



# RECHERCHE OPERATIONNELLE & OPTIMISATION

**SUJET : APPLICATIONS A LA GESTION ET A LA FINANCE**

**M2 - INGENIERIE ECONOMETRIQUE ET  
EVALUATIONS ECONOMIQUES**

**SEZESTRE Emilien**

**Enseignant : GOURLAY Boris**

# Table des matières

I. Introduction .....	3
II. La recherche opérationnelle appliquée : application à la gestion.....	4
A. Recherche opérationnel et problème de concurrence ....	4
B. Application 1 : Théorie des jeux.....	5
III. La recherche opérationnelle appliquée à la finance.....	8
A. Recherche opérationnelle et finance de marché .....	8
B. Application 2 : Optimisation de portefeuille .....	10
IV. Conclusion .....	11
V. Bibliographie.....	12

# I. Introduction

La gestion et la finance sont deux secteurs distincts, cependant travailler sur ces domaines simultanément dans le cadre de la recherche opérationnel (RO) n'est pas vide de sens. En effet, traditionnellement, la recherche opérationnelle s'applique à des problématiques de gestion des flux, des stocks ou encore de transport. Ainsi la recherche opérationnelle apportait généralement des solutions à des problèmes du secteur primaire ou secondaire. Par conséquent, ce groupement entre gestion et finance s'explique par leurs appartenances au secteur tertiaire.

Cependant, même si ces sujets sont liés par leurs appartenances au secteur tertiaire, ce sont en réalité deux domaines très éloignés et surtout très vaste. En effet la gestion se définit comme étant « l'action de gérer », et dans le cadre de l'entreprise, il y a énormément de chose à gérer. Ainsi la RO s'est investit dans de nombreux champs, comme les ressources humaines, la comptabilité, la gestion des stocks, la gestion de la place etc... donc il est important de cadrer cela.

Et pour cela il faut commencer par s'intéresser au terme de RO qui se définit comme étant : « l'ensemble des méthodes et techniques rationnelles orientées vers la recherche du meilleur choix dans la façon d'opérer en vue d'aboutir au résultat visé ou au meilleur résultat possible ou encore au résultat optimal »<sup>1</sup>. De plus, selon l'ouvrage « Précis de recherche opérationnelle », les champs d'applications de la RO sont les suivants : « Son domaine réservé est celui des situations dans lesquelles, pour une raison quelconque, le sens commun se révèle faible ou impuissant. Tels sont : les problèmes combinatoires, les domaines de l'aléatoire, les situations de concurrence. »<sup>2</sup> Dans ce cadre, nous pouvons voir que la gestion peut faire face à l'ensemble de ces problèmes : problème combinatoires (par exemple lorsqu'elle produit plusieurs biens et services, et qu'elle ne sait pas lequel privilégier), des problème aléatoire (lorsqu'il y a des imprévus en termes de livraison, de climat, de comportement des clients et de la concurrence) et des situations de concurrences (la grande majorité des entreprises sont en concurrence sur leurs marché).

Tout comme la finance peut faire face à l'ensemble de ces problèmes : problème combinatoire (réussir à optimiser son portefeuille en minimisant la covariance entre ses actifs sur des marchés à plusieurs milliers d'actifs différents), problème aléatoire (évolution des marchés financiers, krach, boom) et concernant les situations de concurrences (concurrence entre les différents actifs).

Ainsi, il est important de cadrer le sujet car il est très vaste, concernant la gestion nous avons décider d'uniquement travailler sur les problèmes de concurrence car ce n'est pas trop vaste. Concernant la finance nous avons essayer d'être plus exhaustif même si cela est complexe.

Dans un premier temps nous étudierons la gestion dans le cadre des situations de concurrence. Puis dans un second temps, nous travaillerons sur la finance en montrant que

---

<sup>1</sup> Recherche opérationnelle. (2022, 30 septembre). Dans Wikipédia. [https://fr.wikipedia.org/wiki/Recherche\\_op%C3%A9rationnelle#](https://fr.wikipedia.org/wiki/Recherche_op%C3%A9rationnelle#), (consulté le 07/12/2022)

<sup>2</sup> FAURE R. LEMAIRE B. PICOULEAU C., Précis de recherche opérationnelle, 7e édition, Paris, Dunod, 2014

la recherche opérationnelle à énormément investi ce champ. Pour chaque partie, nous proposeront une application.

