

### **Équipe 1**

Ouedraogo Wendyam 11335964

Tshiya Wamonakeba Estha 11317258

Zhong Catherine – Yutong 11350903

# **MATH10605.A2024 - Introduction à l'analytique d'affaires**

## **RAPPORT 1**

Nom du Professeur : **Nourhene Chaalia**

Numéro de Section : **B45**

Date de Remise : **1<sup>er</sup> novembre 2024**

## **SOMMAIRE EXÉCUTIF**

Ce rapport examine deux scénarios pour l'organisation des matchs de la Coupe du Monde 2030, coorganisée par la FIFA au Maroc, en Espagne et au Portugal. L'objectif est de maximiser les profits tout en respectant des contraintes environnementales et logistiques.

L'option 1 maximise le profit avec un résultat de 601 millions de dollars, soit 2,39 % de plus que l'option 2, qui atteint 587 millions de dollars. Cependant, l'option 1 entraîne une vente de billets plus importante (+6 987 billets), bien qu'elle présente une variabilité plus élevée dans la répartition des profits et des risques financiers. En comparaison, l'option 2 propose une distribution plus équitable des ventes entre équipes, un écart-type plus faible des profits (19,6 M\$ contre 25,2 M\$ pour l'option 1) et un étalement réduit des profits, offrant ainsi une stabilité accrue.

Quant à l'allocation des matchs par stades, les deux options montrent une utilisation similaire des infrastructures : les stades à faible capacité (<50 000 sièges) et ceux à capacité normale ou élevée sont bien utilisés, avec respectivement 33 % et 67 % d'occupation pour les 60 matchs. Cependant, l'option 2 présente une étendue des profits plus réduite par stade, indiquant un niveau de risque financier plus bas.

Le choix entre ces options repose sur les priorités stratégiques de l'organisation : maximiser les profits immédiats avec l'option 1 ou privilégier une rentabilité et une répartition stable avec l'option 2, intégrant une approche plus responsable face aux enjeux environnementaux.

### **Introduction**

La Coupe du Monde 2030, coorganisée par le Maroc, l'Espagne et le Portugal, pose un défi logistique et financier. Ce rapport analyse deux options pour la répartition des matchs de la phase de groupes, avec pour objectif de maximiser les profits tout en respectant des contraintes environnementales et logistiques.

Nous présentons d'abord les profits projetés pour chaque option, suivis de la répartition des ventes de billets, puis de l'allocation des matchs par stade pour une utilisation optimale des infrastructures. Ces analyses visent à orienter les organisateurs vers une solution équilibrant profits et stabilité.

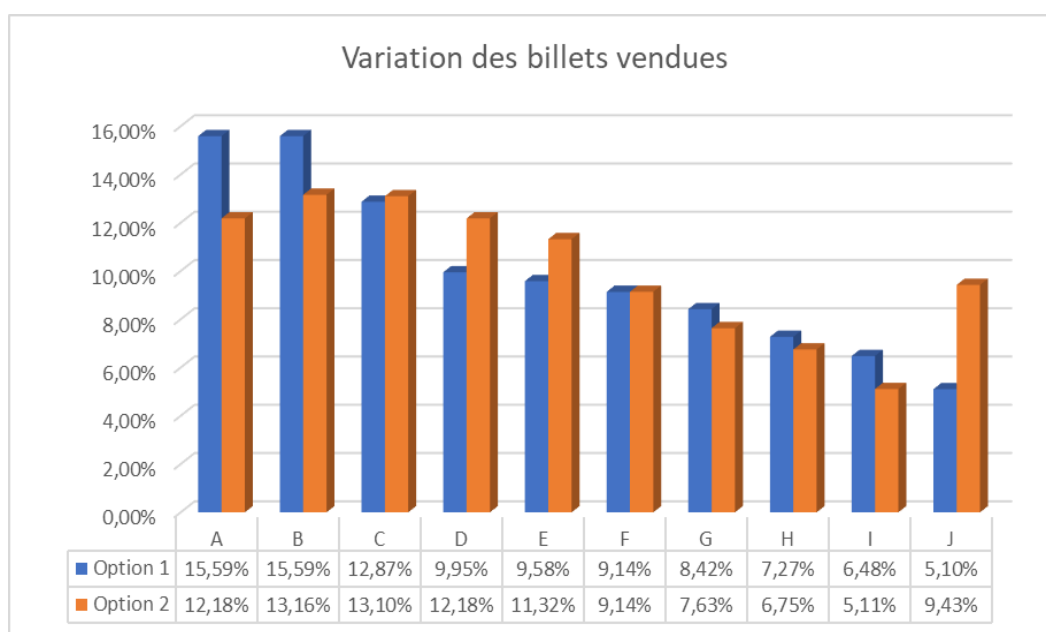
### **Profits obtenus des fonction-objectifs de chaque option :**

