



(12) FASCICULE DE BREVET

- (11) N° de publication : **MA 35902 B1** (51) Cl. internationale : **B01J 19/00; B01J 8/18; B01J 8/08; B01J 8/00**
- (43) Date de publication : **01.12.2014**

-
- (21) N° Dépôt : **37277**
- (22) Date de Dépôt : **07.08.2014**
- (86) Données relatives à l'entrée en phase nationale selon le PCT : **PCT/EP2012/051333 27.01.2012**
- (71) Demandeur(s) : **OUTOTEC (FINLAND) OY, Puolikkotie 10 FI-02230 Espoo (FI)**
- (72) Inventeur(s) : **STEGEMANN, Bertold ; HILTUNEN, Pekka**
- (74) Mandataire : **ABU-GHAZALEH INTELLECTUAL PROPERTY (TMP AGENTS)**

-
- (54) Titre : **PROCÉDÉ DE FONCTIONNEMENT D'UN RÉACTEUR ALIMENTÉ PAR CARBURANT**
- (57) Abrégé : La présente invention concerne un procédé de fonctionnement d'un réacteur alimenté par carburant, selon lequel du carburant est introduit dans un réacteur et y est brûlé au moyen d'au moins un brûleur principal. Les paramètres pertinents du processus sont surveillés et le brûleur principal est arrêté si un ou plusieurs des paramètres pertinents sortent d'une plage de fonctionnement critique prédéterminée. Dans la plage de fonctionnement critique prédéterminée pour l'arrêt forcé, une plage de fonctionnement plus stricte pour le critère d'arrêt est mise en œuvre, et le brûleur principal est arrêté si un ou plusieurs des paramètres pertinents sortent de la seconde plage de fonctionnement, tandis qu'au moins un brûleur pilote continue de fonctionner tant que les paramètres pertinents sont maintenus dans la plage de fonctionnement critique.

Abrégé :

Procédé de fonctionnement d'un réacteur alimenté par carburant

- 5 Dans un procédé de fonctionnement d'un réacteur alimenté par carburant, le carburant est introduit dans un réacteur et y est brûlé au moyen d'au moins un brûleur principal. Les paramètres pertinents du procédé sont surveillés et le brûleur principal est arrêté si un ou plusieurs parmi les paramètres pertinents sortent d'une plage de fonctionnement critique prédéterminée. Dans la plage de
- 10 fonctionnement critique prédéterminée pour l'arrêt forcé, une plage de fonctionnement plus stricte pour le critère d'arrêt est mise en œuvre, et le brûleur principal est arrêté si un ou plusieurs des paramètres pertinents sortent de la seconde plage de fonctionnement, tandis qu'au moins un brûleur pilote continue de fonctionner tant que les paramètres pertinents sont maintenus dans la plage
- 15 de fonctionnement critique. (Fig. 2)

01 DEC 2014

- 1 -

35902

Procédé de fonctionnement d'un réacteur alimenté par carburant

5 La présente invention concerne un procédé d'exploitation d'un réacteur alimenté par du carburant, dans lequel le carburant est introduit dans un réacteur et y est brûlé à l'aide d'au moins un brûleur principal, dans lequel les paramètres pertinents du procédé sont surveillés et dans lequel le brûleur principal est arrêté si un ou plusieurs parmi les paramètres pertinents sort d'une plage de fonctionnement critique prédéterminée.

10

Dans un grand nombre de procédés thermiques, l'équipement de traitement est chauffé par une installation de brûleur de préchauffage avant le démarrage du système de brûleur principal nécessaire pour le fonctionnement en continu de l'unité désignée. Lorsque le système de brûleur principal est actionné, le brûleur de préchauffage est arrêté. Tous les modes de fonctionnement du brûleur sont régis par les réglementations nationales ou internationales telles que la norme EN 746-2, ou équivalent. Afin d'éviter toute exploitation dangereuse résultant de la combustion incomplète, la violation des paramètres stipulés dans ladite réglementation, qui définissent un résultat admissibles ou ci-après désigné plage de fonctionnement critique, résulte en l'arrêt obligatoire du système de brûleur. Les modes et les procédés de fonctionnement actuellement utilisés résultent en un arrêt forcé du système de brûleur et par la suite l'ensemble du procédé lorsque les paramètres pertinents de sécurité, en particulier la température, le rapport air/carburant, la concentration O₂, etc. dans le réacteur, ont été violés. En outre, le réacteur doit souvent être purgé en résultant en une perte importante de température, de temps, de combustible de chauffage et de production étant donné que le réchauffage pour un redémarrage du réacteur est requis.

