
RAPPORT PROJET AIR FRANCE

Seating : Optimisation du placement passagers



CentraleSupélec

Mrabet	Hatim
Echaarani	Abderrahmane
El-Adli	Mohammed
Khazri	Aya
El Hassan	Nour

Table des matières

1	Introduction	3
2	Importation des données	3
3	Variables globales	3
4	Variables de décision	4
5	Jalon 1	4
5.1	Les contraintes	4
5.1.1	Chaque passager k doit avoir un seul siège	4
5.1.2	Chaque siège (i,j) doit être occupé par au plus un passager k . . .	4
5.1.3	La colonne 4 correspond au couloir (sièges fictifs)	4
5.1.4	Centrage de l'avion	5
5.2	L'objectif	5
5.2.1	Note relative à la satisfaction des passagers	5
5.2.2	Contraintes relatives aux variables X_g^{min} , X_g^{max} , Y_g^{min} et Y_g^{max} . . .	5
5.2.3	Expression finale de la note de satisfaction des passagers	6
5.2.4	Note relative au transit	6
5.2.5	Expression de la note finale	7
6	Jalon 2	7
6.1	Les contraintes	7
6.1.1	Ajout d'une cabine business	7
6.1.2	Placement spécial des enfants (issues de secours)	8
6.1.3	Placement spécial des passagers à mobilité réduite (WCHR et WCHB) .	8
6.2	Placement non isolé des enfants	10
6.3	Note finale de notre modèle	12
7	Jalon 3 (Modèle Dynamique).	12
7.1	Introduction	12
7.2	Voisinage dans l'avion de longueur n	12
7.3	Vérification d'une solution	13
7.4	Permutation et création d'un nouvel avion	13
7.5	Utilisation d'une liste Tabou	13
7.6	Création d'une WebApp	13
8	Conclusion	17
A	Résultats du modèle statiques pour différentes instances avec TimeLimit = 15mins	18
A.1	21Oct	18
A.2	22Oct	18
A.3	23Oct	18
A.4	24Oct	18
A.5	26Oct	18

A.6	30Oct	18
A.7	2Nov	19
A.8	5Nov	19
A.9	7Nov	19
A.10	7Nov avec TimeLimit = 30mins	19

Table des figures

1	Exemple de placement d'un passager en chaise roulante	8
2	Exemple de placement d'un passager en civière	10
3	Page d'accueil de la WebApp	14
4	Exemple de proposition de nouveaux siège pour le groupe 1 de l'instance 21Oct	15
5	Exemple de proposition de nouveaux siège pour le groupe 1 de l'instance 21Oct	16
6	Affectation des passagers pour l'instance du 21Oct	20
7	Affectation des passagers pour l'instance du 22Oct	21
8	Affectation des passagers pour l'instance du 23Oct	22
9	Affectation des passagers pour l'instance du 24Oct	23
10	Affectation des passagers pour l'instance du 26Oct	24
11	Affectation des passagers pour l'instance du 30Oct	25
12	Affectation des passagers pour l'instance du 2Nov	26
13	Affectation des passagers pour l'instance du 5Nov	27
14	Affectation des passagers pour l'instance du 7Nov	28
15	Affectation des passagers pour l'instance du 7Nov avec TimeLimit = 30 mins	29

1 Introduction

Air France, en tant que compagnie aérienne de premier plan, se doit de proposer une expérience de voyage satisfaisante à ses clients. Pour y parvenir, il est primordial de leur offrir un nombre suffisant de sièges disponibles lors de l'enregistrement, tout en respectant les normes de sécurité en vigueur. Cela peut par exemple passer par la nécessité de placer des passagers voyageant ensemble dans un même groupe à des sièges proches ou adjacents. Cependant, les réglementations de sécurité imposent des contraintes spécifiques quant au placement des passagers, telles que l'équilibre de l'appareil et la sécurité des enfants. De plus, il est essentiel de considérer le temps de correspondance des passagers pour leur permettre de prendre leur prochain vol en toute sérénité.

Ainsi, le défi d'optimisation ici consiste à placer les passagers dans un avion de ligne commercial de manière à maximiser leur satisfaction tout en respectant les consignes de sécurité. Un autre objectif essentiel est de trouver une solution dans les délais les plus brefs pour garantir la faisabilité et l'applicabilité de la méthode dans des situations réelles

Pour répondre à ces enjeux, notre étude se déroulera en deux étapes. Nous élaborerons tout d'abord un modèle statique pour placer tous les passagers simultanément, sans leur attribuer de sièges spécifiques. Ensuite, nous développerons un modèle dynamique qui permettra aux passagers de choisir leur siège lors de l'enregistrement, tout en veillant à la faisabilité de l'arrangement des passagers par rapport aux contraintes de sécurité et en maintenant l'optimalité de la disposition obtenue par le modèle statique.

2 Importation des données

On génère plusieurs fichiers **csv** à partir de la base de donnée initiale des passagers. Chaque fichier **csv** représente une base de données à une date spécifique. Chaque fois, on choisit le fichier **csv** sur lequel on souhaite travailler, et on commence par traiter et ordonner les données.

Nous structurons les données dans un dictionnaire **Passengers** dont les clés sont les numéros des passagers. Chaque passager aura un dictionnaire qui précise son numéro de groupe, son cardinal de groupe, son type, sa classe et son temps de transit.

De même, nous créons un dictionnaire **Groupes** qui a pour clés le numéro d'un groupe et pour valeurs les listes des passagers de chaque groupe

Nous avons également défini un dictionnaire **Poids** qui contient le poids du passager selon son type, ce qui nous aidera à introduire la contrainte de barycentre.

3 Variables globales

Le nombre total de rangées est représenté par la variable Nb_{rows} qui dépend du modèle de l'avion (29 pour le modèle A320 et 35 pour le modèle A321). Notons que $Nb_{rows} \in \{29, 35\}$.

De même, le nombre total de colonnes est fixe, et représenté par $Nb_{col} = 7$. On a choisi d'affecter à chaque colonne une lettre (**A**, **B**, **C**, **D**, **E** ou **F**), et le couloir sera donc représenté par la colonne 4.

On note $Nb_{Passengers}$ le nombre total de passagers, $Nb_{business_passengers}$ le nombre total de passagers Business, et Nb_{groups} le nombre de groupes.

On note $Enfants_Y$ et $Adultes_Y$ les nombres d'enfants et d'adultes (hommes + femmes) respectivement dans la cabine Eco, $Enfants_J$ et $Adultes_J$ les nombres d'enfants et d'adultes respectivement dans la cabine Business.

4 Variables de décision

On introduit la variable de décision $x_{i,j,k}$ telle que :

$$x_{i,j,k} = \begin{cases} 1 & \text{si le passager } k \text{ est affecté au siège } (i,j) \\ 0 & \text{sinon.} \end{cases}$$

Il est à noter que i est la rangée dans laquelle s'assoit le passager ($i \in \llbracket 1, 29 \rrbracket$ pour le modèle d'avion A320, et $i \in \llbracket 1, 35 \rrbracket$ pour le modèle A321), alors que j est la colonne de son siège ($j \in \llbracket 1, 7 \rrbracket$, pour représenter les colonnes **A**, **B**, **C**, **D**, **E** et **F** ainsi que le couloir)

5 Jalon 1

5.1 Les contraintes

5.1.1 Chaque passager k doit avoir un seul siège

$$\forall k \in \llbracket 1, Nb_{passengers} \rrbracket, \sum_{i,j} x_{i,j,k} = 1 \quad (1)$$

5.1.2 Chaque siège (i,j) doit être occupé par au plus un passager k

$$\forall (i,j) \in \llbracket 1, Nb_{rows} \rrbracket \times \llbracket 1, Nb_{col} \rrbracket, \sum_k x_{i,j,k} \leq 1 \quad (2)$$

5.1.3 La colonne 4 correspond au couloir (sièges fictifs)

$$\forall k \in \llbracket 1, Nb_{passengers} \rrbracket, \forall i \in \llbracket 1, Nb_{rows} \rrbracket, x_{i,4,k} = 0 \quad (3)$$

5.1.4 Centrage de l'avion

On doit assurer que l'avion est bien centré. Pour une instance avec 29 rangées, le barycentre de l'avion doit être inclus dans le rectangle défini par les rangées 13 et 17 et les colonnes 3 et 5.

$$\frac{\sum_k \sum_i \sum_j Poids[k] \times i \times x_{i,j,k}}{\sum_k Poids[k]} \leq 17 \quad (4)$$

$$\frac{\sum_k \sum_i \sum_j Poids[k] \times i \times x_{i,j,k}}{\sum_k Poids[k]} \geq 13 \quad (5)$$

$$\frac{\sum_k \sum_i \sum_j Poids[k] \times j \times x_{i,j,k}}{\sum_k Poids[k]} \leq 5 \quad (6)$$

$$\frac{\sum_k \sum_i \sum_j Poids[k] \times j \times x_{i,j,k}}{\sum_k Poids[k]} \geq 3 \quad (7)$$

Dans notre code, on a remplacé les valeurs de 13 et 17 par des valeurs qui dépendent du nombre de rangées, vu que le barycentre peut changer en fonction du type de l'avion (sa taille principalement).