## II. La recherche opérationnelle appliquée : application à la gestion

### A. Recherche opérationnel et problème de concurrence

Pour construire cet exercice, nous nous sommes inspirés de la troisième édition du livre « Précis de recherche opérationnelle »<sup>3</sup> de Monsieur Faure et notamment de sa quatrième partie : « La Recherche opérationnelle et les problèmes de concurrence » dans laquelle il revient sur plusieurs choses. Tout d'abord, la théorie des jeux à deux personnes, qui sont des jeux communs en économie (exemple : dilemme du prisonnier, duopole de Cournot etc...).

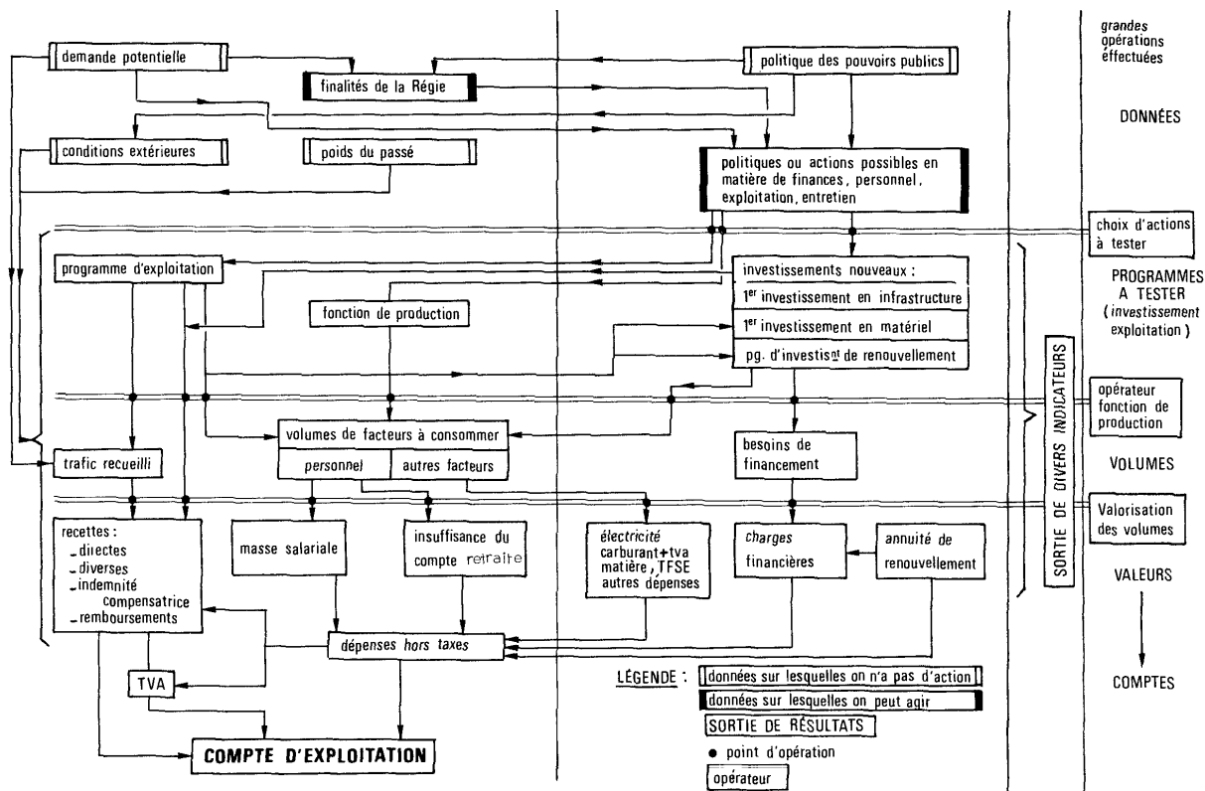
Ensuite, le livre revient sur les jeux d'entreprise qui sont bien plus complexe et qui sont des « modèles de simulations s'appliquant à une situation concurrentielle (généralement duopole ou oligopole), dans laquelle les décisions peuvent théoriquement être prises comme dans un jeu mathématique »<sup>4</sup> Ils peuvent par exemple permettre de représenter une situation comptable d'une entreprise (exemple du jeu OMNILOG). A l'origine, ces jeux étaient faits pour entraîner les jeunes gestionnaires/cadres à prendre des décisions dans un contexte de concurrence, il en existe de nombreux exemples libres d'accès sur internet comme : « The Evolution of trust », « The Uber game » ou « Le bon, La brute et Le comptable ».