25

Il est, par conséquent, l'objet de la présente invention d'éviter les arrêts inutiles du réacteur afin de réduire la perte d'énergie et de production.

5 Avec la présente invention, cet objectif est atteint par un procédé comprenant les caractéristiques de la revendication 1. En particulier, il est prévu que dans la plage de fonctionnement critique prédéterminée pour l'arrêt forcé du réacteur, une plage de fonctionnement secondaire plus stricte pour le critère d'arrêt est mise en œuvre, dans laquelle le brûleur principal est arrêté si un ou plusieurs parmi les paramètres pertinents sortent de la seconde plage de fonctionnement, 10 tandis qu'au moins un brûleur pilote continue de fonctionner tant que les paramètres pertinents sont maintenus dans la plage de fonctionnement critique. Le ou les brûleurs pilotes eux-mêmes sont de préférence surveillés par un système de gestion du brûleur séparé du système de brûleur principal, conformément aux exigences légales en vigueur, telles que EN-746-2.

15 La pratique a montré que la plupart des réacteurs fonctionnant au carburant sont généralement exploités sur une gamme de paramètres de fonctionnement assez réduite. En raison d'influences externes telles que les fluctuations dans la composition du carburant, la pression du réacteur, etc., un ou plusieurs parmi 20 les paramètres pertinents sortent non seulement de la plage de fonctionnement normale mais aussi de la plage de fonctionnement critique menant à un arrêt forcé de l'ensemble du réacteur. Dans la plupart des cas, les paramètres de fonctionnement peuvent être très rapidement restitués à la plage de fonctionnement autorisée, par exemple, en adaptant l'alimentation en carburant ou en 25 O₂, mais en raison de la réglementation officielle, l'arrêt de l'unité est nécessaire dès que la plage de fonctionnement critique est violée.

30 Par la fourniture de la gamme de fonctionnement secondaire plus rigoureuse, le brûleur principal est arrêté bien avant que la plage de fonctionnement critique ne soit atteinte de telle manière à ce que dans la plupart des cas, le réacteur

puisse être stabilisé et est remis à des conditions normales de fonctionnement en adaptant les variables d'entrée. Dans cette période de temps, le brûleur pilote est toujours actionné afin de maintenir la température dans le réacteur. En conséquence, il n'est pas nécessaire de réchauffer le réacteur après que la
5 plage de fonctionnement normale est de nouveau obtenue. En outre, une purge du réacteur n'est pas nécessaire tant que la plage de fonctionnement critique n'est pas violée.

Dans un mode de réalisation préféré de l'invention, le brûleur principal est re-
10 démarré dès que tous les paramètres sont retourné à se situer dans la plage de fonctionnement secondaire, de manière à ce que le fonctionnement normal du réacteur puisse être rapidement repris.

De préférence, et selon le paramètre correspondant, le seuil supérieur de la
15 plage de fonctionnement secondaire est d'environ 5 à 50%, de préférence d'environ 7,5 à 30% et plus préférablement de 10 à 20% inférieur au seuil supérieur de la plage de fonctionnement critique, et le seuil inférieur de la plage de fonctionnement secondaire est d'environ 5 à 50%, de préférence d'environ 7,5 à 30% et plus préférablement de 10 à 20% supérieur au seuil inférieur de la plage
20 de fonctionnement critique. Le fonctionnement normal est donc réalisé dans une plage de fonctionnement plus réduite correspondant de préférence à entre 60 et 80% de la plage de fonctionnement critique définie par la réglementation nationale ou internationale pertinente. Dans la plupart des cas, il s'agit d'assurer un fonctionnement continu du réacteur tandis que la plage de fonctionne-
25 ment secondaire prévoit une possibilité facile de réajuster les conditions de fonctionnement au sein du réacteur, sans nécessiter un arrêt complet.

