

ROYAUME DU MAROC

OFFICE MAROCAIN DE LA PROPRIETE (19)
INDUSTRIELLE ET COMMERCIALE



المملكة المغربية

المكتب المغربي
للملكية الصناعية والتجارية

(12) BREVET D'INVENTION

(11) N° de publication : **MA 40295 A1** (51) Cl. internationale : **G06Q 10/00**

(43) Date de publication :
31.12.2018

(21) N° Dépôt :
40295

(22) Date de Dépôt :
05.05.2017

(71) Demandeur(s) :
Université Internationale de RABAT, Parc Technopolis Rabat-Shore, Campus universitaire UIR, Rocade Rabat-Salé, Sala El Jadida, 11100 (MA)

(72) Inventeur(s) :
Aboulmajd Badr ; Bouya Mohsine

(74) Mandataire :
Bouya Mohsine

(54) Titre : **Optimisation de l'affectation des points de stationnement des avions dans un aéroport**

(57) Abrégé : Un procédé d'optimisation automatique des emplacements de stationnement des avions dans un aéroport. Nous résolvons le problème d'affectation des points de stationnement par le biais de la programmation par contrainte, en le modélisant sous forme d'un C.S.P. Nous offrons ainsi une gestion des postes de stationnement des avions, qui consiste à assigner à chaque avion à l'arrivée un poste ou une zone de stationnement compatible avec ses caractéristiques opérationnelles

Abrégé

Un procédé d'optimisation automatique des emplacements de stationnement des avions dans un aéroport. Nous résolvons le problème d'affectation des points de stationnement par le biais de la programmation par contrainte, en le modélisant sous forme d'un C.S.P. Nous offrons ainsi une gestion des postes de stationnement des avions, qui consiste à assigner à chaque avion à l'arrivée un poste ou une zone de stationnement compatible avec ses caractéristiques opérationnelles

Optimisation de l'affectation des points de stationnement des avions dans un aéroport

Description

L'invention est un procédé mis en œuvre par ordinateur d'optimisation des affectations des points de stationnement des avions. Il s'agit en particulier d'un procédé utilisant la programmation par contraintes.

Au cours des dernières décennies, la demande de trafic au niveau des aéroports a augmenté régulièrement à tel point que le trafic au sol est devenu critique pour la sécurité et l'efficacité des opérations aéroportuaires.

Le trafic aérien est depuis longtemps un secteur globalement en forte croissance, malgré la crise économique. L'OACI (Organisation de l'Aviation Civile Internationale) prévoit un taux moyen de croissance annuel de 4,6% d'ici 2025. Les structures actuelles d'opération et de contrôle du trafic aérien ne sont pas en mesure de faire face à cette croissance. Les limites de capacité, aussi bien pour les flux de trafic aérien que pour les activités aéroportuaires, sont déjà presque atteintes.

Ces constatations ont amené les organismes de gestion des aéroports à imaginer et explorer, avec plus ou moins de succès, plusieurs voies de recherche pour sortir de cette impasse. Ces tentatives mettent en évidence les limites d'un système dont le fonctionnement reste encore entièrement basé sur l'expertise et l'expérience humaine. Un tel système nécessite la définition et l'application de procédures opérationnelles rigides, qui aboutissent souvent à une exploitation sous optimale des ressources disponibles.

Le problème de la gestion des postes de stationnement des avions est un problème d'affectation dynamique, voire d'ordonnancement, qui consiste à assigner à chaque avion à l'arrivée un poste ou une zone de stationnement compatible avec ses caractéristiques opérationnelles. L'affectation des points de stationnement apparaît donc comme un problème extrêmement complexe où la difficile équation efficacité x optimalité doit être résolue aussi bien sur le long, le moyen et le court terme. Cette problématique met en jeu des multiples acteurs venant contraindre de façon complexe l'espace décisionnel des gestionnaires du trafic sol, ce qui semble se traduire par des structures complexes de gestion et de contrôle.