5.2 L'objectif

5.2.1 Note relative à la satisfaction des passagers

On utilise la méthode de la mise sous vide qui consiste à regrouper les passagers en groupes contigus dans un rectangle, de manière à minimiser l'espace vide entre eux et à permettre ainsi l'accueil d'autres passagers. Pour placer un groupe de passagers ensemble, on commence par déterminer le rectangle contenant tous les membres du groupe. Ensuite, pour éviter d'avoir des espaces vides entre les membres du groupe, on utilise les variables X_g^{min} , X_g^{max} , Y_g^{min} et Y_g^{max} qui indiquent respectivement le numéro de la rangée la plus petite et la plus grande occupée par un membre du groupe g , et le numéro de la colonne la plus petite et la plus grande occupée par un membre du groupe g . On utilise ces variables pour placer les membres du groupe le plus près possible les uns des autres, tout en respectant les contraintes de centrage et de correspondance.

5.2.2 Contraintes relatives aux variables X_g^{min} , X_g^{max} , Y_g^{min} et Y_g^{max}

Pour faire cette modélisation, on ajoute les contraintes suivantes, pour chaque groupe g , et pour tout passager p de ce groupe, on a :

$$\forall g, \forall p \in g, \sum_{(i,j)} i \times x_{i,j,p} \leq X_g^{max} \quad (8)$$

$$\forall g, \forall p \in g, \sum_{(i,j)} j \times x_{i,j,p} \leq Y_g^{max} \quad (9)$$

$$\forall g, \forall p \in g, \sum_{(i,j)} i \times x_{i,j,p} \geq X_g^{min} \quad (10)$$

$$\forall g, \forall p \in g, \sum_{(i,j)} j \times x_{i,j,p} \geq Y_g^{min} \quad (11)$$

5.2.3 Expression finale de la note de satisfaction des passagers

Pour les groupes de moins de 3 passagers, nous considérons qu'ils ne sont pas voisins s'ils sont séparés par l'allée centrale ou s'ils sont sur deux rangées différentes. En revanche, pour les groupes de plus de 3 passagers, nous considérons qu'ils sont voisins s'ils sont séparés par l'allée centrale. De plus, nous considérons qu'ils sont des "faux voisins" s'ils sont situés sur les sièges juste derrière ou juste devant, avec un seul membre de leur groupe à côté d'eux.

Afin de tenir compte de ces considérations, nous avons augmenté le coefficient dans la note de satisfaction liée à la distance entre les membres d'un même groupe. Plus précisément, nous avons ajouté une pénalité de 10 pour chaque unité de distance verticale (d'une rangée à une autre) entre le siège le plus haut et le siège le plus bas occupés par les membres d'un groupe. D'autre part, nous avons ajouté une pénalité de 1 pour chaque unité de distance horizontale (d'une colonne à une autre) entre le siège le plus à gauche et le siège le plus à droite occupés par les membres d'un groupe.

Ainsi, la note de satisfaction totale prend en compte à la fois la proximité des membres d'un même groupe et les contraintes de voisinage.

$$Note_{dist} = \sum_g 10 \times (X_g^{max} - X_g^{min}) + (Y_g^{max} - Y_g^{min}) \quad (12)$$

5.2.4 Note relative au transit

On va intégrer dans notre objectif une note qui reflète l'emplacement des passagers en transit. Nous voulons que tous les passagers en transit soient placés à l'avant de l'avion. $Note_{transit}$ permet de placer les passagers en transit avec des temps de transit plus courts à l'avant de l'avion, et leur ordre est proportionnel à leurs temps de transit. Elle le fait en calculant une note pour chaque passager en transit, qui dépend de la position du siège qui lui est assigné. Les passagers avec des temps de transit plus courts auront des notes plus élevées pour les sièges situés à l'avant de l'avion, ce qui augmentera leurs chances d'être assignés à ces sièges. La note est calculée en faisant la somme de fractions pour chaque siège, où le numérateur est le numéro du siège et le dénominateur est le temps de transit du passager. Cela garantit que les passagers sont assignés à des sièges en proportion de leurs temps de transit respectifs.

if $Passengers[k][TransitTime] \neq 0$

$$Note_{transit} = \sum_k \sum_{(i,j)} \frac{i \times x_{i,j,k}}{Passengers[k][TransitTime]} \quad (13)$$

5.2.5 Expression de la note finale

La note qu'on va essayer de minimiser est :

$$Minimize(100 \times Note_{dist} + Note_{transit}) \quad (14)$$

6 Jalon 2

Le jalon 2 consiste à enrichir le modèle statique en ajoutant des nouvelles contraintes, notamment :

- Ajout d'une cabine business
- Placement spécial des passagers enfants
- Placement spécial des passagers à mobilité réduite

6.1 Les contraintes

6.1.1 Ajout d'une cabine business

Les contraintes suivantes permettent de modéliser l'ajout d'une cabine Business :

- i) On définit le nombre de rangées de la cabine Business par $Nb_{business_passengers} // 4 + 1$, et on s'assure que les passagers Business sont affectés à cette plage de rangées, alors que les passagers en classe économique ne le sont pas. Pour tout passager Business k_B et pour tout passager Economie k_E :

$$\sum_{(i,j)} i \times x_{i,j,k_B} \leq Nb_{business_passengers} // 4 + 1 \quad (15)$$

$$\sum_{(i,j)} i \times x_{i,j,k_E} \geq Nb_{business_passengers} // 4 + 2 \quad (16)$$

- ii) On bloque les colonnes 2 et 6 pour qu'elles ne soient pas affectées à un passager Business. Pour toute rangée i et pour tout passager Business k_B :

$$x_{i,2,k_B} + x_{i,6,k_B} == 0 \quad (17)$$

6.1.2 Placement spécial des enfants (issues de secours)

Les enfants ne peuvent pas être assis à côté des issues de secours, on ajoute donc une contrainte pour chaque siège. Pour chaque passager enfant k_{enf} , on a :

$$(\text{Siège 11A}) \quad x_{11,1,k_{enf}} == 0 \quad (18)$$

$$(\text{Siège 11F}) \quad x_{11,7,k_{enf}} == 0 \quad (19)$$

$$(\text{Siège 12A}) \quad x_{12,1,k_{enf}} == 0 \quad (20)$$

$$(\text{Siège 12F}) \quad x_{12,7,k_{enf}} == 0 \quad (21)$$

6.1.3 Placement spécial des passagers à mobilité réduite (WCHR et WCHB)

Passagers en chaise roulante k_{WCHR}

Pour les passagers en chaise roulante (WCHR), on va essayer de les affecter soit à la colonne 3 ou à la colonne 5 (côté allée), à partir de la deuxième ligne de la cabine économique (on suppose qu'un passager WCHR ou WCHB ne prend pas un billet Business).

On va ensuite bloquer le carré de quatre sièges côté allée pour chaque passager WCHR.

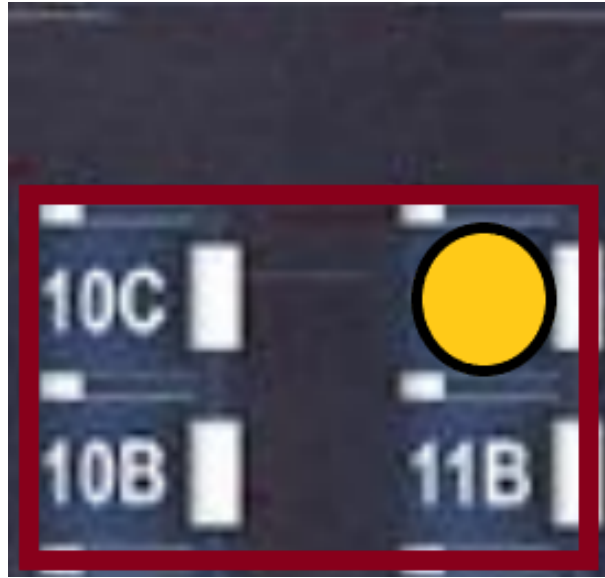


FIGURE 1 – Exemple de placement d'un passager en chaise roulante

On modélise cette contrainte par les équations suivantes :

- i) Un passager en chaise roulante est affecté à la colonne 3 ou 5. Pour chaque passager en chaise roulante k_{WCHR} :

$$\sum_i x_{i,3,k_{WCHR}} + x_{i,5,k_{WCHR}} == 1 \quad (22)$$

ii) On bloque 4 sièges pour chaque passager en chaise roulante. On choisit dans notre modèle de bloquer les sièges suivants :

-) Si le passager k_{WCHR} est dans la colonne 3 et occupe le siège $(i, 3)$, on bloque son siège $(i, 3)$, le siège d'avant $(i - 1, 3)$, le siège à sa gauche $(i, 2)$ et le siège d'avant à sa gauche $(i - 1, 2)$.
-) Si le passager k_{WCHR} est dans la colonne 5 et occupe le siège $(i, 5)$, on bloque son siège $(i, 5)$, le siège d'avant $(i - 1, 5)$, le siège à sa droite $(i, 6)$ et le siège d'avant à sa droite $(i - 1, 6)$.

