouragements, m'ont apporté une aide combien nécessaire tout au long de ces années d'étude.

TABLE DES MATIERES

	Page
<u>INTRODUCTION</u>	-
<u>PREMIERE PARTIE</u> : Position du Problème: l'Entreprise et l'Investissement	1
<u>Chapitre I</u> : <u>L'Investissement</u>	3
<u>Section 1</u> - Les caractéristiques de l'investissement	3
<u>Section 2</u> - Les types d'investissements	4
<u>Chapitre II</u> : <u>Approche du Problème</u>	8
<u>Chapitre III</u> : <u>Investissement et Objectifs de l'Entreprise</u>	11
<u>Chapitre IV</u> : <u>L'impact de l'Incertitude sur les paramètres d'un investissement</u>	16
<u>Section 1</u> - La durée de vie de l'investissement	16
<u>Section 2</u> - Le flux des dépenses attendues	17
<u>Section 3</u> - Le flux des recettes espérées	19
<u>Section 4</u> - Le taux d'intérêt ou taux d'actualisation	20
<u>Chapitre V</u> : <u>Les Critères de choix des Projets d'Investissement</u>	25
<u>Section 1</u> - La période de remboursement	26
<u>Section 2</u> - Critères basés sur la technique de l'actualisation	28
<u>CONCLUSIONS</u>	33
— § —	
<u>DEUXIEME PARTIE</u> : <u>L'Incertitude dans l'Investissement</u>	34
<u>Chapitre I</u> : <u>La réponse de la Théorie de la Décision</u>	36
<u>Section 1</u> - L'univers certain	37
<u>Section 2</u> - L'univers aléatoire	38
<u>Section 3</u> - L'univers incertain	39

	Page
<u>Section 4</u> - Le recours aux probabilités subjectives	44
<u>Section 5</u> - La notion d'utilité	46
<u>Section 6</u> - Conclusions	47
<u>Chapitre II</u> : <u>L'Analyse du Risque</u>	48
<u>Section 1</u> - Introduction	49
<u>Section 2</u> - Un exemple simple	50
<u>Section 3</u> - Démarche de l'analyse	53
<u>Section 4</u> - Mise en oeuvre de l'analyse	57
1. Introduction	57
2. Au niveau de l'estimation des distributions de probabilités des variables	57
a) sur base de données "historiques"	57
b) sur base de données "subjectives"	59
c) les estimations et la pratique	64
3. Au niveau de la combinaison des distributions de probabilités des variables	69
a) l'approche analytique	69
b) la simulation	76
<u>Section 5</u> - Conclusions	84
<u>Chapitre III</u> : <u>L'Arbre de Décision</u>	86
<u>Section 1</u> - L'arbre de décision: présentation synthétique des problèmes d'investissement	87
<u>Section 2</u> - L'élaboration de l'arbre de décision	89
<u>Section 3</u> - La mise en oeuvre de l'arbre de décision	91
1. Description du problème considéré	91
2. Le choix de l'action	93
a) le principe du "renvoi en arrière"	95
b) introduction de l'actualisation	97
3. Prolongement bayésien	101
<u>Section 4</u> - Conclusions	106

	Page
<u>Chapitre IV : Le Risque Global</u>	109
<u>Section 1</u> - Approche empirique	110
<u>Section 2</u> - Les répercussions d'un investissement	111
<u>Section 3</u> - Conclusions	120
<u>TROISIEME PARTIE : Conclusions</u>	121
<u>BIBLIOGRAPHIE</u>	I-VIII

I N T R O D U C T I O N

L'incertitude est un fait, elle se manifeste avec une acuité particulière au niveau de l'investissement, parce qu'il constitue un engagement à long terme, offre des possibilités limitées d'adaptation et présente des conséquences graves.

Les critères de choix des investissements proposés par l'analyse classique, trouvent leur application dans le cadre d'un univers déterministe. On raisonne comme si tous les paramètres sont connus et certains, et on ne traite pas explicitement l'incertitude, elle est néanmoins représentée par un jugement de valeur qui s'ajoute comme qualificatif au calcul économique déterminé.

Les philosophes et les mathématiciens ont depuis longtemps étudié le problème de l'incertitude. La théorie de la décision envisage les différents univers possibles et dégage des critères de choix objectifs. Mais pour appliquer ces critères, il faut nécessairement les développer et les enrichir, notamment par l'apport d'éléments subjectifs.

Depuis peu de temps, grâce notamment au développement des moyens de calcul, il est possible de mettre en oeuvre des techniques et des méthodes opératoires, plus aptes à fournir une information sur les conséquences de l'incertitude. Nous examinerons les usages possibles de l'analyse du risque, de l'arbre de décision, du risque global.

Le problème de l'incertitude subsistera, cependant en présentant mieux les conséquences des décisions prises isolément, mais surtout replacées dans l'ensemble de l'entreprise, il sera possible d'orienter les décisions d'investissement de façon à réduire la part de la fatalité pure et à domestiquer le risque dans toute la mesure du possible.

- - -

PREMIERE PARTIE

POSITION DU PROBLEME :
L'ENTREPRISE ET L'INVESTISSEMENT

Chapitre I - L'INVESTISSEMENT

Section 1 - Les caractéristiques de l'investissement

Section 2 - Les types d'investissements

Chapitre II - APPROCHE DU PROBLEME

Chapitre III - INVESTISSEMENT ET OBJECTIFS DE L'ENTREPRISE

Chapitre IV - L'IMPACT DE L'INCERTITUDE SUR LES PARAMETRES

D'UN INVESTISSEMENT

Section 1 - La durée de vie de l'investissement

Section 2 - Le flux des dépenses attendues

Section 3 - Le flux des recettes espérées

Section 4 - Le taux d'intérêt ou taux d'actualisation

Chapitre V - LES CRITERES DE CHOIX DES PROJETS D'INVESTISSEMENT

Section 1 - La période de remboursement

Section 2 - Critères basés sur la technique de l'actualisation

CONCLUSIONS

Chapitre I - L'INVESTISSEMENT

D'une manière générale, l'investissement consiste en un engagement de ressources présentes et futures, en vue d'acquérir des biens concrets et ce dans l'espoir de disposer de revenus futurs. C'est donc l'échange d'une certitude (la renonciation à une satisfaction immédiate et certaine) contre une série d'espérances réparties dans le temps.

Le choix des investissements est probablement l'acte de gestion le plus important, puisqu'il décide de la structure future de l'entreprise en orientant son aptitude à répondre aux besoins du marché.

Section 1 - LES CARACTERISTIQUES DE L'INVESTISSEMENT

- L'investissement : acte nécessaire.

L'investissement est important parce qu'il présente un caractère de nécessité pour l'entreprise. Engageant l'avenir, cet acte répond à un impératif majeur de la firme: conserver et, si possible, améliorer sa place sur le marché. L'entreprise, en effet, doit croître avec le marché et, pour bien faire, plus vite que ses concurrentes.

Dans une économie en croissance, l'entreprise est contrainte d'investir, afin de maintenir et de développer sa capacité de production et de vente.

- L'investissement : acte dangereux.

L'investissement comporte un risque qui, très souvent, met en jeu l'existence même de la firme. Contrairement à d'autres actes de gestion, auxquels renoncer en chemin est onéreux mais non dramatique, celui-ci est presque irréversible.

La particularité des biens investis est telle que leur cession est très aléatoire, sinon impossible. Qui achèterait une unité de production si son utilisation n'est pas rentable ?

La sanction d'un investissement erroné est, par conséquent, une perte financière grave qui se solde généralement par une autre perte, celle de la direction de l'entreprise par la faillite, ou du moins condamne l'entreprise à la médiocrité (frein à l'expansion, statu quo, recul,...) faute de moyens financiers.

- L'investissement : acte difficile.

Dans les limites d'une capacité de financement qu'il faut d'abord définir, la décision économique d'investir est prise en fonction de la rentabilité future obtenue de l'utilisation de l'investissement pour la production et la distribution d'un volume d'activité donné, dans des conditions de prix de vente et de frais d'exploitation projetés, sur un horizon de temps présumé. Ces conditions, ce volume, ce temps sont généralement considérés comme les plus probables, compte tenu d'éléments comme: l'évolution des marchés consommateur et producteur, les caractéristiques propres à l'équipement (c'est-à-dire les produits et les services qu'on peut en obtenir), le progrès technique, ...

La prévision concernant ces différents éléments n'est guère aisée, d'autant plus que l'investissement se présente comme un acte peu fréquent et toujours particulier.

L'investissement nécessite l'emploi de méthodes rationnelles qui ne suppriment pas le risque mais le décrivent et le circonscrivent, afin de guider le choix.

Section 2 - LES TYPES D'INVESTISSEMENTS

Acte nécessaire, dangereux et difficile, l'investissement est un acte économique réalisé par l'entreprise en réponse à des besoins précis. Les besoins d'investir feront apparaître les différents types d'investissements.(1)

(1) Pour cette classification, voir notamment:
J. DEAN, "Capital Budgeting", New-York, Columbia University Press, 1951, p. 82.

a) Les investissements de remplacement.

Ils découlent du besoin de remplacer un équipement vieilli par usure ou désuétude.

Le remplacement peut être justifié par des facteurs internes (usure physique, avaries,...), mais aussi par des facteurs externes et, dans ce cas, l'incertitude est accrue car la cause du remplacement est la désuétude de l'équipement existant due au progrès technique, variable qui est difficilement prévisible. Toutefois, pour cette catégorie d'investissements, l'incertitude est assez limitée. On se trouve en terrain connu tant pour la production que pour la commercialisation.

b) Les investissements d'expansion.

D'une manière générale, un tel investissement permet à l'entreprise de faire face aux développements de la demande, facteur déterminant de l'investissement.

L'expansion peut être quantitative (consommation croissante d'un produit donné) ou qualitative (addition de nouveaux produits à une gamme de fabrication).

Alors que, dans le cas d'un investissement de remplacement, l'alternative se situait entre faire le travail avec l'équipement existant ou l'exécuter au moyen d'un nouvel équipement, nous constatons que, dans le cas d'un investissement d'expansion, l'alternative se place entre assurer la production ou y renoncer. C'est l'activité elle-même qui est en cause et il s'agit de savoir s'il est rentable de la développer.

Le problème devient plus complexe et sa solution plus incertaine. Les alternatives à considérer sont plus variées: extension de l'usine existante, création d'une nouvelle usine, recours à la sous-traitance, travail à plusieurs équipes.

Au surplus, l'investissement d'expansion comporte une autre difficulté: l'estimation de l'accroissement des dépenses et des recettes qui en résultera et qui devra permettre d'apprécier l'opportunité de cet investissement.

c) Les investissements de modernisation ou d'innovation.

Le progrès technique introduit par un investissement permet d'accroître la productivité en abaissant les coûts de production et donc d'augmenter les marges bénéficiaires ou d'abaisser les prix. Cet autre aspect de la concurrence entre les entreprises est un facteur déterminant de la décision d'investir.

Nous rencontrerons dans cette catégorie des investissements destinés essentiellement à abaisser les coûts, notamment ceux relatifs aux équipements économisant de la main-d'oeuvre; et des investissements effectués en vue de l'amélioration de produits existants, ou de la mise au point et du lancement de produits ou de procédés nouveaux.

Préserver sa "part" de marché ne consiste pas seulement à conserver son pourcentage de ventes. La concurrence ne s'exerce pas toujours par une lutte de prix, mais bien souvent par une lutte dans l'accumulation des profits, permettant d'agir efficacement sur le marché: en investissant, en finançant des recherches, en accédant à d'autres marchés.

Ici aussi, il sera difficile d'estimer les dépenses et les recettes projetées, les modifications apportées entraînant des changements dans la structure des coûts et des revenus.

Il n'est pas toujours facile, en pratique, de distinguer les différents types d'investissements. En effet, la modernisation et le remplacement peuvent se conjuguer et, presque toujours, un accroissement de capacité provoque une baisse des coûts, en raison des "économies d'échelle" et d'une meilleure productivité (due au progrès technique apporté par les équipements nouveaux).

d) Les investissements stratégiques.

Si les investissements de remplacement, d'expansion et de modernisation ont pour objectif, soit de réduire les coûts, soit d'augmenter les recettes et d'accroître ainsi le profit de l'entreprise d'un montant suffisant pour rémunérer les capitaux

investis, compte tenu des risques et de l'incertitude, au contraire, les investissements stratégiques visent plutôt la réalisation des conditions les plus favorables à la bonne marche de l'entreprise (protection au niveau de l'approvisionnement en matières premières; par la recherche technologique; protection contre la concurrence; préoccupations d'ordre social; ...).

Chapitre II - APPROCHE DU PROBLEME

Afin de préciser et de mieux situer notre propos, il est utile de reprendre et de considérer plus en profondeur les composantes principales des paragraphes précédents.

- Acte financier, l'investissement consiste à engager des fonds permanents d'où naîtront ultérieurement des bénéfiques.

Pour investir, il ne suffit donc pas d'y être fortement incité, encore faut-il posséder ou être en mesure de se procurer des moyens de financement suffisants.

La définition d'une capacité de financement pour l'entreprise est un problème essentiel mais qui ne constitue pas l'objet de notre étude. Il n'en reste pas moins que l'investissement ne peut être étudié que dans le cadre réel de l'entreprise.

La disponibilité des capitaux nécessaires à la réalisation d'un programme d'investissement dépend notamment de la politique financière. L'entreprise doit se soumettre aux exigences d'un équilibre financier, d'où la répartition dans le temps des capitaux disponibles pour les différents projets d'investissement. La capacité de financement est une réalité que nous ne pouvons jamais perdre de vue.

Il ne suffit pas qu'un investissement soit rentable, encore faut-il qu'il soit réalisable. Réalisable d'un point de vue financier, nous pourrions encore ajouter réalisable sous tous les aspects, par exemple, il faut disposer des cadres capables de le mettre en oeuvre.

La décision d'investissement est également orientée par le coût des ressources. Celui-ci détermine la rentabilité minimum à exiger, car les moyens financiers dégagés par l'investissement pourraient être, avantageusement et sans risques, prêtés par l'entreprise. Leur emploi au financement d'un investissement doit tenir compte de cette opportunité comme d'un minimum absolu de rentabilité.

- La décision économique d'investir est prise en fonction de la rentabilité projetée de l'investissement.

Dans une prochaine partie, nous examinerons un ensemble de méthodes, de critères que la théorie présente et qui ont pour but de déterminer la rentabilité des projets d'investissement.

A partir d'un ensemble d'hypothèses sur les éléments constitutifs de la rentabilité, la mise en oeuvre de ces méthodes nous permettra de projeter la rentabilité de l'investissement. La difficulté ne se situe pas tant à ce niveau, mais elle se manifeste au niveau de ces hypothèses et de leur influence sur le résultat attendu. Chaque hypothèse englobe son propre degré, souvent très élevé, d'incertitude et, prises ensemble, ces incertitudes combinées peuvent se multiplier en une incertitude ayant des proportions critiques.

C'est là qu'apparaît l'élément de risque et c'est dans l'évaluation du risque que nous devons aider le responsable de la décision, en lui donnant les moyens de déterminer une mesure réaliste et simple du risque. Il est alors plus apte à évaluer les conséquences de son choix, par rapport aux objectifs à atteindre.

- Nous sommes dès maintenant confronté à l'élément le plus complexe, le plus difficilement mesurable et contrôlable; il est inhérent à tout problème de décision et surgit avec une importance accrue dans le choix des investissements: l'incertitude.

- Tout choix d'investissement s'appuie sur de nombreux éléments, ceux-ci comprenant dans leur évaluation leur propre degré d'incertitude. Même si le responsable de la décision dispose d'éléments "objectifs", il n'en demeure pas moins que la décision elle-même résulte d'une synthèse subjective de ces éléments "objectifs" et d'éléments intuitifs (résultats d'expériences,...) du responsable de la décision.

- Présente au niveau des facteurs constitutifs de la décision, l'incertitude l'est aussi au niveau global de la décision. Il est donc indispensable de composer avec elle. La certitude absolue est peu réelle, au même titre d'ailleurs que l'incertitude totale. Entre ces deux situations extrêmes, notre but est de nous situer le plus près possible de la réalité et de pouvoir choisir et décider en meilleure connaissance de conséquences. Le risque attaché à notre choix doit être tolérable, acceptable pour l'entreprise. Notre tâche est d'analyser cette incertitude, de déterminer, dans la mesure du possible, ses composantes aux différents niveaux de l'élaboration de la décision, de considérer des méthodes permettant de mieux connaître et de mieux éviter ses effets. Il est vain de croire que l'on peut éliminer totalement le risque inhérent à une décision; mais il semble qu'en essayant de bien le comprendre et de mieux en cerner les effets pour l'entreprise, on puisse décider en meilleure connaissance de conséquences.

- - - - -

Chapitre III - INVESTISSEMENT ET OBJECTIFS DE L'ENTREPRISE

- Les problèmes relatifs au choix des investissements se posent dans le cadre réel de l'entreprise, dans la mesure où ceux-ci dépendent à la fois du présent et de l'avenir de l'entreprise. Du présent, c'est-à-dire d'une situation actuelle de l'entreprise composée d'une mentalité, de possibilités financières précises et de problèmes immédiats. De l'avenir, c'est-à-dire de la vision qu'ont les responsables de l'entreprise de sa survie et de sa croissance.

Ceci entraîne la nécessité absolue de ne jamais considérer l'investissement comme un acte isolé, mais comme une opération s'insérant dans la politique générale de l'entreprise. Il faut reconnaître que cette politique est loin d'être dans tous les cas explicitement formulée et, par ailleurs, qu'elle est sujette à des modifications selon les développements de la situation économique, du progrès technique et du marché, ceux-ci peuvent s'écarter des prévisions générales de l'entreprise.

Malgré tout, dans toute entreprise, on rencontre un certain nombre de lignes directrices, constituant une politique à long terme. C'est dans cette politique générale que doit s'intégrer la décision d'investir. Car s'il importe qu'un investissement une fois réalisé s'avère rentable, il n'en est pas moins important qu'il s'insère dans le programme d'ensemble.

- Le but de toute entreprise est d'assurer sa continuité et de travailler à son expansion. Il est essentiel pour l'entreprise de rechercher une orientation précise et correcte à son expansion. Pour ce faire, un diagnostic de l'entreprise permet de déterminer ses forces et ses faiblesses, sa structure financière, technique et commerciale, le taux de croissance qu'elle peut supporter en fonction de sa structure, et de guider la prospection de l'environnement.

L'entreprise pourra se développer à partir de ses caractéristiques actuelles en exploitant au maximum ses forces dans quelque domaine que ce soit, ou bien elle pourra se tourner vers l'extérieur pour y trouver une aide financière ou technique, notamment par la coopération, la fusion ou l'absorption. A travers ces voies d'expansion, l'entreprise pourra s'orienter vers: la spécialisation, en améliorant sans cesse ses produits; la diversification par les marchés et par les techniques, en adaptant sa gamme de production; la reconversion, en lançant une activité nouvelle à partir d'éléments techniques et de marchés entièrement nouveaux pour elle.

- Déterminés au niveau de la direction générale, ces objectifs fondamentaux trouvent leur concrétisation dans le programme de vente de l'entreprise.

A long terme, ce programme traduit les lignes directrices en termes de chiffre d'affaires, de volume, de part de marché, - éléments exprimant la continuité et l'expansion.

A moyen et à court terme, il vise la vente de différents produits sur différents marchés.

Mais si le programme de vente matérialise l'avenir en termes d'objectifs à atteindre, il ne s'inquiète guère des moyens à mettre en oeuvre et des actions à entreprendre, pour réaliser ces objectifs. Et dès lors il conduit nécessairement à la considération d'un programme de production.

- L'entreprise dispose actuellement de moyens de production déterminés, présentant des caractéristiques physiques et technologiques propres, des possibilités et des limites.

Comment ces moyens sont-ils mis en oeuvre ? Permettent-ils une production adaptée aux exigences du marché ? Quelles sont les possibilités d'approvisionnement en matières premières (délais, volumes, ...) ? Quel est le degré de disponibilité de la main-d'oeuvre qualifiée ? La capacité de production actuelle est-elle suffisante ?

La réponse apportée à cette dernière question est très importante, elle est génératrice d'une décision de l'entreprise. En effet, si la capacité de production ne permet pas d'assumer les objectifs de ventes fixés, l'entreprise est forcée d'adapter cette capacité et donc d'introduire des moyens de production supplémentaires, c'est-à-dire d'investir.

Notons que la capacité de commercialisation fait aussi l'objet d'investissement; constituer et développer un réseau de vente engage aussi des ressources importantes pour longtemps.

Les modalités, le type de l'investissement seront conditionnés par les réponses aux diverses questions posées.

- L'investissement est une étape nécessaire pour atteindre les objectifs généraux. Du niveau et du choix des investissements peuvent dépendre le maintien, l'expansion ou la régression des activités de l'entreprise. Une insuffisance d'investissements peut mettre l'entreprise en infériorité, difficile à rattrapper par la suite. Un excès d'investissements, par contre, risque de compromettre l'équilibre même de l'entreprise.

Mais, pour l'entreprise, le volume des investissements n'est pas une variable indépendante; il dépend avant tout des capitaux qui doivent assurer le financement de ces investissements selon le plan de financement.

Celui-ci, après avoir analysé la structure financière de l'entreprise, évalue les moyens de financement propres que l'entreprise possède actuellement (autofinancement) et sa capacité de recours aux crédits extérieurs sur base des moyens actuels (emprunts). Ces capitaux disponibles sont influencés par les résultats d'exploitation passés, présents et futurs de l'entreprise. Et à leur tour, ces résultats sont liés aux investissements.

- Dès lors, on aborde le plan d'investissement, établi selon les lignes directrices tracées dans les programmes, qui déterminent implicitement la tendance des investissements, leur ampleur

et leurs époques.

Ce plan limite, dans une certaine mesure, l'éventail des choix possibles d'investissement, quelles que soient les occasions favorables d'investir indépendamment de ce plan.

Il opère donc une présélection et dégage certaines priorités.

Au niveau du choix particulier d'un investissement, il convient d'en apprécier les implications et la rentabilité.

La rentabilité d'un projet est un élément important et nécessaire pour assurer le remboursement des fonds engagés mais aussi pour permettre le maintien et la continuation de l'expansion: la partie réinvestie des profits constitue en effet la base du financement des programmes d'investissement de l'avenir.

Toutefois, il importe de ne pas perdre de vue que la seule véritable rentabilité se situe, pour l'entreprise, au niveau de son programme d'ensemble.

Si plusieurs projets s'excluant mutuellement sont en concurrence, le choix se portera sur le projet le plus avantageux.

Si plusieurs projets compatibles d'investissements sont possibles, l'entreprise devra pouvoir classer les différents projets afin de réaliser les plus avantageux jusqu'à concurrence des capitaux disponibles.

L'entreprise doit s'attacher à définir et à énumérer, d'une manière aussi large que possible, l'ensemble des projets envisageables entre lesquels il faudra trancher.

Les différents départements, les différents responsables de l'entreprise apparaissent souvent comme autant de contraintes à la réalisation d'une énumération valable des projets possibles.

Chaque département peut tendre à restreindre le domaine du choix et essayer d'imposer, par le choix d'un projet, ses objectifs propres.

Tous les projets énumérés ne peuvent cependant pas être étudiés avec le même soin, étant donné le coût élevé des études de projets d'investissement.

Il convient, dès lors, d'effectuer des études très approfondies des projets qui semblent réalisables et intéressants.

Ces études porteront sur la nature technique, la capacité, le calendrier de réalisation, la rentabilité et les conséquences des projets retenus.

Les résultats de ces études constituent un des éléments prépondérants de la prise de décision.

D'autre part, la réalisation d'un investissement s'inscrivant dans la politique générale de l'entreprise, les liens entre les projets possibles et cette politique devront être explicités.

- Il importe de ne jamais négliger l'influence que peut avoir sur la décision un ensemble de facteurs exogènes à l'entreprise tels que l'environnement social et politique, l'infrastructure, le réseau commercial existant et des impondérables de toutes sortes.

L'ensemble des programmes élaborés détermine d'une certaine façon l'avenir, en termes d'objectifs à atteindre, et repose pour une large part sur des éléments prévisionnels, sur des estimations. Dès lors, nous pouvons imaginer l'importance de la perturbation apportée par l'incertitude.

Chapitre IV - L'IMPACT DE L'INCERTITUDE SUR LES
PARAMETRES D'UN INVESTISSEMENT

L'évaluation d'un projet d'investissement est liée au degré de connaissance et de certitude des différents paramètres affectant l'investissement. L'examen de ces paramètres nous éclaire sur leur nature et sur l'impact de l'incertitude.

Section 1 - LA DUREE DE VIE DE L'INVESTISSEMENT

La durée de vie de l'investissement est fonction de sa dépréciation physique et de sa dépréciation économique. S'il est raisonnable, sur base de l'expérience, de prévoir la durée de vie physique d'un investissement et de se prémunir valablement contre ce risque, il n'en est pas de même pour l'obsolescence qui, elle, est plus incertaine.(2)

L'obsolescence se produit partout où l'utilité d'un élément de capital diminue plus vite qu'il ne s'altère au sens physique du terme. Elle est la conséquence du progrès technique et de l'apparition de machines plus efficaces et plus perfectionnées, entraînant des coûts de production moins élevés et une production accrue. Il en résulte que la durée de vie économique d'un équipement devient de plus en plus inférieure à sa durée de vie physique. Ainsi, après avoir été d'un grand secours pour la réalisation des objectifs de l'entreprise, l'investissement peut devenir une contrainte, un prétexte à maintenir des structures périmées.

(2) Dans ce cas, il existe des méthodes de prévision, ainsi la méthode du "minimum adverse" introduite et développée par G. TERBORGH, (3), (4). Cette méthode est une certaine manière "de projeter dans l'avenir la continuation du présent, toute prédiction reposant, en dernière analyse, sur cette prémisse que le passé contient certains éléments de récurrence ou de continuité qui se répéteront plus tard."(5)

(3) G. TERBORGH, "Dynamic Equipment policy, N.Y. Mc Graw-Hill, 1949.

(4) G. TERBORGH, "Mapi replacement manual", Chicago, 1959.

(5) P. MASSE, "Le choix des investissements", Paris, Dunod, 1959, p. 62.

Investir, c'est aussi - dans une certaine mesure - figer. La rapidité de l'obsolescence ne doit donc pas être exclue de nos calculs. Mais elle ne doit pas davantage faire conclure à l'inutilité de l'action et devenir paradoxalement une incitation à "l'immobilisme".(6)

Ceci confirme la nécessité d'étudier les projets d'investissement dans le cadre d'un programme-objectif à long terme.

La durée de vie sur laquelle porte l'étude d'un investissement est généralement limitée par l'horizon économique reconnu comme valable pour le programme à long terme. La primauté de l'horizon économique sur l'horizon technique a une conséquence pratique importante. Très souvent, particulièrement pour les investissements entraînant la création d'activités nouvelles, les études ont pour but de déterminer le profit obtenu d'une activité pendant une période donnée, dont la durée est limitée par l'horizon économique. On étudie donc le résultat financier de l'activité pendant la période en supposant la mise en place de plusieurs projets d'investissement différents, mais répondant tous aux conditions du programme (exploitation, volume, ...).

