

Evaluation d'investissements incertain par la Simulation De Monte Carlo, avec Cristal Ball, Etude de cas d'un projet de l'ANSEJ

Uncertain Investment Evaluation by Monte Carlo Simulation, with Crystal Ball, Case Study of ANSEJ Project

Pr Souar Youcef
Pr Refafa Abdelaziz
Centre Universitaire Ahemed ZABANA-Relizane
Université de Saida Dr. Moulay Tahar

Date de réception : 19/10/2019 ; Date d'acceptation 22/10/2020

RÉSUMÉ :

Ce travail de recherche appréhende une question épineuse et perpétuellement renouveler 'l'évaluation des projets d'investissements en univers incertain' 'on propose d'étudier cette question pour le cas d'une petite entreprise algérienne où nous tentons d'évaluer un projet de Cyber Café moyennant une méthode assez robustes à savoir la simulation de Monte-Carlo, Les résultats obtenus témoignent de la grande faculté de ces méthodes, notamment la simulation de Monte-Carlo à fournir des informations pertinentes permettant de bâtir une décision quasi optimale dans un avenir incertain.

Mots-clés : Investissement; La Valeur Actuelle Nette; L'Indice De Profitabilité; Simulation de Monte Carlo; La Théorie Des Jeux.

ملخص:

يتناول هذا البحث قضية شائكة ويجدد دائما "تقييم المشاريع الاستثمارية في ظل عدم اليقين"، استجابة العناصر النظرية متوفرة من خلال قراءة كتابية للأدبيات ذات الصلة، نقترح دراسة هذا السؤال عن حالة شركة جزائرية صغيرة عندما نحاول تقييم مشروع مقهى أنترنت من خلال طريقة قوية إلى حد ما وهي محاكاة مونت كارلو، توضح النتائج السعة الكبيرة لهذه الأساليب، بما في ذلك محاكاة مونت كارلو لتوفير المعلومات الضرورية لاتخاذ قرارات مثالية في ظروف غير مؤكدة.

الكلمات المفتاحية: الاستثمار؛ صافي القيمة الحالية؛ مؤشر الربحية؛ محاكاة مونت كارلو؛ نظرية الألعاب.

Abstract:

This research Addresses a thorny issue and perpetually renew " Evaluation of investment projects under uncertainty ", theoretical elements response Are available from a discursive reading of the relevant literature, We proposes to study this question for the case of a small Algerian company When we are trying to evaluate a car project through a fairly robust method namely the Monte Carlo simulation, The results show the great capacity of these methods, Including Monte Carlo simulation to provide relevant information to build a near-optimal decisions in an uncertain future.

Keywords: investment; Net Present Value; The Profitability Index; Monte Carlo simulation; The Game theory.

I- Introduction :

La problématique de l'évaluation financière des projets d'investissements est devenue une préoccupation majeure et une des étapes incontournables pour la réussite du projet, Ainsi, les échecs constatés dans l'évaluation financière de certains investissements et les conséquences qui en résultent, entravent parfois la concrétisation et la mise en œuvre d'autres projets. En conséquence, les gestionnaires financiers sont de plus en plus amenés à se questionner sur le bien-fondé de la méthode utilisée, sur les lacunes des méthodes traditionnelles d'évaluations des projets d'investissement, sur les critères de décision utilisés et la mise en place de nouveaux modèles capables de répondre aux exigences en matière d'évaluation des projets d'investissement. (Alaeddine.ElAyadi.Mohammed, 2008, P1)

Problématique:

Quelle méthodes d'évaluation peut on utilise dans un avenir incertain afin de prendre des discisions optimale

I.1. Définition de l'investissement:

L'investissement représente l'acquisition des machines et des moyens de production (bâtiments et équipements) réalisée par un agent économique (entreprise, administration, ménage) dans l'objectif de maintenir ou de développer le capital technique dont il dispose. (G.Abraham-G.Caire, 2002, P236)

Le niveau des investissements dans l'économie global est déterminé par la formation brute du capital fixe (FBCF). L'investissement productif désigne les investissements en capital fixe réalisés par les entreprises qui sont véritablement destinés à produire d'autres biens, ceci exclut les investissements en logement (réalisé par les manages) et les dépenses de bâtiments (qui ne sont pas immédiatement productives). (POPIOLEK.N, 2006, P.2-3)

I. 2. Les Critères De Choix D'investissement:

Les Critères de choix d'investissement correspondent à un ensemble d'outils financiers d'aide à la décision permettant de fournir aux responsables des moyens d'évaluer et de comparer différents projets d'investissement concurrents (Thauvron.Arnaud, 2003, p26). Il existe deux familles de critères :

I.2.1 Critères Economiques:

Ce sont des critères qui mesure la rentabilité du projet, le critère majeur est la VAN.

A- La Valeur Actuelle Nette(VAN):

La valeur actuelle nette (VAN, en anglais : *Net Présent Value*, NPV) est un flux de trésorerie actualisé représentant l'enrichissement supplémentaire d'un investissement par rapport au minimum exigé par les apporteurs de capitaux (Fateh.BELAID-Daniel.WOLF, 2009, p34), La VAN est la différence entre la valeur actuelle des ressources et la valeur actuelle des dépenses autrement dit

$$VAN = -I + \sum_{j=1}^n CF_j (1 + t)^{-j} + VR(1 + t)^{-n} \quad [1]$$

Avec: I : le capital investit, CF : les flux de trésoreries (cash flux), t le taux d'actualisation, VR : la valeur résiduelle (valeur de fin de période, n : la durée de vie du projet

