



ÉCOLE DE TECHNOLOGIE SUPÉRIEURE  
UNIVERSITÉ DU QUÉBEC

**GOL793** : Projet de fin d'études en génie des systèmes

**Rapport technique**  
**Présenté à : Michel Rioux**

**PAR :**  
Sebastian Barrios Hernandez - BARS05088906  
Karl Bédard - BEDK31059602  
Marco Chartier – CHAM02129307  
Boubakar Traoré – BOUT12117606  
Ziyan Zhao – ZHAOZ08059701

MONTRÉAL, 12 décembre 2022  
École de technologie supérieure de Montréal

Session d'Automne 2022

## Table des matières

Projet de transformation numérique .....	4
Contexte .....	4
Risques et défis.....	5
Application d'analyse d'affaires .....	6
Contexte .....	6
Automatisation.....	6
But et objectifs .....	7
Cas d'étude.....	7
Contexte .....	7
Solution envisagée .....	8
Analyse du processus .....	8
Notion de l'estimation des bénéfices tangibles .....	8
Calcul du bénéfice tangible .....	9
Interprétation des résultats .....	11
Analyse du projet .....	12
Notion de risque de projet : .....	12
Calcul et simulation en python.....	15
Interprétation des résultats .....	16
Analyse de l'investissement .....	18
Notion d'incertitude de l'investissement.....	18
Calcul et simulation .....	19
Interprétation des résultats .....	20
Retour Cas d'étude .....	23
Recommandation .....	23
Méthode de gestion projet numérique.....	24
Conclusion .....	24
Conclusion .....	24
Futur développement.....	24
Utilisation dans le domaine.....	24
Piste de solution .....	25
Mot de la fin .....	25
Annexe 1 .....	25

Annexe 2.....	26
---------------	----

## Tables des tableaux

Tableau 1 : Paramètres de l'état actuel .....	10
Tableau 2 : Paramètres pour le calcul de la VPN.....	10
Tableau 3 : Paramètres pour l'évolution de l'entreprise .....	10
Tableau 4 Liste des tâches et durées.....	12
Tableau 5 Paramètres du calcul de la durée .....	13
Tableau 6 Exemple calcul de la durée .....	13
Tableau 7 : État des résultats du projet .....	18
Tableau 8 États des résultats du projet.....	20
Tableau 9 Graphique des liquidités du projet .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau 10 .....	22

## Tables des figures

Figure 1 Pratique courante d'évaluation des bénéfices par les PME .....	9
Figure 2 : Exemple d'arbre de décision .....	11
Figure 3 Exemple de résultat VAN.....	12
Figure 4 :PERT.....	14
Figure 5 Exemple Arbre décisionnel, Calcul de durée .....	15
Figure 6 Champs éditables par l'utilisateur .....	16
Figure 7 : Code pour initier les données de l'états des résultats .....	20
Figure 8 Graphique de fréquence .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>

# Projet de transformation numérique

## Contexte

À l'époque actuelle, la transformation numérique se doit d'être, si ce n'est pas déjà fait, un objectif des dirigeants des PME canadiennes. De plus, avec la concurrence, des tendances économiques toujours aussi incertaines et la culture des entreprises qui évolue, ce sont toutes les PME qui sont prises à devoir prendre des décisions capitales sur la pérennité de l'organisation. En effet, selon une enquête effectuée par McKinsey<sup>1</sup> auprès des dirigeants d'entreprise, 64 % d'entre eux déclarent que leur entreprise doit créer de nouvelles activités numériques pour demeurer rentable. Afin de faire face à ces défis, tous leurs efforts sont alors tournés vers ce qu'ils peuvent contrôler : améliorer et optimiser les opérations dans le but de limiter tout type de gaspillage en temps et en argent.

C'est là que le virage numérique prend tout son sens !

Une des solutions clés de la transformation numérique est la mise en place d'un progiciel de gestion intégré (ERP). En prenant en compte l'ensemble des unités d'une entreprise, les ERP permettent actuellement d'intégrer l'ensemble des applications utilisées par une entreprise en une seule et même base de données. Par conséquent, un tel système permet d'augmenter de façon importante la productivité et la rentabilité d'une entreprise.

Cependant, un tel virage représente des investissements de plusieurs milliers de dollars et le déploiement d'une quantité considérable de ressources. En effet, selon un sondage fait par la BDC1, en 2021, les entreprises canadiennes ont investi en moyenne 118 430\$ en technologie. De plus, une étude nommée « Chaos chronicles » menée par le Standish group<sup>2</sup> relève que 31 % des projets sont abandonnés en cours d'implémentation ainsi que 53 % finissent par être livrés partiellement au prix de nombreux sacrifices en raison des coûts et délais d'implémentation. Ainsi, seuls 16 % des projets sont considérés comme des succès à part entière.

Ces échecs sont souvent dus à une mauvaise analyse préliminaire du projet. Les gestionnaires sont souvent livrés à eux-mêmes sans nécessairement avoir les connaissances pour analyser ce type de projet d'envergure. Rares sont les entreprises pouvant se payer des spécialistes dans le domaine et ainsi mener à bien le projet. Ainsi, les décideurs ont besoin d'une solution simple leur permettant d'effectuer une analyse sur les retombées d'un tel projet ainsi que les risques associés.

L'objectif de ce projet est donc d'offrir un outil d'aide à la décision pour tout responsable de la transformation numérique d'une entreprise ayant des ressources assez limitées. Cet outil devra être convivial et permettre à son utilisateur d'inscrire des informations et des données afin de recevoir automatiquement des conseils précis et propres à la situation de l'entreprise. Ainsi, le responsable pourra comparer différents scénarios, à l'aide de graphiques et de tableaux fournis par l'outil, et optimiser la prise de décision qui permettra de mieux positionner son organisation dans le marché dans lequel il évolue. Le

---

<sup>1</sup> <https://www.mckinsey.com/capabilities/mckinsey-digital/our-insights/the-new-digital-edge-rethinking-strategy-for-the-postpandemic-era>

<sup>2</sup>chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.standishgroup.com/sample\_research\_files/CHAOSReport2015-Final.pdf

but de ce projet est donc de permettre aux PME du Québec, en particulier, d'accéder au virage numérique sans mettre en danger leur situation économique ni en hypothéquant un trop grand nombre de ressources financières et humaines. Pour assurer le fonctionnement de l'outil, le langage de programmation Python sera utilisé. Le choix s'explique par le fait que ce langage est facile à utiliser, est accessible et s'introduit de plus en plus dans les cours du programme de génie des opérations et de la logistique.

## Risques et défis

### Difficulté en lien avec l'utilisation des bibliothèques :

Dans le domaine de la programmation, les bibliothèques sont des ensembles de fonctions, de modules et de routines qui exécutent des actions, des instructions ou des commandes spécifiques. Ces éléments ont été programmés d'avance par d'autres programmeurs et sont prêts à être utilisés sans qu'un utilisateur ait le besoin de les coder en amont (DataBrid, n.d.) .

En langage de programmation Python, il existe des bibliothèques spécifiques aux actions que l'on cherche à accomplir. Les bibliothèques qui suivent sont les plus pertinentes pour la réalisation du projet :

- Numpy : utilisé principalement pour travailler avec des tableaux, des matrices et de l'algèbre linéaire
- Numpy financial : contient des fonctions financières élémentaires
- Pandas : utilisé pour le forage de données et des calculs statistiques
- Matplotlib : utilisé pour la création de graphiques et la modélisation des données
- Seaborn : utilisé pour l'affichage graphique de données statistiques

Si l'existence même de ces bibliothèques est pour faciliter la programmation d'un code, la difficulté réside dans la vaste sélection d'éléments pouvant y être utilisés. En effet, il est nécessaire d'être bien familiarisé avec ces bibliothèques, afin de savoir quelles bibliothèques installer, quels éléments utiliser, quand l'utiliser et comment les intégrer dans le code. Par chance, il existe une grande quantité de contenu dans le web qui vient accélérer la courbe d'apprentissage de l'équipe et ainsi alléger la compréhension de l'utilisation de ce type de bibliothèque.

### Difficulté de programmation :

#### *Python*

L'utilisation du langage de programmation Python dans la conception d'un outil d'aide à la décision vient ajouter un niveau de difficulté pour la réalisation du projet. Il est à noter que cette difficulté n'est en aucun cas une surprise pour les membres de l'équipe. Cependant, la courbe d'apprentissage en lien avec Python s'avère un peu plus longue que prévu. Sachant que plusieurs fonctions utilisées sur Python peuvent être appliquées également sur Excel.

#### *Google Colab et LaTeX*

L'utilisation de la plateforme Google Colab a permis de réaliser une interface d'utilisateur en y insérant le code de programmation permettant de faire fonctionner l'outil. Mis à part le code en question, les

formules mathématiques ou les tableaux ont dû être insérés en utilisant le langage LaTeX, qui est compatible avec la plateforme Colaboratory de Google. Par conséquent, l'élaboration de l'interface d'utilisateur a requis un apprentissage additionnel afin de pouvoir utiliser cette plateforme.

### *Github et l'évolution de l'application*

L'outil va être hébergé sur le site web Github. C'est un site qui entepose le code afin d'être utilisé par les équipes de développement. Cela va permettre à l'utilisateur de contribuer au projet, de suggérer des améliorations et d'utiliser l'outil à leur propre fin. Pour ce faire, l'équipe doit pouvoir consacrer du temps pour évaluer les suggestions et réviser les demandes.

## Application d'analyse d'affaires

### Contexte

L'analyse d'affaires est une étape importante qui devrait se faire tout au long du projet de transformation numérique des entreprises. L'objectif est de s'assurer que les projets entrepris soient alignés avec les objectifs stratégiques de l'entreprise. De plus, l'analyse d'affaires intègre des notions de résultat mesurable et s'assure que l'enveloppe budgétaire du projet soit adéquate.

Dans ce contexte, la plupart des analyses faites au sein des entreprises utilisent l'application Microsoft Excel. La raison en est simple, c'est une application bureautique avec laquelle la majorité des utilisateurs sont déjà familiers avec. Excel offre une interface pratique pour visualiser les données et pouvoir faire des calculs. Cependant, il arrive qu'une formule soit mal transcrite ou qu'une case soit oubliée et que les résultats de votre analyse se révèlent faux. De plus, pour des applications plus spécialisées comme faire une simulation Monté Carlo, il faut avoir recours au module de développement d'Excel ce qui complique son utilisation.

### Automatisation

L'utilisation d'un langage de programmation offre plusieurs nouveautés par rapport au support Excel. D'abord, l'utilisation de Python est totalement gratuite. Il peut s'installer sur toutes les machines et possède plusieurs modules spécialisés permettant d'étendre ses capacités. De manière générale, si les analystes de données préfèrent utiliser des langages de programmation au lieu d'Excel c'est qu'ils sont plus rapides, permettent une meilleure visualisation et un meilleur traitement des données.

L'autre aspect de l'outil, c'est qu'il sera conçu sur l'application Google Colab. C'est une plateforme en ligne qui permet de créer des fichiers Jupyter. C'est un format particulier qui permet de jumeler des parties de code et des parties de texte. C'est un outil idéal lorsqu'on apprend à programmer et que l'on souhaite faire des analyses sur des informations générées par du code. Il est en effet souvent utilisé pour la rédaction scientifique puisque le code utilisé y est inscrit de manière lisible.

