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

(11) EP 1 115 965 B1

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:
21.04.2004 Bulletin 2004/17

(21) Numéro de dépôt: **00938888.5**

(22) Date de dépôt: **05.06.2000**

(51) Int Cl.[7]: **F02D 41/30**, F02D 41/38, F02D 41/14

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/FR2000/001539

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2001/007769 (01.02.2001 Gazette 2001/05)

(54) **PROCEDE ET DISPOSITIF DE COMMANDE DU MODE DE COMBUSTION D'UN MOTEUR A COMBUSTION INTERNE**

VERFAHREN UND VORICHTUNG ZUR STEUERUNG DER BETRIEBSART EINER BRENNKRAFTMASCHINE

METHOD AND DEVICE FOR CONTROLLING THE COMBUSTION MODE OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE

(84) Etats contractants désignés:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE

(30) Priorité: **23.07.1999 FR 9909617**

(43) Date de publication de la demande:
18.07.2001 Bulletin 2001/29

(73) Titulaire: **Peugeot Citroen Automobiles SA**
92200 Neuilly sur Seine (FR)

(72) Inventeur: **LAGIER, Marc**
F-95100 Argenteuil (FR)

(74) Mandataire: **Jacobson, Claude et al**
Cabinet Lavoix
2, Place d'Estienne d'Orves
75441 Paris Cedex 09 (FR)

(56) Documents cités:
EP-A- 0 924 420
DE-A- 19 719 760
DE-A- 19 737 375
FR-A- 2 746 854
FR-A- 2 752 267

- **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 1996, no. 03, 29 mars 1996 (1996-03-29) & JP 07 301139 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP), 14 novembre 1995 (1995-11-14)**

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

EP 1 115 965 B1

Description

[0001] La présente invention concerne un moteur à quatre temps à essence, à allumage commandé pour lequel:

- le carburant est directement injecté dans la chambre de combustion par l'intermédiaire d'un système d'alimentation en carburant à haute pression;
- les paramètres de commande sont calculés et appliqués par une unité centrale de contrôle,
- les gaz d'échappement sont traités par un ou plusieurs catalyseurs placés dans la ligne d'échappement.

[0002] L'unité de contrôle du moteur traite les différentes sollicitations du moteur (volonté du conducteur, systèmes électroniques embarqués type Contrôle de trajectoire ou boîte de vitesse...), en fait la synthèse et élabore une consigne de couple à réaliser par action sur les paramètres de commande que sont :

- le débit d'air
- la quantité de carburant injectée
- l'avance à l'allumage appliquée.

[0003] Pour un moteur à essence à injection directe, l'unité de contrôle du moteur dispose de plusieurs modes de combustion pour assurer cette consigne de couple.

[0004] Elle doit donc à chaque instant évaluer le mode de combustion réalisant le meilleur compromis consommation de carburant/agrément de conduite/dépollution des gaz d'échappement.

[0005] Une des caractéristiques fondamentales des modes de combustion est la richesse du mélange air/carburant qu'elles permettent.

[0006] La richesse du mélange est une valeur adimensionnelle définie comme le rapport entre les proportions air/essence d'un mélange stoechiométrique et la même proportion air/essence du mélange dans le mode de combustion considéré :

$$\text{Richesse pour le mode de combustion i} = \frac{(\textit{DébitAir / DébitCarburant})\textit{stoechiométrie}}{(\textit{DébitAir / DébitCarburant})\textit{mode i}}$$

[0007] Par définition :

- la richesse est égale à 1 lorsque le mélange est stoechiométrique,
- la richesse est supérieure à 1 lorsque la proportion d'essence dans le mélange est plus importante que celle du mélange stoechiométrique. Le mélange est dit "riche",
- la richesse est inférieure à 1 lorsque la proportion d'essence dans le mélange est inférieur à celle du mélange stoechiométrique. Le mélange est dit "pauvre".

[0008] Le mode de combustion assurant le meilleur rendement est le mode dit : "stratifié".

[0009] Dans ce mode, le carburant est injecté dans la chambre de combustion en fin de phase de compression afin que la richesse du mélange à proximité de la bougie au moment de l'allumage soit suffisante pour assurer la combustion.

[0010] Le mélange global présente un excès d'air très important (richesse moyenne de l'ordre de 0,4) ce qui permet :

- une augmentation du rendement de combustion du moteur,
- une augmentation de la pression moyenne régnant dans le répartiteur d'admission et ainsi une diminution des pertes "par pompage".

[0011] La plage d'utilisation de ce mode de combustion est physiquement limitée par le remplissage maximum en air des cylindres associé à la pression maximum dans le plenum (pleine charge en air).

[0012] Ce mode de combustion "stratifié" est donc privilégié pour les faibles demandes de couple mais ne peut répondre à toutes les sollicitations du moteur par le conducteur.

[0013] Pour les sollicitations en couple plus importantes, deux modes de combustion peuvent être employés, tous deux caractérisés par l'injection du carburant dans la chambre pendant la phase d'admission.

[0014] Cette injection permet un mélange homogène de l'air et du carburant.

[0015] La distinction entre les deux modes de combustion "homogènes" se fait par le niveau moyen de richesse associé :

Mode homogène pauvre

[0016] La richesse moyenne du mélange est de l'ordre de 0,75.

[0017] Ce mode présente les mêmes avantages que le mode stratifié précédemment décrit, limités par le niveau global de richesse qui doit être suffisant pour assurer la combustion du mélange.

Mode homogène stoechiométrique

[0018] La richesse du mélange est égale à 1.

[0019] Ce mode est nécessaire pour les fortes demandes en couple moteur, demandes nécessitant des débits de carburant importants.

[0020] On définit également un mode homogène riche pour la pleine charge du moteur. Ce mode ne sera pas évoqué ici car il n'est pas spécifique et peut être assimilé au mode homogène stoechiométrique pour les aspects traités.

[0021] Le mode de combustion privilégié pour optimiser la consommation peut être schématisé par le graphique du couple moteur en fonction du régime de rotation du moteur représenté à la figure 1.

[0022] La transition d'un mode de combustion à un autre doit être réalisée sans effet sensible pour le conducteur.

[0023] Cette contrainte impose une gestion complexe des actionneurs par l'unité de contrôle du moteur.

[0024] Par exemple, sans action spécifique de l'unité de contrôle, le passage d'un mode de fonctionnement en mélange pauvre vers le mode de fonctionnement homogène stoechiométrique provoque une augmentation brusque et importante du couple qui doit être évitée.

[0025] Pour ce faire, l'unité de contrôle du moteur calcule les commandes en air, carburant et avance à l'allumage pour respecter à chaque instant la consigne de couple.

[0026] Cette commande "en couple" permet d'assurer un couple égal à la demande du conducteur y compris lors des changements de mode.

[0027] Cependant, la qualité du suivi de la consigne de couple est tributaire des dispersions que peuvent provoquer le vieillissement des composants du moteur, les dispersions à la fabrication ou encore les caractéristiques variables des carburants du commerce.

[0028] Ces variations risquent de perturber la commande en couple et en conséquence, de rendre les changements de mode perceptibles pour l'utilisateur.

[0029] Il est donc important de ne provoquer un changement de mode de combustion que sur les changements durables de point de fonctionnement du moteur.

[0030] On va maintenant évoquer l'influence du mode de combustion sur les émissions de polluant.

[0031] Les émissions de polluant du moteur sont traitées par un système de catalyse intégré à l'échappement.

[0032] Ce système peut être composé d'un ou plusieurs éléments destinés à oxyder ou réduire les composantes toxiques des gaz d'échappement.

[0033] Les composants les plus dangereux sont les hydrocarbures imbrûlés (Hc), le monoxyde de carbone (CO) et les oxydes d'azote (NOx).

[0034] Le CO et les Hc doivent être oxydés pour être convertis en $CO_2 + H_2O$.

[0035] les Nox doivent être réduits pour être convertis en $H_2 + O_2$.

[0036] Lorsque le mélange air-essence est stoechiométrique, la double fonction d'oxydation et de réduction est assurée par un catalyseur trifonctionnel.

[0037] Associé à une régulation fine de la richesse du mélange air-carburant permettant de provoquer des fluctuations de faible amplitude de la richesse autour de 1, ce catalyseur permet une excellente conversion globale des deux polluants.

[0038] Lorsque le mélange air-essence est pauvre, seule la fonction d'oxydation peut être assurée par le catalyseur trifonctionnel.

[0039] La fonction de réduction peut alors être assurée de différentes façons:

- stockage des Nox en mélange pauvre puis réduction lors des phases de fonctionnement du moteur à richesse supérieure ou égale à 1,
- formulation chimique permettant d'assurer une réduction en mélange pauvre.