La valeur actuelle nette représente le critère majeur adopter pour évaluer les projets cependant il faut souligner qu'elle ne nous permet pas de comparer entre deux projets ayant la durée de vie et le capital investit différents (elle fournira des résultats fallacieux)

B- L'Indice De Profitabilité (IP):

Alors que la VAN mesure l'avantage (rentabilité) absolu susceptible d'être réalisé pour un projet d'investissement, l'IP mesure l'avantage relatif, c'est-à-dire la rentabilité engendrée d'1 unité monétaire investie. Il sa calcul de la manière suivante : (Gardès.Nathalie, 2006, P9, 11)

$$IP = \frac{VAR}{VAD} = \frac{\sum_{j=1}^n CF_j(1+t)^{-j} + VR(1+t)^{-n}}{I} \quad [2]$$

VAR : la valeur actuelle des revenus (les flux de trésoreries et la valeur résiduelle)

VAD : la valeur actuelle des dépenses (généralement le capital investi)

Le taux d'actualisation est le même que celui utilisé pour la VAN.

C- Le Taux Interne De Rentabilité (TIR) :

La valeur actuelle nette d'un projet diminue au fur et à mesure que le taux d'actualisation s'élève selon une courbe décroissante, fonction du taux d'actualisation.

Le TIR est le taux t pour lequel il y a équivalence entre le capital investi et les cash-flows générés par ce projet. Ou alors c'est le taux qui annule la VAN Soit:

$$-I + \sum_{j=1}^n CF_j(1 + TIR)^{-j} = 0 \quad [3]$$

On supposant que la VR=0

Pour déterminer le TIR il faut recourir soit à la résolution mathématique soit à l'interpolation linéaire On va pour cela calculer la VAN du projet à plusieurs taux d'actualisation.

$$TIR = p + (q - p) \frac{VAN_p}{|VAN_q - VAN_p|} \quad [4]$$

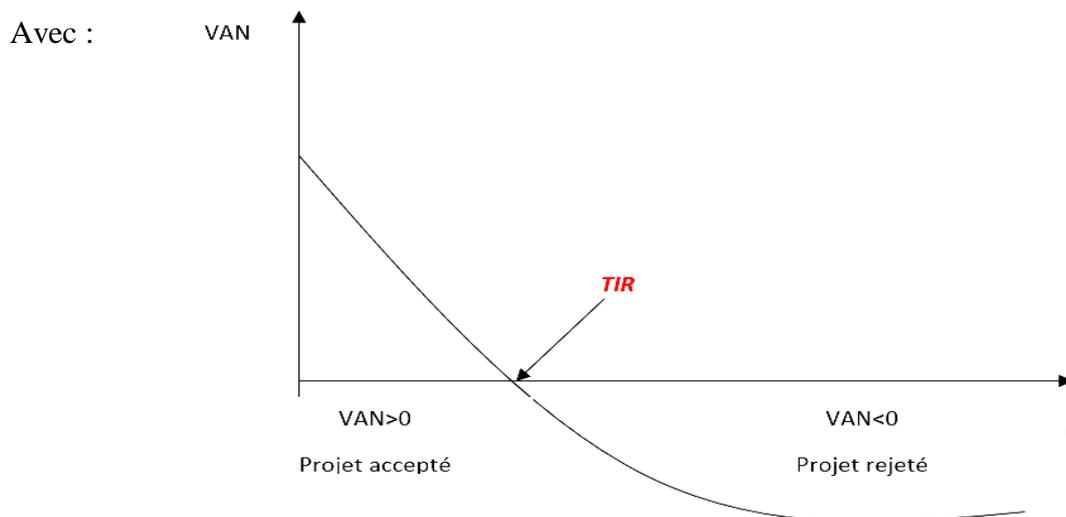


Figure [1] : la relation entre la VAN et le TIR

Source: Nathalie Taverdet-Popiolek 2006 Guide du choix d'investissement -Editions Groupe Eyrolles, p11

La VAN est le critère de référence pour comparer des projets, et que le TRI n'est pas un critère pertinent de choix de projet ; il permet juste de savoir si les projets sont rentables (comparaison entre le TRI de chaque projet et du taux d'actualisation du capital). (Bouysso.Denis, 2006 P1)

Dans le choix entre deux investissements exclusifs l'un de l'autre, il n'est pas toujours judicieux de choisir celui dont le TRI est le plus élevé.

En effet, on peut se retrouver dans des situations contradictoires au regard des critères de la VAN et du TRI

I.2.2 Critère Temporel: Le Délai De Récupération Du Capital Investi (DR)

Cette méthode est davantage fondée sur le critère de liquidité que sur celui de rentabilité, Selon ce critère, entre deux projets concurrents, on préfère celui dont le délai de récupération de capital investi est le plus court, parce qu'il fait courir moins de risque à l'entreprise. Cette méthode est couramment utilisée. En général, actuellement, et hors projet stratégique

La méthode du DRC (Payback Period) sert à la fois de critère de rejet et de critère de sélection. Comme critère de rejet, puisque tout projet dont le délai de récupération est supérieur à la norme fixée par l'entreprise est rejeté. Comme critère de sélection, puisque entre deux projets concurrents, on retiendra celui dont le délai de réception est le plus court.