On modélise ceci donc par l'équation suivante, pour tout passager en chaise roulante k_{WCHR} et tout autre passager k tel que $k \neq k_{WCHR}$.

$$\sum_{(i,j,k)} \mathbb{1}_{j=5} \times (x_{i,j+1,k} + x_{i-1,j+1,k}) + \mathbb{1}_{j=3} \times (x_{i,j-1,k} + x_{i-1,j-1,k}) + x_{i-1,j,k} \leq 3 \times (1 - x_{i,j,k_{WCHR}}) \quad (23)$$

iii) Pour être sûr qu'on bloque 4 sièges pour chaque passager en chaise roulante, et vu qu'on bloque les sièges qui sont en avant, on doit s'assurer que chaque passager en chaise roulante ne soit pas assis dans la première rangée de la cabine Économique. On a donc pour tout passager k_{WCHR} :

$$\sum_i i \times (x_{i,3,k_{WCHR}} + x_{i,5,k_{WCHR}}) \geq \mathbb{1}_{B \geq 1} \times (B//4 + 3) + \mathbb{1}_{B=0} \times 2 \quad (24)$$

B dans l'équation précédente représente $Nb_{business_passengers}$, il est plus simple de le noter B pour alléger l'expression de l'équation.

Passagers en civière k_{WCHB}

Pour les passagers en civière k_{WCHB} , on va essayer de les poser soit sur la colonne 1 ou la colonne 4, à partir de la quatrième ligne de la cabine économique. On va ensuite bloquer le carré de 11 sièges pour chaque passager WCHB. (Comme les passagers k_{WCHR} , on va bloquer les 3 rangées d'avant pour chaque passager k_{WCHB} , et on devra donc s'assurer que les k_{WCHB} n'occupent pas les 3 premières rangées).



FIGURE 2 – Exemple de placement d'un passager en civière

Ainsi les équations modélisant ces contraintes ressembleront aux équations précédentes (on fixe les colonnes pour les passagers WCHB, on fixe leur rangée à partir de la quatrième dans la cabine économique et on bloque les sièges des 4 rangées).

6.2 Placement non isolé des enfants

Les enfants ne doivent pas être isolés. On choisit la variable binaire $z_{i,j,k}$ tel que :

$$z_{i,j,k} = \begin{cases} 1 & \text{si un enfant } k \text{ est placé à côté d'un adulte,} \\ 0 & \text{sinon.} \end{cases}$$

La variable $z_{i,j,k}$ devrait vérifier les conditions suivantes :

1. Si $2 \leq j < \text{Nombre des Colonnes-1}$

$$\forall i, \forall j, \forall k = k_{\text{enfant}},$$

$$x_{i,j,k} \leq \sum_{k1}^{\text{passagers}} (x_{i,j-1,k1} + x_{i,j+1,k1}) \cdot \mathbb{1}_{\{k1 \text{ est un adulte}\}} \quad (25)$$

$$1 - x_{i,j,k} + z_{i,j,k} \geq A \cdot \sum_{k1}^{\text{passagers}} (x_{i,j-1,k1} + x_{i,j+1,k1}) \cdot \mathbb{1}_{\{k1 \text{ est un adulte}\}} \quad (26)$$

$$z_{i,j,k} \leq x_{i,j,k} \quad (27)$$

2. Si $j = 1$

$$\forall i, \forall k_{\text{enfant}},$$

$$z_{i,1,k} \leq \sum_{k1}^{\text{passagers}} x_{i,2,k1} \cdot \mathbb{1}_{\{k1 \text{ est un adulte}\}} \quad (28)$$

$$1 - x_{i,1,k} + z_{i,1,k} \geq A \cdot \sum_{k1}^{\text{passagers}} x_{i,j+1,k1} \cdot \mathbb{1}_{\{k1 \text{ est un adulte}\}} \quad (29)$$

$$z_{i,1,k} \leq x_{i,1,k} \quad (30)$$

3. Si $j = 7$

$$\forall i, \forall k_{\text{enfant}},$$

$$z_{i,7,k} \leq \sum_{k1}^{\text{passengers}} x_{i,6,k1} \cdot \mathbb{1}_{\{k1 \text{ est un adulte}\}} \quad (31)$$

$$1 - x_{i,7,k} + z_{i,7,k} \geq A \cdot \sum_{k1}^{\text{passengers}} x_{i,6,k1} \cdot \mathbb{1}_{\{k1 \text{ est un adulte}\}} \quad (32)$$

$$z_{i,7,k} \leq x_{i,7,k} \quad (33)$$

On choisit dans notre modèle de prendre $A = 0.25$.

On note donc la note $Note_{\text{enfant}} = \sum_{i,j,k} z_{i,j,k}$ qu'on cherche à maximiser.

On a choisit de distinguer deux cas :

- Si le nombre des enfants est inférieur au nombre des adultes multiplié par 1.25 On a décidé de mettre ce problème en contrainte et non en objectif, du coup on ne garde que les contraintes suivantes :

$$\forall i, \forall j \text{ si } 2 \leq j < \text{Nombre des Colonnes-1}, \forall k \text{ si } k \text{ est un enfant},$$

$$x_{i,j,k} \leq \sum_{k1}^{\text{passengers}} (x_{i,j-1,k1} + x_{i,j+1,k1}) \cdot \mathbb{1}_{\{k1 \text{ est un adulte}\}} \quad (34)$$

$$\forall i \forall k \text{ si } k \text{ est un enfant},$$

$$x_{i,1,k} \leq \sum_{k1}^{\text{passengers}} x_{i,2,k1} \cdot \mathbb{1}_{\{k1 \text{ est un adulte}\}} \quad (35)$$

$$\forall i, \forall k \text{ si } k \text{ est un enfant},$$

$$x_{i,7,k} \leq \sum_{k1}^{\text{passengers}} x_{i,6,k1} \cdot \mathbb{1}_{\{k1 \text{ est un adulte}\}} \quad (36)$$

- Sinon, on met la note enfant en objectif, et on définit les variables $z_{i,j,k}$ introduite précédemment, ainsi que la note enfant décrite dans le paragraphe précédent.

Pour la classe business, si le nombre d'enfants est inférieur ou égal à 0.75 fois le nombre d'adultes, on a traité le problème des enfants en utilisant les contraintes suivantes :

$$\forall i \forall k \text{ si } k \text{ est un enfant}$$

$$x_{i,1,k} \leq \sum_{k1}^{\text{passengers}} x_{i,3,k1} \cdot \mathbb{1}_{\{k1 \text{ est un adulte}\}} \quad (37)$$

$$x_{i,3,k} \leq \sum_{k1}^{passengers} x_{i,1,k1} \cdot \mathbb{1}_{\{k1 \text{ est un adulte}\}} \quad (38)$$

$$x_{i,5,k} \leq \sum_{k1}^{passengers} x_{i,7,k1} \cdot \mathbb{1}_{\{k1 \text{ est un adulte}\}} \quad (39)$$

$$x_{i,7,k} \leq \sum_{k1}^{passengers} x_{i,5,k1} \cdot \mathbb{1}_{\{k1 \text{ est un adulte}\}} \quad (40)$$

Sinon, on considère qu'il y a beaucoup d'enfants et qu'ils seront pris en charge par l'équipage de l'avion, sans la nécessité d'être absolument à côté d'un adulte.

6.3 Note finale de notre modèle

La note qu'on va essayer de minimiser est donc :

$$Minimize(100 \times Note_{dist} + Note_{transit} - 20 \times Note_{enfant}) \quad (41)$$

7 Jalon 3 (Modèle Dynamique).

7.1 Introduction

En réalité, les groupes de passagers peuvent arriver et s'enregistrer un par un. Cela signifie qu'à l'arrivée d'un groupe, nous devons décider des sièges à lui attribuer, sans savoir quel sera le groupe suivant. En fait, après avoir attribué des sièges à un certain groupe en essayant de satisfaire ses préférences, nous pouvons nous rendre compte qu'il serait préférable d'attribuer des sièges à d'autres groupes. Ainsi, pour chaque groupe qui s'enregistre, on va lui proposer des sièges qui sont conformes avec l'ensemble des contraintes.

Pour ce faire, on va tout d'abord résoudre le problème statique. Pour un groupe donné, on va donner tous les voisinages possibles que pourrait occuper ce groupe. Ensuite, nous allons vérifier si une permutation entre l'emplacement initial de ce groupe et ce voisinage est envisageable ou non (admissible vis-à-vis des contraintes). Enfin, nous allons donner tous les voisinages possibles et laisser le groupe choisir.

7.2 Voisinage dans l'avion de longueur n

Cette fonction va permettre de donner tous les n sièges voisins qui peuvent être proposer pour un groupe de taille n.

On l'a divisé en 2 tâches majoritaires. La première consiste à donner tous les sous listes de taille n d'une liste donnée.. La deuxième tâche concerne l'élimination de tous les sous listes qui ne peuvent pas être considérées comme voisinage.

7.3 Vérification d'une solution

Afin qu'une solution donnée soit admissible vis-à-vis des contraintes et de la satisfaction, cette dernière doit vérifier les critères suivants :

1. Elle doit répondre à toutes les contraintes déjà annoncées dans le modèle statique, y compris la contrainte de barycentre.
2. Sa note de satisfaction doit être moins que celle de la solution d'avant ou ne doit pas dépasser 120% de la note de la solution d'avant.
3. Sa note de placement d'enfants doit être moins que celle de la solution d'avant ou ne doit pas dépasser 120% de la note de la solution d'avant.
4. Sa note de transit doit être moins que celle de la solution d'avant ou ne doit pas dépasser 120% de la note de la solution d'avant.

7.4 Permutation et création d'un nouvel avion

En cas de vérification de plusieurs emplacements possibles, on donne cinq choix au groupe qui s'enregistre. Il doit choisir les sièges qu'il veut. Ensuite, nous allons créer une nouvelle solution à partir de la statique, en permutant les gens des sièges choisis avec le groupe qui est en train de s'enregistrer.