Pour finir l'auteur revient sur les modèles d'entreprises, qui ont pour objectif de représenter partiellement une entreprise avec les différents flux de main d'œuvres, de matière première, de capital, etc... Ces modèles d'entreprises peuvent être représentés sous la forme d'un graphe mais beaucoup plus complexe que ceux vus en cours, car les différents flux ne sont pas de même nature. Le livre nous donne également un exemple de modèle d'entreprise (celui de la R.A.T.P en 1973), ci-dessous :

---

<sup>3</sup> BLOCH M. FAURE R. GUILLOT-LE GARFF N., Précis de recherche opérationnelle, 3e édition, Paris, Dunod, 1992

<sup>4</sup> BLOCH M. FAURE R. GUILLOT-LE GARFF N., Précis de recherche opérationnelle, 3e édition, Paris, Dunod, 1992



Notre exemple portera donc sur un exercice classique de théorie des jeux car les jeux d'entreprises et les modèles d'entreprise sont trop complexes à créer. Il existe également des articles comme par exemple « Introduction to Game Theory in Finance »<sup>5</sup>, qui interprète une situation de marché comme étant dilemme du prisonnier. Dans cette configuration, si les 2 entreprises augmentent leurs prix elles y gagnent tout les 2 mais si l'une d'elle baisse ses prix, alors l'autre sera très bénéficiaire, ce qui amène les 2 entreprises à ne pas coopérer.

## B. Application 1 : Théorie des jeux

MODERNO est une société pharmaceutique qui vient tout juste d'entrée sur le marché du vaccin contre les rhinovirus, un virus pouvant provoquer le rhume. Elle n'est pas seul sur ce marché et fait concurrence à PIFZER, qui est depuis longtemps installé. Les gestionnaires de MODERNO ont remarqué qu'en faisant varier les prix, elle pouvait modifier ses bénéfices, elle a modéliser ces variations avec le tableau ci-dessous :

MODERN O	PIFZER				
		-5%	0%	+5%	
	-5%	3	-2	6	p1
	0%	-3	5	-2	p2
	+5%	-2	0	3	p3
	q1	q2	q3		

<sup>5</sup> DIKOV D. (2021). Introduction to game theory in Finance, Magnimetrics, Disponible sur internet : [Introduction to Game Theory in Finance | by Dobromir Dikov, FCCA | Magnimetrics | Medium](#) (consulter le 07/12/2022)

Il est également important de noter que chaque perte pour MODERNO est un gain pour PIFZER et inversement.

### 1) Quelle stratégie mixte MODERNO doit adopter face à PIFZER ?

Pour commencer, nous devons identifier toutes les stratégies dites « récessives » c'est-à-dire celle qui font systématiquement perdre l'une des deux entreprises comparées à une autre stratégie.

Pour Moderno : -  $p_1$  :  $p_1$  vs  $p_2$  :  $3 > -3$  |  $p_1$  vs  $p_3$  :  $3 > -2$  donc  $p_1$  n'est pas une stratégie récessive

-  $p_2$  vs  $p_1$  :  $5 > -2$  |  $p_2$  vs  $p_3$  :  $5 > 0$  donc  $p_2$  n'est pas une stratégie récessive

-  $p_3$  vs  $p_1$  :  $0 > -2$  |  $p_3$  vs  $p_2$  :  $-2 > -3$  donc  $p_3$  n'est pas une stratégie récessive

Pour Pfizer : -  $q_1$  vs  $q_2$  :  $-3 < 5$  |  $q_1$  vs  $q_3$  :  $3 < 6$  donc  $q_1$  n'est pas une stratégie récessive

-  $q_2$  vs  $q_1$  :  $-2 < 3$  |  $q_2$  vs  $q_3$  :  $-2 < 6$  donc  $q_2$  n'est pas une stratégie récessive

-  $q_3$  vs  $q_1$  :  $6 > 3$  ;  $-2 > -3$  ;  $3 > -2$  donc  $q_3$  est une stratégie récessive pour Pfizer, on supprimera donc cette colonne.

