

# Projet Décision Collective et Multicritère

Yanis Allal, Emile Descroix

Janvier 2025

## Sommaire

<b>1</b>	<b>Spécification du problème décisionnel</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Délimitation de l'ensemble d'actions</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Construction de la famille de critères</b>	<b>3</b>
3.1	Scores de performance . . . . .	3
3.2	Prix . . . . .	5
3.3	Score de possibilité d'amélioration . . . . .	6
3.4	Préférence de marque . . . . .	6
3.5	Espace de stockage . . . . .	6
3.6	Hierarchisation des critères . . . . .	7
<b>4</b>	<b>Choix et explications du modèle</b>	<b>7</b>
4.1	Choix du modèle . . . . .	7
4.2	Fonctionnement du code Python . . . . .	8
<b>5</b>	<b>Résultats et analyse</b>	<b>10</b>
5.1	Le profil du joueur . . . . .	10
5.2	Le profil de l'employé. . . . .	10
5.3	Possibilité d'amélioration du modèle. . . . .	11

# 1 Spécification du problème décisionnel

Le problème sur lequel nous avons choisi de travailler est l'achat de la configuration d'un ordinateur. En effet, cette question rencontre un intérêt grandissant et représente un marché en expansion.

L'information concernant les différentes options disponibles est quasiment illimitée, les sites marchands, les fabricants et les comparateurs indépendants fournissent tous de nombreuses données et évaluations sur chacun des composants d'une machine. De plus, le marché offre des solutions adaptées à tous les budgets, besoins et préférences des consommateurs, ce qui rend la prise de décision encore plus complexe. Il sera essentiel que le modèle puisse synthétiser cet ensemble d'information et de possibilités afin d'offrir une analyse à la fois complète et lisible.

Nous faisons ici face à deux difficultés classiques de l'aide à la décision :

- Un grand nombre d'actions possibles liées au nombre important de composants et au rapide progrès technologique.
- Des critères à optimiser pouvant être contradictoires comme le budget et la performance par exemple.
- Des critères difficiles à quantifier comme le potentiel d'amélioration de la configuration dans le futur

Les décideurs, ici des consommateurs, partagent deux objectifs dans ce problème, maximiser la performance tout en essayant de minimiser le prix. Néanmoins, ces objectifs n'auront pas la même importance selon le système de valeur d'un décideur en particulier. Un passionné de jeux vidéos aura un intérêt particulier pour la performance et un budget généralement plus élevé. Un autre décideur n'utilisant son ordinateur que pour des tâches de bureau pourra se contenter de performances moindres et cherchera à obtenir le meilleur prix. Comme mentionné plus tôt ces objectifs peuvent entrer en contradiction, il faudra donc effectuer un arbitrage entre ses aspects et adapter le modèle aux valeurs et objectifs de chaque décideur.

L'objectif de cette analyse décisionnelle est donc de fournir un classement des configurations sélectionnées selon une famille de critères et une méthode qui seront définies plus tard dans ce rapport. Cela permet d'aiguiller le décideur en donnant une idée de la meilleure configuration tout en présentant l'intégralité des possibilités et en laissant la possibilité au décideur d'opter pour des actions alternatives si elles semblent plus cohérentes avec son système de valeurs. Il sera donc crucial d'inclure des paramètres propres aux décideurs afin de refléter au mieux leurs besoins, budget ou préférences.

## 2 Délimitation de l'ensemble d'actions

Comme mentionné précédemment, les sources d'information sont multiples et peuvent parfois être biaisées par les fabricants et les revendeurs. Nous avons donc décidé d'utiliser le site UserBenchmark.com comme source de données. Ce site web permet aux utilisateurs de tester leur machine en renseignant leur configuration, les résultats de ces tests sont accessibles publiquement et fournissent des résultats précis sur le niveau de performance d'une configuration et de ses composants. Nous détaillerons dans la partie critères (3.1) comment ce site utilise les performances brut des composants afin de concevoir des scores permettant de comparer les machines. L'utilisation de cette base de données permet également d'avoir des données sur les composants les plus récents, d'obtenir un large éventail de prix et de performances ainsi que de centraliser les données de toutes les marques et fabricants. Ces données sont récupérées au moyen d'un scraper web que nous avons codé, et sont stockées dans une base de données que nous utiliserons pour la suite de l'analyse.