[0040] Quelle que soit la définition du système catalytique, son efficacité de traitement est très faible tant que sa température n'a pas atteint un seuil d'amorçage des réactions chimiques.

[0041] Tant que ce seuil d'amorçage (de l'ordre de 250°) n'est pas atteint, une gestion spécifique du moteur s'impose afin :

- de minimiser autant que possible les émissions de base du moteur,

- d'augmenter le plus rapidement possible la température du système catalytique.

[0042] Cette gestion privilégie la contrainte de dépollution au détriment de la consommation de carburant. Elle doit donc être levée dès que l'unité de contrôle détecte une efficacité suffisante pour convertir les polluants dans le mode de combustion privilégiant la consommation.

[0043] L'invention vise à créer un procédé et un dispositif de gestion globale des contraintes liées au choix du mode de combustion.

[0044] Les contraintes prises en compte sont la consommation de carburant, l'agrément de conduite du véhicule et l'efficacité de traitement des polluants lors de la montée en température après démarrage du moteur.

[0045] L'invention a donc pour objet un procédé de commande du mode de combustion d'un moteur à essence à quatre temps à allumage commandé équipé d'un système d'injection directe du carburant dans la chambre de combustion, d'au moins un catalyseur placé dans la ligne d'échappement du moteur et d'un système de contrôle recevant des informations relatives au régime de rotation et à la charge du moteur, à la position de la pédale d'accélérateur, et aux températures du moteur et des gaz d'échappement, caractérisé en ce qu'on établit une estimation de rendement de combustion des différents modes disponibles et compte tenu desdites informations relatives au régime de rotation et à la charge du moteur, à la position de la pédale d'accélérateur et aux températures du moteur et des gaz d'échappement, on commande le choix d'un mode de combustion prioritaire à partir de ladite estimation de l'efficacité de combustion des différents modes disponibles.

[0046] L'invention a également pour objet un dispositif de commande du mode de combustion d'un moteur à essence à quatre temps à allumage commandé équipé d'un système d'injection directe du carburant dans la chambre de combustion, d'au moins un catalyseur placé dans la ligne d'échappement du moteur et d'un système de contrôle recevant de capteurs, des informations relatives au régime de rotation et à la charge du moteur, à la position de la pédale d'accélérateur et aux températures du moteur et des gaz d'échappement, pour la mise en oeuvre du procédé défini ci-dessus, caractérisé en ce que le système de contrôle comporte des moyens pour commander le choix d'un mode de combustion prioritaire en tenant compte desdites informations et à partir d'une estimation de l'efficacité de combustion des divers modes disponibles.

[0047] Suivant d'autres caractéristiques :

- le dispositif comporte un algorithme de contrôle permettant de calculer le rendement de combustion en tenant compte de l'état thermique de la chambre de combustion,
- l'algorithme de contrôle permet de corriger le mode de combustion prioritaire à l'aide d'un rendement de commutation permettant d'anticiper le comportement du conducteur et ainsi d'éviter les changements de mode de combustion intempestifs sur changement furtif du mode de combustion prioritaire,
- l'algorithme de contrôle permet d'anticiper le comportement du conducteur à partir de l'analyse combinée des consignes de couple moteur avant et après application des filtres destinés à adoucir les transitions de couple pour assurer un bon agrément de conduite du véhicule.
- l'algorithme de contrôle permet de corriger le mode de combustion en tenant compte de l'efficacité de traitement dudit au moins un élément catalytique de la ligne d'échappement lors de la montée en température après le démarrage du moteur.

[0048] La gestion des contraintes est hiérarchisée comme suit :

- un mode de combustion prioritaire est défini par le critère de consommation minimum.

[0049] La performance d'un mode de combustion est exprimée sous la forme d'un rendement de combustion et le mode de combustion assurant le meilleur rendement est choisi comme mode prioritaire,

- si ce mode prioritaire évolue, l'unité de contrôle teste la stabilité dans le temps du nouveau mode. Ce test a pour objectif de détecter les évolutions furtives qui ne doivent pas être appliquées sous peine d'effet sur le couple sensibles pour l'utilisateur. La détection des évolutions furtives se fait par anticipation du comportement du conducteur.

[0050] Cette anticipation est rendue possible par le filtrage de la volonté du conducteur imposé en permanence pour lisser la demande en couple et ainsi garantir un bon agrément de conduit du véhicule.

[0051] La comparaison des couples de consigne avant et après filtrage permet une discrimination entre les changements de mode qui doivent être appliqués sans temporisation et ceux qui ne doivent pas être appliqués.

[0052] Le mode de combustion tenant compte des contraintes de consommation et d'agrément de conduite est enfin confronté à la contrainte de dépollution imposée par le système de catalyse.

[0053] Après démarrage du moteur, l'unité de contrôle du moteur évalue l'efficacité de traitement des polluants par le système de catalyse.

[0054] Cette estimation de l'efficacité, exprimée sous le forme de rendement de conversion, permet à l'unité de contrôle d'imposer pendant la montée en température le mode de combustion garantissant le plus faible niveau d'émission de polluant.

[0055] Une fois la température nominale de fonctionnement atteinte, cette contrainte s'estompe et le mode de combustion prioritaire est autorisé.

[0056] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, donnée uniquement à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins annexés, sur lesquels :

- la Fig.1 est un graphique du couple moteur en fonction du régime de rotation d'un moteur;
- la Fig.2 est un schéma synoptique d'un dispositif de commande du mode de combustion d'un moteur-combustion interne suivant l'invention;
- la Fig.3 est un organigramme de l'élaboration du mode de combustion;
- la Fig.4 est un graphique en fonction du temps du mode de combustion;
- la Fig.5 est un organigramme de l'algorithme de calcul de E-Commut;
- la Fig.6 est une représentation graphique du changement furtif du mode de combustion prioritaire;
- la Fig.7 est une représentation graphique du changement confirmé de mode de combustion prioritaire sur E-Commut;
- la Fig.8 est une représentation graphique du changement confirmé du mode de combustion prioritaire sur accélération forte du conducteur;
- la Fig.9 montre un exemple de comportement des différentes efficacités de traitement de la ligne d'échappement; et
- la Fig.10 est un graphique de prise en compte du traitement catalytique.

[0057] Le schéma synoptique de la figure 2 représente un moteur à combustion interne 1, par exemple un moteur à quatre temps, à essence à allumage commandé, pourvu d'un système 2 d'alimentation en carburant à haute pression injectant directement le carburant dans la chambre de combustion du moteur, un catalyseur 3 placé dans la ligne d'échappement 4 et un système de contrôle 5 relié à un capteur 6 du régime de rotation et de charge du moteur, à un capteur 7 de position de la pédale d'accélération 8, à un capteur 9 de la température du moteur et à un capteur 10 de la température des gaz d'échappement.

[0058] On va maintenant donner en référence à la figure 3, un aperçu général de l'élaboration du mode de combustion.

[0059] Au cours d'une étape 11, on évalue l'efficacité de la combustion et l'on établit le mode de combustion prioritaire.

[0060] Au cours d'une étape 12, on évalue l'efficacité de commutation entre modes.

[0061] Au cours d'une étape 13, on réalise la gestion des transitions de mode à partir des données reçues des étapes 11 et 12.

[0062] Au cours d'une étape 14, on évalue l'efficacité de traitement du système d'échappement.

[0063] Au cours d'une étape 15, on prend en compte la contrainte de dépollution et on délivre une information de mode de combustion final.

[0064] Le calcul de l'efficacité de combustion E-Comb va maintenant être décrit.

[0065] L'efficacité de combustion E-Comb est définie de la manière suivante

$$\text{E-Comb}_i = \frac{\textit{consommation spécifique du moteur dans le mode de combustion } i}{\textit{consommation spécifique moteur la plus faible pour le point de fonctionnement}}$$

[0066] Par définition, $\text{E-Comb}_i=1$ pour le mode de combustion assurant la consommation spécifique la plus faible.

[0067] Par convention, $\text{E-Comb}_i=0$ si le point de fonctionnement du moteur ne peut être assuré dans le mode de combustion i.

[0068] L'efficacité dans le mode i est paramétrée à partir de la caractérisation statique effectuée au banc.

[0069] Elle est fonction :

- du couple demandé au moteur,
- du régime de rotation,
- de l'état thermique de la chambre de combustion ($T°_{chambre}$).

$$\text{E-Comb}_i = F_i(\text{Couple, Régime}) \times G_i(T°_{chambre}).$$

[0070] L'estimation de $T°_{chambre}$ est faite à partir du modèle physique suivant :

$T°_{chambre}$=Etat thermique de la chambre de combustion.

[0071] $T°_{chambre}$ est initialisé à la température de l'eau du moteur avant démarrage du moteur.