7.5 Utilisation d'une liste Tabou

La création d'une liste tabou vient dans le contexte d'une suite de groupes qui s'enregistre. Elle permet de ne pas choisir des sièges déjà choisis.

7.6 Création d'une WebApp

On a décidé de créer une WebApp, qui permet de communiquer avec les groupes lors de leurs enregistrements, cette WebApp demande au début le numéro du groupe qui s'enregistre, elle renvoie les sièges possibles que pourraient occuper le groupe. Elle lui interdit également de choisir des places non admissibles vis-à-vis des contraintes de notre modèle. Voici le design de notre WebApp :

Remarque Pour faire marcher la WebApp, suivez les instructions mentionnées dans le fichier README.md.

CS Airlines

Enter your group number:

FIGURE 3 – Page d’accueil de la WebApp

Flight Seat Selection

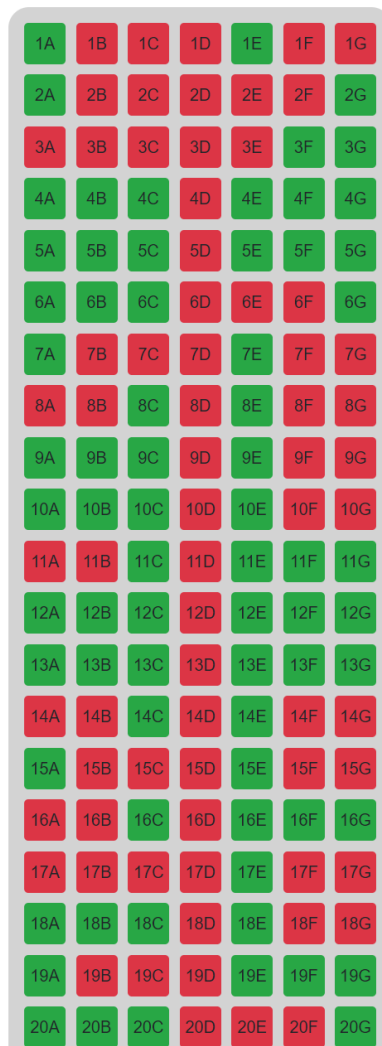


FIGURE 4 – Exemple de proposition de nouveaux siège pour le groupe 1 de l’instance 21Oct

27A	27B	27C	27D	27E	27F	27G
28A	28B	28C	28D	28E	28F	28G
29A	29B	29C	29D	29E	29F	29G

Submit Selected Seats

FIGURE 5 – Exemple de proposition de nouveaux siège pour le groupe 1 de l'instance 21Oct

8 Conclusion

En conclusion, l'optimisation du placement des passagers dans un avion de ligne est un problème complexe qui nécessite de prendre en compte plusieurs contraintes, telles que la sécurité, la satisfaction client et la minimisation des retards. En développant des modèles statiques et dynamiques, nous avons montré qu'il est possible de résoudre ce problème en garantissant une disposition optimale des passagers tout en respectant les normes de sécurité obligatoires. Cette approche permettrait d'améliorer l'expérience des passagers tout en garantissant une sécurité optimale à bord des avions de ligne. Toutefois, des recherches supplémentaires sont nécessaires pour affiner cette méthode et l'adapter aux différentes situations rencontrées dans la réalité. .

A Résultats du modèle statiques pour différentes instances avec $\text{TimeLimit} = 15\text{mins}$

A.1 21Oct

Cette instance n'étant pas très compliquée, on obtient un résultat optimal en terme de satisfaction client et placement non isolé des enfants, ainsi qu'en terme de temps de transit. (voir figure 6)

A.2 22Oct

Comme l'instance précédente, cette instance n'est pas compliquée, ce qui permet d'avoir des résultats optimaux. (voir figure 7)

A.3 23Oct

La satisfaction client pour cette instance est de 87,65%. La raison principale d'une satisfaction qui est assez inférieure par rapport aux 2 instances précédentes est la structure du groupe 25, qui est composé de 2 adultes et 17 enfants. En effet, la contrainte du placement non isolé des enfants conduit à avoir au minimum 13 enfants qui sont assis à côté d'adultes dans d'autres groupes (ce qui est effectivement le cas pour notre affectation, seuls les enfants 36, 47, 48 et 52 sont assis à côté d'adultes du même groupe). (voir figure 8)

A.4 24Oct

Dans cette instance, il existe plusieurs groupes avec plus de 3 passagers (voire plus de 6 passagers), ce qui rend l'optimisation plus délicate et donc on n'arrive pas à atteindre la satisfaction client à 100%, celle-ci est égale à 94,69%. (voir figure 9)

A.5 26Oct

On remarque l'apparition des passagers Business. Ceci diminue la satisfaction client, vu que la distance optimale d'un groupe Business est différente de celle qu'on a calculé. Par exemple, la distance optimale entre 2 personnes est 1, alors qu'en cabine Business elle est égale à 2 (vu l'élimination des colonnes 2 et 6). De plus, notre algorithme ne reconnaît pas la différence entre la distance entre les colonnes A et C, et les colonnes C et D, alors que la distance A-C est supposé être inférieure. (voir figure 10)

A.6 30Oct

On remarque dans cette instance l'apparition des passagers à mobilité réduite (WCHR et WCHB). L'affectation respecte les contraintes liées au placement de ces passagers, mais cela peut entraîner à une diminution de la note de satisfaction client. En effet, il arrive que celle-ci diminue même si le placement d'un groupe est optimal. Par exemple, les passagers 15 (homme) et 16 (WCHB) sont dans le même groupe et sont placés de la meilleure façon vu la contrainte de la civière, cependant notre algorithme considère que ce n'est pas un

placement optimal (vu qu'il considère qu'un placement optimal de 2 passagers est qu'ils soient côte à côte indépendamment de leurs types). (voir figure 11)

A.7 2Nov

Il s'agit d'une instance particulière, vue qu'il y a beaucoup plus d'enfants que d'adultes (109 enfants et 28 adultes). On considère donc le placement non isolé des enfants comme objectif (la contrainte ne peut pas être respecté à 100% dans ce cas). On remarque donc qu'il existe 75 enfants non assis à côté d'un adulte (le nombre minimum est $53 = 109 - 2 \times 28$). On peut réduire ce nombre en augmentant le coefficient de $Note_{enfant}$ dans la fonction objectif, mais cela peut réduire encore plus la satisfaction client (on a essayé pour la note suivante : $100Note_{dist} + Note_{transit} - 50Note_{enfant}$, on a obtenu 63 enfants isolés mais 75% de satisfaction client. (voir figure 12)

A.8 5Nov

Il s'agit d'une instance qui permet de vérifier la satisfaction de plusieurs contraintes de notre modèle, notamment l'introduction d'une cabine Business, le placement spécial des enfants et des passagers à mobilité réduite (WCHR et WCHB). L'avion n'est pas rempli vu qu'il n'y a pas beaucoup de passagers. On obtient une satisfaction client de 90.91%. (voir figure 13)

A.9 7Nov

Il s'agit d'une instance assez compliquée mais très réaliste, dans la mesure où il y a beaucoup de passagers, dont une bonne partie sont des passagers Business ou des passagers à mobilité réduite. Le modèle d'avion A320 (avec 29 rangées) n'est pas suffisant pour cette instance, on considère donc le modèle A321 (avec 35 rangées) ce qui permet de réaliser une affectation.

Il est à noter que la contrainte du barycentre doit changer vu que la taille de l'avion change (dans notre code, cette contrainte dépend de la taille de l'avion, le changement se fait donc de manière automatique).

La satisfaction client pour notre affectation est à 81.63%. Ce modèle permet de vérifier que la contrainte du placement non isolé des enfants fonctionne également dans le cas Business. En effet, le groupe 57 est composé de 2 adultes et 2 enfants, on remarque qu'ils sont tous dans la même rangée, et que dans chaque côté il y a un enfant accompagné d'un adulte. (voir figure 14)

A.10 7Nov avec TimeLimit = 30mins

On remarque que si on augmente le TimeLimit dans notre code, l'optimisation se fait de manière plus efficace même si elle prend plus de temps. Pour l'instance 7Nov par exemple, la satisfaction client a augmenté de 81.63% à 85.11% (la note ne s'améliore pas pour un TimeLimit = 1h). (voir figure 15)

