(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 0 719 690 A2

(12) DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
03.07.1996 Bulletin 1996/27

(51) Int Cl.[6]: **B61L 27/00**, B61L 3/00

(21) Numéro de dépôt: **95402964.1**

(22) Date de dépôt: **28.12.1995**

(84) Etats contractants désignés:
AT BE DE ES GB NL

(30) Priorité: **02.01.1995 FR 9500011**

(71) Demandeur: **GEC ALSTHOM TRANSPORT SA**
F-75016 Paris (FR)

(72) Inventeurs:
- **Camuset, Frederic**
  F-75017 Paris (FR)
- **Lartigue, Christine**
  F-75018 Paris (FR)
- **Pilchen, Guy**
  F-92100 Boulogne (FR)

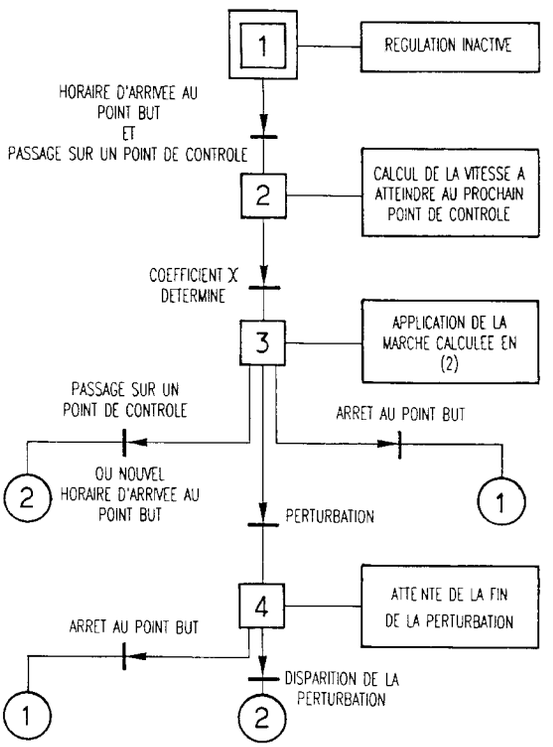
(74) Mandataire: **Fournier, Michel**
SOSPI
14-16, rue de la Baume
F-75008 Paris (FR)

(54) Dispositif et procédé de régulation d'un moyen de transport guidé

(57) La présente invention porte sur un dispositif de régulation d'un moyen de transport guidé, le dispositif comportant des moyens de contrôle, chacun de ces moyens définissant un point de contrôle P_i.

La présente invention porte également sur un procédé de régulation d'un moyen de transport guidé, le procédé est tel que la marche dudit véhicule est asservie par rapport à plusieurs marches précalculées en fonction d'un horaire à respecter.

FIG.2



EP 0 719 690 A2

Description

La présente invention concerne les dispositifs de régulation, en général, et porte, plus particulièrement, sur un dispositif et un procédé de régulation d'un moyen de transport guidé.

Les dispositifs et procédés de régulation, de l'état de la technique, d'un moyen de transport guidé font appel à des moyens de supervision centralisée.

Ces moyens de supervision centralisée ont en mémoire l'ensemble des horaires des véhicules du réseau et fournissent un ordre de régulation à chacun des véhicules du réseau.

Ces ordres de régulation sont donc issus de moyens centralisés.

Ces ordres de régulation permettent de déduire une consigne de vitesse prise en compte par le véhicule concerné entre deux stations.

Un inconvénient majeur des dispositifs et procédés de régulation de l'état de la technique est que si une perturbation, due au conducteur, aux passagers ou aux autres trains, intervient entre la réception de l'ordre de régulation et l'arrivée dans la prochaine station, les horaires ne sont plus respectés.

Un autre inconvénient des dispositifs et procédés de régulation de l'état de la technique est qu'ils sont peu précis du fait qu'ils permettent de suivre un nombre restreind de consignes de vitesse, à savoir: une vitesse lente, correspondant à une marche lente du véhicule, une vitesse réduite, correspondant à une marche réduite du véhicule et une vitesse rapide, correspondant à une marche rapide du véhicule.

Aussi un but de l'invention est-il un dispositif et un procédé de régulation d'un moyen de transport guidé, permettant de respecter les horaires d'arrivée aux stations.

