



(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(21) Numéro de dépôt : **92430025.4**

(51) Int. Cl.⁵ : **F23N 1/02, F23N 5/00**

(22) Date de dépôt : **20.10.92**

(30) Priorité : **25.10.91 FR 9113541**

(43) Date de publication de la demande :
28.04.93 Bulletin 93/17

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

(71) Demandeur : **ENTREPRISE GENERALE DE CHAUFFAGE INDUSTRIEL PILLARD. Société anonyme dite:
13, rue Raymond Teissère
F-13008 Marseille (FR)**

(72) Inventeur : **Gauthier, Jean-Claude**

**1, Impasse de l'Eglise
F-13007 Marseille (FR)
Inventeur : Egéa, Raymond
Avenue de la Fourragère, Le Vendôme,
Bâtiment 34
F-13012 Marseille (FR)
Inventeur : Garin, Michel
14, rue des Mousses
F-13008 Marseille (FR)**

(74) Mandataire : **Moretti, René et al
Cabinet Beau de Loménie "Prado-Mermoz"
232, Avenue du Prado
F-13008 Marseille (FR)**

(54) Procédé et dispositif de régulation de charge pour chaudière à grille mécanique.

(57) La présente invention a pour objet un dispositif de régulation de charge pour chaudière à grille mécanique (1), à vitesse d'entraînement "V" réglable et utilisant du combustible solide (2) alimenté à travers un régulateur (5) de hauteur "h" de couche (3), et apte à transmettre un circuit échangeur (17) une puissance thermique réglable.

Il comprend une unité de calcul (25) relié au moins à différents capteurs de mesure de ladite hauteur "h", de ladite vitesse "V" et des paramètres de fonctionnement dudit circuit échangeur (17), et dans lequel est stocké en mémoire un coefficient Ko propre au combustible (2) utilisé, tel que la puissance théorique que peut dégager ledit combustible dans la chambre de combustion (6) de la chaudière est $Q_b = V \times h \times K_o$. Cette valeur Ko est corrigée par ladite unité de calcul (25) chaque fois que l'écart entre la puissance théorique Qb et celle transmise Qm au circuit (17) est trop importante, et remplacée par une nouvelle valeur Ki calculée à partir de cette dernière chaleur mesurée. Ladite unité de calcul (25) est reliée à tout système de régulation (22) pilotant le débit d'air envoyé dans la chambre de combustion de ladite chaudière et prenant ainsi en compte ladite valeur de puissance théorique Qb et celle demandée par ledit circuit échangeur (17).

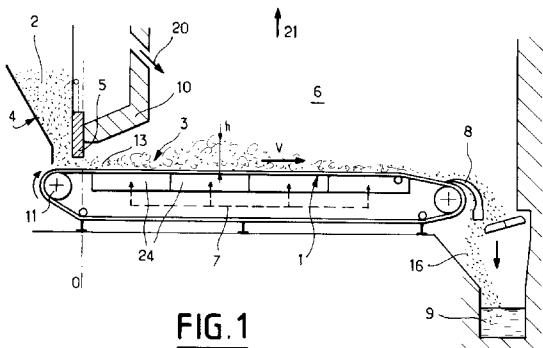


FIG. 1

La présente invention a pour objet un procédé et dispositif de régulation de charge pour chaudière à grille mécanique.

Le secteur technique de l'invention est le domaine des chaudières à grille mécanique utilisant un combustible solide.

Une des applications principales de l'invention est la réalisation d'équipements permettant la régulation de puissance d'une chaudière à grille mécanique en fonction des besoins de l'utilisation, tout en assurant une combustion optimale et malgré des variations possibles de qualité physique et chimique du combustible solide.

Pour cela, les chaudières à grilles mécaniques connues à ce jour sont généralement en conduite manuelle. Le chauffeur dispose d'un certain nombre de dispositifs, tels que regards, mesures de température ou de pression et modifie l'allure de la grille en fonction des besoins. Cette modification d'allure se fait en agissant sur plusieurs paramètres, tel que :

- la vitesse de rotation de la grille;
- le réglage de la hauteur de couche;
- la position des volets des caissons d'alimentation en air primaire;
- le débit d'air primaire;
- le débit d'air secondaire injecté dans la chambre de combustion, au-dessus de la grille pour brûler les matières volatiles.

Afin de faciliter le travail du chauffeur et par analogie avec les chaudières à gaz ou à fuel, certaines chaudières à grilles sont munies d'un système de régulation de charge destiné à maintenir une pression de vapeur ou une température d'eau constante en sortie de chaudière, en fonction des besoins.

Ce maintien s'effectue en faisant varier le débit de combustible en agissant sur la vitesse de la grille, par l'intermédiaire d'un régulateur, ainsi que sur le débit d'air primaire, pour maintenir un rapport de débit d'air par rapport à celui du combustible suffisant.

Cependant, dans le cas d'un combustible solide qui est le seul utilisable par définition avec une grille mécanique et contrairement à un brûleur fuel ou gaz, il n'est pas possible de mesurer le débit réel de combustible et on se sert alors d'une image volumétrique qui est basée sur la vitesse de rotation de la grille pour une hauteur et une largeur de couche données sur celle-ci.

Ainsi, en cas de variation de la densité apparente du combustible, de son humidité et/ou de son pouvoir calorifique, due par exemple à un changement de granulométrie ou de source d'approvisionnement, la mesure, entrant sur les régulateurs de vitesse de la grille et/ou de débit d'air, n'est pas affectée, alors que la quantité de chaleur libérée est différente.

Il s'ensuit un écart par rapport au ratio air/combustible optimal qui peut provoquer une augmentation de l'excès d'air, donc une baisse de rendement, ou une diminution cet excès d'air avec apparition d'imbrûlés solides et gazeux. Avec un tel dispositif de régulation de vitesse de grille et de débit d'air primaire, basé sur la référence d'une image volumétrique du débit du combustible et tel que cela est utilisé à ce jour, le chauffeur reste nécessaire pour agir sur les paramètres non régulés et non régulables pour les raisons ci-dessus, soit :

5 - la hauteur de couche;
 - la position des volets d'air primaire;
 - le débit d'air secondaire.

10 Il peut donc compenser manuellement, par action sur les organes de réglage de ces paramètres, les dérives dues aux variations de la qualité du combustible. Ainsi, si on veut supprimer la présence permanente du chauffeur, cela nécessite de résoudre le problème dû aux variations de cette qualité du combustible.