[0072] Après démarrage, $T°_{chambre}$ tend vers une valeur $T°_{chambre\ stabilisé}$.

[0073] Le calcul de $T°_{chambre}$ stabilisé est assuré par la relation suivante :

$$T°_{chambre\ stabilisé} = F(Régime, Couple) \times Ki$$

F étant la caractéristique fondamentale du moteur.

[0074] Elle est estimée par calcul et correspond aux conditions nominales en fonctionnement à 20° ambiant en mode de combustion homogène avec une richesse égale à 1.

[0075] Ki est un coefficient de dégradation permettant de modéliser la diminution des températures de combustion en mélange pauvre (homogène ou stratifié).

[0076] Le filtrage de $T°_{chambre}$ est destiné à atteindre $T°_{chambre\ stabilisé}$.

[0077] Il est fonction de la température de l'eau du moteur.

[0078] Le filtre utilisé permet de modéliser l'inertie thermique de l'ensemble des pièces composant la chambre de combustion.

[0079] On va maintenant décrire la détermination du mode de combustion prioritaire.

[0080] Le mode de combustion prioritaire est celui qui assure la meilleure efficacité de combustion.

[0081] A cet effet, on calcule l'efficacité de commutation E-Commut.

[0082] L'efficacité de commutation intervient uniquement lors d'un changement du mode de combustion prioritaire.

[0083] L'objectif du calcul de l'efficacité est d'éviter les changements de mode répétés pour de faibles variations du couple demandé par le conducteur dans une zone limite de fonctionnement entre deux modes.

Définitions préliminaires

[0084] Le mode de combustion initial est le 1. Le conducteur augmente sa demande de couple et $E\text{-}Comb_2$ devient supérieur à $E\text{-}Comb_1$ (le même principe peut être appliqué pour toute variation du mode de combustion prioritaire).

[0085] On distingue deux couples de consigne.

- Cbrut : couple de consigne avant filtrage par le système de contrôle du moteur pour assurer un bon agrément de conduite;
- Cfiltré : couple de consigne après filtrage par le système de contrôle du moteur pour assurer un bon agrément de conduite.

[0086] Pour Cfiltré <C12 + DC1), le mode de combustion 1 est capable de fournir le couple demandé (sans assurer par définition, la meilleure consommation).

[0087] A partir du couple de consigne Cbrut, on calcule E-Commut.

[0088] E-Commut est initialisé à O lorsque Cfiltré dépasse C12 (Fig.4).

[0089] Si le couple avant filtrage dépasse le couple maximum pouvant être délivré dans le mode 1, le changement de mode doit être appliqué sans délai.

$$\text{Si } Cbrut > C12 + DC1, \text{ alors } E\text{-}Commut = 1.$$

[0090] Si le couple avant filtrage reste inférieur au couple maximum délivrable dans le mode 1, le système 5 de contrôle du moteur scrute les variations de la chambre du conducteur.

[0091] Si le conducteur augmente sa demande de couple, le changement de mode est appliqué sans délai.

$$\text{Si } Cbrut(n) - Cbrut(n-1) > DCcons1 \text{ alors } E\text{-}Commut = 1.$$

[0092] Si le conducteur stabilise sa demande, E-Commut est incrémenté et tend vers 1.

$$\text{Si } Cbrut(n) - Cbrut(n-1) \in [DCcons2, DCcons1],$$

E-Commut(n) = E-Commut (n-1) + Δ.

[0093] Si le conducteur diminue sa demande (tout en restant dans le domaine où le mode 2 assure la meilleure consommation), le changement de mode n'est pas appliqué.

Si Cbrut (n) - Cbrut(n-1) < DCcons2, alors E-Commut = 0.

[0094] L'algorithme détaillé de contrôle assurant le calcul de E-Commut stocké en mémoire du système de contrôle 5 est présenté à la figure 5 et va maintenant être décrit en référence à cette figure.

[0095] Cet algorithme comporte une phase 20 d'attente d'un pas de calcul qui reçoit le résultat d'un test de E-Commut effectué au cours de l'étape 21 au cours de laquelle on vérifie si TEST E-Commut = 1.

[0096] Dans l'affirmative, on passe à l'étape 22 d'autorisation du mode de combustion.

[0097] Dans le cas contraire, on passe à l'étape 20 d'attente d'un pas de calcul.

[0098] Puis au cours de la phase 23, on procède au test pour déterminer si Cfiltré > C12.

[0099] Dans la négative, on revient à l'étape d'attente 10.

[0100] Dans l'affirmative, E-Commut = 0 sur le premier calcul après franchissement de C12 et on passe à l'étape de test 24 pour déterminer si Cbrut > C12 + DC1.

[0101] Si tel est le cas, E-Commut = 1 et on revient à l'étape 21 de test de E-Commut = 1.

[0102] Dans le cas contraire, on passe à l'étape de test 25 pour déterminer si Cbrut(n) - Cbrut (n-1) > DCcons1.

[0103] Si c'est vrai, on passe à nouveau à E-Commut = 1.

[0104] Dans le cas contraire, on passe à l'étape 26 de test pour déterminer si Cbrut (n) - Cbrut (n-1) < DCcons2.

[0105] Si c'est vrai, E-Commut = 0 et on retourne à l'étape 21 de test de E-Commut.

[0106] Si c'est faux, E-Commut = Ecommut + Δ.

[0107] Plusieurs exemples de comportement de E-Commut sont représentés aux figures 6 à 8.

[0108] La figure 6 représente un changement furtif du mode de combustion prioritaire, que la stratégie décrite permet d'éviter.

[0109] Le graphique de la figure 6 représente les valeurs des couples en fonction du temps.

[0110] La courbe (a) en trait plein montre l'évolution dans le temps de la valeur de Cfiltré.

[0111] La courbe (a1) en pointillé montre l'évolution correspondante de Cbrut.

[0112] La droite (a2) parallèle à l'axe des temps représente C12.

[0113] La droite (a3) parallèle à l'axe de temps représente DC1 + C12.

[0114] La courbe (b) s'étendant en échelon de part et d'autre de l'axe de temps, représente la valeur de Cbrut(n) - Cbrut(n-1).

[0115] La courbe (c) représente la variation de E-Commut.

[0116] La figure 7 représente le changement confirmé du mode de combustion prioritaire sur la condition E-Commut = 1.

[0117] La courbe (a) en trait plein représente Cfiltré, la courbe (a1) en pointillé représente Cbrut.

[0118] Ces deux courbes coupent la valeur constante de C12 représentée par la droite (a_2). La droite horizontale (a_3) représente DC1.

[0119] La courbe (b) représente Cbrut(n) - Cbrut (n-1).

[0120] La courbe (c) représente E-Commut. On voit d'après cette courbe que le mode 2 de combustion est appliqué lorsque E-Commut atteint 1.

[0121] La figure 8 représente le changement confirmé du mode de combustion prioritaire sur accélération forte du conducteur.

[0122] La courbe (a) en trait plein représente l'évolution de la valeur de Cfiltré.

[0123] La courbe (a1) en pointillé, celle de Cbrut.

[0124] Les courbes a2 et a3 représentent les valeurs constantes de C12 et de DC1.

[0125] La courbe (b) représente Cbrut(n) - Cbrut (n-1).

[0126] La courbe (c) représente E-Commut.

[0127] Le mode 2 est appliqué lorsque Cbrut atteint la valeur de DC1.

[0128] L'utilisation de E-Commut est assurée comme suit.

[0129] Tant que E-Commut <1, le franchissement de C12 par Cfiltré, ne provoque pas de changement de mode de combustion (Fig.6).

[0130] Si E-Commut = 1, le changement de mode de combustion est appliqué (Fig.7 et 8).

[0131] On va maintenant décrire le calcul de l'efficacité. de traitement catalytique de la ligne d'échappement E-Ech.

[0132] L'efficacité est modélisée en fonction :

- du polluant considéré (HC, Nox),
- de la richesse moyenne des gaz d'échappement (donc implicitement du mode de combustion),
- de la température du ou des éléments catalytiques de la ligne d'échappement.