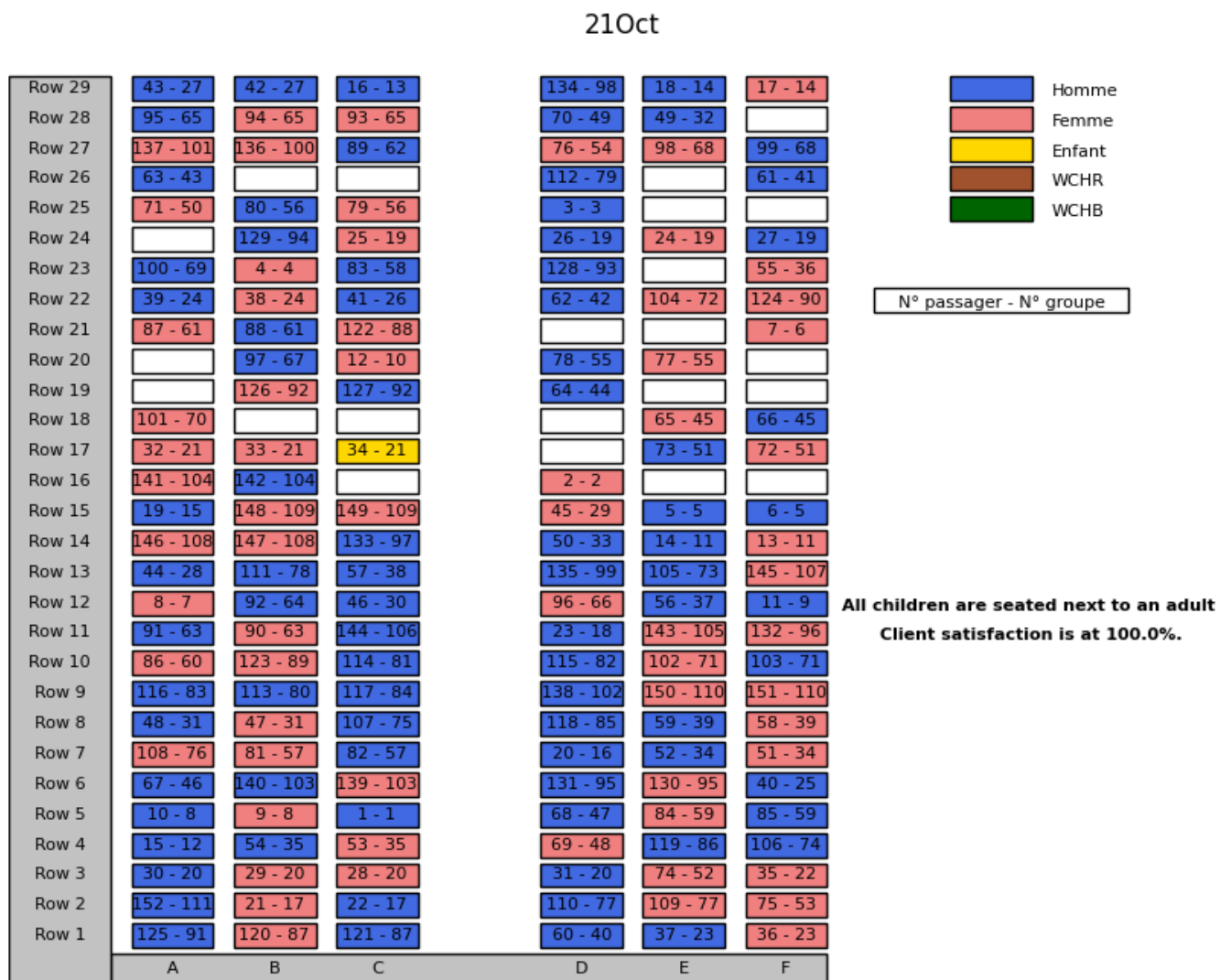


FIGURE 6 – Affectation des passagers pour l'instance du 21Oct

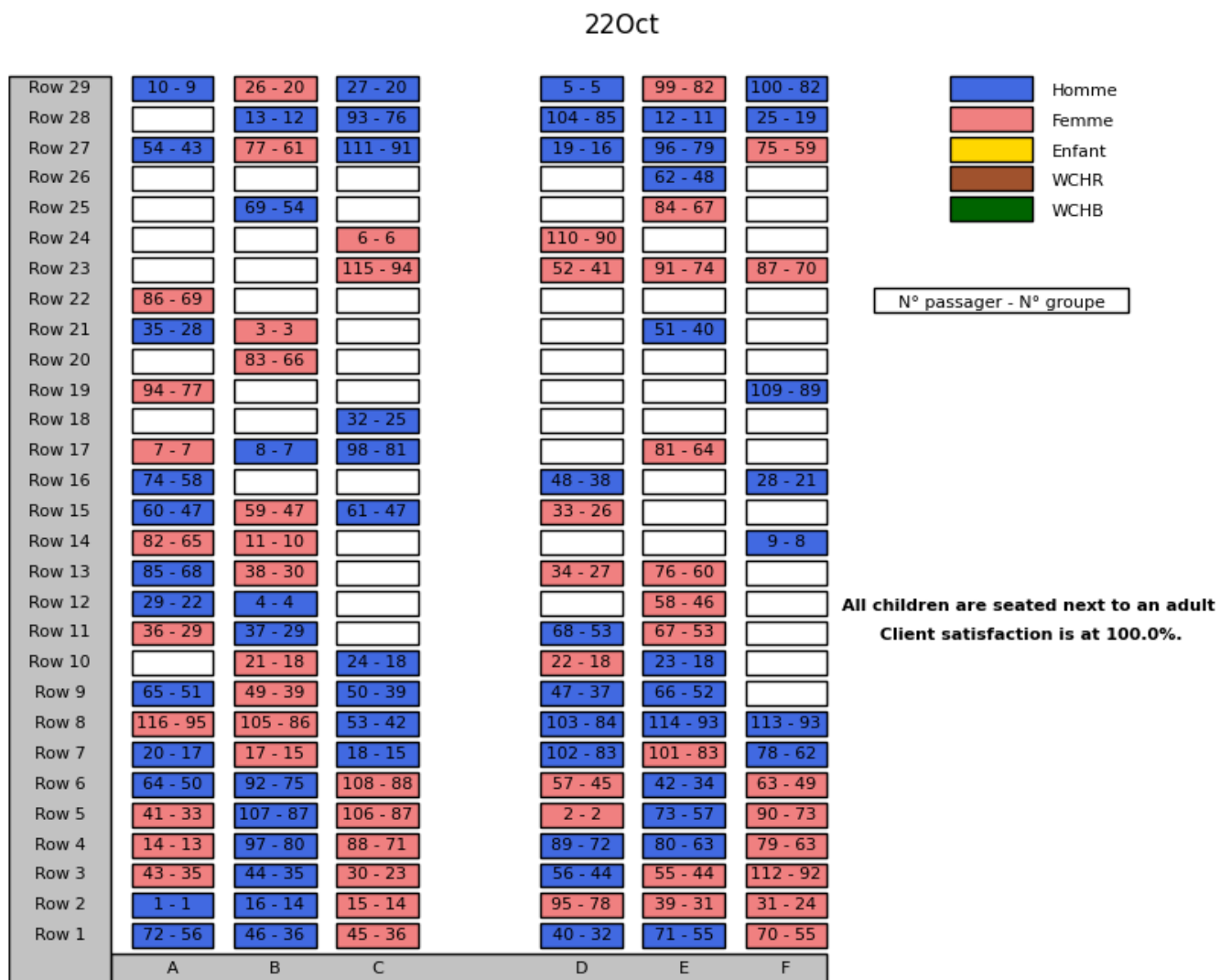


FIGURE 7 – Affectation des passagers pour l'instance du 22Oct

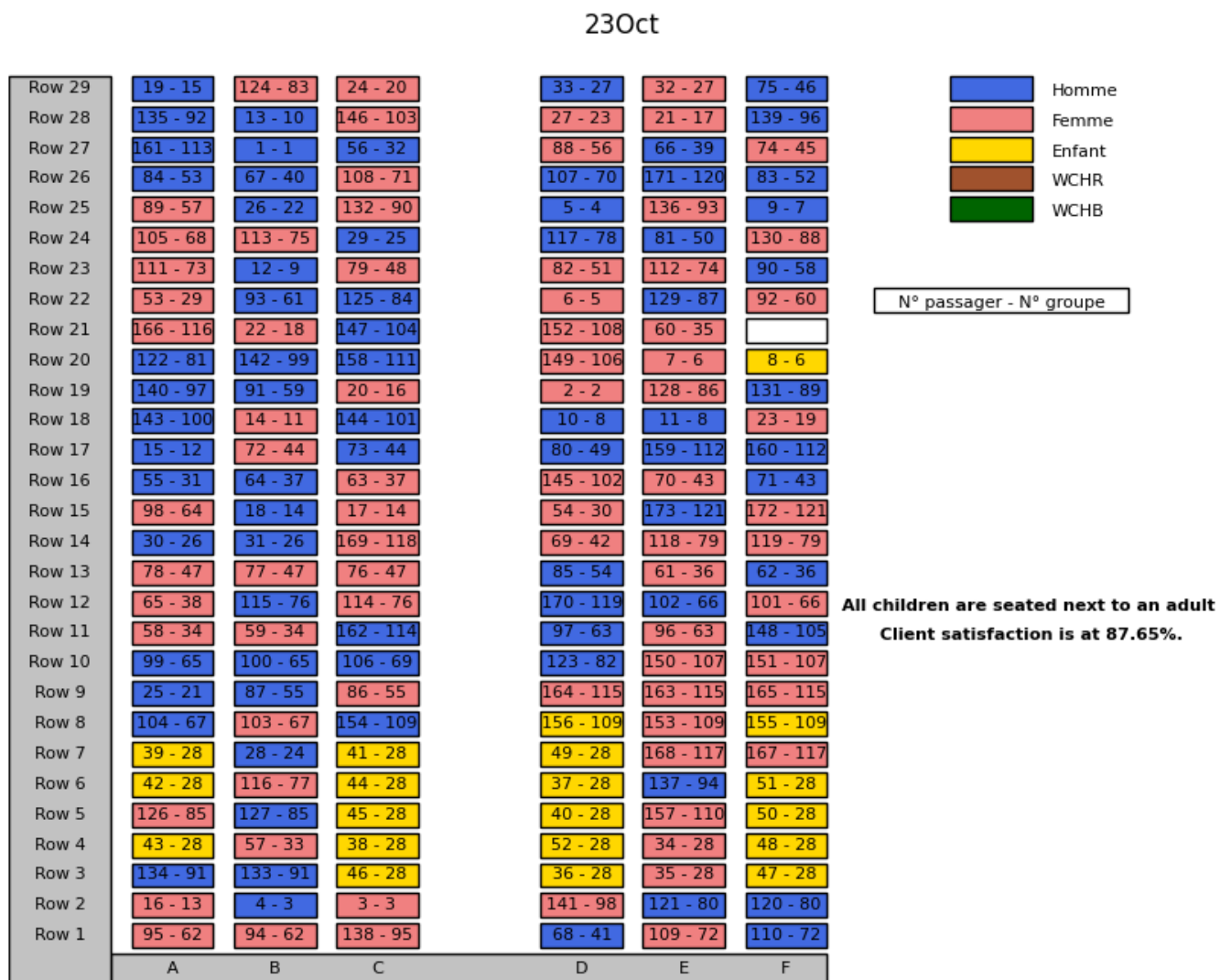


