

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

11 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 947 653

21 N° d'enregistrement national : 09 54527

51 Int Cl⁸ : G 06 Q 10/00 (2006.01), G 06 F 17/50

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 02.07.09.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 07.01.11 Bulletin 11/01.

56 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71 Demandeur(s) : THALES Société anonyme — FR.

72 Inventeur(s) : MEYER CHRISTOPHE, FLACHER FABIEN et PAYS NICOLAS.

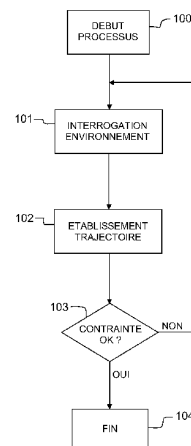
73 Titulaire(s) : THALES Société anonyme.

74 Mandataire(s) : MARKS & CLERK FRANCE.

54 PROCÉDE DE SIMULATION DE COMPORTEMENTS DANS UNE INFRASTRUCTURE RECONFIGURABLE ET SYSTEME METTANT EN ŒUVRE LE PROCÉDE.

57 L'invention a pour objet un procédé de simulation de comportements dans une infrastructure reconfigurable représentée en trois dimensions, ladite infrastructure étant composée d'objets interactifs. Les caractéristiques d'un objet interactif sont décrites dans un profil d'objet, le comportement d'utilisateurs pouvant se déplacer dans l'infrastructure étant simulé par des agents intelligents, les caractéristiques d'un agent intelligent étant décrites dans un profil d'agent comprenant au moins une information indiquant l'objectif principal dudit agent intelligent, un processus de calcul de trajectoire associé à un agent donné étant exécuté et comprend au moins trois étapes. Dans une première étape (101), les profils des objets interactifs de l'infrastructure sont analysés. Dans une deuxième étape (102), une trajectoire est calculée ou recalculée à l'aide d'un algorithme recherche-chemin. Dans une troisième étape (103), il est vérifié que la trajectoire calculée lors de la deuxième étape est valide; si c'est le cas, celle-ci est prise en compte pour les déplacements de l'agent intelligent; si la trajectoire n'est pas valide, au moins une contrainte contenue dans un profil d'objet interactif invalidant la trajectoire est identifié et le processus est de nouveau exécuté à partir de la première étape.

L'invention a aussi pour objet un système mettant en oeuvre le procédé.



FR 2 947 653 - A1



**PROCEDE DE SIMULATION DE COMPORTEMENTS DANS UNE
INFRASTRUCTURE RECONFIGURABLE ET SYSTEME METTANT EN
ŒUVRE LE PROCEDE**

5

L'invention concerne un procédé de simulation de comportements dans une infrastructure reconfigurable et un système mettant en œuvre le procédé. Elle s'applique notamment aux domaines de la conception, de l'agencement et du contrôle d'infrastructures et de l'intelligence artificielle.

10

Afin de choisir la manière dont est agencée une infrastructure à construire ou à adapter, plusieurs aspects sont habituellement pris en compte.

Ainsi, des aspects physiques propres à l'environnement dans lequel l'infrastructure est ou sera implantée sont considérés. Ceux-ci mènent à la définition de plans, des matériaux utilisés, des moyens de circulation au sein de la ou des infrastructures. Par exemple, des équipements spécifiques pour une infrastructure de transport accueillant du public tels qu'un système d'affichage, des systèmes de billettique ou des guichets peuvent être requis. Des moyens de supervision peuvent être également requis, ces moyens correspondant par exemple à du personnel ou des dispositifs de contrôle d'accès.

Des aspects liés aux procédures à mettre en place dans l'infrastructure sont également pris en compte. Ces aspects sont par exemples liés aux procédures de sécurité, aux procédures de sauvegarde du public et des personnels de l'infrastructure, ainsi qu'à l'analyse de la circulation du personnel et du public.

En effet la manière dont sont agencés les objets composant ladite infrastructure, comme par exemple les parois de séparation entre différentes zones ou le mobilier, ont un impact sur ces aspects.

Il existe de nombreuses méthodes permettant de représenter en trois dimensions une infrastructure existante ou à construire. Dans la description, une infrastructure désigne, par exemples, une gare, un aéroport ou un bâtiment quelconque. La plupart de ces méthodes de représentation tridimensionnelle permettent uniquement de représenter les lieux de façon

2

statique, par exemples les murs. La manière dont les utilisateurs de cette infrastructure circuleront dans ces lieux n'est pas simulée conjointement.

Il existe par ailleurs des méthodes de simulation permettant d'animer des représentations virtuelles d'infrastructures. Par exemple, de telles méthodes permettent d'évaluer les plans d'évacuation d'infrastructures en cas d'incendie. Dans ce cas, les modèles reposent principalement sur des approches de simulation à événements discrets ou se basent sur des lois comportementales simples. La représentation des lieux est habituellement statique. Elle a été réalisée préalablement aux simulations qui les exploitent et les moyens d'interaction entre les infrastructures et les utilisateurs desdites infrastructures qui les peupleront sont préexistants au démarrage des simulations, lesdits utilisateurs étant simulés à l'aide d'agents virtuels.

L'art antérieur ne permet pas de modifier en temps réel la configuration des lieux dans lesquels les simulations sont mises en œuvre. Il n'existe pas de moyen simple pour modifier dynamiquement les interactions possibles entre des agents virtuels et les représentations d'infrastructures.

A titre d'exemple, dans de telles approches de l'état de la technique, si l'objectif est d'évaluer l'effet résultant de l'ajout d'un nouveau contrôle d'accès sur les flux de passagers d'un aéroport, il est nécessaire d'arrêter les simulations en cours. Le nouveau contrôle d'accès est simulé dans le modèle tridimensionnel de l'aéroport et tous les impacts de cette introduction sont décrits au niveau des modèles de comportement des passagers. Les simulations peuvent ensuite être à nouveau exécutées. La représentation tridimensionnelle d'infrastructures n'est pas aisée et un utilisateur de système de modélisation tridimensionnelle doit avoir des compétences spécifiques pour être en mesure d'adapter la représentation de l'infrastructure. De plus, cette étape nécessite un temps de réalisation significatif.

Un but de l'invention est notamment de pallier les inconvénients précités.

A cet effet l'invention a pour objet un procédé de simulation de comportements dans une infrastructure reconfigurable représentée en trois dimensions, ladite infrastructure étant composée d'objets interactifs. Les caractéristiques d'un objet interactif sont décrites dans un profil d'objet. Le

3

comportement d'utilisateurs de l'infrastructure pouvant s'y déplacer est simulé par des agents intelligents, les caractéristiques d'un agent intelligent étant décrites dans un profil d'agent comprenant au moins une information indiquant l'objectif principal dudit agent intelligent. Un processus de calcul de trajectoire associé à un agent donné est exécuté et comprend au moins trois étapes.

Dans une première étape, les profils des objets interactifs de l'infrastructure sont analysés et ceux dont l'utilisation par l'agent est requise pour atteindre un objectif dit objectif courant sont identifiés, l'objectif courant correspondant initialement à l'objectif principal.

Dans une deuxième étape, une trajectoire est calculée ou recalculée à l'aide d'un algorithme recherche-chemin, ladite trajectoire permettant d'atteindre l'objectif principal en utilisant les objets interactifs identifiés à l'étape précédente.