I.3 Critères D'évaluation Des Projets D'investissement Dans L'incertitude :

Dans un problème de décision dans l'incertain on suppose que les conséquences de mes actions dépendent de l'occurrence de divers événements « états de la Nature » – la Nature étant supposée décider de ce qui n'est pas sous mon contrôle. On supposera la Nature « indolente » : elle ne cherche systématiquement ni à nous avantager ni à nous désavantager

Le nœud d'un tel problème de décision réside dans le fait que l'on doit choisir une action avant d'avoir connaissance de la décision de la Nature. (Dodge.Yadolah, 2008, p30)

La résolution des problèmes liés aux investissements sous les conditions d'incertitude, notamment l'évaluation des projets d'investissements dans un univers d'incertitude et de risque est possible en appliquant différentes méthodes et techniques, les plus connues sont :

- L'analyse de sensibilité
- La théorie des jeux et la théorie de décision
- La méthode des scénarios

Etant donné que les deux premières méthodes constituent l'objet du chapitre suivant, nous consacrerons dans ce qui suit au développement des différents critères de la théorie des jeux dans l'évaluation et le choix des investissements

i. Analyse De Sensibilité:

Cette technique est des plus utilisées dans le choix d'investissement dans le risque et l'incertain en raison de sa simplicité et sa facilité d'utilisation, elle fournit à l'investisseur de grandes quantités de données et d'informations, elle mesure l'impact des fluctuations des variables déterminantes du projet (durée de vie, capital initial...) sur le résultat final (la valeur actuelle nette ou le taux de rendement interne).

ii. La Théorie Des Jeux

La théorie des jeux est la discipline mathématique qui étudie les situations où le sort de chaque participant dépend non seulement des décisions qu'il prend mais également des décisions prises par d'autres participants. En conséquence, le choix "optimal" pour un participant dépend généralement

de ce que font les autres. Pour les problèmes liés aux investissements le deuxième joueur est la nature . (Thisse.Jacques-François, 2011, p15)

Un très grand nombre de critères de décision ont été formulés : nous nous limiterons à citer des critères les plus significatifs ,

1. le critère de Laplace-Bayes
2. le critère de Wald ou du Maximin
3. le critère de Savage ou du Minimax Regret
4. le(s) critère(s) de Hurwicz
5. le critère du Max Max

iii. La Méthode Des Scenarios:

La Simulation:

Définition

La simulation consiste à construire un modèle d'un système, à conduire des expérimentations sur celui-ci, et à interpréter les observations dans le but de prendre une décision. Elle permet de comprendre le fonctionnement dynamique du système, de comparer des configurations dans le but d'améliorer les performances globales. Elle permet également de déterminer la validité d'un modèle qu'il soit logique, numérique, statistique, Si on simplifie suffisamment le système considéré, sous certaines hypothèses, on peut avoir des équations permettant d'obtenir les performances désirées. Autrement dit, on ne recourt à la simulation qu'en dernier lieu. De toute façon, (Boimond.Jean-Louis, 2012) il est souvent dangereux, très coûteux et voir souvent impossible de faire des expériences avec de vrais systèmes (particulièrement vrai dans l'industrie). La simulation ne permet d'obtenir une solution analytique car elle ne fournit pas de réponse exacte. Elle est utile pour l'étude de systèmes complexes. (Dodge.Yadolah, 2008, p5)

A. Simulation de Monte Carlo:

La simulation de Monte Carlo est une méthode statistique probabiliste basée sur le renforcement des distributions de probabilité des entrées et des sorties de projets d'investissements qui sont plus sensibles aux risques et à l'incertitude, cette méthode combine l'analyse de sensibilité et les distributions de probabilité.

B. L'arbre De Décision:

L'arbre de décisions est une méthode graphique pour analyser des décisions avec risque, des modèles dans lesquels les probabilités associées aux différents états de la nature sont spécifiées. Pour être plus précis, les arbres de décisions ont été conçus pour les problèmes faisant intervenir une séquence de décisions et événements successifs. L'arbre de décision est habituellement représenté comme des décisions ou des événements successifs représentés chronologiquement de gauche à droite. (POPIOLEK.N, 2006, p17)

- Les nœuds représentant des décisions sont habituellement représentés par des carrés et une branche suivant une décision sera associée à chaque possibilité de décision.
- Les nœuds représentant des événements sont habituellement représentés par des cercles et une branche suivant un événement est associé à chaque configuration envisageable.

La forme de l'arbre de décision

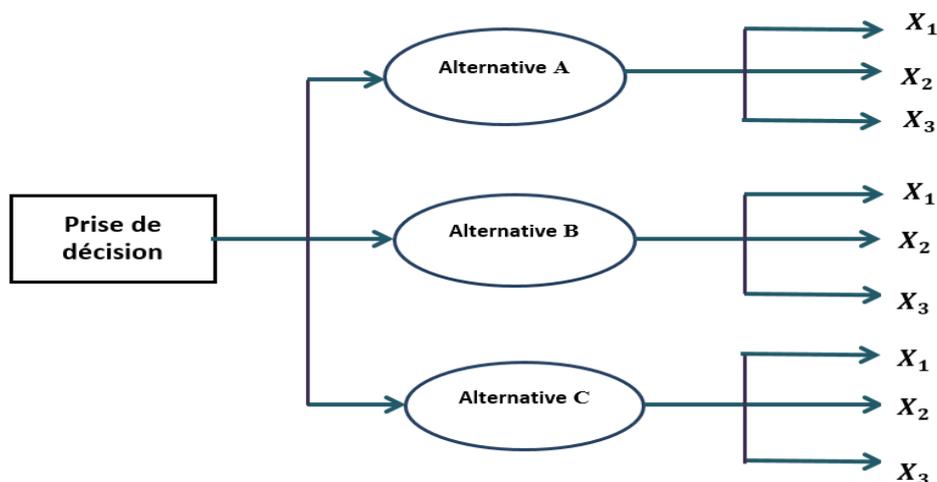


Figure [2] : l'arbre de décision

Source: Robert Houdayer 1999 Evaluation financière des projets d'investissement. - Economica

I.4 La Simulation De Monte Carlo:

L'approche par simulation de Monte-Carlo permet de modéliser au plus près le comportement des systèmes étudiés mais son efficacité est d'autant plus grande que les événements concernés sont plus fréquents. Cela s'accorde donc plutôt bien avec les problèmes liés à la disponibilité.