[0133] Par convention :

$T°_i$ = Température de l'élément i de la ligne d'échappement
$E\text{-}Ech_{R=1,Nox,i}(T°_i)$ = Efficacité de traitement des Nox à richesse 1 par l'élément i
$E\text{-}Ech_{R=1,Hc,,i}(T°_i)$ = Efficacité de traitement des hydrocarbures à richesse 1 par l'élément i.
$E\text{-}Ech_{R<1,Nox,i}(T°_i)$ = Efficacité de traitement des Nox à richesse <1 par l'élément i
$E\text{-}Ech_{R<1,Hc,,i}(T°_i)$ = Efficacité de traitement des hydrocarbures à richesse <1 par l'élément i.
Pour l'ensemble du système d'échappement, on définit une efficacité globale par polluant et par mode de combustion :
$E\text{-}Ech_{R=1,HC}=Sup\ (E\text{-}Ech_{R=1,Hc,i})$
$E\text{-}Ech_{R=1,Nox}=Sup\ (E\text{-}Ech_{R=1,Nox,i})$
$E\text{-}Ech_{R<1,HC}=Sup\ (E\text{-}Ech_{R<1,Hc,i})$
$E\text{-}Ech_{R<1,Nox}=Sup\ (E\text{-}Ech_{R<1,Nox,i})$

[0134] Pour l'ensemble des polluants et du système d'échappement, on définit un efficacité globale par mode de combustion :

$$E\text{-}Ech_{R=1}= Inf\ (E\text{-}Ech_{R=1,Hc};\ E\text{-}Ech_{R=1,Nox})$$

$$E\text{-}Ech_{R<1}= Inf\ (E\text{-}Ech_{R<1,Hc};\ E\text{-}Ech_{R<1,Nox})$$

[0135] Un exemple de comportement de ces différentes efficacités est donné à la figure 9.
[0136] La figure 9a représente le comportement de l'efficacité de traitement de la ligne d'échappement à deux éléments, HC et NOX pour un mélange de richesse égale à 1.
[0137] La figure 9b représente le comportement de l'efficacité de traitement de la ligne d'échappement à deux éléments pour un mélange pauvre.
[0138] La figure 9c représente la synthèse des comportements de l'efficacité de traitement représentés aux figures 9a et 9b.
[0139] L'efficacité de traitement est encore modifiée lorsque l'on prend en compte l'efficacité du traitement catalytique.
[0140] Le mode de combustion prioritaire n'est autorisé que si l'efficacité globale du système d'échappement pour la richesse associée au mode de traitement est suffisante pour éviter l'émission de polluants à l'atmosphère.
[0141] Si aucune efficacité n'est suffisante pour autoriser le mode de combustion prioritaire, un mode de combustion spécifique à la dépollution est imposé.
[0142] Ce mode est fonction des caractéristiques du moteur.
[0143] Il pourra s'agir par exemple d'une double injection homogène-stratifié avec retrait d'avance à l'allumage.
[0144] Un exemple de choix du mode de combustion final est présenté à la figure 10.
[0145] Le graphique de la figure 10 représente le comportement d'efficacité de traitement de la ligne d'échappement en prenant en compte l'efficacité de traitement catalytique.
[0146] Le graphique est délimité en trois régions I, II, III, séparées par des lignes verticales en pointillé coupant l'axe des températures.
[0147] Dans la région I, le mode de combustion prioritaire quel qu'il soit ne peut être appliqué.
[0148] Un mode de combustion spécifique destiné à augmenter rapidement la température du système d'échappement est imposé.
[0149] Dans la région II, le mode de combustion prioritaire peut être appliqué si il permet un fonctionnement à richesse = 1.
[0150] Dans la région III, le mode de combustion prioritaire peut être appliqué.

Revendications

1. Procédé de commande du mode de combustion d'un moteur (1) à essence à quatre temps à allumage commandé

équipé d'un système (2) d'injection directe du carburant dans la chambre de combustion, d'au moins un catalyseur (3) placé dans la ligne d'échappement (4) du moteur et d'un système de contrôle (5) recevant des informations (6,7,9,10) relatives au régime de rotation et à la charge du moteur, à la position de la pédale d'accélérateur, et aux températures du moteur et des gaz d'échappement, **caractérisé en ce qu'**on établit une estimation de l'efficacité de combustion des différents modes disponibles et compte tenu desdites informations relatives au régime de rotation et à la charge du moteur, à la position de la pédale d'accélérateur et aux températures du moteur et des gaz d'échappement, on commande le choix d'un mode de combustion prioritaire à partir de ladite estimation de l'efficacité de combustion des différents modes disponibles.

2. Dispositif de commande du mode de combustion d'un moteur (1) à essence à quatre temps à allumage commandé équipé d'un système (2) d'injection directe du carburant dans la chambre de combustion, d'au moins un catalyseur (3) placé dans la ligne d'échappement (4) du moteur (1) et d'un système (5) de contrôle recevant de capteurs (6,7,9,10), des informations relatives au régime de rotation et à la charge du moteur, à la position de la pédale d'accélérateur et aux températures du moteur et des gaz d'échappement, pour la mise en oeuvre du procédé suivant la revendication 1, **caractérisé en ce que** le système de contrôle (5) comporte des moyens (Fig.5) pour commander le choix d'un mode de combustion prioritaire en tenant compte desdites informations et à partir d'une estimation de l'efficacité de combustion des divers modes disponibles.

3. Dispositif de commande suivant la revendication 2,**caractérisé en ce qu'**il comporte un algorithme de contrôle (Fig.5) permettant de calculer l'efficacité de combustion en tenant compte de l'état thermique de la chambre de combustion.

4. Dispositif de commande suivant la revendication 3, **caractérisé en ce que** l'algorithme de contrôle (Fig.5) permet de corriger le mode de combustion prioritaire à l'aide d'un rendement de commutation permettant d'anticiper le comportement du conducteur et ainsi d'éviter les changements de mode de combustion intempestifs sur changement furtif du mode de combustion prioritaire.

5. Dispositif de commande suivant l'une des revendications 3 et 4, **caractérisé en ce que** l'algorithme de contrôle (Fig.5) permet d'anticiper le comportement du conducteur à partir de l'analyse combinée des consignes de couple moteur avant et après application du filtre destinés à adoucir les transitions de couple pour assurer un bon agrément de conduite du véhicule.

6. Dispositif de commande suivant l'une des revendications 3 à 5, **caractérisé en ce que** l'algorithme de contrôle (Fig.5) permet de corriger le mode de combustion en tenant compte de l'efficacité de traitement dudit au moins un élément catalytique de la ligne d'échappement lors de la montée en température après le démarrage du moteur.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Steuern der Verbrennungsbetriebsart eines Viertakt-Benzinmotors (1) mit Zündungssteuerung, der mit einem System (2) zur Direkteinspritzung von Kraftstoff in die Brennkammer, wenigstens einem in der Auslassleitung (4) des Motors angeordneten Katalysator (3) und einem Steuersystem (5), das Informationen (6, 7, 9, 10) bezüglich der Drehzahl und der Last des Motors, der Stellung des Fahrpedals und der Temperaturen des Motors bzw. des Auslassgases empfängt, ausgerüstet ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Schätzung des Verbrennungswirkungsgrades der verschiedenen verfügbaren Betriebsarten unter Berücksichtigung der auf die Drehzahl und die Last des Motors, die Stellung des Fahrpedals und die Temperaturen des Motors bzw. des Auslassgases bezogenen Informationen erstellt wird und die Wahl einer bevorzugten Verbrennungsbetriebsart anhand der Schätzung des Verbrennungswirkungsgrades der verschiedenen verfügbaren Betriebsarten gesteuert wird.

2. Vorrichtung zum Steuern der Verbrennungsbetriebsart eines Viertakt-Benzinmotors (1) mit Zündungssteuerung, der mit einem System (2) zur Direkteinspritzung von Kraftstoff in die Brennkammer, wenigstens einem in der Auslassleitung (4) des Motors (1) angeordneten Katalysator (3) und einem Steuersystem (5), das von Sensoren (6, 7, 9, 10) Informationen bezüglich der Drehzahl und der Last des Motors, der Stellung des Fahrpedals und der Temperaturen des Motors bzw. des Auslassgases empfängt, ausgerüstet ist, um das Verfahren nach Anspruch 1 auszuführen, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Steuersystem (5) Mittel (Fig. 5) zum Steuern der Wahl einer bevorzugten Verbrennungsbetriebsart unter Berücksichtigung dieser Informationen und anhand einer Schätzung des Verbrennungswirkungsgrades der verschiedenen verfügbaren Betriebsarten umfasst.

3. Steuervorrichtung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** sie einen Steueralgorithmus (Fig. 5) enthält, der ermöglicht, den Verbrennungswirkungsgrad unter Berücksichtigung des thermischen Zustandes der Brennkammer zu berechnen.

4. Steuervorrichtung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Steueralgorithmus (Fig. 5) ermöglicht, die bevorzugte Verbrennungsbetriebsart mit Hilfe einer Umschaltleistung zu korrigieren, die ermöglicht, das Verhalten des Fahrers vorherzusehen und dadurch ungeeignete Änderungen der Verbrennungsbetriebsart bei einer flüchtigen Änderung der bevorzugten Verbrennungsbetriebsart zu vermeiden.