Le choix du projet se fait par comparaison des résultats obtenus pendant la période d'activité, laquelle peut être différente de la durée de vie technique du matériel. Il est essentiel de dégager clairement les conséquences résultant de l'incertitude au niveau de la durée de vie d'un projet d'investissement, car celle-ci se trouve à la base de la décision.

Section 2 - LE FLUX DES DEPENSES ATTENDUES

- On peut d'abord considérer le coût de l'investissement proprement dit. Il constitue un élément moins délicat à évaluer car ils'agit d'une variable presque "certaine", puisque immédiate. Il convient cependant de prendre certaines précautions.

(6) P. MASSE, op.cit.(5), pp. 47-48.

Il faut y incorporer toutes les dépenses occasionnées par la mise en place du processus de production envisagé: coûts humains, brevets à acheter, modifications mineures de l'équipement, création d'un réseau de distribution et de vente des produits, ...

Le coût du projet doit englober, outre les dépenses immédiates, les remplacements partiels de l'équipement qui interviendront avant la fin de l'exploitation. Un projet consiste, en réalité, en une suite d'investissements échelonnés dans le temps, et la rentabilité doit être établie pour l'ensemble, bien qu'en ce qui concerne l'analyse du financement, on doive dater les dépenses.

Ajoutons qu'en fin d'exploitation, l'investissement a une valeur de revente qu'il convient de prendre en considération lors de l'élaboration du projet.

- Les dépenses d'exploitation sont de deux types: les unes sont fixes, les autres variables. La prévision de ces "dépenses" dépend à la fois du niveau de production envisagé et de l'évolution des coûts des facteurs de production et de leur productivité. Il y a lieu de considérer l'évolution des dépenses "dites fixes", dans le temps. Ces frais de structure entraînés par un investissement comportent souvent une bonne part de salaires et appointements qui fluctuent avec le temps.

Mais les effets de l'incertitude sont plus sensibles au niveau des dépenses "variables", durant la vie de l'investissement. En effet, on ne peut prévoir avec certitude les prix futurs des facteurs de production. Et, d'autre part, la structure des coûts de l'entreprise peut évoluer.

On procède à une estimation sur base des données du passé et on adapte au volume d'affaires escompté: consommations de matières, salaires, appointements, loyers, prestations des tiers et charges diverses.

Ces éléments peuvent avoir une influence défavorable sur la prévision financière et compromettre le remboursement de l'investissement. Or, si l'entreprise veut réaliser ses objectifs actuels

et futurs, elle doit disposer des ressources nécessaires, au moment voulu.

Section 3 - LE FLUX DES RECETTES ESPEREES

- Avec cette notion de recettes espérées, nous sommes dans le domaine de la prévision. Or, une prévision repose sur un ensemble de facteurs: les uns étant déterminés et bien connus, les autres étant entachés d'incertitude à des degrés divers. Nous devons essayer de bien dégager les conséquences de l'incertitude - considérée par le biais des facteurs - au niveau de la valeur et de la confiance à attribuer à la prévision.

Les recettes dépendent, d'une part des possibilités matérielles de production et de distribution envisagées par la capacité du projet et, d'autre part, des prévisions relatives au marché, à ses possibilités d'absorption ainsi qu'aux prix de vente des produits aux différentes périodes.

- Les possibilités matérielles dépendent de la capacité de production choisie, mais la capacité maximum n'est pas généralement une donnée stricte. Il y a une capacité "optimale" - c'est-à-dire celle qui conduit à un coût unitaire minimum - vers laquelle il faut tendre.

- L'évolution du prix de vente est incertaine, elle est liée au marché, à la conjoncture, au produit. L'incertitude pesant sur les prix peut influencer soit directement le flux de revenus, soit indirectement à travers les modifications de la demande engendrées par des variations de prix. La prévision des possibilités d'absorption du marché-demande-et celle des prix sont souvent liées.

Les études de marché ou les études prospectives utilisant les méthodes de prévision à long terme permettent généralement d'établir une liaison entre ces deux variables.

Il faut remarquer que l'investissement lui-même peut modifier fortement les conditions du marché.

La prévision des ventes et des prix n'est pas toujours réalisable avec exactitude. Il est parfois possible d'établir un chiffre d'affaires prévisionnel jugé le plus vraisemblable, avec les limites de variation possibles. Mais le responsable de la décision est souvent contraint de raisonner sur des données plus vagues encore. Les prévisions seront plus précises pour les grandes entreprises que pour les petites. Cela tient aux plus grandes possibilités financières et humaines des premières, mais aussi à leurs moyens d'action sur le marché, permettant de rendre celui-ci plus conforme aux prévisions.

Enfin, ces prévisions ne dépendent pas seulement de la demande mais également des "concurrents". Il y a lieu de se placer dans l'optique de la "part de marché" de la firme.

L'ampleur, la direction et les conséquences d'une réaction supposée de la concurrence sur le marché devront être estimées. Cette estimation ne pourra très souvent être faite qu'à partir d'éléments subjectifs et incertains.

- Nous devons avoir conscience de l'importance des conséquences engendrées par l'incertitude au niveau de l'estimation des recettes d'un investissement. En effet, cette estimation a une valeur capitale pour l'avenir du projet et de l'entreprise entière; les recettes sont nécessaires à la poursuite des objectifs, à la continuité et à l'expansion future de l'entreprise.

Section 4 - LE TAUX D'INTERET OU TAUX D'ACTUALISATION

- Le taux d'actualisation ou taux d'intérêt permet d'atteindre deux objectifs :

- a) la comparaison des valeurs (recettes ou dépenses) qui viennent à échéance à des époques différentes;
- b) l'expression de la rentabilité minimale, souhaitée par l'investisseur.

Le choix du taux fait partie de la décision d'investissement et il constitue, notamment, la décision quant à l'alternative d'investissement ou de non investissement du point de vue de la rentabilité.

Le choix d'un taux d'intérêt trop faible a comme conséquence le risque de voir se réaliser des investissements qui ne se révéleront pas suffisamment rentables. Si, par contre, on adopte un taux d'intérêt trop élevé, on est amené à s'abstenir d'investissements judicieux.

Le risque encouru par l'entreprise, au niveau du choix du taux d'actualisation, est grand. Les conséquences de l'incertitude sur le taux d'actualisation varient selon le contenu de ce taux; mais à travers le taux, c'est l'ensemble du projet, l'évaluation des recettes et des dépenses, qui est atteint et l'avenir de l'entreprise peut en dépendre.

- A travers la théorie et la pratique, on rencontre différentes conceptions du taux d'actualisation qui, à des titres divers, ne sont pas totalement satisfaisantes.

- a) Ainsi, on considère souvent comme taux d'actualisation le taux du marché. Mais cela n'est guère acceptable, comme nous le verrons dans le paragraphe suivant; un investissement implique la mise en oeuvre simultanée de différentes sources de financement à long terme. Il n'existe donc pas un taux unique, donné à l'investisseur. Le taux d'actualisation doit être construit par l'investisseur en fonction de sa situation propre.
- b) Certains retiennent comme taux d'actualisation un taux ou coût d'"opportunité". Ce taux, visant à exprimer le coût, difficilement chiffrable, que représente pour l'investisseur le fait de se priver de ses disponibilités et de perdre par là même la possibilité d'autres occasions d'investissement. Ces occasions peuvent aussi bien être des projets internes de l'entreprise que des investissements extérieurs à celle-ci. De ce fait, ce

taux est un taux relatif et les nombreuses possibilités rendent difficile une bonne évaluation et une prise en considération variable du risque.

- c) On a souvent tendance à considérer un taux d'actualisation plus élevé pour des projets que l'on juge plus risqués. Ce fait observé, même sur le marché financier, ne résout pas le problème de l'incertitude. En fait, dans ce cas, le taux d'actualisation ne pénalise pas les revenus en fonction du risque, mais bien en fonction du temps.

- Essayons d'élaborer une conception du taux d'actualisation plus proche de la réalité.

Un investissement nécessite généralement la mise en oeuvre simultanée de différentes sources de financement à long terme.

L'entreprise peut recourir au crédit. La rentabilité minimum à exiger est le coût pour l'entreprise de ce crédit.(7)

La capacité d'emprunt dépend de la situation de l'entreprise, de sa politique financière et elle est naturellement limitée.

A côté de l'emprunt, l'entreprise peut financer un investissement au moyen de fonds propres (autofinancement, émission d'actions).

Dans l'éventualité d'autofinancement, la rentabilité minimum à exiger est au moins celle de l'avoir social actuel, sinon les actionnaires seraient lésés.

L'émission d'actions nouvelles est une opération rare, elle n'est pas à la portée de toutes les entreprises. Dans ce cas, il est nécessaire d'envisager des taux de profit élevés par rapport aux fonds propres; les actionnaires ne prennent que des risques limités et peuvent trouver facilement d'autres débouchés valables.

Le financement par les fonds propres est également limité. Comme nous l'avons déjà signalé, ces moyens de financement sont utilisés

(7) Il faut noter que l'emprunt est, en général, bon marché à cause de son incidence fiscale sur les charges financières de l'entreprise.

simultanément. De là découle la nécessité d'examiner le coût marginal de la combinaison des moyens de financement mis en oeuvre. (8)

Le coût marginal ou rentabilité minimum à exiger de la dernière - et de la plus coûteuse - unité de ressource revêt une importance particulière. Du point de vue limité de la rentabilité, tout projet, pour être pris en considération, doit promettre une rentabilité au moins égale à ce coût marginal.

A première vue, on pourrait retenir comme coût marginal le coût des capitaux les plus chers: le coût des fonds propres. Cela ne serait pas réaliste car, pour satisfaire les besoins de fonds à long terme, on ne peut pas recourir successivement au fonds bon marché (emprunt) et au fonds coûteux (fonds propres).

En fait, il faut simultanément utiliser et de l'emprunt et des fonds propres, en maintenant une bonne proportion entre ces classes de ressources. Le coût marginal est dès lors, pour chaque tranche de ressources, la moyenne du coût des ressources mises en oeuvre.

Les proportions dans lesquelles chaque type de financement intervient ont une influence sur le coût du capital et donc sur l'importance du programme d'investissement et sur son orientation, par le biais de l'actualisation.

Les combinaisons de sources de financement donnant un coût du capital minimum varient dans le temps et de firme à firme.

Cependant, il est souvent raisonnable de proposer un schéma-type pour certains secteurs industriels ou commerciaux. Ce coût marginal est difficile à établir sans ambiguïté, mais cette rentabilité minimum à exiger des investissements n'en reste pas moins un élément important pour le choix des investissements.

- § -

(8) Pour cette analyse, nous suivons le développement élaboré dans la note de M. GUILLAUME, "Simulateur de Gestion Financière", Doc. 9,2 - pp. 7-8.

A travers l'analyse des principaux paramètres de décision d'un investissement, nous voyons le rôle prépondérant joué par l'incertitude. Elle se pose comme obstacle principal face à la réalisation des objectifs déterminés par l'entreprise.

Nous allons examiner comment se combinent ces différents paramètres au niveau des critères de choix.

Chapitre V - LES CRITERES DE CHOIX DES PROJETS D'INVESTISSEMENT

Le choix des investissements doit être posé en termes économiques. Ceci conduit à chercher des critères de "rentabilité économique". Mais la rentabilité est une notion bien vague; elle ne prend son sens que lorsqu'un objectif est assigné à l'entreprise. Alors, la rentabilité d'un projet estimera la contribution de ce projet à la réalisation de l'objectif préalablement fixé, qui est généralement le profit à long terme. Dans ce cas, les critères doivent être cohérents avec la recherche d'un profit à long terme maximum.

Différentes variables (valeur investie, série des recettes et des dépenses, durée de vie, taux d'actualisation,...) affectent la rentabilité; dès lors, pour être correcte, une méthode de calcul de rentabilité doit prendre en considération le maximum de ces variables. C'est au niveau des différentes variables que l'on se heurte au problème de la prévision, de l'incertain.

Mais la maximisation des profits n'est pas toujours le seul et le plus important des objectifs pour une entreprise, notamment lorsque son existence est en jeu; d'autres préoccupations tenant à ses possibilités financières, à l'importance de ses liquidités, à sa situation sur le marché - préoccupations qui sont également d'ordre économique - entraînent des comportements susceptibles d'entrer en contradiction, parfois, avec la maximisation du profit à long terme. Pour qu'un projet d'investissement soit retenu, outre qu'il doit être réalisable, qu'il doit être conforme aux objectifs de la firme, il doit aussi présenter un risque acceptable par la firme. C'est pourquoi plusieurs critères de choix sont employés par les investisseurs. D'autre part, la théorie propose des critères qui répondent à la recherche du profit maximum. Comme toute théorie, ces critères proposés ne tiennent compte que de l'objectif en fonction duquel ils ont été établis. Le responsable de la décision devra donc aménager les résultats obtenus en

fonction des contraintes spécifiques à son environnement. "Il est permis de faire des investissements peu rentables, si cela paraît utile (...), mais à condition de savoir ce qu'il en coûte."(9)

Nous allons considérer les critères de choix les plus couramment utilisés. Aucun de ces critères de choix n'offre une garantie susceptible de rassurer l'investisseur, mais leur étude permettra de mieux cerner les difficultés.

Section 1 - LA PERIODE DE REMBOURSEMENT

- La période de remboursement est le temps nécessaire pour que l'investissement rembourse par ses revenus ou économies la mise de fonds initiale.

En raison de son extrême simplicité, ce critère est l'un des plus fréquemment utilisé dans la pratique, pour classer les projets d'investissement. Le délai de recouvrement préoccupe l'investisseur désireux de rentrer rapidement dans ses fonds et de connaître l'horizon jusqu'auquel sa prévision doit être bonne, faute de quoi il s'exposerait au risque d'une faible rentabilité, voire de la non-récupération de son capital.

Bien que sa simplicité d'usage soit appréciable, le critère appelle d'importantes réserves quant à sa validité.

- Ce critère n'est pas cohérent avec le profit à long terme, objectif explicite ou implicite de l'entreprise. En effet, il ne tient pas compte de la durée de vie totale de l'investissement. On ne peut pas dire qu'il exprime la rentabilité du projet, puisque seule la période de recouvrement l'intéresse. De ce fait, il tend à écarter les projets importants, à longue durée de vie comme par exemple, les nouveaux produits, les implantations nouvelles... D'autre part, ce critère ne tient pas compte de la répartition

(9) J. LESOURNE, "Technique économique et Gestion industrielle", Paris, Dunod, 2e édition, 1965.

dans le temps, des revenus; or, on n'ignore pas que un franc aujourd'hui n'a pas la même valeur que un franc dans un, deux ou trois ans. Cela constitue un élément appréciable du point de vue de l'investisseur soucieux de rentrer rapidement dans ses fonds. De plus, ce critère ne tient pas compte des possibilités de financement de l'entreprise. Il autorise la comparaison de projets nécessitant des investissements d'un montant différent. Or, le prix du capital pour l'entreprise peut varier selon son montant et, bien souvent, l'accès au marché financier est fortement limité. Le critère ne prenant pas en considération le coût du capital pour l'entreprise, il faudra calculer celui-ci par ailleurs.

- Malgré ces imperfections, il faut admettre que l'emploi de ce critère est très fréquent dans la pratique. L'investissement diminue les liquidités de l'entreprise, il constitue un danger permanent, car le manque de liquidités met en jeu l'indépendance de la firme. De plus, la reconstitution rapide des disponibilités permet d'espérer de nouvelles occasions d'investir, plus favorables, qu'une longue immobilisation risquerait de laisser échapper. Par ailleurs, les prévisions (sur les revenus, l'évolution du progrès technique,...) sont très délicates à établir et le risque augmente en fonction de l'éloignement dans le temps.

- En tant que critère unique, la période de remboursement est certainement à rejeter, car il s'agit d'un critère incomplet et qui présente des objections graves. Mais il peut être utilisé comme critère indicatif, car d'une façon simple et rapide il permet une première sélection des projets; certains seront pris en considération d'office, d'autres qui présentent une longue période de remboursement seront soumis à une étude plus sérieuse parce qu'ils représentent des risques et des enjeux plus importants.

Section 2 - CRITERES BASES SUR LA TECHNIQUE DE L'ACTUALISATION

Afin de tenir compte de la durée de vie totale de l'investissement et du moment où les dépenses et les recettes sont reçues, on a recours à l'actualisation.

L'actualisation a pour but de corriger la valeur des résultats financiers en fonction de leur échéance. Elle a pour objet de traduire, afin qu'ils soient comparables, les résultats financiers constatés à la fin de chaque année en une valeur équivalente au début de la première année. Elle repose sur l'idée que posséder (ou devoir) une valeur à la fin d'une année est équivalent à posséder (ou devoir) à la fin de l'année suivante, la somme de cette valeur et de l'intérêt annuel qu'elle aurait produit.

L'actualisation pénalise les "cash flows" (10), en fonction du coût du capital ou de tout autre taux, et de l'écoulement du temps; sa formule est : $(1 + i)^{-n}$.

Nous adoptons une optique "cash flow", car sont actualisées l'ensemble des recettes et des dépenses qui donnent effectivement lieu à un flux monétaire. Un "cash flow" se définit comme étant un flux monétaire réellement observé ou évité.(11)

(10) L'expression anglo-saxonne "cash flow" peut se traduire par l'expression "flux monétaires". Dans le texte, nous utiliserons "cash flows".

(11) Il convient de bien préciser le contenu de cette expression "cash flows". Nous en considérons la définition comptable (voir notamment: G. DEPALLENS: "Gestion financière de l'Entreprise", Paris, Sirey, 1965; chapitre VII, section 2.)

-Il s'agit de l'excédent des recettes d'exploitation sur les dépenses d'exploitation effectivement décaissées; excédent qui reste à la disposition de l'entreprise.

Donc: "cash flows" = bénéfices prévus - impôts sur sociétés + amortissements (en effet, si on applique une méthode d'amortissement et que l'on raisonne sur un bénéfice net, celui-ci sera trop faible et erroné, étant donné que les amortissements sont couverts par les bénéfices et restent à la disposition de l'entreprise).

-Ou bien encore, le "cash flow", c'est l'équivalent des.....

Pour déterminer la rentabilité d'un projet d'investissement, nous allons :

- 1° dresser un échéancier des recettes et des dépenses;
- 2° calculer le "cash flow", puis l'actualiser en fonction du moment de l'occurrence.

La valeur actuelle des "cash flows" est donnée par la formule :

$$\sum_{n=0}^n \frac{(R_n - D_n)}{(1 + i)^n}$$

dans laquelle: - n représente le temps, la durée de vie
 - i représente le taux d'actualisation
 - R_n et D_n sont les recettes et les dépenses.

La rentabilité peut être exprimée d'une manière absolue, par l'emploi du critère du "bénéfice actualisé" (a), ou d'une manière relative, par l'emploi du critère du "taux de rendement interne" (b).

a) Critère du "bénéfice actualisé" :

- L'actualisation permet de calculer le "bénéfice actualisé" d'un investissement en comparant la dépense d'investissement à la valeur actuelle des "cash flows" par période.

... recettes brutes, déduction faite des sorties de toutes espèces (notamment des dépenses de matières premières, des salaires, des charges financières, des impôts, des renouvellements de matériel et, à plus forte raison, des investissements). Il est alimenté par les profits, par les réalisations éventuelles d'actifs et par le montant non réinvesti des amortissements.

-Lorsque nous envisageons les échéanciers de flux, il y a lieu d'être attentif aux "dépenses évitées" grâce aux amortissements. En effet, pendant les premières années de service, les amortissements fiscaux, qui ne sont pas des dépenses réelles, permettent de réduire le revenu imposable et réduisent donc les impôts effectivement payés. Si l'on pratique un amortissement fiscal rapide, cela se traduit par des "cash flows" plus importants durant les premières années.

$$\text{On a : } BA = \sum_{n=0}^n \frac{(R_n - D_n)}{(1 + i)^n}$$

- Si le "bénéfice actualisé" est positif, l'entreprise a intérêt à réaliser l'investissement considéré. Mais si le "bénéfice actualisé" est négatif, l'investissement est à rejeter, sa rentabilité étant inférieure à son coût.

- Le critère du bénéfice actualisé permet donc de constater si la rentabilité du projet est supérieure au coût des ressources engagées; il donne l'importance de la rentabilité. Mais, le problème de savoir si un projet se classe en ordre utile pour avoir accès aux ressources limitées dont dispose l'entreprise reste entier. En effet, on ne peut classer les projets par ordre de rentabilité décroissante. Les bénéfices actualisés des différents projets ne sont pas comparables, car ils proviennent d'engagements différents de ressources. (à cause notamment des montants globaux, des époques des engagements, ...)

- Le bénéfice actualisé est cohérent avec la maximisation du profit à long terme et peut être retenu comme critère de choix. Mais certains problèmes restent posés :

1^o Le taux d'actualisation qui pénalise les revenus en fonction de leur éloignement dans le temps doit être déterminé, même si cela pose un problème difficile. (12)

Le résultat est fortement lié au choix du taux d'actualisation; plus le taux est élevé, moindre est le bénéfice actualisé.

Il reste à souligner qu'en raison de l'inévitable part d'arbitraire qui affecte la détermination du taux d'actualisation et de l'influence du taux retenu sur la valeur et même le signe du bénéfice actualisé, il est souvent utile de s'assurer de la sensibilité du bénéfice aux modifications du taux.

(12) Pour la discussion relative au taux d'actualisation, nous renvoyons au chapitre IV, section 4.

2° L'évaluation des "cash flows" est entachée d'incertitude et plus on s'éloigne dans le temps, plus le caractère incertain de la prévision augmente.

- Le critère du bénéfice actualisé exprime la rentabilité, compte tenu du coût du capital. Mais ce critère de rentabilité ne tient pas compte de décisions ou de développements futurs conditionnels, ni de moyen direct et explicite d'introduire l'incertitude, celle-ci se situant dans un autre cadre.

Le "bénéfice actualisé" est un bon critère, mais envisagé dans le cadre classique d'un univers considéré comme connu et déterminé.

b) Critère du "taux de rendement interne" :

- La construction du taux de rendement interne d'un investissement dérive de celle du bénéfice actualisé. Pour un projet donné, la valeur du bénéfice actualisé dépend fortement du taux d'actualisation retenu: plus ce dernier est élevé, plus le bénéfice actualisé est faible et, après une certaine valeur du taux, le bénéfice actualisé devient négatif. En effet, les dépenses sont surtout concentrées au début de l'investissement et les recettes, peu importantes au départ, croissent avec le temps. Donc, la pénalisation de l'actualisation pèse plus lourd sur les dépenses que sur les recettes. Si nous modifions le taux d'actualisation et que nous l'augmentons: le bénéfice actualisé, s'il est positif au départ, diminue et devient négatif en passant à un moment donné, pour un taux déterminé, par la valeur zéro.

Le "taux de rendement interne", r , est précisément celui qui rend nul le bénéfice actualisé.

La solution de l'équation :
$$BA = \sum_{n=0}^n \frac{(R_n - D_n)}{(1 + r)^n} = 0,$$
 fournit la valeur de r .

En raison de la complexité de cette équation, ce taux est le plus souvent calculé par approximation, en procédant par approches successives. Le taux est ici une variable et non plus une donnée,

comme c'était le cas dans le calcul du bénéfice actualisé.

- Un investissement est considéré comme satisfaisant si le taux de rendement interne est supérieur au taux d'actualisation (en effet, ce dernier traduit le rendement minimal que l'investisseur désire obtenir par la réalisation d'un projet d'investissement et peut être considéré comme taux de rejet).

De plus, le critère du **taux de rendement interne** tient compte de la dépense initiale, il exprime l'intensité des "cash flows" et permet un rangement des projets par valeurs décroissantes du taux de rendement interne qui leur correspond, en vue de l'accès aux ressources limitées.

- Contrairement au "bénéfice actualisé", ce critère est indépendant du taux d'actualisation. On envisage le taux d'actualisation seulement pour comparer le taux de rendement interne au coût du capital.

- Le critère du "taux de rendement interne" s'adapte mal à l'élaboration de stratégies ou à l'analyse de l'impact sur le problème actuel des décisions futures éventuelles et de l'incertitude.

Ces différents critères de choix des investissements ne doivent pas faire perdre de vue que, dans la réalité, à côté d'une "valeur actuelle", on attache une grande importance à la considération d'une "valeur absolue" de l'échéancier. Il est essentiel pour le financier de savoir quelles seront les sommes réelles à recevoir ou à payer, à un moment précis du temps.

C O N C L U S I O N S

Aucun des critères de choix examinés n'offre une garantie susceptible de bannir l'ensemble des craintes de l'investisseur. Leur étude cependant permet de mieux cerner les difficultés qui suscitent ces craintes.

Ces critères sont envisagés dans le cadre d'un univers déterministe considéré comme connu et certain. Les différents paramètres sont définis par une valeur unique et certaine.

Dès lors, les critères eux-mêmes ne sont pas en cause, mais bien le cadre d'hypothèses qui ne tient pas compte de la réalité. La prévision parfaite de l'avenir est impossible. L'ignorance et l'incertitude sont présentes au niveau des paramètres; nul ne peut dominer sans faille le développement du progrès technique, les possibilités d'absorption du marché, l'évolution des coûts (matières, main-d'oeuvre, capitaux,...).

Les critères basés sur l'actualisation sont valables, on en tiendra compte dans la suite, notamment le "bénéfice actualisé"; mais dans un cadre d'hypothèses plus réaliste, ayant pour but de mettre en lumière les conséquences de l'incertitude au niveau des paramètres et finalement sur la décision.

DEUXIEME PARTIE

L'INCERTITUDE DANS L'INVESTISSEMENT

L'incertitude sur l'issue des choix effectués est la caractéristique dominante des problèmes de décision d'investissement.

- La réponse proposée par la théorie de la décision (chapitre I) trouve sa justification sur le plan logique. Mais les démarches avancées trouvent difficilement une application dans le monde réel.

- L'analyse du risque (chapitre II) permet de mieux dégager l'impact de l'incertitude inhérente à tout investissement et présente une distribution des résultats possibles. La décision est prise en meilleure connaissance de conséquences, elle repose sur l'ensemble des estimations réalisables. Elle peut être rattachée à l'Arbre de Décision.

- L'originalité de la méthode de l'Arbre de Décision (chapitre III) est son caractère séquentiel et adaptif.

Elle envisage explicitement l'interaction réciproque du présent et du futur. L'Arbre de Décision permet de considérer la prise de décision en tenant compte des conséquences sur les choix futurs, à la fois du choix présent, des incertitudes futures et des risques qu'elles représentent.

- Le Risque global (chapitre IV) remplace le projet d'investissement isolé dans l'ensemble du programme de l'entreprise.

Chapitre I - LA REPOSE DE LA THEORIE DE LA DECISION

Section 1 - L'univers certain.

Section 2 - L'univers aléatoire.

Section 3 - L'univers incertain.

Section 4 - Le recours aux probabilités subjectives.

Section 5 - La notion d'utilité.

Section 6 - Conclusions.

En dernière analyse, toute décision se réduit à un choix entre des actes possibles; mais comme ces actes engagent souvent l'avenir, ils n'échappent pas aux aléas de l'incertitude. Un acte ne peut être apprécié que par référence à ses conséquences attendues. Le degré et la nature de l'incertitude peuvent toutefois varier considérablement d'une situation à l'autre.