Un autre but de l'invention est un dispositif et un procédé de régulation d'un moyen de transport guidé ne présentant pas les inconvénients des procédés de l'état de la technique.

Conformément à l'invention, le dispositif de régulation d'un moyen de transport guidé, comporte des moyens de contrôle, chacun de ces moyens définissant un point de contrôle P_i.

Le dispositif de l'invention, satisfait également l'une des caractéristiques suivante selon laquelle

- les points de contrôle P_i sont disposés de la manière suivante:
  - . un premier point de contrôle P1 est situé au point d'arrêt de la station,
  - . un deuxième point de contrôle P_2 est situé après la station à la position à laquelle le véhicule a atteind sa vitesse maximale, et
  - . les points de contrôle P_i suivants sont séparés les uns des autres d'une distance proche de la distance parcourue par le véhicule durant un écart de temps donné, lorsque le véhicule est en marche détendue, enfin
- l'écart de temps donné est égale à trente secondes.

Conformément à l'invention, le procédé de régulation d'un moyen de transport guidé, est tel que la régulation est obtenue par asservissement de l'horaire dudit moyen de transport.

Conformément à l'invention, le procédé de régulation d'un moyen de transport guidé comporte les étapes suivantes:

- calcul, à un point de contrôle donné par rapport à une heure estimée au point de contrôle précédent, du retard ou de l'avance horaire dudit moyen de transport, et
- détermination d'une vitesse à respecter en fonction dudit retard ou de ladite avance horaire de manière à ce que ledit moyen de transport ait réduit son retard ou son avance, à un point de contrôle suivant.

Le procédé de l'invention, satisfait également à l'une des caractéristiques suivantes:

- la marche dudit moyen de transport est asservie, en fonction d'un horaire à respecter, par rapport à plusieurs marches précalculées,
- la détermination de la vitesse de consigne V_c à respecter en fonction dudit retard ou de ladite avance horaire découle desdites marches précalculées et s'effectue en leur appliquant un coefficient écart/temps χ,
- ledit coefficient écart/temps χ est donné par l'expression:

$$\chi = \frac{T_{rmd} - T_r}{T_{rmd} - T_{rmt}}$$

où

T_{rmd} est le temps de trajet restant en marche précalculée lente,
T_{rmt} est le temps de trajet restant en marche précalculée rapide,
T_r est le temps de trajet restant pour respecter l'horaire,

- ladite vitesse de consigne V_c est donnée par l'expression:

$$V_c = V_{cmd} + \chi . (V_{cmt} - V_{cmd})$$

où

V_c est la vitesse de consigne fournie au moyen du procédé de régulation par asservissement d'horaire,
V_{cmd} est la vitesse de consigne permettant de suivre la marche détendue,

V_{cmt} est la vitesse de consigne permettant de suivre la marche tendue, et
χ est le coefficient écart/temps.

D'autres buts, caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description du procédé de régulation, description faite en liaison avec les dessins dans lesquels:

- la figure 1 représente un exemple de deux marches de référence extrêmes utilisées par le procédé de régulation d'un moyen de transport guidé, conformément à l'invention, et
- la figure 2 représente un algorithme d'un automate à états finis permettant la mise en oeuvre du procédé de régulation selon l'invention.

Les véhicules de transport, par exemple un métro ou un tramway, sont asservis entre stations au moyen d'une unité de régulation centrale permettant au véhicule d'arriver dans une station à un horaire donné.

L'unité de régulation centrale fait appel à deux marches de référence extrêmes dites marche tendue 6 et marche détendue 7.

La marche tendue 6 correspond au délai de parcours le plus court et la marche détendue 7 correspond au délai de parcours le plus long.

Un exemple de ces deux marches de référence extrêmes sont représenté sur la figure 1.

Cette figure 1 représente donc des courbes de vitesses V en fonction de l'itinéraire I du moyen de transport et plus particulièrement un exemple de deux marches de référence extrêmes utilisées par le procédé de régulation d'un moyen de transport guidé, conformément à l'invention.

Le procédé de régulation de l'invention est un procédé de régulation par asservissement d'horaire.

Ce procédé de régulation de l'invention complète le procédé de régulation centrale de l'état de la technique.