5. Steuervorrichtung nach einem der Ansprüche 3 und 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Steueralgorithmus (Fig. 5) ermöglicht, das Verhalten des Fahrers anhand der kombinierten Analyse von Stellwert-Paaren des Motors vor und nach der Anwendung des Filters, das dazu bestimmt ist, die Paarübergänge zu dämpfen, vorherzusehen, um ein angenehmes Fahrverhalten des Fahrzeugs zu gewährleisten.

6. Steuervorrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Steueralgorithmus (Fig. 5) ermöglicht, die Verbrennungsbetriebsart unter Berücksichtigung des Verarbeitungswirkungsgrades des wenigstens einen katalytischen Elements der Auslassleitung bei einem Temperaturanstieg nach dem Anlassen des Motors zu korrigieren.

Claims

1. Method of controlling the combustion mode of a four-stroke petrol engine (1) with spark ignition, equipped with a system (2) for direct injection of the fuel into the combustion chamber, at least one catalyst (3) placed in the exhaust fine (4) of the engine, and a control system (5) which receives data (6, 7, 9, 10) relating to the speed of rotation and to the load of the engine, the position of the accelerator pedal, and the temperatures of the engine and of the exhaust gases, **characterised in that** an estimate of the combustion efficiency of the different modes available is made and taking account of the said data relating to the speed of rotation and to the load of the engine, the position of the accelerator pedal, and the temperatures of the engine and of the exhaust gases, the choice of a priority combustion mode is controlled on the basis of the said estimate of the combustion efficiency of the different modes available.

2. Device for controlling the combustion mode of a four-stroker petrol engine (1) with spark ignition, equipped with a system (2) for direct injection of the fuel into the combustion chamber, at least one catalyst (3) placed in the exhaust line (4) of the engine (1), and a control system (5) which receives from sensors (6, 7, 9, 10) data relating to the speed of rotation and to the load of the engine, the position of the accelerator pedal, and the temperatures of the engine and of the exhaust gases, for carrying out the method as claimed in Claim 1, **characterised in that** the control system (5) includes means (Figure 5) for controlling the choice of a priority combustion mode taking account of the said data and on the basis of an estimate of the combustion efficiency of the various modes available.

3. Control device as claimed in Claim 2, **characterised in that** it includes a control algorithm (Figure 5) which makes it possible to calculate the combustion efficiency taking account of the thermal state of the combustion chamber.

4. Control device as claimed in Claim 3, **characterised in that** the control algorithm (Figure 5) makes it possible to correct the priority combustion mode with the aid of a switching efficiency which makes it possible to anticipate the behaviour of the driver and thus to avoid untimely changes of combustion mode when the priority combustion mode is changed unobtrusively.

5. Control device as claimed in one of Claims 3 and 4, **characterised in that** the control algorithm (Figure 5) makes it possible to anticipate the behaviour of the driver on the basis of the combined analysis of the engine reference torque values before and after application of the filter, which are intended to smooth transitions in the torque in order to ensure pleasant driving of the vehicle.

6. Control device as claimed in one of Claims 3 to 5, **characterised in that** the control algorithm (Figure 5) makes it possible to correct the combustion mode taking account of the treatment efficiency of the at least one catalytic element in the exhaust line as the temperature rises after starting of the engine.

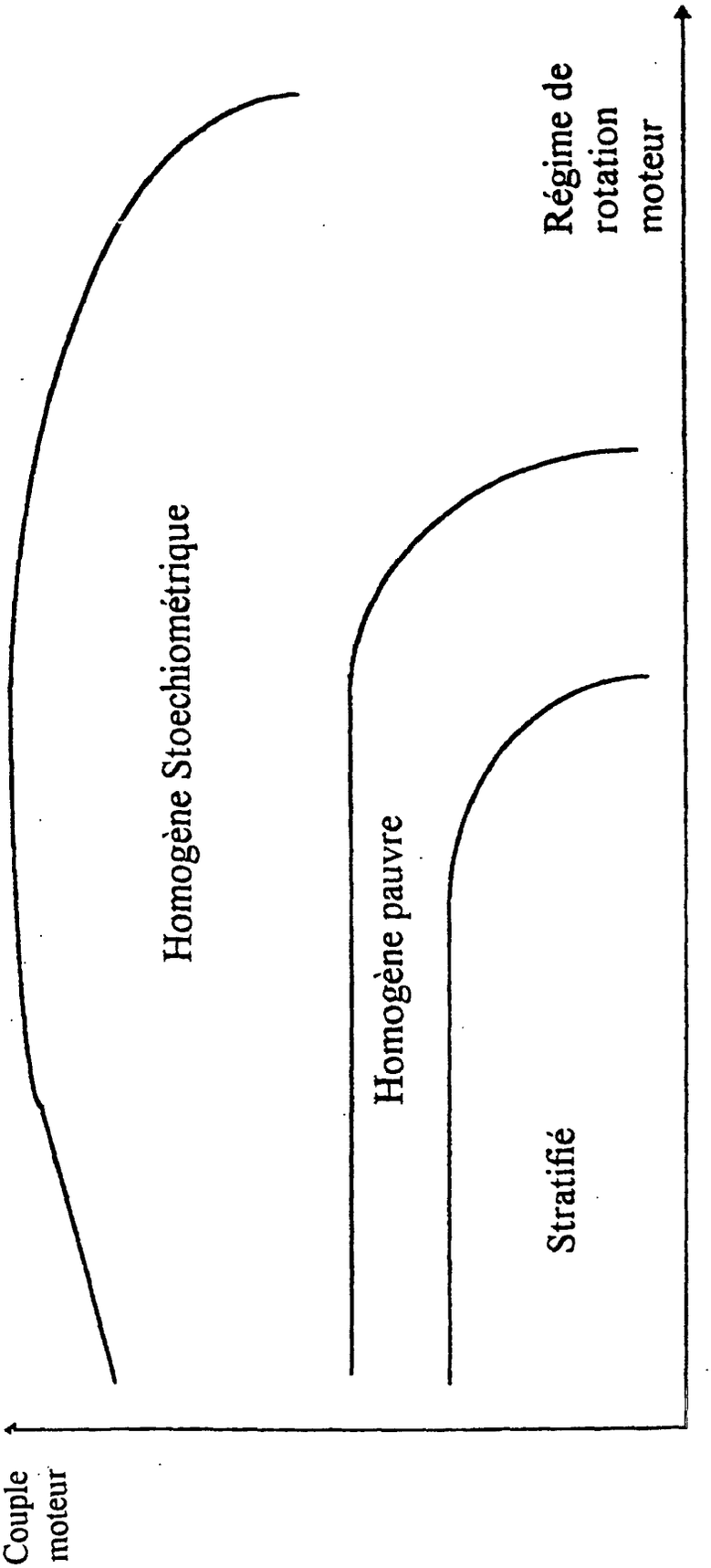

Couple moteur
Régime de rotation moteur
Homogène Stoechiométrique
Homogène pauvre
Stratifié