15 Pour cela, un dispositif connu peut être l'emploi d'un oxygénemètre pour la mesure de la teneur en oxygène dans les fumées, teneur liée à l'excès d'air de combustion et qui permet donc d'effectuer une correction automatique sur le débit d'air après comparaison de la valeur de la mesure réelle avec la valeur théorique.

20 Cependant ce dispositif a deux inconvénients :
 - d'une part, la fiabilité relative des oxygénemètres conduit à limiter la correction à $\pm 10\%$ de la valeur mesurée, or les écarts dus aux variations du combustible peuvent largement dépasser cette valeur (20 à 30%), ce qui nécessite de toutes façons des interventions humaines fréquentes;

25 - les chaudières à grille mécanique fonctionnent toujours avec un foyer en dépression, contrairement aux chaudières modernes à fuel ou à gaz, qui ont un foyer en pression. Ainsi, la mesure de l'oxygène dans les fumées est donc influencée par les entrées d'air parasites, tel que les regards, le cendrier, les trappes de visite etc..., qui provoquent des variations importantes de la pression du foyer et rendent alors la mesure de l'oxygène peu représentative de l'excès d'air réel de combustion dans les foyers.

30 45 Par ailleurs, de nombreuses chaudières sont équipées d'organes de sécurité, dont certaines sont même devenues obligatoires dans des pays comme la FRANCE depuis Juin 1991; on peut citer par exemple la demande de brevet FR. 2.598.489 des CHARBONNAGES DE FRANCE, portant sur un "dispositif de sécurité automatique concernant la fermeture du volet mobile d'alimentation du combustible en cas d'anomalies"; ceci sort du cadre de la présente invention, mais constitue une contrainte supplémentaire de régulation, car en cas de dérive de celle-ci trop importante, ce qui est souvent le cas avec les dispositifs actuels, les organes de sécurité peuvent déclencher très souvent, gênant le fonctionnement continu et en

imposant alors une intervention manuelle pour la remise en route, ce qui annule l'intérêt d'une régulation contrôlée.

Le problème posé est donc de trouver un dispositif et un procédé de régulation auto-adaptatifs, qui permettent de s'affranchir des variations de qualité physique ou chimique du combustible solide, garantissant le maintien du rapport air/combustible optimal sur toute la plage de puissance de la chaudière, sans interventions humaines pendant au moins 24 heures, permettant d'adapter automatiquement la puissance fournie par la chaudière aux besoins de l'utilisation, et cela sans que les paramètres de chauffe, dépassent des limites de sécurité acceptables.

Une solution au problème posé est un procédé et un dispositif de régulation de charge pour chaudière à grille mécanique, à vitesse d'entraînement "V" réglable et utilisant du combustible solide alimenté à travers un régulateur de hauteur "h" de couche, et apte à transmettre à un circuit échangeur d'utilisation une puissance théorique réglable et mesurable dans une plage donnée tel que :

- on définit un coefficient K_o propre à la catégorie et à la qualité du combustible utilisé et fonction des caractéristiques de celui-ci, soit essentiellement sa densité apparente, de son pouvoir calorifique, et son coefficient de remplissage, et de sa largeur sur la grille, tel que la puissance calorifique théorique que peut dégager le dit combustible dans la chambre de combustion de la chaudière est :
- $$Q_b = V \times h \times K_o;$$
- on utilise la valeur de cette puissance théorique Q_b comme valeur de référence dans tout système de régulation, permettant d'optimiser la combustion, en fonction de la puissance demandée;
 - on mesure en même temps la puissance Q_m effectivement transmise à l'échangeur du circuit d'utilisation, et pondéré par le rendement ρ de la chaudière
 - on calcule et on cumule les écarts $\delta = \rho Q_b - Q_m$ entre ces deux valeurs de puissance pendant une durée donnée, et quand ce cumul d'écarts dépasse une limite fixée, on remplace la valeur du coefficient K_o par une nouvelle valeur K_i calculée à partir de l'équation $K_i = Q / \rho (V \times h)$, dans laquelle Q est pris égal à Q_m mesuré;
 - on recommence les mêmes opérations de mesure de calcul et de commande de régulation avec la référence de la nouvelle puissance théorique dégagée par le combustible $Q_{di} = V \times h \times K_i$ pendant une nouvelle durée à partir de cette nouvelle valeur K_i , qui peut alors, à l'intérieur d'un éplage autorisée, être remplacée à nouveau par une autre valeur $K_i + 1$ et ainsi de suite pendant toute la durée du fonctionnement

de la chaudière.

Dans des modes de réalisation préférentiels, il est possible, grâce à cette référence de puissance théorique dégagée, d'automatiser l'ensemble de tous les paramètres intervenant dans la production de puissance réelle de la chaudière, tel que connu à ce jour et rappelé précédemment : on peut utiliser ainsi la régulation de charge destinée à maintenir la pression et/ou la température de l'eau constante en sortie de l'échangeur de la chaudière, en agissant essentiellement sur la vitesse de la grille et/ou sur le débit d'air primaire. Cette régulation est efficace grâce au dispositif et au procédé suivant l'invention, dans lequel la prise en compte du débit de combustible réel tel qu'utilisé dans les chaudières à combustible liquide ou gazeux, est remplacée ici par celle de la puissance calorifique théorique réelle dégagée par le combustible solide.

Il est alors possible de réguler tous les paramètres d'un système de régulation de combustion suivant un schéma dit croisé connu, en fonction de cette valeur de puissance théorique, corrigée par rapport à la puissance réelle transmise et qui sert de référence dans les boucles de régulation en fonction du signal de charge correspondant à la puissance demandée.

On peut également réguler efficacement, pour une meilleure souplesse de fonctionnement la hauteur de couche, en tenant compte de vitesses maximum et minimum de grille admissibles pour la combustion, le débit d'air secondaire en fonction de la charge et/ou la position des volets de répartition de l'air primaire dans les caissons de soufflage sous la grille avec la prise en compte de la teneur en oxygène dans les fumées.

Le résultat est de nouveaux dispositifs et procédés de régulation de charges pour chaudières à grille mécanique, qui répondent au problème posé. Ils permettent en effet de disposer d'une manière auto-adaptatrice d'une grandeur, qui est la puissance calorifique théorique dégagée par le combustible et que l'on peut appeler "débit brûlé", car elle est parfaitement représentative du débit réel de combustion solide en tenant compte de ses variations de qualité.

Disposant alors de cette valeur de débit de combustible et de celui d'air comburant, il devient possible effectivement d'utiliser un schéma de régulation croisé, classique dans les installations de combustion fuel ou gaz.