Dans une troisième étape, il est vérifié que la trajectoire calculée lors de la deuxième étape est valide. Si c'est le cas, celle-ci est prise en compte pour les déplacements de l'agent intelligent ; si la trajectoire n'est pas valide, au moins une contrainte contenue dans un profil d'objet interactif invalidant la trajectoire est identifiée et le processus est de nouveau exécuté à partir de la première étape, l'objectif courant étant satisfait à la contrainte identifiée.

L'objectif principal d'un agent correspond par exemple à une destination géographique dans la représentation tridimensionnelle de l'infrastructure.

Selon un aspect de l'invention, pendant la première étape d'un processus associé à un agent intelligent donné, l'analyse des profils des objets interactifs est réalisée sur les profils des objets interactifs présents dans un rayon R donné autour de la position courante de l'agent.

Selon un autre aspect de l'invention, lorsque la trajectoire calculée n'est pas valide et qu'au moins une contrainte contenue dans le profil d'objet interactif invalidant ne peut pas être satisfaite, l'agent intelligent reste immobile.

Des objets interactifs et/ou des agents intelligents peuvent être ajoutés ou retirés à tout moment dans la représentation tridimensionnelle de l'infrastructure.

4

Selon un mode de réalisation, les profils des objets interactifs et les profils des agents intelligents sont modifiables à tout moment de l'exécution du procédé.

5 Les processus de calcul de trajectoire associés aux agents intelligents sont exécutés périodiquement, par exemple.

Dans un mode de mise en œuvre de l'invention, le processus de calcul de trajectoire associé à un agent intelligent donné est exécuté lorsqu'un profil d'objet ou un profil d'agent est modifié ainsi que lorsqu'un objet interactif ou un agent intelligent est ajouté dans la représentation tridimensionnelle de
10 l'infrastructure.

L'invention a aussi pour objet un système de simulation de comportements dans une infrastructure reconfigurable représentée en trois dimensions, ladite infrastructure étant composée d'objets interactifs. Les
15 caractéristiques d'un objet interactif sont décrites dans un profil d'objet. Le comportement d'utilisateurs de l'infrastructure pouvant s'y déplacer est simulé par des agents intelligents, les caractéristiques d'un agent intelligent étant décrites dans un profil d'agent comprenant au moins une information indiquant l'objectif principal dudit agent intelligent. Un processus de calcul de
20 trajectoire associé à un agent donné est exécuté et comprend au moins trois étapes. Dans une première étape, les profils des objets interactifs de l'infrastructure sont analysés et ceux dont l'utilisation par l'agent est requise pour atteindre un objectif dit objectif courant sont identifiés, l'objectif courant correspondant initialement à l'objectif principal. Dans une deuxième étape,
25 une trajectoire est calculée ou recalculée à l'aide d'un algorithme recherche-chemin, ladite trajectoire permettant d'atteindre l'objectif principal en utilisant les objets interactifs identifiés à l'étape précédente. Dans une troisième étape, il est vérifié que la trajectoire calculée lors de la deuxième étape est valide. Si c'est le cas, celle-ci est prise en compte pour les déplacements de
30 l'agent intelligent ; si la trajectoire n'est pas valide, au moins une contrainte contenue dans un profil d'objet interactif invalidant la trajectoire est identifiée et le processus est de nouveau exécuté à partir de la première étape, l'objectif courant étant satisfait à la contrainte identifiée.

5

5 Le procédé selon l'invention a notamment comme avantages de permettre la mise en œuvre rapide de simulation d'infrastructure et de prendre en compte automatiquement les modifications de l'infrastructure modélisée introduites en cours de simulation. La simulation rapide de comportements, par exemple humains, ou/et des flux de personnes au sein
10 d'une infrastructure est rendue possible en permettant la modification de l'environnement par l'ajout et/ou le retrait d'objets interactifs et/ou d'agents intelligents capables d'interagir les uns avec les autres et provenant de bibliothèques mises à disposition de l'utilisateur d'un système mettant en œuvre le procédé. Il n'est pas nécessaire à un utilisateur de savoir
15 programmer un ordinateur pour utiliser un système mettant en œuvre le procédé selon l'invention. Il est ainsi très facile de tester de nouvelles configurations d'infrastructures par simple introduction de nouveaux objets interactifs ou agents intelligents et/ou par modifications d'objets interactifs ou d'agents intelligents existant.

20

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à l'aide de la description qui suit donnée à titre illustratif et non limitatif, faite en regard des dessins annexés parmi lesquels :

- 25 - la figure 1 donne un exemple de diagramme illustrant le principe du procédé de simulation selon l'invention ;
- la figure 2 présente une représentation graphique d'une infrastructure de type station de métro dans laquelle évolue un agent intelligent ;
30 - la figure 3 donne un exemple de chemin calculé de manière à ce qu'un agent intelligent puisse obtenir un ticket dans une infrastructure de type station de métro ;
- la figure 4 donne un exemple de chemin recalculé de manière à ce que la contrainte « obtenir de l'argent » soit satisfaite ;

6

- la figure 5 donne un exemple de chemin calculé après reconfiguration de deux objets interactifs compris dans la station de métro représentée ;
- 5 - la figure 6 donne des exemples de trajectoires calculées par le procédé pour des agents intelligents configurés de manières différentes ;
- la figure 7 donne des exemples de trajectoires calculées lorsque des objets interactifs sont déplacés ou ajoutés dans la station de métro ;
- 10 - la figure 8 donne un autre exemple de calcul de trajectoires calculées suite à l'ajout d'un objet interactif de type ticket sur le sol d'une des salles de la station.

La figure 1 donne un exemple de diagramme illustrant le principe du
15 procédé de simulation selon l'invention.

La solution proposée propose la mise à disposition de l'utilisateur d'outils, par exemple mis en œuvres par ordinateur, contenant notamment des bibliothèques d'agent intelligents et d'objets interactifs.

Les agents intelligents représentent des êtres vivants. Leur
20 comportement est défini en temps réel en fonction d'éléments simulés, par exemple inspirés de la biologie. Ces agents ont des objectifs et des motivations leurs étant propres et des objets interactifs peuvent être susceptibles de les aider à les atteindre ou à les satisfaire. Les agents intelligents sont animés par des moteurs de Vie et d'Intelligence Artificielles
25 dont la programmation est telle qu'ils présentent des comportements autonomes réalistes, proches de ceux pouvant être observés pour des humains réels. Notamment, ces agents intelligents sont capables de chercher et de trouver dans leur environnement des objets susceptibles de les aider à atteindre leurs buts ou à satisfaire leurs motivations. Des
30 interactions entre agents intelligents et objets interactifs émergent des comportements simulés susceptibles de reproduire fidèlement ce que seraient les comportements d'humains réels dans une infrastructure réelle qui serait équipée de ces objets. Les agents intelligents prenant part à la simulation sont dotés de capacités d'adaptation à leur environnement et aux
35 éventuelles modifications dynamiques de ce dernier.

Les différentes caractéristiques associées à un agent intelligent sont mémorisées dans un profil d'agent. Ainsi, un profil comprend, par exemples, le ou les objectifs de l'agent, s'il possède ou non de l'argent, à quelle vitesse il marche en moyenne, etc.