Nous avons également récupéré des grilles de prix venant de sites revendeurs, ces données sont variables selon la source et la date. Chaque composant est associé à un prix reflétant au mieux le marché actuel, il est ensuite possible d'obtenir le prix d'une configuration en sommant l'ensemble des prix de ses composants (sans compter le boîtier, l'alimentation, l'écran etc...). Le but de cette analyse étant de comparer les différentes actions, le résultat correspondra à la situation de la fin d'année 2024.

Nous avons donc décidé de conserver une centaine d'actions potentielles, ce nombre arbitraire permet à la fois de garantir une représentativité du marché actuel. En effet, la base de données contient des machines adaptées à diverses pratiques : gaming, tâches de bureau, analyse et manipulation de données ou encore la production artistique. L'éventail de prix est également suffisamment large et les actions couvrent à la fois des ordinateurs portables d'entrée de gamme et des configurations optimisées à l'aide des dernières technologies pour le jeu vidéo. que cela ne complexifie l'analyse et ne produise un trop grand domaine combinatoire.

## 3 Construction de la famille de critères

### 3.1 Scores de performance

Les scores Gaming, Workstation, et Desktop sur UserBenchmark sont des indices de performance calculés à partir de différents tests de composants matériels (CPU, GPU, SSD, HDD, RAM, etc.). Voici une explication générale de leur méthode de calcul :

- **Score Gaming** : Le score Gaming se concentre sur les composants qui influencent principalement les performances dans les jeux vidéo :

- **GPU (Carte graphique)** : Facteur dominant dans ce score, car les jeux vidéo dépendent fortement des performances graphiques. Le score de la carte graphique est pondéré plus fortement.
- **CPU (Processeur)** : Représente l'influence du processeur sur les jeux, notamment pour les tâches liées à la simulation, à l'IA, et à la gestion de la physique.
- **RAM (Mémoire vive)** : Évaluée pour ses performances en termes de fréquence et de latence, car elle affecte le rendu et les temps de chargement.

Pondérations (approximatives) :

- GPU :  $\sim 60 - 70\%$
- CPU :  $\sim 20 - 30\%$
- RAM et stockage :  $\sim 10\%$

- **Score Workstation** : Le score Workstation est conçu pour refléter les performances dans des tâches professionnelles telles que la modélisation 3D, le rendu, ou l'analyse de données :
  - **CPU** : Influence majeure, car les logiciels professionnels reposent souvent sur des calculs massivement parallélisés (ex. rendu 3D avec plusieurs threads).
  - **RAM** : Cruciale pour les charges de travail volumineuses (par ex., manipulation de grandes bases de données ou modèles complexes).
  - **Stockage** : Vitesse des SSD/HDD prise en compte pour les opérations d'entrée/sortie importantes.
  - **GPU** : Évalué pour les tâches accélérées par le GPU, comme le rendu 3D ou le calcul scientifique.

Pondérations (approximatives) :

- CPU :  $\sim 40 - 50\%$
- GPU :  $\sim 25 - 30\%$
- RAM :  $\sim 15 - 20\%$
- Stockage :  $\sim 10\%$

- **Score Desktop** : Le score Desktop est un indice général pour les performances dans des tâches quotidiennes comme la navigation, le traitement de texte, ou la consommation multimédia :
  - **CPU** : Poids important, car la réactivité d'un système dépend principalement des performances du processeur dans les tâches légères.
  - **Stockage** : SSD ou HDD a un impact important sur la rapidité de démarrage des logiciels et du système.

- **RAM** : Influence moindre que dans les deux autres scores, sauf si la quantité est insuffisante.