Le schéma de régulation, tel que décrit dans la présente invention en figure 3 ci-après, introduit une parfaite sécurité de fonctionnement en permettant en particulier, d'assurer en permanence lors de la montée ou descente de charge, que le débit d'air reste supérieur à celui nécessaire au débit de combustible correspondant, même en cas de panne mécanique sur l'un des actionneurs de l'alimentation en air et/ou du combustible.

Il est ainsi possible, avec divers procédés et dispositifs auxiliaires de régulation, de rendre automatique l'exploitation de toute chaudière à grille mécanique utilisant des combustibles solides, sans présence ni intervention humaine pendant au moins 24 heures, en toute sécurité et sans arrêt intempestif ou trop fréquent de l'exploitation.

On pourrait citer d'autres avantages de la présente invention, mais ceux cités ci-dessus en montrent déjà suffisamment pour en démontrer la nouveauté et l'intérêt.

La description et les figures ci-après représentent un exemple de réalisation de l'invention, mais n'ont aucun caractère limitatif : d'autres réalisations sont possibles dans le cadre de la portée et de l'étendue de la présente invention, en particulier en changeant les divers dispositifs de régulation, tel que par exemple en regroupant certains organes, ou au contraire, par spécialisation de ceux-ci en fonction des besoins, mais tout en conservant le schéma fonctionnel d'ensemble tel que décrit ci-après.

La figure 1 est une coupe simplifiée connue du foyer d'une chaudière à grille mécanique.

La figure 2 est un schéma en coupe d'une couche de combustible.

La figure 3 est un schéma de fonctionnement d'un dispositif de régulation et d'un procédé suivant l'invention.

La figure 1 est une coupe simplifiée connue d'une chaudière à grille mécanique 1 pour combustible solide 2. On peut définir une telle grille 1 comme un équipement de chauffe permettant le déplacement du charbon 2 en couche épaisse 3 sur un tapis mobile, et la combustion de ce charbon sous forme de grains, sans déplacement relatif par rapport au support 1. Il s'agit d'une combustion statique par opposition aux combustions sous forme pulvérisée ou en lit fluidisé qui relèvent du mode en suspension.

L'allumage du charbon a lieu de haut en bas, grâce à une voûte d'allumage 10, à l'entrée du foyer et le comburant principal circule de bas en haut, grâce à des arrivées d'air primaire 7 situées sous la grille 1.

Celle-ci est constituée par une chaîne sans fin formant tapis et portant la couche 3 de charbon. Elle est entraînée par des roues dentées 11, montées sur un arbre moteur raccordé à tout mécanisme d'entraînement non figuré. Son mouvement est uniforme et sa vitesse réglable "V".

Le charbon 2 s'écoule par gravité depuis une trémie 4 placée à l'entrée de la grille 1. La hauteur de charbon frais 13 ou hauteur de couche déposée "h" à l'entrée de la grille, est contrôlée par un volet 5 (porte ou régulateur), dont on peut régler l'ouverture.

L'air primaire 7 est soufflé sous la grille, et le charbon s'allume grâce à la voûte d'allumage 10 dès son arrivée sur la grille 1 : si la vitesse de celle-ci ainsi que les débits d'air sont bien réglés, le charbon est complètement brûlé lorsqu'il atteint l'extrémité oppo-

sée de la grille. Les cendres 16 sont basculées dans un cendrier 9 par l'intermédiaire du décrasseur 8.

L'allure de la couche ne varie généralement pas dans le sens transversal de la grille 1, mais elle varie par contre fortement dans le sens longitudinal. En effet, la progression d'une tranche de charbon dans sa progression sur la grille 1 suit le schéma de la figure 2 :

- dès son entrée sur la grille au point 0 d'origine correspondant à l'aplomb du volet d'admission 5, la couche 13 de charbon non allumé s'échauffe à partir des tranches voisines situées en aval et enflammées, et du flux de chaleur rayonné par la chambre de combustion et la voûte d'allumage 10;
- la surface du charbon distille, puis s'enflamme : la combustion se propage vers le bas, à contre courant de l'air primaire 7 qui est soufflé sous la grille 1;
- après un certain parcours "a", que l'on appelle distance d'allumage, le plan d'inflammation 12 atteint le plan de grille 1. La structure de la couche ne comporte plus qu'une zone d'oxydation 14 de charbon incandescent, surmontée éventuellement d'une zone de réduction 15, si la hauteur "h" de couche est forte. Par manque d'oxygène à haute température, le gaz carbonique est réduit en oxyde de carbone provoquant un fonctionnement en gazogène. La hauteur de couche "h" va ensuite en diminuant et il ne reste plus à l'extrémité que des centres 16. Si les conditions de marche tel que la hauteur de la couche "h", la vitesse de la grille "V", la qualité du combustible et le débit d'air 7 restent constants, il s'établit théoriquement un régime permanent.

L'allure spécifique de la quantité de chaleur dégagée par la combustion que l'on exprime en Kg/m²/h varie beaucoup d'un point à l'autre de la grille 1. Elle présente le profil suivant la courbe 27 représentée sur la figure 2 : cette puissance calorifique dégagée est très faible dans la zone d'allumage, maximum peu après l'extrémité de la distance "a" d'allumage, soit à 50% environ de la longueur totale de la grille en général et elle décroît ensuite jusqu'à 0 à l'extrémité de cette grille 1.

Pour obtenir une bonne combustion, et on définit d'une manière connue, une hauteur de couche 3 "h_o" idéale en fonction des caractéristiques du charbon 2. Ce paramètre doit donc être modifié aussi peu que possible, et à hauteur de couche optimisée constante, les variations de puissance se font préférentiellement par la seule variation de la vitesse "V" de la grille. Cette vitesse a cependant deux limites :

- si elle devient trop importante, l'inflammation du combustible est alors trop lente pour maintenir stable le front d'allumage, et il y a risque de "perte du feu". Un autre inconvénient est

- que le temps de séjour diminuant, le combustible peut être incomplètement brûlé en fin de grille, d'où une perte de combustible et une baisse de rendement;
- si elle devient trop faible par rapport à l'inflammation du combustible, le feu remonte à contre-courant et peut atteindre la trémie 4 d'alimentation. Un autre inconvénient est que le feu est alors court et une partie de la surface de la grille est inutilisée, d'où un air de combustion inutile dans cette partie et également une baisse de rendement.

Ces limites sont également une raison de l'impératif de la présence actuelle d'un chauffeur, qui doit éviter par un contrôle visuel que le feu ne rentre pas dans la trémie 4 ou ne parte pas dans le cendrier 9, ce qui peut se produire en l'absence de régulation telle que suivant l'invention.