Les deux marches de référence extrêmes sont des marches prédéfinies ou calculées en temps réel.

Contrairement au procédé de régulation centrale qui a connaissance de l'ensemble des horaires des véhicules du réseau, le procédé de régulation par asservissement d'horaires de l'invention n'a connaissance que des horaires du véhicule qu'il est susceptible de réguler.

Le procédé de régulation d'un moyen de transport guidé, conformément à l'invention, est tel que la marche 8A ou 8B du moyen de transport est asservie par rapport à plusieurs marches précalculées en fonction d'un horaire à respecter.

Les marches précalculées, si elles sont au nombre de deux, sont constituées uniquement des deux marches de référence extrêmes 6 et 7.

Dans le cas de plus de deux marches précalculées, les deux marches de référence extrêmes 6 et 7 sont complétées par au moins une autre marche de référence intermédiaire.

La mise en oeuvre du procédé de régulation par asservissement d'horaires de l'invention est obtenue au moyen de points de contrôle P_i répartis le long du trajet prédéfini du moyen de transport.

Le procédé de régulation conforme à l'invention comporte les étapes suivantes:

- calcul, à un point de contrôle donné par rapport à un point de contrôle précédent, du retard ou de l'avance horaire du moyen de transport régulé, et
- détermination d'une vitesse à respecter en fonction du retard ou de l'avance horaire de manière à ce que le moyen de transport ait, à un point de contrôle suivant, une vitesse but prédéterminée.

En tenant compte de la régulation du véhicule concerné au moyen du procédé de régulation centrale, le procédé de régulation par asservissement d'horaires de l'invention calcule la consigne de vitesse V_c en applicant un coefficient écart/temps χ aux consignes de vitesse permettant d'obtenir la marche tendue ou la marche détendue.

A titre d'exemple, ce coefficient écart/temps χ est donné par l'expression:

$$\chi = \frac{T_{rmd} - T_r}{T_{rmd} - T_{rmt}}$$

où

T_{rmd} est le temps de trajet restant en marche précalculée lente,
T_{rmt} est le temps de trajet restant en marche précalculée rapide, et
T_r est le temps de trajet restant pour respecter l'horaire.

Le temps de trajet restant en marche détendue T_{rmd} et le temps de trajet restant en marche tendue T_{rmt} sont des valeurs précalculées. Ces valeurs sont contenues dans des moyens de contrôle définissant les points de contrôle P_i.

Les moyens de contrôle sont constitués, par exemple, par des balises au sol connues de l'état de la technique.

L'ensemble des points de contrôle P_i définis par les moyens de contrôle, décrivent la marche détendue et la marche tendue du véhicule.

Le coefficient écart/temps χ est calculé après chaque passage sur un point de contrôle P_i.

La vitesse de consigne V_c fournie au moyen du procédé de régulation par asservissement d'horaire de l'invention est donné par l'expression:

$$V_c = V_{cmd} + \chi . (V_{cmt} - V_{cmd})$$

où

V_c est la vitesse de consigne fournie au moyen du

procédé de régulation par asservissement d'horaire,

V_{cmd} est la vitesse de consigne permettant de suivre la marche détendue,

V_{cmt} est la vitesse de consigne permettant de suivre la marche tendue, et

χ est le coefficient écart/temps défini ci-dessus.

Il ressort de cette expression que lorsque le coefficient écart/temps χ est égal à 0, le véhicule suivra la marche détendue et lorsque le coefficient écart/temps χ est égal à 1, le véhicule suivra la marche tendue.

Lorsque le coefficient écart/temps χ est compris entre les valeurs 0 et 1 non compris ces deux valeurs, la marche du véhicule se situera entre la marche détendue et la marche tendue.

Comme indiqué précédemment, des exemples de marches de références extrêmes et de marche du véhicule sont représentés à la figure 1.

La marche 8A du moyen de transport représentée à la figure 1 correspond à une régulation pour laquelle le coefficient écart/temps χ est égale, par exemple, à 0,5. Cette valeur correspond à une marche pour laquelle il n'y a pas de perturbation.