En général, les paramètres pertinents du procédé sont la température, l'air/carburant et/ou la concentration du O₂ à l'intérieur du réacteur. Selon le

procédé et les règlements officiels pertinents, cependant, d'autres paramètres peuvent être pris en compte.

5 Sauf pour une brève période de temps lors du passage du préchauffage à un fonctionnement normal, la procédure standard actuelle veut que les brûleurs de préchauffage et les brûleurs principaux ne soient pas exploités en parallèle. Au contraire, dans l'art antérieur, les brûleurs de préchauffage sont arrêtés une fois que les brûleurs principaux commencent leur fonctionnement. Contrairement à cela, la présente invention prévoit un fonctionnement en parallèle du brûleur 10 pilote et du brûleur principal, tant que les paramètres du procédé sont maintenus à l'intérieur de la plage de fonctionnement secondaire. De ce fait, un passage en douceur est assuré lorsque les brûleurs principaux sont arrêtés à la sortie de la plage de fonctionnement secondaire. Le brûleur pilote peut facilement maintenir la température dans le réacteur afin de permettre un démarrage 15 en douceur sans qu'il soit nécessaire de purger le réacteur.

Dans l'art antérieur, les brûleurs de préchauffage sont généralement alimentés avec du carburant diesel, tandis que les brûleurs principaux fonctionnent avec du fuel lourd ou au gaz naturel. Cela nécessite deux infrastructures d'approvisionnement en carburant séparées et ainsi augmente les coûts d'équipement et 20 d'entretien. En faisant fonctionner le brûleur principal et le brûleur pilote avec le même carburant que le brûleur principal, en particulier avec du fuel lourd ou du gaz naturel, l'infrastructure peut être facilitée et les coûts peuvent être réduits.

25 L'invention va maintenant être décrite en plus de détails sur la base d'un mode de réalisation préféré et le dessin.

Dans le dessin :

La figure 1 est un diagramme de flux du procédé simplifié d'une installation mettant en œuvre le procédé de la présente invention, et

5 La figure 2 est un diagramme représentant schématiquement les plages de fonctionnement utilisées dans le procédé de la présente invention.

Dans l'installation représentée à la Figure 1, un réacteur 1, en particulier un four, comprend un système du brûleur principal 2 et un système de veilleuse ou de brûleur pilote 3. Le système de brûleur principal 2 et/ou le système de brûleur pilote 3 peuvent être constitués chacun d'un ou plusieurs brûleurs, en particulier quatre. Le brûleur principal 2 et le brûleur pilote 3 sont alimentés en combustible fossile, en particulier le fioul lourd, stocké dans un réservoir de carburant 4 par la conduite d'alimentation principale 5 et la conduite d'alimentation pilote 6, respectivement. Une pompe à carburant 7 fournit la pression de carburant requise, tandis que la température de combustible requise est réglée par un dispositif de préchauffage de carburant 8. Au lieu du fuel lourd, le gaz naturel ou tout autre carburant fossile ou de synthèse approprié peut être utilisé.

15 L'air de combustion est introduit dans le réacteur 1 à travers le conduit 9 sous forme d'air primaire. En outre, l'air secondaire peut être introduit si nécessaire. Le gaz de combustion est retiré du réacteur 1 à travers le conduit 10.

Dans le conduit d'alimentation principale 5 et le conduit d'alimentation du pilote 6 des vannes d'arrêt 11, 12 sont prévues qui sont exploités respectivement par un système de sécurité et de verrouillage 13 et un système de sécurité du brûleur pilote 14.