Par ailleurs, pour réaliser une combustion rationnelle, il faut proportionner le débit d'air comburant à l'allure de combustion, tel que représenté en particulier suivant la courbe 27 de la figure 2. En effet, si la pression et le débit d'air sous la grille étaient uniforme, celui-ci serait en excès dans la zone d'allumage et en fin de grille, et en défaut dans la zone centrale.

Pour obtenir alors les conditions satisfaisantes, il est connu de :

- réaliser des débits d'arrivée d'air primaire sous la grille différents suivant les endroits de celle-ci et pour ce faire, l'espace sous la grille 1 est compartimentée d'une manière connue en un certain nombre de caissons 24, dont la pression peut y être réglée individuellement, donc le débit adapté à l'allure de combustion;
- ajouter de l'air complémentaire au-dessus de la grille 1 pour assurer un brassage énergique des gaz au-dessus de la couche 3 et terminer la combustion des matières volatiles et de l'oxyde de carbone CO : c'est l'air secondaire 20 rajouté directement dans la chambre de combustion 6.

De plus, la longueur du feu sur la grille 1 peut également être modifiée par le réglage de la répartition de l'air primaire 7 dans les caissons 24 de soufflage, et la perte ou la remontée du feu fixent de toutes façons comme indiqué précédemment, des valeurs minimum et maximum pour la vitesse "V" de la grille.

Dans les procédés et dispositifs utilisés à ce jour, on considère seulement une image volumétrique de la quantité de charbon admise sur la grille 1 qui est proportionnelle à sa largeur "L", à la vitesse d'avancement "V", qui à l'épaisseur initiale de couche "h" et à la densité du combustible "d", soit $Q = L \times h \times V \times d$. On dispose ainsi à priori, à partir de cette formule, de deux paramètres h et V pour régler la charge de la grille, et comme indiqué précédemment, des paramètres supplémentaires, mais non indépendants des premiers que sont les débits d'air primaire et secon-

daire.

Cependant, compte tenu de tous les paramètres rappelés ci-dessus, pour une optimisation de la combustion tels que d'une part, les limites d'épaisseurs de couches et de variations des vitesses possibles, et d'autre part les incidences de la qualité du combustible, il ne suffit donc pas respectivement d'une part de faire varier l'un et/ou l'autre pour suivre une variation d'allure, et d'autre part de conserver le produit $h \times v$ constant pour maintenir une allure de combustion donnée et si on veut que ces opérations se fassent d'une manière automatique, contrôlée et sans dérive de régulation qui finirait par arrêter la chaudière.

5 Dans la figure 3, on a représenté pour cela un schéma de fonctionnement d'un dispositif et du procédé de régulation suivant l'invention, par laquelle le débit de combustible pris en compte est affiné, en les remplaçant par son "débit brûlé" obtenu par une formule de débit de chaleur brûlée telle que $Q_b = V \times h \times l \times \alpha \times d \times PCI$, où:

10 Q_b est la puissance dégagée, par exemple en kcal/h;

V est la vitesse linéaire de la grille, par exemple en m/h

15 h la hauteur de la couche 3 de combustible, par exemple en m et réglée par le régulateur de couche 5;

l la largeur de la grille 1, par exemple en m;

α le coefficient de remplissage du combustible

20 7;

d la densité apparente de ce combustible brut exprimée en kg/m³ par exemple;

25 PCI le pouvoir calorifique inférieur de ce combustible exprimé par exemple en kcal/kg.

30 On peut poser, pour simplifier l'écriture : $Ko = l \times \alpha \times d \times PCI$, Ko étant alors le coefficient théorique de la formule ci-dessus donnant le débit réel brûlé du charbon à partir des paramètres régulables V et h soit : $Q_b = V \times h \times Ko$.

35 Ainsi, toute variation de la qualité du combustible se traduit par une variation de ce coefficient Ko qui prend alors une valeur K différente de celle Ko initiale.

40 Le dispositif et le procédé de régulation auto-adaptatif objet de l'invention a pour effet de corriger automatiquement, grâce à l'unité de calcul 25 intégrée dans ledit dispositif, la valeur de Ko pour la rendre égale à la valeur réelle K , sans connaître les caractéristiques précises instantanées du combustible que sont α , d et PCI .

45 Le procédé est basé sur la comparaison permanente entre le débit ou puissance brûlée théorique, calculé par la formule ci-dessus et la puissance transmise effectivement au circuit d'utilisation et mesurable Q_m , qui est, par exemple pour une chaudière à eau chaude à partir des caractéristiques relevées directement dans l'échangeur 17 :

50 $Q_m = Q_{eau} \times (T_s - T_e)$ où :