Pondérations (approximatives) :

- CPU :  $\sim 40 - 50\%$
- Stockage :  $\sim 30 - 40\%$
- RAM :  $\sim 10 - 20\%$

- **Méthodologie Générale de UserBenchmark** : Les scores sont basés sur des benchmarks réalisés par les utilisateurs. Cela inclut des tests de performances synthétiques comme :

- Vitesse d'exécution du CPU (simple et multi-threaded).
- Taux de trames par seconde (FPS) pour les GPU.
- Débits en lecture/écriture pour les SSD/HDD.
- Performances en bande passante pour la RAM.

Les données sont agrégées et pondérées en fonction des cas d'usage spécifiques (Gaming, Workstation, Desktop).

## 3.2 Prix

Le critère du prix joue un rôle central dans l'évaluation et la comparaison des performances des composants, car il permet d'établir un équilibre entre les capacités techniques et les contraintes budgétaires. Voici les principes suivis pour intégrer ce critère :

**Sources des Prix** Les prix des composants ont été principalement collectés à partir de sites marchands populaires et fiables, tels que Topachat, LeDénicheur, et d'autres plateformes en ligne spécialisées dans le matériel informatique. Ces sources garantissent des données actualisées (fin 2024) et représentatives du marché. Pour éviter les biais liés à des promotions temporaires, une moyenne des prix observés sur plusieurs jours a été calculée.

**Gestion des Composants Anciens** Pour les composants qui ne sont plus en production ou qui datent de plusieurs années, les prix de revente d'occasion ont été pris en compte. Ces données proviennent de plateformes telles que Leboncoin ou des forums de passionnés de matériel informatique. L'utilisation des prix d'occasion permet de refléter la réalité du marché pour des configurations incluant des composants plus anciens, tout en conservant une perspective économique cohérente.

### 3.3 Score de possibilité d'amélioration

Le Score de Possibilité d'Amélioration est une note sur 10 attribuée à la carte mère, évaluant sa capacité à permettre des mises à jour futures. Trois critères principaux sont pris en compte :

**Chipset et Durabilité** Le chipset de la carte mère joue un rôle clé dans la compatibilité avec les autres composants et la durabilité de la configuration. Certains chipsets récents, comme ceux prenant en charge les sockets modernes (par exemple, AM5 pour les processeurs AMD), sont conçus pour permettre des mises à niveau dans les années à venir. Cela signifie qu'un utilisateur pourra installer un processeur de nouvelle génération sans avoir besoin de remplacer la carte mère, réduisant ainsi les coûts à long terme.

Les critères suivants sont considérés pour évaluer ce facteur :

- La compatibilité du chipset avec des processeurs actuels et futurs.
- La durée de support annoncé par le fabricant (généralement plusieurs années pour les sockets modernes comme AM5 ou LGA1700).
- La prise en charge des technologies récentes (PCIe 4.0/5.0, USB-C, etc.).

**Type de RAM Supporté** Un autre critère déterminant est le type de RAM que la carte mère peut accueillir. Les cartes mères modernes peuvent supporter la DDR4, la DDR5, ou les deux. La DDR5, bien que plus coûteuse à l'heure actuelle, offre des performances nettement supérieures et représente un choix tourné vers l'avenir. Cependant, les cartes mères supportant uniquement la DDR4 peuvent être considérées comme un frein à l'amélioration future.

**Nombre de Slots de RAM** Le nombre de slots de RAM disponibles (2, 4 ou plus) influence directement la possibilité d'ajouter de nouvelles barrettes sans remplacer celles existantes, facilitant ainsi les mises à jour.

### 3.4 Préférence de marque

Certains décideurs peuvent accorder une importance non négligeable au fabricant de certains composants de leur machine. Il a donc été décidé d'inclure cet aspect comme un critère du modèle décisionnel. Pour les cartes graphiques, deux fournisseurs principaux existent, Nvidia et AMD (Advanced Micro Devices). Il existe également deux fabricants de processeurs, Intel et AMD. Le décideur aura donc la possibilité de fournir ses préférences parmi les quatre combinaisons processeur - carte graphique possibles.