Lors du fonctionnement, les paramètres pertinents dans le réacteur 1 et/ou le conduit de gaz d'échappement 10, tels que la température dans le réacteur, le rapport d'air/carburant et/ou la concentration d'oxygène dans le réacteur etc.,

sont détectés par des capteurs respectifs (non représentés) et introduit dans un système de commande, en particulier le système de sécurité et de verrouillage 13 et le système de sécurité du brûleur pilote 14, où ils sont comparés à des paramètres de procédé prédéterminés définis par le personnel d'exploitation

5 et/ou les réglementations officielles.

Si la comparaison entre les paramètres de fonctionnement réels dans le réacteur 1 et les paramètres de procédé prédéterminés révèle que l'un ou plusieurs parmi les paramètres dépasse un seuil supérieur ou inférieur d'une plage de

10 fonctionnement secondaire définie pour le procédé, le système de sécurité et de verrouillage 13 fermera la vanne d'arrêt 11 de manière à éteindre le brûleur principal 2. Le brûleur d'allumage 3, cependant, est encore alimenté en carburant par l'intermédiaire de la ligne d'alimentation pilote 6 de manière à ce qu'il continue à fonctionner et maintenir la température au sein du réacteur 1. Si lors

15 de la poursuite du fonctionnement du réacteur 1, les paramètres de fonctionnement réels mesurés dans le réacteur 1 retournent à la plage de fonctionnement admissible dans la plage de fonctionnement secondaire, la vanne d'arrêt 11 est à nouveau ouverte et le brûleur principal 2 est relancé pour que le réacteur 1 retourne au fonctionnement normal.

20 Si, par contre, la comparaison entre les paramètres réels du procédé dans le réacteur 1 et les paramètres du procédé prédéterminés révèle que les paramètres réels du procédé dépassent les seuils critiques définissant une plage de fonctionnement critique, le réacteur 1 doit être arrêté complètement, afin de se

25 conformer aux réglementations officielles. Dans ce cas, non seulement la vanne d'arrêt 11 menant au brûleur principal 2 mais aussi la vanne d'arrêt 12 menant au brûleur pilote 3 sont fermées de manière à ce que tous les brûleurs 2, 3 et ainsi le réacteur complet 1 soient arrêtés. Dans ce cas, le réacteur 1 doit être purgé, ce qui est normalement effectué par la voie principale d'air primaire

30 et/ou un conduit d'air secondaire. Par la suite, le préchauffage du réacteur 1

par le bruleur pilote 3 peut être repris, et lorsque la température prédéterminée du réacteur 1 est atteinte les principaux brûleurs 2 sont également mis en marche.

- 5 Dans la Figure 2, les paramètres de procédé mesurés pendant le fonctionnement normal sont présentés. La courbe T indique la température au sein du réacteur, tandis que la courbe C indique la concentration en O₂ à l'intérieur du réacteur. Ces paramètres ne sont que des exemples de paramètres de procédé pertinents possibles nécessaires pour surveiller un procédé contrôlé dans le
- 10 réacteur 1.

Comme le montre la Figure 2, les deux courbes T et C sont bien dans le plage de fonctionnement normal. La zone de fonctionnement normal est limitée par les seuils supérieur et inférieur définissant TSH et TSL pour un arrêt contrôlé du

15 réacteur si ce seuil est franchi par la courbe T ou C. Dans le cas d'un tel arrêt contrôlé, le brûleur principal 2 est arrêté comme décrit ci-dessus alors que le brûleur pilote 3 continue à fonctionner. De ce fait, la température dans le réacteur 1 est maintenue à un niveau souhaité.

- 20 Dans le cas où la température ou la concentration en O₂ sortent d'une plage de fonctionnement critique telle que définie par les niveaux supérieurs et inférieurs TSHH et TSLI, un arrêt complet et incontrôlé du réacteur 1 doit être effectué afin de se conformer aux réglementations officielles. Dans ce cas, le brûleur pilote 3 est également arrêté comme décrit ci-dessus.

25 Dans la plupart des cas, cependant, il suffit d'arrêter le brûleur principal 2, si le seuil d'arrêt contrôlé est dépassé, de manière à ce que le réacteur 1 puisse revenir à des conditions de fonctionnement normales. Ensuite, le brûleur principal 2 est relancé.