## But et objectifs

L'objectif s'applique sur deux niveaux : fournir un outil structurant la démarche de transformation numérique ainsi que les outils pour travailler sur les données du projet. Comme nous le permet le format Jupyter, nous pouvons ajouter des parties de textes pour noter des analyses ou des explications au bloc de code. Cela permet une meilleure compréhension du code utilisé. La manière aussi dont le code se comporte dans le format Jupyter permet à un usage de tester des parties du code pour mieux le comprendre.

## Cas d'étude

### Contexte

L'exemple qui va être présenté permettra de mettre en valeur l'analyse que produira notre outil. La sélection d'un nouvel ERP est un projet risqué et l'évaluation des différentes parties du projet permettra à une entreprise comme BKMSZ de mieux contrôler les effets incertains d'un projet de transformation numérique.

La simulation consiste à modéliser un système réel et à conduire des expériences sur ce modèle afin de comprendre le comportement de ce système face aux changements. Cela nous permettrait d'optimiser la performance.

La transformation numérique, quant à elle, va emmener les organisations à changer la culture de leur entreprise en utilisant les données et les technologies pour prendre des décisions éclairées dans les plus brefs délais et mieux satisfaire aux besoins des clients.

La démarche suivie de ce travail vise à déterminer les différents procédés employés pour la vérification des hypothèses d'un modèle de simulation dans le cadre d'un projet de transformation numérique.

Pour cela, une étude de cas va servir de base pour aboutir à la conception d'un outil d'aide à la prise de décision des risques financiers d'un projet de transformation numérique. Il sera ensuite question de décrire les différentes méthodes de collecte de données nécessaires pour mener cette étude et ainsi que les différentes approches d'analyse des résultats obtenus.

Le projet d'étude est réalisé au sein de la société BKMSZ comme cas fictif représentant la réalité d'une PME au Québec, une entreprise manufacturière spécialisée dans la conception, la fabrication et le service d'un large éventail de meubles de haute qualité pour tous, servant les segments de marché commercial, éducationnel et de la santé. Ses clients sont des chaînes de magasins au niveau de l'Amérique du Nord (les écoles, les gouvernements, les services de santé et les grandes institutions). Elle fabrique deux gammes de produits: la ligne standard (environ 70% du chiffre d'affaires) et celle sur mesure (30%). Elle compte un peu moins de 500 employés et son chiffre d'affaires annuel s'évalue entre 75 et 100 millions de dollars. L'entreprise a des clients au Canada et aux États-Unis. L'entreprise investit un budget de cinq à dix pour cent annuellement dans les technologies de l'information, qui permet à son équipe TI de mieux supporter l'activité de l'entreprise.

L'entreprise BKMSZ possède un ERP basé sur AS/400 avec son système d'exploitation OS/400 et une base de données intégrées. Les principaux modules installés sont le module finance, le module production, et quelques applications développées en interne. Vu la croissance montante de l'entreprise et le AS/400 n'offrant plus de support, il est devenu difficile pour l'entreprise de former les nouveaux employés. Aujourd'hui, l'entreprise BKMSZ constate une évolution du marché et veut se lancer dans un nouveau segment qui est la vente en ligne, et constate aussi que ces différents partenaires se procurent de

nouveaux systèmes ERP. Plus que jamais, BKMSZ doit s'aligner sur eux pour faciliter les échanges et le partage d'informations afin de gagner en productivité.

Les petites et moyennes entreprises n'ayant pas en interne l'expertise pour évaluer, définir et mettre en place un tel système, ont recours à plusieurs services de consultants en transformation numérique. Ils sont spécialisés pour aider les entreprises à prendre une décision relative au projet d'implantation d'un nouvel ERP.

### Solution envisagée

L'entreprise BKMSZ a opté pour la solution Odoo cloud. Elle va se faire accompagner par un intégrateur puisqu'elle a plus de 50 employés. L'intégrateur lui a fourni une feuille de route pour le projet d'implémentation basé sur un ancien projet similaire. BKMSZ veut en profiter pour améliorer le processus de prise de commande. L'entreprise compte garder la solution pour les 10 prochaines années. Les modules qu'elle a choisi d'installer sont : l'inventaire, la comptabilité, CRM, gestion des employés et livraison.

## Analyse du processus

### Notion de l'estimation des bénéfices tangibles

Lorsqu'un projet d'implantation d'un nouveau système numérique est suggéré à une organisation telle que BKMSZ, les gestionnaires posent une question récurrente : quel est le bénéfice que peut apporter un tel système? Après tout, la prise de décision doit assurer la continuité de la rentabilité de l'entreprise. L'adoption d'un système sans bénéfice visible est difficilement justifiable et peut même mettre l'organisation en véritable péril. C'est pourquoi la pratique de mesurer le retour sur investissement, le ROI, est si commun en gestion d'entreprise.

En actualité, avoir l'aptitude à effectuer une estimation des bénéfices d'un nouveau système est une grande barrière pour les PME qui s'engager dans une transformation numérique. Plusieurs PME abandonnent prématurément leur projet en raison de l'incertitude. D'autres s'élancent dans des projets risqués en se basant sur l'intuition sans évaluer les bénéfices. Les raisons d'agir ainsi sont les suivantes :

1. Un nouveau système est évalué comme étant un investissement et non une source de revenus.
2. L'implantation du système est considérée comme un risque acceptable.
3. Il y a un manque d'élément de mesure.
4. Les PME manquent d'experts en TI.

Les bénéfices se catégorisent en bénéfices tangibles et intangibles. Les bénéfices tangibles sont les aspects immédiatement mesurables d'un investissement. Par exemple, les suppressions de postes et les gains de productivité sont des bénéfices tangibles. Les bénéfices intangibles sont les bénéfices non mesurables dérivés de l'investissement. Par exemple, l'augmentation de la satisfaction du client et l'amélioration de la qualité de vie des employés sont des bénéfices intangibles. Les bénéfices tangibles représentent généralement un gain immédiat. Les bénéfices intangibles sont souvent intéressants pour leur apport stratégique à long terme.

Dans les grandes entreprises, la bonne pratique est d'estimer autant les bénéfices tangibles et intangibles et calculer le retour sur investissement ainsi. Selon les données historiques sur la prise de décision dans



les organisations, il est révélé, toutefois, que la pratique courante dans les PME pour évaluer les bénéfices de leur investissement est différente. Parmi les PME qui ont une approche méthodique pour évaluer les bénéfices, la pratique est une variation de la suivante :



*Figure 1 Pratique courante d'évaluation des bénéfices par les PME*

Selon cette approche, les bénéfices tangibles et les gains immédiats calculés deviennent des balises pour évaluer les bénéfices intangibles. Les PME ne disposent pas nécessairement l'aptitude pour quantifier adéquatement les bénéfices intangibles. Ces bénéfices ne sont considérés que par la suite du calcul de gain.

### Calcul du bénéfice tangible

En considérant la limitation chez les PME telles que BKMSZ, l'outil développé facilite l'estimation des bénéfices tangibles. Malgré l'omission des bénéfices intangibles dans l'estimation, l'outil permet aux gestionnaires des PME de visualiser rapidement les gains potentiels de leur projet et d'avoir un meilleur fondement pour accepter un projet.

Pour effectuer le calcul, l'outil demande à l'utilisateur de remplir dans son champ éditable les paramètres qui définissent l'état actuel des opérations à la suite de l'implantation avec leurs meilleures estimations. Dans l'idéalité, ces données proviendraient du soumissionnaire de la technologie à implanter ou de données réelles d'un projet pilote.

Tableau 1 : Paramètres de l'état actuel

	Paramètre	Exemple	Unité
A	Nombre quotidien d'itérations de l'opération par poste	200	Opérations
B	Temps en action superflue automatisable par opération	5	Minutes
C	Temps nécessaire pour la communication interne	10	Minutes
D	Taux d'erreur quotidien de l'opération	5	%
E	Temps nécessaire à la correction d'une erreur	15	Minutes
F	Taux de redondance quotidien de l'opération	33	%
G	Temps nécessaire pour effectuer la redondance	6	Minutes
H	Salaire horaire	26	\$/heure
I	Nombre de jours ouvrables par année	220	Jours

Tableau 2 : Paramètres pour le calcul de la VPN

Paramètre	Exemple
ROI annuel estimé	0.1
Horizon d'analyse (année)	3

Tableau 3 : Paramètres pour l'évolution de l'entreprise

Paramètre	Source de variabilité	Distribution% Exemple :	Valeur possible Exemple :
Nombre quotidien d'itération de l'opération par poste	Croissance d'entreprise	70	200
		20	100
		10	50

Ensuite, l'algorithme de l'outil calcule les gains en temps et les gains monétaires résultants.

Équation 1 : Potentiel de gain de temps

$$T = (A \times B) + C + \left( \frac{A \times D}{100} \times E \right) + \left( \frac{A \times F}{100} \times G \right) = 1\,556 \text{ minutes/jour}$$

Équation 2 : Potentiel de gain monétaire

$$M = \frac{T}{60} \times H \times I = 148\,338.67\$/an$$

L'outil, par défaut, évalue les bénéfices tangibles en évolution sur le temps. Selon l'entrée de l'utilisateur pour le paramètre « Horizon d'analyse » et « ROI annuel estimé », l'outil calcule la VPN (Valeur présente nette) des bénéfices.

Équation 3 : Calcul VPN

$$VPN = C_0 + \sum_{t=1}^T \left( \frac{1}{1+k} \right)^t C_t$$

$C_0, C_t$  : Bénéfice monétaire tangible sur une l'année T

$k$  : ROI annuel estimé

Les bénéfices calculés considèrent aussi l'incertitude liée à la croissance de l'entreprise. L'incertitude est traduite par l'augmentation du nombre d'opérations à effectuer par le système. Cette augmentation peut être estimée selon les prévisions de croissance de l'entreprise. L'utilisateur entre en paramètre la probabilité distribuée de la croissance de l'entreprise, ou autre barème, et l'outil s'appuiera sur un algorithme d'arbre de décision pour calculer la VPN avec l'horizon d'analyse désirée.