On peut constater directement que l'option 1 est plus profitable que l'option 2 (601 millions de dollars comparés à 587 millions de dollars) dont l'écart est de 2,39%. La raison pour cette différence est causée par les taxes environnementales et la nouvelle contrainte au niveau de l'attribution des groupes dans des pays spécifiques, ce qui diminue les profits finaux.

### **Variation des billets vendues :**

En comparant les deux options, on remarque que l'option 1 vend plus de tickets que l'option 2, soit une différence de 6987 billets, puisque la contrainte d'avoir seulement les groupes A, D et J joués au Maroc change inévitablement la répartition des matchs dans certains stades et donc influent sur la vente des billets. De plus, la contrainte selon laquelle les matchs doivent être proportionnels au nombre de stades dans les pays, et que, dans l'option 2, le fait que l'Espagne et le Portugal sont considérés comme un pays modifie aussi la répartition. Par conséquent, ces changements sont les sources de la différence dans le nombre de tickets qui seront vendus durant la Coupe du monde entre les deux options.

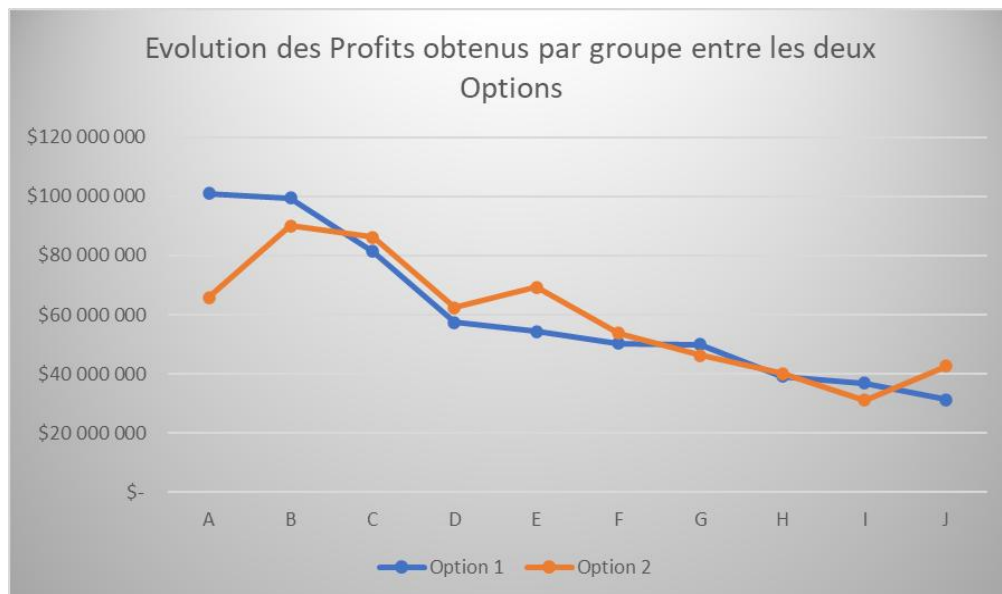
Cependant, il faut noter que l'option 2 a une distribution de vente plus équitable entre les groupes, ce qui donne une meilleure répartition de popularité parmi les groupes. On peut constater que les groupes qui ont une popularité faible ou qui ont un supplément plus bas que les groupes populaires arrivent aussi à vendre des billets autant que certains autres équipes plus populaires. Par exemple, le groupe J dans l'option 2 a une proportion de 9,43% sur le total des billets vendus, ce qui est comparable au groupe E dans l'option 1, avec une proportion 9,58%, même si le groupe E a un supplément de 12.50 \$ alors que le groupe J n'a aucun supplément.