- Qm est la puissance mesurée en Kcal/h;
 Qeau est le débit d'eau traversant l'échangeur 17 en Kg/h;
- Ts et Te sont les températures respectivement de sortie et d'entrée de l'eau dans cet échangeur 17.
- En régime stabilisé, on doit alors avoir : $Qm = \rho \times Qb$ où :
- étant le rendement de la chaudière qui peut se calculer par des formules connues en fonction de la température des fumées 21 et de l'excès d'oxygène dans celle-ci.
- Tout écart entre les deux termes de l'égalité ci-dessus sera donc la preuve d'une dérive du coefficient K réel par rapport au coefficient Ko.
- De façon à tenir compte des temps de réponse très lents d'une combustion sur grille mécanique, on ne compare pas les valeurs instantanées de Qm et $\rho \times Qb$, mais des valeurs intégrées sur un temps suffisant pour s'affranchir de ces temps de réponse que l'on prendra de l'ordre de 15 à 30 mn.
- De la même manière, la correction apportée au coefficient Ko suivant le procédé pourra être très lente et discontinue, tel que par exemple 1% maximum à chaque correction intervenant dans un intervalle de temps qui peut être également de 15 ou 30 mn, et jusqu'à atteindre la nouvelle valeur de K, rendant les valeurs des termes de l'égalité ci-dessus identique.
- Pour éviter une dérive accidentelle du système, la correction maximale pourra être utilement plafonnée.
- La figure 3 est un schéma du dispositif 26 représentatif du procédé suivant l'invention, avec toutes ses options et sur lequel sont représentés les éléments principaux de la chaudière et de son dispositif de régulation complet, soit en particulier pour ce qui concerne spécifiquement la présente invention :
- l'échangeur de chaleur 17 recevant la puissance dégagée dans la chaudière, contrôlée par un régulateur de température et de débit 18, qui transmet au dispositif 26 de régulation un signal de puissance 19₁ demandé par l'utilisation du circuit alimenté par l'échangeur;
 - le régulateur 5 d'épaisseur "h" de couche 3 du combustible 2 commandé par un organe 31 de contrôle des hauteurs "h₁" maximum et "h₂" minimum de cette couche de part et d'autre d'une valeur "h_o" optimale, en relation avec la vitesse V de la grille 1, elle-même comprise entre des vitesses maximum et minimum "V". Celle-ci est définie par un organe de commande 30 en fonction de la comparaison entre la puissance demandée 19₁ et de celle mesurée et calculée 19₂, à partir des données de débit d'air 7 et d'oxygène 28 des fumées 21;
 - la commande 29₁ d'arrivée de l'air primaire 7 sous la grille 1, en fonction d'une part du contrôle de la quantité d'oxygène 28 dans les fumées 21, et d'autre part de la comparaison de la quantité de chaleur 22 entre demandée 19₁ et celle brûlée Qb calculée à partir de l'unité de calcul 25 définie par ailleurs;
 - la commande 29₂ des volets 23 de distribution de l'air primaire 7 en fonction de cette même quantité de chaleur brûlée Qb et calculée et de la mémorisation préalable de leurs positions optimum correspondantes;
 - la commande de la quantité d'air secondaire 20 en fonction de cette même quantité de chaleur brûlée Qb calculée;
 - ladite unité de calcul 25 tel que défini ci-dessus et ci-après, sachant que cette unité peut être intégrée à un ou plusieurs des organes de contrôle ou de commande ci-dessus, que ceux-ci eux-mêmes peuvent être regroupés ou au contraire éclatés en plusieurs éléments, ce schéma de la figure 3 est un principe de fonctionnement ne présument pas de la réalité de la réalisation du dispositif de régulation 26 dans son ensemble.
- Ainsi le dispositif tel que représenté sur cette figure 3, est un dispositif de régulation 26 de charge pour chaudière mécanique 1 à vitesse d'entraînement V réglable, utilisant un combustible solide 2 alimenté à travers un régulateur 5 de hauteur "h" de couche 3, et apte à transmettre à un circuit échangeur 17 une puissance thermique réglable et mesurable dans une plage donnée. Suivant l'invention, ce dispositif 26 comprend essentiellement une unité de calcul 25 relié au moins à différents capteurs de mesure de ladite hauteur "h", de ladite vitesse "V" et des paramètres de fonctionnement dudit circuit échangeur 17, et dans lequel est stocké en mémoire un coefficient Ko propre à la catégorie et à la qualité du combustible 2 utilisé et fonction des caractéristiques de celui-ci, soit essentiellement sa densité apparente et son pouvoir calorifique, et son coefficient de remplissage, et sa largeur sur la grille 1. Ce coefficient Ko est tel que la puissance théorique Qb que peut dégager ledit combustible 2 dans la chambre de combustion 6 de la chaudière est $Qb = V \times h \times Ko$: cette valeur Ko est corrigée par ladite unité de calcul 25 chaque fois que le cumul des écarts pendant une durée donnée entre cette puissance de chaleur dégagée théorique, pondérée par le rendement de la chaudière et celle Qm transmise au circuit 17 est trop importante : sa valeur est alors remplacée par une nouvelle valeur Ki calculée à partir de la dernière valeur de la puissance de chaleur mesurée Qm; ladite unité de calcul 25 est reliée au moins à tout système de régulation 22 pilotant le débit d'air envoyé dans la chambre de combustion 6 de ladite chaudière et prenant ainsi en compte d'une part ladite valeur de puissance dégagée théorique Qb corrigée et, d'autre part celle de la puissance de chaleur demandée 19 par ledit circuit échangeur 17.
- Un perfectionnement du dispositif et du procédé suivant l'invention peut être constitué par la prise en compte de la teneur en oxygène dans les fumées 21,

pour la décision de corriger le coefficient K. Pour cela, il faut considérer qu'en effet un coefficient K surestimé conduit à introduire dans la régulation une puissance brûlée surestimée, donc à provoquer un débit d'air trop important, qui se traduira par un écart positif entre l'oxygène mesurée et l'oxygène théorique un K sous-estimé conduit à l'opération inverse.

Par contre, avec le dispositif de correction d'oxygène 28, tel que représenté sur la figure, on peut corriger automatiquement, jusqu'à une certaine limite l'écart entre les deux dites valeurs de taux d'oxygène. C'est uniquement lorsque cette limitation est atteinte qu'il convient de corriger le coefficient K;

Ainsi, dans un mode préférentiel de réalisation, un dispositif suivant l'invention comprend un organe 28 tel qu'il permet de mesurer la teneur en oxygène dans les fumées 21 et de les comparer 28 avec la valeur de la teneur en oxygène théorique nécessaire en fonction de la puissance demandée 19₁ par le régulateur 18 de l'échangeur 17 des circuits d'alimentation : si l'écart entre les deux dits valeurs est inférieur à 10% par un signal adressé par ledit organe 28 de mesure et de comparaison au système de contrôle 29₁ et de commande du débit d'air 7, on corrige en premier la teneur en oxygène par une variation correspondante des débits d'air 7 envoyé dans la chambre de combustion 26 de ladite chaudière avant toute correction du coefficient K.

Il y a alors une correction automatique qui vérifie que l'indication de la correction d'oxygène est bien en accord avec le sens de la dérive de ce coefficient .

Dans un autre mode de réalisation préférentiel, quand on ne peut pas faire fonctionner la chaudière suivant une hauteur "ho" optimale de couche 3 constante, si par exemple la puissance demandée subit des variations trop importantes, on modifie la hauteur de la couche dans les limites autorisées et de façon discontinue, afin de maintenir la vitesse de la grille également dans les plages autorisées, suivant les contraintes édictées précédemment.

Pour cela et tel que déjà présenté dans la description précédente du régulateur 5 d'épaisseur "h" de couche :

- on définit une hauteur ho idéale de couche 3 en fonction des caractéristiques du combustible 2 et deux hauteurs "h1" maximum et "h2" minimum de part et d'autre de cette hauteur idéale, compatibles avec les caractéristiques dudit combustible;
- on fait fonctionner la chaudière avec cette hauteur idéale "ho", en faisant varier préférentiellement par un signal de l'organe de commande 30 la vitesse "V" d'entraînement de la grille 1 pour suivre la variation de la puissance 19₁ demandée par rapport à la puissance 19₂ calculée à partir du débit d'air fourni à ladite chambre de combustion 6 et de taux d'oxygène résiduel mesurée dans les fumées 21 : en cas de

vitesse trop rapide 31 au delà d'un seuil donné, et trop lente en deçà d'un autre seuil, on choisit comme hauteur "h" de couche 3 l'une des valeurs maximum ou minimum correspondant pour conserver la vitesse "V" entre ses propres valeurs limites, pour une puissance théorique dégagée Qb = V x h x K identique.