5 Les objets interactifs représentent des objets physiques auxquels peuvent être associées des fonctions leurs étant propres et leur permettant d'interagir avec leur environnement, et notamment avec les agents intelligents. Ils possèdent, par exemple, des caractéristiques ou des comportements mécaniques que les agents virtuels peuvent exploiter pour
10 atteindre leurs buts ou satisfaire leurs motivations. Les objets interactifs sont définis et programmés de manière à ce qu'ils puissent par leur seule disposition dans l'environnement synthétique, c'est-à-dire dans la représentation tridimensionnelle de l'infrastructure, influencer le comportement des agents intelligents avec lesquels ils interagissent et
15 définir, intrinsèquement, de nouvelles lois de comportement pour ces derniers.

Certains objets interactifs sont directement impliqués dans les algorithmes qui définissent les trajectoires régissant les déplacements des agents intelligents. Ces objets, appelés objets-chemin dans la suite de la
20 description, sont par exemples des ascenseurs, des tapis roulants, des barrières d'accès ou des portes. Les objets-chemin sont automatiquement pris en compte par des algorithmes dits de recherche-chemin, comme par exemple l'algorithme A*, l'algorithme D*, l'algorithme Z* ou un algorithme de type planification segment arc. Les algorithmes recherche-chemin permettent
25 aux agents intelligents de définir leur trajectoire de leur position actuelle à une position cible. Les objets-chemin ainsi définis peuvent exiger des conditions particulières aux agents intelligents pour qu'ils puissent les traverser. Par exemple, un objet-chemin représentant une barrière à ticket dans une gare peut exiger qu'un agent intelligent possède un ticket pour
30 pouvoir le traverser.

Les différentes caractéristiques associées à un objet interactif sont mémorisées dans un profil d'objet. Ainsi, un profil d'objet comprend, par exemples, les conditions d'utilisation de l'objet. Ainsi, le profil d'un objet interactif de type distributeur de billet indique, par exemple, qu'il distribue des
35 billets si l'agent intelligent désirant l'utiliser possède une carte de retrait,

8

l'indication de possession de cette carte apparaissant dans le profil d'agent dudit agent intelligent. La nécessité de posséder une carte paiement est un exemple de contrainte d'utilisation d'objet interactif.

Les objets interactifs permettent de définir des lois de comportement.

5 En d'autres termes, les objets interactifs peuvent référencer dans leur profil associé des caractéristiques génériques d'autres objets et de leurs liens avec les agents intelligents. Par exemple, un objet interactif de type barrière à ticket placé dans une gare fait référence à un objet générique de type ticket qui doit être possédé par un agent intelligent pour qu'il puisse passer. Un

10 agent intelligent dont les motivations le poussent à traverser l'objet barrière à ticket est informé qu'il lui faut un ticket. Il peut ensuite scruter son environnement en interrogeant les autres agents intelligents ou les objets interactifs présents à son voisinage afin qu'il sache où et comment il peut se procurer un ticket. Un objet interactif de type distributeur de tickets indique

15 par exemple qu'il peut délivrer un ticket sous réserve qu'on lui fournisse de l'argent. Ainsi, la disposition des différents objets dans l'environnement va automatiquement modifier les comportements des agents intelligents. Les objets interactifs sont susceptibles de conditionner les déplacements des agents intelligents. Il existe par exemple des objets interactifs par lesquels

20 les agents doivent passer tels que des barrières, ou des portes. Ces objets interactifs comprennent dans leur profil les conditions de leur franchissement. Ces conditions, vues comme des contraintes par les agents intelligents et désignées comme telles dans la suite de la description, peuvent être automatiquement comprises et exploitées par les agents lors de

25 l'établissement de leurs trajectoires.

Ainsi, le procédé selon l'invention comprend un nombre de processus indépendants pour tous les agents intelligents introduits dans l'infrastructure analysée. Un processus comprend, par exemple, plusieurs étapes.

Après le démarrage du processus 100 associé à un agent intelligent

30 donné, une première étape 101 a pour but d'interroger l'environnement de l'agent. Ainsi, une recherche permet d'identifier d'éventuels objets interactifs ou agents intelligents nécessaires pour atteindre les objectifs et/ou satisfaire aux motivations de l'agent intelligent. Pour cela, des contraintes liées à ces objectifs et/ou motivations leurs sont associées. Ces contraintes doivent être

35 prises en compte par l'agent intelligent afin que celui-ci puisse atteindre ses

objectifs. Ainsi, un agent intelligent se déplaçant dans une gare et voulant accéder à un quai de ladite gare peut avoir besoin d'un ticket pour atteindre son objectif. Cette contrainte « possession d'un ticket » est nécessaire pour atteindre l'objectif « atteindre le quai » et doit donc être satisfaite. L'étape
5 d'interrogation 101 de l'environnement a pour fonction de localiser un objet interactif permettant d'obtenir un ticket. Cette recherche dans l'environnement proche de l'agent intelligent est réalisée par exemple en interrogeant le profil de tous les objets interactifs dans un rayon R donné et à portée de l'agent. En effet, le profil d'un objet interactif à une distance $r < R$ de
10 l'agent mais inaccessible pour celui-ci, par exemple placé dans une pièce que l'agent ne peut atteindre, n'est pas interrogé.

Une seconde étape 102 va calculer le chemin pour que l'agent intelligent atteigne son objectif tout en satisfaisant à la contrainte « possession d'un ticket ». Pour cela, le chemin est calculé de manière à ce
15 qu'il passe par un objet interactif de type distributeur de ticket, par exemple. Ce calcul est réalisé par des algorithmes de type recherche-chemin connus dont des exemples ont été donnés précédemment.

Une troisième étape 103 vérifie ensuite que l'ensemble des contraintes requises pour atteindre l'objectif de l'agent intelligent sont satisfaites. Si c'est
20 le cas, le chemin calculé est validé et le processus se termine 104. Sinon, une itération supplémentaire est requise car d'autres contraintes n'ont pas été satisfaites. Le chemin est donc recalculé de manière itérative jusqu'à ce que toutes les contraintes soient satisfaites. Si cela est impossible, l'agent intelligent ne peut atteindre ses objectifs. Dans ce cas celui-ci reste sur place
25 ou sort de l'infrastructure, par exemple.

Un exemple d'application du procédé selon l'invention est décrit dans la suite de la description et différents cas sont abordés en s'appuyant sur les figures 2 à 8.

30 La figure 2 présente une représentation graphique d'une infrastructure de type station de métro dans laquelle évolue un agent intelligent.

L'infrastructure de cet exemple correspond à une station de métro simplifiée 201. Un agent intelligent 200 a pour objectif de se rendre de sa position initiale à l'entrée de la station 202 vers sa position d'arrivée
35 correspondant par exemple à l'accès aux quais 203. La station est divisée en

deux salles 210, 211 et l'agent doit passer de la première salle 210 à la seconde salle 211 afin de pouvoir accéder aux quais. L'accès d'une salle à l'autre se fait à l'aide de barrières à tickets 206, 207, 208 simulées par des objets interactifs de type objets-chemins. Une barrière à tickets dite supérieure 208 au bout de la première salle et une barrière à tickets dite centrale 207 permettent de passer de la seconde 211 à la première salle 210. Une troisième barrière à tickets 206 dite inférieure placée près de l'entrée de la première salle permet de passer de la première 210 à la seconde salle 211.