### **Évolution des profits obtenus :**

Au niveau des profits obtenus de chaque groupe, on remarque un certain comportement dans chacune des options, et ceci au moyen des écarts-types respectifs de l'option 1 et 2, qui est de 25 221 931 \$ et 19 635 398 \$. Cela démontre, une certaine homogénéité dans la répartition des profits obtenus par les groupes dans l'option 2, car, comme on le sait, plus l'écart-type est petit et plus les données sont concentrées autour de la moyenne.

D'autre part, l'écart-type dans l'option 1 est plutôt grand, cela signifie que beaucoup de variances des données sont observées. Le graphique ci-dessous peut nous aider à y voir plus clair :



Les courbes représentent, pour l'option 1, une fonction monotone décroissante et une fonction non monotone pour l'option 2. En d'autres termes, la courbe 1 décroît de plus en plus que le prix est bas, ce qui est assez intuitif. Ici, c'est le prix de chaque groupe qui influe. Contrairement à la courbe 2, qui a des tendances de croissance et de décroissance à certains niveaux, dans notre cas, on peut l'expliquer par le fait que la répartition a une plus grande influence sur les profits obtenus que le prix en soi.

Donc, le raisonnement selon lequel les groupes les plus chers se retrouvent dans des stades qui ont de plus grandes capacités, ou encore un pays qui a un plus grand prix au détriment des autres groupes moins chers, a du sens pour l'option 1.

En revanche, dans l'option 2, c'est en termes du type répartition qui maximise le profit, donc on regarde toujours au prix, mais aussi sous l'angle de la répartition qui minimise le coût.

### **Répartitions des matchs :**

En observant les extremums suivant 4 067 500 et 19 012 500 pour l'option 1 et 4 051 677 et 18 494 063 pour la 2, on constate une fluctuation des profits potentiels selon le stade et le groupe.

L'option 1, présente une étendue de profit plus large, près de 15 millions de dollars, ce qui pourrait indiquer une plus grande variabilité des profits. Cela suggère aussi un risque financier dans certaines conditions de match.

L'option 2, en revanche, montre une étendue de profit légèrement plus réduite, ce qui pourrait en faire une option avec une rentabilité plus stable, bien qu'un peu moins élevée.

Cependant, on observe une certaine similitude en termes d'allocations des matchs par stades, tous groupes confondus.

Option 1	Stades/Pays	Groupe	Nbr de match	Profit
Min	10 (Espagne)	J	1	\$ 4 067 500,00
Max	5 (Espagne)	A	1	\$ 19 012 500,00
Option 2	Stades/Pays	Groupe	Nbr Match	Profit
Min	10 (Espagne)	I	1	\$ 4 051 676,88
Max	5 (Espagne)	B	1	\$ 18 494 062,50

### Évaluation de l'utilisation optimale des stades dans les deux options

Pour y répondre, nous avons introduit une nouvelle section intitulée « Sous-capacité », qui permet de classer les stades en deux catégories : ceux dont la capacité est inférieure à 50 000 places et ceux dont la capacité est supérieure à 50 000 places. Ainsi, nous avons identifié 10 stades en sous-capacité et 10 stades ayant une capacité normale ou supérieure, avant et après l'application des pourcentages de places vendues.

Il n'y a pas eu de constatation de sous-utilisation dans les deux options. En effet, les ratios obtenus de 33 % et 67 % représentent respectivement le pourcentage des stades en sous-capacité et en capacité normale ou supérieure qui ont été utilisés pour les 60 matchs dans les deux options.