30

Le procédé selon l'invention permet un redémarrage rapide de minimiser les temps d'arrêt du réacteur et en augmentant la disponibilité. De ce fait, les pertes d'énergie peuvent être réduites au minimum et les chiffres de production peuvent être augmentés. Puisque le brûleur principal 2 et le brûleur pilote 3 fonctionnent au même combustible, il est possible de réduire les coûts d'investissement. Puisque le procédé selon l'invention peut être inclus dans le fonctionnement des installations existantes, ces installations peuvent être réorganisées de manière à ce que l'efficacité de fonctionnement puisse être améliorée.

10 Exemple - Calcination de l'alumine

La calcination de l'alumine est souvent effectuée dans un réacteur circulant à lit fluidisé. La température de fonctionnement T préférée d'un tel réacteur est d'environ 950°C . Si le fuel lourd est utilisé comme combustible, la température de combustion minimale admissible est de 750°C . Si la température dans le réacteur tombe en dessous de cette limite, le réacteur doit être arrêté. En raison de contraintes matérielles, la température maximale de fonctionnement du réacteur de calcination est de 1100°C . Habituellement, le système de brûleur est arrêté si la teneur en oxygène libre (O_2) tombe au-dessous d'environ 1 vol.-%. Il n'y a pas de limite supérieure pour la concentration d'oxygène car elle n'est pertinente pour la sécurité de l'installation.

Sur la base de la plage de fonctionnement critique de la température de $750^{\circ}\text{C} < T < 1100^{\circ}\text{C}$, la limite inférieure de la gamme respective de fonctionnement secondaire pourrait par exemple être fixé à 800°C ou 825°C , tandis que la limite supérieure de la plage de fonctionnement secondaire sera par exemple fixée à 1050°C . Si le seuil supérieur n'est pas pertinent pour la sécurité de l'installation (pas d'arrêt obligatoire de l'installation en cas de dépassement de ce seuil), aucun seuil supérieur ne doit être défini pour la plage de fonctionnement secondaire.

5 Le seuil inférieur de la plage de fonctionnement secondaire de la concentration en oxygène C peut être fixé par exemple à 1,5 vol.-%. Il n'y a pas de seuil supérieur critique de la concentration en oxygène puisqu'il n'est pas pertinent pour la sécurité de l'installation. En conséquence, aucun seuil supérieur respectif de la plage de fonctionnement secondaire n'est défini.

Ceci résulte en les plages de fonctionnement suivantes :

- 10 T: plage de fonctionnement critique : $750^{\circ}\text{C} < T < 1100^{\circ}\text{C}$
plage de fonctionnement secondaire : $800^{\circ}\text{C} < T < 1050^{\circ}\text{C}$
C: plage de fonctionnement critique : $C > 1 \text{ vol.-%}$
plage de fonctionnement secondaire : $C > 1,5 \text{ vol.-%}$

15 Les valeurs ci-dessus sont destinées à illustrer la présente invention seulement sur la base d'un mode de réalisation préféré mais ne limitent pas la portée de protection des revendications annexées. Le rapport approprié entre les seuils des plages de fonctionnement critiques et secondaires devra être adapté au paramètre, procédé et installation correspondants.

20

Numéros de référence

5	1	réacteur
	2	bruleur principal
	3	bruleur pilote
	4	réservoir de carburant
	5	conduit principal d'alimentation
10	6	conduit d'alimentation du pilote
	7	pompe à carburant
	8	veilleuse de carburant
	9	conduit
	10	conduit
15	11	vanne d'arrêt du bruleur principal 2
	12	vanne d'arrêt du bruleur principal 3
	13	système de sécurité et de verrouillage
	14	système de sécurité du bruleur pilote
20	T	température
	C	concentration en O ₂

TSL seuil inférieur de la plage de fonctionnement secondaire

TSH seuil supérieur de la plage de fonctionnement secondaire

25 TSSL seuil inférieur de la plage de fonctionnement critique

TSHH seuil supérieur de la plage de fonctionnement critique

Revendications :