### 3.5 Espace de stockage

La mémoire de stockage est un critère essentiel pour évaluer la performance et la capacité d'une configuration. Deux types principaux de stockage sont pris en compte :

**HDD (Hard Disk Drive)** Offre une grande capacité à faible coût, idéal pour le stockage massif, mais limité en vitesse.

**SSD (Solid State Drive)** Propose des vitesses élevées (surtout avec NVMe/PCIe) pour les systèmes et logiciels exigeants, bien que plus coûteux.

### Critères évalués

- **Capacité totale** : combinaison SSD + HDD privilégiée pour équilibrer performance et espace.
- **Technologie** : SSD NVMe/PCIe favorisés pour leurs performances accrues.

## 3.6 Hiérarchisation des critères

La hiérarchisation des critères pour ce problème est difficile tant les attentes des décideurs peuvent être différentes. Néanmoins, les scores de performance semblent être des critères primordiaux, il est ensuite possible de les ordonner selon l'utilisation préférée par le décideur. L'importance du prix, comme dans de nombreuses situations dépendra du décideur, est peut être un critère prépondérant si le décideur a un budget clair défini mais peut aussi être secondaire vis à vis de la performance. Enfin, la mémoire semble être un critère de second plan car elle est facilement modifiable et pourra être dans le futur modifiée par le décideur.

# 4 Choix et explications du modèle

## 4.1 Choix du modèle

La méthode ELECTRE III a été retenue pour ce projet de sélection de configurations matérielles, car elle permet de gérer des critères variés dans un environnement multicritère complexe. Elle répond aux besoins spécifiques de comparaison de configurations en tenant compte des préférences utilisateur, des incertitudes et des échelles hétérogènes des critères.

### 1. Adaptation à des critères variés

- La méthode gère des **échelles différentes**, comme les scores de performance, les prix en euros ou les capacités techniques.
- Les **priorités des critères** peuvent être prises en compte via des pondérations définies selon l'importance attribuée par l'utilisateur.
- Contrairement à des méthodes comme ELECTRE I, qui se limitent à un indice binaire (préféré ou non), ELECTRE III introduit des seuils permettant de moduler les comparaisons selon l'importance des différences observées.

## 2. Prise en compte des préférences utilisateur

- Les pondérations attribuées aux critères permettent de refléter les priorités spécifiques de l'utilisateur (par exemple, accorder plus d'importance à la performance en jeu qu'au prix).
- Il est également possible d'ajouter des ajustements pour intégrer des préférences subjectives, comme privilégier des marques spécifiques (Intel, AMD, Nvidia) en augmentant légèrement les scores de performance correspondants.

## 3. Analyse progressive et visualisation

- ELECTRE III fournit une liste ordonnée des meilleures configurations, adaptée aux priorités et préférences spécifiques du décideur.
- Cette liste met en avant les configurations les plus performantes en prenant en compte l'ensemble des critères et leurs pondérations, permettant ainsi une prise de décision éclairée et cohérente.

ELECTRE III se distingue par sa capacité à fournir des résultats détaillés et équilibrés, adaptés à un contexte comme celui de la sélection de configurations d'ordinateur.

## 4.2 Fonctionnement du code Python

Le code Python implémente une méthode de décision multicritère basée sur l'approche ELECTRE III.

Les étapes principales du processus sont les suivantes :

1. **Collecte des préférences utilisateur** : Le programme interagit avec l'utilisateur pour recueillir ses préférences, notamment :
  - L'importance relative des critères :
    - (a) Poids du critère, choix entre 3 options : très important, assez important, pas important
    - (b) Valeurs des seuils de préférence ( $p$ ), d'indifférence ( $q$ ) et de veto ( $v$ ) à l'aide de questions simple à 3 choix possibles : sensibilité forte, moyenne et faible. Ces valeurs sont différentes selon les critères pour restées cohérentes avec les valeurs prises par les actions sur ces critères.
  - La préférence pour des marques spécifiques de processeurs (Intel ou AMD) et de cartes graphiques (Nvidia ou AMD) ;
  - Un budget maximum à respecter.
2. **Filtrage initial des options** : Les configurations matérielles ne respectant pas les contraintes budgétaires exprimées par l'utilisateur sont éliminées.