La théorie de la décision considère différents contextes. Il importe d'envisager les différentes situations qui en découlent, en décrivant le type d'incertitude qui les caractérise, les problèmes que celui-ci soulève et le critère de décision à utiliser dans chaque cas.(*)

Section 1 - L'UNIVERS CERTAIN

Dans cette situation déterministe, l'état du système et l'ensemble des décisions possibles sont connus à chaque moment. Une décision transforme le système en un état défini et unique. Le responsable de la décision connaît ces différents éléments et il dispose d'un critère de décision prédéterminé (définition des préférences entre conséquences des différentes décisions possibles). Pour un investissement, ce critère peut être de retenir la décision conduisant, par exemple, au profit le plus élevé, au moindre coût.

(*) Ce chapitre s'appuie principalement sur :

- (1) G. MORLAT, "L'incertitude et les probabilités", Economie Appliquée, T XIII, n° 1, 1960.
- (2) J. DREZE, "Les probabilités subjectives", Economie Appliquée, T XIII, n° 1, 1960.
- (3) R. BELLMAN, "Adaptive Control Processes: A guided Tour", Princeton, Princeton University Press, 1961.
- (4) J.J. LAMBIN, "La Décision commerciale face à l'Incertain", Librairie Universitaire, Louvain; Paris, Dunod, 1965.
- (5) J. MOTHEs, "Prévision et décision statistique dans l'entreprise", Paris, Dunod, 1963.

Remarquons qu'il est rare, dans la réalité, de se trouver en univers certain. Cependant, on constate fréquemment que l'investisseur se comporte et agit comme s'il se trouvait en univers déterministe, à partir d'éléments considérés comme connus et certains.

Section 2 - L'UNIVERS ALEATOIRE

Les conséquences d'un événement ne sont plus connues avec certitude, mais selon une certaine loi de probabilités. Ainsi, par exemple, si l'on considère la demande pour un produit: en univers certain, elle peut se représenter d'une façon linéaire; en univers aléatoire, on a un "intervalle" de demande où à chaque prix correspondent plusieurs quantités possibles, sans que l'on puisse déterminer avec certitude celle qui en fait se réalisera.

Le responsable de la décision peut utiliser sa connaissance du passé pour attribuer des probabilités "objectives" aux diverses éventualités ou issues possibles d'un même événement.

Une probabilité est dite "objective" lorsqu'elle peut être définie comme la limite d'une fréquence de survenance des éventualités d'un événement, et à condition que l'expérience soit répétée un grand nombre de fois (pour permettre l'application de la loi des grands nombres).

Nous pouvons admettre que ce qui s'était avéré exact pour le passé le sera pour l'avenir, en l'absence d'informations relatives à des modifications.

Lorsque l'on est en mesure d'attribuer des probabilités objectives aux différentes éventualités d'un événement, il est possible de calculer le résultat moyen attendu d'un grand nombre d'expériences. La décision sera donc fonction de l'espérance mathématique la plus favorable.

On peut associer à la distribution des résultats non seulement son espérance, mais aussi sa variance (celle-ci mesure la dispersion autour de la valeur moyenne).

Il est important pour une entreprise de considérer cette disper-

sion autour du résultat moyen, car l'entreprise ne peut accepter la possibilité de la ruine même avec une probabilité très faible. Malgré cela, on ne peut supprimer les risques inhérents à une décision en termes de résultats moyens et le critère de l'espérance mathématique s'avère peu efficace pour résoudre les problèmes posés par la décision d'investissement.

Section 3 - L'UNIVERS INCERTAIN

- Lorsque les conditions caractéristiques de l'univers aléatoire ne sont pas réalisées - lorsque nous ne sommes plus en présence d'événements potentiellement répétitifs, mais devant un événement unique et lorsque nous sommes dans l'impossibilité d'établir objectivement des estimations des événements - on se trouve en univers incertain.

Malgré le poids de cette incertitude, il importe de prendre les décisions le plus rationnellement possible.

Des critères de choix strictement objectifs ont été proposés par la théorie. Ces critères font abstraction du degré de vraisemblance attribué aux événements (c'est-à-dire des probabilités) et ils ne s'attachent qu'aux résultats des décisions possibles.

Nous analysons ces critères, afin de savoir si l'un d'eux apporte une solution générale valable au problème du choix d'un investissement dans l'incertitude.

- On considère l'existence d'un monde, des états du monde (au sujet desquels on ne possède pas de "probabilités"), des décisions et des résultats qui sont fonction à la fois de la décision prise et de l'état du monde qui se réalise.

On présente le problème sous forme d'un tableau des résultats, R , formé par les r_{ij} (revenus ou coûts) correspondant à l'état du monde, E_j , et à la décision, D_i .

Tableau des Résultats

		<u>Etats du Monde (E_j)</u>				
<u>Décisions</u> (D_i)	[	r_{11}	r_{12}	.....	r_{1n}	$E_j; j=1, \dots, n.$ $D_i; i=1, \dots, m.$
		r_{i1}	r_{i2}	.....	r_{in}	
	]	r_{m1}	r_{m2}	.....	r_{mn}	

- Parallèlement, dans le but d'illustrer ces critères, nous allons considérer un exemple numérique.

Soit une entreprise qui doit prendre une décision d'expansion. La taille de la nouvelle unité de production est liée à la réalisation hypothétique d'états du monde.

Quatre choix sont possibles et sont liés à la réalisation des états du monde, que nous pouvons imaginer être, par exemple :

- 1) l'entrée de la Grande-Bretagne au sein de la CEE;
- 2) l'entrée de la Grande-Bretagne et d'autres pays au sein de la CEE;
- 3) le maintien de la situation actuelle de la CEE;
- 4) la disparition de la CEE.

On peut chiffrer les résultats possibles dans un tableau.

Tableau des Résultats

	E_1	E_2	E_3	E_4
D_1	2	2	0	0
D_2	1	1	1	1
D_3	0	4	0	0
D_4	1	3	0	0

- Le critère de LAPLACE

Ce critère considère les états du monde, en l'absence d'informations sérieuses, comme équiprobables. Le choix portera donc sur la décision conduisant à la plus forte valeur moyenne des revenus possibles :

$$\max \left[\frac{r_{i1} + r_{i2} + \dots + r_{in}}{n} \right]$$

Dans le cas de l'entreprise, de l'exemple, la décision 1 conduisant au revenu moyen le plus élevé, sera préférée.

	<u>Tableau des Résultats</u>				<u>Revenu moyen</u>
	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	
D ₁	2	2	0	0	1,25 (décision 1)
D ₂	1	1	1	1	1,0
D ₃	0	4	0	0	1,0
D ₄	1	3	0	0	1,0

- Le critère de WALD (Maximin)

Ce critère est le plus prudent; en effet, il consiste à adopter la décision dont le revenu le plus défavorable est maximum.

On détermine le revenu minimum pour chaque état: $\min_j r_{ij}$

et on adopte la décision qui donne le revenu minimum le plus élevé: $\max_i \min_j r_{ij}$.

Dans l'exemple, ce critère conduit à l'adoption de la décision 2, dont le revenu le plus défavorable est 1, de préférence aux autres décisions dont les revenus correspondants ne sont que 0.

	<u>Tableau des Résultats</u>				<u>Revenu minimum</u>
	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	
D ₁	2	2	0	0	0
D ₂	1	1	1	1	1 (décision 2)
D ₃	0	4	0	0	0
D ₄	1	3	0	0	0

Ce critère est peu optimiste puisqu'il conduit à attribuer à la nature un comportement hostile, cela n'est pas fondé, la situation de la CEE étant indépendante de la décision.

- Le critère de HURWICZ

Ce critère fait intervenir un coefficient, α , ($0 \leq \alpha \leq 1$), qui définit l'optimisme du responsable de la décision

Si r_i est le revenu minimum d'une décision et R_i le revenu maximum de cette même décision, on choisira la décision donnant :

$$\max [\alpha R_i + (1 - \alpha)r_i].$$

Ainsi, dans l'exemple, si on suppose $\alpha = 0,5$, on retient la décision 3.

<u>Tableau des Résultats</u>				Revenu minimum (r_i)	Revenu max. (R_i)	$\alpha R_i + (1 - \alpha)r_i$	
	E_1	E_2	E_3	E_4			
D_1	2	2	0	0	0	2	1
D_2	1	1	1	1	1	1	1
D_3	0	4	0	0	0	4	2 (décision 3)
D_4	1	3	0	0	0	3	1,5

- Le critère de SAVAGE (Minimax)

Ce critère se fonde sur un raisonnement en termes de "regrets". Il s'agit de comparer les différences, pour chaque intersection état du monde-décision, entre le revenu obtenu et celui qui aurait été atteint si l'on avait prévu le cas le plus favorable pour chacun des états du monde: $R_{ij} = r_{ij} - \max_k r_{kj}$

On peut alors obtenir les "regrets" maximum pour les divers états: $\max_j R_{ij}$. Et le critère conduit à retenir la décision qui minimise les "regrets" maximum: $\min_i \max_j R_{ij}$

Dans notre exemple, la décision 4, qui minimise le "regret", est retenue.

	<u>Tableau des "regrets"</u>				<u>"Regret" maximum</u>
	E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	
D ₁	0	-2	-1	-1	-2
D ₂	-1	-3	0	0	-3
D ₃	-2	0	-1	-1	-2
D ₄	-1	-1	-1	-1	-1 (décision 4)

Ce critère a pour base le comportement psychologique des investisseurs. Comme le note P. MASSE: "Au moment du choix, l'individu se transporte au moment des conséquences et cherche à réduire l'étendue des regrets qu'il éprouvera."(6)

- Dans l'exemple envisagé, les différents critères nous guident vers des décisions différentes, cela peut ne pas être toujours le cas; dès lors, la décision finale est nécessairement conditionnée par le critère adopté.

Pour appliquer les critères comme base rationnelle et objective de décision, en univers incertain, il faut passer par des règles de comportement.

Ceci introduit la subjectivité au niveau du choix du critère.

"On s'aperçoit que ce choix a sur le résultat de la décision un effet déterminant et qu'il aura inévitablement lieu en fonction du contenu subjectif que le responsable de la décision lui attribue et de la concordance qu'il y trouve avec sa personnalité, sa psychologie, sa fonction d'utilité,..."(7)

(6) P. MASSE, "Le Choix des Investissements", Paris, Dunod, 1959, p. 232.

(7) J.J. LAMBIN, op. cit.(4), p. 178.

Aucun des critères ne répond à l'ensemble des règles de cohérence et de rationalité proposées par des logiciens.(8)

On est conduit à aborder la notion de "probabilité subjective" ou "a priori", permettant d'attribuer une pondération aux différents états du monde.

Section 4 - LE RECOURS AUX PROBABILITES SUBJECTIVES

Le responsable de la décision a toujours une "idée", ne reposant pas nécessairement sur des données précises, sur les chances respectives d'événements à venir. Cette "idée" peut se traduire sous forme de probabilités. Dans ce cas, il s'agit de probabilités subjectives, qui sont totalement différentes des probabilités objectives définies comme limite de fréquence lorsqu'une expérience est répétée un très grand nombre de fois. Au contraire, les probabilités subjectives concernent un événement isolé; elles s'appuient sur des éléments psychologiques tels que l'information, l'expérience, l'intuition du responsable de la décision. Ces probabilités expriment le degré de vraisemblance attribué à un événement par celui qui l'exprime.

Il ne faut pas perdre de vue que la probabilité subjective traduit de façon numérique le jugement d'un individu ou d'un groupe et que, de ce fait, elle peut varier fortement.

Des travaux de L.J. SAVAGE (9), il découle que l'existence de la

(8)-J.L. MILNOR a proposé dix axiomes simples et logiques, auxquels un critère rationnel et cohérent doit répondre.

"Games against Nature" dans R.M. THRALL; C.H. COOMBS and R.L. DAVIS: "Decision Processes", New-York, J. Wiley & Sons, 1958.

-On trouve un commentaire sur J.L. MILNOR dans: G. MORLAT, "Un article de M. J.L. MILNOR: "Les jeux contre nature", Economie Appliquée, T XIII, n° 1, 1960.

(9) L.J. SAVAGE, "The foundations of Statistics", New-York, J. Wiley & Sons, 1954.

Pour cette approche de Savage, nous nous référons à l'analyse effectuée par J.J. Lambin, op. cit. (4), pp. 187-188.

probabilité subjective est même une "nécessité logique".

Savage pose "a priori" l'existence d'une préférence portant sur les actes disponibles et propose d'assigner à cette préférence de satisfaire à une série de postulats. Sur cette base, il montre que si l'on parvient à chiffrer sous forme de probabilité cette "idée" imprécise que l'on a de l'avenir, on se crée un guide efficace pour l'action.

"Si le centre de décision ose mettre des chiffres sur ces éléments subjectifs, il pourra vérifier si la connaissance floue qu'il possède sur les états et l'évaluation des conséquences faites à partir de cette connaissance, sont compatibles avec le choix qu'il se proposait de faire. S'il y avait contradiction, il vérifiera le bien-fondé des hypothèses qu'il formulait et leurs compatibilités avec l'objectif poursuivi." (10)

Il convient cependant de n'accorder qu'une confiance limitée à l'emploi de ces probabilités subjectives. Le processus de décision ne peut se limiter à cet emploi qui est une bonne base de départ, utilisant au mieux le peu de données que l'on possède quant à l'avenir.

- En dernier lieu, nous signalons ici la possibilité de recours à "l'analyse bayésienne".(11)

Le responsable de la décision a le souci de rechercher des informations supplémentaires et de vérifier la valeur pratique du système de probabilités subjectives déterminé, en le comparant aux faits. L'analyse bayésienne repose sur ce double souci.

Mais avant d'engager l'étude et de consacrer du temps et des ressources à l'amélioration de l'information, il est nécessaire de s'assurer de la possibilité d'obtenir cette information meilleure et des avantages potentiels à en espérer.

(10) G. MORLAT, "L'incertitude et les probabilités"; op. cit.(1) pp. 51-52.

(11) En ce qui concerne "L'analyse bayésienne", voir notamment; W. ALDERSON and P.E. GREEN, "Planning and Solving in Marketing, Homewood, Ill-R.D.Irwin Inc., 1964

Section 5 - LA NOTION D'UTILITE

La théorie moderne de l'utilité (J. von Neumann et O. Morgenstern)(12) présente un moyen d'expression général. Elle donne la représentation de l'attitude de l'individu ou d'un groupe, face au risque.

La fonction d'utilité pour un individu est estimée à partir d'une échelle d'attitude traduisant les options d'un individu devant des situations élémentaires.

Cette fonction d'utilité, une fois établie, peut être transposée à toute autre échelle et, de cette façon, elle trouve une application en matière de décision d'investissement.

A partir de cette fonction, on détermine l'espérance mathématique de l'utilité attachée à chaque décision. On propose comme décision optimale celle qui maxime cette espérance.

Cette méthode, valable et justifiable au niveau théorique, est difficile à mettre en oeuvre au niveau pratique.

On se heurte d'abord au problème de la détermination de l'échelle d'utilités, très difficile à dégager et à rendre significative.

Le fait de considérer la courbe d'utilité comme stable est arbitraire et critiquable.

En effet, la situation financière de l'entreprise à un moment donné et l'importance des résultats de la décision sont des éléments qui agissent sur la forme de la fonction d'utilité.

(12) J. von NEUMANN et O. MORGENSTERN,
"Theory of Games and Economic Behavior",
Princeton, Princeton University Press, 2e éd., 1947.

Section 6 - CONCLUSIONS

- Les critères proposés par la théorie de la décision présentent un intérêt théorique et intellectuel certain, ils illustrent le déroulement d'une réflexion logique et valable; mais leur valeur opérationnelle peut être mise en doute. Ils ne peuvent constituer la base d'un choix objectif et rationnel. Cela ne correspond guère à la réalité. La réalité présente-t-elle jamais les conditions qui définissent les différents univers ? La réalité présente-t-elle jamais une situation d'ignorance absolue sur le cours futur des événements ?

D'autre part, ces critères de "logique" ne sont pas satisfaisants sur ce plan strictement logique.(13)

Ces critères se voulaient avant tout "objectif"; or, l'étude de ces critères fait apparaître la nécessité de considérer et de travailler avec des probabilités "a priori" (subjectives).

"Si j'avais à résoudre pour mon compte un problème particulièrement nébuleux d'économie de l'incertain, j'aurais toujours soin, au moment du choix, de mettre en balance avec la solution minimax celle résultant d'une estimation, fût-elle "héroïque", de probabilités".(14)

(13) J.L. MILNOR, "Games against Nature", op. cit.(8) et G. MORLAT, "Un article de M. J.L. MILNOR: "Les jeux contre nature", op. cit. (8).

(14) P. MASSE, op. cit. (6), p. 239.

Chapitre II - L'ANALYSE DU RISQUE

Section 1 - Introduction

Section 2 - Un exemple simple

Section 3 - Démarche de l'analyse

Section 4 - Mise en oeuvre de l'analyse

1. Introduction
2. Au niveau de l'estimation des distributions de probabilités des variables.
 - a) sur base de données "historiques"
 - b) sur base de données "subjectives"
 - c) les estimations et la pratique
3. Au niveau de la combinaison des distributions de probabilités des variables
 - a) l'approche analytique
 - b) la simulation

Section 5 - Conclusions

Section 1 - INTRODUCTION

Face au monde réel, les praticiens se comportent bien souvent comme s'ils se trouvaient dans un univers déterministe. De ce fait, l'incertitude n'est pas convenablement considérée, des projets ou programmes d'investissement sont caractérisés par la valeur unique d'un critère comme le bénéfice actualisé, mais à la comparaison, on ajoute un jugement qualitatif vague. Un critère de choix dépend de nombreux éléments; ainsi, les prévisions des ventes, des prix de vente, des coûts d'exploitation, des dépenses d'investissement, de la durée de vie,.... et de leur évolution. Chacun de ces facteurs est estimé au mieux de nos possibilités et, en fait, cela correspond souvent à l'estimation la plus probable, qui n'a d'ailleurs que peu de chance de se voir réalisée.

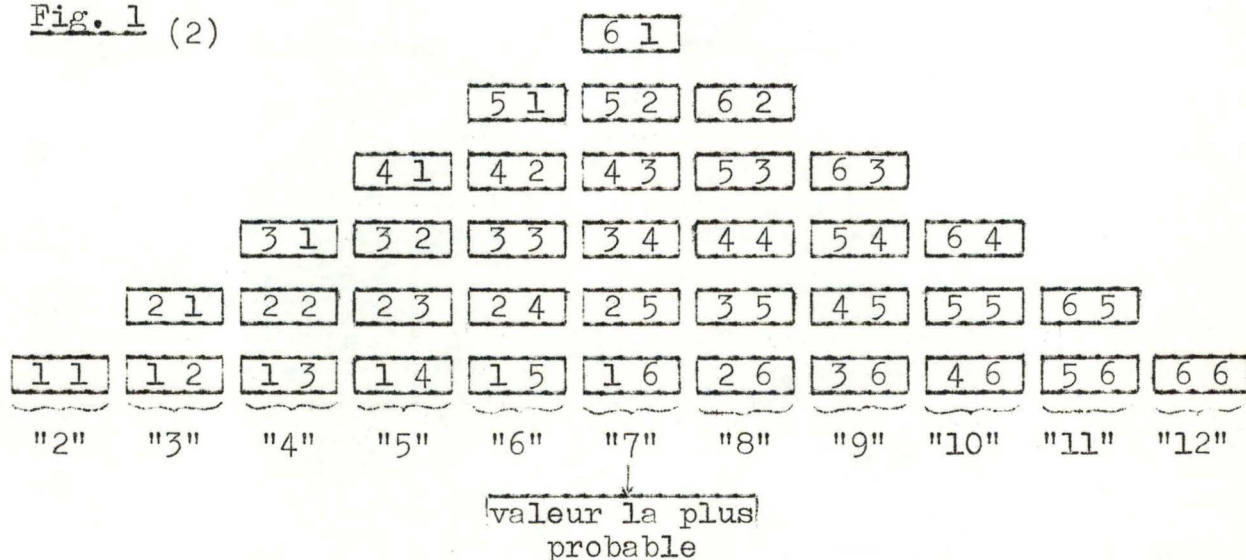
Ainsi, si cinq éléments influencent le bénéfice actualisé, on retient pour chacun d'eux la valeur la plus probable; on a: $(0,5)^5 = 0,03125$ chances de réalisation, ce qui est peu, comparé à la chance de 0,5 de chaque élément considéré séparément. Le critère de choix basé sur des valeurs estimées uniques des paramètres n'est pas très significatif, il n'envisage pas les conséquences qui peuvent découler de l'incertitude. On est tenté de dire qu'il traduit une attitude de facilité face à l'incertitude, mais bien souvent il semble plutôt refléter la difficulté de procéder d'une autre façon. Ce n'est pas la précision de l'estimation qui est en cause, mais sa nature aléatoire, incertaine et incontrôlable.

A côté de cette valeur la plus probable, il y en a d'autres possibles qui ne doivent pas nous laisser indifférents!

Section 2 - UN EXEMPLE SIMPLE

- D.B. Hertz, (1), situe bien le problème. Il prend l'exemple d'un jet de deux dés et examine ce qu'il peut en découler. Il y a 36 combinaisons possibles, la valeur "7" ayant la plus grande fréquence - six - est la valeur la plus probable (probabilité = $1/6$). Cette valeur la plus probable "7" peut être obtenue grâce à différentes combinaisons. Il serait abusif d'affirmer que le résultat du jet de deux dés sera un sept. C'est possible mais relativement peu probable, même si ce résultat est le plus probable.

Fig. 1 (2)



- Certains investissements, par exemple le lancement d'un nouveau produit, ressemblent à ce jet de dés.

Mais, dans le cas d'un investissement, chaque paramètre - le marché, l'expansion du marché, la part de marché, le prix de vente, les dépenses d'investissement, les dépenses d'exploitation fixes ou variables, la durée de vie, ... - est un dé possible. Et chacun d'eux peut généralement prendre bien plus de six valeurs différentes.

(1) D.B. HERTZ, "Risk Analysis in Capital Investment", Harvard Business Review, Jan.-febr.1964, pp. 95-106.

(2) Ce graphique est repris de D.B. Hertz, op. cit.(1), p. 97.

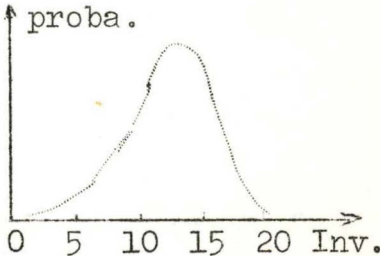
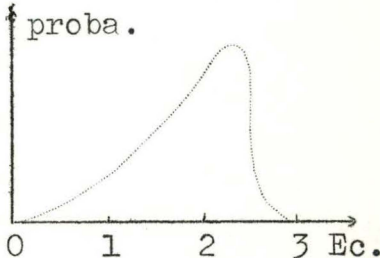
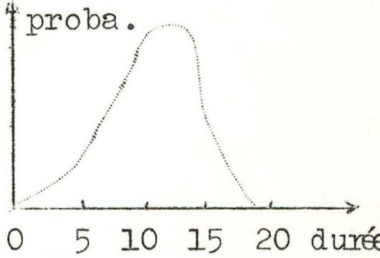
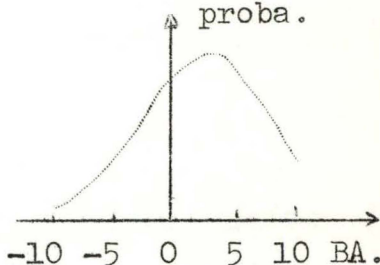
En matière d'investissement, il y a lieu d'exprimer les risques, car s'il faut jouer une partie de dés, il faut le faire en connaissance de conséquences. D'autant plus que les enjeux sont importants et fort variés, que le jeu a ici un caractère unique et irréversible et que ses conséquences peuvent être très graves pour l'entreprise.

Avec l'analyse du risque, nous allons considérer explicitement la distribution de probabilités de chacun des "dés" affectant la décision d'investissement et, pour chaque combinaison des valeurs possibles pour chacun des "dés", nous calculons la valeur du critère (bénéfice actualisé), nous ordonnons ces valeurs et obtenons finalement une distribution de fréquences ou de probabilités pour chacune des valeurs du critère.

La décision ne repose plus sur la base d'une simple estimation, mais sur l'ensemble des estimations réalisables.

Avant de procéder à une analyse détaillée, on peut considérer un exemple général d'application de l'analyse du risque.(3) D'un côté, on analyse le projet d'investissement en assignant à chaque facteur sa "valeur la plus probable". D'un autre côté, on exprime une estimation de la distribution de probabilités associée à chaque facteur et une simulation pour déterminer la distribution de probabilités des résultats possibles.

(3) R.F. HESPOS and P.A. STRASSMANN,
"Stochastic Decision Trees for the Analysis of Investment
Decisions",
Management Science, vol. II, n° 10, Aug. 1965, pp. B. 244 et
B. 259.

Facteurs	Analyse de la "valeur la plus probable"	Analyse du Risque
o taille de l'investissement	10.000.000	
o économies annuelles	2.000.000	
o durée de vie de l'investissement	10 ans	
o valeur du bénéfice actualisé	1.130.000	

On peut constater que la méthode conventionnelle présente une valeur du profit actualisé de 1.130.000 contre 252.000 pour l'analyse du risque.

La méthode conventionnelle, en effet, ne tient pas compte des distributions biaisées des différents facteurs, des interactions en-

tre ces facteurs, de l'influence de l'aspect subjectif de la "valeur la plus probable".

De plus, cette méthode n'indique nullement que l'investissement peut, dans 48 % des cas, engendrer des pertes.

Cette seule information peut être décisive pour la prise de décision et peut être à la base du rejet de l'investissement si le responsable de la décision est conservateur ou s'il y a d'autres projets offrant peut-être une rentabilité moindre, mais présentant un risque moins élevé.

Section 3 - DEMARCHES DE L'ANALYSE

- Le risque relatif à un projet d'investissement peut être défini comme les possibilités de variation de la valeur numérique d'un critère adopté; que celui-ci soit la période de remboursement, le bénéfice actualisé ou le taux de rendement interne du projet. Ce qui signifie que l'analyse du risque revient à celle des chances d'obtenir une certaine valeur du critère retenu.

Dans la suite de ce chapitre, nous retiendrons le critère du bénéfice actualisé. Ce choix est arbitraire et ne se justifie que par un souci de clarté et de continuité car, en fait, n'importe quel autre critère pourrait être retenu.