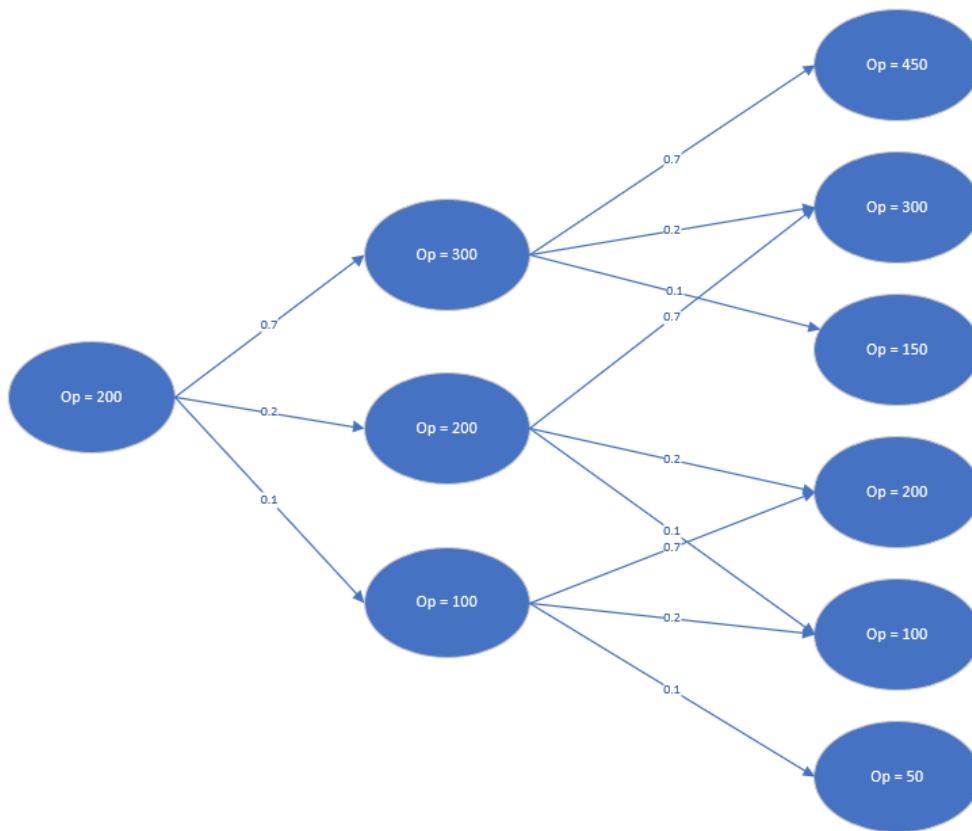


Figure 2 : Exemple d'arbre de décision

### Interprétation des résultats

La VPN des bénéfices est une des informations nécessaires pour évaluer la rentabilité et viabilité du projet de transformation. La VPN est évaluée avec l'investissement pour calculer le ROI du projet. L'économie contribué par le nouveau système référé dans les prochains modules pointe aux bénéfices tangibles calculés par l'algorithme.

➡ La valeur actuelle nette (VAN) des bénéfices : 469597.24 \$

Figure 3 Exemple de résultat VAN

## Analyse du projet

### Notion de risque de projet :

La principale dépense lors de l'implantation d'un ERP est le temps investi dans celui-ci. Ainsi, afin de pouvoir obtenir une estimation de cette valeur, un diagramme de PERT dynamique a été implanté permettant ainsi de programmer et coordonner efficacement les tâches. Le diagramme de PERT permet d'obtenir des données cruciales telles que le temps minimum, maximum et médian du projet tout en offrant une visualisation simple de l'interdépendance des tâches. Celui-ci permet également de minimiser les risques de retard du projet en identifiant le début au plus tôt et au plus tard de chacune des tâches. Ainsi, le chemin critique est établi afin d'en faire une vérification approfondie et ainsi diminuer les risques de retard du projet.

### Identification des tâches :

La première étape est l'identification des tâches, leur durée ainsi que leurs prédécesseurs. Les tableaux ci-dessous ont été élaborés en fonction des données d'une PME d'environ 20 employés. Ces données servent de base et seront dynamiques au cours du projet tel qu'expliqué dans la prochaine section.

Tableau 4 Liste des tâches et durées

#	Tâches	Prédécesseur	Durée (Heure)
1	Analyse préliminaire		20
2	Exportation des données existantes	1	5
3	Conversion des données	2	10
4	Comptabilité	1	55
5	Inventaire	1	55
6	CRM	1	87
7	Livraison	1	55
8	Employé	1	55
9	Marketing	1	25
10	Importation des données	3,4,5,6,7,8,9	2
11	Formation	10	20
12	Tests	11	20

Calcul des durées :

Pour le calcul de la durée, la formule ci-dessous est utilisée :

Tableau 5 Paramètres du calcul de la durée

Paramètre	Exemple	Unité
<i>O : Durée optimiste</i>	15	Heures
<i>M : Durée la plus probable</i>	20	Heures
<i>P : Durée pessimiste</i>	25	Heures

*Durée d'une tâche :*

$$\text{Durée} = (O + (4 * M) + P)/6$$

**Exemple pour l'entreprise BKMSZ :**

Mise en place d'un CRM pour une PME de moins de 500 employés.

Tableau 6 Exemple calcul de la durée

Paramètre	Durée
<i>O : Durée optimiste</i>	66
<i>M : Durée la plus probable</i>	82.5
<i>P : Durée pessimiste</i>	110

$$\text{Durée} = (O + (4 * M) + P)/6$$

$$\text{Durée} = (66 + (4 * 82.5) + 110)/6$$

$$\text{Durée} = 84 \text{ heures}$$

### Élaboration du Réseau :

Par la suite, il faut établir le réseau. C'est à dire, relier entre elles les différentes tâches (représenté par des flèches, aux différentes étapes (représenté par des ronds). Ce diagramme permettra, par la suite, d'identifier le chemin critique du processus. À noter que le diagramme sera dynamique, effectivement les temps de configuration des modules dépendent de certains critères d'entreprise tels que le nombre d'employés ou encore le chiffre d'affaires de l'entreprise. Ainsi, le chemin critique sera ajusté en conséquence.

La date au plus tôt représente le moment le plus précoce possible ou il est possible de débiter la tâche en tenant compte des dépendances aux prédécesseurs. Pour ce faire, de gauche à droite, on additionne le temps au plus court de la tâche précédente.

La date au plus tard représente le moment le plus tard possible ou il est possible de débiter la tâche en tenant compte des dépendances aux prédécesseurs sans causer de latence ou retard sur l'ensemble du projet. Pour ce faire, de droite à gauche, on soustrait le temps de la tâche précédente.

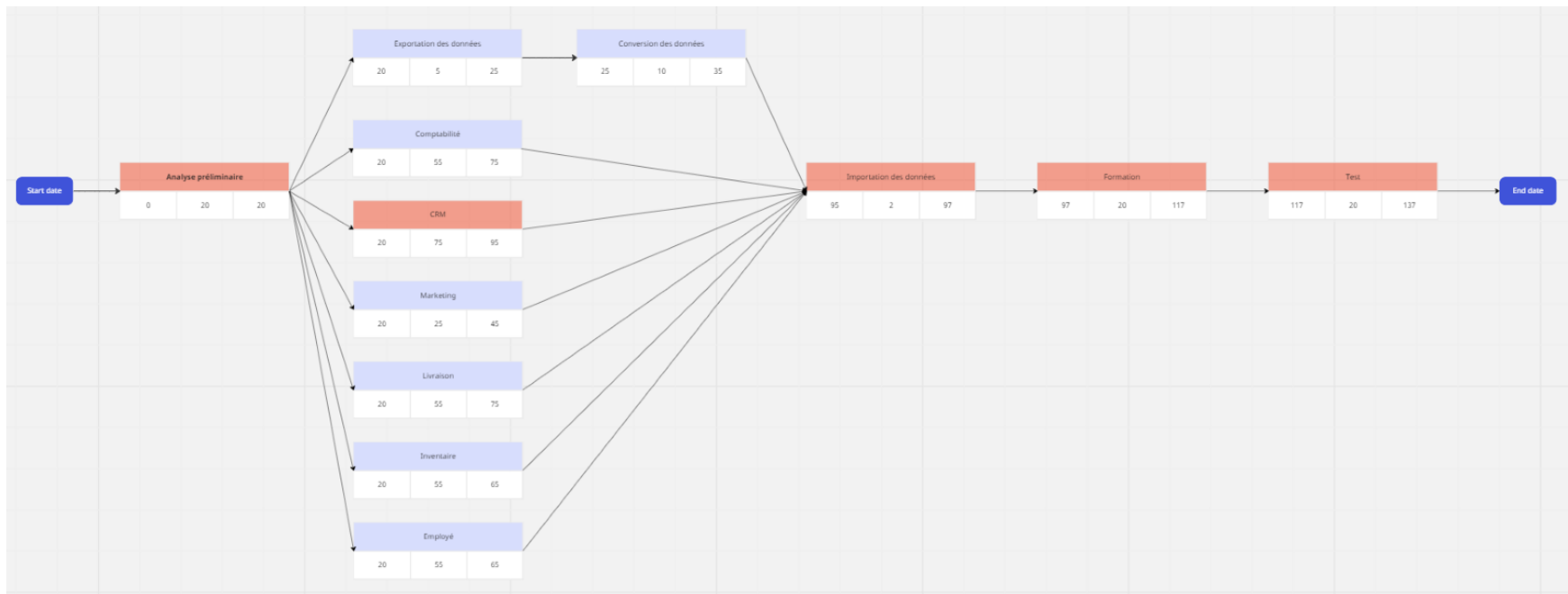


Figure 4:PERT

### Calcul dynamique du temps :

Le calcul de temps de chacune des étapes varie d'une entreprise à l'autre. Effectivement, selon les réponses données lors de la complétion du document, les tâches seront ajustées à la hausse ou à la baisse. Par exemple, une entreprise ne désirant pas installer le module de Marketing diminuera pour ainsi cette tâche à une durée de 0. À l'inverse, une entreprise ayant plusieurs milliers d'employés aura un délai plus élevé pour certains modules tel que le module Gestion des employés ainsi que le CRM. Afin de guider ces différents scénarios, des arbres décisionnels ont été effectués, schématisant ainsi les diverses options.

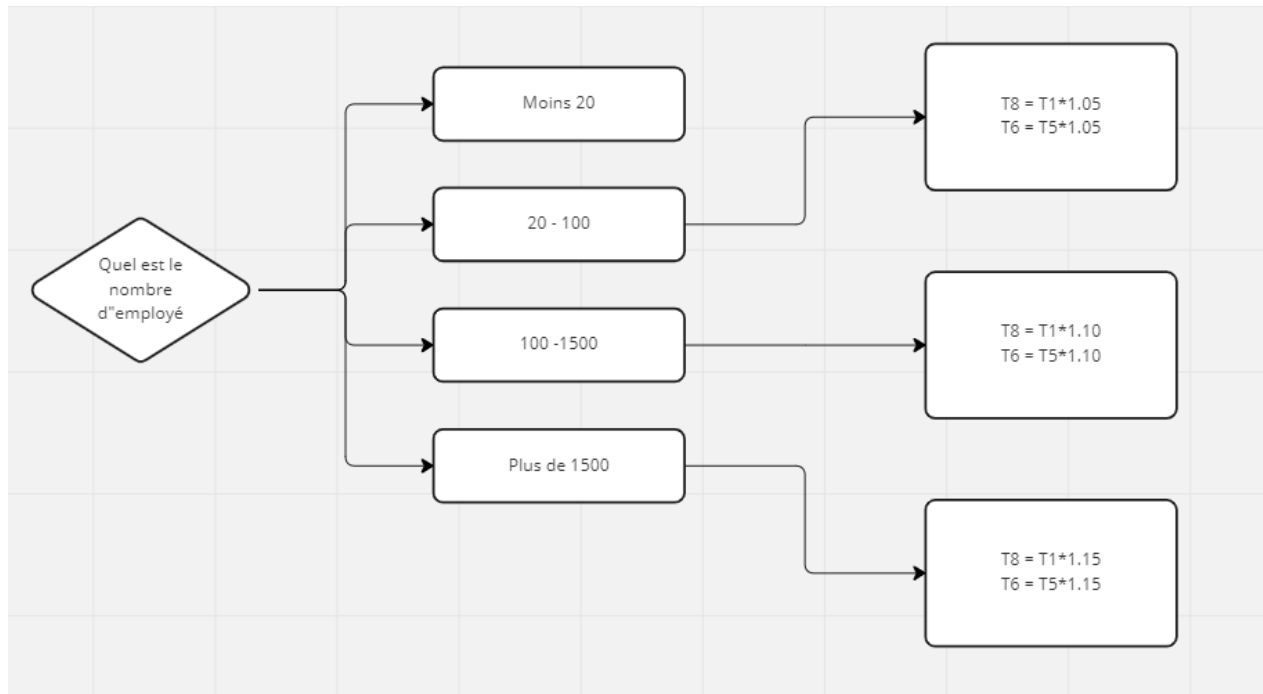


Figure 5 Exemple Arbre décisionnel, Calcul de durée

### Calcul du chemin critique :

Le chemin critique représente le chemin dont la durée est la plus longue et qui équivaut alors à la durée du projet. Ainsi, tout retard sur les tâches de ce chemin provoquera automatiquement un retard sur le projet. Il faut alors porter une attention particulière à ces tâches afin que les objectifs du projet soient atteints dans les temps. Le chemin critique est déterminé par les tâches dont la marge totale est nulle.

