

12

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 31.12.98.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 07.07.00 Bulletin 00/27.

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

60 Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

71 Demandeur(s) : *RENAULT Société anonyme* — FR.

72 Inventeur(s) : DUBOIS PHILIPPE et BOUTIN
SAMUEL.

73 Titulaire(s) :

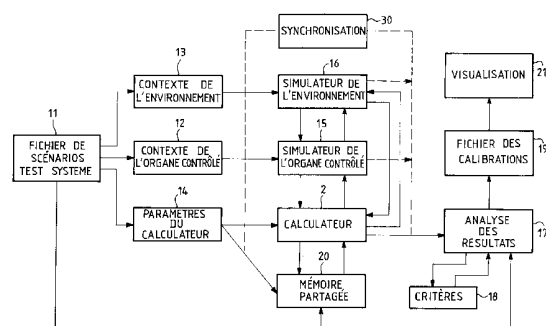
74 Mandataire(s) : CABINET BALLOT SCHMIT.

54 SYSTEME ET PROCEDE DE CALIBRATION AUTOMATIQUE D'UN LOGICIEL DE CONTROLE.

57 L'invention concerne un procédé de calibration automatique d'un logiciel de contrôle-commande de l'organe implémenté dans un calculateur électronique, destiné à choisir un ensemble de paramètres, tel qu'il comprend une phase d'exécution dudit logiciel, à partir de scénarios de test système, par le calculateur en boucle fermée avec une simulation de l'organe contrôlé et de son environnement, suivie d'une phase d'analyse des résultats en sortie du calculateur selon des critères de fonctionnement déterminé de l'organe contrôlé.

Elle concerne aussi un système comportant deux modules de simulation (15) de l'organe contrôlé et (16) de l'environnement de l'organe contrôlé en boucle fermée avec le calculateur (2) et en boucle ouverte avec le premier module (15) simulateur d'organe;

- un fichier (11) de scénarios de tests systèmes à exécuter par le calculateur (2);
- un module (17) d'analyse des résultats déterminant les calibrations, qui sont mémorisés dans un fichier (18).



**SYSTEME ET PROCEDE DE CALIBRATION AUTOMATIQUE
D'UN LOGICIEL DE CONTROLE**

L'invention concerne un système de calibration automatique d'un logiciel de contrôle-commande d'un organe mécanique, plus particulièrement d'un moteur à combustion interne de véhicule automobile. Elle
5 concerne également un procédé de fonctionnement du système.

Les logiciels de contrôle et de commande d'organes mécaniques, exécutés sur un micro-ordinateur,
10 permettent de contrôler et de piloter le fonctionnement de tels organes à l'aide de capteurs et d'actionneurs associés. Des applications particulièrement intéressantes sont par exemple le contrôle et la commande de l'injection électronique de carburant dans
15 un moteur à combustion interne, ou le pilotage des changements de vitesse d'une boîte automatique. Dans le cas de logiciels appliqués à un véhicule automobile, ces logiciels de contrôle s'exécutent sur un calculateur, de type micro-ordinateur, embarqué à bord
20 du véhicule et doté de modules électroniques périphériques, lui permettant de communiquer avec des capteurs et des actionneurs.

Ces logiciels de contrôle comprennent de nombreuses
25 cartographies, ainsi que d'autres paramètres par exemple de configuration, de linéarisation des lois de capteurs, de géométrie d'organes ..., afin qu'un même logiciel puisse contrôler plusieurs organes d'une même famille, plusieurs moteurs par exemple, ou bien afin
30 d'adapter un logiciel à un organe que l'on n'appréhende

pas parfaitement. De plus, grâce à ces cartographies, il est possible de prendre en compte les caractéristiques d'efficacité du calculateur sur lequel le logiciel va être exécuté. Le choix de ces
5 paramètres, appelés calibrations, s'appelle la mise au point ou la calibration. Calibrer une loi de contrôle et de commande, implémentée sur un calculateur, consiste à choisir un ensemble de calibrations.

10 Actuellement, une technique pour calibrer un contrôleur d'organe comme un moteur à essence consiste à calibrer directement sur banc moteur ou dans le contexte d'utilisation réelle de l'organe, avec un calculateur sensiblement identique à celui qui sera mis en série
15 ultérieurement. Pour cela, un mécanisme de mémoire partagée autorise l'accès aux calibrations se trouvant mémorisées dans le calculateur, afin de mettre au point le logiciel dans son contexte d'utilisation. Cette technique, qui nécessite un grand nombre d'essais avec
20 l'organe à commander, est longue et coûteuse.