La première salle 210 comprend un objet interactif de type distributeur de tickets 204 et un objet interactif de type distributeur de billets 205.

Un chemin 209 est initialement calculé par le processus associé à l'agent intelligent 200 à l'aide d'un algorithme quelconque de recherche-chemin. Le résultat de l'exécution de cet algorithme est un chemin passant par un objet-chemin 207 de type barrière d'accès à ticket, ladite barrière étant l'unique barrière à ticket permettant le passage de la première salle 210 vers la seconde salle 211.

Une deuxième itération du processus associé à l'agent intelligent 200 va permettre de recalculer le chemin de manière à ce que l'agent puisse obtenir un ticket, c'est-à-dire satisfaire à la contrainte « possession d'un ticket ».

La figure 3 donne un exemple de chemin calculé de manière à ce qu'un agent intelligent puisse obtenir un ticket.

La barrière d'accès à ticket 307 accessible de la première salle 309 de la station de métro est un objet interactif qui spécifie à l'agent intelligent 300 qu'elle requiert un ticket pour le laisser passer. L'agent intelligent 300 interroge alors l'environnement pour demander quel objet interactif est susceptible de lui procurer un ticket.

Un distributeur de tickets 304 est un objet interactif qui délivre des tickets. Ainsi, lors de l'étape d'interrogation de l'environnement décrite précédemment dans la description, le profil dudit objet est interrogé et l'objet va répondre à l'agent qu'il peut acquérir un ticket auprès de lui.

La trajectoire 301 de l'agent de sa position de départ 302 à sa position d'arrivée 303 est alors recalculée et se trouve alors modifiée. La trajectoire

5 passe par l'objet interactif distributeur de tickets 304. Un objet interactif de type distributeur de billets 305 est présent dans la première salle mais n'est pas pris en compte à ce stade par le processus associé à l'agent intelligent 300.

5

La figure 4 donne un exemple de chemin recalculé de manière à ce que la contrainte « obtenir de l'argent » soit satisfaite.

10 L'objet interactif de type distributeur de tickets 404 de la première salle 409 précise dans son profil qu'elle requiert de l'argent pour délivrer un ticket. L'agent intelligent 400 interroge l'environnement lors d'une troisième itération pour demander quel objet interactif à sa portée est susceptible de lui procurer de l'argent. Un distributeur de billets 405 dans la première salle 409 est un objet interactif qui délivre de l'argent et il va donc répondre à l'agent 400 qu'il peut le lui fournir.

15 La trajectoire 401 de l'agent intelligent 400 se trouve alors modifiée. L'agent passe dans un premier temps par le distributeur de billet 405 pour ensuite arriver au distributeur de tickets 404, traverser la barrière à ticket 407 lui permettant d'accéder à la deuxième salle 410 et atteindre sa position d'arrivée 403.

20 La trajectoire est valide puisque tous les objets qu'elle traverse ont indiqué des contraintes qui seront remplies. Elle est validée et l'agent intelligent 400 peut commencer à se déplacer en se dirigeant vers le distributeur de billets.

25 La figure 5 donne un exemple de chemin recalculé après reconfiguration d'un ou plusieurs objets interactifs compris dans la station de métro représentée.

30 Comme explicité précédemment, le procédé comprend un ensemble de processus itératifs associés aux agents intelligents. La trajectoire s'établit en prenant en compte automatiquement les contraintes liées aux trajectoires envisagées jusqu'à établir une trajectoire possible ou statuer sur l'impossibilité de résoudre lesdites contraintes. L'utilisateur de l'outil mettant en œuvre le procédé peut agir sur les objets interactifs de la simulation. Par exemple, il peut changer le sens de passage des barrières d'accès à ticket 35 506, 507, 508 en modifiant leurs profils.

12

Ainsi, si l'utilisateur décide de changer le sens de la barrière centrale 507 et de la barrière inférieure 506, la trajectoire de l'agent est automatiquement mise à jour, par rapport à celle calculée par le procédé et présenté à l'aide de la figure 4, le processus associé à l'agent intelligent
5 prenant en compte les modifications de profils.

Suite à cette mise à jour, la trajectoire passe par la barrière inférieure 506, seule barrière permettant d'accéder à la seconde salle 510 à partir de la première salle 509 et donc qui est la seule permettant de rejoindre la destination d'arrivée pour l'agent intelligent 500.

10 Si l'utilisateur ne change pas le sens de la barrière inférieure 506 dans son profil alors, aucune trajectoire ne peut être trouvée entre le point de départ 502 au le point d'arrivée 503. Dans ce cas l'agent intelligent 500 reste immobile, par exemple.

Par conséquent, les calculs automatiques de trajectoires permettent
15 de vérifier la cohérence de l'infrastructure représentée. En d'autres termes, le procédé permet de réaliser un prototype interactif d'infrastructure.

L'exploitation conjointe de l'intelligence des objets et des agents résout automatiquement de nombreux cas. Par exemple, en modifiant le profil des agents intelligents qui rentrent dans la station, les calculs des
20 trajectoires leurs étant associées sont modifiées.

La figure 6 donne des exemples de trajectoires calculées pour des agents intelligents configurés différemment.

Par exemple, si un agent intelligent 600, 601, 602 est initialement
25 pourvu d'un ticket, sa trajectoire ne passera que par une barrière d'accès à tickets sans passer par un distributeur à tickets 611 et un distributeur de billets 612. Deux trajectoires sont alors possibles. La première 608 part du point de départ 603, passe par la première salle 613, traverse la barrière à tickets inférieure 605 pour atteindre la seconde salle 614 puis le point
30 d'arrivée 604. La seconde 609 est similaire mais passe par la barrière à ticket centrale 606 permettant d'accéder à la seconde salle 614. En effet, dans l'exemple, il y a deux barrières d'accès à ticket possibles pour accéder à la seconde salle 614.

Il est aussi possible de faire entrer un agent intelligent 600, 601, 602
35 initialement pourvu d'argent mais sans ticket. Dans ce cas, sa trajectoire

calculée ne passera que par le distributeur à tickets 611 et par une barrière d'accès à tickets 605, 606 sans passer par un distributeur de billets 612.

La figure 7 donne des exemples de trajectoires calculées lorsque des
5 objets interactifs sont déplacés ou ajoutés dans la station de métro représentée.

La mise en œuvre du procédé permet à l'utilisateur de modifier dynamiquement les conditions de la simulation en ajoutant, retirant, déplaçant des objets interactifs et/ou des agents intelligents. Cela ne
10 nécessite aucune modification des algorithmes. En effet, comme les acteurs virtuels sont intelligents, ils intègrent automatiquement ces changements dans l'établissement de leurs trajectoires en s'appuyant sur les informations mises à jour renvoyées par les objets interactifs.

Par exemple, si une nouvelle configuration de barrière d'accès à ticket
15 placées dans la station 705 est choisie et que ladite configuration modifie la topologie de la station de métro, alors les agents intelligents vont s'adapter automatiquement. En effet, le profil des objets modifiés ou ajoutés est pris en compte par les processus associés à chacun des agents intelligents. La nouvelle configuration comprend par exemple cinq barrières 707, 708, 709,
20 710, 711 séparant une première salle d'une seconde salle. Trois de ces barrières permettent aux agents intelligents 700, 701, 702 de se déplacer dans le sens du point de départ 703 vers le point d'arrivée 704.