Voici schématiquement le déroulement de cette analyse. Cette démarche sera développée plus amplement dans la suite de ce chapitre (section 4).

a) D'abord, il y a lieu d'établir la liste des variables-clés qui influencent le revenu durant la période considérée.(4) Ainsi, par exemple, on retient: la taille du marché, la part du marché, les prix de vente, les divers coûts de production et de distribution, le montant de l'investissement, la durée de vie utile,... ainsi que des données plus spécifiques au problème,

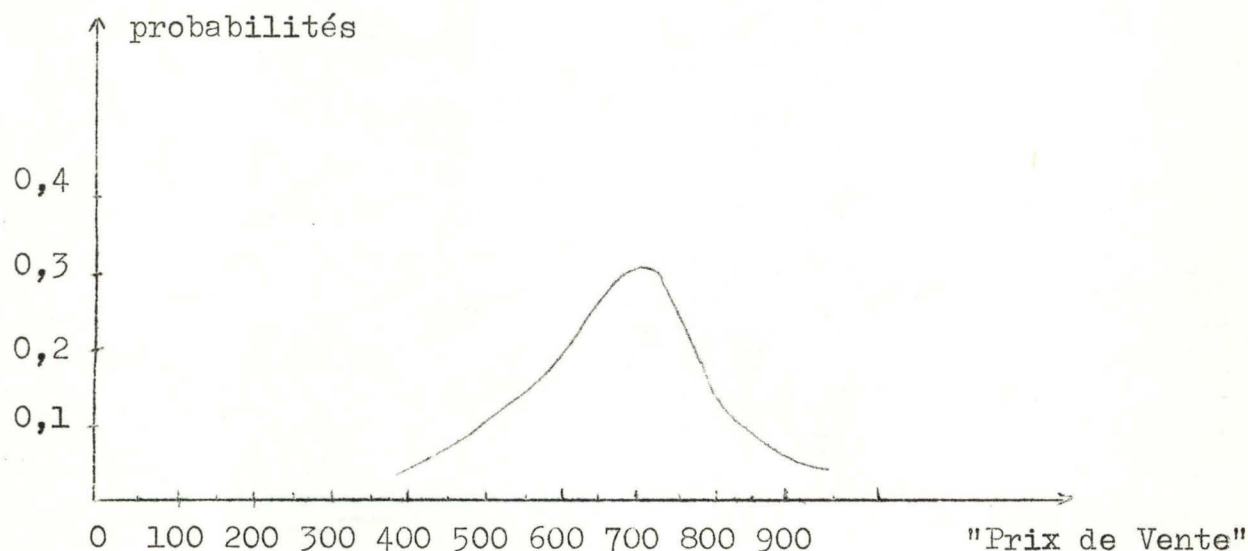
(4) D.B. HERTZ, op. cit. (1).

comme l'ouverture ou la fermeture d'un marché, l'obtention d'un contrat à long terme, la participation d'un pays à une union économique (comme l'entrée de la Grande-Bretagne dans le Marché Commun).

b) A partir soit des données du passé, soit de prévisions précises, soit encore d'estimations subjectives, nous établissons pour chaque variable une loi de probabilités ou distribution de probabilités.

Considérons, par exemple, la distribution de la variable "prix de vente" (fig. 2), elle signifie qu'il y a vingt chances pour cent que le prix de vente soit proche de 600 et cinq seulement pour qu'il soit proche de 900.

Fig. 2



Ceci constitue la généralisation de l'analyse de la "valeur la plus probable". Ici, le prix de vente peut prendre une valeur quelconque entre 500 et 900, donc dans un intervalle de valeurs possibles avec des probabilités correspondantes. En effet, il est de loin préférable d'estimer l'ensemble des variations possibles d'un facteur, plutôt que de ne considérer qu'une simple valeur moyenne ou qu'une valeur la plus probable; cela inclut plus d'informations sur ce qui est connu et sur ce qui ne l'est pas.

Lorsque l'on veut distinguer une possibilité d'investissement d'une autre, on le fait à partir d'une comparaison d'éléments connus ou estimés des projets considérés, mais les données relatives à ces éléments sont souvent incomplètes et, de plus, certains éléments restent inconnus. Dès lors, pour une prise de décision rationnelle, il est important de prendre en considération la part d'inconnu qui affecte les projets examinés. Cela constitue même une information importante; il n'est pas question de rejeter un facteur parce qu'il est trop vaguement connu, trop incertain. A cause de cette incertitude, l'éventail des résultats possible est grand, et cela ne nous laisse pas indifférent. Bien entendu, la distribution de probabilités doit être calculée pour toutes les variables. Pour certaines variables, la distribution de probabilités peut être très simple (ainsi, par exemple, la possibilité pour l'entreprise d'obtenir un contrat à long terme: oui ou non); d'autres variables peuvent être certaines, c'est-à-dire prendre une seule valeur.

c) Dans l'étape suivante, on considérera les résultats des combinaisons des différentes valeurs des variables au niveau du critère retenu, le bénéfice actualisé. Cette démarche peut se faire par l'analyse et l'exploration de toutes les combinaisons de distributions concrètes. Mais, dans la plupart des cas, elle n'est guère réalisable, étant donné le grand nombre de combinaisons possibles. C'est ici qu'intervient la simulation et le travail sur ordinateur. On procède à des expériences; selon un programme, l'ordinateur effectue des tirages et calcule la valeur du bénéfice actualisé; on recommence un grand nombre de fois l'opération. Il est alors possible d'obtenir l'éventail des bénéfices actualisés, chacun avec sa fréquence relative, c'est-à-dire sa distribution de probabilités.

Nous empruntons à D.B. Hertz (5) les résultats d'une telle analyse:

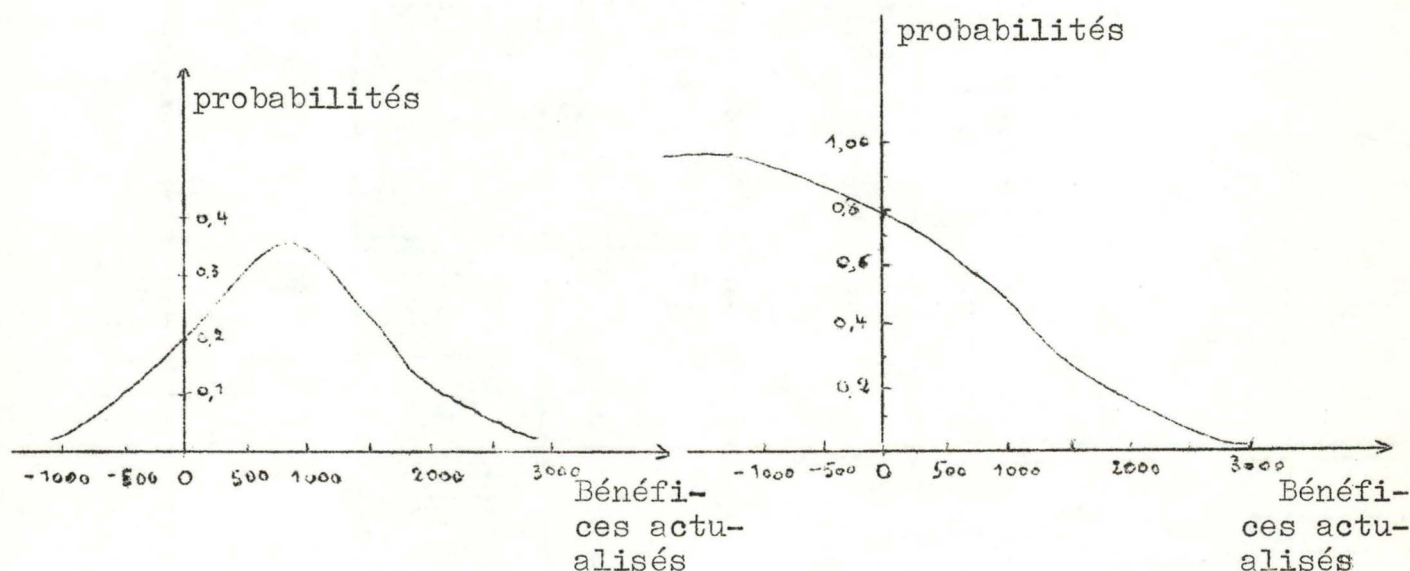
(5) D.B. HERTZ, "Investment policies that pay off", Harvard Business Review, vol 46, n° 1, jan.-feb.1968, p. 99.

Tableau 1

Bénéfices actualisés	Probabilités (fig. 3)	Probabilités cumulées (fig.4)
2.000 à 3.000	0,05	0,05
1.000 à 2.000	0,20	0,25
500 à 1.000	0,35	0,60
0 à 500	0,20	0,80
-500 à 0	0,15	0,95
-1.000 à - 500	0,05	1,00

Fig. 3

Fig. 4



On constate que le projet présente une probabilité de 0,80 d'avoir un bénéfice actualisé supérieur à zéro. Le système reposant sur les distributions de probabilités des variables permet une meilleure description du risque.

Si le recours aux probabilités subjectives est nécessaire pour certaines distributions, d'autres prévisions sont établies sur la base de données prévisionnelles précises et de probabilités objectives. Ce procédé permet la définition du risque pour tous les critères intéressant l'entreprise, ce qui a pour avantage essentiel de permettre une meilleure appréciation du risque pris en

décidant la réalisation d'un projet considéré.

Section 4 - MISE EN OEUVRE DE L'ANALYSE

1. Introduction

Le cheminement de l'analyse est relativement facile à exposer, mais est-il réalisable ?

Aux différents niveaux de la démarche, des problèmes se posent auxquels nous nous devons d'apporter des solutions acceptables. Dans un premier paragraphe, les problèmes qui se posent au niveau de l'estimation des distributions de probabilités des variables retiennent notre attention.

Dans un second paragraphe, nous nous plaçons au niveau de la combinaison des distributions de probabilités des variables. Nous y envisageons plus spécialement l'approche analytique et l'approche par la simulation.

2. Au niveau de l'estimation des distributions de probabilités des variables

Le groupe des spécialistes de l'entreprise, chargé de préparer la prise de décision, doit évaluer les probabilités des valeurs possibles d'un facteur incertain. Il se trouve devant une tâche ingrate et il importe d'examiner les différentes possibilités qu'il a de s'en acquitter.

a) Sur base de données "historiques"

- Dans certains cas, la firme dispose de différents renseignements portant sur l'évolution des différentes variables dans le passé. Cette information "historique" est une des bases de l'estimation de ces facteurs.

- Ces données se rapportent à des situations précises et datées; or, les variables qu'elles décrivent évoluent dans le temps. De ce fait, les méthodes de prévision utilisant ces données

accordent une importance particulière au facteur "temps". A partir des données du passé, il est possible de dégager une tendance de l'évolution d'une variable, par exemple de la demande pour un produit. La demande peut présenter des variations accidentelles, difficilement prévisibles; mais aussi des variations cycliques, des variations saisonnières, dont on peut généralement calculer les effets.

Notamment, une méthode, tel le "lissage exponentiel", permet la prise en charge des composantes chronologiques: tendance, variations saisonnières, variations accidentelles et résiduelles. La prévision de la demande d'une période future repose sur une moyenne mobile pondérée des résultats observés pour la demande, durant un certain nombre de périodes antérieures. L'influence de ces périodes est pondérée en fonction de l'éloignement dans le temps. Il s'agit, certes, d'un moyen de prévision "mécanique", mais que l'on ne peut négliger lorsque l'on dispose de séries de données passées.(6)

- Afin de mieux évaluer les variations accidentelles ou résiduelles, nous pouvons calculer les variances et appliquer l'analyse de la variance. De même nous pouvons mettre en œuvre l'analyse des écarts et compléter ainsi l'estimation.

- On peut considérer que les estimations obtenues par ces méthodes de prévisions sont représentatives de l'évolution future des variables envisagées.

En effet, les résultats enregistrés dans le passé dépendent de nombreux facteurs plus ou moins bien connus. Il est raisonnable de considérer qu'un facteur fortement déterminant est généralement identifié et ses effets sont connus et prévus.

Mais il est fréquent que ces données passées soient insuffisantes

(6) Pour un exposé approfondi de la méthode du "lissage exponentiel", voir notamment: R.G. BROWN, "Statistical forecasting for Inventory Control", New-York, Mc Graw Hill, 1959.

ou même inexistantes, d'où la nécessité de rechercher d'autres procédés d'estimation des variables.

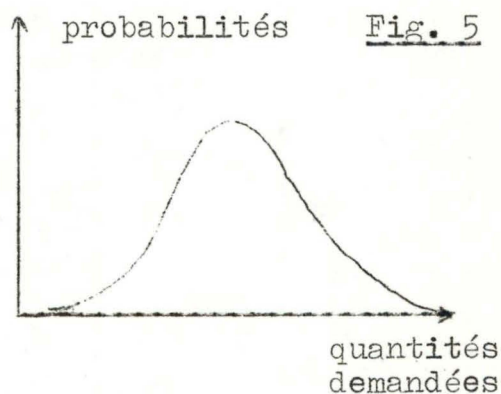
b) Sur base des données "subjectives"

- Face à une telle situation, le groupe de spécialistes préparant la décision doit faire appel à des éléments subjectifs comme son jugement, son expérience, ... Il tente d'abord d'établir une relation générale entre les probabilités individuelles des valeurs possibles d'une variable incertaine; après quoi, il peut examiner plus attentivement certaines probabilités et enfin compléter sa tâche en fixant la distribution de probabilités de cette variable.

- Partons d'un exemple: il convient d'estimer la distribution de probabilités d'un facteur: la demande durant la première année, pour un nouveau produit.

Le groupe des spécialistes considère qu'il est vraisemblable d'obtenir une demande comprise entre 300 et 600 unités. Il y a néanmoins une chance non négligeable d'obtenir une demande située au-delà de ces deux limites.

Les responsables peuvent assigner des probabilités aux différentes valeurs de la demande, afin d'avoir une représentation générale de la distribution de probabilités de la demande (fig. 5).

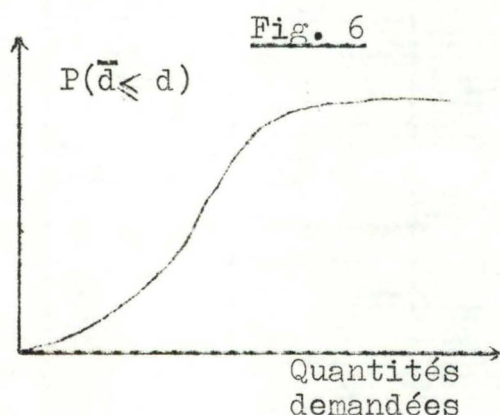


- A partir de cette courbe, les responsables peuvent considérer les probabilités de quelques valeurs de la demande, mais ils ne peuvent espérer continuer dans cette voie. En effet, si on considère 1.000 valeurs possibles pour la demande, la probabilité moyenne assignée à une valeur quelconque sera de l'ordre de $1/1000$. Dès lors, il semble peu vraisemblable de pouvoir déterminer, soit par le jugement, par intuition, la chance qu'a la demande d'être

égale à l'une de ses valeurs possibles.

Il est nécessaire de réexprimer le problème de façon à pouvoir le résoudre en évaluant les probabilités d'événements pour lesquels on est capable de formuler un jugement intuitif.

La courbe peut, dans ce cas, se présenter sous sa forme cumulative, Fig. 6; elle exprime la probabilité que la demande soit inférieure ou égale à une quantité donnée.



Notons que, de fait, une distribution de probabilités peut être spécifiée aussi bien par sa fonction cumulative que par sa fonction de densité. La forme de la fonction cumulative est d'ailleurs impliquée par la forme de la fonction de densité.

- Le groupe de spécialistes peut évaluer directement quelques points sur la fonction cumulative. Ainsi, si il peut évaluer $P(\bar{d} \leq d)$ pour différentes valeurs de \bar{d} , il est en mesure d'estimer entièrement la distribution de probabilités de \bar{d} , en considérant ces estimations comme des points d'une courbe ayant la forme générale de la courbe de la fig. 6.

Et cette fois, les responsables peuvent établir plus facilement les évaluations numériques, parce que, excepté pour les deux extrémités de la courbe, ils peuvent choisir les valeurs de \bar{d} pour lesquelles $P(\bar{d} \leq d)$ n'est ni trop petite, ni trop grande pour pouvoir émettre un jugement intuitif réel.

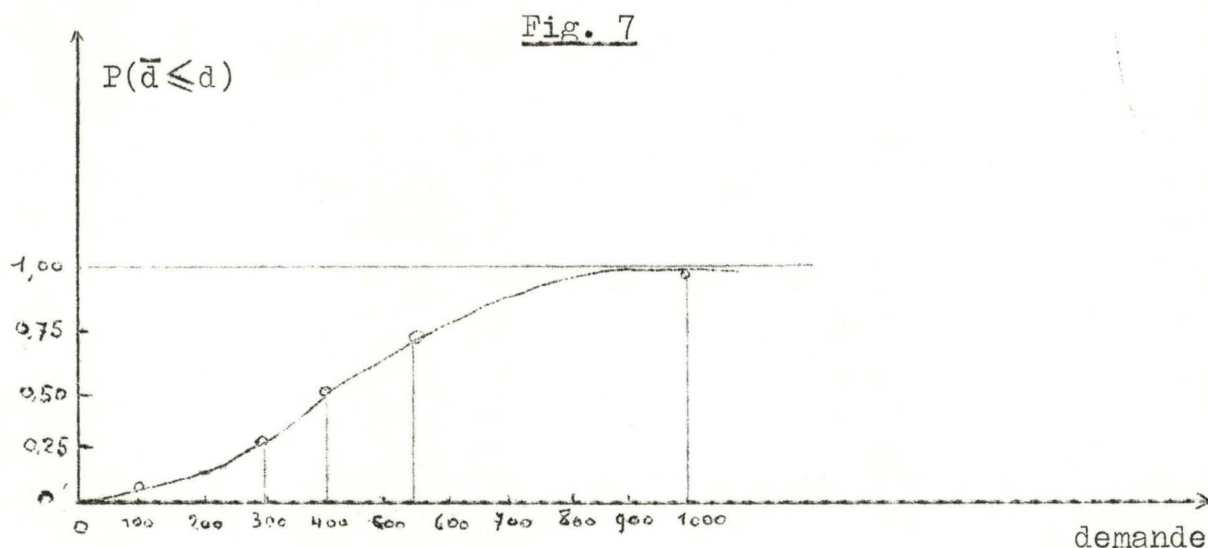
- Cette procédure d'estimation est acceptable, mais il est plus simple de procéder en inversant cette approche. Au lieu de choisir un nombre de valeurs possibles de la demande et d'estimer la probabilité cumulée pour chacune d'elles, les responsables de la décision peuvent "retourner leur évaluation". On va d'abord fixer arbitrairement une probabilité et, pour celle-ci, estimer la valeur de la quantité demandée correspondante. On répète cette

opération et, de ce fait, on en arrive à considérer ses intervalles. On débute en considérant que les valeurs possibles de la demande se répartissent en deux parties équiprobables. Ainsi, il y aura autant de chances (0,5) d'avoir une demande située au-dessus ou en dessous de 400 unités.

On peut continuer de la sorte et considérer que la demande a 0,25 chances d'être inférieure ou égale à 300 unités, et 0,75 chances d'être inférieure ou égale à 550 unités.

Enfin, on peut estimer la limite supérieure et inférieure entre lesquelles la demande se situera presque certainement. La demande a très peu de chances d'être supérieure à 1000 unités (0,01) ou d'être inférieure à 100 unités (0,01).

Il est possible de continuer de la sorte, mais maintenant, en considérant le graphique (Fig. 7), le responsable de la décision peut disposer des estimations particulières nécessaires.(7)



- Cette courbe présente une latitude considérable et les responsables peuvent examiner si les résultats obtenus sont en accord avec leur jugement et dès lors modifier la courbe en conséquence.

(7) Ce graphique est repris de R. SCHLAIFER
"Analysis of Decisions under Uncertainty",
New-York, Mc Graw Hill, 1969, p. 287.

L'expérience prouve qu'il n'y a que très peu de différence entre l'usage d'une courbe générale raisonnable et une autre semblable, si elles passent toutes deux par les points représentant les estimations directes des responsables pour les différents intervalles.

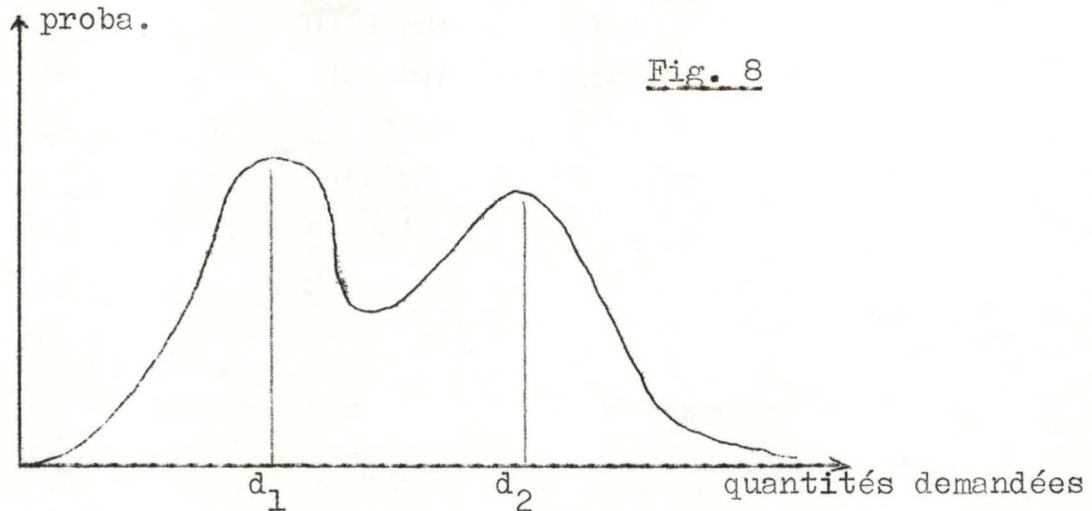
Plus particulièrement au niveau des difficultés présentées par l'estimation des extrémités de la distribution, la courbe générale retenue au départ par le responsable s'avère être plus qu'une estimation prudente de la courbe qui résulterait d'une estimation particulière, plus poussée et obtenue avec de grandes difficultés. Après avoir procédé à cette analyse préliminaire du problème de décision, basée sur de telles tentatives d'estimation des probabilités, il est utile de s'assurer de l'efficacité réelle et du degré de cohérence de l'estimation, afin d'attirer l'attention sur les parties de la distribution qui nécessitent un examen minutieux à cause de leur importance ou de leur degré élevé d'incertitude.

- Si, très souvent, la distribution de probabilités se rapproche de la forme générale considérée, il n'est pas exclu qu'elle s'en écarte radicalement, pour des raisons bien précises. Ainsi dans l'exemple, l'entreprise ayant lancé son nouveau produit sur le marché, peut se heurter à une concurrence nouvelle imprévisible. Si on peut considérer comme certain le fait que la concurrence n'entrera pas sur le marché avec un nouveau produit similaire, la distribution de la demande ne se trouve pas modifiée et se rapproche de la forme générale projetée. Mais, par contre, si on considère comme certaine l'entrée sur le marché de la concurrence, l'estimation de la distribution de probabilités de la demande s'en trouve bouleversée.

Dans une situation semblable, la distribution de la demande que l'on évaluerait sans connaître si la concurrence entre ou non sur le marché, peut très bien se présenter comme à la fig. 8 (8);

(8) Ce graphique est repris de R. SCHLAITER, op.cit.(7), p. 288.

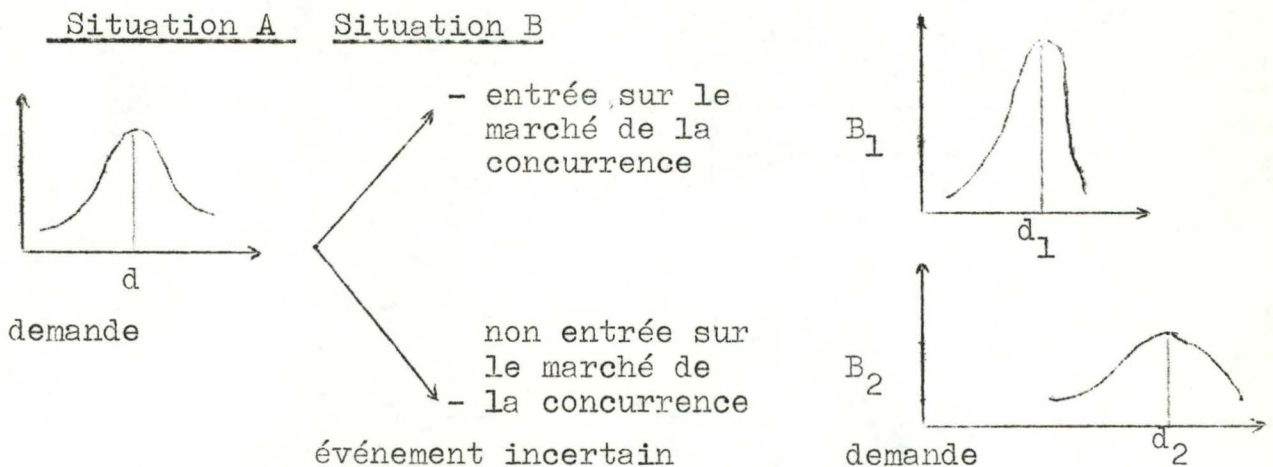
d_1 étant la valeur la plus probable de la demande si la concurrence pénètre sur le marché et d_2 , la valeur la plus probable de la demande dans le cas inverse.



Il est malaisé de donner une estimation directe raisonnable d'une telle distribution, mais heureusement on peut éviter cette estimation.

Pour cela, suivons R. SCHLAIFER (8), qui propose de décomposer l'incertitude.

Fig. 9



(8) Ce graphique est repris de R. SCHLAIFER, op. cit. (7), p. 288.

Et dès lors, on pourra estimer séparément :

- la probabilité d'entrée ou de non entrée sur le marché de la concurrence,
- la distribution à assigner à la demande si l'on se trouve en B_1 de la situation B (fig. 9),
- la distribution à assigner à la demande si l'on est situé en B_2 dans la situation B (fig. 9).

- Cet exemple montre bien la difficulté d'évaluer la distribution d'une variable incertaine, qui est elle-même sensible à l'incertitude affectant des événements particuliers. Individuellement, ces événements peuvent d'ailleurs avoir un effet sur la valeur de cette variable. Dans des cas semblables, il y a intérêt à décomposer cette incertitude portant sur un ensemble d'événements ou de valeurs d'une variable incertaine, et de l'exprimer comme "une résultante" d'incertitudes distinctes portant sur des composantes séparées. De ce fait, on aura la possibilité de quantifier un jugement vis-à-vis d'une composante isolée et d'y apporter plus d'attention, d'objectivité et de rigueur.

- Nous constatons que les possibilités ouvertes dans cette voie "subjective" sont importantes. Cependant, des remarques s'imposent et il est essentiel de considérer cette approche en rapport étroit avec la réalité dans laquelle elle s'insère.

c) Les estimations et la pratique

Nous nous efforçons de mettre en lumière certains aspects négligés jusqu'à présent et qui cependant jouent un rôle essentiel dans l'élaboration des estimations des distributions de probabilités, base des décisions d'investissement.

- Pour analyser le risque d'un projet d'investissement, nous portons d'abord notre attention sur les différentes variables-clés du projet. Le degré de connaissance relatif à l'évolution future

de ces variables conditionne la valeur du projet lui-même. En effet, le projet est jugé sur base d'un critère choisi dont la valeur estimée résulte de la combinaison des estimations relatives aux différentes variables.

Souvent, les estimations des variables sont très inégales, en raison de la nature propre de chacune de ces variables et de leur degré d'incertitude dans un contexte particulier considéré.

Par exemple, l'estimation de la durée de vie du projet est différente - quant à la méthode, quant à l'impact de l'incertitude - de l'estimation de la demande ou des prix.

Nous voyons bien que les composantes de ces variables sont différentes et qu'elles recouvrent d'autres aspects d'une réalité complexe.