### Calcul et simulation en python

Voici la marche à suivre afin d'obtenir le chemin critique du projet.

1. En premier lieu, il faut effectuer l'initialisation des variables. Cela va permettre au système de générer un premier réseau PERT en fonction des données par défaut du système.
2. En deuxième lieu, l'utilisateur doit répondre aux questions permettant au système d'ajuster le temps des différentes tâches en fonction des particularités de l'utilisateur. Voici un exemple en prenant en compte les données de l'entreprise BKMSZ :

NbEmploye: 500

ChiffreAffaire: 80000000

QuestionExportation: Oui

ModuleComptabilité: Oui

ModuleInventaire: Oui

ModuleCRM: Oui

ModuleLivraison: Oui

ModuleEmployé: Oui

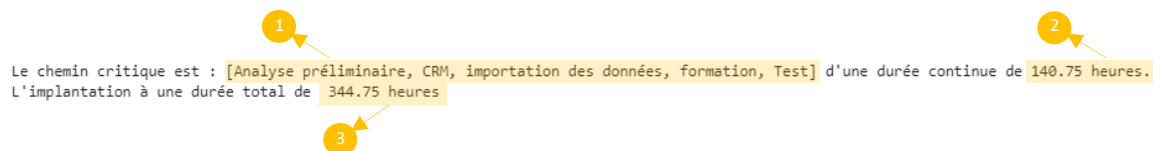
ModuleMarketing: Non

Figure 6 Champs éditables par l'utilisateur

3. En derniers lieux, il suffit de lancer la simulation afin d'obtenir le chemin critique, la durée au plus court du projet ainsi que le temps global de celui-ci.

## Interprétation des résultats

La simulation permet de sortir 3 résultats cruciaux :



1. Le chemin critique. Il s'agit du chemin ayant une marge libre de 0. C'est-à-dire qu'aucun retard ne peut avoir lieu sur l'une de ces tâches sans impacter le rester du projet et ainsi augmenter sa durée totale.



2. Durée continue : Il s'agit de la durée la plus courte que le projet peut avoir. Cette durée est déterminée en tenant pour acquis que nous avons les ressources nécessaires pour accomplir des tâches en simultanés.
3. Durée totale : Il s'agit du temps total que prendra le projet si toutes les tâches ont été mises l'une à la suite de l'autre. La durée totale représente aussi le nombre d'heures qu'il sera investi dans le projet pour le mener à terme.

## Analyse de l'investissement

### Notion d'incertitude de l'investissement

D'abord, les entreprises comme BKMSZ doivent définir la structure d'un projet de transformation numérique. Est-ce que c'est un projet qui va générer des revenus supplémentaires pour l'entreprise ou plus des économies des allocations de dépenses? Dans le cas de BKMSZ, il s'agira d'économie. Ensuite, dépendant du choix de la solution retenue, comment se structurent les coûts pour ce projet? Quels sont les coûts fixes annuels, les coûts d'investissement avant l'exploitation et les coûts variables ?

L'application constituera un état des résultats pour le projet afin de calculer le taux de retour interne et la valeur présente. L'objectif est d'être capable de simuler un grand nombre de ses états des résultats pour connaître la sensibilité du projet aux changements de ses variables qui sont le plus incertains.

La partie investissement de l'implantation va permettre au décideur de connaître si le projet va apporter une réelle valeur à l'entreprise. Comme l'entreprise doit beaucoup investir dans un projet de transformation numérique, une analyse des flux monétaires va permettre un contrôle sur le projet. Ainsi, la nature de la solution technologique est plus sensible au changement des coûts dans le temps.

### L'analyse de la valeur actuelle nette

Pour connaître si le projet est rentable, il faut calculer sa valeur présente nette. La partie d'analyse des processus utilise la même formule. Dans ce cas-ci, il y a l'investissement d'implémentation à l'année 0, le flux monétaire du projet (Bénéfice – coût) et le nombre de périodes que durera le projet.

Équation 3 : Équation du calcul de la VPN

$$VPN = C_0 + \sum_{t=1}^T \left( \frac{1}{1+k} \right)^t C_t$$

### L'analyse de taux de retour interne

Le taux de retour interne est le taux qu'il faudrait pour que la PE soit égale à 0. Dans le cadre de ce projet, nous allons évaluer le retour interne grâce à des fonctions numériques.

$$VPN(k^*) = 0$$

### État des résultats

L'état des résultats est un outil qui est utilisé pour représenter la structure financière des activités de l'entreprise. Elle va être utilisée pour bâtir la charge d'un projet que l'entreprise devra supporter. Comme le projet d'implantation d'ERP ne va surement pas générer de revenu supplémentaire, il n'y aura que des coûts à évaluer.

Tableau 7 : État des résultats du projet

Produit	Nouvelle source de revenus
	Économie d'opération

<b>Charges</b>	Coût fixe de la solution
	Coût variable de la solution
<b>Bénéfice net</b>	

### Calcul de sensibilité

Le calcul de la sensibilité va se faire grâce à l'utilisation de la méthode Monte-Carlo. Grâce aux possibilités de l'ordinateur et du langage de programmation, nous allons pouvoir générer plusieurs fois des valeurs aléatoires qui représentent la nature incertaine du projet. Le regroupement de chacun de ces calculs va nous indiquer les probabilités de sensibilité du projet. Voici un exemple de plusieurs méthodes que nous allons utiliser.

### Calcul et simulation

Voici la marche à suivre pour ajouter un élément à l'état des résultats du projet.

1. Initialiser le tableau pour le nouvel élément
2. Dans la boucle
  - a. Remplir le coût d'avant exploitation
  - b. Remplir le coût pour la première année ou période
  - c. Remplir la fonction aléatoire appropriée ou le changement temporel du coût
3. Les ajouter à l'état des résultats dans le tableau pandas

Voici un exemple de l'ajout du coût variable pour le projet.

1. La variable initier est `tab_c_variable` sous la forme de numpy array
2. La boucle contient
  - a. Un coût avant exploitation de 0
  - b. Un coût variable calculé à partir du coût de la licence et du nombre de licences nécessaire
  - c. La variation aléatoire choisie est la fonction triangle avec une valeur faible, haute et moyenne
3. Ajoute du tableau dans le dataset et sous le nom « Coût variable »

```

# initialisation du tableau
tab_c_variable = np.array([])

# remplissage des valeurs
for i in range(year+1) :
    if i == 0 : # Valeur à l'année 0 (durant la phase d'investisse-
ment)
        tab_c_variable = np.append(tab_c_variable,0)
    elif i == 1 : # Valeur initial à l'année 1 (va-
leur avec le plus de certitude)
        tab_c_variable = np.append(tab_c_variable,c_variable*nb_li-
cences)
    else : # Valeur pour les années future (générer aléatoirement)
        # Fonction aléatoire triangle
        tab_c_variable = np.append(tab_c_variable,tab_c_variable[i-
1]*(random.triangular(low,high,mode)/10))

# Création de l'état des résultats du projet
er = pd.DataFrame(columns=['Économie', 'Cout va-
riable', 'Cout fixe', "Investissement","Total cout", "To-
tal"], dtype='float')

# insertion du tableau dans l'état des résultat du projet
er["Cout variable"] = tab_c_variable

```

Figure 7 : Code pour initier les données de l'états des résultats

## Interprétation des résultats

Il y a trois moyens d'interpréter les résultats de l'application.

D'abord, par la génération de l'état des résultats du projet. Ceci permet à l'analyse de s'assurer que les données du projet on bien présent. Il peut aussi vérifier les champs calculés pour s'assurer qu'elle suit la logique du projet. À cette étape-ci, l'analyse peut calculer la valeur présente nette du projet et le taux de retour interne pour savoir si c'est un bon projet à entreprendre.

Tableau 8 États des résultats du projet

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Économie</b>	0.0	5000.0	9666.0	5426.0	7287.0	6371.0	6514.0	8244.0	9339.0	5322.0	5223.0
<b>Cout variable</b>	0.0	150.0	155.0	159.0	167.0	177.0	180.0	188.0	197.0	212.0	220.0
<b>Cout fixe</b>	0.0	1500.0	3000.0	3000.0	3000.0	4500.0	9000.0	9000.0	9000.0	9000.0	9000.0
<b>Investissement</b>	20000.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Total cout</b>	20000.0	1650.0	3155.0	3159.0	3167.0	4677.0	9180.0	9188.0	9197.0	9212.0	9220.0
<b>Total</b>	-20000.0	3350.0	6511.0	2267.0	4120.0	1694.0	-2666.0	-944.0	142.0	-3890.0	-3997.0

L'analyste va pouvoir pousser son analyse avec l'utilisation des tableaux. Il existe plusieurs bibliothèques qui permettent de générer des graphiques. L'exemple ci-dessous est généré avec matplotlib. Il est possible

de modifier chaque paramètre du graphique. L'information sur comment préparer un graphique matplotlib se trouve ici : [Matplotlib — Visualization with Python](#).