La marche 8B du moyen de transport représentée à la figure 1 correspond à une régulation pour laquelle le coefficient écart/temps χ oscille entre les valeurs 0 et 1. Cette régulation correspond à une marche pour laquelle une perturbation P intervient, par exemple entre le point de contrôle P_2 et le point de contrôle P_3.

Il ressort de la marche 8B du moyen de transport que, suite à la perturbation P, le procédé de régulation impose un coefficient écart/temps χ proche de la valeur 1 et donc une vitesse de consigne V_c proche de la vitesse en marche tendue de manière à permettre au moyen de transport de rattraper son retard sur l'horaire et d'arriver à la station S, sauf perturbation exceptionnelle, à l'horaire fixé.

A chaque point de contrôle P_i sont associées des informations relatives à la position du point de contrôle P_i, à la distance séparant le point de contrôle P_i au point de contrôle suivant P_{i+1}, au temps restant pour parcourir la distance séparant le point de contrôle P_i à la station suivante et à la vitesse, appelée vitesse but, que doit avoir le véhicule au prochain point de contrôle P_{i+1}.

Il est évident que plus le nombre de points de contrôle Pi est élevé meilleure sera la régulation.

Il n'est toutefois pas nécessaire de disposer de points de contrôle P_i trop rapprochés afin de permettre la réalisation des calculs avant le passage du véhicule sur le point de contrôle suivant P_{i+1}.

A titre d'exemple, les points de contrôle P_i sont disposés de la manière suivante:

- un premier point de contrôle P_1 est situé au point d'arrêt de la station,
- le deuxième point de contrôle P_2 est situé après la station à la position à laquelle le véhicule a sa vitesse maximale,
- les points de contrôle P_i suivants sont séparés les uns des autres d'une distance proche de la distance parcourue par le véhicule pendant une durée égale à trente secondes lorsque le véhicule est en marche détendue.

Dans tous les cas, la marche du véhicule définie au moyen du procédé de régulation par asservissement d'horaire de l'invention est inscrite dans les marches définies au moyen du procédé de régulation centrale et correspondant aux marches de références extrêmes, à savoir la marche détendue et la marche tendue.

La figure 2 représente un algorithme d'un automate à états finis permettant la mise en oeuvre du procédé de régulation selon l'invention.

Cette figure 2 montre cinq états 1 à 5 de l'automate, seul un de ces états peut être actif à un moment donné.

Chaque état est identifié au moyen d'un des numéro 1 à 5, l'état des sorties et les actions réalisées sont également indiqués.

L'état noté 1 est l'état d'initialisation et est actif lors de l'activation de l'automate.

Les transitions sont notées entre deux états successifs et indiquent l'événement impliquant le changement d'état.

Revendications

1. Dispositif de régulation d'un moyen de transport guidé, le dispositif étant susceptible d'être utilisé pour la mise en oeuvre du procédé selon les revendications 4 à 9, comportant des moyens de contrôle, chacun de ces moyens définissant un point de contrôle P_i.

2. Dispositif selon la revendication 1, dans lequel lesdits points de contrôle P_i sont disposés de la manière suivante:

   - un premier point de contrôle P_1 est situé au point d'arrêt de la station,
   - un deuxième point de contrôle P_2 est situé après la station à la position à laquelle le véhicule a sa vitesse maximale, et
   - les points de contrôle P_i suivants sont séparés les uns des autres d'une distance proche de la distance parcourue par le véhicule durant un écart de temps donné, lorsque le véhicule est en marche détendue.

3. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, dans lequel l'écart de temps donné est égal à trente secondes.

4. Procédé de régulation d'un moyen de transport guidé, dans lequel la régulation est obtenue par asser-

vissement de l'horaire dudit moyen de transport.