Le score global de chaque configuration est calculé en combinant les indices de concordance et de discordance pour chaque paire de configurations.



3. **Indice de concordance** : Pour deux configurations  $a$  et  $b$ , l'indice de concordance  $C(a, b)$  mesure dans quelle mesure  $a$  est au moins aussi bon que  $b$ . Cet indice est donné par :

$$C(a, b) = \sum_{i \in G} w_i \cdot c_i(a, b),$$

où :

- $G$  est l'ensemble des critères ;
  - $w_i$  est le poids du critère  $i$  ;
  - $c_i(a, b)$  est le degré de concordance pour le critère  $i$ , calculé en fonction des différences de performance entre  $a$  et  $b$  sur ce critère.
4. **Indice de discordance** : L'indice de discordance  $D(a, b)$  mesure si un critère individuel s'oppose fortement à la domination de  $a$  sur  $b$ . Il est défini par :

$$D_i(a, b) = \begin{cases} 0 & \text{si la différence est acceptable,} \\ 1 & \text{si la différence est inacceptable,} \\ \frac{v_i - |a_i - b_i|}{v_i - p_i} & \text{sinon,} \end{cases}$$

où  $v_i$  est le seuil de veto et  $p_i$  le seuil de préférence pour le critère  $i$ .

5. **Indice de crédibilité** : L'indice de crédibilité global combine concordance et discordance, pour tenir compte à la fois des points forts et des objections importantes. Cet indice est donné par :

$$\sigma(a, b) = C(a, b) \cdot \prod_{i \in G} \left( \frac{1 - D_i(a, b)}{1 - C(a, b)} \right),$$

où  $\sigma(a, b)$  représente le degré de domination de  $a$  sur  $b$ .

6. **Classement des configurations** : Les configurations sont classées en fonction de leur domination globale, en identifiant les solutions les plus adaptées aux préférences de l'utilisateur.
7. **Présentation des résultats détaillés** : Le programme affiche les configurations classées, en précisant pour chacune :
- Le nom du processeur (CPU) et de la carte graphique (GPU) ;
  - Le prix total de la configuration ;
  - Un score global indiquant sa performance relative.

## 5 Résultats et analyse

Il est maintenant possible d'utiliser le modèle pour répondre aux besoins d'un décideur. Nous traiterons deux profils aux attentes et objectifs différents puis analyserons leurs résultats et les pistes d'amélioration du modèle.

### 5.1 Le profil du joueur

- Ce premier cas simule celui d'un joueur de jeu vidéo, il accorde donc une grande importance aux performances de gaming mais ne s'intéresse que peu aux autres fonctionnalités. Il a un budget conséquent, ici 1800\$, il souhaite pouvoir améliorer sa machine afin de suivre les dernières innovations du marché et a une préférence pour sa carte graphique, ici Nvidia. Pour ce profil, le modèle donne les résultats ci-dessous.

CPU	GPU	Score dominance	Prix	Mémoire
AMD Ryzen 5 7600X	Nvidia RTX 4070-S (Super)	139.09	\$1447.11	2000 GB
AMD Ryzen 7 7800X3D	Nvidia RTX 4070	138.92	\$1335.14	4000.0 GB
AMD Ryzen 7 5800X	Nvidia RTX 4070-TS (Ti-Super)	137.74	\$1587.81	2000 GB
AMD Ryzen 9 7900X	Nvidia GeForce RTX 4070	137.55	\$1591.24	2000 GB
Intel Core i7-13700K	Nvidia RTX 4070-Ti	133.47	\$1688.46	1000 GB

Table 1: Cinq meilleures configurations pour le profil du joueur.

- Les résultats semblent cohérents avec les attentes d'un profil comme celui-ci, les composants choisis pour le processeur et la carte graphique sont parmi les plus performants du marché. Le budget et la préférence pour les cartes graphiques Nvidia sont respectés. Le modèle suggère aussi une configuration moins coûteuse et faisant un compromis sur la performance ce qui laisse la liberté du choix final au décideur.