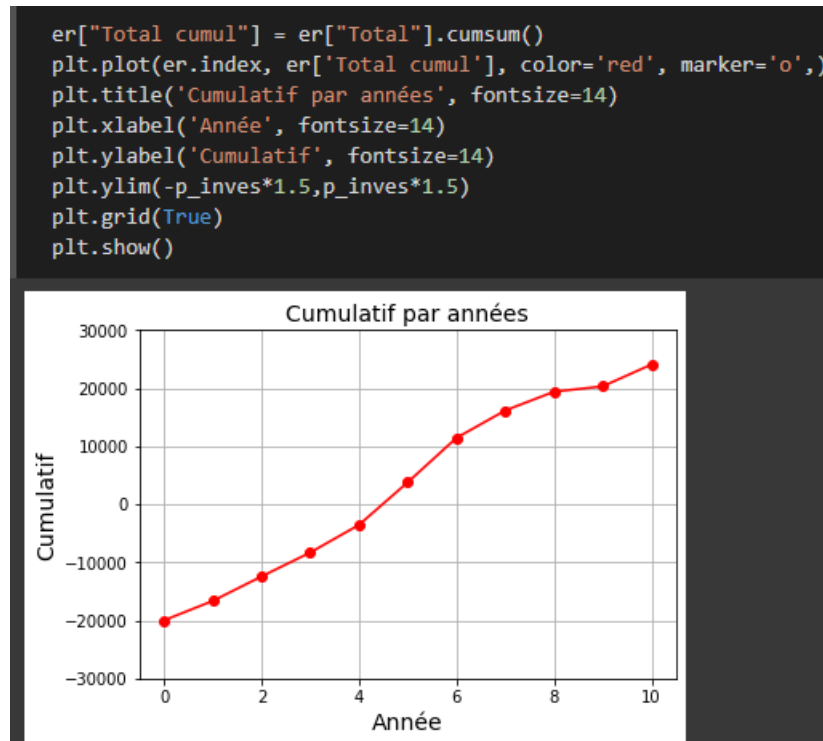


Figure 8 : graphique des liquidités du projet

Finalement, il y a les interprétations statistiques. C'est l'objectif premier de l'application. La première étape va être de générer un nombre suffisant d'états des résultats du projet. Ceci se fait grâce à une boucle ainsi que les variables aléatoires définies plus tôt. Les états des résultats vont servir pour calculer l'une des valeurs que l'on souhaite évaluer. Ici c'est le taux de retour interne du projet qui nous intéresse. Grâce à la fonction `describe` de pandas, les informations relatives au tableau de donnée nous sont présentées.

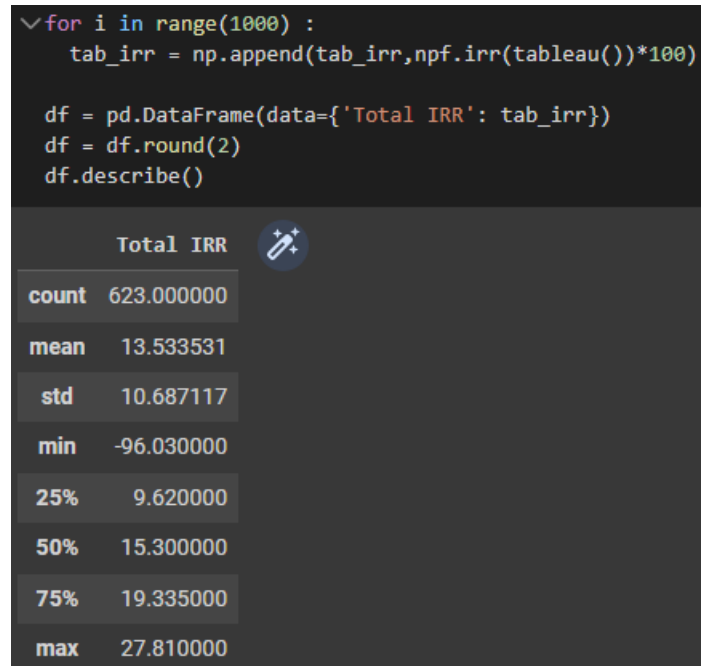


Figure 9 : Récapitulatif statistique

Comme l'analyse de sensibilité utilise la simulation Monte-Carlo, l'outil d'analyse statistique qui va être utilisé est le graphe de fréquences. Dans l'exemple ci-dessous, nous avons la fréquence des taux de retour interne de projet. Dans ce cas-ci, la bibliothèque seaborn était plus pertinente que la bibliothèque de matplotlib. Vous pouvez retrouver les informations sur les autres types de graphiques seaborn ici : [seaborn: statistical data visualization — seaborn 0.12.1 documentation \(pydata.org\)](https://seaborn.pydata.org/seaborn/index.html).

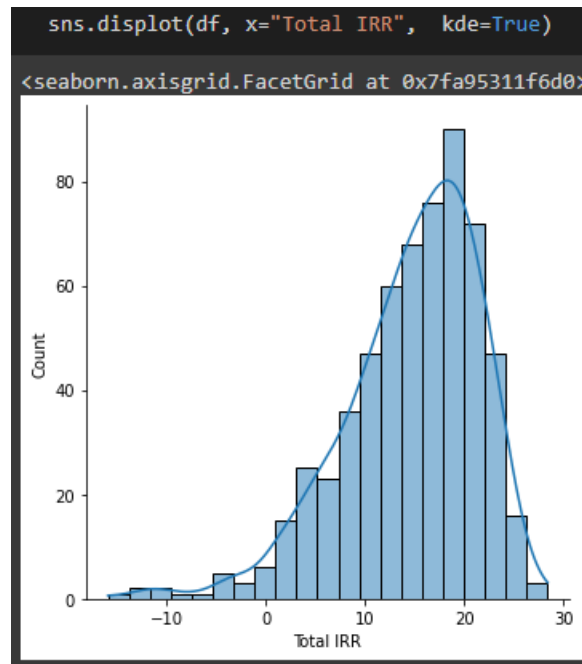


Figure 10 Graphique de fréquence

## Retour Cas d'étude

### Recommandation

Tout d'abord, il est important de souligner que la transformation numérique n'est pas seulement le fait d'effectuer l'implantation d'outils technologique ou encore numérique. Il s'agit d'une transformation de l'organisation qui nécessite de l'accompagnement.

Pour la mise en œuvre d'un projet de transformation numérique, il faut bien comprendre le contexte de l'entreprise et cerner son environnement.

Cependant, il est intéressant de définir une recommandation globale, ainsi, pour la réussite d'une transformation numérique, toute entreprise doit d'abord définir ses objectifs stratégiques, avoir une volonté de s'améliorer, avoir l'appui de ses dirigeants, mener des initiatives, établir un diagnostic complet de son organisation et réfléchir aux processus à améliorer et aux moyens pour pouvoir demeurer concurrentielle.

Dans le cadre de notre étude, on a vu différents points d'amélioration, il serait intéressant de mettre un accent particulier sur le processus d'accompagnement afin de bien définir les bases pour une meilleure transformation numérique

De ce fait, nos principales recommandations seront :

- 1- Bien cibler le client et voir ce qui représente de la valeur pour lui
- 2- Standardiser les processus avec la réduction du gaspillage
- 3- Offrir de nouvelles approches pour gérer la complexité et améliorer la productivité
- 4- Accepter de se faire accompagner par des experts

La mise en application de ces recommandations pourrait aider à une meilleure prise de décision et à la réussite du projet. Dans le cadre d'un projet de transformation numérique pour l'implémentation d'un ERP cet outil va permettre de ressortir l'impact du changement sur la réussite du projet.

## Méthode de gestion projet numérique

La mise en œuvre d'un projet de transformation numérique doit obéir à des règles.

- 1- Le dirigeant et tous les membres de la direction soutiennent les initiatives
- 2- Déterminer le niveau de maturité numérique
- 3- Mettre en place une équipe d'experts polyvalente
- 4- Débuter par un projet pilote qui pourra rapidement faire ses preuves et ainsi apprendre aux équipes concernées à travailler ensemble. La réussite du projet pilote contribuera à accroître l'adhésion de l'ensemble de l'organisation.
- 5- Faire la livraison du projet de manière itérative, ce qui permet de voir rapidement la valeur, afin de s'adapter aux nouvelles données et aux leçons apprises

## Conclusion

L'outil développé ne pourra pas remplacer un expert en transformation numérique. Cet outil de décision, en recevant les bonnes données, va aider l'expert à mieux orienter son analyse et sa prise de décision.

Il peut être question de parler de darwinisme numérique, pour donner une analogie au domaine biologique dans lequel il s'est aperçu que les animaux qui s'adaptent le mieux sont ceux qui arrivent à survivre. Dans notre cas, les entreprises qui vont survivre sont celles qui se sont adaptées à cette nouvelle révolution.

## Conclusion

### Futur développement

La conception d'un outil d'aide à la décision efficace est un défi en soi. En effet, ce dernier doit être en mesure d'être utilisé par une grande portion d'utilisateurs concernée par ce que cet outil cherche à résoudre. Au sujet de l'enjeu du virage numérique, il est possible de dire que toutes les PME de toutes les industries sont affectées. Par conséquent, un bon outil efficace doit pouvoir se modeler à la réalité de chaque industrie ainsi qu'aux divers niveaux de maturité numérique de chacune des entreprises. Les futurs développements de l'outil présenté dans ce rapport pourront s'orienter vers une meilleure paramétrisation des variables. C'est ainsi que l'outil pourra venir en aide à un plus grand nombre de PME. Par ailleurs, un autre développement possible serait la création d'un site web pour héberger l'outil afin de le rendre encore plus accessible et convivial.

### Utilisation dans le domaine

Grâce aux plateformes à usage libre, l'outil pourra être utilisé par tout responsable de projet de virage numérique. De plus, une grande communauté de programmeurs et de gestionnaires qui utilisent ces plateformes peut également apporter leurs suggestions pour l'outil, afin de l'améliorer et de le rendre plus efficace. Par ailleurs, il est également possible de le proposer au RETS, association étudiante de l'ÉTS qui regroupe entre autres des étudiants qui souhaitent percer dans le domaine du génie-conseil.



### Piste de solution

Les compagnies, qui œuvrent dans la vente et l'implémentation de système ERP, peuvent également tirer avantage de ce type d'outil d'aide à la décision. D'autant plus que les systèmes qu'ils proposent sont dispendieux, un outil de ce genre serait un avantage concurrentiel lors des soumissions ou appels d'offres. De plus, puisque chaque fournisseur de système ERP a son propre modèle d'affaires, ils pourront chacun l'adapter selon leurs façons de faire.

### Mot de la fin

Tout au long de la formation en génie des opérations et de la logistique, divers cours sont offerts basés sur des notions d'optimisation de processus, de gestion de projets et d'analyse financière. Ce PFE a permis de non seulement appliquer ces notions dans un contexte précis, mais aussi de les combiner sous un même langage informatique à l'intérieure même d'un outil. Ce projet fut une bonne préparation aux enjeux et aux défis que nous allons rencontrer dans notre carrière professionnelle.

## Annexe 1

Données utiliser pour les calculs

Paramètre	Estimation	Unité
License	25	\$
Nb licences	500	Unités
Chiffre d'affaires de l'entreprise	80 000 000	\$
Nombre d'employés	500	Employé
Nombre quotidien d'itérations par poste	200	Opérations
Temps en action superflue	5	Minutes
Temps nécessaire pour la communication interne	10	Minutes
Taux d'erreur quotidien de l'opération	5	%
Temps nécessaire à la correction d'une erreur	15	Minutes
Taux de redondance quotidien de l'opération	33	%
Temps nécessaire pour effectuer la redondance	6	Minutes
Salaire horaire	26	\$/heure
Nombre de jours ouvrables par année	220	Jours
Économie du projet	20000	\$
Coût fixe	0	\$
Coût variable	300	\$
Année d'opération	10	Unités
TRAM	15	%

## Annexe 2

### Code de l'outil

## ▼ Projet PFE

### Description

Se projet est une application batie dans le but d'aider les charges de transformation numérique à évaluer le projet.