Le problème abordé consiste à optimiser l'affectation des points de stationnement des avions au sein de l'aéroport, en utilisant la programmation par contrainte. Un modèle mathématique d'ordonnement cumulatif et une implémentation sont mis en place. Le procédé développé consiste à optimiser les ressources aéroportuaires au niveau de l'affectation des points de stationnement, qui est l'un des problèmes les plus délicats au niveau du trafic des avions au sol.

Nous résolvons le problème d'affectation des points de stationnement par le biais de la programmation par contrainte, en le modélisant sous forme d'un C.S.P.

Le procédé commencer par l'alimentation des données en entrée suivantes :

- i : indice d'un avion
- j : indice d'un parking
- N : Nombre total d'avions
- M : Nombre total des parkings disponibles
- A_i Heure d'arrivée de l'avion i
- D_i : Heure du départ de l'avion i
- T_i : Type d'avion i
- C : Constante de sécurité, le temps nécessaire pour qu'un avion sorte du parking
- PAC_i : l'ensemble des parkings accostés disponibles pour l'avion i
- PAL_i : l'ensemble des parkings au large disponible pour l'avion i

Nous affectons ensuite les variables qui suivent :

- X_{ij} : Nous associons à chaque Avion une variable X , qui a comme indice i et j , représentant respectivement le numéro de l'avion et l'indice du parking.
- Y_j : Nous incorporons à chaque parking la variable Y , qui nous indiquera si le parking j est occupé ou non.

Nous définissons ensuite les domaines suivants :

$$D_{X_{ij}} = \{ 1 \text{ si l'avion } i \text{ est affecté au parking } j \text{ pendant une durée de } A_i \text{ jusqu'à } D_i \}$$
$$\{ 0 \text{ sinon } \}$$

$Dy_j = \{1 \text{ si le parking } j \text{ est occupé } \}$

$\{ 0 \text{ sinon} \}$

Nous définissons ensuite les contraintes suivantes :

- On ne peut pas affecter un avion dans deux parkings différents.
- On ne peut pas affecter deux avions ayant la même plage horaire dans un seul parking.
- Restriction sur les parkings disponibles pour chaque type d'avion : courts courriers, moyens courriers et longs courriers
- Si un avion a une durée d'escale supérieure à 120 minutes alors il ne peut pas être affecté dans les parkings accostés.
- Prendre en considération les parkings condamnés et les avions en night stop.

Nous appliquons enfin la programmation par contraintes avec les fonctions objectives suivantes :

- Nous voudrions maximiser le nombre d'avions accostés, car plus le nombre augmente, plus les gains de l'aéroport augmentent.

$$\text{Max} \sum_{i=1}^{15} \sum_{j=1}^N X_{ij}$$

- La minimisation des parkings utilisés, pour minimiser les ressources aéroportuaires utilisées.

$$\text{Min} \sum_{j=1}^M Y_j$$

- Nous avons aussi comme troisième objectif, d'affecter tous les avions disponibles.

$$\text{Max} \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^N X_{ij}$$

$Dy_j = \{1 \text{ si le parking } j \text{ est occupé } \}$
 $\{ 0 \text{ sinon} \}$

Et des contraintes suivantes :

- On ne peut pas affecter un avion dans deux parkings différents.
- On ne peut pas affecter deux avions ayant la même plage horaire dans un seul parking.
- Restriction sur les parkings disponibles pour chaque type d'avion : courts courriers, moyens courriers et longs courriers
- Si un avion a une durée d'escale supérieure à 120 minutes alors il ne peut pas être affecté dans les parkings accostés.
- Prendre en considération les parkings condamnés et les avions en night stop.