5. Procédé selon la revendication 4, dans lequel la marche dudit moyen de transport est asservie, en fonction d'un horaire à respecter, par rapport à plusieurs marches précalculées.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 4 et 5, comportant les étapes suivantes:

- calcul, à un point de contrôle donné par rapport à une heure estimé au point de contrôle précédent, du retard ou de l'avance horaire dudit moyen de transport, et
- détermination d'une vitesse de consigne V_c à respecter en fonction dudit retard ou de ladite avance horaire de manière à ce que ledit moyen de transport ait réduit son retard ou son avance, à un point de contrôle suivant.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 4 et 6, dans lequel la détermination de la vitesse à respecter en fonction dudit retard ou de ladite avance horaire découle desdites marches précalculées et s'effectue en leur appliquant un coefficient écart/temps χ.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 4 à 7, dans lequel ledit coefficient écart/temps χ est donné par l'expression:

$$\chi = \frac{T_{rmd} - T_r}{T_{rmd} - T_{rmt}}$$

où

T_{rmd} est le temps de trajet restant en marche détendue
T_{rmt} est le temps de trajet restant en marche tendue,
T_r est le temps de trajet restant en marche régulée.

9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 4 à 7, dans ladite vitesse de consigne V_c est donnée par l'expression:

$$V_c = V_{cmd} + \chi . (V_{cmt} - V_{cmd})$$

où

V_c est la vitesse de consigne fournie au moyen du procédé de régulation par asservissement d'horaire,
V_{cmd} est la vitesse de consigne permettant de suivre la marche détendue,
V_{cmt} est la vitesse de consigne permettant de suivre la marche tendue, et
χ est le coefficient écart/temps.