La première salle comprend deux distributeurs de tickets 713, 714 et un distributeur de billets 712.

25 Ainsi un agent intelligent muni d'un ticket peut emprunter une trajectoire 717 partant du point de départ 703 pour aller au point d'arriver 704 et passer, par exemple, par la barrière à tickets 711.

Lorsqu'un agent intelligent n'a pas de ticket et n'a pas d'argent, un exemple de trajectoire calculée 715 montre que ledit agent peut se diriger
30 dans un premier temps vers le distributeur de billets 712 puis vers l'un des deux distributeurs de tickets 713, le plus proche étant par exemple privilégié lors du calcul de trajectoire, passer ensuite au travers d'une des barrières à tickets 709 pour atteindre le point d'arrivée 704, c'est-à-dire le point d'accès aux quais.

14

Lorsqu'un agent intelligent n'a pas de ticket mais a de l'argent, un exemple de trajectoire calculée 716 montre que ledit agent peut se diriger vers l'un des deux distributeurs de tickets 714, le plus proche étant par exemple privilégié lors du calcul de trajectoire, passer ensuite une des
5 barrières à tickets 710 pour atteindre le point d'arrivée 704.

C'est cette prise en compte immédiate par l'intelligence du système qui rend la solution adaptée à la réalisation rapide de prototypes d'infrastructures. L'utilisateur d'un système mettant en œuvre le procédé peut tester différentes configurations de l'infrastructure et, par exemple, optimiser
10 les flux de passagers en s'appuyant sur les résultats des simulations.

La figure 8 donne un autre exemple de calcul de trajectoires calculées suite à l'ajout d'un objet interactif de type ticket sur le sol d'une des salles de la station.

15 Comme explicité précédemment, pendant les déplacements des agents suivant les trajectoires établies, ces derniers sont capables de réagir à des modifications de l'environnement. Pour cela, les processus leur étant associés peuvent être exécutés à plusieurs reprises, cette exécution étant déclenchée par exemple suite à une modification de l'environnement. Une
20 modification de l'environnement peut correspondre à l'ajout, au retrait, au déplacement d'un objet interactif ou bien correspondre à l'ajout, au retrait, au déplacement d'un ou plusieurs agents intelligents.

Par exemple, si pendant un trajet vers l'une des barrières d'accès à tickets choisie lors d'un précédent calcul de trajectoire, cette dernière change de sens par modification de son profil, le processus associé à l'agent
25 intelligent planifiera une nouvelle trajectoire. Cette dernière passera alors par une barrière correctement orientée.

Si un agent intelligent 800 non pourvu de ticket en détecte un 806 sur son trajet vers le distributeur de billets, il est capable de récupérer le ticket et
30 d'adapter sa trajectoire 801. En effet, après avoir acquis le ticket, l'agent intelligent 800 n'a plus besoin de passer ni par un distributeur de billets 805 ni par un distributeur de tickets 804 et peut se déplacer directement vers une barrière à tickets 807 puis vers la destination 803.

Un des avantages du procédé selon l'invention est qu'un grand
35 nombre d'agent virtuels et d'objets interactifs ayant des propriétés

15

différentes, c'est-à-dire des profils différents, peuvent être simulés dans une infrastructure donnée. Un processus tel que décrit précédemment est par exemple associé à chacun d'eux. Le processus est exécuté périodiquement ou/et lorsqu'un évènement donné est détecté. Ainsi, il est possible de

5 modifier dynamiquement les propriétés de la simulation sans l'arrêter.

REVENDEICATIONS

- 1- Procédé de simulation de comportements dans une infrastructure reconfigurable représentée en trois dimensions, ladite infrastructure étant composée d'objets interactifs, ledit procédé étant caractérisé en ce que les caractéristiques d'un objet interactif sont décrites dans un profil d'objet, le comportement d'utilisateurs de l'infrastructure pouvant s'y déplacer étant simulé par des agents intelligents, les caractéristiques d'un agent intelligent étant décrites dans un profil d'agent comprenant au moins une information indiquant l'objectif principal dudit agent intelligent, un processus de calcul de trajectoire associé à un agent donné étant exécuté et comprend au moins trois étapes :
- 15 - dans une première étape (101), les profils des objets interactifs de l'infrastructure sont analysés et ceux dont l'utilisation par l'agent est requise pour atteindre un objectif dit objectif courant sont identifiés, l'objectif courant correspondant initialement à l'objectif principal ;
 - 20 - dans une deuxième étape (102), une trajectoire est calculée ou recalculée à l'aide d'un algorithme recherche-chemin, ladite trajectoire permettant d'atteindre l'objectif principal en utilisant les objets interactifs identifiés à l'étape précédente ;
 - 25 - dans une troisième étape (103), il est vérifié que la trajectoire calculée lors de la deuxième étape est valide ; si c'est le cas, celle-ci est prise en compte pour les déplacements de l'agent intelligent ; si la trajectoire n'est pas valide, au moins une contrainte contenue dans un profil d'objet interactif invalidant la trajectoire est identifié et le processus est de nouveau exécuté à partir de la première étape, l'objectif courant étant satisfaire à la contrainte identifiée.
 - 30
- 2- Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que l'objectif principal d'un agent correspond à une destination géographique (203) dans la représentation tridimensionnelle de l'infrastructure (201).
- 35

- 3- Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce que pendant la première étape (101) d'un processus associé à un agent intelligent donné, l'analyse des profils des objets interactifs est réalisée sur les profils des objets interactifs présents dans un rayon R donné autour de la position courante de l'agent.
5
- 4- Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce que lorsque la trajectoire calculée n'est pas valide et qu'au moins une contrainte contenue dans le profil d'objet interactif invalidant ne peut pas être satisfaite, l'agent intelligent reste immobile.
10
- 5- Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce que des objets interactifs et/ou des agents intelligents peuvent être ajoutés ou retirés à tout moment dans la représentation tridimensionnelle de l'infrastructure.
15
- 6- Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce que les profils des objets interactifs et les profils des agents intelligents sont modifiables à tout moment de l'exécution du procédé.
20
- 7- Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes caractérisé en ce que les processus de calcul de trajectoire associés aux agents intelligents sont exécutés périodiquement.
25
- 8- Procédé selon l'une quelconque des revendications 5 à 7 caractérisé en ce que le processus de calcul de trajectoire associé à un agent intelligent donné est exécuté lorsqu'un profil d'objet ou un profil d'agent est modifié ainsi que lorsqu'un objet interactif ou un agent intelligent est ajouté dans la représentation tridimensionnelle de l'infrastructure.
30
- 9- Système de simulation de comportements dans une infrastructure reconfigurable représentée en trois dimensions, ladite infrastructure
35

étant composée d'objets interactifs, ledit système étant caractérisé en ce que les caractéristiques d'un objet interactif sont décrites dans un profil d'objet, le comportement d'utilisateurs pouvant se déplacer dans l'infrastructure étant simulé par des agents intelligents, les caractéristiques d'un agent intelligent étant décrites dans un profil d'agent comprenant au moins une information indiquant l'objectif principal dudit agent intelligent, un processus de calcul de trajectoire associé à un agent donné étant exécuté et comprend au moins trois étapes :

- 5 - dans une première étape (101), les profils des objets interactifs de l'infrastructure sont analysés et ceux dont l'utilisation par l'agent est requise pour atteindre un objectif dit objectif courant sont identifiés, l'objectif courant correspondant initialement à l'objectif principal ;
- 10 - dans une deuxième étape (102), une trajectoire est calculée ou recalculée à l'aide d'un algorithme recherche-chemin, ladite trajectoire permettant d'atteindre l'objectif principal en utilisant les objets interactifs identifiés à l'étape précédente ;
- 15 - dans une troisième étape (103), il est vérifié que la trajectoire calculée lors de la deuxième étape est valide ; si c'est le cas, celle-ci est prise en compte pour les déplacements de l'agent intelligent ; si la trajectoire n'est pas valide, au moins une contrainte contenue dans un profil d'objet interactif invalidant la trajectoire est identifié et le processus est de nouveau exécuté à partir de la première étape, l'objectif courant étant satisfait à la contrainte identifiée.
- 20
- 25

10- Système selon la revendication 9 caractérisé en ce qu'il met en œuvre le procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 8.