La plage centrale de fonctionnement correspond donc à la hauteur de couche idéale "ho" et si la vitesse de grille devient trop grande telle qu'avec une puissance demandée importante, la hauteur passe sur la valeur haute pour la réduire et inversement, si la vitesse de la grille 1 devient trop faible avec une puissance demandée faible, la hauteur passe sur la valeur basse pour l'augmenter.

Un temps d'attente ou hystérésis est prévue sur chaque seuil de façon à éviter tout battement entre les deux positions.

Par ailleurs, le débit d'air secondaire 20 est essentiellement lié à la teneur en matières volatiles du combustible 2, ces dernières se dégageant dans la première partie de la grille 1, au fur et à mesure de l'échauffement et de l'allumage de la couche de combustible sur toute son épaisseur. Pour certains combustibles, ce débit peut être constant, mais pour d'autres, il doit être modifié en fonction de la charge ou de la puissance réelle.

Une solution suivant l'invention consiste à prévoir un servomoteur de commande du volet d'alimentation de cet air secondaire 20, dont la position est fixée en fonction de la charge par une loi programmée par exemple, dans le module de calcul 25, suivant la quantité de charbon ou chaleur brûlée, représentative effectivement de la puissance et de la charge réelle, tel que rappelé précédemment.

Enfin, dans un mode de réalisation préférentiel, l'air primaire devant être réparti judicieusement sous la grille 1, en fonction des besoins de l'allure de la couche de combustion 27 de la figure 2, cet air primaire est alimenté à travers des caissons 24 situés sous ladite grille, soit quatre à six caissons selon la dimension de celle-ci.

Or l'étalement du feu sur la grille dépend en plus de la couche de combustion 27 de la charge, car à 100% la ligne de feu sera à quelques dizaines de cm de la fin de la grille, alors qu'à 25%, seule la première moitié de la grille sera occupée par la combustion, la seconde étant seulement recouverte de cendre.

Il alors possible et intéressant de définir une position idéale des volets de remplissage 23 de réglage du débit d'air primaire dans chaque caisson 24 d'alimentation de l'air sous la grille 1, pour toute la plage des puissances de chauffe et des débits d'air totaux correspondant nécessaires : on règle par un organe de commande 29₂ ces dits volets 23 en fonction de la quantité totale de l'air primaire 7 nécessaire de ladite puissance théorique Qb dégagée par le combustible, et de leurs dites positions idéales correspondant

préalablement mises en mémoire.

Chaque courbe de position en fonction de la charge peut être mémorisée pour chaque caisson 24, dont le volet 23 sera alors positionné, par un servomoteur par exemple, en fonction du débit brûlé de charbon, soit de la puissance ou de la charge calculée précédemment : on obtiendra ainsi de façon automatique, une répartition idéale de l'air primaire de combustion pour un combustible donné.

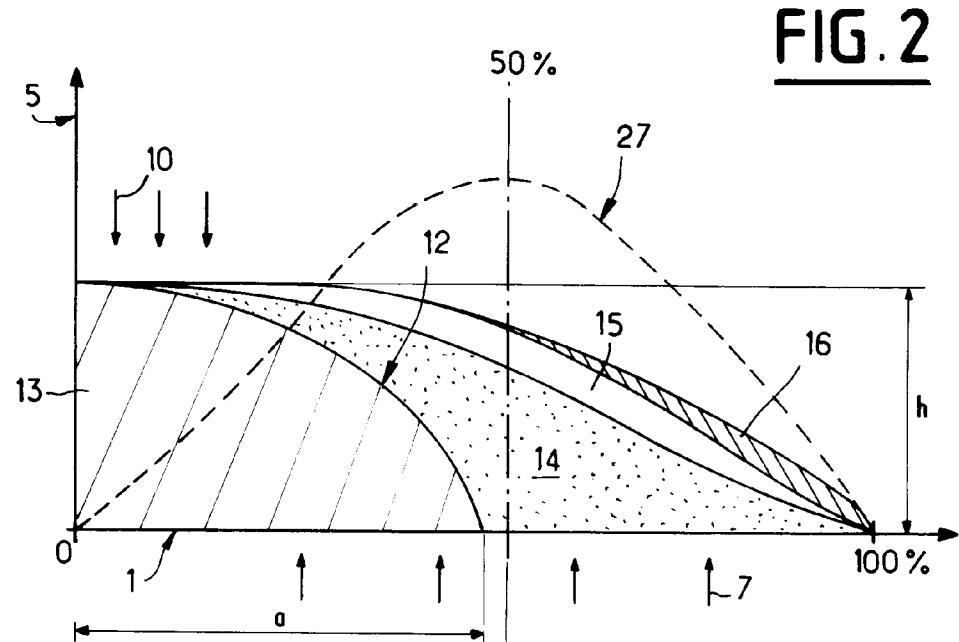
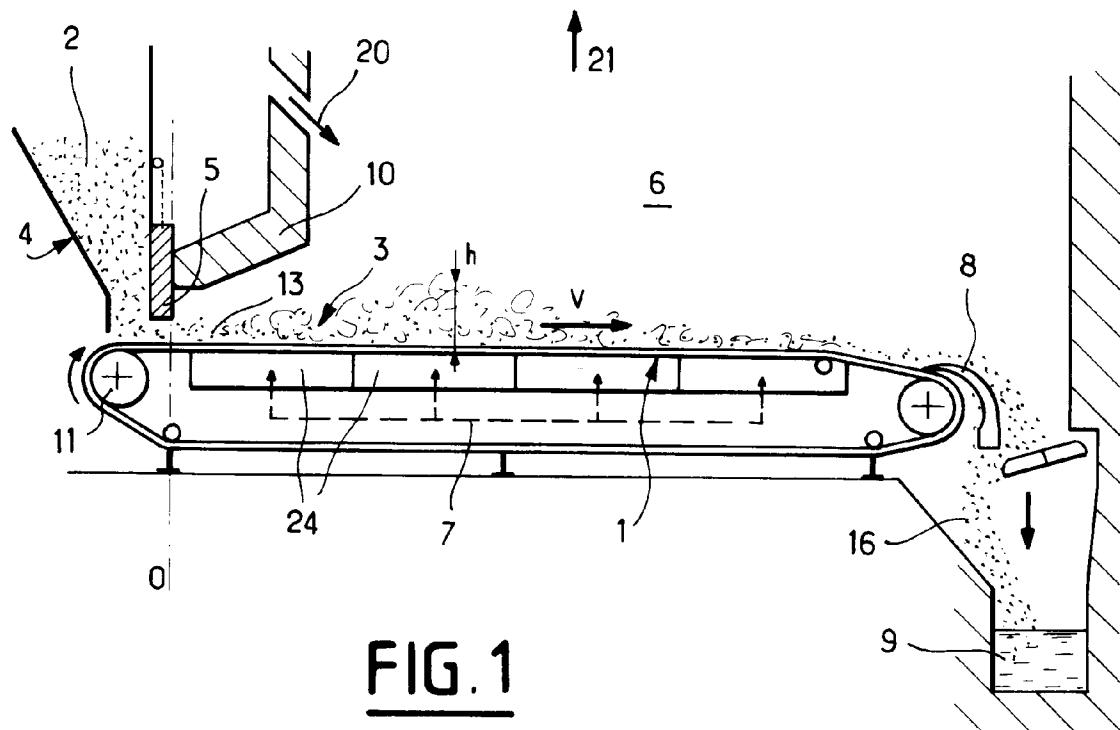
Revendications