### Configuration

Ce projet nessésite de connaitre le langage de programmation. Des explemes de code serons disponible au besoin.

```
pip install numpy-financial
```

```
Looking in indexes: https://pypi.org/simple, https://us-python.pkg.dev/colab-wheels/public/simple/
Requirement already satisfied: numpy-financial in /usr/local/lib/python3.8/dist-packages (1.0.0)
Requirement already satisfied: numpy>=1.15 in /usr/local/lib/python3.8/dist-packages (from numpy-financial) (1.21.6)
```
















## ▼ Importation des modules complémentaires

```
##@title Importation des modules complémentaires
# Module à importer pour la partie financière
import numpy_financial as npf # Module des formules financières
import numpy as np # Module pour utiliser des arrays
import random # Module des fonctions aléatoires
import pandas as pd # Module pour la gestion des tableaux de données
import matplotlib.pyplot as plt # Module pour dessiner des graphiques
# Import seaborn
import seaborn as sns
```

## ▼ Analyse processus

Cette section prend en paramètre l'état actuel des opérations. Ces données permette le calcul du bénéfice tangible potentiel.

Veuillez entrer vos meilleurs estimations. Entrez 0 si vous ne disposez pas l'information.

##@markdown Nombre d'opérations	Nombre d'opérations	
OP_ITERATION = 200 ##@param {type:"number"}	OP_ITERATION: 200	
##@markdown Temps superflus actuel relatif au nouveau système		
TIME_EXTRA = 5 ##@param {type:"number"}	Temps superflus actuel relatif au nouveau système	
##@markdown Temps nécessaire pour la communication interne		
COMM_TIME = 10 ##@param {type:"number"}	TIME_EXTRA: 5	
##@markdown Taux d'erreur quotidien (%)		
ERROR_RATIO = 5 ##@param {type:"number"}	Temps nécessaire pour la communication interne	
##@markdown Temps nécessaire à la correction d'erreur		
ERROR_TIME = 15 ##@param {type:"number"}	COMM_TIME: 10	
##@markdown Temps nécessaire pour effectuer la redondance (min)		
REDO_TIME = 33 ##@param {type:"number"}	Taux d'erreur quotidien (%)	
##@markdown Taux de redondance quotidien de l'opération (%)		
REDO_RATIO = 6 ##@param {type:"number"}	ERROR_RATIO: 5	
##@markdown Salaire horaire moyen d'un opérateur		
SALARY_HOURLY = 26 ##@param {type:"number"}	Temps nécessaire à la correction d'erreur	
##@markdown Nombre de jours ouvrable annuel		
ANNUAL_DAY = 220 ##@param {type:"number"}	ERROR_TIME: 15	
##@markdown Horizon d'analyse de la valeur présente nette : minimum 1 ans		
Period_decisiontree = 0 ##@param {type:"number"}	Temps nécessaire pour effectuer la redondance (min)	
##@markdown Prévision de ROI de votre organisation		
annuity = 0.1 ##@param {type:"number"}	REDO_TIME: 33	
##@markdown Facteur multiplicatif du nombre d'opération en augmentation		
UPPER_VALUE = 1.5 ##@param {type:"number"}	Taux de redondance quotidien de l'opération (%)	
##@markdown Facteur multiplicatif du nombre d'opération neutre		
SAME_VALUE = 1 ##@param {type:"number"}	REDO_RATIO: 6	
##@markdown Facteur multiplicatif du nombre d'opération en diminution		
LOWER_VALUE = 0.5 ##@param {type:"number"}	Salaire horaire moyen d'un opérateur	
##@markdown Probabilité d'augmentation du nombre d'opération (cumulatif à 1)		
UPPER_VALUE_p = 0.7 ##@param {type:"number"}		
##@markdown Probabilité de maintient du nombre d'opération (cumulatif à 0.5)		
SAME_VALUE_p = 0.3 ##@param {type:"number"}		

#@markdown Probabilité de diminution du nombre d'opération (cumulatif à 1)

```
LOW_VALUE_p = 0.1 #@param {type:"number"}
```

```
nodeList = []
```

OP\_ITERATION\_incr = [ [UPPER\_VALUE\_p, UPPER\_VALUE], [SAME\_VALUE\_p, SAME\_VALUE\_p], [LOW\_VALUE\_p, LOWER\_VALUE]

Period\_decisiontree: 0

annuity: 0.1

UPPER\_VALUE: 1.5

**SAME\_VALUE: 1**

LOWER\_VALUE: 0.5

UPPER\_VALUE\_p: 0.7

SAME\_VALUE\_p: 0.3

LOW\_VALUE\_p: 0.1

```
def benefice_tangible():
```

$$\text{Timesaved} = (\text{OP\_ITERATION} * \text{TIME\_EXTRA}) + \text{COMM\_TIME} + (\text{OP\_ITERATION} * \text{ERROR\_RATIO} / 100 * \text{ERROR\_TIME}) + (\text{OP\_ITERATION} * \text{REDO\_TIME} / 100 * \text{REDO\_RATIO})$$

return benef

La valeur des bénéfices tangibles est de 148338.67 \$

```
def benef main():
```

```
def benef time(OP ITERATION calc):
```

$$\text{Timesaved} = (\text{OP ITERATION calc} \times \text{TIME EXTRA}) + \text{COMM TIME} + (\text{OP ITERATION calc} \times \text{ERROR RATIO} / 100 \times \text{ERROR TIME}) + (\text{OP ITERATION calc} \times \text{REDO TIME} / 100)$$

### #Calcul du bénéfice monétaire tangible

global SALARY HOURLY, ANNUAL DAY

```

M = Timesaved/60*SALARY_HOURLY*ANNUAL_DAY

return M

#Consolidation du calcul de bénéfice monétaire
def benef_calc(OP_ITERATION_dtc):

    #print(benef_financial (benef_time(OP_ITERATION_dtc)))
    benef_calc = benef_financial (benef_time(OP_ITERATION_dtc))
    return benef_calc

#Définition de l'objet Node de l'arbre de décision
class Node:
    def __init__(self, NewHead, NewOp, NewBenefit, NewPeriod, NewProb):
        self.head = NewHead

        self.op = NewOp
        self.benefit = NewBenefit
        self.period = NewPeriod
        self.prob = NewProb

        self.high = None
        self.mid = None
        self.low = None

        self.benefEsp = None

#Logique de récursion de l'arbre de décision
def create_nextNode(CurrentNode: Node):

    global nodeList

    high = False
    mid = False
    low = False
    currentPeriod = CurrentNode.period + 1

    CurrentNode.high = Node( CurrentNode, CurrentNode.op*OP_ITERATION_incer[0][1], benef_calc(CurrentNode.op*OP_ITERATION_incer[0][1]),

    for x in range(len(nodeList)):
        if nodeList[x][1] == currentPeriod and nodeList[x][2] == CurrentNode.high.op :
            high = 1
            CurrentNode.high = nodeList[x][0]
            break

    if high == 0:
        nodeList.append([CurrentNode.high, CurrentNode.high.period, CurrentNode.high.op])

    CurrentNode.mid = Node( CurrentNode, CurrentNode.op*OP_ITERATION_incer[1][1], benef_calc(CurrentNode.op*OP_ITERATION_incer[1][1]),
    for x in range(len(nodeList)):
        if nodeList[x][1] == currentPeriod and nodeList[x][2] == CurrentNode.mid.op :
            mid = 1
            CurrentNode.mid = nodeList[x][0]
            break

    if mid == 0:
        nodeList.append([CurrentNode.mid, CurrentNode.mid.period, CurrentNode.mid.op])

    CurrentNode.low = Node( CurrentNode, CurrentNode.op*OP_ITERATION_incer[2][1], benef_calc(CurrentNode.op*OP_ITERATION_incer[2][1]),
    for x in range(len(nodeList)):
        if nodeList[x][1] == currentPeriod and nodeList[x][2] == CurrentNode.low.op :
            mid = 1
            CurrentNode.low = nodeList[x][0]
            break

    if low == 0:
        nodeList.append([CurrentNode.low, CurrentNode.low.period, CurrentNode.low.op])

    if currentPeriod < Period_decisiontree:
        if high == 0:
            create_nextNode(CurrentNode.high)

```

```

        if mid == 0:
            create_nextNode(CurrentNode.mid)
        if low == 0:
            create_nextNode(CurrentNode.low)

    CurrentNode.benefEsp = (CurrentNode.high.benefit*CurrentNode.high.prob + CurrentNode.mid.benefit*CurrentNode.mid.prob + CurrentNode.
    CurrentNode.benefit = CurrentNode.benefEsp + CurrentNode.benefit

#Création de l'arbre de décision par récursion
def create_tree():

    global nodeList
    nodeList.clear

    firstNode = Node(None, OP_ITERATION, benef_calc(OP_ITERATION), 0, 1)
    nodeList.append([firstNode, firstNode.period, firstNode.op])
    create_nextNode(firstNode)
    firstNode.benefEsp = (firstNode.high.benefit*firstNode.high.prob + firstNode.mid.benefit*firstNode.mid.prob + firstNode.low.benefit*

    return firstNode.benefit

return create_tree()

#Résultat VPN
print("La valeur actuelle nette (VPN) des bénéfices sur une période de", Period_decisiontree,"ans est", round(benef_main(), 2), "$")

```

La valeur actuelle nette (VPN) des bénéfices sur une période de 0 ans est 308736.13 \$

## ▼ Analyse Projet

Cette section permet d'initialiser le projet afin de créer un premier diagramme PERT qui sera par la suite ajusté en fonction de votre réalité.

```

#initialisation des variables
DureeAnalysePreliminaire = 20
DureeExportation = 5
DureeConversion = 10
DureeComptabilite = 50
DureeInventaire = 55
DureeCrm = 75
DureeLivraison = 35
DureeEmployé = 40
DureeMarketing = 25
DureeImportation = 2
DureeFormation = 20
DureeTests = 20

# [numéro de la tâche, prédécesseur, durée de la tâche, début au plus tôt, début au plus tard]
AnalysePreliminaire = [1,0,DureeAnalysePreliminaire,0,0]
Exportation = [2,1,DureeExportation,20,80]
Conversion = [3,2,DureeConversion,25,85]
Comptabilite = [4,3,DureeComptabilite,20,40]
Inventaire = [5,3,DureeInventaire,20,40]
Crm = [6,3,DureeCrm,20,20]
Livraison = [7,3,DureeLivraison,20,40]
Employé = [8,3,DureeEmployé,20,40]
Marketing = [9,3,DureeMarketing,20,70]

E2 = [Exportation[2],Comptabilite[2],Inventaire[2],Crm[2],Livraison[2],Employé[2],Marketing[2]]
E2.sort()
Ci=E2[-1]+DureeAnalysePreliminaire
Cf=Ci+DureeImportation
Ct=Cf+DureeFormation
Tf=Ct-DureeFormation
Ti=Tf-DureeImportation

AnalysePreliminaire = [1,0,DureeAnalysePreliminaire,0,0]
Exportation = [2,1,DureeExportation,DureeAnalysePreliminaire,Ci-DureeExportation]