Donc, les approches analytiques et par simulation ne sont pas interchangeables. Elles sont complémentaires et chacune est bien adaptée à des types de problèmes particuliers. Cependant, avec l'augmentation de la puissance des ordinateurs, les problèmes de sécurité sont de plus en plus accessibles à la simulation.

Il nous faut aussi abattre le présupposé qui veut que la simulation de Monte-Carlo soit imprécise par rapport à l'approche analytique qui, elle, serait précise. Comme nous le verrons plus loin, la simulation de Monte-Carlo délivre toujours l'intervalle de confiance des résultats obtenus. Ce n'est que rarement le cas des méthodes analytiques pour lesquelles il est souvent difficile, sinon impossible, de mesurer l'impact des approximations réalisées pour arriver à obtenir un résultat (Olivier.Mgbra, 2010)

I.4.1 Définition:

La méthode de Monte Carlo est en fait numérique, présente des algorithmes non déterministes pour résoudre des problèmes déterministes, qui utilise des tirages aléatoires pour réaliser le calcul d'une quantité déterministe, ces méthodes curieuses constituent une application très riche de la loi dite des grandes nombre. Cependant, ces approches tendent à suivre un modèle particulier : (SIGNORET.Jean-Pierre, 2008)

- ✓ Définir un domaine des entrées possibles.
- ✓ Produire des entrées aléatoirement du domaine, et exécutez un calcul déterministe sur elles.
- ✓ Agrégez les résultats des différents calculs dans le résultat final.

Par exemple, la valeur de π peut être rapprochée en utilisant une méthode de Monte Carlo. Dessinez un rectangle sur la terre, puis insérez un cercle dedans. Puis, dispersez quelques petits objets (par

exemple, des grains de riz ou du sable) surtout le rectangle. Si les objets sont dispersés uniformément, alors la proportion d'objets dans le cercle contre des objets dans le rectangle devrait être approximativement $\pi/4$, qui est le rapport de la superficie du cercle à celle du rectangle. Ainsi, si nous comptons le nombre d'objets en cercle, multiplions par quatre, et nous divisons par le nombre d'objets dans la place, nous obtenons une approximation au π . les propriétés communes des méthodes de Monte Carlo sont : la confiance du calcul dans de bons nombres aléatoires, et sa convergence lente à une meilleure approximation en tant que plus de points de repères sont prélevées.

I.4.2 Principe:

Le principe de la simulation de Monte-Carlo est des plus simples : il s'agit de remplacer le calcul analytique par du calcul statistique en réalisant un grand nombre d'histoires du système étudié. Cela n'est pas sans analogie avec le gaulage des noix: grâce à la simulation de nombres aléatoires, on secoue le système dans tous les sens et, tout comme les noix les plus mûres tombent en premier, les événements de plus forte probabilité se manifestent d'abord. (Olivier.Mgbra, 2010)

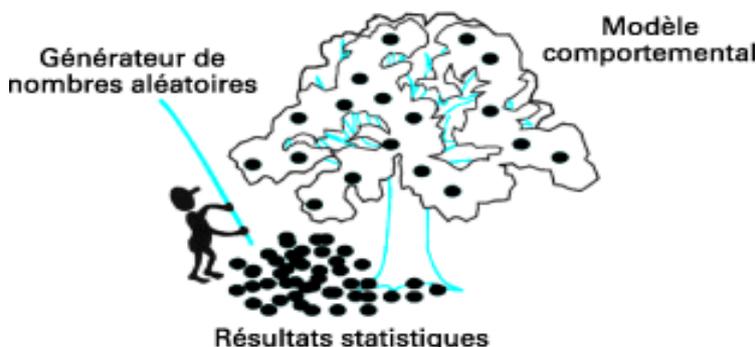


Figure [3]: Principe de la simulation de Monte-Carlo

Source: Jean-Pierre SIGNORET, (2008) Analyse des risques des systèmes dynamiques - Principes

La simulation de Monte-Carlo est auto approximante. Contrairement à l'approche analytique où de longues démonstrations mathématiques peuvent être nécessaires pour légitimer les approximations, en simulation Monte-Carlo, seuls les événements importants se manifestent et les événements négligeables s'éliminent d'eux-mêmes car ils ne se produisent tout bonnement pas ou très rarement .

L'attribution de valeurs numériques à des variables aléatoires – scores – dépendant du déroulement du jeu. (Fayad.Nicolasbaud-Vincent.porte-Jean-Guy.Degos.Amal.Abou, 2003, p66)

Chaque réalisation du processus statistique porte le nom d'histoire et l'accomplissement d'un grand nombre d'entre elles permet de réunir des échantillons pouvant ensuite être traités par des techniques statistiques classiques afin d'en tirer les résultats désirés.

Calcul De La Van En Considérant Un Seule Variable (Xi):

Etape 1	par simulation de MC, on génère au hasard des réalisations de Xi: X_1, X_2, \dots, X_n .
Etape 2	chacune de ces réalisations donne une valeur à la VAN(x).
Etape 3	L'estimation de la VAN qui résulte de la simulation est de: $E_{(VAN)} = 1/n \sum_{i=1}^n VAN_{(xi)}$

Étape 4	on peut évaluer la précision de cette estimation en calculant \hat{s} (déviation standard): $\hat{s} = \frac{1}{\sqrt{n-1}} \sqrt{\sum_{i=1}^n [VAN_{(xi)} - E(VAN)]^2}$
---------	--

Tableau [1]: Calcul de E (van) par la simulation de Monte Carlo

C'est-à-dire quand $n \rightarrow \infty$, la distribution de la VAN tend vers une loi normale.