Par ailleurs, il y a des conditions particulières à l'entreprise, au projet, qui d'une part rendent l'estimation de certaines variables assez facile (existence d'informations "historiques", de situations analogues, connaissance d'un marché dans lequel d'autres produits sont distribués,...) et d'autre part rendent très malaisée l'estimation d'autres variables.

Il ne faut jamais perdre de vue que toute l'action des responsables d'une décision se déroule dans un univers réel. Si la théorie découpe cet univers et l'étudie comme certain, aléatoire, indéterminé, la réalité constitue un tout complexe où voisinent des éléments certains, aléatoires et indéterminés. L'investisseur ne se trouve jamais dans une situation absolue, et il doit distinguer la part et l'importance du certain et de l'incertain, afin d'examiner la valeur de ces estimations. Il peut rencontrer des variables certaines, mais aussi des variables dont il ignore tout et ne peut lever l'incertitude. Un élément certain est défini pour une valeur unique. Pour un élément incertain ou aléatoire, on considère une distribution des valeurs dans un intervalle; et si l'élément est tout à fait incertain, on se contente d'une distribution rectangulaire dans un intervalle plus ou moins grand.

Il y a même des facteurs dont l'existence même est inconnue, ils surgissent comme un accident au sens strict du mot.

- Cette confrontation permanente et nécessaire avec la réalité explique en partie le faible usage qui est fait des méthodes présentées par la théorie statistique (distribution binomiale, de Poisson, normale), afin d'estimer les distributions de probabilités des variables retenues. Ces distributions théoriques sont caractérisées par leurs mesures de description, éléments que nous ignorons dans la plupart des cas. Et elles doivent répondre à des hypothèses que nous ne pouvons vérifier.

Il est fréquent que des distributions obtenues empiriquement se rapprochent d'une distribution classique (Poisson ou normale). Dès lors, cette approximation permettra de déterminer les éléments caractéristiques de la distribution et de mettre en oeuvre l'analyse statistique, afin d'obtenir une meilleure estimation de la distribution réelle de la variable.

- A travers ce travail et cette recherche de l'estimation des intervalles de valeurs pour chaque facteur et des distributions de probabilités, nous croyons essentiel de mettre en avant l'importance du dialogue et du travail collégial.

La prise de décision est un acte de gestion qui doit synthétiser les connaissances théoriques, mais aussi l'expérience des personnes impliquées afin de bien faire apparaître l'impact de l'incertitude et d'envisager l'éventail des conséquences possibles.

Un intervalle de valeur est bien souvent plus facile à déterminer qu'une valeur précise. Cet intervalle peut résulter d'une discussion de groupe si la variable est mal connue.

Il se peut que cet intervalle soit étroit ou qu'exceptionnellement on dispose d'une valeur déterminée. Mais au moins, le phénomène estimé est connu, plus l'intervalle est grand et plus il est important de l'introduire.

Il n'est pas question de rejeter un facteur parce qu'il est trop

mal connu; l'éventail des résultats possibles devient grand et cela ne doit pas laisser indifférent.

En effet, l'utilité de l'analyse est de permettre le choix de projets qui présentent des risques acceptables et ensuite de mettre en oeuvre des mesures d'assurance. Il importe d'estimer le risque pour savoir quelle "prime d'assurance" on peut payer. Le travail collégial peut, dans cette situation, faire la preuve de son utilité et de son efficacité, en s'attachant plus particulièrement à l'examen de ces facteurs fortement incertains, et en apportant le minimum d'informations nécessaires à une estimation, grossière certes, mais combien importante.

Si l'on compare les projets A et B (fig. 10), ayant de nombreux éléments incertains, on perçoit clairement la difficulté de réaliser un choix correct. Remarquons que si nous nous étions arrêtés à une analyse classique, c'est-à-dire en raisonnant comme si tous les paramètres étaient connus et certains, les projets auraient pu se présenter comme à la fig. 11, ce qui aurait permis de retenir avec certitude le projet présentant le bénéfice actualisé le plus élevé (ici le projet A).

Fig. 10

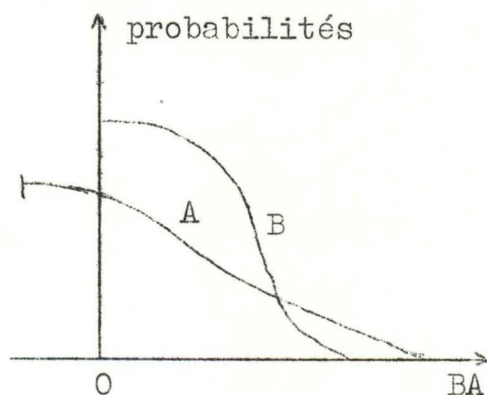
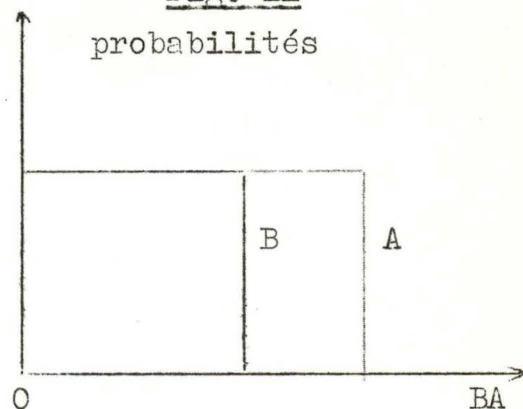


Fig. 11



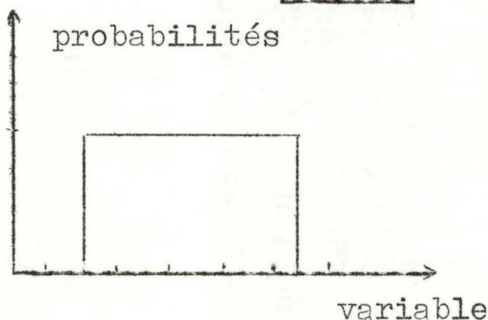
- La distribution de probabilités d'un facteur peut être établie sur base de données "historiques", sur base de données "subjectives" et ces données sont susceptibles d'être complétées ou

développées (enquêtes, sondages, échantillonnages, discussions de groupe, ...).

Malgré tout, nombreux sont les facteurs pour lesquels parler de prévision et même d'information paraît une gageure.

Comment le responsable peut-il agir ? Dans de pareils cas, l'attribution de probabilités est impossible, ne serait-ce que par la méconnaissance des issues possibles, résultant de l'incertitude. Toutefois, les responsables peuvent avoir de vagues idées sur les valeurs d'une variable et ils peuvent se concentrer sur l'intervalle de valeurs mais aucunement sur la distribution de proba-

Fig. 12



bilités. Ils proposent alors une distribution rectangulaire dans laquelle chaque valeur de la variable a la même probabilité d'occurrence (fig. 12).

Cette distribution, soumise au groupe, peut faire l'objet de vives critiques; cela amène des modifications, des améliorations et est révélateur du fait que l'on a une certaine idée de la répartition. Des expériences peuvent être tentées et, peu à peu, on va vers une meilleure distribution et une meilleure délimitation de l'incertitude.

- Si nous reconnaissons une valeur indéniable au travail collectif, nous ne pouvons passer sous silence l'importance qu'exerce le ou les responsables de la décision finale.

Le responsable possède sa vision des choses et, aussi bien au niveau de chaque variable qu'au niveau du critère résultant de la combinaison de ces variables, il influence et oriente la décision finale.

3. Au niveau de la combinaison des distributions de probabilités des variables

Dans cette voie, nous considérons deux méthodes :

a) l'approche analytique

et b) la simulation.

Elles tendent à dégager la distribution de probabilités du critère retenu, le "bénéfice actualisé".

a) L'approche analytique

Cette approche est applicable lorsqu'on peut considérer une distribution classique, qu'il est possible de définir par ses paramètres. Elle n'est réalisable que si on ne dépasse pas un certain niveau de complexité.

Il est possible d'assimiler volontairement des distributions de facteurs à des distributions classiques, mais cela demande une grande prudence.(9)

Il est bon de signaler que l'application de cette approche analytique au niveau de l'entreprise demande une qualification peu commune de la part des cadres chargés de préparer la décision.

(9) Nous trouvons une application pratique de cette approche, réalisée dans le cadre d'un système de traitement en "temps partagé", dans la brochure: "Capital Investment Analysis", Mark I Time-Shaving Service - Program Library Users Guide. Bull-General Electric-Information Service Department, July 1968.

Dans cette analyse, on assimile la distribution de probabilités de chacune des variables considérées à une distribution "pseudo-normale"(p.29). La combinaison de ces distributions permet de déterminer la distribution du bénéfice actualisé, critère de base pour la décision.

La distribution de probabilités du bénéfice actualisé peut être correcte en ce qui concerne son intervalle. Mais, au niveau de la distribution elle-même, "a priori", rien ne peut nous permettre de dire qu'elle est exacte. Si parfois elle est une bonne approximation de la réalité, il est malgré tout dangereux de faire confiance à cette distribution. Dans un nombre limité de cas, la distribution conduit non pas vers l'atténuation des erreurs, mais vers leur amplification.

i) au niveau de l'estimation de la distribution
du bénéfice actualisé _____

- Sous certaines hypothèses, on élabore la distribution de probabilités du bénéfice actualisé, comme l'a montré F.S. HILLIER (10).

Le flux des revenus d'un investissement résulte d'un certain nombre de sources distinctes. Par exemple, un investissement peut être affecté par les revenus des ventes, les différents coûts, ... Afin d'obtenir une représentation de la variation du flux des revenus, il est plus facile de considérer séparément ces diverses sources.

- Supposons que le flux de revenus émanant d'un investissement dépend de m sources. La variable aléatoire $Y_{t\alpha}$ représente le flux de revenus de la α ième source, à la période t .

Nous posons $\mu_{t\alpha}$ et $\sigma_{t\alpha}^2$, moyenne et variance finies de $Y_{t\alpha}$. Le flux de revenus de l'investissement pour la t ième période, X_t , est donné par : $X_t = Y_{t1} + Y_{t2} + \dots + Y_{tm}$.

On aura la moyenne et la variance :

$$E(X_t) = \sum_{\alpha=1}^m \mu_{t\alpha} = w_t$$

$$\text{var}(X_t) = \sum_{\alpha=1}^m \sigma_{t\alpha}^2 + 2 \sum_{\alpha \neq \beta} \text{cov}(Y_{t\alpha}, Y_{t\beta})$$

Si le flux de revenus s'étend sur n périodes, la valeur actualisée de l'investissement est donnée par :

$$R_n(i) = \sum_{t=0}^n \left[\frac{X_t}{(1+i)^t} \right]$$

Le taux d'actualisation, i , est l'expression de la valeur de l'argent dans le temps pour l'investisseur; ce taux est considéré

(10) F.S. HILLIER, "Derivation of probabilistic information for the evaluation of risky investments", Management Science, vol 9, April 1963, pp. 443-457.

comme le coût du capital utilisé.

Pour ces considérations sur le problème important de la détermination du taux d'actualisation, nous renvoyons à la première partie (11). Nous y avons présenté l'impact du taux d'actualisation sur la décision et la difficulté de le déterminer correctement.

On pourra ensuite établir la moyenne et la variance :

$$E [R_{n(i)}] = \sum_{t=0}^n \frac{w_t}{(1+i)^t}$$

$$\text{var} [R_{n(i)}] = \sum_{t=0}^n \frac{\text{var} (X_t)}{(1+i)^{2t}} + 2 \sum_{t \neq t'} \frac{\text{cov} (X_t, X_{t'})}{(1+i)^{t+t'}}$$

- Si n lui-même a une distribution de probabilités, alors les estimations ci-dessus peuvent être combinées avec la distribution de n pour donner la moyenne et la variance inconditionnelle du bénéfice actualisé.

$$\text{Ainsi, on aura : } E[R(i)] = \int E[R_{n(i)}] f(n) d_n$$

$$E[R^2(i)] = \int E[R_{n(i)}^2] f(n) d_n$$

où $f(n)$ est la distribution de probabilités de n . Notons que cette distribution peut se présenter sous forme discrète et, dès lors, les intégrales sont remplacées par des sommations.

A partir des deux dernières équations ci-dessus, on obtient la variance de $R(i)$. En effet: $\text{var} (R_i) = E[R^2(i)] - \{E[R(i)]\}^2$.

Ces deux paramètres de la distribution de $R(i)$ donnent une base pour l'évaluation du risque du projet. Cette évaluation serait de loin plus aisée et offrirait un degré d'exactitude plus élevé, si la distribution du bénéfice actualisé pouvait être considérée comme une distribution normale. Hillier (12) examine en détail un ensemble de conditions sous lesquelles $R(i)$ est distribué normalement. Dans ce type d'analyse, on a tendance à accepter ces conditions

(11) Première Partie, Chapitre IV - section 4.

(12) F.S. HILLIER, op. cit.(10), p. 23.

et à travailler sur des distributions normales; mais la réalité est autre et, si on constate que souvent les distributions étudiées se rapprochent de la normale, il est très difficile d'accepter et de vérifier les hypothèses émises.

On est souvent contraint de travailler avec des distributions quelconques, qui rendent cette approche analytique beaucoup plus complexe et beaucoup plus limitée.

ii) au niveau de l'estimation des paramètres

- Dans cette approche, nous déterminons la distribution de probabilités du bénéfice actualisé, à partir de ces mesures de description: moyenne et variance. Celles-ci sont estimées à partir des moyennes et variances des différentes sources déterminant le flux de revenus de l'investissement. La connaissance des moyennes et variances des différentes sources est donc une condition préalable à notre analyse.

Or, on constate que bien souvent nous n'avons pas une connaissance directe de ces paramètres des différentes sources du bénéfice actualisé. Il est donc nécessaire de chercher à estimer ces paramètres, au niveau de chaque composante séparément.

- Prenons, par exemple, les ventes de la firme. Comment pouvons-nous en estimer la moyenne et la variance ? On peut se tourner vers les responsables du département des ventes afin de réunir les données nécessaires à notre estimation. Ces responsables sont en mesure de nous fournir, soit sur base de leur expérience, de leurs travaux ou de critères propres, une estimation acceptable des intervalles de variation des ventes, en corrélation avec le prix. Nous rejoignons ici l'analyse de B. WAGLE (13).

(13) B. WAGLE, "A Statistical Analysis of Risk in Capital Investment projects", Operational Research Quarterly, vol. 18, n° 1, 1967, pp. 13-33.

- Considérons les ventes U_1 , avec η_1 comme moyenne et σ_1^2 comme variance, et U_2 le prix, avec une moyenne η_2 et une variance σ_2^2

Le coefficient de corrélation entre U_1 et U_2 est représenté par ρ . Nous envisageons trois cas possibles :

a) U_1 et U_2 sont des variables aléatoires indépendantes, dès lors $\rho = 0$

$$\text{et on aura: } E(U_1 U_2) = \eta_1 \eta_2$$

$$\text{var } (U_1 U_2) = \eta_1^2 \sigma_2^2 + \eta_2^2 \sigma_1^2 + \sigma_1^2 \sigma_2^2$$

b) U_1 et U_2 ne sont pas indépendantes, dès lors :

$$E(U_1 U_2) = \eta_1 \eta_2 + \rho \sigma_1 \sigma_2$$

$$\text{var } (U_1 U_2) = \eta_1^2 \sigma_2^2 + \eta_2^2 \sigma_1^2 + 2\eta_1 \eta_2 \rho \sigma_1 \sigma_2 + 2\eta_1 E_{12} + 2\eta_2 E_{21} + E_{22} - E_{11}^2$$

$$\text{dans laquelle: } E_{ij} = E \left[(U_1 - \eta_1)^i (U_2 - \eta_2)^j \right] \quad (14)$$

c) U_1 et U_2 ont une distribution normale bivariée,

$$E(U_1 U_2) = \eta_1 \eta_2 + \rho \sigma_1 \sigma_2$$

$$\text{var } (U_1 U_2) = \eta_1^2 \sigma_2^2 + \eta_2^2 \sigma_1^2 + 2 \rho \eta_1 \eta_2 + \sigma_1^2 \sigma_2^2 (1 + \rho^2).$$

Même si le flux de revenus dépendait de k facteurs: U_1, U_2, \dots, U_k , et si ces facteurs avaient une distribution normale multivariée, la moyenne et la variance pourraient être obtenues.

Considérons, par exemple, le flux de revenus basé sur k facteurs s'exprime: $U_1^{\alpha_1} U_2^{\alpha_2} \dots U_k^{\alpha_k} = C$.

$$\text{On aura: } \text{var } (C) = E \left[U_1^{2\alpha_1} U_2^{2\alpha_2} \dots U_k^{2\alpha_k} \right] - \left\{ E \left[U_1^{\alpha_1} U_2^{\alpha_2} \dots U_k^{\alpha_k} \right] \right\}^2.$$

Puisque U_1, U_2, \dots, U_k sont distribués selon une distribution normale multivariée ayant comme moyenne le vecteur η , et comme matrice de dispersion Σ ; la fonction caractéristique de la distribution sera: $e^{(i d \eta - 1/2 d \Sigma d)}$, dans laquelle d est le vecteur des variables "factices".

(14) Ce résultat a été prouvé par L.A. GOODMAN: "On the exact variance of products", Journal of American Statistics Assesment, vol. 55, 1960, pp. 708-713.

Pour appliquer cette analyse dans les équations de la moyenne et de la variance (établie sous i) :

$$E [R_n(i)] = \sum_{t=0}^n \frac{w_t}{(1+i)^t}$$

$$\text{var} [R_n(i)] = \sum_{t=0}^n \frac{\text{var}(X_t)}{(1+i)^{2t}} + 2 \sum_{t \neq t'} \frac{\text{cov}(X_t, X_{t'})}{(1+i)^{t+t'}}$$

il est nécessaire de considérer les estimations des coefficients de corrélation (covariances) entre les différents flux de revenus. On trouve notamment dans Hillier (15) un modèle reposant sur un certain nombre d'hypothèses relatives aux coefficients de corrélation (flux de revenus provenant d'une ou de plusieurs sources, une ou plusieurs périodes de temps,...).

Nous pouvons mettre en oeuvre une telle méthode d'estimation des coefficients de corrélation de façon analytique; mais nous pouvons également adopter une méthode d'estimation subjective de ces coefficients.

De toute manière, les résultats obtenus devront être intégrés dans les équations ci-dessus.

iii) au niveau de la pratique

- Cette approche analytique, qui se propose d'apporter au responsable de la décision une information valable afin d'évaluer le risque et de juger des conséquences d'un projet d'investissement, n'est pas pleinement satisfaisante. Lorsqu'il est possible d'assimiler la distribution du bénéfice actualisé à une des distributions classiques connues, on est en mesure de calculer les paramètres, et les résultats obtenus peuvent être une base valable pour considérer le risque, pour évaluer la portée des différents projets et pour guider le choix final d'un projet d'investissement.

Mais, dans la réalité, nous n'obtenons que très rarement ces distributions classiques et nous sommes forcés de poser un certain

(15) F.S. HILLIER, op. cit. (10).

nombre d'hypothèses afin de traiter une distribution quelconque, comme une distribution normale ou autres. Ces hypothèses limitent considérablement la portée de la méthode, car bien souvent elles ne peuvent être vérifiées.

- Généralement, nous devons donc travailler sur base de distributions de probabilités quelconques, et lorsque le nombre des variables à prendre en considération est très élevé, la méthode devient rapidement complexe, notamment en ce qui concerne l'estimation des paramètres des distributions.

Si la méthode est pleinement valable, au niveau théorique, sa mise en oeuvre se heurte à la difficulté d'atteindre une formulation analytique opératoire, si ce n'est par le biais d'hypothèses restrictives et pas toujours justifiées.

D'autre part, lorsqu'il s'agit d'appliquer une telle méthode, il y a souvent un obstacle psychologique à vaincre au niveau des responsables de la décision, qui ne peuvent que rarement suivre clairement les étapes parcourues par les chercheurs opérationnels ou les mathématiciens qui ont préparé la décision.

- L'approche analytique présente l'intérêt de bien mettre en évidence les multiples aspects des problèmes qui se posent lorsque l'on veut introduire le risque comme élément de décision.

Dès lors, on peut se pencher sur ces différents problèmes, afin d'améliorer ou d'apporter les solutions. On doit chercher dans le sens d'une limitation et d'une plus grande rigueur au niveau des hypothèses; d'une meilleure approche du traitement et de l'estimation des distributions quelconques, ainsi que de l'expression formelle en résultant.

- Une extension possible de l'analyse, fréquemment rencontrée dans la littérature (16), (17), est l'approche basée sur

Notamment dans les articles de

(16) R.M.ADELSON, "Criteria for Capital Investment: An approach through Decision Theory", *Operational Research Quarterly*, vol 16, n°1, 1964, pp. 19-49.

(17) J. HIRSHLEIFER, "Investment Decision under Uncertainty:.....

l'"utilité". Celle-ci consiste à déterminer des fonctions d'"utilité" pour les différentes variables à considérer, et finalement une fonction d'"utilité" pour le projet entier. Les projets d'investissement peuvent alors être rangés en accord avec leurs "utilités attendues". Mais la construction d'une fonction d'"utilité" est un problème complexe. Cette notion d'"utilité" a marqué de son empreinte toute l'histoire de la théorie économique et est toujours une source de controverses.

Cette voie présente des possibilités de recherches, mais on ne peut raisonnablement espérer résoudre le problème posé par la notion d'"utilité".

b) La simulation

Lorsque le nombre des variables à prendre en considération devient assez élevé, et que chacune de ces variables possède une distribution de probabilités, il est très difficile de dériver la distribution du bénéfice actualisé par la voie analytique.

On procède dès lors par simulation, méthode qui se prête très bien au travail par ordinateur, mais qui finalement ne fournit qu'une approximation de la distribution du bénéfice actualisé. Nous discuterons plus tard de la valeur de cette approximation.

i) Nécessité de cette méthode

- Pour analyser un problème de décision d'investissement, nous sommes amenés à calculer la distribution d'un critère; distribution qui sera le résultat de la combinaison d'autres distributions de variables incertaines ayant une influence sur la valeur du critère. S'il n'y a que 2 ou 3 variables incertaines, nous pouvons, avec l'aide de l'ordinateur, envisager l'ensemble des combinaisons possibles de valeurs concrètes et, pour chaque combinaison, calculer la valeur du critère et sa probabilité. De cette

... Choice - theoretic approaches", The Quarterly Journal of Economics, vol. LXXIX, n° 4, November 1965, pp. 509-536.

façon, nous déterminons la distribution de probabilités complète du bénéfice actualisé.

Mais, dans cette voie, même avec l'aide d'un ordinateur très puissant, nous ne pouvons aller bien loin; ainsi par exemple, face à un problème dans lequel il y a 30 variables pouvant prendre chacune seulement 2 valeurs équiprobables, on est amené à considérer 2^{30} (ou plus d'un billion) de combinaisons possibles. Ce simple exemple est révélateur de l'impossibilité de réaliser une étude exhaustive de la réalité et de la nécessité de simuler.

Ce qui implique que l'on va déterminer une estimation raisonnable de la distribution du bénéfice actualisé, sans pour autant calculer les 2^{30} valeurs possibles de la distribution, mais en ne considérant qu'un échantillon, par exemple de 1.000 ou de 10.000 des combinaisons possibles.

ii) Pratique de la simulation

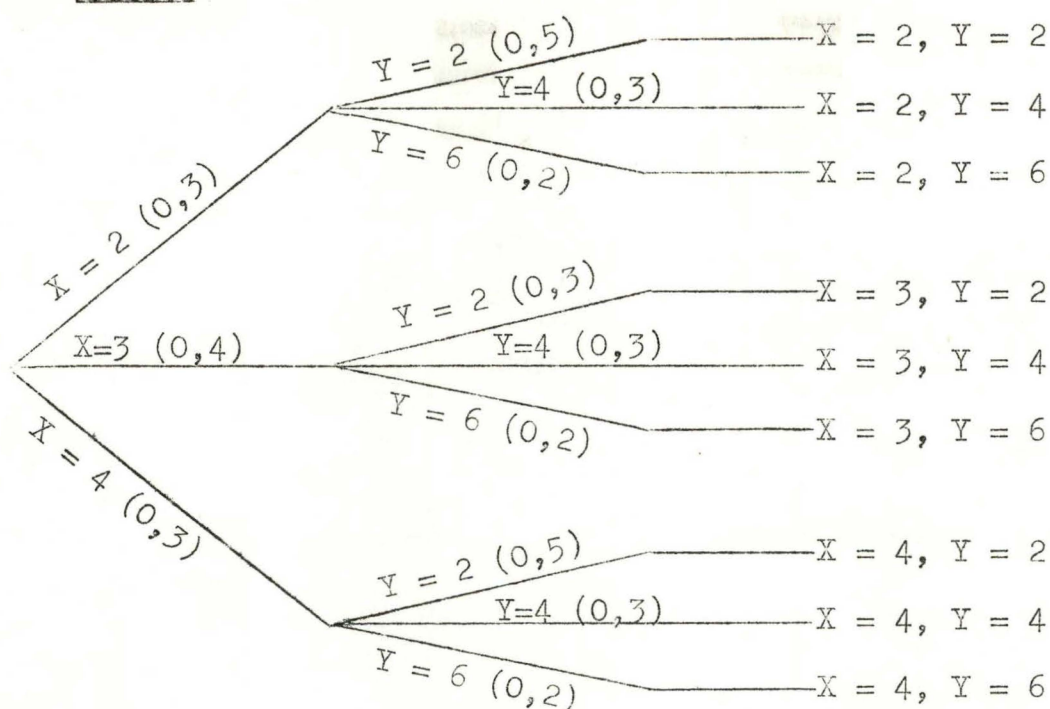
Ayant conscience des possibilités offertes par cette technique, voyons comment elle oeuvre dans un problème de décision. Cette présentation doit nécessairement se baser sur des exemples simples, mais à travers lesquels nous percevons le caractère répétitif des différentes phases de l'analyse et leur adéquation à un traitement par ordinateur.

- Supposons que les responsables de la préparation d'une décision puissent évaluer la distribution combinée, pour un ensemble de variables incertaines, sur base d'une évaluation directe de la distribution de chaque variable.

Afin de faciliter la présentation et la compréhension, nous visualiserons - comme le fait R. Schlaifer (18) - cette combinaison de distributions au moyen d'un diagramme de probabilités (fig.13).

(18) R. SCHLAIFER, "Analysis of Decisions under Uncertainty", New-York, Mc Graw-Hill, 1969, Chapitre 13, p. 538.

Fig. 13

Variable XVariable Y:Distribution combinée

- Les responsables souhaitent assigner une distribution à différentes combinaisons particulières; cette distribution est impliquée dans les évaluations déjà réalisées, et ici elle est représentée dans le diagramme.

Mais, dans la pratique, le diagramme de probabilités sera très complexe et aura tellement de positions finales que nous n'aurons pas la possibilité de calculer cette distribution implicite de combinaisons particulières.

Dès lors, dans ces circonstances, les responsables de la préparation de la décision se contentent d'une estimation de cette distribution implicite.

Cette estimation est obtenue à partir d'un échantillon de positions finales du diagramme de probabilités.

Le mode de réalisation et d'évaluation de semblables estimations est lié à la procédure de tirage de l'échantillon des positions finales.