FIG.1

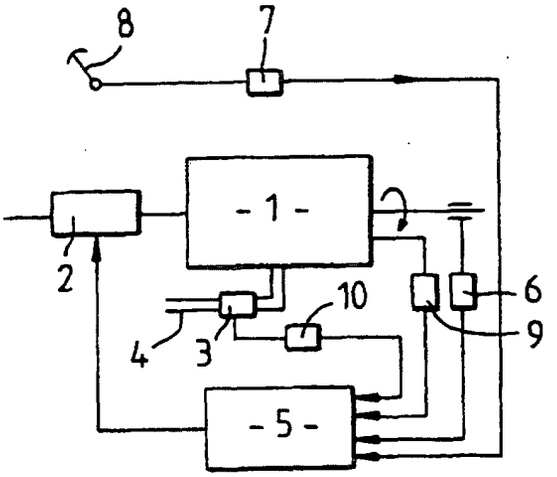

8
7
- 1 -
2
10
6
9
4
3
- 5 -

FIG.2

11
Mode de combustion prioritaire.
12
13
14
15
Mode de combustion final.

FIG.3

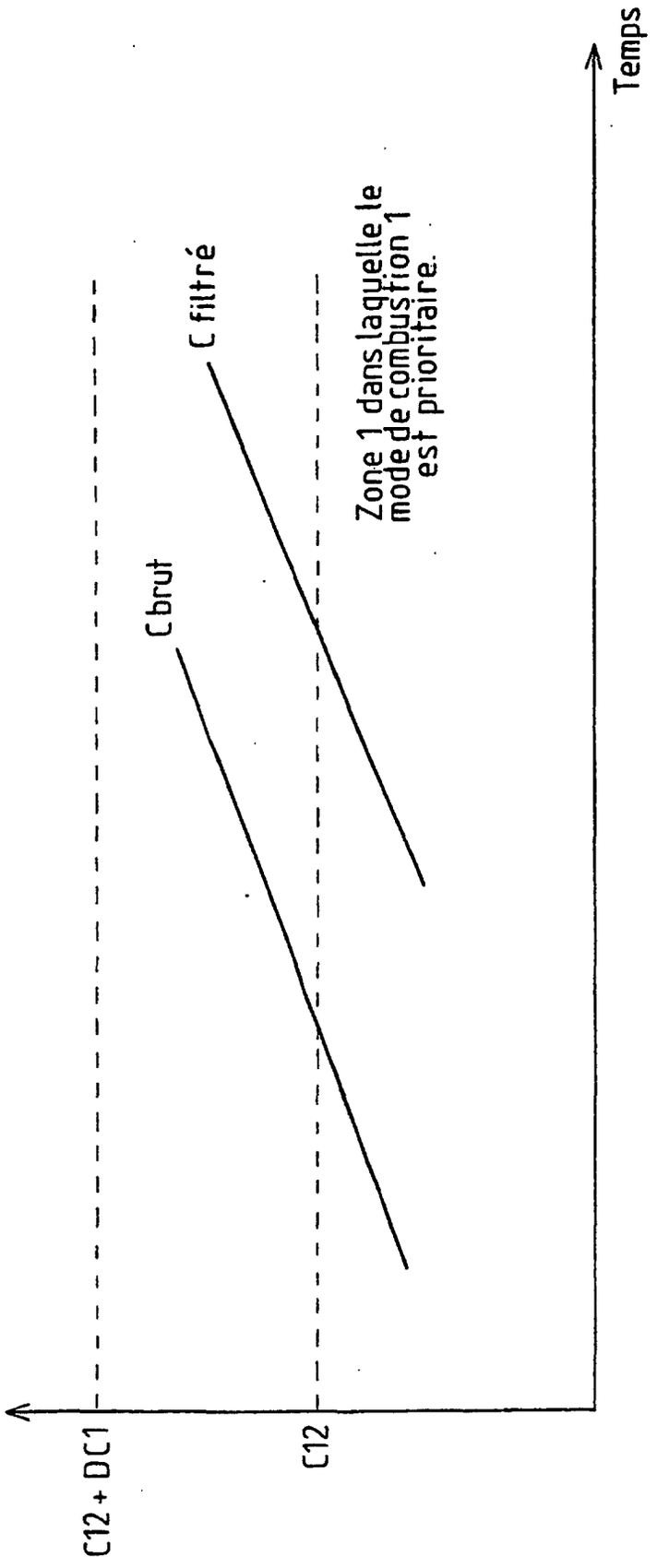

Temps
C filtré
C brut
Zone 1 dans laquelle le mode de combustion 1 est prioritaire.
C12 + DC1
C12

FIG. 4

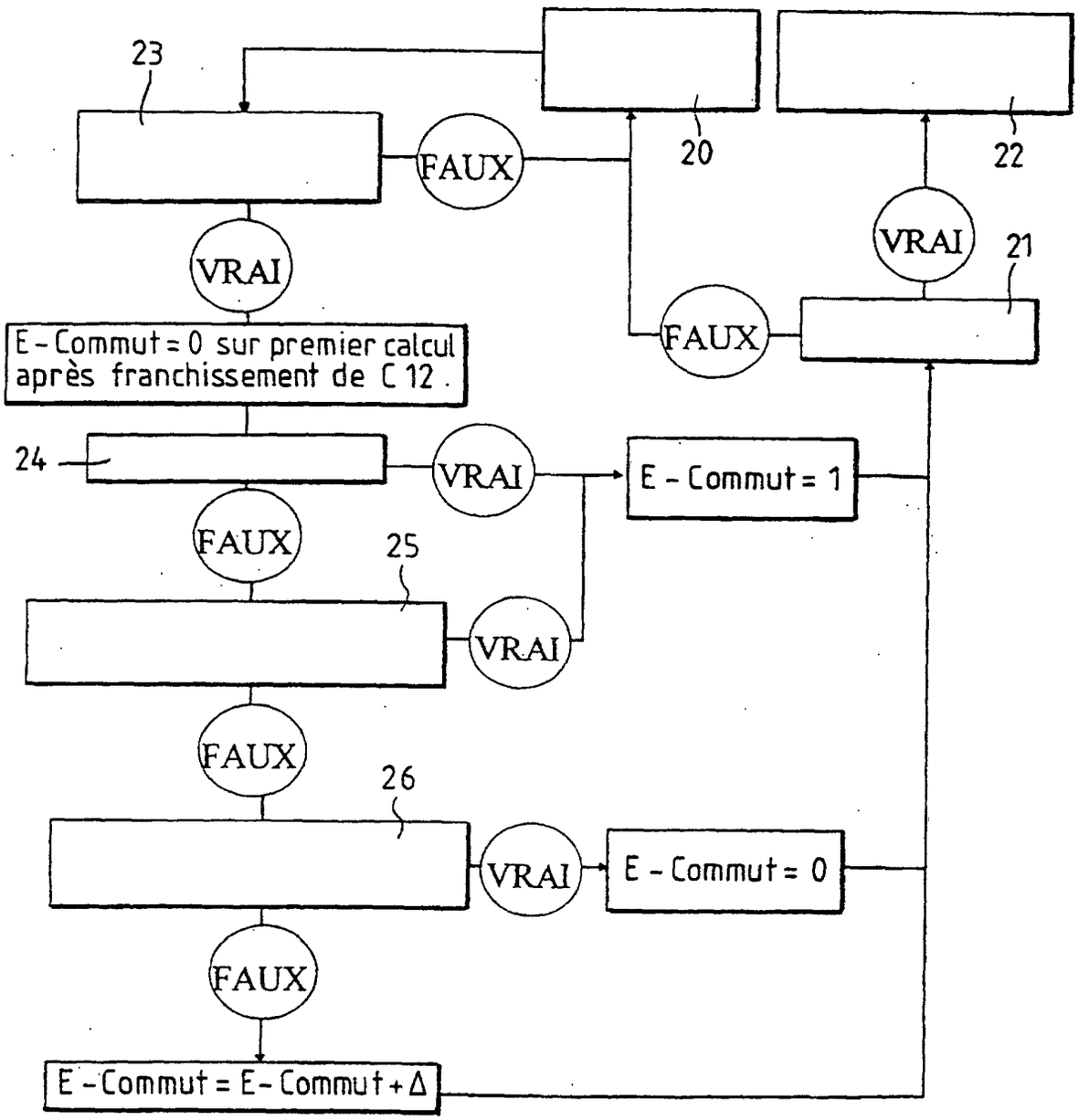

23
FAUX
20
22
VRAI
21
VRAI
FAUX
E - Commut = 0 sur premier calcul
après franchissement de C 12 .
24
VRAI
E - Commut = 1
FAUX
25
VRAI
FAUX
26
VRAI
E - Commut = 0
FAUX
E - Commut = E - Commut + Δ

