



## Etude de Cas 2 - Recuit simulé - ROAD

Véronique Demianenko et Nathalia Mendes Felizzola

15 Décembre 2023

## Contents

1	Introduction	3
2	Principe de l'algorithme de recuit simulé	3
3	Ajout du critère de la variance	4
4	Recherche des portefeuilles Pareto-optimaux	6
5	Analyse multi-critère : Value at Risk (VAR)	6
6	Conclusion	7

## 1 Introduction

L'objectif de ce travail est d'aider une grande compagnie d'assurance à choisir un portefeuille et à analyser les investissements possibles en actions françaises, avec  $W = 100$  M€. Dans cette étude, l'optimisation multicritère (performance, risque) est utilisée, ce qui permet d'aboutir à plusieurs scénarios possibles. Dans un premier temps, un algorithme de recuit simulé a été utilisé, développé pour satisfaire les contraintes proposées et déterminer les meilleurs scénarios. Dans cette étude de cas, un certain nombre de contraintes doivent être respectées afin de parvenir aux meilleures solutions : Approche statique : La composition du portefeuille ne peut pas être modifiée pendant une période de 60 jours de bourse. Approche de type moyenne-variance : Les critères d'évaluation de notre portefeuille sont le rendement moyen et la variance, qui seront calculés à partir des données fournies dans les tableaux Excel après une analyse statique des actions. Contraintes de composition du portefeuille : Les actions sélectionnées pour le portefeuille doivent se conformer à une limite de taux d'investissement, devant être supérieur à 5% (maximum 20 actions) afin d'éviter des frais d'achat, de vente ou de suivi de gestion, et inférieur à 20% (au moins 5 actions) pour garantir une diversification adéquate.

## 2 Principe de l'algorithme de recuit simulé

L'algorithme de recuit simulé est une méthode d'optimisation inspirée du processus de refroidissement d'un matériau fondu à température ambiante pour atteindre une configuration de moindre énergie. Dans notre cas, il s'agit d'étudier l'optimisation de portefeuilles en analysant les investissements possibles. Pour cela, on définit une solution initiale au problème (ici construite de façon gloutonne), puis on applique le recuit simulé qui explore un voisin de la solution actuelle et décide s'il faut le remplacer ou non selon la valeur de la fonction objectif. La comparaison entre la solution choisie et une nouvelle solution permet d'aboutir au meilleur rendement, qui est pour l'instant l'unique critère considéré (nous ajouterons par la suite un critère dépendant de la variance).

### 3 Ajout du critère de la variance

Parmi les contraintes à respecter, le calcul de la variance nous est imposé par le client dans le cahier des charges. En effet, on remarque que si le rendement augmente, la variance, et donc le risque, augmentent également. Avant de chercher un compromis optimal entre le rendement et la variance, il faut chercher à maximiser le rendement tout en minimisant le risque. Nous avons donc créé une matrice de variance-covariance omega afin de pouvoir obtenir toutes les variances associées à chaque portefeuille :  $\sigma^2 = x^T \Omega x$ , avec  $\sigma$  l'écart-type, x le vecteur qui indique la proportion investie pour chaque action, et  $\Omega$  la matrice de variance-covariance.

```
Sub InitialiseDonnees(ByRef It As Integer, ByRef T As Double, ByRef  
Alpha As Double, ByRef L As Integer, ByRef Min As Double, ByRef Max  
As Double, ByRef rend() As Double, ByRef omega() As Double, ByRef  
rho() As Double)
```

```
Dim sigma(NbActions) As Double
```

```
[...]
```

```
With ThisWorkbook.Worksheets("Paramètres mu-sigma")  
    For j = 1 To NbActions  
        sigma(j) = .Cells(3 + j, 4)  
    Next j  
End With
```

```
With ThisWorkbook.Worksheets("Corrélations rho")  
    For i = 1 To NbActions  
        For j = 1 To NbActions  
            rho(i, j) = .Cells(4 + i, 1 + j)  
        Next j  
    Next i  
End With
```

```
For i = 1 To NbActions  
    For j = 1 To NbActions  
        omega(i, j) = sigma(i) * sigma(j) * rho(i, j)  
    Next j  
Next i
```

```
End Sub
```

Voici notre calcul de la variance :

```

Public Function variance(ByRef Solution() As Double, ByRef omega()
As Double)

    Dim vecteur_temp(NbActions) As Double

    For j = 1 To NbActions
        For i = 1 To NbActions
            vecteur_temp(j) = vecteur_temp(j) +
Solution(i) * omega(i, j)
        Next i
    Next j
    variance = Application.WorksheetFunction.SumProduct(vecteur_temp,
Solution)

```

## 4 Recherche des portefeuilles Pareto-optimaux

Ce qu'il faut réaliser ensuite, c'est la recherche des portefeuilles Pareto-Optimaux. Pour cela, on cherche les différentes solutions se trouvant sur sa frontière, qui correspondent aux meilleures solutions possibles (qui ont le meilleur rendement possible selon un risque donné).

## 5 Analyse multi-critère : Value at Risk (VAR)

Maintenant que l'on a toutes les solutions se trouvant sur la frontière, le client doit en choisir une parmi elles. Pour l'aider à faire ce choix, nous réalisons une analyse multi-critère : on calcule le Value at Risk  $\text{VaR} = \mu - q_\alpha * \sigma$ , avec  $q_\alpha=1.6449$ . On utilise une VaR à 95% .

Il est également possible d'utiliser la méthode PROMETHEE (Preference ranking organization method for enrichment evaluation), qui est également une méthode d'analyse multi-critère. Son principe repose sur le fait de normaliser les différents critères pris en compte, puis d'assigner une importance relative aux critères pour aider à la décision, et enfin de calculer des indices de préférence pour les alternatives en utilisant les fonctions de préférence et les poids des critères. Cette méthode permet de prendre en compte les préférences du client (s'il préfère prendre plus de risques ou non, par exemple).

## 6 Conclusion

Cette étude de cas nous a permis de découvrir un aspect différent de ce que nous avons pu aborder en ROAD jusqu'à présent, à savoir le monde de la gestion de portefeuille financier. À travers l'implémentation de l'algorithme de recuit simulé en VBA, nous avons exploré la recherche d'une solution optimale. La frontière de Pareto nous a ouvert les portes vers une compréhension plus approfondie de la gestion des actifs et des préférences du client.