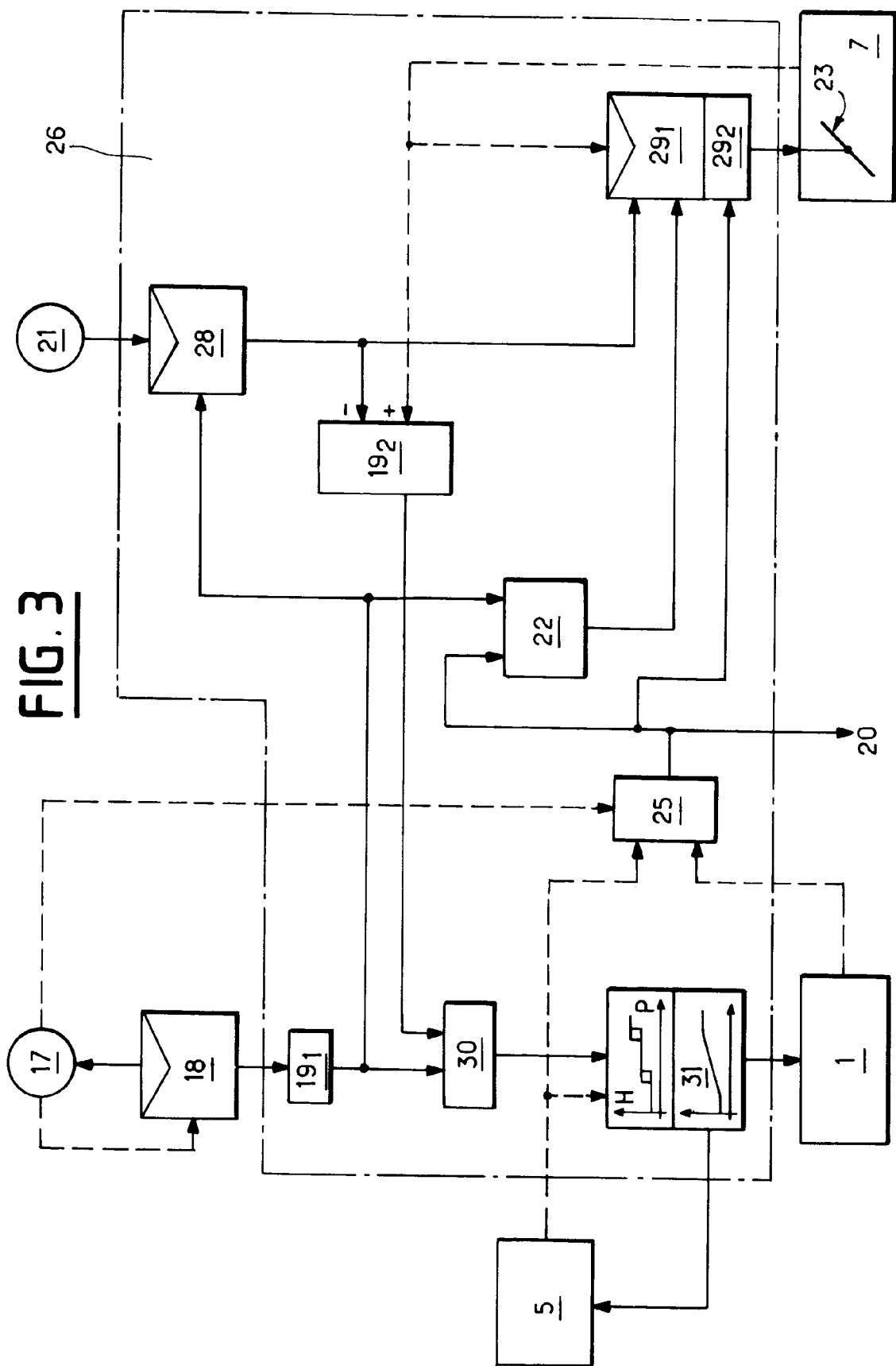
1. Procédé de régulation de charge pour chaudière à grille mécanique (1), à vitesse d'entraînement "V" réglable et utilisant du combustible solide (2) alimenté à travers un régulateur (5) de hauteur "h" de couche (3), caractérisé en ce que :
 - on définit un coefficient K_o propre à la catégorie et à la qualité du combustible (2) utilisé et fonction de caractéristiques de celui-ci et de sa largeur sur la grille (1), tel que la puissance calorifique théorique que peut dégager ledit combustible dans la chambre de combustion (6) de la chaudière est $Q_b = V \times h \times K_o$;
 - on utilise la valeur de cette puissance théorique Q_b comme valeur de référence dans tout système de régulation (22, 29), permettant d'optimiser la combustion, en fonction de la puissance demandée (19_1);
 - on mesure en même temps la puissance Q_m effectivement transmise à l'échangeur (17) du circuit d'utilisation et pondérée par le rendement p de la chaudière;
 - on calcule et on cumule les écarts $\delta = p Q_b - Q_m$ entre ces deux valeurs de puissance pendant une durée donnée, et quand ce cumul d'écart dépasse une limite fixée, on remplace la valeur du coefficient K_o par une nouvelle valeur K_i calculée à partir de l'équation de définition du coefficient $K = Q / p (V \times h)$, dans laquelle Q est pris égal à Q_m mesuré;
 - on recommence les mêmes opérations de mesure de commandes de calcul et de régulation avec la référence de la nouvelle puissance théorique dégagée par le combustible $Q_{bi} = V \times h \times K_i$, pendant une nouvelle durée à partir de cette nouvelle valeur K_i , qui peut alors être remplacée à nouveau par une autre valeur $K_i + 1$ et ainsi de suite pendant toute la durée du fonctionnement de la chaudière.
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on mesure la teneur en oxygène dans les fumées (21), et on la compare (28) avec la valeur

de la teneur en oxygène théorique nécessaire en fonction de la puissance demandée (19_1) par le régulateur (18) de l'échangeur (17) des circuits d'alimentation, et si l'écart entre les deux dits valeurs est inférieur à 10%, on corrige en premier la teneur en oxygène par une variation correspondante des débits d'air (7) envoyé dans la chambre de combustion (26) de ladite chaudière avant toute correction du coefficient K .