De plus, ces résultats s'accordent avec les données présentées dans le tableau ci-joint, qui reflète une logique intuitive quant à l'utilisation des stades.

Option 1	Groupe										
Catégorie	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Total
Sous-capacité							2	6	6	6	20
Grande capacité	6	6	6	6	6	6	4				40
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>60</b>
Option 2	Groupe										
Catégorie	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Total
Sous-capacité						1	4	6	6	3	20
Grande capacité	6	6	6	6	6	5	2			3	40
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>60</b>

### Conclusion

En somme, l'analyse des deux options met en évidence des choix stratégiques distincts. L'option 1 maximise le profit, mais expose l'organisation à des fluctuations de revenus accrues. À l'inverse, l'option 2, n'optimise pas le profit en raison de la nouvelle répartition des groupes et du regroupement de l'Espagne et du Portugal, mais intègre des taxes environnementales, ce qui en fait un choix plus responsable face aux préoccupations écologiques actuelles. Elle pourrait ainsi être privilégiée par une organisation en quête de stabilité financière et de développement durable.

En somme, le choix entre ces deux options dépendra des priorités stratégiques de l'organisation, qu'il s'agisse de maximiser le profit immédiat ou de consolider une base financière stable tout en répondant aux enjeux environnementaux.

## **ANNEXE 1**

Modèle mathématique

### **Option 1**

#### **Variable de décision :**

$X_i$  : nombre de matchs par groupe avec  $i = a, b, c, d, e, f, g, h, i, j$

$X_j$  : nombre de match par stade avec  $j = 1, 2, 3, 4, \dots, 19, 20$

$X_{ij}$  : nombre de match d'un groupe par stades

Expression Mathématique :  $X_{a1}, X_{a2} \dots X_{a20} \dots X_{b1}, X_{b2} \dots X_{b20} \dots X_{j1}, X_{j2}, X_{j20}$

#### **Fonction-objectif**

**MaxProfit** =  $(Supp_i + 175\$) * (X_{i1} + \dots X_{i11}) * (Capacité Stade1 + \dots Stade11) - (Coût du Std1 + \dots Std11)$

+  $(Supp_i + 135\$) * (X_{i12} + \dots X_{i17}) * Cté (Std12 + \dots Std17) - (Coût Std12 + \dots Std17)$

+  $(Supp_i + 140\$) * (X_{i18} + \dots X_{i20}) * Cté (Std18 + \dots Std20) - (Coût Std18 + \dots Std20)$

Supp  $i$  : Supplément selon tel ou tel groupe

#### **Contraintes**

##### **Contrainte 1**

$$X_{a1} + X_{a2} + \dots X_{a20} = 6$$

$$X_{b1} + X_{b2} + \dots X_{b20} = 6$$

.

.

$$X_{j1} + X_{j2} + \dots X_{j20} = 6$$

##### **Contrainte 2.1 et 2.2**

$$1 \leq X_{a1} + X_{b1} + \dots X_{j1} \leq 5$$

$$1 \leq X_{a2} + X_{b2} + \dots X_{j2} \leq 5$$

.

.

$$1 \leq X_{a20} + X_{b20} + \dots X_{j20} \leq 5$$

##### **Contrainte 3**

$$X_{ij} \leq 2$$

**Contrainte 4**

$$32 \leq X_{a1} + \dots + X_{j11} \leq 34$$

$$17 \leq X_{a12} + \dots + X_{j17} \leq 19$$

$$10 \leq X_{a18} + \dots + X_{j20} \leq 8$$

**Contrainte 4 (option 2)**

$$47 \leq X_{b1} + \emptyset a + \emptyset d + \emptyset j \dots X_{i20} \leq 49$$

$$17 \leq X_{a12} + \emptyset b + \emptyset c + \emptyset e + \emptyset f + \emptyset g + \emptyset h + \emptyset i \dots X_{j17} \leq 19$$