On se retrouvera donc avec le jeu suivant :

	-5% ( $q_1$ )	0% ( $q_2$ )	Min
-5% ( $p_1$ )	3	-2	-1
0% ( $p_2$ )	-3	5	-3
+5% ( $p_3$ )	-2	0	-2
Max	3	5	

On devra ensuite calculer les maximums des colonnes et les minimums des lignes.

On aura donc un « maximin » de -1 et un « minimax » de 3, ce qui signifie qu'il n'y a pas de point d'équilibre car ils ne sont pas égaux, ce qui induit qu'il y aura une stratégie mixte.

On se retrouve donc avec les programmes suivants :

Pour Moderno :

$$\begin{cases} 3p_1 - 3p_2 - 2p_3 \geq g \\ -2p_1 + 5p_2 \geq g \end{cases} \quad \text{Avec} \quad \begin{cases} p_1 + p_2 + p_3 = 1 \\ p_1, p_2, p_3 \geq 0 \end{cases}$$

Pour Pfizer :

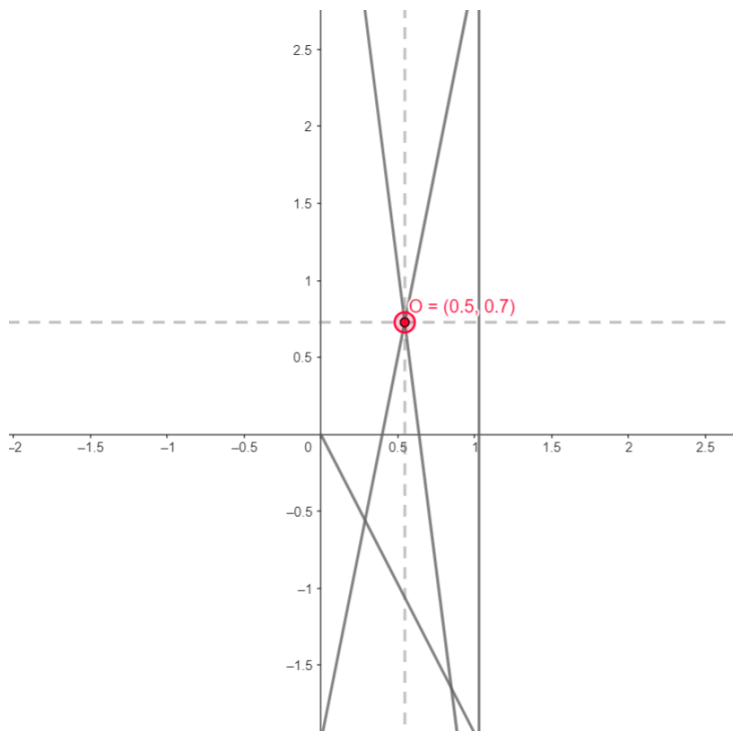
$$\begin{cases} 3q_1 - 2q_2 \leq g \\ -3q_1 + 5q_2 \leq g \\ -2q_1 \leq g \end{cases} \quad \text{Avec} \quad \begin{cases} q_1 + q_2 = 1 \\ q_1, q_2 \geq 0 \end{cases}$$

On raisonnera à partir du programme de Moderno

Ainsi, comme  $q_1 + q_2 = 1$  alors  $q_2 = 1 - q_1$

$$\begin{aligned}
3q_1 - 2 \times (1 - q_1) &\leq g \leftrightarrow 5q_1 - 2 \leq g \\
-3q_1 + 5 \times (1 - q_1) &\leq g \leftrightarrow -8q_1 + 5 \leq g \\
-2q_1 &\leq g \leftrightarrow -2q_1 \leq g \\
0 \leq q_1 &\leq 1
\end{aligned}$$

L'objectif de Moderno est donc de minimiser  $g$ . Pour résoudre ce problème, nous allons utiliser la méthode graphique. En abscisse on retrouve  $q_1$  et  $g$  en ordonnée, on aura donc le graphique suivant (réalisé avec GeoGebra) :



On trace les droites suivantes :

$$5q_1 - 2 = g$$

$$-8q_1 + 5 = g$$

$$-2q_1 = g$$

On aura donc les coordonnées suivantes :

$$[-2 ; 3] / [5 ; -3] / [0 ; -2]$$

Ici le point « O » représente le point le plus bas. On pourra calculer  $q_1$  de la manière suivante :

$$5q_1 - 2 = -8q_1 + 5 \leftrightarrow 13q_1 = 7 \leftrightarrow q_1 = \frac{7}{13}$$