L'intervalle de confiance de l'estimateur de VAN est donc de:

$$E(van) \pm \alpha_c \hat{s} / \sqrt{n - 1} \quad [5]$$

Où α_c est la valeur critique.

Dans le cas contraire ou on a plusieurs facteurs incertains, on applique une approche alternative qui peut se résumer étape par étape, comme le montre la figure suivant:

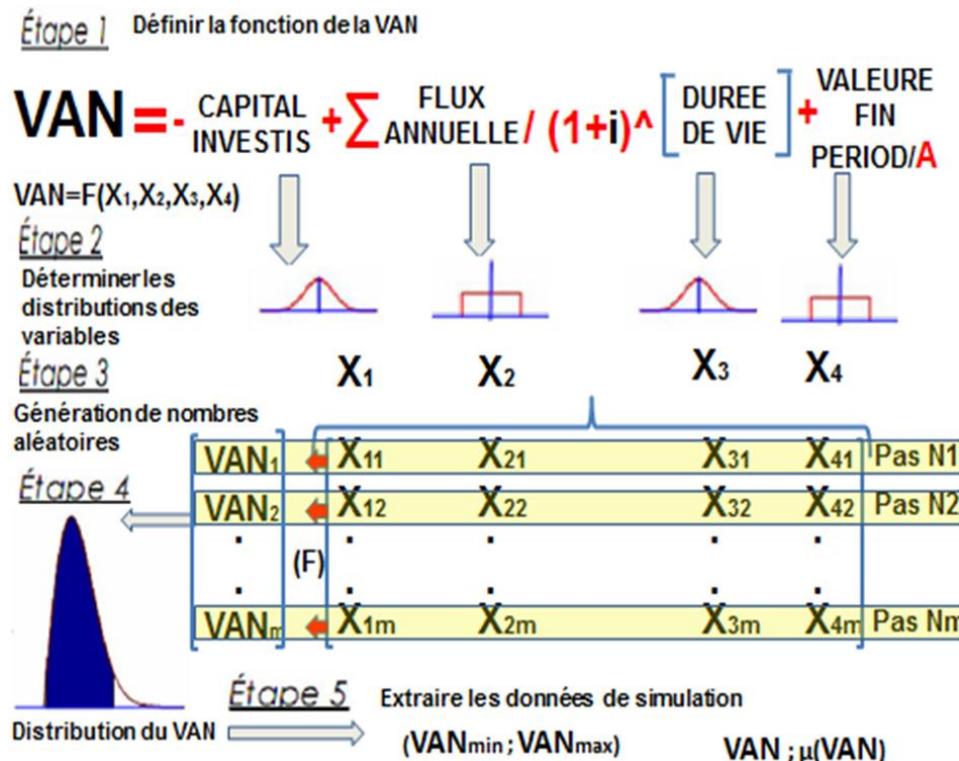


Figure [4]: Les différentes étapes de la méthode de Monte Carlo

Source : Louis Laurencelle 2006 Hasard, nombre aléatoire ET méthode Monte Carlo. - Presses de l'Université du Québec -

Les technique de simulation de monte Carlo utilisent la loi forte des grands nombres pour estimer la valeur recherchée VAN, qui se détermine comme une fonction de plusieurs variables VAN F

$(X_{i1}, X_{i2}, X_{i3}, X_{i4})$, (. Si les courbes $X_i = \{X_i, 0 \leq t \leq T\}$, $1 \leq i \leq N$, représentent N trajectoires indépendantes distribuées suivant une même loi, alors

$$E(\text{van}) = 1/N \sum F(X_1, X_2, X_3, X_4) \xrightarrow{\text{converge}} \text{VAN}$$

Le principe de base des méthodes de Monte Carlo consiste à générer N trajectoires sur chaque facteur ou variable de la VAN, et considérer $E(\text{van})$ comme estimateur qui se converge vers le paramètre d'intérêt VAN .

Le théorème limite centrale permet d'avoir une idée de l'approximation de loi réalisée qui se converge vers une loi gaussienne :

$$F(\text{van}) \xrightarrow{\text{loi}} N(0,1)$$

La détermination de nombre N de simulation nécessaires pour obtenir un estimateur satisfaisant de la VAN constitue l'un des problèmes auquel se trouve confronté le praticien. D'après le théorème limite central, plus la variance V de $F(\text{van})$ est élevée, plus le nombre de simulations nécessaires d'obtenir un estimateur précis est important. (Fayad.Nicolasbaud-Vincent.porte-Jean-Guy.Degos.Amal.Abou, 2003)

La méthode ; simulation de Monte-Carlo est simple à mettre en œuvre à l'aide des nombreux logiciels qui possèdent des fonctions de génération de nombres aléatoires de lois quelconques.

II- APPLIQUATION DE SIMULATION DE MONTE CARLO:

II.1 INTRODUCTION

Pour affiner notre prise de décision, on se propose dans le présent travail d'appliquer la méthode de simulation de Monte Carlo, avec un projet de Cyber Café.

II.2 Énoncé du projet:

Le projet que nous proposons d'évaluer sous les conditions d'incertitude et de risque, est celui de Cyber Café, le choix de ce dernier est expliqué par le fait que l'investissement dans le secteur de service de communication (que ce soit dans la wilaya de Saida ou autre) suscite un très grand intérêt, en effet selon l'Agence nationale de soutien à l'emploi des jeunes (ANSEJ) de la wilaya de Saida.