FIGURE 8 – Affectation des passagers pour l'instance du 23Oct

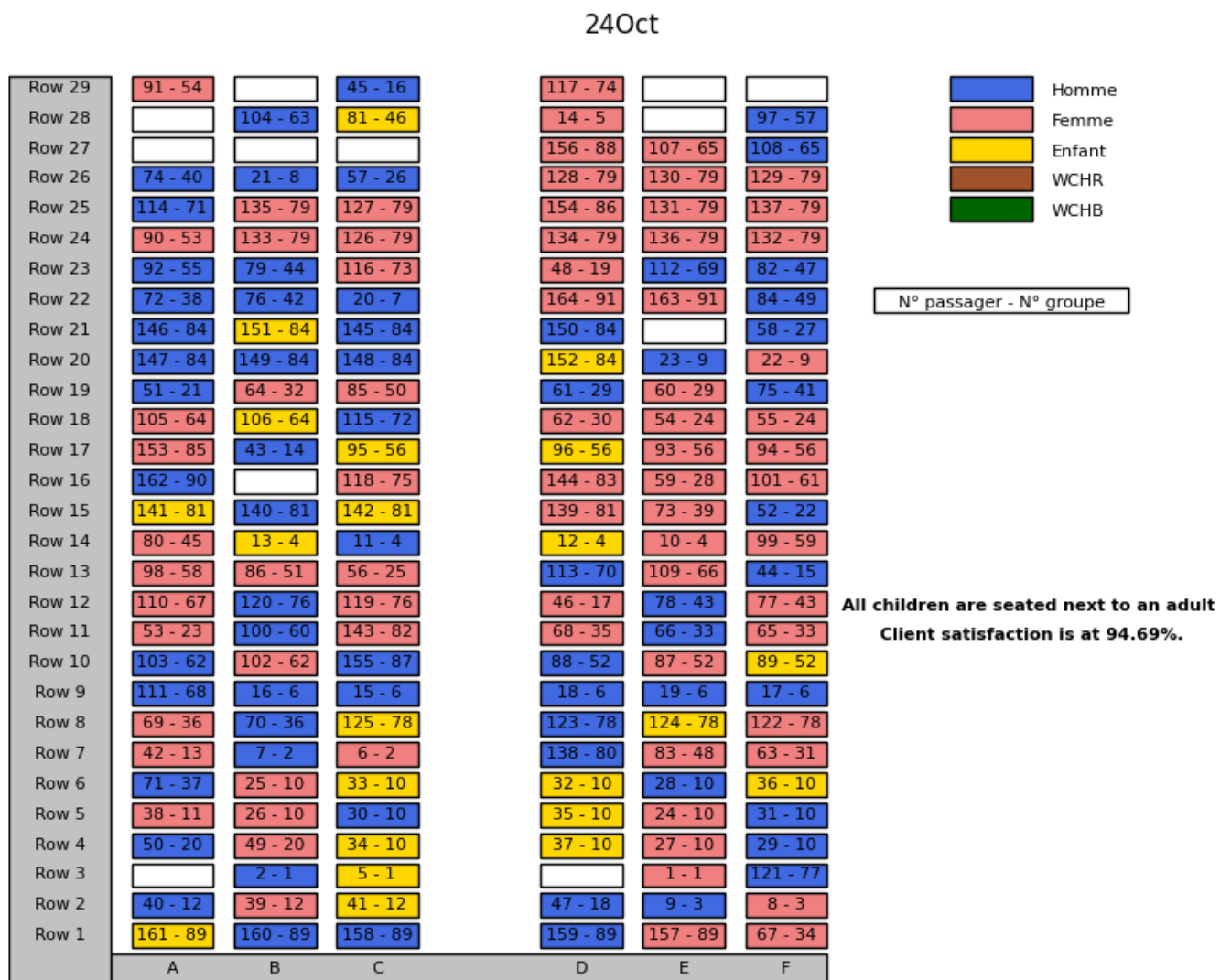


FIGURE 9 – Affectation des passagers pour l'instance du 24Oct

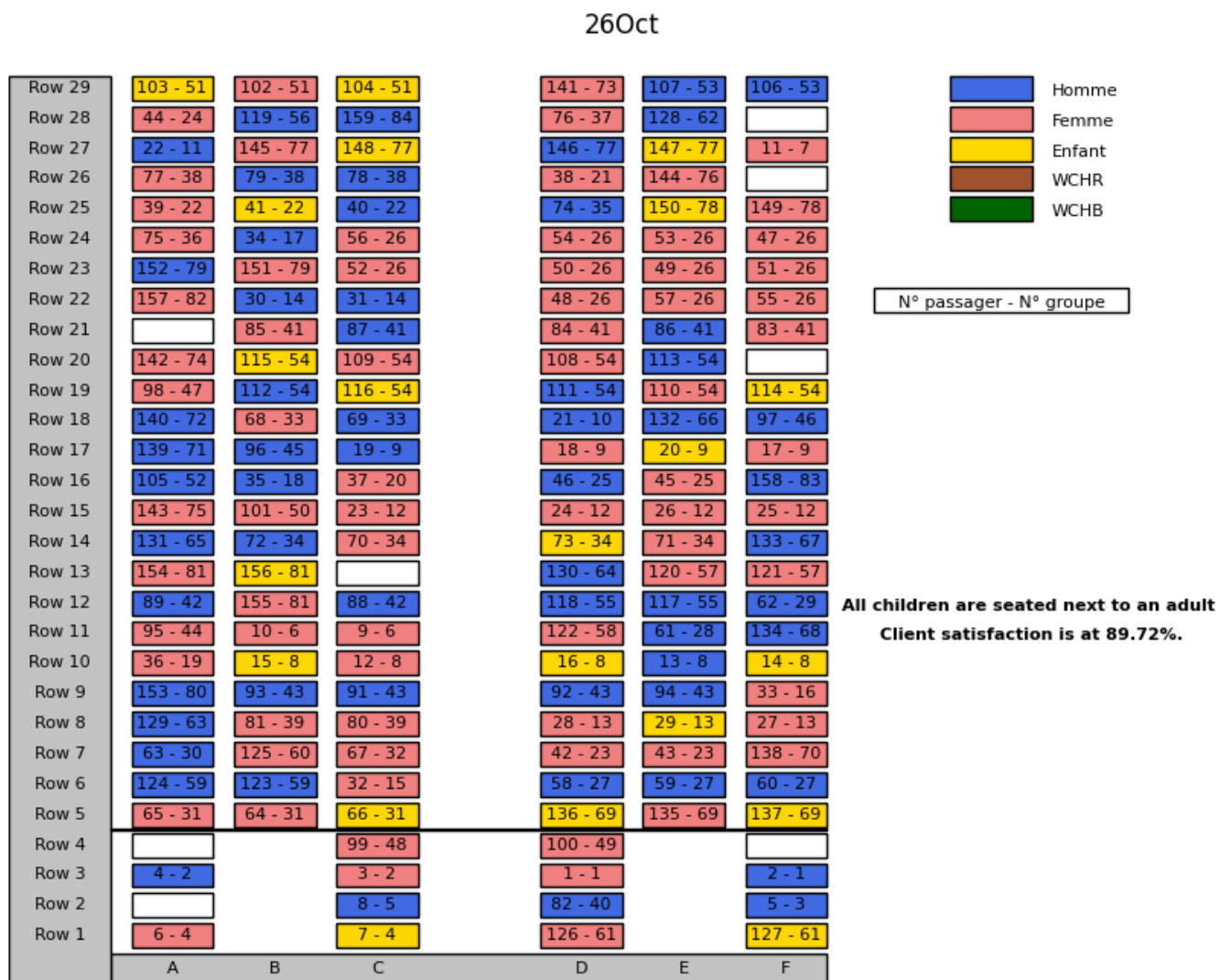


FIGURE 10 – Affectation des passagers pour l'instance du 26Oct