Et on pourra calculer  $g$  en remplaçant  $q_1$  :

$$g = 5 \times \frac{7}{13} - 2 = -8 \times \frac{7}{13} + 5 = \frac{9}{13}$$

$$\text{Pour finir on aura } q_2 = 1 - \frac{7}{13} = \frac{6}{13}$$

Par conséquent, on pourra considérer que, Pfizer aura intérêt à jouer  $7/13$  fois la stratégie  $q_1$  et  $6/13$  fois la stratégie  $q_2$

Pour trouver la stratégie mixte de la Moderno nous devons en revenir à notre programme initiale :

$$3p_1 - 3p_2 - 2p_3 \geq \frac{9}{13}$$

$$p_1 + p_2 + p_3 = 1$$

$$-2p_1 + 5p_2 \geq \frac{9}{13}$$

$$p_1, p_2, p_3 \geq 0$$

Si on remplace  $p_3$  par  $1 - p_1 - p_2$ , on obtiendra alors :

$$3p_1 - 3p_2 - 2 \times (1 - p_1 - p_2) \geq \frac{9}{13} \leftrightarrow 5p_1 - p_2 - 2 \geq \frac{9}{13} \leftrightarrow 5p_1 - p_2 \geq \frac{35}{13}$$



$$-2p_1 + 5p_2 \geq \frac{9}{13} \leftrightarrow -2p_1 + 5p_2 \geq \frac{9}{13}$$

Ainsi en additionnant les 2 équations, on obtient :

$$5p_1 - p_2 + (-2p_1 + 5p_2) \geq \frac{35}{13} + \frac{9}{13} \leftrightarrow 3p_1 + 4p_2 \geq \frac{44}{13}$$

$$\frac{39}{44}p_1 + \frac{13}{11}p_2 \geq 1$$

Ainsi on en déduit que  $p_2 = \frac{11}{13} - \frac{3}{4}p_1$

En remplaçant on obtient donc :  $5p_1 - 1 \times \left(\frac{11}{13} - \frac{3}{4}p_1\right) \geq \frac{35}{13} \leftrightarrow \frac{23}{4}p_1 - \frac{11}{13} \geq \frac{35}{13} \leftrightarrow \frac{23}{4}p_1 \geq \frac{46}{13}$

$$-2p_1 + 5 \times \left(\frac{11}{13} - \frac{3}{4}p_1\right) \geq \frac{9}{13} = -\frac{23}{4}p_1 + \frac{55}{13} \geq \frac{9}{13} \leftrightarrow -\frac{23}{4}p_1 \geq -\frac{46}{13}$$

Alors  $p_1 = \frac{8}{13}$  et  $p_2 = \frac{11}{13} - \frac{3}{4} \times \frac{8}{13} = \frac{5}{13}$

Sachant que  $p_1 + p_2 + p_3 = 1$  et que  $\frac{8}{13} + \frac{5}{13} = 1$  alors  $p_3 = 0$

Ainsi on trouve la stratégie mixte pour Moderno sera  $p_1 = \frac{8}{13}$  ;  $p_2 = \frac{5}{13}$  ;  $p_3 = 0$ , c'est-à-dire qu'elle devra choisir la première stratégie 8 fois sur 13 et la seconde 5 fois sur 13. Ici  $p_3 = 0$  car lorsque l'on supprime  $q_3$  qui est une stratégie récessive pour Pfizer, la stratégie  $p_3$  devient systématiquement la moins viable des 3.

### III. La recherche opérationnelle appliquée à la finance

#### A. Recherche opérationnelle et finance de marché

Lorsque l'on étudie le thème de la finance de marché, dans le cadre de la recherche opérationnelle, on pourrait faire l'hypothèse que les seuls problèmes rencontrés par la finance sont d'ordre stochastique or en réalité, la finance touche à presque tous les domaines de la RO, c'est ce que nous allons voir avec différentes sources.

Dans un premier temps, l'ouvrage « Optimization Methods in Finance »<sup>6</sup> revient sur énormément de problèmes financiers, allant de la programmation linéaire, des estimateurs de volatilité, de l'optimisation de portefeuille, de la programmation stochastique, etc...