- Une position finale peut être obtenue si certaines informations spécifiques sont disponibles: quelle variable survient juste après un noeud du graphe et quelles probabilités sont assignées aux éléments ("branches") du cheminement.

Une position finale peut donc être choisie en partant de l'origine du diagramme en tirant des "branches" au niveau des variables successives.

- Le procédé le plus adéquat pour le tirage d'une "branche" d'une variable est celui des "nombres au hasard".

Pour ce faire, nous devons d'abord répartir les nombres au hasard de n chiffres, entre les différentes "branches", et ce proportionnellement aux probabilités respectives des variables correspondant à ces "branches". C'est ce que nous montre schématiquement le tableau 2.

<u>Variables</u>	<u>"Branches"</u>	<u>Probabilités</u>	<u>Nombres au hasard affectés</u>
$X = 1$ (0,20)	$X = 1$	0,20	00 - 19
$X = 2$ (0,45)	$X = 2$	0,45	20 - 64
$X = 3$ (0,35)	$X = 3$	0,35	65 - 99

L'affectation de l'ensemble des nombres au hasard de n chiffres est toujours possible si n est égal au nombre des décimales dans les probabilités données aux variables représentées par les "branches". Dans le tableau 2, on a $n = 2$.

Si, par exemple, le nombre au hasard engendré est 46, cela signifie que la "branche" $X = 2$ est tirée. En engendrant des nombres au hasard, nous allons tirer une série de "branches". Et comme une "branche" représente une variable incertaine, le tirage d'une "branche" revient en fait au tirage d'une valeur de la distribution de la variable.

- Si la distribution d'une variable incertaine est donnée sous sa forme cumulative, il faut, pour tirer une valeur de la distribution, découper cette distribution en 10^n intervalles équiprobables auxquels on affecte les nombres de n- chiffres. Chacun de ces intervalles est représenté par sa valeur moyenne. Le nombre au hasard engendré (k) détermine donc l'intervalle choisi et, de ce fait, la valeur moyenne retenue. On répète ensuite la même opération pour obtenir l'estimation de la distribution de la variable, à partir des valeurs les plus probables. Toutefois, il est possible d'arriver à ce résultat en procédant plus simplement et en utilisant directement la distribution cumulative. On engendre un nombre au hasard de n- chiffres, on place le chiffre 5 à sa fin et on le transforme en un nombre décimal, k. Ainsi, par exemple, si 47 est le nombre au hasard ($n = 2$), on a successivement 475 et $k = 0,475$. Dès lors, il suffit de retenir la valeur de la variable dont la probabilité cumulée est égale à k.

- Le processus de sélection d'une position finale par tirage d'une séquence de "branches" ou de valeurs de la distribution d'une variable est appelé: "essai de Monte-Carlo". Mais ce qui nous intéresse, c'est avant tout la valeur obtenue pour la distribution recherchée, à la position finale retenue par un "essai de Monte-Carlo" - c'est-à-dire par la "valeur d'essai"-. Lorsque nous disposons d'un ensemble assez large de "valeurs d'essai", nous sommes en mesure d'estimer la distribution de probabilités recherchée de l'ensemble des variables. De même, on peut considérer la moyenne des différentes "valeurs d'essai" comme une estimation de la moyenne de la distribution combinée des variables. Il est même possible de juger de la valeur de l'estimation réalisée. Sur base des "valeurs d'essai", on peut déterminer les paramètres caractéristiques de distributions connues (comme la distribution normale, la distribution β ,...) et comparer les résultats obtenus.

iii) Les résultats de la simulation

- Si l'on veut apporter une solution à un problème, il faut en avoir une vision claire et précise. Si, dans le cas de l'examen d'un projet d'investissement, la méthode analytique permet cette vision, il faut bien admettre que, dans bien des cas, l'approche par la simulation reste la seule façon pratique et économique de procéder.

En fait, on peut considérer la simulation comme un "remède" qui n'est ni simple, ni absolu.

Comme nous l'avons déjà signalé, la simulation repose sur l'utilisation de l'ordinateur et, au stade de l'élaboration du programme, des difficultés peuvent surgir. Une analyse préalable du problème est nécessaire, car pour être théoriquement valable, la simulation doit rendre compte, d'une manière suffisamment précise, des phénomènes qu'elle prétend représenter.

D'autre part, les résultats obtenus sont liés à l'usage que l'on fait de la théorie de l'échantillonnage.

- Nous avons insisté sur le fait que la simulation s'avérait particulièrement utile, lorsque les variables étaient nombreuses; mais même avec la simulation, il n'est guère possible de considérer l'ensemble des combinaisons possibles. L'originalité de la simulation est de se concentrer sur un échantillon des cas possibles. Cet échantillon est obtenu par l'utilisation des nombres au hasard et il peut être considéré comme représentatif de l'ensemble des combinaisons possibles. Sur base de cet échantillon, nous proposons une estimation de la distribution de probabilités du bénéfice actualisé, ainsi que des paramètres caractéristiques.

- Mais la simulation ne nous donne qu'une approximation de la distribution que l'on obtiendrait dans un univers déterministe, à partir de paramètres considérés comme connus et certains. En effet, il s'agit de considérer les résultats des combinaisons

des distributions des différentes variables au niveau du critère, le bénéfice actualisé. Nous avons déjà mis l'accent sur la difficulté d'obtenir ces distributions et sur l'incertitude qui y est attachée. Dans certains cas, à ce niveau, la simulation peut être d'un grand secours.

Sur cette base incertaine, on fait correspondre des nombres aux valeurs de chaque distribution et on fait tirer des nombres au hasard par un ordinateur, pour déterminer l'échantillon et pour combiner les différents facteurs et obtenir la distribution du critère retenu.

Puisque nous n'obtenons qu'une approximation de la distribution, il importe qu'elle soit aussi bonne que possible. Il est important de considérer l'échantillon avec soin, afin de s'assurer de sa représentativité de l'ensemble de la "population" et d'éviter le risque de n'obtenir que des distributions marginales.

Ces problèmes ne doivent pas nous empêcher de mettre en oeuvre la simulation - dans bien des cas, c'est d'ailleurs la seule issue possible - mais ils nous incitent à considérer les résultats obtenus avec prudence.

Il convient d'examiner le degré de cohérence des résultats obtenus; pour cela, il peut être fait appel au jugement et à l'expérience des différents responsables concernés.

- Ainsi considérée, la simulation permet la définition d'un profil de risque pour les "indicateurs" intéressant l'entreprise, ce qui a pour avantage essentiel de permettre une meilleure appréciation du risque pris en décidant la réalisation du projet considéré.

Les deux graphiques (fig. 14 et fig. 15)(19) expriment les profils de risque de deux variantes d'un investissement.

(19) D.B. HERTZ, "Investment policies that pay off", Harvard Business Review, vol. 46, n° 1, Jan.-Febr. 1968, p. 101.

Fig. 14

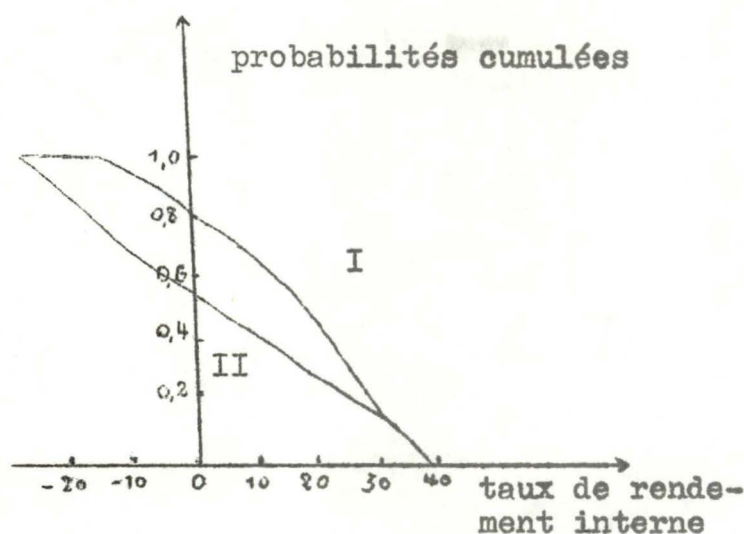
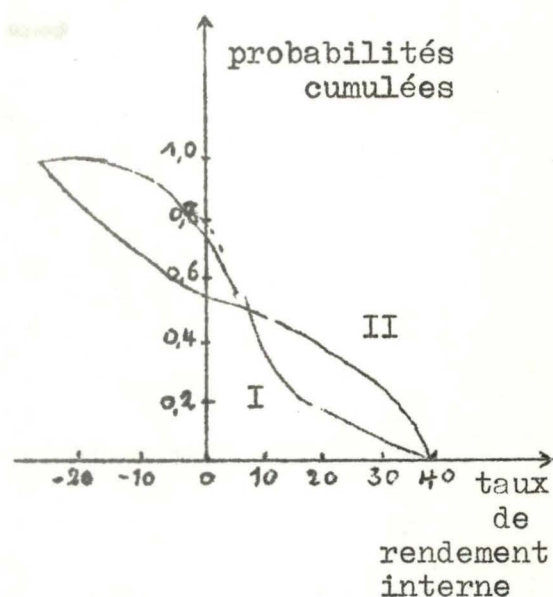


Fig. 15



Considérons le graphique de la fig. 14: pour tout niveau de rentabilité souhaité, la variante I présente un risque moindre que la variante II.

Le choix est donc simple. Par contre, sur le graphique de la fig. 15 - et D.B. Hertz (19) souligne que les cas similaires sont fréquents - le projet I offre bien une probabilité d'obtenir un taux de rendement interne de 40 %, plus forte que celle du projet II, mais la probabilité d'obtenir un taux de rendement de 10 % est plus faible. La variante I n'est donc pas préférable à l'autre pour tout couple rentabilité-risque. Et donc, si la simulation permet l'évaluation des projets, elle n'autorise pas toujours leur classement. Ici, on rencontre certaines tentatives faisant notamment intervenir les fonctions d'"utilité"; rappelons toutefois les réserves émises antérieurement sur l'"utilité".

- Il convient d'insister sur le fait que ni la méthode analytique, ni l'approche par la simulation, ne nous conduiront vers un résultat "certain", mais bien vers un résultat "probable". Dès lors, il est nécessaire de s'interroger sur la valeur de

cette probabilité. Interpréter une probabilité procède du jugement de valeur, celui-ci pouvant s'appuyer sur des éléments de toute nature. Même à partir de données réelles, il est difficile d'émettre une probabilité rigoureuse, celle-ci n'étant qu'un artifice employé dans le but de faciliter l'explication.

La probabilité est difficile à interpréter, mais, à côté de cette difficulté, il semble que les erreurs de prévision soient beaucoup plus fréquentes et présentent un caractère de gravité beaucoup plus important du fait de l'importance des conséquences engendrées.

Les différentes méthodes peuvent aboutir à des distributions boîtes, mais que l'on peut considérer généralement comme une approximation acceptable de la probabilité du critère retenu.

Section 5 - CONCLUSIONS

Le risque est une réalité inhérente à tout problème de décision, mais si nous ne pouvons l'ignorer, nous ne pouvons pas espérer le supprimer.

L'analyse du risque permet d'avoir une vision plus claire de toutes les conséquences possibles d'une décision d'investissement, afin de choisir en meilleure connaissance de conséquences.

Elle est un moyen de mieux connaître le risque encouru et de se prémunir contre ce risque, non pas en le combattant, mais en l'évitant.

Il faut choisir un projet d'investissement, l'analyse du risque nous aide, non pas tellement à maîtriser le risque, mais à éviter de se lancer dans un investissement trop dangereux.

L'utilité de l'analyse du risque est de permettre le choix de projets qui présentent des risques acceptables et ensuite de mettre en oeuvre des mesures d'assurance, contre les risques importants que l'on assume quand même. Il importe d'estimer le ris-

que pour savoir quelle "prime d'assurance" on peut payer.

Approche nécessaire et importante, l'analyse du risque peut encore bénéficier de la démarche de l'arbre de décision.

Chapitre III - L'ARBRE DE DECISION

Section 1 - L'arbre de décision : présentation synthétique
des problèmes d'investissement

Section 2 - L'élaboration de l'arbre de décision

Section 3 - La mise en oeuvre de l'arbre de décision

1. Description du problème considéré
2. Le choix de l'action
 - a) Le principe du "renvoi en arrière"
 - b) Introduction de l'actualisation
3. Prolongement bayésien

Section 4 - Conclusions

Un projet d'investissement implique des décisions présentes et futures, et ce compte tenu d'événements qui échappent au moins partiellement au contrôle des responsables de la décision. Le problème de l'investissement ne se réduit pas à une décision isolée, c'est plutôt une chaîne de décisions. Cette chaîne de décisions ne se présente pas comme une séquence unique de décision, mais plutôt comme un arbre.(1)

L'arbre de décision s'attache à représenter le réseau de décision, il met en évidence l'influence des facteurs qui échappent au contrôle et les étapes auxquelles des actions d'adaptation peuvent intervenir.(2)

Section 1 - L'ARBRE DE DECISION : PRESENTATION SYNTHETIQUE DES PROBLEMES D'INVESTISSEMENT

En prenant une décision d'investissement, on doit seulement faire le choix aujourd'hui. En retardant les décisions futures, on peut exploiter les informations obtenues entre-temps. Mais la prise de décision actuelle doit tenir compte de ses conséquences probables et des résultats des événements incertains, sur les décisions et les valeurs futures: la décision actuelle prépare celle à prendre dans le futur. Elle ne doit pas être prise avec le seul but de maximiser les gains ou de se conformer à un critère de ce genre dans le cadre de conditions rigides prédéterminées.

(1) P. MASSE, "Le Choix des Investissements", Paris, Dunod, 1959, p. 244.

(2) Ce chapitre s'appuie principalement sur:

- J.F. MAGEE, "L'Arbre de Décision", Bulletin SEDEIS, n° 926, Supplément n° 1, juillet 1965.
- J.F. MAGEE, "Decision Trees for Decision Making", Harvard Business Review, vol 42, n° 4, July-August 1964.
- J.F. MAGEE, "How to use Decision Trees in Capital Investment", Harvard Business Review, vol 42, n° 5, September-October 1964.

Elle doit établir un équilibre entre les occasions de profit qui peuvent exister et la possibilité de réagir aux circonstances et besoins futurs, en accord avec les objectifs de l'entreprise.

- A l'aide d'un exemple, nous percevons mieux cette interaction réciproque du présent et du futur.(3)

Supposons que la direction d'une entreprise se trouve face à une usine techniquement dépassée et inapte à la production de la qualité de produits demandée par le marché actuel.

La prévision de la demande est un facteur important de la décision. Les études réalisées permettent d'estimer le niveau de la demande: faible dans un proche avenir, moyen dans environ cinq ans et élevé dans environ dix ans.

De la confrontation des différents responsables de l'entreprise et sur base des estimations de la demande, trois possibilités se dégagent et s'offrent au choix de la direction pour faire face à cette situation critique :

- I - On peut estimer qu'il est nécessaire de fermer l'usine.
- II - On peut simplement moderniser l'usine actuelle mais réaliser ailleurs son expansion.
- III - On peut moderniser l'usine actuelle et y réaliser son expansion en l'agrandissant.

On constate que la solution II donne un équilibre optimal entre coûts d'exploitation et investissements dans les conditions envisagées pour le proche avenir, alors que la solution III est optimale pour les conditions envisagées dans dix ans.

Une combinaison des solutions présentes et futures reste possible dans certains cas, mais au prix de quelques investissements perdus et de coûts d'exploitation excessifs.

(3) Cet exemple s'inspire de celui que développe J.F. MAGEE dans: "L'arbre de décision", Bulletin SEDEIS, n° 926, supplément n° 1, juillet 1965, p. 11 (c).

Il est nécessaire d'examiner les conséquences résultant de la poursuite des différentes solutions proposées initialement et des choix qui seraient faits dans les différentes alternatives.

Que ferions-nous si la solution II (moderniser seulement) était choisie mais que la demande augmentait bien plus vite que prévu? Combien cela coûterait-il et quelles sont les chances que cela se réalise?

Il est ainsi possible d'établir la valeur relative du choix entre plus de liberté d'action et des coûts moindres dans le cadre de conditions prévisibles.

Il faut faire preuve d'une certaine souplesse dans le choix immédiat de façon à permettre de faire face ultérieurement à l'incertitude de la demande.

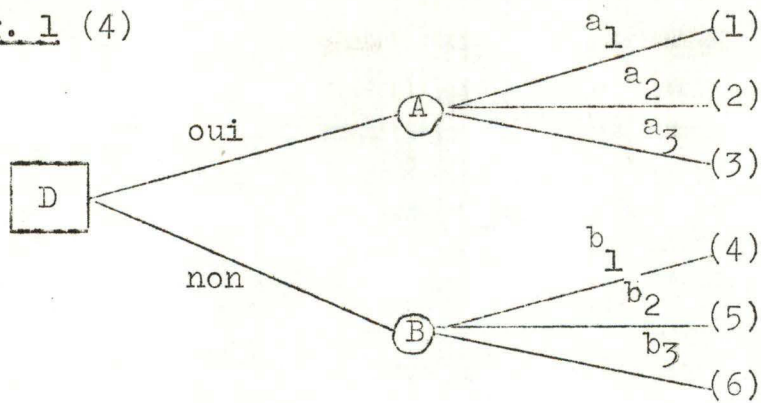
- Il peut sembler impossible de prévoir les chances de réalisation des événements possibles tels qu'accroissement de la demande ou succès de programmes d'investissement. Mais la réalité est que les décisions d'investissements sont importantes et que des estimations sont inhérentes à la décision. Il est préférable de reconnaître, même sommairement, l'existence d'un problème que de l'ignorer.

L'emploi de l'arbre de décision nous permet de considérer la prise de décision en tenant compte des conséquences sur les choix futurs à la fois du choix présent, des incertitudes futures et des risques qu'elles représentent.

Section 2 - L'ELABORATION DE L'ARBRE DE DECISION

- L'unité à partir de laquelle on peut représenter des analyses d'investissements complexes est la décision ou le problème à un échelon illustré par l'arbre ci-après (fig. 1), où il y a au moins deux options et un certain nombre de développements éventuels; le résultat de la décision dépendra de la combinaison des deux.

Fig. 1 (4)

DécisionHasardRésultats

- Pour établir les bases d'action, il faut :

- a) identifier les points de décision (D) et les solutions disponibles à chaque point (oui, non);
- b) identifier les points d'incertitude (A,B) et le type ou l'étendue des conséquences des événements possibles à chaque point;
- c) estimer les valeurs dont on a besoin pour faire l'analyse (a_1, a_2, a_3 et b_1, b_2, b_3);
- d) analyser la valeur du choix de chacune des directions (résultats: 1, 2, 3, 4, 5, 6).

- La représentation de solutions peut continuer indéfiniment et être poursuivie sur une période de temps indéfinie. Mais il est raisonnable de diviser le problème en deux ou quatre échelons (avec les solutions éventuelles qui en découlent). Par rapport aux méthodes conventionnelles portant sur un seul échelon, cela enrichit déjà considérablement l'analyse de considérer la décision au moins jusqu'au deuxième échelon. Mais, au-delà de quatre ou peut-être cinq échelons, l'analyse se heurte à la complexité et au manque d'information. Ce qui veut dire que ces deux, trois ou quatre

-
- (4) Le symbole \square représente un point de décision, c'est-à-dire une possibilité d'action; le symbole \circ représente un état de nature, un événement qui est subi par chaque orientation possible de la décision.

niveaux de décisions sont probablement les points principaux et significatifs de la prise de décision. Cela signifie aussi que le temps séparant deux niveaux varie dans un problème donné et, bien sûr, d'un problème à l'autre selon la durée de la période totale considérée.

- Le but de l'analyse est d'orienter le choix vers la solution la meilleure. A un point quelconque de la décision, le responsable doit être en mesure d'évaluer les résultats des différentes solutions possibles (valeur absolue d'une solution) et de comparer ces résultats (valeur relative d'une solution).

Pour permettre l'évaluation et la comparaison des résultats, nous retenons le critère du bénéfice actualisé.(5)

Le bénéfice espéré des périodes futures est ramené à sa valeur actuelle, sur base d'un taux approprié exprimant le coût du capital.

Section 3 - LA MISE EN OEUVRE DE L'ARBRE DE DECISION

1. Description du problème considéré

- Par le biais d'un exemple très simple (6), nous allons montrer les possibilités et les limites offertes par la méthode de l'arbre de décision.

Prenons le cas d'une entreprise qui vient de mettre au point un nouveau produit.

La direction peut décider de lancer directement le produit sur le marché. Pour ce faire, il faudra construire une nouvelle chaîne de production; cela demande un investissement initial important, mais

(5) Le taux de rendement interne n'est pas opératoire dans cette voie. Il n'est applicable que dans le cas d'une décision unique et non pour des étapes de décision. Lorsque l'on remonte dans le temps, des décisions futures vers la décision actuelle, que représente le taux de rendement interne d'une étape, considéré à l'étape suivante ?

(6) Cet exemple s'inspire de l'exemple de J.F. MAGEE, op.cit.(3), p. 51.

L'avantage pris sur la concurrence permet d'espérer la conquête d'un large marché et des gains importants sur une longue période. D'autre part, afin de remédier à l'incertitude vis-à-vis du marché, de l'acceptation du produit sur le marché, du prix du produit, la direction peut décider de sonder le marché en effectuant des tests pendant une période d'un an.

Munie de cette connaissance supplémentaire, la direction pourra alors décider de lancer le produit et d'en assurer la production, soit au moyen d'une nouvelle chaîne, ou bien en aménageant quelque peu les installations existantes. Cette dernière solution permet de réduire le coût de l'investissement, de faciliter la reconversion en cas d'échec ou de réaction brusque de la concurrence vis-à-vis du nouveau produit; mais, dans ce cas, on ne peut atteindre un rythme de production aussi élevé que celui atteint avec la nouvelle chaîne de production et les coûts d'exploitation sont plus élevés.

— On considère au sein de l'entreprise que la durée de vie raisonnable de ce nouveau produit est de dix ans.

- Les estimations du marché indiquent qu'il y a 60 chances sur 100 pour que le produit soit un succès, 30 chances sur 100 pour qu'il soit un échec sur le marché et 10 chances sur 100 pour que l'on enregistre un succès dans la première année, suivi de l'échec.

- Etant donné que les chances d'un succès initial sont de 70% (60 + 10), l'entreprise considère que les chances de succès après un an se maintiendront et les estime à $60/70 = 0,86$ (l'estimation des chances d'échec est de $10/70 = 0,14$).

- L'estimation des revenus annuels est faite dans l'hypothèse de chaque solution possible :

a) le lancement direct, grâce à une nouvelle chaîne de production avec succès, produirait des rentrées annuelles de 3 millions fr.

- b) le lancement direct grâce à une nouvelle chaîne de production sans succès, produirait 500.000 fr; ce qui est faible en raison des coûts fixes élevés et de la faible productivité;
- c) si le résultat du test est négatif, on aura une rentrée unique de 500.000 fr, et il n'y aura pas de production ultérieure;
- d) si le résultat du test est positif, on aura une rentrée unique de 1 million de fr après l'année écoulée, mais il y aura une double possibilité :
 - i) on installe une nouvelle chaîne de production qui offre 2.200.000 fr de revenu annuel en cas de succès et 300.000 fr en cas d'échec;
 - ii) on aménage la chaîne existante avec, en cas de succès, un revenu annuel de 1.200.000 fr et de 400.000 fr en cas d'échec.

- L'installation d'une nouvelle chaîne de production représente un investissement initial de 10 millions de fr. La réalisation des tests revient à 2 millions de fr et les travaux d'aménagement de la chaîne de production actuelle, en vue de supporter la fabrication du nouveau produit, s'élèvent à 3 millions de fr.

- L'arbre de décision présenté à la Fig. 2 synthétise ces différentes données.

2. Le choix de l'action

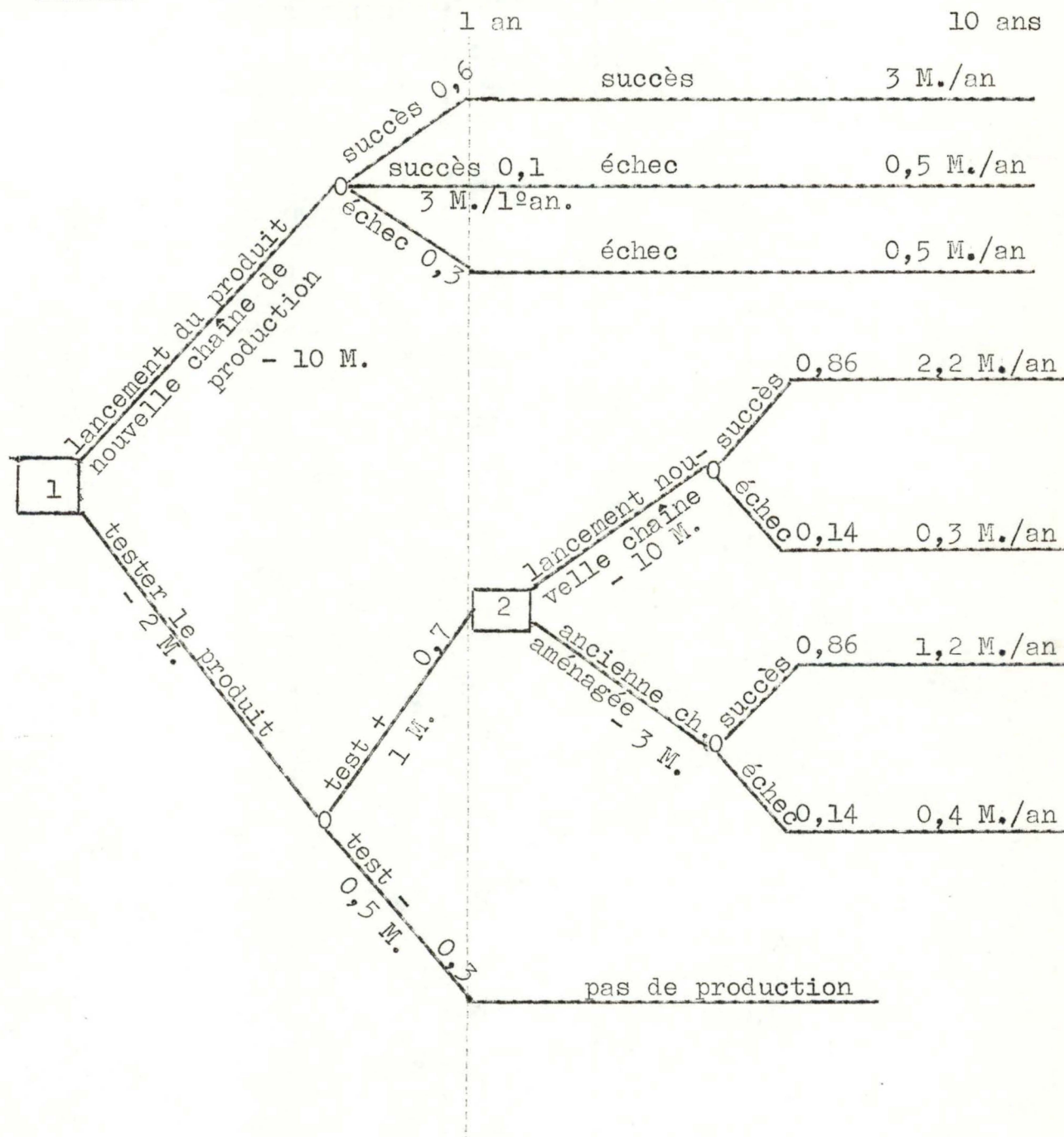
A ce stade de l'analyse, nous pouvons faire un premier examen de la situation et essayer de voir ce que l'on risque suite aux différentes alternatives possibles.