Et enfin par l'application de la programmation par contraintes avec les fonctions objectives suivantes :

- Maximisation du nombre d'avions accostés
- La minimisation des parkings utilisés
- L'affectation de tous les avions disponibles.

$$\text{Min} \sum_{j=1}^M Y_j$$

$$\text{Max} \sum_{j=1}^{15} \sum_{i=1}^N X_{ij}$$

$$\text{Max} \sum_{j=1}^M \sum_{i=1}^N X_{ij}$$

Revendications

1. Un procédé d'optimisation des affectations des stations de parking des avions dans un aéroport caractérisé par la maximisation du nombre d'avions accostés, la minimisation des parkings utilisés et l'affectation de tous les avions disponibles par le biais de la programmation par contrainte, en le modélisant sous forme d'un C.S.P.

2. Un procédé d'optimisation des affectations des stations de parking des avions dans un aéroport selon la revendication 1 caractérisé par l'alimentation des données en entrée suivantes :

- i: indice d'un avion
- j: indice d'un parking
- N: Nombre total d'avions
- M: Nombre total des parkings disponibles
- A_i Heure d'arrivée de l'avion i
- D_i : Heure du départ de l'avion i
- T_i : Type d'avion i
- C : Constante de sécurité, le temps nécessaire pour qu'un avion sorte du parking
- PAC_i : l'ensemble des parkings accostés disponibles pour l'avion i
- PAL_i : l'ensemble des parkings au large disponible pour l'avion i

Suivi par l'affectation des variables qui suivent :

- X_{ij} : Nous associons à chaque Avion une variable X, qui a comme indice i et j, représentant respectivement le numéro de l'avion et l'indice du parking.
- Y_j : Nous incorporons à chaque parking la variable Y, qui nous indiquera si le parking j est occupé ou non.

Suivi par la définition des domaines suivants :

$D_{X_{ij}} = \{ 1 \text{ si l'avion } i \text{ est affecté au parking } j \text{ pendant une durée de } A_i \text{ jusqu'à } D_i \}$

$\{ 0 \text{ sinon } \}$



**RAPPORT DE RECHERCHE
AVEC OPINION SUR LA BREVETABILITE**
(Conformément aux articles 43 et 43.2 de la loi 17-97 relative à la
protection de la propriété industrielle telle que modifiée et
complétée par la loi 23-13)

Renseignements relatifs à la demande	
N° de la demande : 40295	Date de dépôt : 05/05/2017
Déposant : Université Internationale de RABAT	
Intitulé de l'invention : Optimisation de l'affectation des points de stationnement des avions dans un aéroport	
Le présent document est le rapport de recherche avec opinion sur la brevetabilité établi par l'OMPIC conformément aux articles 43 et 43.2, et notifié au déposant conformément à l'article 43.1 de la loi 17-97 relative à la protection de la propriété industrielle telle que modifiée et complétée par la loi 23-13.	
Les documents brevets cités dans le rapport de recherche sont téléchargeables à partir du site http://worldwide.espacenet.com , et les documents non brevets sont joints au présent document, s'il y en a lieu.	
Le présent rapport contient des indications relatives aux éléments suivants :	
Partie 1 : Considérations générales	
<input checked="" type="checkbox"/> Cadre 1 : Base du présent rapport <input type="checkbox"/> Cadre 2 : Priorité <input type="checkbox"/> Cadre 3 : Titre et/ou Abrégé tel qu'ils sont définitivement arrêtés	
Partie 2 : Rapport de recherche	
Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité	
<input checked="" type="checkbox"/> Cadre 4 : Remarques de clarté <input checked="" type="checkbox"/> Cadre 5 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle <input type="checkbox"/> Cadre 6 : Observations à propos de certaines revendications dont aucune recherche significative n'a pu être effectuée <input type="checkbox"/> Cadre 7 : Défaut d'unité d'invention	
Examineur: BAMI MOHAMMED	Date d'établissement du rapport : 21/12/2017
Téléphone: 212 5 22 58 64 14/00	

Partie 1 : Considérations générales

Cadre 1 : base du présent rapport

Les pièces suivantes de la demande servent de base à l'établissement du présent rapport :