Les données relatives à ce type d'investissement sont consignées ci-après dans la feuille d'Excel :

Présentation Des Données

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Capital Investis	600 000							RESULTAT: VALEUR ACTUELE NETTE		
2	Client/jour	8			Frais fixes		3 200		VAN/10ans	117 308	
3	Jour/Ans	310			Amortissement		60 000				
4	Heur/Client	1			TVA		17%				
5	Prix/Heur	50			Taux D'Actu		10%				
6	Durée de vie	10			valleur fin periode		100 000				
7											
8	Année	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
9	Jour/Ans	310	310	310	310	310	310	310	310	310	310
10	Client/jour	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
11	Heur/Client	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	Heur réalisée/ans	2 480	2 480	2 480	2 480	2 480	2 480	2 480	2 480	2 480	2 480
13	Prix/Heur	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
14	Recettes	124 000	124 000	124 000	124 000	124 000	124 000	124 000	124 000	124 000	124 000
15	Frais fixes	3 200	3 200	3 200	3 200	3 200	3 200	3 200	3 200	3 200	3 200
16	Amortissements	60 000	60 000	60 000	60 000	60 000	60 000	60 000	60 000	60 000	60 000
17	Bénéfice sans impots	60 800	60 800	60 800	60 800	60 800	60 800	60 800	60 800	60 800	60 800
18	Impôts	10 336	10 336	10 336	10 336	10 336	10 336	10 336	10 336	10 336	10 336
19	Bénéfice	50 464	50 464	50 464	50 464	50 464	50 464	50 464	50 464	50 464	50 464
20	Cash flow	110 464	110 464	110 464	110 464	110 464	110 464	110 464	110 464	110 464	110 464
21	Fact.actu.	0,909	0,826	0,751	0,683	0,621	0,564	0,513	0,467	0,424	0,386

Tableau [2]: Presentation Des Données

Source : l'Agence nationale de soutien à l'emploi des jeunes (ANSEJ)

II.3 Taux de Rendement Requis sur le projet :

Pour notre cas il ne suffit pas que le projet génère de la richesse et que sa rentabilité soit positive : la rémunération que représente cette rentabilité doit être suffisamment élevée compte tenu des risques associés à ce projet et à sa mise en œuvre. Plus les risques sont importants, plus la rentabilité interne du projet doit être élevée en compensation (chaque individu est supposé averse au risque : il n'accepte de prendre des risque que si cela est suffisamment bien rémunéré).

Notre projet doit être apprécié au regard d'une valeur actuelle nette minimale requise plus élevé qu'il nous faut bien sûr déterminer.

Pour le faire nous considérerons un projet d'investissement qui s'inscrit dans un cadre sans risque comme par exemple l'épargne à la banque avec un taux de bénéfice annuelle de 7.4% : le rendement d'un capital de 600.000 DA octroiera une valeur actuelle nette de 444.000 DA, en 10 ans que nous considérons comme une valeur minimale espérée ,

De ce fait le projet de Cyber café doit générer une VAN supérieure à 444.000 DA, pour qu'il soit accepté.

II.4 - SIMULER LE PROJET AVEC LA METHODE DE MONTE CARLO

La meilleure façon de construire un bon modèle de simulation de Monte Carlo c'est de suivre les mêmes étapes déjà définies dans la partie théorique;

II.4.1. Création d'une feuille de calcul:

Après avoir estimée les données préliminaires dans le chapitre précédent, et créé une feuille d'EXCEL complète contenant les données estimées et surtout l'équation de la valeur actuelle nette bien définie on peut passer à la deuxième étape ;

II.4.2. Définition des paramètres variables et leurs distributions probabilistes:

II.4.2.1. Définition Des Paramètres Variables:

La définition de chaque paramètre variable dépend toujours de l'environnement générale du projet, comme on prend l'exemple d'un (Cyber Café) on suppose avoir deux paramètres incertains, dont les clients entrés par jour (C/J) et la durée de connexion de chaque client par unité d'heure (H/C).

II.4.2.2 Définition Des Distribution De Chaque Variable:

Pour définir la distribution des paramètres d'entrée considérés comme variables on doit prendre l'avis des experts en statistique et probabilité ;

Dans notre cas on a choisit:

Pour (C/J) une distribution normale de moyenne $\mu=8$ avec $(C/J)_{\min}=4$, $(C/J)_{\max}=12$;

Pour (H/C) une distribution triangulaire de moyenne $\mu=1$ heure avec $(H/C)_{\min}=0,5$, $(H/C)_{\max}=1,5$

II.4.3. Génération des nombres aléatoires:

Pour générer des nombres aléatoires depuis les distributions probabilistes déjà définies, on doit faire appel à un bon générateur, cette étape étant la plus importante dans la simulation de Monte Carlo, on a utilisé le logiciel (Crystal Ball version 11.12).