Dans un second temps, l'ouvrage : « Le trading algorithmique »<sup>7</sup> qui fait l'historique du trading algorithmique. L'auteur va décomposer le trading algorithmique en « deux activités : les opérations de bourse assistées par des algorithmes qui anticipent et favorisent les opportunités de bénéfices (en informant le trader par des graphiques, des alertes et des traitements automatiques), et le trading automatisé qui utilise des automates comme agents

<sup>6</sup> CORNUEJOLS G., TÜTÜNCÜ R., Optimization Methods in Finance, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, 2006

<sup>7</sup> LEBRETON V., Le trading algorithmique, Archive ouverte pluridisciplinaire HAL, Paris, 2007



autonomes effectuant des transactions selon des algorithmes et des stratégies paramétrées. »<sup>8</sup>. Ces algorithmes sont de bonnes exemple des début de l'application de la recherche opérationnelle à la finance.

Dans un troisième temps, il existe également des applications dans le cadre de la théorie des graphes via l'article « Achieving a well-diversified portfolio base on Graph Theory »<sup>9</sup> qui, comme son titre l'indique, permet de construire un portfolio en utilisant la théorie des graphes. Pour ce faire, il utilise les actifs d'un index qui se définit comme étant un groupe d'action censé représenter un marché, comme le CAC40 qui représente le marché français, où un secteur comme le « S&P/ASX 300 Health Care » qui représente le marché de la santé aux Etats-Unis. Puis en utilisant la méthode de la dégénérescence, pour trouver à l'intérieur d'un indice, les actifs qui permettent d'optimiser son portefeuille. Pour optimiser son portefeuille, il utilise le ratio de Sharpe (qui « permet de mesurer la rentabilité d'un portefeuille en fonction du risque pris par un investisseur »<sup>10</sup> Formule :  $\frac{RP-Rsr}{\sigma P}$  Avec RP = rentabilité du portefeuille, Rsr = le taux d'intérêt de l'actif sans risque et  $\sigma P$  = le risque total du portefeuille. Pour avoir le portefeuille le plus rentable et le moins risqué il faut maximiser ce ratio. Pour finir, l'auteur réussit à construire, à partir de cette méthode un portefeuille mieux optimiser que l'indice.

On peut également utiliser la théorie des jeux pour résoudre des problèmes financiers, c'est ce que met en lumière, l'ouvrage : « Finance applications of game theory »<sup>11</sup>. Les auteurs reviennent sur l'apport de la théorie des jeux à la finance qu'ils divisent en deux type : « le prix des actifs » et la « finance corporate ». Dans cet article, les auteurs reviennent, par exemple, sur la résolution du « Dividend Puzzle » en utilisant la théorie des jeux. Pour résumer, le problème de l'énigme des dividendes est lié à l'anomalie suivante : lorsque les entreprises versent des dividendes, elles voient systématiquement, le prix de leurs action augmenter (comme une réponse positive des investisseurs). Or, cela est illogique car d'une part, le fait de verser ou non des dividendes ne devrait pas avoir d'impact sur le prix d'une action. De l'autre part, aux Etats-Unis, les dividendes sont beaucoup taxés (car majoritairement touchés par des gens très riches) et donc, ils représentent un gain très faible pour les investisseurs. Il est important de noter que lorsque l'entreprise verse des dividendes sous la forme d'action (c'est-à-dire que les dividendes sont directement réinvestis dans l'entreprise sous forme d'action) il n'y a pas d'effet d'augmentation des prix alors même que cette forme de rémunération n'est pas taxée (et donc plus rémunératrice que les dividendes). En utilisant la théorie des jeux, on se rend compte que les dividendes sont, pour les investisseurs, un signal de bonne santé de l'entreprise. La théorie des jeux permet aussi de mettre en lumière un problème de sélection adverse. En effet, un dividende est plus liquide qu'une action et donc qu'il pourra plus facilement être réinvesti vers quelque chose de plus rentable.