1. Procédé pour faire fonctionner un réacteur alimenté par carburant, dans lequel le carburant est introduit dans un réacteur et y est brûlé à l'aide
5 d'au moins un brûleur principal, dans lequel les paramètres pertinents du procédé sont contrôlés et dans lequel le brûleur principal est éteint si un ou plusieurs parmi les paramètres pertinents sort d'une plage de fonctionnement critique prédéterminée, **caractérisé en** ce que dans la plage de fonctionnement critique prédéterminée pour l'arrêt forcé une plage de
10 fonctionnement secondaire, plus stricte pour les critères d'arrêt est mise en œuvre, et le brûleur principal est éteint si un ou plusieurs parmi les paramètres pertinents sort de la plage de fonctionnement secondaire, alors qu'au moins un brûleur pilote continue à fonctionner tant que les paramètres correspondants sont maintenus à l'intérieur de la plage de fonctionnement critique.
15
2. Le procédé de la revendication 1 dans lequel le brûleur principal est redémarré si les paramètres pertinents retournent à se positionner dans
20 la plage de fonctionnement secondaire.
3. Le procédé selon la revendication 1 ou 2 dans lequel le seuil supérieur de la plage de fonctionnement secondaire est inférieur d'environ 5 à 50% au seuil supérieur de la plage de fonctionnement critique.
- 25 4. Le procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel le seuil inférieur de la plage de fonctionnement secondaire est supérieur d'environ 5 à 50% au seuil inférieur de la plage de fonctionnement critique.

5. Le procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel les paramètres du procédé sont la température, le rapport air/carburant et/ou la concentration en O₂ à l'intérieur du réacteur.
- 5 6. Le procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel pendant le fonctionnement normal dans la plage de fonctionnement secondaire le bruleur pilote fonctionne en parallèle avec le bruleur principal.
- 10 7. Le procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes dans lequel le bruleur principal et le bruleur pilote sont exploités au même carburant.
- 15 8. Le procédé selon la revendication 7 dans lequel le bruleur principal et le bruleur pilote sont exploités au fuel lourd ou au gaz naturel.