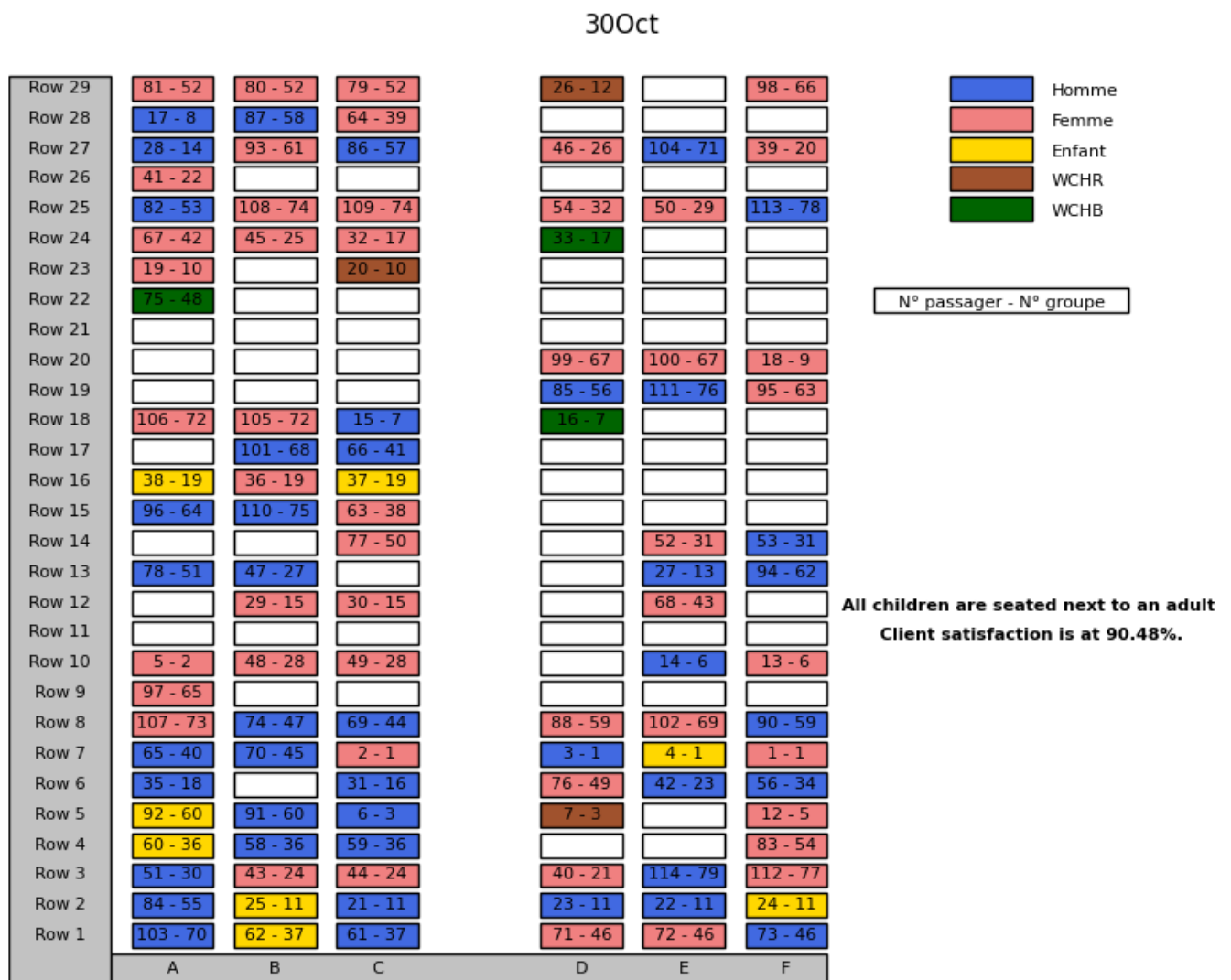


FIGURE 11 – Affectation des passagers pour l'instance du 30Oct

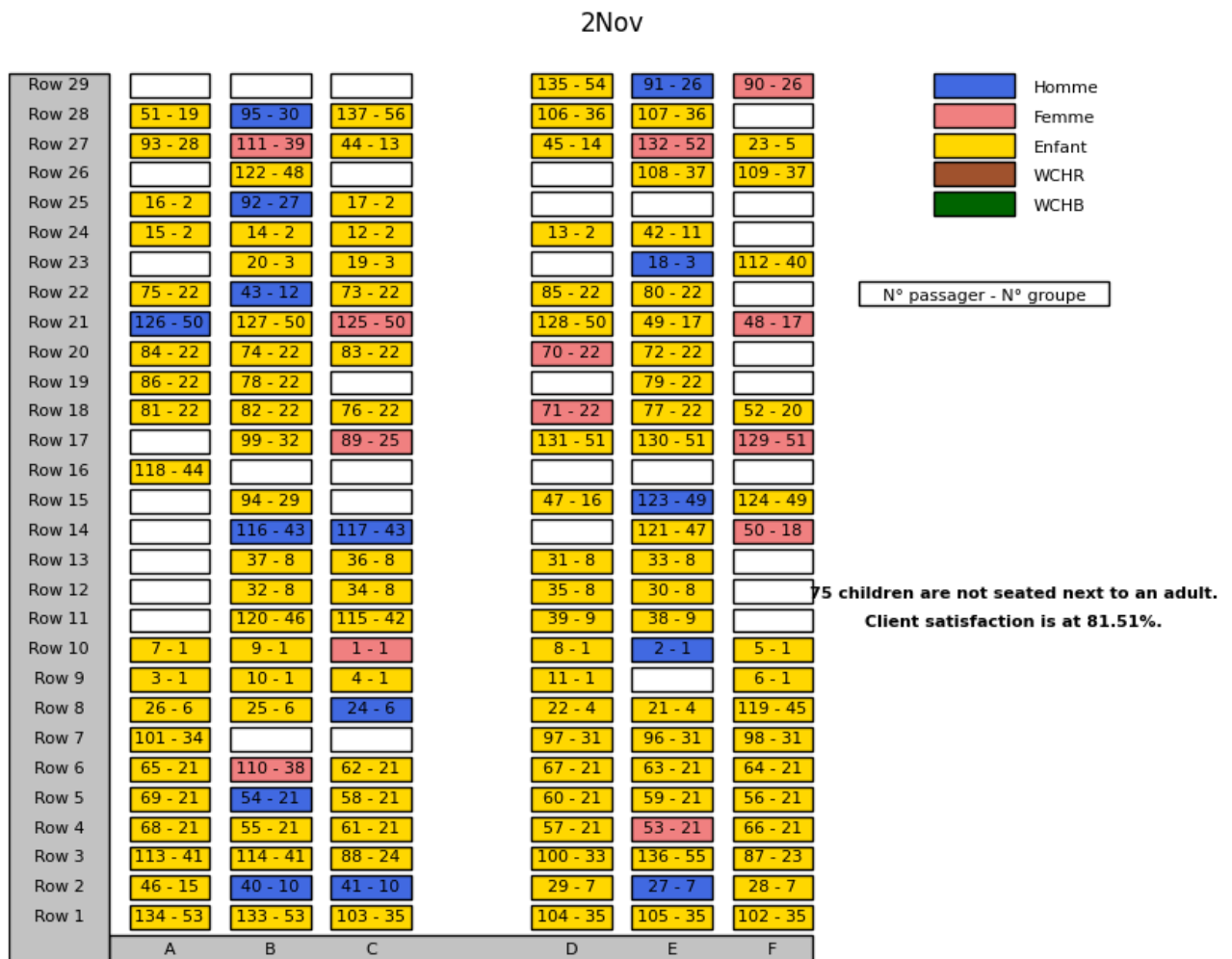


FIGURE 12 – Affectation des passagers pour l'instance du 2Nov

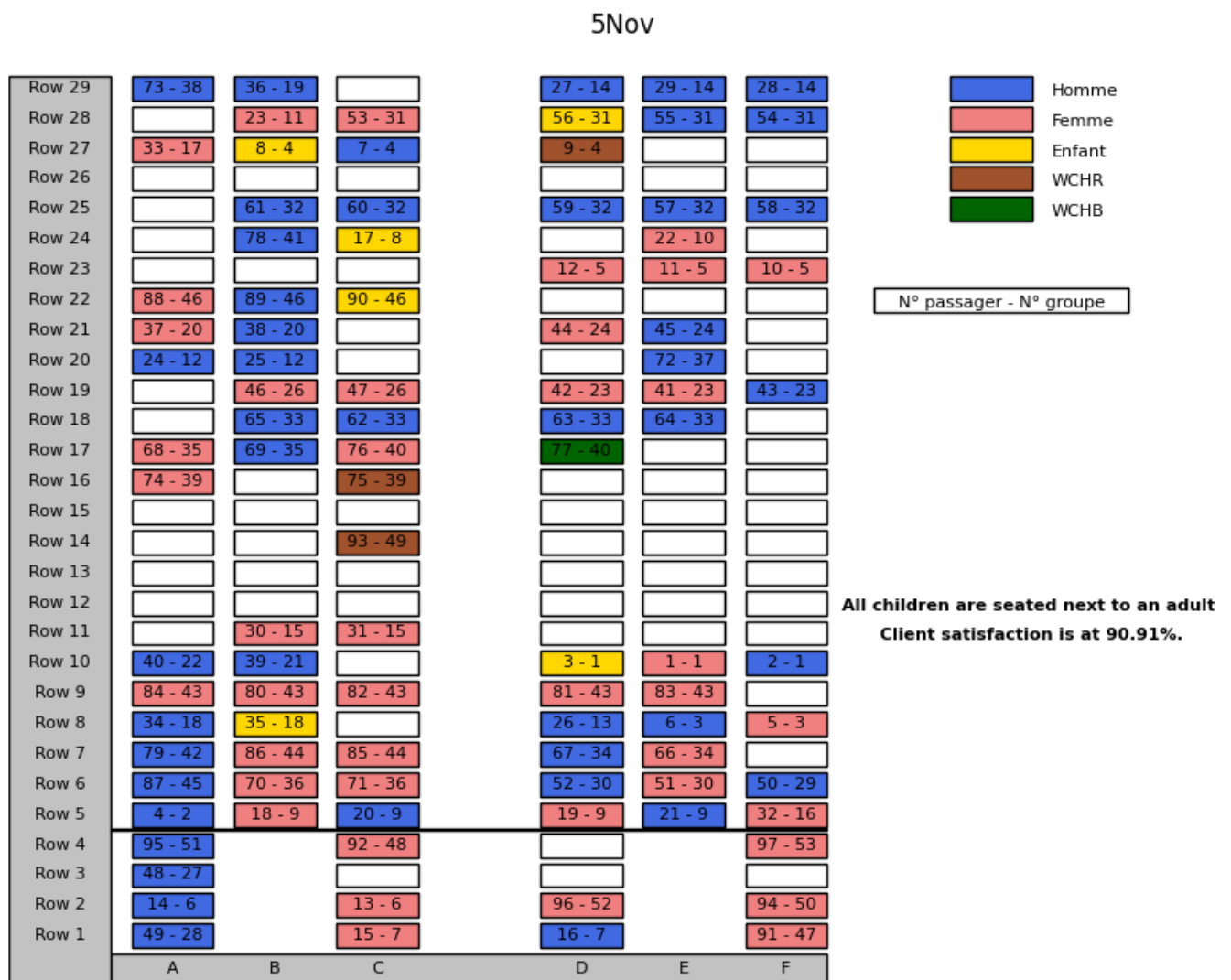