---

<sup>8</sup> LEBRETON V., Le trading algorithmique, Archive ouverte pluridisciplinaire HAL, Paris, 2007, p1

<sup>9</sup> SAINZ PONCE G. (2022), Achieving a well-diversified portfolio based on Graph Theory, QuantDare, Disponible sur internet: [Achieving a well-diversified portfolio based on Graph Theory | Quantdare](https://www.quantdare.com/achieving-a-well-diversified-portfolio-based-on-graph-theory/) (consulté le 07/12/2022)

<sup>10</sup> BOLUZE. L (2020). Ratio de Sharpe : principe, calcul et intérêt, Capital, Disponible sur internet : <https://www.capital.fr/entreprises-marches/ratio-de-sharpe-1380962> (consulté le 07/12/2022)

<sup>11</sup> ALLEN F. MORRIS S., Finance applications of game theory, Discussion Paper, Yale, 1998

Pour conclure, nous pouvons voir qu'il y a énormément de problématique financière qui sont traités par l'ensemble des champs de la recherche opérationnelle. Ces problématiques peuvent par exemple être l'optimisation de portefeuille, la programmation stochastique, l'estimation de la volatilité, l'automatisation financière avec les algorithmes de trading etc... De plus nous avons vu que l'ensemble des méthodes de recherches opérationnelles peuvent être mobilisé pour répondre à ces problèmes. Il y a également l'article : « Operations Research applied to financial market »<sup>12</sup> qui a construit un tableau répertoriant les différentes technique utilisé dans le cadre de la finance de marché :

TECHNIQUE	FREQUENCE D'UTILISATION	POURCENTAGE
<b>PROGRAMMATION LINEAIRE</b>	97	20,17%
<b>PROGRAMMATION D'OBJECTIF</b>	4	0,83%
<b>PROGRAMMATION EN NOMBRE ENTIER</b>	0	0%
<b>PROGRAMMATION DYNAMIQUE</b>	14	2,91%
<b>PROGRAMMATION STOCHASTIQUE</b>	45	9,36%
<b>PREVISION</b>	15	3,12%
<b>SIMULATION</b>	25	5,2%
<b>ORDONNANCEMENT</b>	3	0,62%
<b>HEURISTIQUE</b>	4	0,83%
<b>ANALYSE STATISTIQUE</b>	85	17,67%
<b>MIS/EDP</b>	18	3,74%
<b>AUTRES TECHNIQUES</b>	171	35,55%

## B. Application 2 : Optimisation de portefeuille

Pour cet exercice nous nous sommes inspiré d'un exercice de l'article s'appellant : « Problems and Exercises in Operations Research »<sup>13</sup>.

Il prend la forme suivante : Une banque d'affaire à projet d'investissement possible sur différents produits financiers. Elle peut investir 14 millions et doit choisir entre les 3 portefeuilles d'actions.

INVESTISSEMENT	ACTIONS	OBLIGATIONS	PRODUITS DERIVEES	OBLIGATIONS D'ETATS
<b>PORTEFEUILLE 1 (COUTS EN MILLIONS)</b>	5	7	4	3
<b>PORTEFEUILLE 2</b>	7	8	2	2
<b>PORTEFEUILLE 3</b>	3	4	7	6
<b>REVENUE</b>	16	22	12	8

Pour chaque investissement, elle est obligée d'investir en entier si elle veut pour voir entrer sur le marché.

<sup>12</sup> AHMAD M., Operations Research Applied to Financial Market, International Journal of Mathematics and Statistics Invention, Volume 6 Issue 4, Jazan, 2017, pp.17-22

<sup>13</sup> LIBERTI L., Problems and exercises in Operations Research, Ecole Polytechnique, Paris, 2006, pp. 1-128

On aura donc un problème prenant la forme suivante :

$$\max 16x_1 + 22x_2 + 12x_3 + 8x_4$$

$$sc. 5x_1 + 7x_2 + 4x_3 + 8x_4 \leq 14$$

$$7x_1 + 8x_2 + 2x_3 + 2x_4 \leq 14$$

$$3x_1 + 4x_2 + 7x_3 + 6x_4 \leq 14$$

$c_t$	$x_t$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$e_1$	$e_2$	$e_3$	$b_i$	$\theta_i$
0	$e_1$	5	7	4	8	1	0	0	14	2
0	$e_2$	7	8	2	2	0	1	0	14	7/4
0	$e_3$	3	4	7	6	0	0	1	14	7/2
	$c_j$	16	22	12	8	0	0	0		

$c_t$	$x_t$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$e_1$	$e_2$	$e_3$	$b_i$	$\theta_i$
0	$e_1$	-9/8	0	9/4	25/4	1	-7/8	0	7/4	7/9
22	$x_2$	7/8	1	1/4	1/4	0	1/8	0	7/4	7
0	$e_3$	-1/2	0	6	5	0	-1/2	1	7	7/6
	$c_j$	16	22	12	8	0	0	0		
	$\Delta_j$	-13/4	0	13/2	5/2	0	-11/4	0	-77/2	