FIG.5

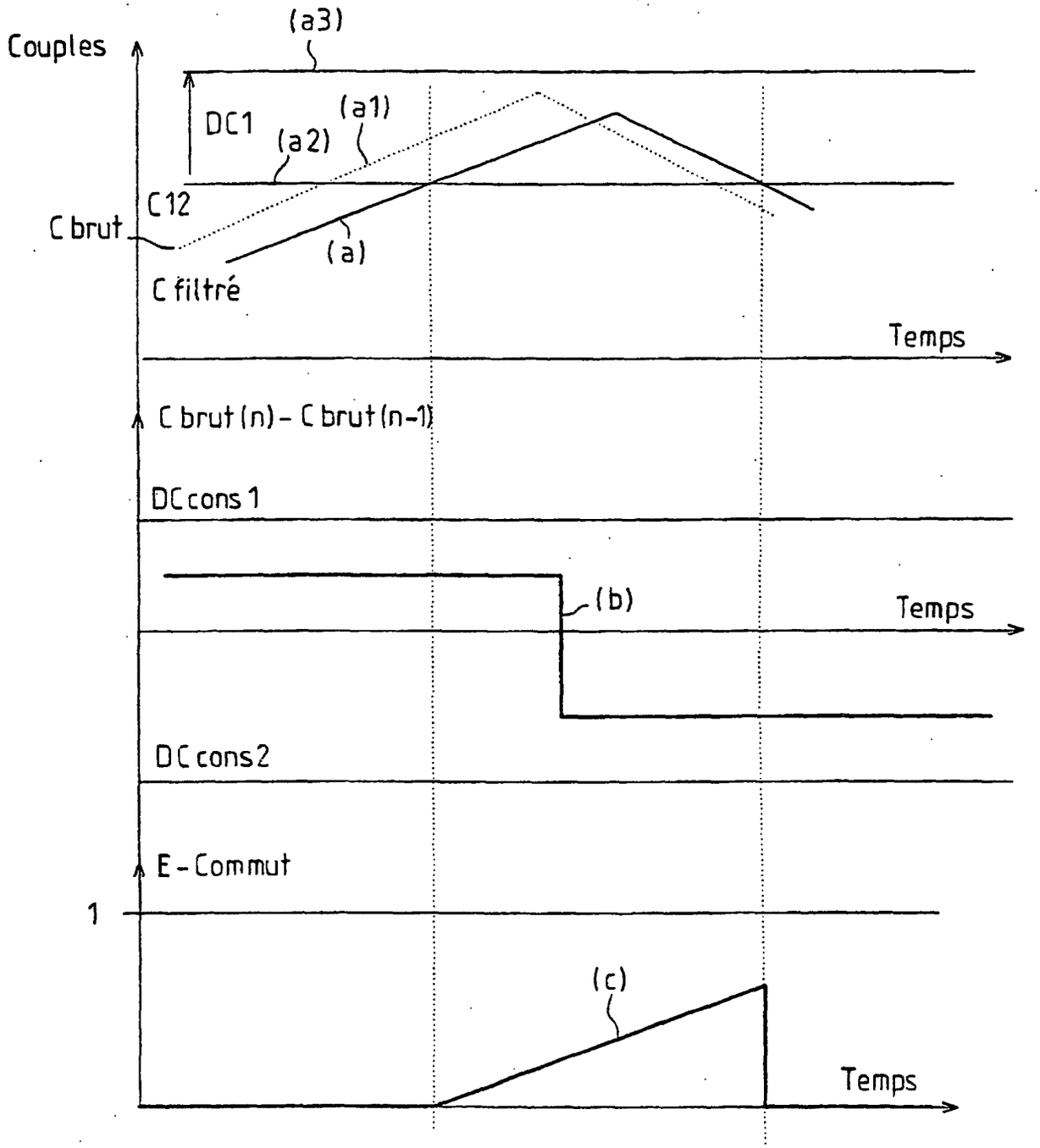

Couples
(a3)
DC1
(a1)
(a2)
C12
C brut
(a)
C filtré
Temps
C brut (n) - C brut (n-1)
DC cons 1
(b)
Temps
DC cons 2
E - Commut
1
(c)
Temps

FIG.6

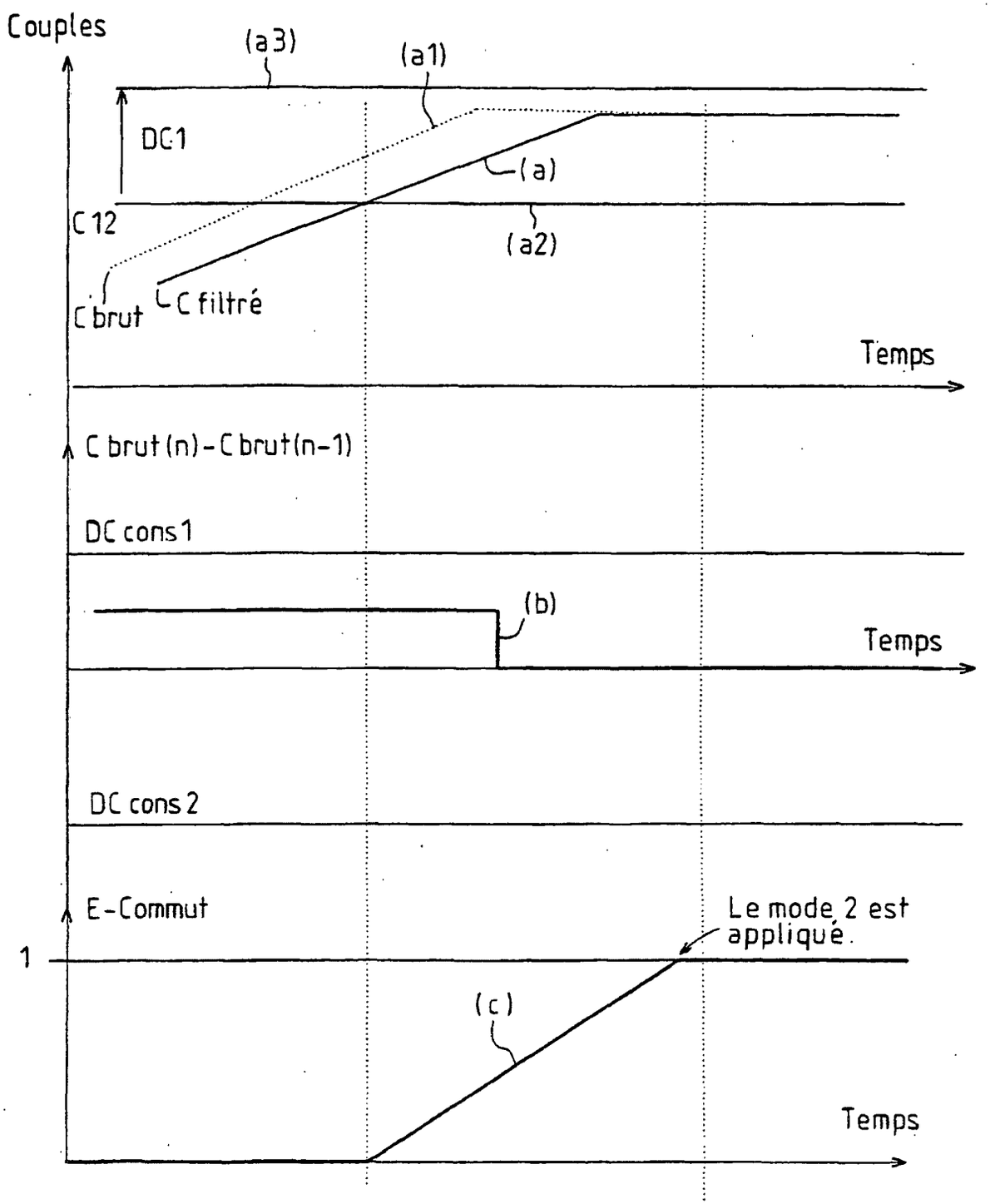

Couples
(a3)
(a1)
DC1
(a)
C 12
(a2)
C brut
C filtré
Temps
C brut (n) - C brut (n-1)
DC cons 1
(b)
Temps
DC cons 2
E-Commut
Le mode 2 est appliqué
1
(c)
Temps