Après avoir défini les distributions des valeurs d'entrée dans le logiciel, on commence par déterminer le nombre d'itération n qui doit être suffisamment grand, on prend $n=1.000.000$, et on commence la génération de nombres aléatoires;

Le choix du nombre d'itérations adéquat se fait par une méthode plutôt simple, on commence à introduire le nombre de 1000 par exemple et on observe l'évolution du paramètre d'intérêt (la VAN pour notre cas), on augmente le nombre d'itérations tout en observant au fur et à mesure l'évolution de ce paramètre, lorsque cette évolution commence à être négligeable, on fixe le nombre d'itérations au dernier chiffre retenu

En ce qui concerne notre étude l'évolution est devenue négligeable après le nombre de 1.000.000 itérations

II.4.4. Déterminer la distribution de la VAN:

Après que le logiciel termine la génération des nombres aléatoires, on aura une série de valeurs des VAN résultantes on doit alors construire une distribution probabiliste, comme illustrer dans le graphe suivant

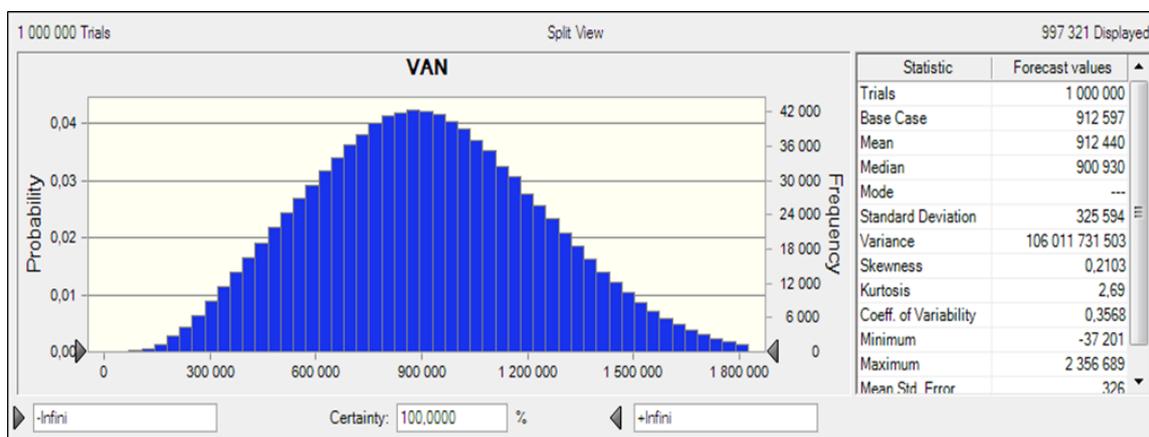


Figure [5]: La Distribution De La Van Selon Crystal Ball

III-Résultats et Discussion :

III.1 Extraire les résultats de la simulation :

La dernière étape consiste à extraire les résultats de la simulation

- La moyenne de la distribution de la VAN :

C'est la valeur recherchée dans notre étude car elle représente une approximation très proche de la VAN réelle ;

$$\mu(\text{VAN})= 912\ 440$$

- L'écart type σ

Il représente la racine carrée de la variance de cette distribution '*le risque absolu*'

$$\sigma=325\ 594$$

- les valeurs des 1.000.000 de VAN avec leurs homologues des paramètres variables, plus les valeurs statistique de la distribution de la VAN:

Statistics	VAN		
Trials	1000000		
Base Case	912 597		
Mean	912 440		
Median	900 930		
Mode	---		
Standard Deviation	325 594		

Variance	106 011 731 503		
Skewness	0,02103		
Kurtosis	2,69		
Coeff. of Variability	0,3568		
Minimum	-37 201		
Maximum	2 356 689	12	1,50
Range Width	2 393 889	8	1,00
Mean Std. Error	326	0	0,00

Tableau [3]: Les Résultats Définitifs De La Simulation

En visualisant le tableau on s'assure que la VAN générée répond à l'hypothèse de base de la simulation de Monte Carlo qui stipule que le paramètre d'intérêt suit bien une loi normale, les coefficients relatifs à la normalité sont de 3 pour la kurtosis –aplatissement- et de près de 0 pour le skewness –asymétrie-, ce qui correspond à un mouvement gaussien (une loi normale), donc on juge de la très bonne estimation engendrée par la simulation de Monte Carlo.

III.2- Analyse des résultats et prise de décision

Après avoir observé le Tableau [3] et la figure [5] la moyenne de la valeur actuelle nette du projet est de 912 440 DA ce qui donne une valeur positive assez grande pour couvrir l'écart type de 325 594 DA et une VAN maximum de 2 356 689 DA et minimum de - 37 201 DA une valeur négative qu'on peut négliger comparée à la moyenne et au maximum escompté

La simulation de Monte Carlo s'intéresse à la moyenne de la distribution qui dans notre cas est une valeur supérieure à 444 000 DA –le minimum exigé- donc notre décision est d'accepter le projet de Cyber café.

IV- Conclusion:

La méthode de Monte Carlo est un outil, nécessaire, à utiliser lors de la conception des calculs d'incertitudes, La mise en œuvre de la Méthode de Monte Carlo présentée dans ce travail conduit à utiliser des logiciels comme (Crystal Ball). Ce logiciel autorise une grande souplesse et permet de travailler avec des échantillons de taille élevée (plusieurs millions de valeurs). Utilisant la souplesse de l'interface Windows tout en conservant la puissance de calcul de la méthode Monte Carlo.

Dans le but de répondre à la problématique qui constitue l'objet d'intérêt de cette recherche à savoir l'évaluation d'un projet dans un environnement risqué et incertain, nous avons abordé de nombreux aspects tant théoriques que techniques du principe d'évaluation des projets d'investissement de la simulation de Monte Carlo. Nous avons tout d'abord essayé de comprendre sur le plan théorique le principe de ces outils, puis nous avons approché concrètement ces deux méthodes en les appliquant pour évaluer un projet de Cyber café issue de l'Agence nationale de soutien à l'emploi des jeunes (ANSEJ), l'intérêt de ce choix est que selon cette même agence la majorité des demandes fuit de cet investissement, c'est-à-dire avoir peur des risques. Ceci afin que notre étude revête un intérêt scientifique tangible

Comme critère d'acceptation de projet nous avons adopté le fait de vaincre la rentabilité d'un projet sans risque celui d'épargne, où ce dernier génère une valeur actuelle nette de 444 000 DA sur dix ans, la méthode nous a fourni une approximation très vraisemblable de la VAN réelle.