Il est possible d'apporter des modifications à l'arbre de décision, soit par l'élimination de certaines alternatives (décisions dont les conséquences sont à tous égards plus défavorables - en valeur absolue, mais aussi en probabilités), soit pour prendre certaines mesures d'assurance (possibilités de reconversion, d'adaptation de nouvelles méthodes, d'accroissement de l'investis-

sement,...)

Il faut maintenant effectuer le choix de l'action à suivre, et pour ce faire, nous allons appliquer successivement deux principes:

Fig. 2 Représentation de l'arbre de décision



a) Le principe du "renvoi en arrière"

- Les responsables vont tendre vers la maximisation des bénéfices espérés sur l'ensemble des dix années du projet d'investissement (nous ignorons pour l'instant l'actualisation des bénéfices espérés).

Au moment de la décision 1, les responsables n'ont pas à prendre la décision 2, et ils ignorent même s'il sera possible de prendre cette décision 2.

Pourtant, avant de trancher la décision 1, il faut considérer les décisions ultérieures, donc la décision 2.

On part donc de la dernière décision pour remonter vers la décision actuelle.

Dans le Tableau 1, nous analysons, dans le cadre de l'exemple, la décision 2. On calcule pour chaque alternative possible l'espérance de bénéfice total.

Tableau 1 : Décision 2

Choix	Evénement	Probabilité (1)	Bénéfice total sur 9 ans (2)(en millions de fr.)	Valeur probable (1) x (2) (en M.de fr)
1. Nouvelle chaîne de production	succès	0,86	19,8	17,03
	échec	0,14	2,7	<u>0,38</u>
				17,41
			Investissement: -	<u>10,00</u>
				7,41
2. Ancienne chaîne de production aménagée	succès	0,86	10,8	9,29
	échec	0,14	3,6	<u>0,50</u>
				9,79
			Investissement: -	<u>3,00</u>
				6,79

On constate que, pour les neuf ans restants, l'espérance de bénéfice total de la première alternative - nouvelle chaîne de production - est supérieure de 620.000 fr à celle de la seconde alternative - aménagement de la chaîne de production existante.

- Si la maximisation de l'espérance de bénéfice total est retenue comme critère de décision valable, la première alternative présentée par la décision 2 - lancement d'une nouvelle chaîne de production - serait choisie par les responsables s'ils avaient à prendre la décision 2 sur base de l'information actuelle. Cette alternative offre, en effet, le bénéfice total espéré le plus élevé (7.410.000 fr). Pour cette raison, on appelle cette valeur la "valeur de position" de la décision 2.

Remarquons que la maximisation de l'espérance de bénéfice total s'applique comme un critère "mécanique", mais rien n'exclut un choix tout à fait différent au moment effectif de la décision. Afin de procéder à l'analyse de la décision 1, nous "renvoyons en arrière" cette valeur de position de la décision 2. Elle intervient dans le calcul de l'espérance de bénéfice total de chacune des alternatives possibles de la décision 1, comme le montre le tableau 2.

Tableau 2 : Décision 1

Choix	Evénement	Probabilité (1)	Bénéfice total (2) (en millions fr)	Valeur probable(1)x(2) (en M.de fr)
1. Lancement d'une nouvelle chaîne de production	succès	0,6	30	18,00
	succès/échec	0,1	7,5	0,75
	échec	0,3	5	<u>1,50</u>
				20,25
			Investissement:	<u>-10,00</u>
				10,25
2. Effectuer les tests	positif	0,7	8,41*	5,89
	négatif	0,3	0,50	<u>0,15</u>
				6,04
			Investissement:	<u>-2,00</u>
				4,04

* Cette valeur résulte de l'addition du gain obtenu lorsque le test est positif (1 million) et de la valeur de position de la décision 2 (7.410.000 fr), déterminée dans le tableau 1.

Sur base du critère retenu, la première alternative de la décision 1 - lancement d'une nouvelle chaîne de production - se recommande; elle donne, en effet, le bénéfice total espéré le plus élevé (10.250.000 fr).

C'est la procédure du "retour en arrière" qui permet de prendre en considération toutes les conséquences d'une décision possible.

b) Introduction de l'actualisation

- Le temps qui sépare deux décisions successives peut être important. Dès lors, on peut être amené à comparer des résultats qui se situent à des moments différents du temps. Cette comparaison est possible grâce à la technique de l'actualisation qui, par l'application d'un taux d'actualisation, permet de définir la valeur actuelle de résultats situés à des moments différents du temps.(7)

L'analyse de l'arbre de décision procède étape par étape; dès lors, pour chaque étape, on actualise les flux monétaires et la valeur de position finale de cette étape, sur base d'un taux d'actualisation déterminé exprimant le coût du capital.

- On applique à tous les revenus le facteur d'actualisation $(1+i)^{-t}$. Cela peut se faire année par année, mais une formule plus directe donne la valeur actuelle d'une annuité de t , termes annuels de 1 fr: $\frac{1 - (1+i)^{-t}}{i}$ (cette formule n'est applicable que dans le cas d'annuités constantes).(8)

- Introduisons l'actualisation dans notre exemple.

Le Tableau 3 présente le calcul de l'espérance de bénéfice total actualisé, pour chaque alternative de la décision 2, compte tenu d'un taux d'actualisation fixé à 10 % ($i = 10\%$).

(7) Cette technique de l'actualisation a été présentée dans la Première Partie, chapitre V, section 2.

(8) On trouve dans les tables financières la valeur de cette formule pour les différents taux d'actualisation.

Tableau 3 : Décision 2

Choix	Evénement	Probabilité (1)	Bénéfice total actualisé (2) (en millions)	Valeur probable actualisée (1) x (2)
1. Nouvelle chaîne de production	succès	0,86	$2,2x \frac{1-(1,1)^{-9}}{0,1}$	10,90
	échec	0,14	$0,3x \frac{1-(1,1)^{-9}}{0,1}$	0,24
			Investissement:	11,14 -10,00
				1,14
2. Chaîne de production existante aménagée	succès	0,86	$1,2x \frac{1-(1,1)^{-9}}{0,1}$	5,94
	échec	0,14	$0,4x \frac{1-(1,1)^{-9}}{0,1}$	0,32
			Investissement	6,26 -3,00
				3,26

- Si on retient le critère de la maximisation de l'espérance de bénéfice total actualisé, la seconde alternative de la décision 2 - aménagement de la chaîne de production existante - se recommande et la "valeur de position" au point de décision 2 est de 3.260.000 fr.

- Remontons maintenant à la décision 1; le Tableau 4 présente le calcul de l'espérance de bénéfice total actualisé pour chaque alternative de la décision 1.

* Pour $i = 0,1$ et $t = 9$, on a :

$$\frac{1 - (1+i)^{-t}}{i} = \frac{1 - (1,1)^{-9}}{0,1} = 5,76.$$

Tableau 4 : Décision 1

Choix	Evénement	Probabilité (1)	Bénéfice total actualisé (2) (en millions de fr)	Valeur pro- bable actu- alisée (1) x (2) (en millions)
1. Nouvelle chaîne de pro- duction	succès	0,6	$3x \frac{1-(1,1)^{-10}}{0,1} *$	11,05
	succès/échec	0,1	$\left[3x \frac{1-(1,1)^{-1}}{0,1} \right] +$	0,54
			$\left[\left(0,5x \frac{1-(1,1)^{-9}}{0,1} \right) (1,1)^{-1} \right]^{**}$	
	échec	0,3	$0,5x \frac{1-(1,10)^{-10}}{0,1}$	0,92
			Investissement:	<u>12,51</u> <u>-10,00</u> <u>2,51</u> <u>=====</u>
2. Effec- tuer les tests avant de décider	positif	0,7	$\left[1x \frac{1-(1,1)^{-1}}{0,1} \right] +$	2,72
			$\left[3,26x (1,1)^{-1} \right]^{***}$	
	négatif	0,3	$0,5x \frac{1-(1,1)^{-1}}{0,1}$	0,14
			Investissement:	<u>2,86</u> <u>-2,00</u> <u>0,86</u>

* Pour $i = 0,1$ et $t = 10$: $\frac{1-(1+i)^{-t}}{i} = \frac{1-(1,1)^{-10}}{0,1} = 6,14.$

$i = 0,1$ et $t = 1$: $\frac{1-(1+i)^{-t}}{i} = \frac{1-(1,1)^{-1}}{0,1} = 0,91$

Rappelons que pour $i = 0,1$ et $t = 9$: $\frac{1-(1+i)^{-t}}{i} = \frac{1-(1,1)^{-9}}{0,1} = 5,76.$

** Cette valeur est obtenue par la sommation de :

1) résultat de la première année: $\left[3x \frac{1-(1,1)^{-1}}{0,1} \right]$

2) résultat des 9 autres années
(actualisé à l'année 1): $\left[0,5x \frac{1-(1,1)^{-9}}{0,1} \right], \dots\dots$

- Sur base du critère retenu, la décision 1 oriente vers l'installation d'une nouvelle chaîne de production. Cette alternative présente, en effet, le bénéfice total actualisé le plus élevé (2.510.000 fr).

- Au moment de la décision, il importe de se replacer dans le cadre concret de l'entreprise; les résultats chiffrés peuvent servir de guide, d'indicateur. Il est nécessaire d'"habiller" un chiffre objectif, car nous devons garder présents à l'esprit les simplifications et les jugements subjectifs qui sont à la base de son élaboration.

L'arbre de décision n'envisage qu'un nombre limité d'étapes; il ne considère les variations que d'un seul facteur (demande); et les choix de nature effectués sont fort tranchés (succès ou échec). D'autre part, le critère de choix retenu est critiquable, il ne considère qu'une seule valeur et non l'ensemble des résultats possibles.

Les revenus et les coûts des différentes alternatives sont considérés en fonction des choix de nature. Les probabilités attribuées aux choix de nature sont purement subjectives et peuvent donner une mauvaise représentation des risques. De plus, le problème de la détermination d'un taux d'actualisation correct, qui peut influencer fortement la décision, reste posé.

Ces différents éléments nous incitent à une grande prudence au niveau de l'interprétation des résultats de l'analyse.

... ramené à la décision 1 (année 0) : $\left[(0,5 \times \frac{1-(1,1)^{-9}}{0,1}) (1,1)^{-1} \right]$

*** Cette valeur est obtenue par la sommation de:

1) résultat de la première année: $\left[1 \times \frac{1-(1,1)^{-1}}{0,1} \right]$

2) valeur de position de la décision 2 (actualisée à l'année 1) ramenée à la décision 1 (année 0) :

$$\left[3,26 \times (1,1)^{-1} \right].$$

3. Prolongement bayésien

Il est certain que si les responsables de la décision disposaient d'une information parfaite, il y a des choix qui ne seraient pas envisagés.

La comparaison des résultats obtenus sur base de l'information parfaite et de ceux obtenus à partir de l'information réduite actuellement à notre disposition, permet d'évaluer la différence au niveau des conséquences de la décision.

Sur cette base, on peut juger de l'opportunité de consacrer du temps et d'affecter des ressources à l'amélioration de l'information existante.

Le déroulement de "l'analyse bayésienne" (9) se présente comme suit:

a) Au terme d'une analyse préalable, les responsables de la décision affectent des probabilités aux différents événements possibles. Ces probabilités de réalisation des solutions incertaines peuvent être estimées par recherche. Ainsi, les chances de succès ou d'échec peuvent être estimées objectivement au moyen de l'analyse statistique des variations de la demande. La possibilité pour le marché d'un produit proposé d'avoir telle dimension ou telle autre peut s'estimer à partir des données d'études du marché. Ou bien encore, ces probabilités peuvent être estimées "subjectivement" par la confrontation des vues des différents cadres concernés,...

Dans l'arbre de décision considéré au début de cette section, on obtient, au terme de l'analyse préalable, les estimations suivantes: la probabilité de succès est 0,6, celle d'un succès suivi d'échec 0,1 et celle de l'échec 0,3. Ces valeurs interviennent dans le calcul du bénéfice total espéré des différentes alternatives.

(9) J.F. MAGEE envisage l'application de la méthode bayésienne à l'arbre de décision dans: "How to use Decision Trees in Capital Investment", Harvard Business Review, vol 42, n° 5, september-october 1964.

b) L'entreprise peut envisager la possibilité et la nécessité de procéder à quelques recherches supplémentaires sur la capacité du marché, afin de permettre une révision du jugement préalable porté sur les probabilités des événements: succès, échec. Cette recherche supplémentaire risque d'être onéreuse pour l'entreprise; elle exige des ressources financières, du temps, du personnel qualifié,...

La tâche première de l'entreprise est de chiffrer, d'estimer le coût de cette recherche. Cela, dans le but d'opérer la comparaison entre le coût de la recherche et les avantages possibles à en retirer; et de déterminer ainsi s'il y a ou non un avantage potentiel à rechercher une information plus complète.

- Il est utile d'effectuer un test de validité de la recherche supplémentaire.

Ainsi, dans l'exemple de l'arbre de décision considéré précédemment, les responsables sont en mesure de fournir des estimations relatives aux possibilités de succès des recherches nouvelles (tableau 5).

Tableau 5

Chances que la recherche donne un résultat positif	Situation de la demande
75 %	demande forte (succès)
50 %	demande forte (succès)/demande faible (échec)
10 %	demande faible (échec)

- Grâce à ces estimations supplémentaires, nous pouvons reconsidérer l'estimation des probabilités des différents événements

possibles (succès, échec), en appliquant le théorème de Bayes(10). Ce théorème permet l'expression de probabilités conditionnelles. Considérons une suite d'événements qui s'excluent mutuellement deux à deux et qui, dans leur ensemble, sont parties constitutives de la certitude.

Désignons ces événements par $E_1, E_2, E_3, \dots, E_n$.

Soit encore $P(E_1), P(E_2), P(E_3), \dots, P(E_n)$, les probabilités respectives de ces événements.

On apprend qu'un événement A est arrivé. On demande de calculer la probabilité: $P(E_i:A)$.

Cette probabilité est donnée par

$$P(E_i:A) = \frac{P(E_i) \cdot P(A:E_i)}{\sum_{i=1}^n P(E_i) \cdot P(A:E_i)}$$

Dans le cadre de l'arbre de décision considéré au début de cette section :

soient S, le succès sur toute la durée du projet,

M, le succès initial suivi de l'échec,

E, l'échec sur toute la durée du projet,

et

F, le résultat favorable de la recherche,

D, le résultat défavorable de la recherche

Appliquons la formule dans les différents cas possibles :

(10) En ce qui concerne le théorème de Bayes, voir notamment :

W. ALDERSON et P.E. GREEN, "Planning and Problem Solving in Marketing", Homewood, Ill - R.D. Irwin Inc - 1964, Chapitre V.

- 1) Si le résultat de la recherche est favorable, les chances de :
- a) succès total, $P(S : F)$.

$$P(S:F) = \frac{P(F:S) P(S)}{P(F:S) P(S) + P(F:M) P(M) + P(F:E) P(E)}$$

$$P(S:F) = \frac{0,75 \times 0,6}{0,75 \times 0,6 + 0,5 \times 0,1 + 0,10 \times 0,30}$$

$$P(S:F) = \frac{0,45}{0,53} = 0,85$$

- b) succès initial suivi d'échec, $P(M:F)$
de la même manière $P(M:F) = \frac{0,05}{0,53} = 0,09$

- c) échec total, $P(E:F)$
de la même manière $P(E:F) = \frac{0,03}{0,53} = 0,06$

- 2) Si le résultat de la recherche est défavorable, les chances de

- a) succès total, $P(S:D)$

$$P(S:D) = \frac{P(D:S) P(S)}{P(D:S) P(S) + P(D:M) P(M) + P(D:E) P(E)}$$

$$P(S:D) = \frac{0,25 \times 0,6}{0,25 \times 0,6 + 0,5 \times 0,1 + 0,9 \times 0,3}$$

$$P(S:D) = \frac{0,15}{0,47} = 0,32.$$

- b) succès initial suivi d'échec, $P(M:D)$
de la même manière $P(M:D) = \frac{0,05}{0,47} = 0,11$

- c) échec total $P(E:D)$
de la même manière $P(E:D) = \frac{0,27}{0,47} = 0,57$

- 3) Les chances d'un résultat positif de la recherche $P(F)$, sont données par :

$$P(F) = P(F:S) \cdot P(S) + P(F:M) \cdot P(M) + P(F:E) \cdot P(E)$$

$$P(F) = 0,75 \times 0,6 + 0,5 \times 0,1 + 0,10 \times 0,3$$

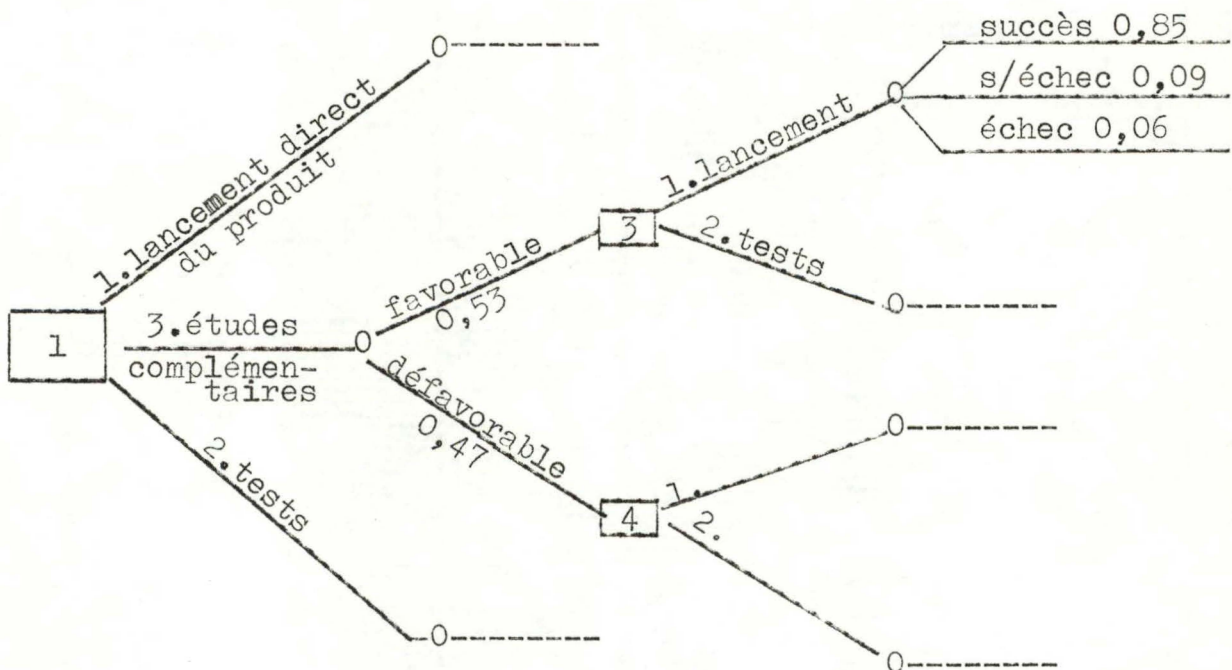
$$\underline{P(F) = 0,53}$$

La différence entre l'estimation de la probabilité de 0,53 pour que la recherche indique le succès et l'estimation de la probabilité de succès 0,60, réalisée par les responsables, indique l'affinement de la probabilité avancée par les responsables au début de l'analyse. Cela permet également de dégager l'amélioration et ce qu'il en coûte, avant d'engager l'étude.

c) Maintenant, introduisons cette recherche supplémentaire dans le déroulement séquentiel de la décision et constatons son influence sur l'exactitude de la décision.

La direction dispose d'une possibilité de solution supplémentaire et on peut aménager l'arbre de décision en conséquence. (fig. 3)

Fig. 3



Si la troisième alternative de la décision 1 est retenue, les options de la décision sont les alternatives 1 et 2, au point de décision 3, pour un résultat favorable des études complémentaires; ou des alternatives 1 et 2 au point de décision 4, pour un résultat défavorable des études complémentaires.

L'arbre de décision n'en est pas compliqué pour autant, car la partie de l'arbre qui se trouve après le point de décision 3 ou 4 n'est qu'une reproduction de l'arbre initial avec seulement un changement des estimations de probabilités.

L'estimation des probabilités est modifiée pour refléter les résultats de la recherche et leur valeur estimée.

On reprend le calcul de l'évaluation du bénéfice total espéré présenté par chaque alternative.

On calcule les valeurs de position aux différents points de décision, pour finalement les intégrer dans le calcul des bénéfices totaux espérés des alternatives de la décision 1.

On est en mesure de constater l'influence de la recherche sur l'espérance de bénéfice total de la décision et sur la réduction des incertitudes.

Section 4 - CONCLUSIONS

- Par rapport à l'analyse du risque, la méthode de l'arbre de décision présente une analyse en mouvement. Elle se caractérise par son aspect séquentiel (on procède étape par étape) et par les possibilités offertes de révision et d'adaptation des problèmes. Le cheminement et les décisions retenues le sont en vue de permettre la décision actuelle, mais rien n'est figé, on pourra faire tout autre chose dans l'avenir.

L'arbre de décision envisage l'interaction réciproque de l'analyse et de la prise de décision, du présent et du futur.

- Le choix de l'action repose sur le critère de l'espérance d'un profit actualisé pour une suite de décision. Il s'agit cependant d'une espérance mathématique d'un genre tout à fait

particulier puisqu'elle tient compte des possibilités de cheminement (on fait des choix en cours d'analyse).

L'approche par l'arbre de décision souffre des lacunes du critère de l'espérance mathématique, elle donne une valeur moyenne mais ne fournit pas d'information relative à l'étendue des résultats possibles de la décision, c'est-à-dire les probabilités ou les risques associés à ces résultats. Il serait intéressant de pouvoir considérer une certaine distribution de probabilités des résultats.

- La portée de l'analyse de l'arbre de décision est limitée par de nombreuses simplifications.

On n'envisage les variations que d'un seul facteur: la demande sur le marché. Dans la réalité, un grand nombre de variables influencent la décision (coût de l'investissement, coûts d'exploitation, prix,...); il faudrait pouvoir les introduire et considérer leurs effets sur l'évaluation des résultats.

Notre attitude face aux choix de nature n'est guère nuancée; ainsi, pour la demande, on envisage uniquement deux possibilités: la demande est "forte" ou "faible". En fait, les événements incertains varient souvent d'une façon continue. En considérant les distributions de probabilités de ces événements, ou à défaut en découpant en "classes" plus étroites, on présente un arbre de décision plus réaliste, mais aussi plus complexe et dont le traitement nécessite le recours à la simulation et à l'ordinateur. On est amené, dans l'arbre de décision, à ne retenir qu'un nombre limité d'étapes, dans le but d'éviter une trop grande complexité. L'arbre de décision peut être développé et admettre des modifications, mais si on introduit trop d'étapes de décision et trop de variables, il devient vite très complexe et la charge des informations, des probabilités à fournir devient prohibitive.

- Signalons l'approche présentée par Hespos et Strassmann(11)

(11) R.F. HESPOS et P.A. STRASSMANN, "Stochastic Decision Trees for the Analysis of Investment Decisions", Management Science, vol II, n° 10, August 1965, pp. B244-B259.

qui combine les avantages de l'analyse du risque et de l'arbre de décision: l'arbre de décision "stochastique".

Une distribution de probabilités est associée à chaque état de nature et, à l'aide de la simulation, on évalue les distributions de probabilités correspondantes aux différentes alternatives possibles.

La combinaison des différentes distributions permet de décider sur base d'une distribution de probabilités des résultats, donc en tenant compte explicitement des risques.

Cette approche répond bien aux critères de l'analyse du risque et de l'arbre de décision, mais il est difficile de la mettre en oeuvre valablement dans la pratique.

Chapitre IV - LE RISQUE GLOBAL

Section 1 - Approche empirique

Section 2 - Les répercussions d'un investissement

Section 3 - Conclusions

Section 1 - APPROCHE EMPIRIQUE

- Au cours des chapitres précédents, nous avons considéré différentes méthodes, permettant une analyse des projets d'investissement en tenant compte de l'incertitude, dans le but de permettre une décision en meilleure connaissance de conséquences. Mais nous n'avons peut-être pas assez insisté sur le fait que le risque ne doit pas seulement être envisagé au niveau du projet isolé, ou d'une suite de projets, mais bien au niveau de l'ensemble des activités de l'entreprise considérée comme un "tout". Dans cette voie, on envisage l'application de l'analyse du risque à un stade plus élevé, généralisée à l'entreprise.

L'objectif est d'élaborer une distribution de probabilités du bénéfice actualisé de l'ensemble de l'entreprise, résultant de la combinaison des distributions de probabilités du bénéfice actualisé, non seulement des projets d'investissement possibles, mais aussi des activités courantes de l'entreprise (c'est-à-dire des investissements passés). Ces distributions sont liées aux états de nature qui affectent les projets d'investissement et les activités de l'entreprise.

Si cette approche est relativement aisée à décrire, au niveau de son application pratique, on se heurte à une grande complexité et on se situe ici dans le domaine de la recherche (modèles applicables à la gestion de portefeuille).

Pour envisager le risque au niveau de l'entreprise entière, on adopte une optique de "bon sens", on considère l'ensemble de la rentabilité de l'entreprise en relation avec le risque couru et les facteurs dont il dépend.

- Inspirons-nous de la démarche de l'analyste financier confronté au problème de la composition de son portefeuille. Il existe une certaine analogie entre la situation de l'entreprise face aux choix des investissements et celle du financier face à la composition de son portefeuille.

Deux motivations principales guident le comportement du financier: le rendement et la sécurité.

Pour assurer cette sécurité, le financier ne fuit pas le risque, il cherche plutôt à équilibrer les risques.

Mais pour l'entreprise, il n'est guère possible d'équilibrer les risques en diversifiant de la même manière que l'actionnaire, sans compromettre l'avantage que lui procure la spécialisation. Elle peut toutefois s'inspirer de la démarche de l'actionnaire tout en préservant les avantages de la spécialisation, en évitant que toutes ses activités ne soient simultanément sensibles aux mêmes états de nature.

- Nous allons apporter aux choix des investissements un éclairage nouveau; il ne s'agit pas tellement de comparer différents projets d'investissement entre eux, mais plutôt de dégager l'impact d'un investissement dans le cadre concret de l'ensemble de l'entreprise.

Section 2 - LES REPERCUSSIONS D'UN INVESTISSEMENT

L'investissement n'est pas un acte isolé, et lorsque nous parlons de rentabilité, d'incertitude à propos d'un projet particulier, nous ne devons pas pour autant perdre de vue que la seule véritable rentabilité, incertitude, se situe au niveau de l'entreprise.

A l'aide de quelques exemples simples, nous allons expliciter cet aspect de "risque global".(1)

(1) Cette section s'appuie sur:

H . BIERMAN Jr et S. SMIDT, "The Capital Budgeting Decision", London, Collier, Mac Millan Student Edition, 1967, chapitre 16, pp. 331 et ss.

a) Imaginons le cas d'une entreprise de confection, dont l'activité principale est orientée vers les cotonnades. L'entreprise réalise de bonnes affaires, mais elle est confrontée à une demande très aléatoire du fait de son étroite dépendance par rapport au temps durant la saison d'été.