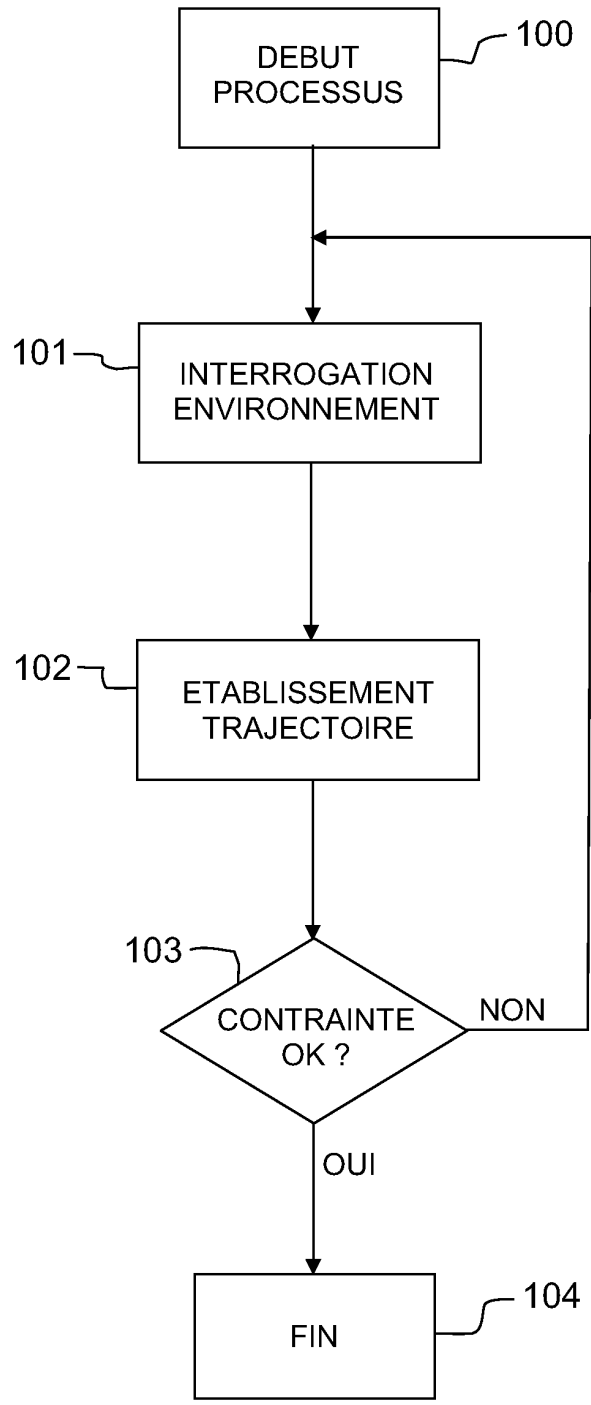


FIG.1

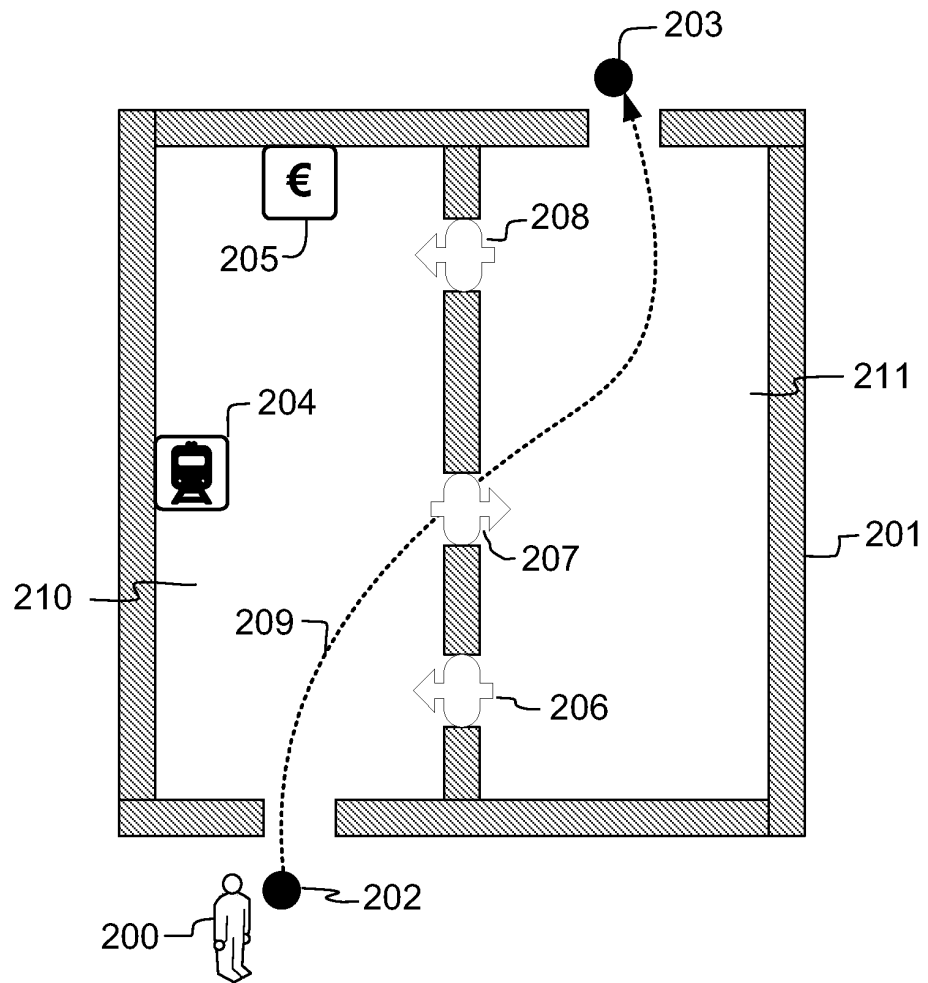


FIG.2

3/8

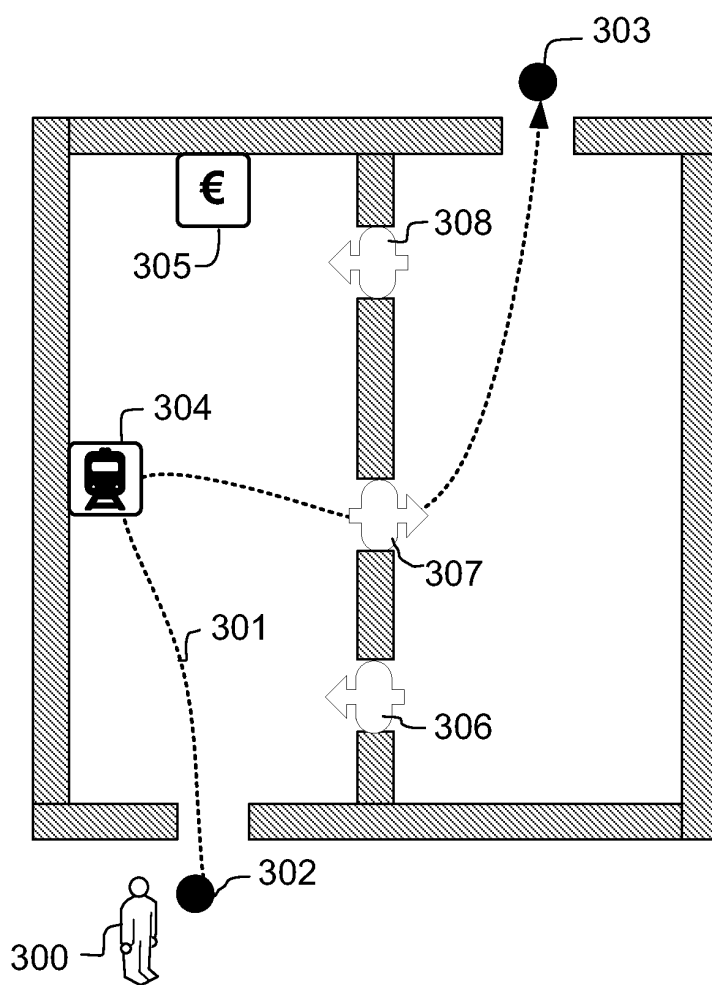


FIG.3

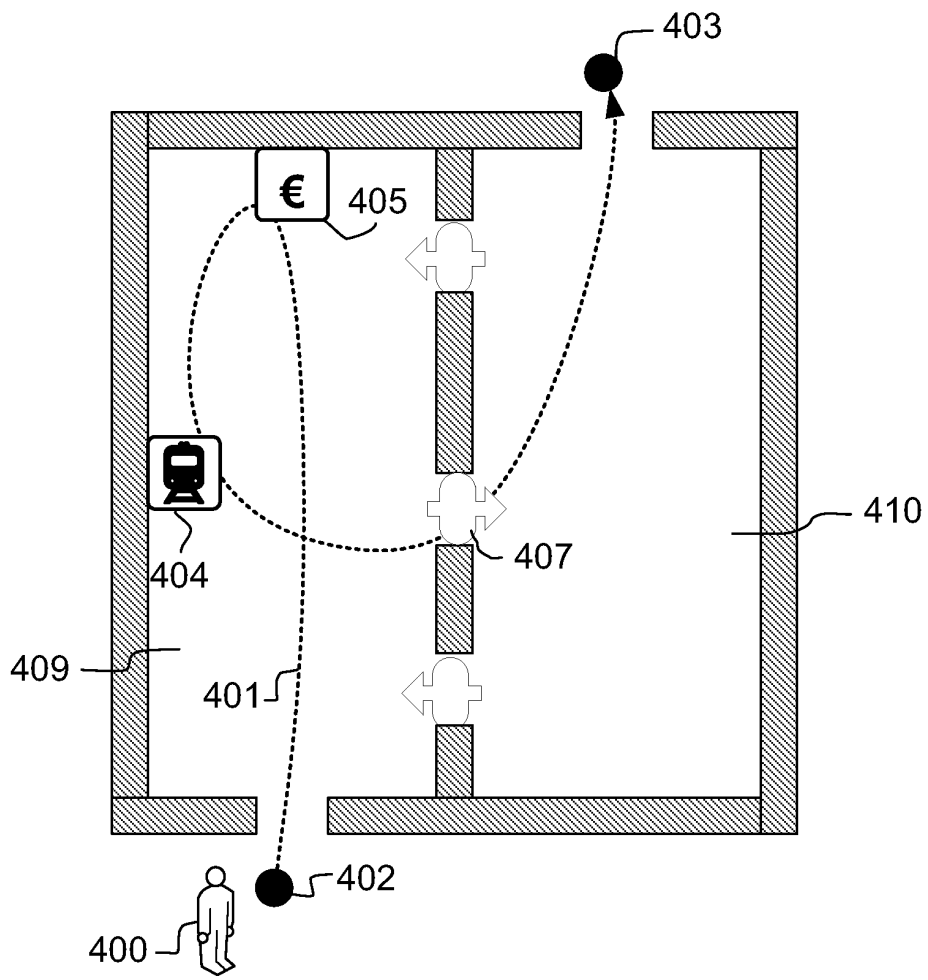


FIG.4

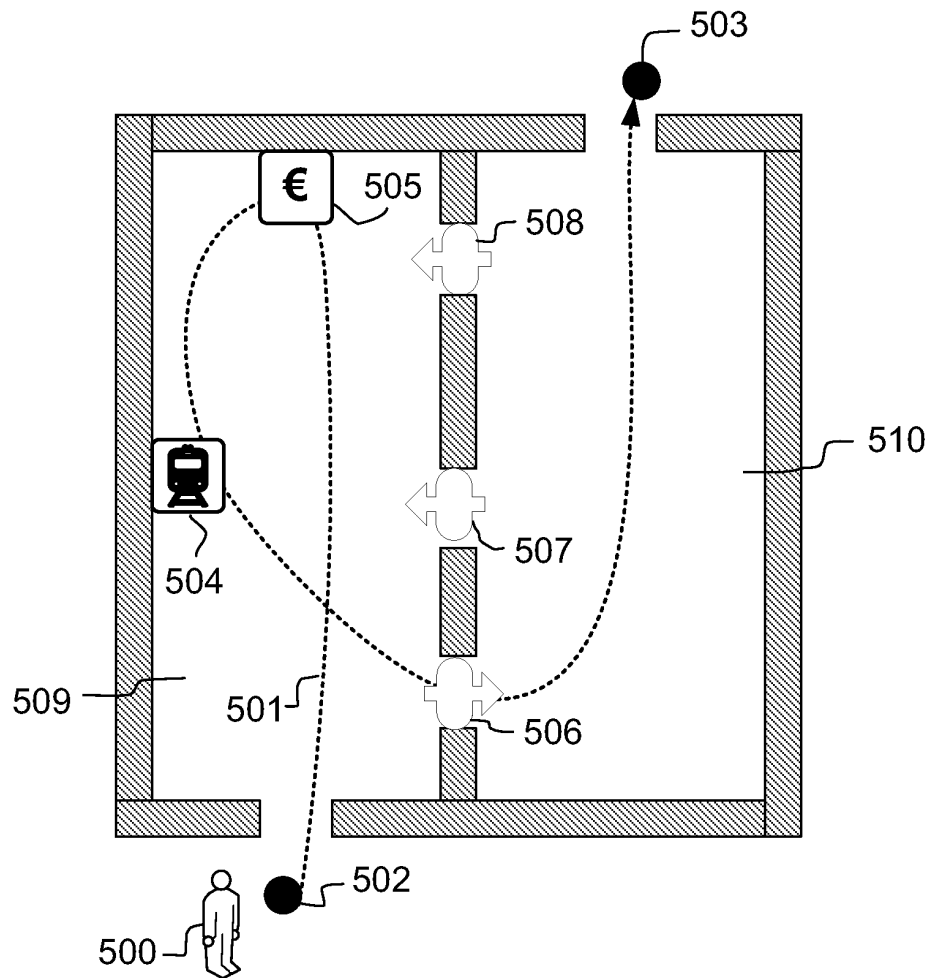


FIG.5

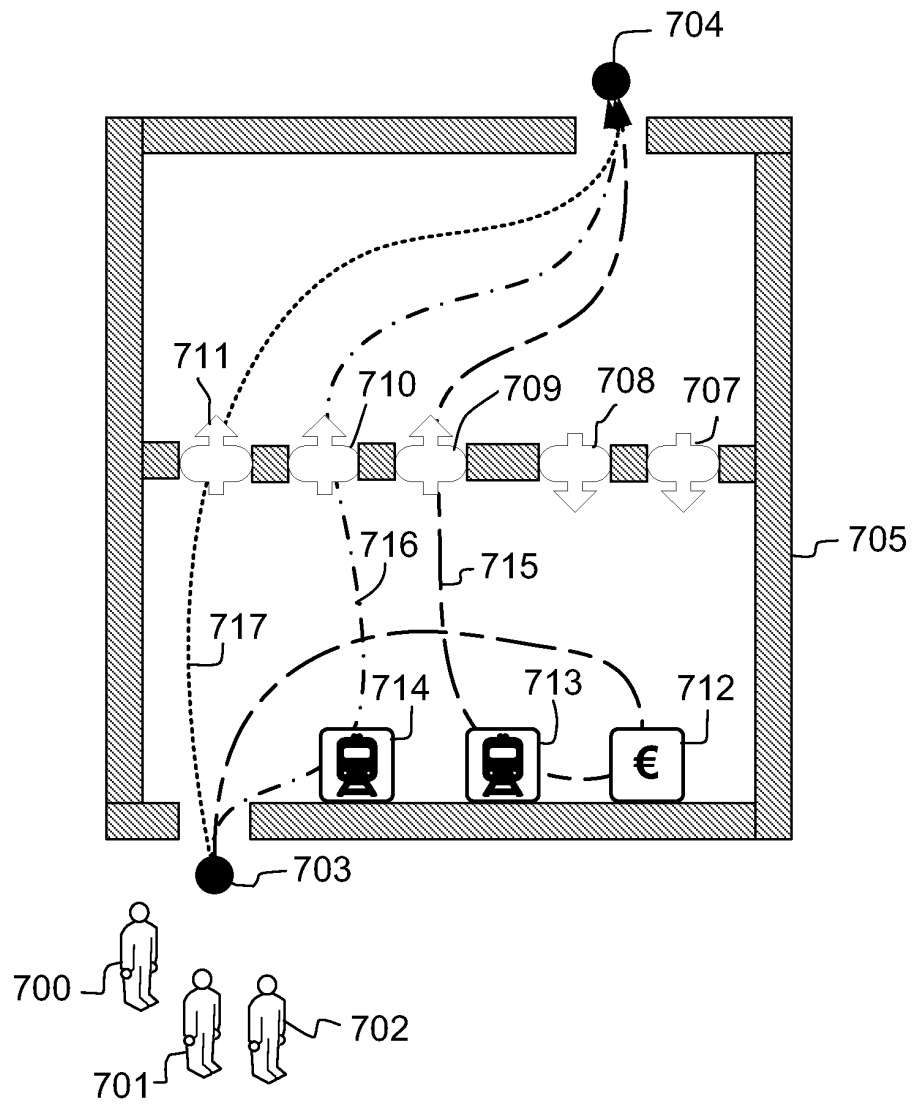


FIG.7

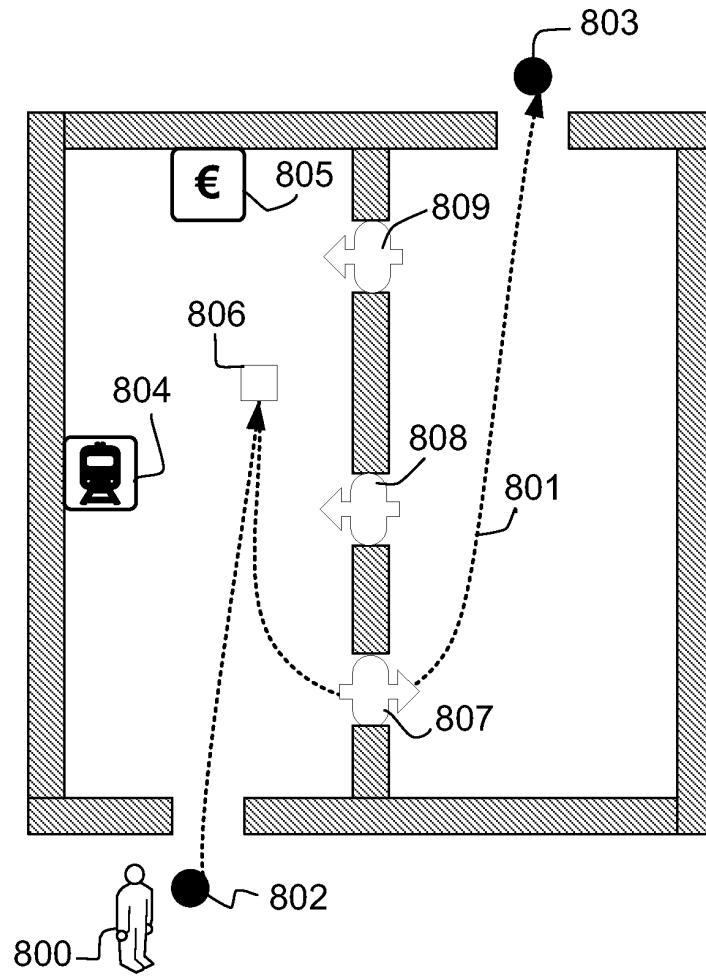


FIG.8



DÉCLARATION

N° d'enregistrement
national

remplaçant en tout ou en partie le
rapport de recherche préliminaire

FA 727757
FR 0954527

<p>L'examinateur chargé de la recherche estime que la présente demande de brevet n'est pas conforme aux dispositions du code de la propriété intellectuelle au point qu'une recherche significative sur l'état de la technique ne peut être effectuée au regard de toutes les revendications</p> <p>Raison :</p> <p>Les seuls aspects techniques identifiables de l'invention telle que revendiquée concernent l'utilisation de techniques informatiques conventionnelles afin de traiter des données de nature non-technique. Ces données se rapportent en effet uniquement à des données génériques d'une simulation dont l'objet n'est pas technique, puisqu'il convient de modéliser des "comportements". Les techniques informatiques employées ne sont pas seulement considérées être universellement connues car largement répandues et accessibles à tous à la date de dépôt de la demande ci-présente (elle ne concerne que la programmation de type "objet") - elles sont aussi exclues de la brevetabilité.</p>	<p>Classement attribué à l'invention par l'INPI</p>	
	<p>G06Q10/00 G06F17/50</p>	
<p>Munich</p>	<p>Date 19 janvier 2010</p>	<p>Examinateur Hanon, David</p>