Bibliographies:

- 1- El Ayadi Mohammed Alaeddine (Mars 2008) Application d'un modèle de simulation et d'analyse de sensibilité à l'évaluation d'un projet de numérisation. P1
- 2- G. Abraham et G Caire, (2002) Dictionnaire d'économie, 2eme éd. Dalloz, Paris, P236
- 3- N. POPIOLEK, (2006) Guide du choix de l'investissement, éd. D'organisation, Paris, P.2-3
- 4- Arnaud Thauvron 2003 Les choix d'investissement e-theque
- 5- Fateh BELAID and Daniel DE WOLF. Evaluation de projets d'investissement pétrolier en utilisant la simulation de Monte Carlo.
- 6- Nathalie Gardès, Cours de Gestion financière, Chapitre 2 La décision d'investissement, P9, 11
- 7- Olivier Hassid 2008 La gestion des risques - 2 édition Dunod, Paris,
- 8- Denis Bouysso, Preference Modelling and Multiple Criteria Decision Aid. P1
- 9- Yadolah Dodge. (2008) Premiers pas en simulation, Springer-Verlag France,
- 10- Jean-Louis Boimond, Simulation systèmes de production réseaux de pétri P2
- 11- Gérard Melyon 2007 Gestion financière 4em édition. BREAL
- 12- Jacques-François Thisse, théorie des jeux : une introduction, P2
- 13- Hacure A., Jadamus M. and Kocat A. (2001) Risk Analysis in Investment Appraisal Based in Monte Carlo Simulation Technique, the European Physical Journal B, No. 20.
- 14- Olivier Mgbra, <https://www.youtube.com/watch?v=Re-osEgL3OY> : Méthodes Monte Carlo/ petite introduction.
- 15- Jean-Pierre SIGNORET, (2008) Analyse des risques des systèmes dynamiques : réseaux de Petri - Principes. <http://www.techniques-ingenieur.fr/>
- 16- Nicolas baud et Vincent porte. Jean-Guy Degos Amal Abou Fayad. (2003) Méthodes de Monte Carlo appliquées à la Finance – e-theque
- 17- Nathalie Taverdet-Popiolek 2006 Guide du choix d'investissement Ed d'Organisation Groupe Eyrolles
- 18- Yadolah Dodge. 2008 Premiers pas en simulation Springer-Verlag France,
- 19- Franck Jedrzejewski 2005 Introduction aux méthodes numériques Springer-Verlag France, Paris
- 20- Henri-Pierre Maders, Jean-Luc Masselin 2009 Piloter les risques d'un projet. Groupe Eyrolles,
- 21- Anne Fortin 1998 ETAT DES FLUX DE TRESORERIE., Presses de l'Université du Québec
- 22- Claude-Annie Duplat 2004 Analyser ET maîtriser la situation financière de son entreprise Vuibert
- 23- Louis Laurencelle 2006 Hasard, nombre aléatoire ET méthode Monte Carlo-Presses l'Univ du Québec

English Bibliographies:

- 1- El Ayadi Mohammed Alaeddine (March 2008) Application of a simulation model and
- 2- G. Abraham et G Caire, (2002) Dictionary of Economics, 2nd ed. Dalloz, Paris, P236
- 3- N. POPIOLEK, (2006) Investment Selection Guide, ed. Organization, Paris, P.2-3
- 4- Arnaud Thauvron 2003 Investment choices e-theque
- 5- Fateh BELAID and Daniel DE WOLF. Evaluation of oil investment projects using Monte Carlo simulation.
- 6- Nathalie Gardès, Financial Management Course, Chapter 2 The Investment Decision, P9, 11
- 7- Olivier Hassid 2008 Risk Management - 2 Dunod edition, Paris,
- 8- Denis Bouysso, Preference Modelling and Multiple Criteria Decision Aid. P1
- 9- Yadolah Dodge. (2008) First steps in simulation, Springer-Verlag France,
- 10- Jean-Louis Boimond, Simulation production systems petro networks P2
- 11- Gérard Melyon 2007 Financial Management 4th edition. BREAL
- 12- Jacques-François Thisse, game theory: an introduction, P2
- 13- Hacure A., Jadamus M. and Kocat A. (2001) Risk Analysis in Investment Appraisal Based in Monte Carlo Simulation Technique, the European Physical Journal B, No. 20.
- 14- Olivier Mgbra, <https://www.youtube.com/watch?v=Re-osEgL3OY>: Monte Carlo Methods / small introduction
- 15- Jean-Pierre SIGNORET, (2008) Risk analysis of dynamic systems: Petri nets - Principles.
<http://www.techniques-ingenieur.fr/>
- 16- Nicolas baud and Vincent door. Jean-Guy Degos Amal Abu Fayad. (2003) Monte Carlo Methods Applied to Finance - e-theque
- 17- Nathalie Taverdet-Popiolek 2006 Investment Selection Guide Ed Organization Eyrolles Group
- 18- adolah Dodge. 2008 First steps in simulation Springer-Verlag France,
- 19- Franck Jedrzejewski 2005 Introduction to digital methods Springer-Verlag France, Paris
- 20- Henri-Pierre Maders, Jean-Luc Masselin 2009 Managing the risks of a project. Eyrolles Group,
- 21- Anne Fortin 1998 STATEMENT OF CASH FLOWS., Presses de l'Université du Québec.
- 22- Claude-Annie Duplat 2004 Analyzing and controlling the financial situation of his company Vuibert
- 23- Louis Laurencelle 2006 Chance, random number AND method Monte Carlo-Presses l'Univ du Québec.