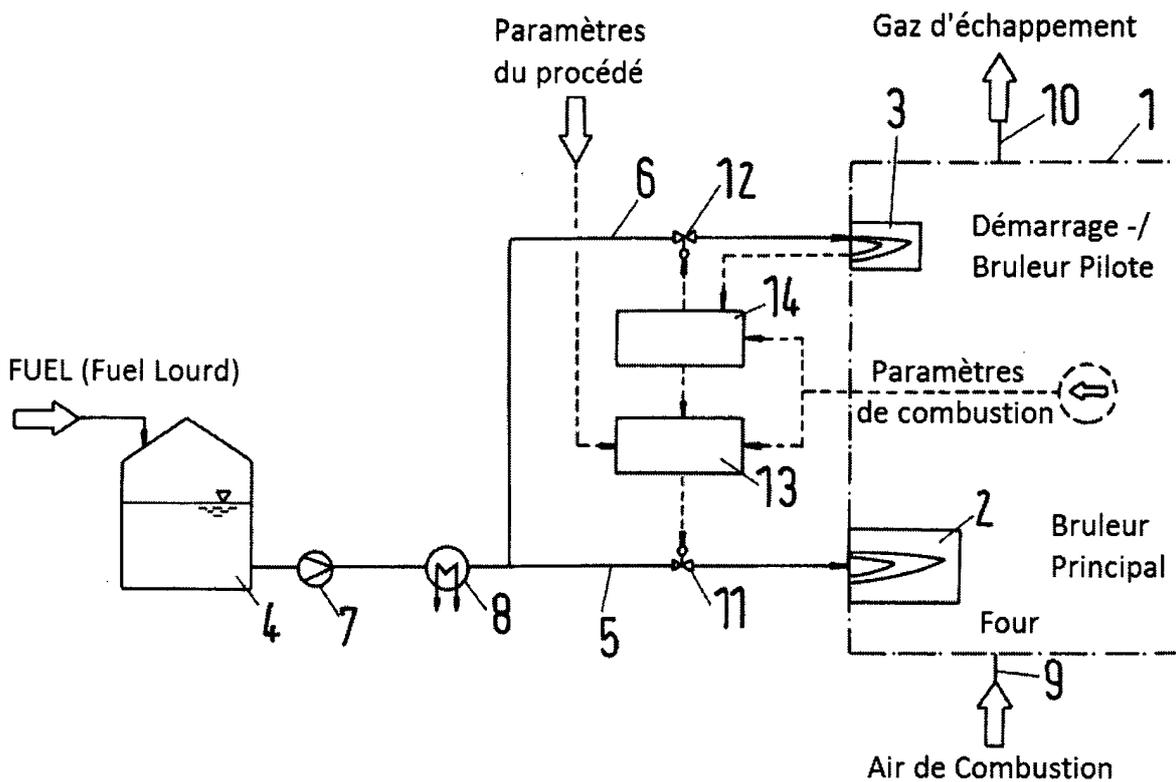


Fig.1

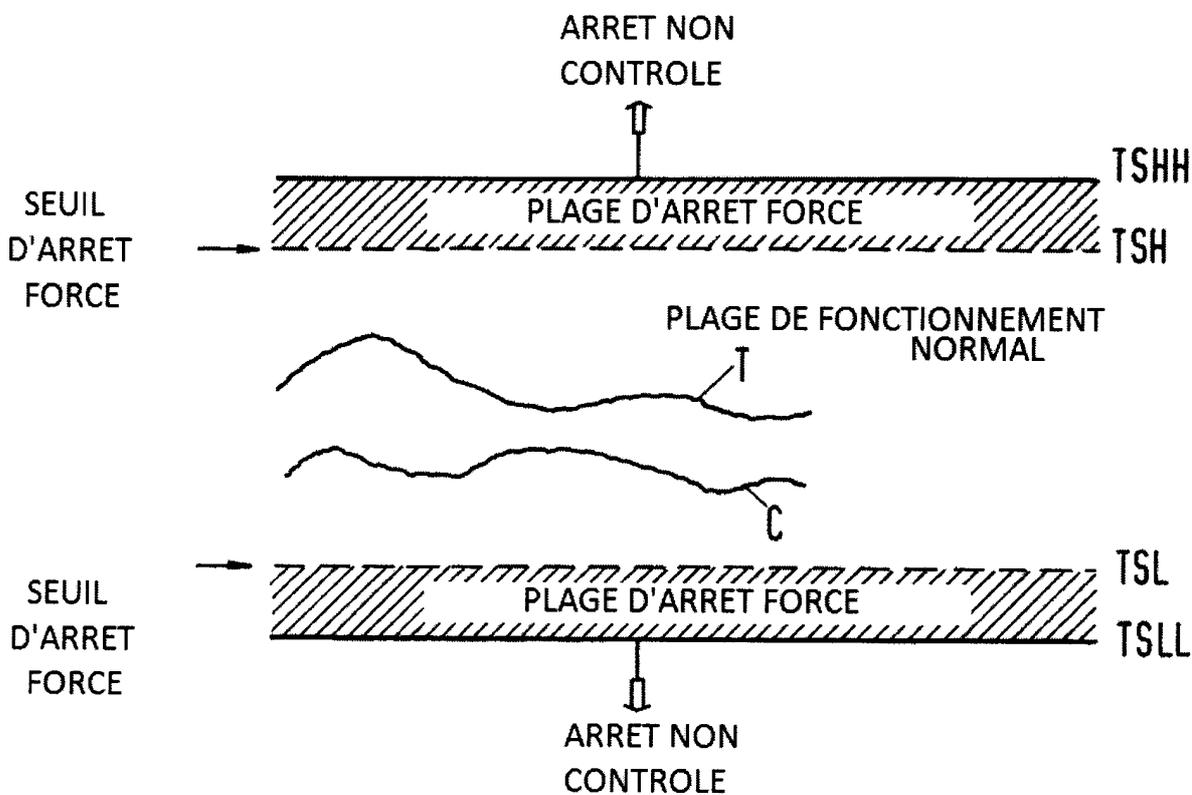


Fig.2