```

```

Conversion = [3,2,DureeConversion,DureeAnalysePreliminaire+DureeConversion,Ci-DureeConversion]
Comptabilite = [4,3,DureeComptabilite,DureeAnalysePreliminaire,Ci-DureeComptabilite]
Inventaire = [5,3,DureeInventaire,DureeAnalysePreliminaire,Ci-DureeInventaire]
Crm = [6,3,DureeCrm,DureeAnalysePreliminaire,Ci-DureeCrm]
Livraison = [7,3,DureeLivraison,DureeAnalysePreliminaire,Ci-DureeLivraison]
Employé = [8,3,DureeEmployé,DureeAnalysePreliminaire,Ci-DureeEmployé]
Marketing = [9,3,DureeMarketing,DureeAnalysePreliminaire,Ci-DureeMarketing]
Importation = [10,10,DureeImportation,Ci,Ti]
Formation = [11,10,DureeFormation,Cf,Tf]
Tests = [12,11,DureeTests,Ct,Ct]

```

Cette section permet d'ajuster le temps de certaines tâches en fonction de votre réalité. Ainsi, le chemin critique sera ajusté de facons dynamique en fonction de vos réponses.

```

#@markdown Quel est votre nombre d'employés :
NbEmploye = 500 #@param {type:"number"}
NbEmploye = int(NbEmploye)

```

```

#@markdown Quel est votre chiffre d'affaire moyen :
ChiffreAffaire = 80000000 #@param {type:"number"}

```

```

#@markdown Vos données actuelles sont t'elles facilement exportable e
QuestionExportation = "Oui" #@param ["Non", "Oui"]

```

```

#@markdown Utiliser vous les modules suivants :
ModuleComptabilite = "Oui" #@param ["Non", "Oui"]
ModuleInventaire = "Oui" #@param ["Non", "Oui"]
ModuleCRM = "Oui" #@param ["Non", "Oui"]
ModuleLivraison = "Oui" #@param ["Non", "Oui"]
ModuleEmployé = "Oui" #@param ["Non", "Oui"]
ModuleMarketing = "Non" #@param ["Non", "Oui"]

```

Quel est votre nombre d'employés :

NbEmploye: 500

Quel est votre chiffre d'affaire moyen :

ChiffreAffaire: 80000000

Vos données actuelles sont t'elles facilement exportable en format CSV ?

QuestionExportation: Oui

Utiliser vous les modules suivants :

ModuleComptabilite: Oui

ModuleInventaire: Oui

ModuleCRM: Oui

ModuleLivraison: Oui

ModuleEmployé: Oui

ModuleMarketing: Non

Cette section permet de recalculer le temps de chacune des tâches ainsi que le chemin critique.

```

if NbEmploye >= 20 and NbEmploye < 100 :
    DureeCrm = DureeCrm *1.05
    DureeEmployé = DureeEmployé *1.10

```

```

if NbEmploye >= 100 and NbEmploye < 1500 :
    DureeCrm = DureeCrm *1.10
    DureeEmployé = DureeEmployé *1.15

```

```

if NbEmploye >= 1500 :
    DureeCrm = DureeCrm *1.15
    DureeEmployé = DureeEmployé *1.20

```

```

if ChiffreAffaire >= 500000 and ChiffreAffaire < 1000000 :
    DureeAnalysePreliminaire = DureeAnalysePreliminaire *1.20
    DureeComptabilite = DureeComptabilite *1.20
    DureeInventaire = DureeInventaire *1.20
    DureeLivraison = DureeLivraison *1.20
    DureeMarketing = DureeMarketing *1.20

```

```

if ChiffreAffaire >= 1000000 and ChiffreAffaire < 5000000 :
    DureeAnalysePreliminaire = DureeAnalysePreliminaire *1.60
    DureeComptabilite = DureeComptabilite *1.60
    DureeInventaire = DureeInventaire *1.60
    DureeLivraison = DureeLivraison *1.60
    DureeMarketing = DureeMarketing *1.60

```

```

if ChiffreAffaire >= 5000000 :
    DureeAnalysePreliminaire = DureeAnalysePreliminaire *2
    DureeComptabilite = DureeComptabilite *2
    DureeInventaire = DureeInventaire *2
    DureeLivraison = DureeLivraison *2
    DureeMarketing = DureeMarketing *2

if QuestionExportation == 'Non' :
    DureeConversion = DureeConversion*3

if ModuleComptabilite == 'Non' :
    DureeComptabilite = 0

if ModuleInventaire == 'Non' :
    DureeInventaire = 0

if ModuleCRM == 'Non' :
    DureeCrm = 0

if ModuleLivraison == 'Non' :
    DureeLivraison = 0

if ModuleEmployé == 'Non' :
    DureeEmployé = 0

if ModuleMarketing == 'Non' :
    DureeMarketing = 0

AnalysePreliminaire = [1,0,DureeAnalysePreliminaire,0,0]
Exportation = [2,1,DureeExportation,20,80]
Conversion = [3,2,DureeConversion,25,85]
Comptabilite = [4,3,DureeComptabilite,20,40]
Inventaire = [5,3,DureeInventaire,20,40]
Crm = [6,3,DureeCrm,20,20]
Livraison = [7,3,DureeLivraison,20,40]
Employé = [8,3,DureeEmployé,20,40]
Marketing = [9,3,DureeMarketing,20,70]

E2 = [Exportation[2],Comptabilite[2],Inventaire[2],Crm[2],Livraison[2],Employé[2],Marketing[2]]
E2.sort()
Ci=E2[-1]+DureeAnalysePreliminaire
Cf=Ci+DureeImportation
Ct=Cf+DureeFormation
Tf=Ct-DureeFormation
Ti=Tf-DureeImportation

AnalysePreliminaire = [1,0,DureeAnalysePreliminaire,0,0]
Exportation = [2,1,DureeExportation,DureeAnalysePreliminaire,Ci-DureeExportation]
Conversion = [3,2,DureeConversion,DureeAnalysePreliminaire+DureeConversion,Ci-DureeConversion]
Comptabilite = [4,3,DureeComptabilite,DureeAnalysePreliminaire,Ci-DureeComptabilite]
Inventaire = [5,3,DureeInventaire,DureeAnalysePreliminaire,Ci-DureeInventaire]
Crm = [6,3,DureeCrm,DureeAnalysePreliminaire,Ci-DureeCrm]
Livraison = [7,3,DureeLivraison,DureeAnalysePreliminaire,Ci-DureeLivraison]
Employé = [8,3,DureeEmployé,DureeAnalysePreliminaire,Ci-DureeEmployé]
Marketing = [9,3,DureeMarketing,DureeAnalysePreliminaire,Ci-DureeMarketing]
Importation = [10,10,DureeImportation,Ci,Ti]
Formation = [11,10,DureeFormation,Cf,Tf]
Tests = [12,11,DureeTests,Ct,Ct]
CoutImplementation = 10000

```

Cette section présente les résultat de la simulation.

On y retrouve :

- Chemin critique
- Temps au plus court du projet
- Temps global

```

if Comptabilite[3] - Comptabilite[4] == 0 :
    CoutImplementation = (DureeExportation+DureeConversion+DureeComptabilite+DureeInventaire+DureeCrm+DureeLivraison+DureeEmployé+DureeMarketi
    print("Le chemin critique est : [Analyse préliminaire, Comptabilité, importation des données, formation, Test] d'une durée continue de", r
    print("L'implantation à une durée total de ", DureeExportation+DureeConversion+DureeComptabilite+DureeInventaire+DureeCrm+DureeLivraison+C

if Inventaire[3] - Inventaire[4] == 0 :
    CoutImplementation = (DureeExportation+DureeConversion+DureeComptabilite+DureeInventaire+DureeCrm+DureeLivraison+DureeEmployé+DureeMarketi
    print("Le chemin critique est : [Analyse préliminaire, Inventaire, importation des données, formation, Test] d'une durée continue de", roi

```



```

print("L'implantation à une durée total de ", DureeExportation+DureeConversion+DureeComptabilite+DureeInventaire+DureeCrm+DureeLivraison+C

if Crm[3] - Crm[4] == 0 :
    CoutImplementation = (DureeExportation+DureeConversion+DureeComptabilite+DureeInventaire+DureeCrm+DureeLivraison+DureeEmployé+DureeMarketi
    print("Le chemin critique est : [Analyse préliminaire, CRM, importation des données, formation, Test] d'une durée continue de", round(Dure
    print("L'implantation à une durée total de ", DureeExportation+DureeConversion+DureeComptabilite+DureeInventaire+DureeCrm+DureeLivraison+C

if Livraison[3] - Livraison[4] == 0 :
    CoutImplementation = (DureeExportation+DureeConversion+DureeComptabilite+DureeInventaire+DureeCrm+DureeLivraison+DureeEmployé+DureeMarketi
    print("Le chemin critique est : [Analyse préliminaire, Livraison, importation des données, formation, Test] d'une durée continue de", rour
    print("L'implantation à une durée total de ", DureeExportation+DureeConversion+DureeComptabilite+DureeInventaire+DureeCrm+DureeLivraison+C

if Employé[3] - Employé[4] == 0 :
    CoutImplementation = (DureeExportation+DureeConversion+DureeComptabilite+DureeInventaire+DureeCrm+DureeLivraison+DureeEmployé+DureeMarketi
    print("Le chemin critique est : [Analyse préliminaire, Employé, importation des données, formation, Test] d'une durée continue de", round(
    print("L'implantation à une durée total de ", DureeExportation+DureeConversion+DureeComptabilite+DureeInventaire+DureeCrm+DureeLivraison+C

if Marketing[3] - Marketing[4] == 0 :
    CoutImplementation = (DureeExportation+DureeConversion+DureeComptabilite+DureeInventaire+DureeCrm+DureeLivraison+DureeEmployé+DureeMarketi
    print("Le chemin critique est : [Analyse préliminaire, Marketing, importation des données, formation, Test] d'une durée continue de", rour
    print("L'implantation à une durée total de ", DureeExportation+DureeConversion+DureeComptabilite+DureeInventaire+DureeCrm+DureeLivraison+C

Le chemin critique est : [Analyse préliminaire, Inventaire, importation des données, formation, Test] d'une durée continue de 192 heures
L'implantation à une durée total de 465.5 heures

```



## ▼ Partie d'analyse de l'investissement

### ▼ Hypothèse de travail

Cette section comprend les hypothèse de départ de votre projet d'investissement.