FIG.1

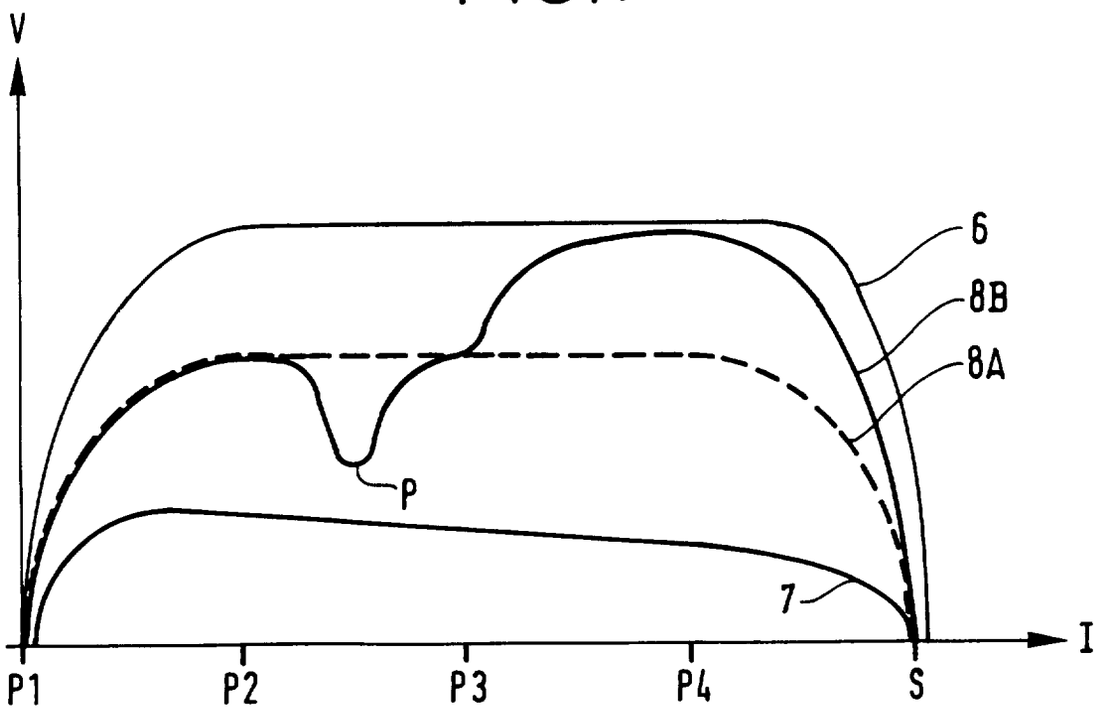
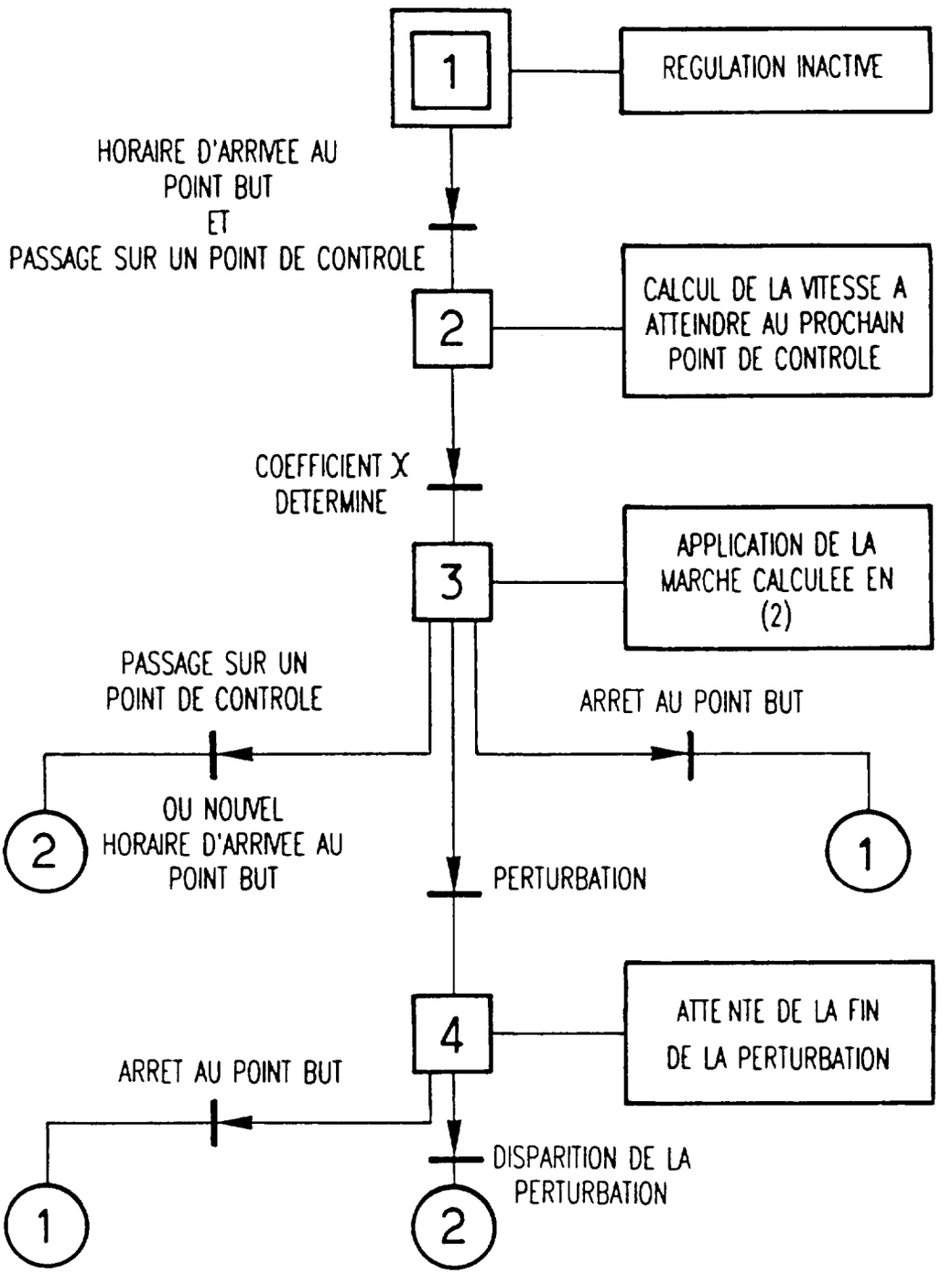


FIG.2


1
REGULATION INACTIVE
HORAIRE D'ARRIVEE AU POINT BUT ET PASSAGE SUR UN POINT DE CONTROLE
2
CALCUL DE LA VITESSE A ATTEINDRE AU PROCHAIN POINT DE CONTROLE
COEFFICIENT X DETERMINE
3
APPLICATION DE LA MARCHE CALCULEE EN (2)
PASSAGE SUR UN POINT DE CONTROLE
ARRET AU POINT BUT
2
OU NOUVEL HORAIRE D'ARRIVEE AU POINT BUT
1
PERTURBATION
4
ATTENTE DE LA FIN DE LA PERTURBATION
ARRET AU POINT BUT
DISPARITION DE LA PERTURBATION
1
2