Le but de la présente invention est de pallier ces inconvénients en réduisant le nombre d'essais. Elle propose une calibration automatique par bouclage du
25 calculateur avec un environnement simulé.

L'accès aux calibrations mises en mémoire est partagé entre le calculateur et l'outil permettant de les régler, par un moyen tel que la technique de "probing"
30 ou de "bypass", décrit par exemple dans le brevet français 2 719 683 au nom de RENAULT.

L'objet de l'invention est un procédé de calibration automatique d'un logiciel de contrôle-commande de
35 l'organe implémenté dans un calculateur électronique,

destiné à choisir un ensemble de paramètres, caractérisé en ce qu'il comprend une phase d'exécution dudit logiciel, à partir de scénarios de test système, par le calculateur en boucle fermée avec une simulation
5 de l'organe contrôlé et de son environnement, suivie d'une phase d'analyse des résultats en sortie du calculateur selon des critères de fonctionnement déterminé de l'organe contrôlé.

10 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture de la description d'un exemple de réalisation, illustrée par les figures suivantes qui sont :

- la figure 1 : un schéma fonctionnel du système de
15 calibration selon l'invention ;
- la figure 2 : un mode de réalisation du système de calibration selon l'invention.

Comme le montre le schéma fonctionnel de la figure 1,
20 le système de calibration automatique selon l'invention est associé à un calculateur de contrôle et de commande d'un organe, auquel il envoie des scénarios de mise au point ou tests pour qu'il les exécute en fonction du fonctionnement de l'organe simulé et de son
25 environnement également simulé. Le système comporte de plus un analyseur de résultats déterminant les calibrations qui satisfont les critères de bon fonctionnement de l'organe mécanique à contrôler.

30 Le système 1 de calibration automatique selon l'invention comprend un fichier 11 de scénarios de tests, qui sont lus les uns à la suite des autres de sorte que chaque scénario est exécuté après que le scénario précédent soit lui-même exécuté complètement.

Un scénario de test système d'une part comprend la caractérisation d'une calibration C à évaluer, calibration se trouvant physiquement à l'adresse A de la mémoire 20 du calculateur 2, et d'autre part prend
5 en compte la description du contexte de la mise au point. Il s'agit du contexte de fonctionnement de l'organe mécanique à contrôler et du contexte de fonctionnement de l'environnement dudit organe.

10 Les scénarios de test peuvent être générés automatiquement en parcourant entièrement des espaces cartographiés avec une granularité déterminée. Il est possible, pour une cartographie, dont chaque champ est défini sur 8 bits, ce qui représente 256 valeurs, de
15 choisir par exemple une granularité 8 et de balayer les valeurs 0, 7, 15, ... Selon d'autres méthodes, les scénarios de test sont écrits à la main, ou bien encore ils sont définis à partir de méthodes heuristiques exploitant ou non les résultats obtenus auparavant,
20 avec ou sans utilisation d'un modèle de l'organe mécanique à contrôler. Ils peuvent enfin être générés aléatoirement.

Le scénario de test système comprend de plus un appel
25 d'une routine d'écriture pour donner à la calibration C la ou les valeurs à tester. Il peut comprendre enfin des critères d'évaluation spécifiques à la calibration.

Le contexte 12 de fonctionnement de l'organe mécanique
30 contrôlé, est défini par un ensemble de paramètres caractérisant son fonctionnement statique et dynamique et déterminés par des essais en phase de conception de l'organe.

Le contexte 13 de fonctionnement de l'environnement de l'organe, constitué notamment par les actionneurs et capteurs qui lui sont associés, est défini par un ensemble de paramètres statiques et dynamiques. Par
5 exemple, il s'agit de la température extérieure, de la climatisation mise en action ou la prise en compte de tout autre organe.

On peut également ajouter des critères d'optimisation
10 qui tiennent compte de données internes aux modèles d'organes, telles que la pression dans les cylindres dans le cas d'un modèle de moteur à combustion interne, qui sont inaccessibles autrement sur les organes.

15 Pour que le premier scénario de test système soit exécuté, il faut que le calculateur 2 reçoive un ensemble 14 de paramètres de fonctionnement au début de la simulation de l'organe et de son environnement.

20 Selon l'invention, le système de calibration automatique comprend un module 15 simulateur de l'organe contrôlé qui reçoit les paramètres définissant le contexte 12 de fonctionnement de l'organe et fonctionne en boucle fermée avec le calculateur 2. Ce
25 peut être par exemple un modèle de couple moteur.