- Le nombre d'année du projet peut varier entre 5 et 20 ans
- Le p\_inves représente le motant investit pour lancer le projet.
- nb\_licences représente le nombre d'usager qui auront besoins d'une licences
- c\_licences représente le cout d'une licences moyenne
- p\_econo représente les économies espérer de la solution technologie compte réaliser
- c\_fixe représente le cout fixe du projet
- c\_variable représente les cout variable du projet

```

##markdown Info général
year = 10 ##param {type:"slider", min:5, max:20, step:1}
p_inves = CoutImplementation

##markdown Partie revenu
p_revenu = 0 ##param {type:"number"}
p_econo = 200000 ##param {type:"number"}

##markdown Partie coût
nb_licences = 500 ##param {type:"number"}
c_licences = 300 ##param {type:"number"}
c_fixe = 0 ##param {type:"number"}
c_variable = 0 ##param {type:"number"}

if nb_licences > NbEmploye :
    print("Vous avez sélectionner un nombre de licences supérieurs à vot

```

Info général	
year:	10
Partie revenu	
p_revenu:	0
p_econo:	200000
Partie coût	
nb_licences:	500
c_licences:	300
c_fixe:	0
c_variable:	0

### ▼ Choix des variables aléatoires

Distribution triangle

- Low = valeur minimal de la distribution
- High = Valeur maximal de la distribution
- Mode = Valeur moyenne de la distribution

#### Distribution uniforme

- uniformmin = valeur minimal de la distribution
- uniformmax = valeur maximal de la distribution

#### Distribution pondérer

- Choice = à la valeur multiplicative
- pchoice = a la probabilité du choix

```
from numpy.random.mtrand import choice
#@markdown Distribution triangle
low = 1 #@param {type:"slider", min:1, max:2, step:0.01}
high = 1.03 #@param {type:"slider", min:1, max:2, step:0.01}
mode = 1.01 #@param {type:"slider", min:1, max:2, step:0.01}
#@markdown Distribution pondérer
choice1 = 1 #@param {type:"slider", min:1, max:2, step:0.01}
choice2 = 1.1 #@param {type:"slider", min:1, max:2.5, step:0.01}
choice3 = 1.2 #@param {type:"slider", min:1, max:3, step:0.01}
pchoice1 = 0.34 #@param {type:"slider", min:0, max:1, step:0.01}
pchoice2 = 0.33 #@param {type:"slider", min:0, max:1, step:0.01}
pchoice3 = 0.33 #@param {type:"slider", min:0, max:1, step:0.01}
#@markdown Distribution uniforme
uniformmin = 10000 #@param {type:"number"}
uniformmax = 15000 #@param {type:"number"}
if (pchoice1 + pchoice2+pchoice3 != 1) :
```

```
    print('La somme des valeurs pchoice1 pchoice2 et pchoice 3 doit être 1')
```

#### Distribution triangle

low:	1
high:	1.03
mode:	1.01

#### Distribution pondérer

choice1:	1
choice2:	1.1
choice3:	1.2
pchoice1:	0.34
pchoice2:	0.33
pchoice3:	0.33

#### Distribution uniforme

uniformmin:	10000
uniformmax:	15000

```
# Initialisation des tableaux
tab_inves = np.array([CoutImplementation])
tab_econo = np.array([])
tab_c_fixe = np.array([])
tab_c_variable = np.array([])
table_c_licences = np.array([])

for i in range(year) :
    tab_inves = np.append(tab_inves,0)

for i in range(year+1) :
    if i == 0 :
        tab_c_fixe = np.append(tab_c_fixe,0)
    elif i == 1 :
        tab_c_fixe = np.append(tab_c_fixe,c_fixe)
    else :
        tab_c_fixe = np.append(tab_c_fixe,tab_c_fixe[i-1]*(np.random.choice([choice1,choice2,choice3],p=[pchoice1,pchoice2,pchoice3])))

for i in range(year+1) :
    if i == 0 :
        table_c_licences = np.append(table_c_licences,0)
    elif i == 1 :
        table_c_licences = np.append(table_c_licences,c_licences*nb_licences)
    else :
        table_c_licences = np.append(table_c_licences,table_c_licences[i-1]*(random.triangular(low,high,mode)))

for i in range(year+1) :
```

```

for i in range(year+1) :
    if i == 0 :
        tab_econo = np.append(tab_econo,0)
    elif i ==1 :
        tab_econo = np.append(tab_econo,p_econo)
    else :
        tab_econo = np.append(tab_econo,random.uniform(uniformmin,uniformmax))

er = pd.DataFrame(columns=["Revenu",'Économie', 'Cout variable', 'Cout fixe', "Investissement","Total cout", "Total"], dtype='float')
er["Économie"] = tab_econo
er["Cout variable"] = table_c_licences
er["Cout fixe"] = tab_c_fixe
er["Investissement"] = tab_inves
er["Total cout"] = er["Cout variable"] + er["Cout fixe"] + tab_inves
er["Total"] = tab_econo - er["Total cout"]
er = er.round(0)
er.transpose()

```

	0	1	2	3	4	5	6
<b>Revenu</b>	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN	NaN
<b>Économie</b>	0.0	200000.0	12926.0	11436.0	11465.0	10210.0	10630.0
<b>Cout variable</b>	0.0	150000.0	152344.0	155551.0	159969.0	161373.0	163163.0
<b>Cout fixe</b>	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Investissement</b>	69825.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Total cout</b>	69825.0	150000.0	152344.0	155551.0	159969.0	161373.0	163163.0
<b>Total</b>	-69825.0	50000.0	-139418.0	-144114.0	-148504.0	-151163.0	-152533.0

## ▼ Graphique cumulatif

```

# Graphique des économies
plt.plot(er.index, er["Économie"].cumsum(), color='red', marker='o',)
plt.title('Cumulatif des économies par années', fontsize=14)
plt.xlabel('Année', fontsize=14)
plt.ylabel('Économie', fontsize=14)
#plt.ylim(-p_inves*1.5,p_inves*2)
plt.grid(True)
plt.show()

```

```

#Graphique du total
plt.plot(er.index, er["Total"].cumsum(), color='red', marker='o',)
plt.title('Cumulatif total par années', fontsize=14)
plt.xlabel('Année', fontsize=14)
plt.ylabel('Cumulatif', fontsize=14)
plt.grid(True)
plt.show()

```



## ▼ interprétation des résultats



## ▼ Fonction utiliser pour la partie simulation

Le code doit être identique à la partie de génération de l'état des résultats du projet à un détail prêt. Ne pas changer la première et la dernier ligne. Il sont utiliser pour appler la fonction et en retirer la résultat.

```

def tableau() :
# Initialisation des tableaux
    tab_inves = np.array([p_inves])
    tab_econo = np.array([])
    tab_c_fixe = np.array([])
    tab_c_variable = np.array([])
    table_c_licences = np.array([])

    for i in range(year) :
        tab_inves = np.append(tab_inves,0)

    for i in range(year+1) :
        if i == 0 :
            tab_c_fixe = np.append(tab_c_fixe,0)
        elif i == 1 :
            tab_c_fixe = np.append(tab_c_fixe,c_fixe)
        else :
            tab_c_fixe = np.append(tab_c_fixe,tab_c_fixe[i-1]*(np.random.choice([1,1.5,2],p=[0.6,0.25,0.15])))

    for i in range(year+1) :
        if i == 0 :
            tab_c_variable = np.append(tab_c_variable,0)
        elif i == 1 :
            tab_c_variable = np.append(tab_c_variable,c_variable*nb_licences)
        else :
            tab_c_variable = np.append(tab_c_variable,tab_c_variable[i-1]*(random.triangular(low,high,mode)/10))

    for i in range(year+1) :
        if i == 0 :
            tab_econo = np.append(tab_econo,0)
        elif i ==1 :
            tab_econo = np.append(tab_econo,p_econo)
        else :
            tab_econo = np.append(tab_econo,random.uniform(p_econo,p_econo*2))

    er = pd.DataFrame(columns=['Économie', 'Cout variable', 'Cout fixe', "Investissement","Total cout", "Total"], dtype='float')
    er["Économie"] = tab_econo
    er["Cout variable"] = tab_c_variable
    er["Cout fixe"] = tab_c_fixe
    er["Investissement"] = tab_inves
    er["Total cout"] = tab_c_variable + tab_c_fixe + tab_inves
    er["Total"] = tab_econo - er["Total cout"]

    return er["Total"]

```

## ▼ Analyse des résultat de la partie investissement

Sélectionner votre taux de rendement désirer pour le projet (TRAM)

Sélectionner le nombre de simulation que vous souhaitez effectuer (SIM)

```

#@markdown Info simulation
tab_npv = np.array([])
tab_irr = np.array([])

```

Info simulation



```
TRAM = 0.15 #@param {type:"slider", min:0, max:0.3, step:0.01}
SIM = 400 #@param {type:"slider", min:10, max:1000, step:10}
```

TRAM:

0.15

SIM:

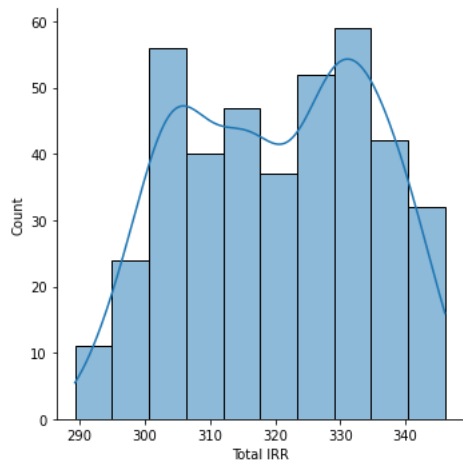
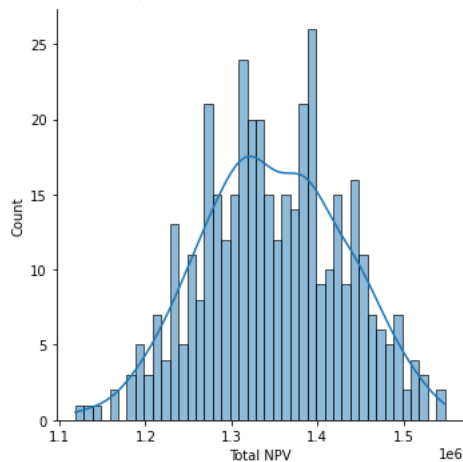
400

```
for i in range(SIM) :
    tab_npv = np.append(tab_npv,npf.npv(TRAM,tableau()))
    tab_irr = np.append(tab_irr,npf.irr(tableau())*100)

NPV = pd.DataFrame(data={'Total NPV': tab_npv})
IRR = pd.DataFrame(data={'Total IRR': tab_irr})
IRR = IRR.round(2)
NPV = NPV.round(0)

# Show plot
sns.displot(NPV, x="Total NPV", kde=True, binwidth=10000 )
sns.displot(IRR, x="Total IRR", kde=True)
```

<seaborn.axisgrid.FacetGrid at 0x7f34cde22220>



NPV.describe().transpose()

	count	mean	std	min	25%	50%	75%	max
<b>Total NPV</b>	400.0	1.348054e+06	82021.817195	1118198.0	1288388.5	1345530.5	1403536.0	1548045.0

IRR.describe().transpose()

	count	mean	std	min	25%	50%	75%	max
<b>Total IRR</b>	400.0	320.285375	14.305712	289.28	307.255	320.405	332.55	346.09

Résultat de l'analyse de la valeur acutel net (NPV)

- La valuer au 75ieme percentile est négatif
- Le projet n'est pas rentable dans l'état proposer
- L'entreprise doit augmenter les économies espérer

Résultat de l'analyse du taux de retour interne (IRR)

- La moyenne est autour de 7%
- Le projet ne respecte pas notre structure de cout pour ce projet
- Avec un écart type de 6%
- Le projet à trop de variabilité pour considérer la recherche de cout de financement moins cher
- L'entreprise doit mieux controlé l'évolution des couts

## Fin de l'analyse

[Produits payants Colab](#) - [Résilier les contrats ici](#)

✓ 0 s terminée à 17:56