### 5.2 Le profil de l'employé.

- Le second profil étudié est celui d'un employé de bureau cherchant un ordinateur pour effectuer des tâches de bureautique comme du traitement de texte ou de la messagerie. Il accorde donc moins d'importance à la performance et aimerait trouver le meilleur rapport qualité-prix avec un budget plus réduit, ici 500\$.
- Les résultats de cette analyse sont bien différents de la première avec des composants plus datés mais aussi plus abordables et notamment une mémoire moindre. Néanmoins, ces résultats semblent adaptés à une personne ne voulant qu'effectuer des tâches quotidiennes en entreprise avec sa machine. On remarque également que la meilleure solution n'est pas toujours la plus coûteuse notamment lorsque le décideur accorde une forte importance au prix.

CPU	GPU	Score dominance	Prix	Mémoire
AMD Ryzen 5 3600X	Nvidia GTX 1660	30.30	\$454.147	2256 GB
Intel Core i7-8750H	Nvidia GTX 1060 (Mobile)	28.17	\$497.001	1256 GB
AMD Ryzen 5 2600	Nvidia GTX 1660-Ti	27.27	\$445.19	2000 GB
AMD Ryzen 5 3600	Nvidia RTX 2060S (Super)	27.25	\$426.05	1480 GB
Intel Core i3-9100F	AMD RX 570	25.33	\$433.66	1000.0 GB

Table 2: Distances entre les différents systèmes relationnels

### 5.3 Possibilité d’amélioration du modèle.

Ce modèle semble performant sur la base de données construite et s’adapte à différents profils de décideur pour répondre à des attentes et des objectifs variés. Néanmoins, il existe plusieurs pistes d’améliorations pouvant être envisagées que nous allons détailler.

- Il est bon de préciser d’abord que l’échantillon de configurations est très biaisé. En effet les données utilisées proviennent exclusivement du site UserBenchmark, un site utilisé pour tester les capacités de son matériel et donc, un outil sollicité principalement par les joueurs et les personnes ayant besoin d’une certaine puissance de calcul dans leurs tâches quotidiennes. Les configurations récoltées sont alors souvent très optimisées pour ce genre d’utilisation et beaucoup moins pour des usages plus classiques comme surfer sur le web ou du traitement de texte.
- Une première piste d’amélioration du modèle serait d’avoir une base de données plus conséquente ce qui permettrait de couvrir davantage de budgets et de besoins mais aussi d’avoir une solution encore plus personnalisée pour chaque décideur. Il faudrait également s’assurer que cette base de données n’est pas redondante et vérifier chaque configuration une par une.
- Une autre possibilité pour rendre le modèle encore plus performant serait de rendre personnalisable chaque composant de la configuration. En effet, ce modèle classe les configurations d’une base de données prédéfinie, il serait intéressant de pouvoir choisir chaque composant individuellement afin de pouvoir répondre le plus précisément possible aux besoins de l’utilisateur. Cette fonctionnalité serait plus complexe car elle reviendrait à appliquer un problème décisionnel à chacun des composants tout en tenant compte de leur compatibilité. Le domaine combinatoire serait bien plus grand et il faudrait traiter un grand nombre de cas particuliers.
- Le modèle pourrait également inclure un critère concernant la consommation énergétique d’une machine. Cette variable a un impact à la fois écologique qui préoccupe de nombreux utilisateurs aujourd’hui mais également un coût économique non négligeable. Ce critère est plus difficile à mettre en place car les données ne sont pas toujours accessibles et que l’aspect économique est variable à la fois dans le temps mais aussi selon la localisation géographique du décideur.

- Enfin, la base de données nécessite d'être régulièrement mise à jour afin d'actualiser les prix et d'ajouter les configurations utilisant les composants les plus récents. Ce processus pourrait être automatisé afin d'obtenir les prix directement depuis les sites revendeurs et d'ajouter les données UserBenchmark à intervalles réguliers.