FIG. 7

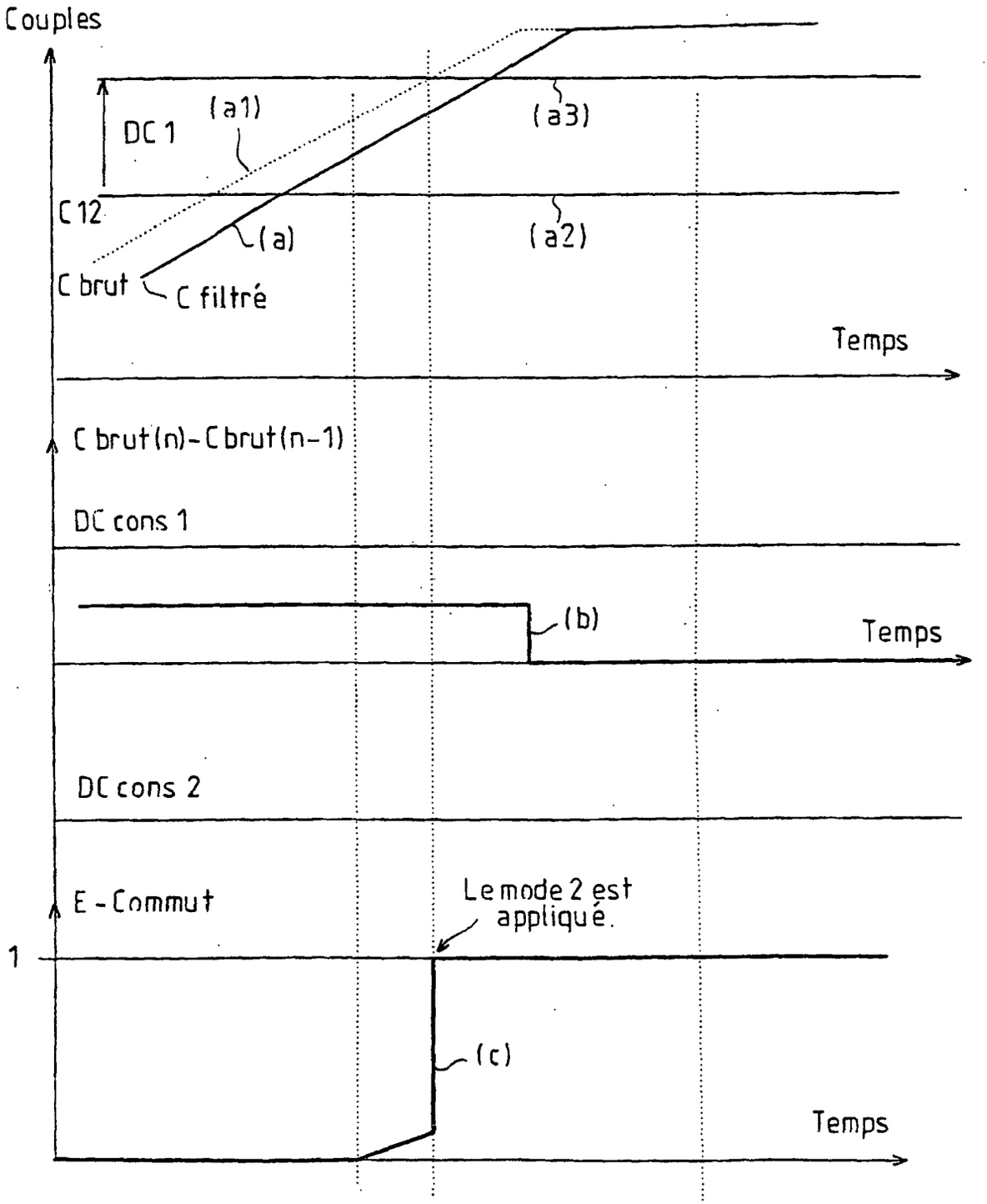

Couples
DC 1
(a1)
(a3)
C12
(a)
(a2)
C brut
C filtré
Temps
C brut(n)-C brut(n-1)
DC cons 1
(b)
Temps
DC cons 2
E-Commut
Le mode 2 est appliqué.
1
(c)
Temps

FIG.8

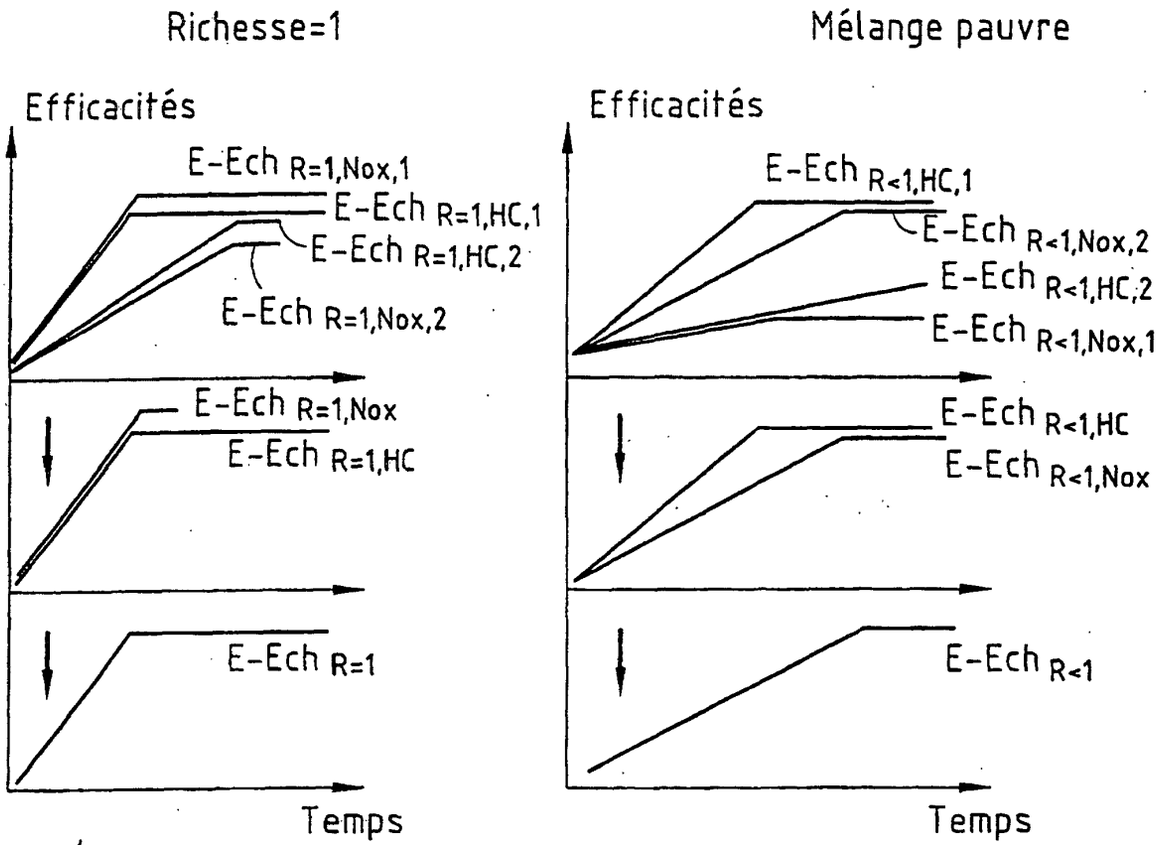


FIG.9A

FIG.9B

FIG.9

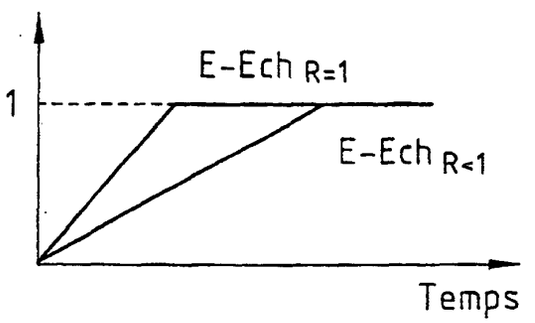


FIG.9C

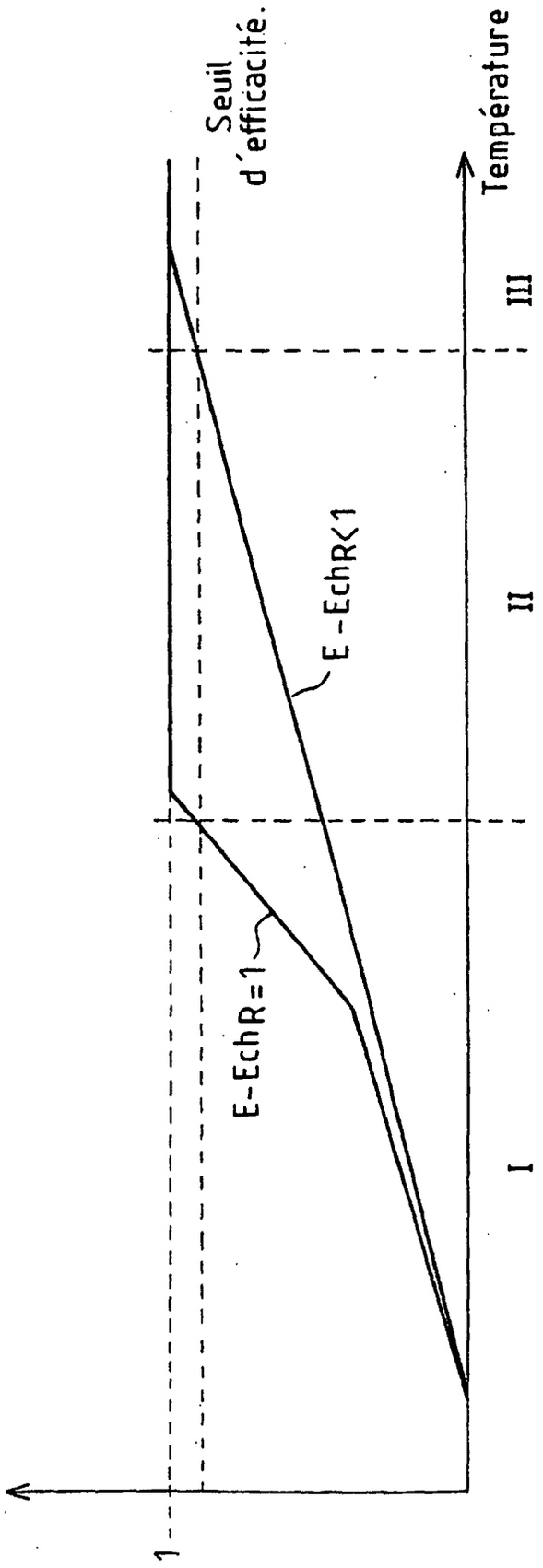


FIG.10