$c_t$	$x_t$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$e_1$	$e_2$	$e_3$	$b_i$	$\theta_i$
12	$x_3$	-1/2	0	1	25/9	4/9	-7/18	0	7/9	
22	$x_2$	1	1	0	-4/9	-1/9	2/9	0	14/9	
0	$e_3$	5/2	0	0	-35/3	-8/3	11/6	1	7/3	
	$c_j$	16	22	12	8	0	0	0		
	$\Delta_j$	0	0	0	-140/9	-26/9	2/9	0	-392/9	

Comme  $\Delta_{e_3}$  est nulle cela veut dire que la solution est non unique

$$\begin{pmatrix} Z^* \\ X^* \\ E^* \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 392/9 \\ 0 \ 14/9 \ 7/9 \ 0 \\ 0 \ 0 \end{pmatrix}$$

Ainsi nous avons comme solution optimale de 392/9 avec  $x_2 = 14/9$  et  $x_3 = 7/9$ .

## IV. Conclusion

Pour conclure ce travail, nous allons revenir sur les différentes parties de notre dossier ainsi que les différentes méthodes que nous avons utilisées et qui sont inhérentes, d'une part à la gestion et de l'autre à la finance.

Dans un premier temps, nous nous sommes concentrés sur la gestion qui est un terme vaste, trop vaste, ce pourquoi nous nous sommes limité aux situations de concurrence. En nous basant sur la troisième édition du livre « Précis de recherche opérationnelle », nous

avons établi 3 solutions. Premièrement, la théorie du jeu qui permet de mettre en scène des situations où plusieurs acteurs agissent sur un même marché. Ensuite nous avons parlé très succinctement des jeux d'entreprises et des modèles d'entreprises qui sont trop complexes à mettre en œuvre dans le cadre de ce dossier.

Dans un second temps, nous avons parlé de la finance dans le cadre de la RO, et comme nous l'avons vu, c'est un sujet excessivement vaste avec ses problématiques propres. Sur ce sujet, il est encore une fois très complexe d'être exhaustif car les problématiques sont nombreuses et les méthodes de résolution sont nombreuses comme nous l'avons démontré. Paradoxalement, il est complexe de trouver des applications autour de ce sujet.

Pour finir nous avons réalisés deux applications, l'une portant sur la théorie des jeux, mettant en scène une situation où deux entreprises réagissent à un changement de prix de sa concurrente. L'autre application portait sur l'optimisation d'un portefeuille en utilisant l'algorithme du simplexe pour trouver la combinaison de produit financier la plus rentable.

## V. Bibliographie

AHMAD M., Operations Research Applied to Financial Market, International Journal of Mathematics and Statistics Invention, Volume 6 Issue 4, Jazan, 2017, pp.17-22

LIBERTI L., Problems and exercises in Operations Research, Ecole Polytechnique, Paris, 2006, pp. 1-128

SAINZ PONCE G. (2022), Achieving a well-diversified portfolio based on Graph Theory, QuantDare, Disponible sur internet: [Achieving a well-diversified portfolio based on Graph Theory | Quantdare](#) (consulté le 07/12/2022)

BOLUZE. L (2020). Ratio de Sharpe : principe, calcul et intérêt, Capital, Disponible sur internet : <https://www.capital.fr/entreprises-marches/ratio-de-sharpe-1380962> (consulté le 07/12/2022)

ALLEN F. MORRIS S., Finance applications of game theory, Discussion Paper, Yale, 1998

CORNUEJOLS G., TÜTÜNCÜ R., Optimization Methods in Finance, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, 2006

LEBRETON V., Le trading algorithmique, Archive ouverte pluridisciplinaire HAL, Paris, 2007

DIKOV D. (2021). Introduction to game theory in Finance, Magnimetrics, Disponible sur internet : [Introduction to Game Theory in Finance | by Dobromir Dikov, FCCA | Magnimetrics | Medium](#) (consulter le 07/12/2022)

BLOCH M. FAURE R. GUILLOT-LE GARFF N., Précis de recherche opérationnelle, 3e édition, Paris, Dunod, 1992

FAURE R. LEMAIRE B. PICOULEAU C., Précis de recherche opérationnelle, 7e édition, Paris, Dunod, 2014