Il comprend aussi un module 16 de simulation de l'environnement de l'organe, constitué par les actionneurs et capteurs du véhicule, qui reçoit les
30 paramètres définissant le contexte 13 de fonctionnement de l'environnement du véhicule. Ce simulateur est simple et est constitué soit d'un ensemble de valeurs fixes, soit d'un scénario en boucle ouverte avec l'organe.

Le calculateur 2 reçoit les paramètres initiaux de fonctionnement 14, puis des valeurs issues de la simulation de l'organe et de son environnement, pour réaliser une calibration automatique par une méthode de
5 bouclage avec l'environnement simulé de l'organe.

Le calculateur 2 est adapté à une possibilité de lecture/écriture sur les zones de mémoire où sont stockées les calibrations à mettre au point. Il
10 comprend une mémoire 20 partagée, pointant sur les calibrations à mettre au point, par une technique entièrement physique de "probing" ou de "bypass" pour lire et écrire en zone de calibration, sans perturber le calculateur, ou par une technique logicielle
15 modifiant les données dans la zone mémoire dédiée aux calibrations.

L'unité de traitement électronique du calculateur 2 fonctionne en temps réel, comme il fonctionnerait sur
20 un banc d'essais ou sur un véhicule dans un environnement réel. Aussi, le système comprend un module 30 de synchronisation des deux modules 15 et 16 de simulation avec le calculateur 2 en temps réel par opposition au temps simulé. Il n'y a pas d'acte de
25 synchronisation, mais la simulation de l'environnement doit être exécutée rapidement dans son échange de signaux avec le calculateur.

Ce module 30 de synchronisation permet, en fonction des
30 possibilités hardware du calculateur 2, d'avoir un fonctionnement ralenti et d'utiliser des modèles de simulation plus lents et plus performants.

Les valeurs de sortie d'un scénario de test délivrées
35 par le calculateur 2 sont analysées par un module 17, à

partir de critères 18 et des jeux de données produits lors de la simulation en boucle fermée entre le calculateur, l'organe contrôlé et son environnement.

5 Le système comporte également un fichier 19 de stockage des calibrations retenues à la suite d'une analyse positive des résultats d'un scénario de test réussi. Pour chaque calibration, sont mémorisées son nom, son adresse, sa valeur et un indice d'évaluation de sa
10 pertinence. Les tests qui échouent ne laissent pas de trace.

Enfin, ces calibrations peuvent être visualisées sur un écran 21.

15 Selon le mode de réalisation de la figure 2, le système de calibration peut être réalisé par un calculateur 30, ayant une zone de mémoire 31 qui contient les calibrations à mettre au point. Cette zone de mémoire
20 est accessible à la fois par l'outil de calibration automatique et par le calculateur. Il comprend aussi un moyen 32 de lecture et d'écriture, par l'outil de calibration automatique, sur la zone de mémoire 31 contenant les calibrations.

25 Des stimuli 33 sont générés à partir du modèle de l'organe à l'intention du calculateur 30, sur les entrées-sorties 34 duquel circulent d'une part les signaux émis par le calculateur et d'autre part les
30 signaux générés à partir du modèle de l'organe à l'intention du calculateur. Une interface 35, de type PC, permet de visualiser les résultats et de commander le procédé de calibration automatique selon l'invention.

35

La calibration d'un régulateur linéaire faisant partie d'une unité de traitement électronique de contrôle du moteur, tel que la régulation du ralenti par exemple, est réalisée selon le procédé classique suivant.

5

Un type de modèle linéaire $G_t(p_i)$ est choisi, par exemple un intégrateur ou un retard pur avec p_i comme paramètres du modèle G_t , pour approximer le comportement du moteur en fonction de transfert réel et
10 les paramètres p_i de ce modèle sont calés à partir d'une série d'essais sur le moteur à calibrer. On regarde par exemple la réponse en régime moteur à un échelon de quantité de carburant injecté. Ensuite sont déduits les paramètres c_i du régulateur, soit les
15 paramètres K_p et K_i d'un correcteur proportionnel intégral, en appliquant une méthodologie de déduction $c_i = f(p_i)$ à partir des paramètres p_i du modèle G_t . Il existe plusieurs méthodologies de déduction, telles que marge de gain - marge de phase, minimisation d'un
20 critère quadratique, etc Dans le cas de la méthode marge de gain - marge de phase, les paramètres M_g et M_p sont choisis arbitrairement et constituent le résultat d'un compromis entre robustesse et efficacité du contrôle.