**Contrainte 5**

$$X_{ij} \geq 0$$

**Contrainte 6**

$X_{ij}$  : ent



## **ANNEXE 2**

Indicateur 1 (variation des billets vendus) :

- Différence = 3 912 170 (somme des billets vendus en option 1) – 3 905 183 (somme des billets vendus en option 2) = 6 987
- Proportion équipe J en option 2 = 368 131/3 905 183 (somme des billets vendus en option 2) \* 100 = 9,43%
- Proportion équipe E en option 1 = 374 897/3 912 170 (somme des billets vendus en option 1) \* 100 = 9,58%

Indicateur 2 (évolution des profits obtenus):

- Écart-type (option 1) =  $\sqrt{\text{variance}} = 25\,221\,931,25\$$
- Écart-type (option 2) =  $\sqrt{\text{variance}} = 19\,635\,398 \$$

Indicateur 3 (répartition des matchs):

- Étendue (option 1) = 19 012 500 - 4 067 500 = 14 945 000\$
- Étendue (option 2) = 18 494 063 - 4 051 677 = 14 442 386\$

Indicateur 4 (utilisation optimale des stades)

- Ratio en pourcentage des stades en sous-capacité= 20 (nombre de stades en sous-capacité utilisés pour tous les matchs) /60 (total des matchs) x 100 = 33,3%
- Ration en pourcentage des stades en capacité normale ou supérieur = 100% - 33% = 67%

### **ANNEXE 3 : MÉTHODOLOGIE : Optimisation**

**Fonction objective** : profit à maximiser : Profit = Revenu – Coût par stades

Profit = (Prix du billet d'un match selon le pays et le groupe\*nombre de match d'un groupe par stades\*capacité de chaque stade) – Coût de chaque stade

**Variables de décision** :

$X_i$  : nombre de matchs par groupe avec  $i = a, b, c, d, e, f, g, h, i, j$

$X_j$  : nombre de match par stade avec  $j = 1, 2, 3, 4, \dots, 19, 20$

$X_{ij}$  : nombre de match d'un groupe par stade

**Contraintes des options** :

1. Nombres de matchs par groupes = 6
2.  $1 \leq$  nombres de match par stades  $\leq 5$
3. Nombres de matchs d'un même groupe par stade  $\leq 2$
4. Contrainte de nombres entiers et de non-négativité
5. **Contrainte propre à l'Option 1 uniquement:**
  - a.  $32 \leq$  Sommes des matchs joués en Espagne  $\leq 34$
  - b.  $17 \leq$  Sommes des matchs joués en Maroc  $\leq 19$
  - c.  $8 \leq$  Sommes des matchs joués en Portugal  $\leq 10$
6. **Contrainte propre à l'Option 2 uniquement:**
  - a.  $41 \leq$  Sommes des matchs joués en Espagne et Portugal par les groupes B, C, E, F, G, H, I  $\leq 43$
  - b.  $17 \leq$  Sommes des matchs joués en Maroc par les groupes A, D, J  $\leq 19$

Le modèle utilisé est *linéaire* car il consiste en une somme de termes dont chacun est la multiplication d'une variable de décision par une constante.

Le modèle est linéaire alors nous avons utilisé *l'algorithme du simplexe* pour la résolution car il permet de résoudre de plus gros problèmes en un temps plus court.

L'approche multi-départs n'a pas été utilisé car le modèle d'optimisation est linéaire donc l'optimum trouvé par l'algorithme est forcément un *optimum global*.

Dans le cas des contraintes de nombres entier, nous avons utilisé un *seuil de tolérance* de 1% car chaque pays devra accueillir un nombre de matchs proportionnel au nombre de stades retenus, et ce, avec une marge de manœuvre de +/- 1 match.

**Calcul intermédiaire** qui a été fait : revenu par match, somme des billets vendus, nombre de ticket vendus par stade, nombre proportionnel de match par pays, répartition optimale des groupes/matches en fonction des stades.