La situation actuelle de l'entreprise est décrite dans la première partie du Tableau 1; A et B symbolisant les composantes de l'état de nature (temps).

Tableau 1

	Etat de nature	Probabilités (1)	Cash flow (2)	(1) x (2)
situation actuelle	A.(beau temps)	0,5	1.000	500
	B.(mauvais t.)	0,5	- 500	- 250
			Esp.math.:	250
nouvel investissement	C.(favorable)	0,5	1.000	500
	D.(défavorable)	0,5	- 500	- 250
			Esp.math.:	250
combinaison des deux situations précédentes	AC	0,25	2.000	500
	AD	0,25	500	125
	BC	0,25	500	125
	BD	0,25	- 1.000	- 250
			Esp.math.:	500

Diverses opportunités d'investissement s'offrent à l'entreprise, elle décide d'adjoindre à sa production de cotonnades celle des "bijoux" ou de "gadgets".

Cet investissement nouveau ne dépend plus de l'état de nature, temps, mais est lié au phénomène de la mode, qui présente les

deux composantes C (favorable) et D (défavorable). La prévision relative à cet investissement est reprise dans la deuxième partie du tableau 1.

La dernière partie du tableau 1 nous donne la distribution de probabilités des résultats combinés des deux situations.

Nous constatons que, dans cet exemple, étant donné l'indépendance des deux situations, leur combinaison conduit à une mise en commun, à un équilibre des risques associés aux projets individuels. Nous constatons que l'espérance mathématique et sa probabilité sont doublées, tandis que la probabilité des cas extrêmes est réduite de moitié.

b) Pour faire face à la situation, l'entreprise peut opter pour une autre possibilité d'investissement. Elle nourrit l'espoir d'introduire sur le marché la "robe d'été en papier". Techniquement, le projet est valable, la robe est solide et résiste même à l'humidité, les couleurs et les motifs sont rendus de façon très lumineuse; commercialement, le projet est également acceptable, car le prix est relativement bas (la moitié du prix normal de l'article correspondant); il permet de suivre la mode de très près et, de plus, cela va permettre la conquête d'une nouvelle part de marché vis-à-vis des concurrents ne disposant que de l'article traditionnel.

Dans le tableau 2, nous voyons que les deux situations sont liées à l'état de nature "temps" et la nature de la dépendance est exactement la même pour les deux cas.

Lorsque nous combinons les deux projets, il n'y a pas d'équilibre des risques. L'espérance mathématique de la combinaison est le double de celle des projets individuels; cela est également vrai pour les résultats maximum et minimum possibles.

La probabilité de 0,5 attachée aux résultats possibles des situations individuelles ne varie pas lorsque l'on réalise leur combinaison. Pour l'entreprise, l'opération semble profitable

puisque'elle lui permet de doubler les bénéfices attendus; mais, d'autre part, les risques sont considérablement aggravés, si l'on considère la succession de deux mauvaises saisons, avec une probabilité non négligeable de 0,25, on enregistre un flux de -2.000. En fait, dans cette situation, il y a une aggravation du risque que l'entreprise ne peut supporter.

Tableau 2

	Etats de nature	Probabilité (1)	Cash flow (2)	(1) x (2)
situation actuelle	A (bon temps)	0,5	1.000	500
	B (mauvais t)	0,5	- 500	- 250
			Esp.math.:	250
nouvel investiss. ("robes papier")	A (bon temps)	0,5	1.000	500
	B (mauv.t.)	0,5	- 500	- 250
			Esp.math.:	250
combinaison "robe papier" + article traditionnel	A	0,5	2.000	1.000
	B	0,5	-1.000	- 500
			Esp.math.:	500

c) Une autre orientation possible s'offrant à l'entreprise est d'adjoindre à la production actuelle de cotonnades la production de "vêtements de pluie".

Le tableau 3 schématise cette situation.

Tableau 3.

	Etat de nature	Probabilité (1)	Cash flow (2)	(1) x (2)
situation actuelle	A (bon temps)	0,5	1.000	500
	B (mauv.t.)	0,5	- 500	- 250
			Esp.math.:	250
nouvel investiss. (vêtements de pluie)	A	0,5	- 500	- 250
	B	0,5	1.000	500
			Esp.math.:	250
combinaison "vêtements de pluie" + article traditionnel	A	0,5	- 500	- 250
	B	0,5	500	250
			Esp.math.:	500

Les deux situations sont liées au même état de nature, mais la nature de la dépendance est différente. Par rapport à la situation actuelle, le nouvel investissement réagit inversement aux composantes A ou B de l'état de nature.

Pour les projets individuels, les résultats attendus sont égaux à 250.

Lorsque nous les combinons, nous trouvons que non seulement le résultat attendu est de 500, mais qu'il s'agit du seul résultat possible. Si cette nouvelle situation limite le profit à 500, elle n'en garantit pas moins le même profit à l'entreprise, indépendamment du fait que l'état de nature est caractérisé par A ou par B.

Cet investissement nouveau peut être considéré comme un investissement "défensif" vis-à-vis de la situation actuelle. Joindre la "défensive" à la situation actuelle atténue fortement le risque associé à cette combinaison.

d) Nous irons même plus loin; en effet, il y a des projets "défensifs" dont l'espérance mathématique est négative et qui pourtant sont considérés par les investisseurs.

Ainsi, le tableau 4 décrit la situation de l'entreprise qui estime nécessaire d'associer à sa production de cotonnades celle des "tricots".

Tableau 4

	Etat de nature	Probabilité (1)	Cash flow (2)	(1) x (2)
situation actuelle	A (bon temps)	0,5	1.000	500
	B (mauv.t.)	0,5	- 500	- 250
			Esp.math.:	250
nouvel investiss. ("tricots")	A	0,5	- 550	- 275
	B	0,5	500	250
			Esp.math.:	- 25
combinaison cotonnades et "tricots"	A	0,5	450	225
	B	0,5	0	0
			Esp.math.:	225

L'espérance mathématique du nouvel investissement est négative, - 25. Cependant, cet investissement est "défensif" par rapport à la production habituelle de l'entreprise.

Lorsque le plan d'activité actuel se solde par un déficit important, ce projet produit des bénéfices appréciables.

La combinaison des deux projets présente une espérance mathématique de 225, égale à la somme des espérances mathématiques individuelles. La combinaison réduit ainsi le gain possible, mais elle permet d'éliminer la possibilité de perte. Et l'entreprise peut adopter cette solution.

Sous plusieurs aspects, le nouvel investissement est analogue à une "police d'assurance". Dans le cas d'une assurance, on estime que l'espérance d'un dédommagement a une utilité supérieure à sa valeur monétaire.

e) Lorsque nous comparons différents investissements, il est possible que certaines composantes d'états de nature soient pertinentes pour tous les investissements et que d'autres n'affectent qu'un investissement particulier.

Le tableau 6 présente d'une part un investissement, I_1 , déjà en cours de réalisation au sein de l'entreprise et lié à la surveillance des composantes A ou B d'un état de nature; d'autre part, un nouvel investissement, I_2 . Le tableau 5 montre que cet investissement, I_2 , résulte de la combinaison de deux projets, p_1 et p_2 , n'ayant en commun aucune composante des états de nature qui les caractérisent. Ces deux projets, p_1 et p_2 , sont indépendants par rapport aux états de nature.

Tableau 5

	Etats de nature	Probabilité (1)	Cash flow (2)	(1) x (2)
p_1	A	0,5	1.000	500
	B	0,5	- 500	- 250
			Esp.math.:	<u>250</u>
p_2	C	0,5	1.000	500
	D	0,5	- 500	- 250
			Esp.math.:	<u>250</u>

La rentabilité de l'investissement I_2 dépendra de la survenance de A ou de B, mais aussi de celle de C ou D.

La survenance de A ou de B affecte I_1 et I_2 , alors que la survenance de C ou de D ne concerne que I_2 .

Tableau 6

	Etat de nature	Probabilité (1)	Cash flow (2)	(1) x (2)
Investiss. existant I_1	A	0,5	3.000	1.500
	B	0,5	- 1.500	- 750
			Esp.math.:	750
Investiss. nouveau I_2	AC	0,25	2.000	500
	AD	0,25	500	125
	BC	0,25	500	125
	BD	0,25	- 1.000	- 250
			Esp.math.:	500
Investiss. combinés (I_1 et I_2)	AC	0,25	5.000	1.250
	AD	0,25	3.500	875
	BC	0,25	- 1.000	- 250
	BD	0,25	- 2.500	- 625
			Esp.math.:	1.250

Dans la troisième partie du tableau 6, la combinaison des investissements offre quatre cas possibles. Il est clair que si le nombre des investissements et des états de nature augmente, on sera vite dans l'impossibilité d'analyser en détail les investissements combinés.

Il est intéressant de voir jusqu'à quel point nous pouvons simplifier notre analyse, sans pour cela négliger la prise en considération d'un maximum d'informations importantes.

Le tableau 7 est simplement une présentation simplifiée de la troisième partie (investissements combinés) du tableau 6.

On calcule les résultats de la combinaison des investissements I_1 et I_2 , uniquement en fonction des composantes A et B de l'état de nature.

Tableau 7

	Etat de nature	Probabilité (1)	Cash flow (2)	(1) x (2)
Investiss. combinés (I_1 et I_2)	A	0,5	4.250	2.125
	B	0,5	- 1.750	- 875
			Esp.math.:	1.250

L'investissement combiné a une espérance mathématique de 1.250 et des résultats conditionnels possibles de 4.250 et de - 1.750 pour A ou B.

En considérant la combinaison détaillée (tableau 6, troisième partie), on constate que si A survient, le résultat possible est 5.000 ou 3.500; il diffère de la valeur conditionnelle (4.250) de plus ou de moins 750.

Si B survient, le résultat possible est - 1.000 ou - 2.500; il diffère de la valeur conditionnelle (- 1.750) de plus ou moins 750.

Le fait de ne prendre en considération que les composantes des états de nature communes aux deux investissements, nous permet de simplifier l'analyse, mais provoque l'abandon de certaines informations.

Il est bon de veiller à ce que toutes les activités de l'entreprise ne soient pas sensibles au même état de nature à la fois, cela est préjudiciable à la rentabilité et à la sécurité.

f) Pour conclure, nous pouvons suggérer l'approche suivante afin d'évaluer l'effet d'un nouvel investissement sur l'ensemble des activités de l'entreprise.

On procède à une analyse du nouvel investissement et de la situation existante de l'entreprise et on tente d'identifier les états de nature communs aux deux situations.

En s'inspirant de l'optique "maximin", l'entreprise doit veiller à ce que les résultats défavorables ne dépendent pas simultanément d'un même événement. Il faut se garder de mettre "tous ses oeufs dans le même panier", car si le "panier" tombe, d'une part le critère de rentabilité n'est pas satisfait et, d'autre part, ce qui est beaucoup plus grave, l'entreprise risque de disparaître.

La gravité des conséquences, qui dépend aussi de la firme, de sa dimension, de ses objectifs, doit inciter la firme à la prudence. Et nous constatons que, actuellement, de plus en plus même les grandes entreprises (aéronautiques, électroniques, automobiles,..) sont vulnérables et sont très sensibles aux risques et aux conséquences inhérentes à toute décision d'investissement.

Section 3 - CONCLUSIONS

Le "risque global" au niveau de l'entreprise est, en fait, un problème d'appréciation.

Pour une entreprise, des risques tolérables pour des projets isolés peuvent s'avérer excessifs s'ils renforcent les risques encourus pour d'autres activités du programme d'ensemble. Des projets pris isolément peuvent être rejetés parce que jugés trop risqués, pas assez rentables, mais, incorporés dans le programme d'ensemble de l'entreprise, ils peuvent être bien plus intéressants si leurs caractéristiques de risque sont complémentaires.

Pour des investissements qui paraissent peu rentables, plus risqués, comme les investissements de recherche, de prospection, de nouveaux produits, il ne serait plus nécessaire de leur réserver une catégorie spéciale, pour les soustraire à la concurrence d'autres projets apparemment plus rentables et moins risqués, si nous parvenions à inclure cet aspect de "risque global".

TROISIEME PARTIE

CONCLUSIONS

- L'incertitude est omniprésente dans la vie des entreprises. Dans l'investissement, elle est particulièrement importante, étant donné les caractéristiques de celui-ci. Investir, c'est s'engager à long terme, d'où le caractère d'inflexibilité de l'investissement. Les ressources financières, humaines, matérielles, qu'un investissement requiert, sont très importantes. Et le fait d'investir ou de ne pas investir engendre de graves conséquences.

L'incertitude est grave, mais on ne peut espérer y apporter une solution absolue et radicale; il faut tendre vers une amélioration de notre connaissance par l'analyse des conséquences de l'incertitude sur la décision.

Cette analyse permet d'orienter la décision vers les investissements rentables, réalisables par rapport aux ressources de l'entreprise et conformes à ses objectifs. L'entreprise peut ainsi éviter de se lancer dans des projets trop risqués, trop dangereux et envisager certaines mesures d'assurance. L'analyse des conséquences permet de déterminer les points sensibles où ces mesures d'assurance s'imposent: quel projet, quelle partie de projet; de même, elle permet d'estimer le prix à payer, en ressources, en temps pour réaliser ces mesures d'assurance.

- Dans une première partie, nous avons considéré différents critères de choix des investissements: période de remboursement, bénéfice actualisé, taux de rendement interne.

Ces critères sont envisagés dans le cadre d'un univers déterministe. On raisonne comme si tous les paramètres sont connus et certains. On n'accorde pas d'attention à l'incertitude, ne lui réservant souvent qu'un jugement de valeur, un jugement qualitatif peu précis.

La période de remboursement est largement utilisée dans la pratique. En orientant le choix vers des investissements de courte durée, elle tend à réduire le risque. Un projet à courte période présente généralement moins de risques.

Quant aux critères recourant à l'actualisation, bien que ce ne soit pas leur fonction, ils apportent accessoirement un certain correctif, dévaluant les flux éloignés dans le temps, ceux qui probablement sont aussi les plus incertains.

- La théorie de la décision apporte un certain nombre de critères de choix objectifs, c'est-à-dire indépendants de la personne qui doit choisir. Mais ces critères doivent être complétés par des considérations subjectives pour être applicables. Les démarches de la théorie de la décision trouvent difficilement une application opératoire, mais elles donnent un cadre cohérent dans lequel pourraient être placées les autres méthodes.

- Parmi les méthodes opératoires proposées récemment, l'analyse du risque présente une distribution de probabilités des résultats possibles, distribution qui résulte de la combinaison des distributions des différentes variables ayant une influence sur la décision. De cette façon, on peut décider en meilleure connaissance de l'ensemble des conséquences, la décision repose sur l'ensemble des estimations réalisables.

Cette analyse donne l'information permettant d'éviter le risque et de se prémunir contre les risques nécessairement assumés.

- Dans cette même optique, l'arbre de décision permet de considérer le caractère séquentiel de la décision et envisage les possibilités d'adaptation en tenant compte explicitement de l'interaction réciproque du présent et du futur au niveau de la décision.

- Il convient aussi de replacer le projet d'investissement dans le programme d'ensemble de l'entreprise. Il faut viser la réalisation des objectifs de l'entreprise dans une limite de risque acceptée et décidée. Optera-t-on pour une forte rentabilité assortie d'un grand risque, ou pour une rentabilité plus faible mais avec un risque moindre ?...

Cela ne peut être envisagé par projet, mais pour l'ensemble des projets et des activités de l'entreprise englobés dans une optique de risque global.

L'appréciation du risque global dépend de la dimension, de la nature de l'activité de l'entreprise. En chiffre absolu, le risque est plus grave pour une petite entreprise, que pour une grande entreprise qui dispose d'une capacité financière supérieure, de possibilités d'action sur le marché. Mais, même les grandes entreprises sont vulnérables, pour elles aussi le risque est grave et essentiel pour leur existence.

- Le noeud de tout problème d'investissement est l'entreprise; c'est au sein de celle-ci qu'il doit être résolu. Mais, si l'on peut parler de l'entreprise d'une façon générale, dans chaque problème particulier, l'entreprise apparaît avec ses caractéristiques propres et uniques. Et c'est dans ce cadre bien déterminé qu'il faut mettre en oeuvre les différentes méthodes de choix. Les techniques envisagées ne peuvent pas être appliquées d'une façon absolue et automatique; il ne s'agit pas de "recettes" générales. Elles visent à préparer le choix, la prise de décision en fonction des caractéristiques propres à chaque cas particulier. Il ne faut pas perdre de vue que c'est le responsable de l'entreprise qui décide. C'est lui qui doit "oser", en respectant une prudence élémentaire et en réunissant le maximum d'informations utiles.

- Dans le cadre du choix des investissements, nous croyons utile d'insister sur ce que l'on peut appeler "les contraintes humaines".

Un certain nombre de personnes collaborent à des titres et degrés divers, à l'élaboration des décisions de l'entreprise. Ces personnes exercent une influence sur la décision et le choix des investissements; mais cette influence est difficilement mesurable et propre à chaque entreprise particulière. L'entreprise doit disposer

de cadres qualifiés pour appliquer les différentes méthodes et permettre un apprentissage de ces méthodes. Le travail collégial aide à ce que le cheminement soit perçu de tous.

Mais il arrive que certains facteurs, notamment d'ordre psychologique, rendent difficile une approche correcte et efficace des problèmes.

- Ces dernières années, sous la pression d'un monde dynamique dans lequel les mutations sont rapides, et grâce au développement des moyens de calcul, les méthodes de choix des investissements ont évolué rapidement.

Les méthodes que l'on pouvait seulement imaginer sont maintenant appliquées et leur expérimentation permet de les développer et de les approfondir.

L'usage des ordinateurs permet d'élaborer des procédures de choix plus complètes et plus efficaces, qui visent à surmonter les problèmes posés par l'incertitude, grâce à l'emploi des modèles de simulation.

Le développement des modèles de simulation permet d'envisager les conséquences de l'incertitude et d'intégrer des éléments et des désirs de l'investisseur actuellement encore inexprimables formellement.

La simulation est une méthode simple qui porte ses fruits lorsque l'analyse mathématique est bloquée. Nous pouvons considérer la simulation comme une facilité, une méthode "empirique" en opposition à l'analyse formelle. Mais, en fait, la simulation est aussi un moyen d'investigation au service de l'analyse et ouvrant la voie à une meilleure connaissance afin d'aboutir à une solution formelle et logique.

Il est nécessaire d'expérimenter, sans négliger de contrôler; le fruit direct en est un apprentissage du comportement, de l'organisation, inséré dans un monde économique mouvant et entaché d'incertitude, dans lequel s'intègre le choix des investissements.

- Le choix des investissements est le domaine des chercheurs et des praticiens, il demande en même temps prudence et bon sens, mais aussi enthousiasme et audace dans l'adaptation et l'expérimentation de nouvelles méthodes.

B I B L I O G R A P H I E

1. O u v r a g e s

2. A r t i c l e s

1. O u v r a g e s

ALDERSON W. et GREEN P.E.,

Planning and Problem Solving in Marketing,
Homewood, Ill - R.D. Irwin, Inc - 1964.

BELLMAN R.,

Adaptive Control Processes: A guided Tour,
Princeton, Princeton University Press, 1961.

BIERMAN H. Jr et SMIDT S.,

The Capital Budgeting Decision,
London, Collier, Mac Millan Student Editions, 2e éd., 1967 .

BLONDE D.,

La Gestion programmée, Pratique de la planification dans
l'entreprise privée,
Paris, Dunod, 1964.

BROWN R.G.,

Statistical forecasting for Inventory Control,
New-York, Mc Graw Hill, 1959.

DEAN J.,

Capital Budgeting,
New-York, Columbia University Press, 1951

DEAN J.,

Managerial Economics,
Englewood Cliffs, New-Jersey, Prentice-Hall, Inc - 1951.

DEPALLENS G.,

Gestion financière de l'Entreprise,
Paris, Sirey, 1965.

FARRAR D.E.,

The Investment Decision under Uncertainty,
Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1962.

LAMBIN J.J.,

La Décision Commerciale face à l'incertain,
Librairie Universitaire, Louvain,
Paris, Dunod, 1965.

LESOURNE J.,

Technique économique et gestion industrielle,
Paris, Dunod, 1958.

MASSE P.,

Le choix des Investissements,
Paris, Dunod, 1959.

MOTHES J.,

Prévisions et décisions statistiques dans l'entreprise,
Paris, Dunod, 1962.

PORTERFIELD J.T.S.,

Investment Decisions and Capital Costs,
Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1965.

RAIFFA H. et SCHLAIFER R.,

Applied Statistical Decision Theory,
Boston, Division of Research, Harvard Business School, 1961.

ROBICHEK et MYERS,

Optimal Financing Decisions,
Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1965.

ROSENTHIEL P. et GHOULLA-HOURI A.,

Les choix économiques - Décisions séquentielles et simulation,
Paris, Dunod, 1960.

SAVAGE L.J.,

The foundations of Statistics,
New-York, J. Wiley and Sons, 1954.

SCHLAIFER R.,

Analysis of Decisions under Uncertainty,
New-York, Mc Grw-Hill, 1969.

SOLOMON E.,

The Management of Corporate Capital,
New-York, The free press of Glencoe, 1959.

TERBORGH G.,

Dynamic Equipment policy,
New-York, Mc Graw-Hill, 1949.

TERBORGH G.,

MAPI replacement manual,
Chicago, 1959.

THRALL R.M.; COCHES C.H. et DAVIS R.L.,

Decision Processes,
New-York, J.Wiley and Sons, 1954.

VON NEUMANN J. et MORGENSTERN O.,

Theory of Games and Economic Behavior,
Princeton, Princeton University Press, 3e éd., 1953.

WILLIAM J.B. et SCOTT W.P.,

Investment proposals and decisions,
University of Manchester, 1965.

2. A r t i c l e s

ADELSON R.M.,

Criteria for Capital Investment: An Approach through Decision Theory,

Operational Research Quarterly, vol 16, n° 1, 1965, pp.19-50.

BERNHARD R.H.,

Discount Methods for Expenditure Evaluation - A Clarification of their Assumptions,

Journal of Industrial Engineering, Jan-Feb.1962, pp.19-27.

BREWER W.,

Decisions under Uncertainty,

The Quarterly Journal of Economics, vol LXXVII, n° 1, Febr. 1963, pp. 109-161.

DESCAMPS R.,

Stratégie d'investissement et politique de prix dans un contexte progressivement connu.

METRA, vol III, n° 3, Septembre 1964, pp. 353-370.

DREZE J.,

Les probabilités subjectives,

Economie Appliquée, T. XIII, n° 1, 1960.

GREEN P.E.,

Bayesian Decision Theory in Pricing Strategy,

Journal of Marketing, vol 27, n° 1, January 1963, pp. 5-14.

GUILLAUME M.,

Simulateur de Gestion Financière,

Doc. 9,2.

HAMMOND III, J.S.,

Better Decisions with preference Theory,

Harvard Business Review, vol 45, n° 6, November-Dec. 1967.

HERTZ D.B.,

Risk Analysis in Capital Investment,

Harvard Business Review, vol 42, n° 1, Jan-Feb 1964, pp.95-106.

HERTZ D.B.,

Investment policies that pay off,

Harvard Business Review, vol 46, n° 1, Jan-Feb 1968, pp.95-107.

HESPOS R.F. et STRASSMANN P.A.,

Stochastic Decision Trees for the Analysis of Investment Decisions,

Management Science, vol 11, Aug.1965, pp. B244-B259.

HESS S.W. et QUIGLEY H.A.,

Analysis of risk in investment using Monte Carlo techniques,

Chemical Engineering Progress Symposium, séries n° 42, vol 59, 1959, pp. 55-63.

HILLIER F.S.,

The Derivation of Probabilistic Information for the Evaluation of Risky Investments,

Management Science, vol 9, April 1963, pp. 443-457.

HILLIER F.S.,

Supplement to the derivation of probabilistic information for the evaluation of risky investments,

Management Science, vol 11, January 1965, pp. 485-487.

HIRSHLEIFER J.,

On the Theory of Optimal Investment Decision,

Journal of Political Economy, August 1958, pp. 329-352.

HIRSHLEIFER J.,

Risk, the Discount Rate and Investment Decisions,

American Economic Review, May 1961, pp. 112-120.

HIRSLEIFER J.,

Efficient Allocation of Capital in an Uncertain World,

American Economic Review, May 1964, pp. 77, 96.

HIRSHLEIFER J.,

Investment decision under uncertainty; choice - theoretic approaches,

The Quarterly Journal of Economics, vol LXXIX, n° 4, nov.1965, pp. 509-537.

KAPLAN et BARRISH,

Decision-making allowing for uncertainty of future investment opportunities,

Management Science, vol 13, June 1967, pp.B569-B577.

MAGEE J.F.,

Decision Trees for Decision Making,

Harvard Business Review, vol 42, July-August 1964.

MAGEE J.F.,

How to use decision trees in Capital Investment,

Harvard Business Review, vol 42, n° 5, Sept-Oct. 1964.

MAGEE J.F.,

L'arbre de Décision,

Bulletin SEDEIS, n° 926, supplément n° 1, Juillet 1965.

MARK I

Time-Sharing Service,

Program Library Users Guide

"Capital Investment Analysis"

Bull-General Electric, Information Service Department, Jul.68.

Mc LEAN J.G.,

How to evaluate new Capital Investments,

Harvard Business Review, vol 36, n° 6, Nov-Dec. 1958.

MODIGLIANI F. et MILLER M.H.,

The Cost of Capital, Corporation Finance and the Theory of Investment,

American Economic Review, vol XLVIII, n° 2, June 1958, pp. 261-297.

MORLAT G.,

Probabilité et incertitude,

Economie Appliquée, T XIII, n° 1, 1960.

MORLAT G.,

Un article de M.J.L. MILNOR: Les jeux contre nature,

Economie Appliquée, T XIII, n° 1, 1960.

NASLUND B. et WHINSTON A.,

A Model Multi-Period Investment under Uncertainty,
Management Science, vol 8, n° 2, January 1962, pp.184-200.

ROTHKOPF M.H .,

A Substitute for expected rate of return,
Management Science, vol 11, Septembre 1965, pp. 148-149.

ROY B.,

Les calculs d'actualisation dans le cas de durées aléatoires,
Revue Française de Recherche Opérationnelle, n° 13, 4e trimestre
1959, pp. 191-200.

SOLOMON E.,

Measuring a Company's Cost of Capital,
Journal of Business, October 1955, pp. 240-252.

SOLOMON E.,

The Arithmetic of Capital Budgeting Decisions,
Journal of Business, April 1956, pp. 124-129.

SOLOMON Jr, M.B.,

Uncertainty and its effect on Capital Investment Analysis,
Management Science, vol 12, April 1966, pp. B334-B339.

TEICHROEN D.; ROBICHEK A et MONTALBANO M.,

Mathematical Analysis of rates of return under uncertainty,
Management Science, vol 11, January 1965, pp. 395-403.

WAGLE B.,

A Statistical Analysis of Risk in Capital Investment Projects,
Operational Research Quarterly, vol 18, n° 1, 1967, pp.13-33.