- Description
2 Pages
- Revendications
1-2

Partie 2 : Rapport de recherche

Classement de l'objet de la demande :

CIB : G08G5/06, G08G5/00, G08G5/04

Bases de données électroniques consultées au cours de la recherche :

EPOQUE, Orbit

Catégorie*	Documents cités avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	N° des revendications visées
X	US20170032687 A1; Honeywell International Inc.; 2 févr. 2017	1-2

***Catégories spéciales de documents cités :**

-« X » document particulièrement pertinent ; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
 -« Y » document particulièrement pertinent ; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
 -« A » document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
 -« P » documents intercalaires ; Les documents dont la date de publication est située entre la date de dépôt de la demande examinée et la date de priorité revendiquée ou la priorité la plus ancienne s'il y en a plusieurs
 -« E » Éventuelles demandes de brevet interférentes. Tout document de brevet ayant une date de dépôt ou de priorité antérieure à la date de dépôt de la demande faisant l'objet de la recherche (et non à la date de priorité), mais publié postérieurement à cette date et dont le contenu constituerait un état de la technique pertinent pour la nouveauté

Partie 3 : Opinion sur la brevetabilité

Cadre 4 : Remarques de clarté

l'objet de la protection demandée dans la revendication 1 n'est pas défini. La revendication tente de définir l'objet par le résultat recherché. En tout état de cause, cette formulation n'est pas acceptable en l'espèce, puisqu'il semble possible de définir le procédé de la revendication 1 par des étapes concrètes exposant comment l'effet de l'optimisation des affections des stations de parking des avions peut être obtenu.

L'objet de la revendication 1 manque donc de clarté au sens de l'article 34 de la loi 17/97 telle que modifiée et complétée par la loi 23/13.

Cadre 5 : Déclaration motivée quant à la Nouveauté, l'Activité Inventive et l'Application Industrielle

Nouveauté (N)	Revendications 2 Revendications 1	Oui Non
Activité inventive (AI)	Revendications aucune Revendications 1-2	Oui Non
Possibilité d'application Industrielle (PAI)	Revendications 1-2 Revendications aucune	Oui Non

Il est fait référence aux documents suivants. Les numéros d'ordre qui leur sont attribués ci-après seront utilisés dans toute la suite de la procédure

D1 : US20170032687

1. Nouveauté (N) :

Le document D1 divulgue un procédé d'optimisation des affections des stations de parking des avions dans un aéroport (voir Abrégé, paragraphe 0019 ligne 3) caractérisé par la maximisation du nombre d'avions accostés, la minimisation des parkings utilisés (implicite du fait que D1 divulgue un algorithme d'optimisation voir paragraphe 0019) par le biais de la programmation par contrainte (voir paragraphe 0033 ligne 8).

L'objet de la revendication 1 manque donc de nouveauté au sens de l'article 26 de la loi 17/97 telle que modifiée et complétée par la loi 23/13.

Aucun document ne divulgue l'objet de la revendication 2 qui est donc nouveau au sens de l'article 26 de la loi 17/97 telle que modifiée et complétée par la loi 23/13.

2. Activité inventive (AI) :

Le document D1 est considéré comme l'état de la technique le plus proche de l'objet de la revendication 2 et divulgue un procédé d'optimisation des affections des stations de parking des avions dans un aéroport.

L'objet de la revendication 2 diffère de D1 par étapes liées au traitement de l'information et de la programmation qui ne confère aucun effet technique.

Aucun problème technique ne semble être résolu par la présente invention.

L'objet de la revendication 2 n'implique donc pas une activité inventive au sens de l'article 28 de la loi 17/97 telle que modifiée et complétée par la loi 23/13.

3. Possibilité d'application industrielle (PAI) :

L'objet de la présente invention est susceptible d'application industrielle au sens de l'article 29 de la loi 17-97 telle que modifiée et complétée par la loi 23-13, parce qu'il présente une utilité déterminée, probante et crédible