3. Procédé de régulation suivant l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que :
 - on définit la hauteur " h_o " idéale de couche (3) en fonction des caractéristiques du combustible (2) et deux hauteurs " h_1 " maximum et " h_2 " minimum de part et d'autre de cette hauteur idéale, compatibles avec les caractéristiques dudit combustible;
 - on fait fonctionner la chaudière avec cette hauteur idéale " h_o ", en faisant varier préférentiellement (30) la vitesse "V" d'entraînement de la grille (1) pour suivre la variation de la puissance (19_1) demandée par rapport à la puissance (19_2) calculée à partir du débit d'air fourni à ladite chambre de combustion (6) et du taux d'oxygène résiduel mesuré dans les fumées (21), et en cas de vitesse trop rapide (31) au delà d'un seuil donné, et trop lente en deçà d'un autre seuil, on choisit comme hauteur de couche (3) " h " l'une des valeurs maximum ou minimum correspondant pour conserver la vitesse "V" entre ses propres valeurs limites, pour une puissance théorique dégagée $Q_b = V \times h \times K$ identique.
4. Procédé de régulation suivant l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce qu'on définit une position idéale des volets (23) de réglage du débit d'air primaire dans chaque caisson (24) d'alimentation de l'air sous la grille (1), pour toute la plage des puissances de chauffe et des débits d'air totaux correspondant nécessaires, et on règle (29_2) ces dits volets (23) en fonction de la puissance théorique dégagée Q_b par le combustible, et de leur dite position idéale correspondant.
5. Dispositif de régulation de charge pour chaudière à grille mécanique (1), à vitesse d'entraînement "V" réglable et utilisant du combustible solide (2) alimenté à travers un régulateur (5) de hauteur "h" de couche (3), et apte à transmettre à un circuit échangeur (17) une puissance thermique réglable et mesurable dans une plage donnée, caractérisé en ce qu'il comprend une unité de calcul (25) relié au moins à différents capteurs de mesure de ladite hauteur "h", de ladite vitesse "V" et

- des paramètres de fonctionnement dudit circuit échangeur (17), et dans lequel est stocké en mémoire un coefficient Ko, propre à la catégorie et à la qualité du combustible (2) utilisé, et fonction des caractéristiques de celui-ci et de sa largeur sur la grille (1), tel que la puissance théorique que peut dégager l'édit combustible (2) dans la chambre de combustion (6) de la chaudière est $Q_b = V \times h \times K_o$, laquelle valeur Ko est corrigée par ladite unité de calcul (25) chaque fois que le cumul pendant une durée donnée des écarts entre cette puissance de chaleur dégagée théorique Q_b pondérée par le rendement de la chaudière, et celle Q_m transmise au circuit (17) est trop importante, et remplacée alors par une nouvelle valeur K_i calculée à partir de la dernière valeur de la puissance de chaleur mesurée Q_m , ladite unité de calcul (25) étant reliée au moins à tout système de régulation (22) pilotant le débit d'air envoyé dans la chambre de combustion (6) de ladite chaudière et prenant ainsi en compte d'une part ladite valeur de puissance théorique Q_b corrigée, et d'autre part celle de la puissance demandée (19₁) par ledit circuit échangeur (17).
6. Dispositif de régulation suivant la revendication 5, caractérisé en ce qu'il comprend un organe (28) de mesure et de comparaison de la teneur en oxygène dans les fumées (21), avec la valeur de la teneur en oxygène théorique nécessaire en fonction de la puissance demandée (19₁) par le régulateur (18) de l'échangeur (17) du circuit d'utilisation, lequel organe (28) de mesure et de comparaison, si l'écart entre les deux dites valeurs est inférieur à 10%, adresse un signal au système de contrôle (29₁) et de commande du débit d'air (7) fourni dans la chambre de combustion (6) avant toute correction du coefficient K de l'unité de calcul (25).
7. Dispositif de régulation suivant l'une quelconque des revendications 5 et 6, caractérisé en ce qu'il comporte un régulateur (5) de l'épaisseur "h" de couche du combustible, commandé par un organe (31) de contrôle et de hauteur " h_1 " maximum et " h_2 " minimum de cette couche (3), de part et d'autre d'une hauteur idéale optimale " h_0 ", et un organe de commande (30) de ladite vitesse "V" d'entraînement de la grille (1) pour suivre les variations de la puissance (19₁) demandée par rapport à la puissance (19₂) calculée à partir du débit d'air, tel que ladite vitesse "V" soit comprise entre deux seuils donnés.
8. Dispositif de régulation suivant l'une quelconque des revendications 5 à 7, caractérisé en ce qu'il comprend un organe de commande (29₂) des volets (23) de distribution de l'air primaire, en fonction d'une part, de la quantité totale de l'air primaire (7) nécessaire, de positions idéales de ces dits volets préalablement mises en mémoire pour toute la plage de puissance de chauffe, et de ladite puissance théorique Q_b .







Office européen
des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 92 43 0025

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.5)
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	
A	US-A-4 408 569 (NOVAK) * le document en entier * ---	1,2,5,6	F23N1/02 F23N5/00
A	US-A-4 545 009 (MURAKI) * colonne 2, ligne 60 - colonne 9, ligne 20; figures *	1,2,5,6	
A	US-A-4 676 734 (FOLEY) * abrégé; figures *	1,5	
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 9, no. 18 (M-353)(1741) 25 Janvier 1985 & JP-A-59 164 823 (MITSUBISHI JUKOGYO) 19 Septembre 1984 * abrégé *	1,5	
A	US-A-4 576 570 (ADAMS ET AL.) * colonne 5, ligne 15 - ligne 29; figures *	1,5	
	-----	-----	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.5)
			F23N G05B
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur	
LA HAYE	15 JANVIER 1993	KOOIJMAN F.G.M.	
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
X : particulièrement pertinent à lui seul			
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie			
A : arrière-plan technologique			
O : divulgation non-écrite			
P : document intercalaire			