FIGURE 13 – Affectation des passagers pour l'instance du 5Nov

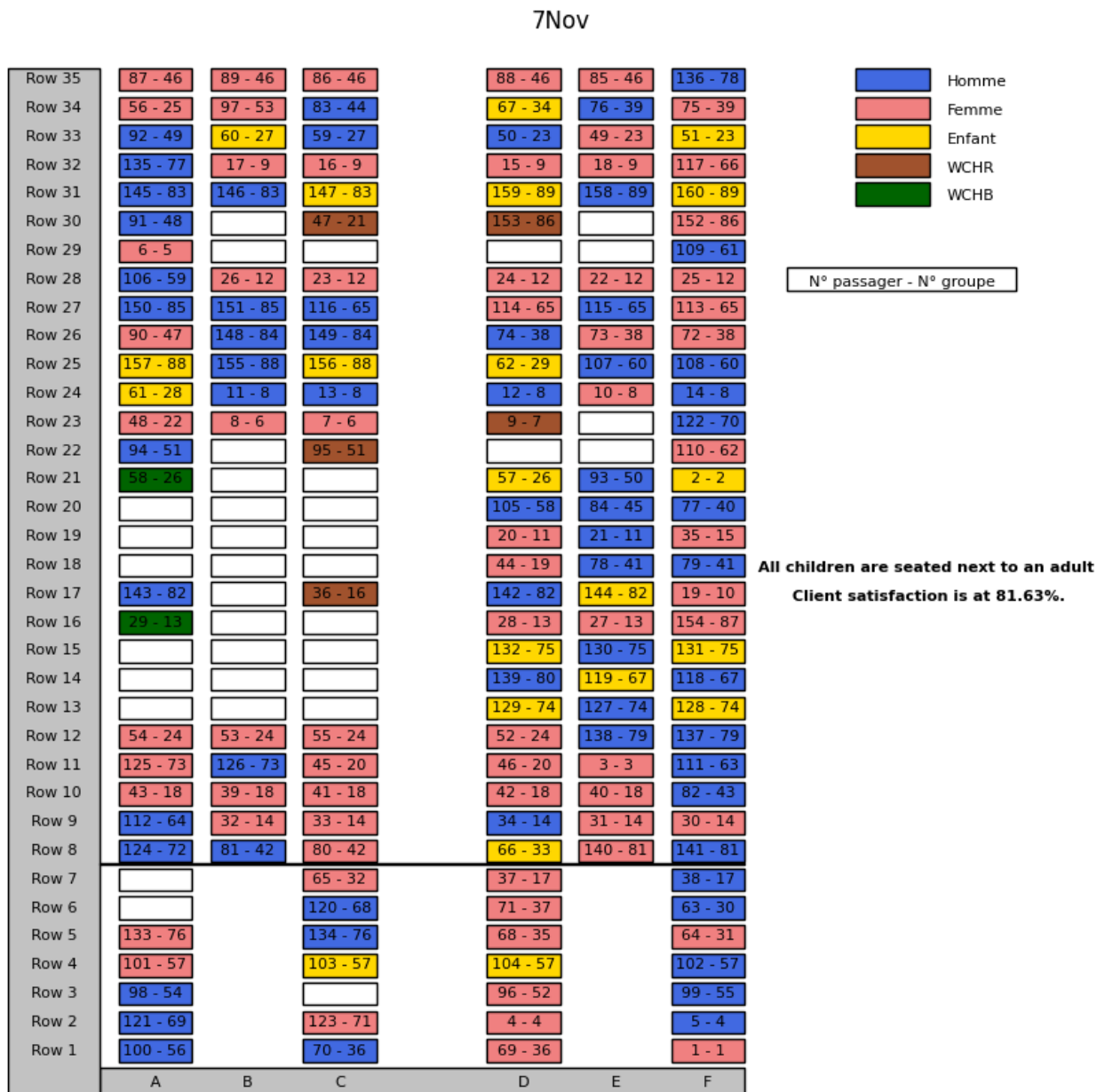


FIGURE 14 – Affectation des passagers pour l'instance du 7Nov

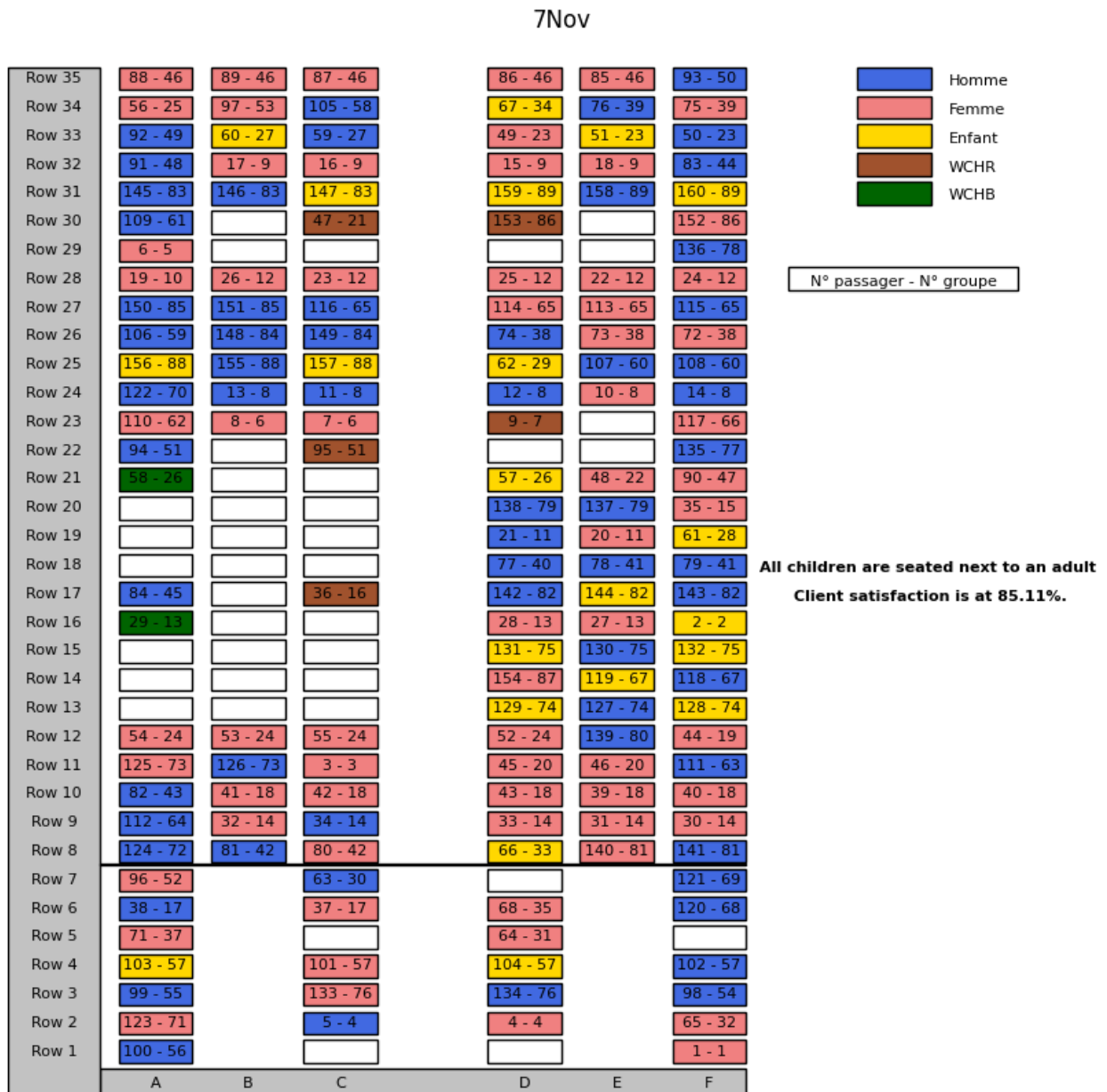


FIGURE 15 – Affectation des passagers pour l'instance du 7Nov avec TimeLimit = 30 mins