25

Pour connaître au mieux les valeurs des paramètres p_i du modèle G_t , sur un intervalle $[p_i - \delta p_i, p_i + \delta p_i]$, on réduit la taille de cet intervalle en augmentant le nombre d'essais, c'est-à-dire de réponses à des
30 échelons d'entrée, à condition que la famille de fonctions de transfert G_t soit réellement proche de la fonction réelle G dans la zone de fonctionnement. Si le nombre d'essais est limité, pour des raisons de coût notamment, δp_i reste grand et tous les coefficients c_i

dans l'intervalle $[c_i - \delta c_i, c_i + \delta c_i]$ sont équivalents pour le critère choisi, avec $\delta c_i = (dc_i/dp_i) * \delta p_i$.

On constate par conséquent qu'il n'est pas toujours
5 avantageux de construire et d'utiliser une base
d'essais dynamiques sur un moteur réel pour régler un
contrôleur linéaire. Une première source d'incertitude
provient de l'incertitude sur les paramètres p_i du
modèle G_t , d'autant plus grande que les essais sont peu
10 nombreux.

Et la seconde source d'incertitude (dc_i/dp_i) est
caractéristique de l'écart entre un système non
linéaire et son modèle linéaire approché.

15 Aussi, le réglage d'un régulateur à partir d'une
simulation de l'organe par un modèle bien adapté est
bien meilleur. De plus, le principal avantage de cette
invention est la réduction considérable de la durée de
20 la calibration et donc de son coût par diminution du
nombre des essais avec l'organe contrôlé.

R E V E N D I C A T I O N S

1. Procédé de calibration automatique d'un logiciel de
contrôle-commande de l'organe implémenté dans un
calculateur électronique, destiné à choisir un ensemble
de paramètres, caractérisé en ce qu'il comprend une
5 phase d'exécution dudit logiciel, à partir de scénarios
de test système, par le calculateur en boucle fermée
avec une simulation de l'organe contrôlé et de son
environnement, suivie d'une phase d'analyse des
résultats en sortie du calculateur selon des critères
10 de fonctionnement déterminé de l'organe contrôlé.

2. Système de calibration automatique d'un logiciel de
contrôle-commande d'organe, implémenté dans un
calculateur électronique, mettant en oeuvre le procédé
15 selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il
comporte :

- un premier module (15) de simulation de l'organe
contrôlé en boucle fermée avec le calculateur (2) ;
- un second module (16) de simulation de
20 l'environnement de l'organe contrôlé en boucle fermée
avec le calculateur (2) et en boucle ouverte avec le
premier module (15) simulateur d'organe ;
- un fichier (11) de scénarios de tests systèmes
destinés à être lus et exécutés par le calculateur
25 (2) ;
- un module (17) d'analyse des résultats déterminant
les calibrations ;
- un fichier (18) de mémorisation des calibrations
retenues après analyse.

30

3. Système de calibration automatique selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'un scénario de test système comprend :

- 5 - la caractérisation d'une calibration (C) à mettre au point, se trouvant à une adresse (A) donnée dans la mémoire (20) du calculateur électronique (2) ;
- 10 - la description du contexte de la mise au point, soit l'ensemble des paramètres caractérisant le fonctionnement statique et dynamique de l'organe contrôlé, l'ensemble des paramètres caractérisant le fonctionnement statique et dynamique de l'environnement dudit organe contrôlé, des critères d'optimisation tenant compte de données internes à l'organe et à son environnement simulé et l'ensemble
- 15 des paramètres de fonctionnement du calculateur (2) au début de la simulation ;
- un appel d'une routine d'écriture pour donner à ladite calibration (C) la ou les valeurs à tester stockées dans la mémoire (20) du calculateur (2).

20

4. Système de calibration automatique selon la revendication 3, caractérisé en ce qu'un scénario de test système comprend de plus des critères d'évaluation spécifiques à la calibration (C).

25

5. Système de calibration automatique selon la revendication 2, caractérisé en ce que le calculateur électronique (2) comporte une mémoire (20) partagée pointant sur les calibrations à mettre au point, par

30 une technique de "probing" ou de "bypass" permettant de lire et écrire dans la zone dédiée aux calibrations sans perturbation du fonctionnement du calculateur, ou par un programme embarqué dans le calculateur, destiné à modifier les données dans la zone mémoire dédiée aux

35 calibrations.

6. Système de calibration automatique selon la revendication 2, caractérisé en ce que la simulation de l'organe contrôlé et de son environnement sont exécutées en temps réel avec le fonctionnement du calculateur (2).

7. Système de calibration automatique selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'il comporte de plus un module (30) de synchronisation des modules de simulation (15) de l'organe contrôlé et (16) de son environnement, permettant d'obtenir un fonctionnement ralenti et d'utiliser des modèles de simulation plus lents et plus performants en fonction des possibilités hardware du calculateur (2).

1/2

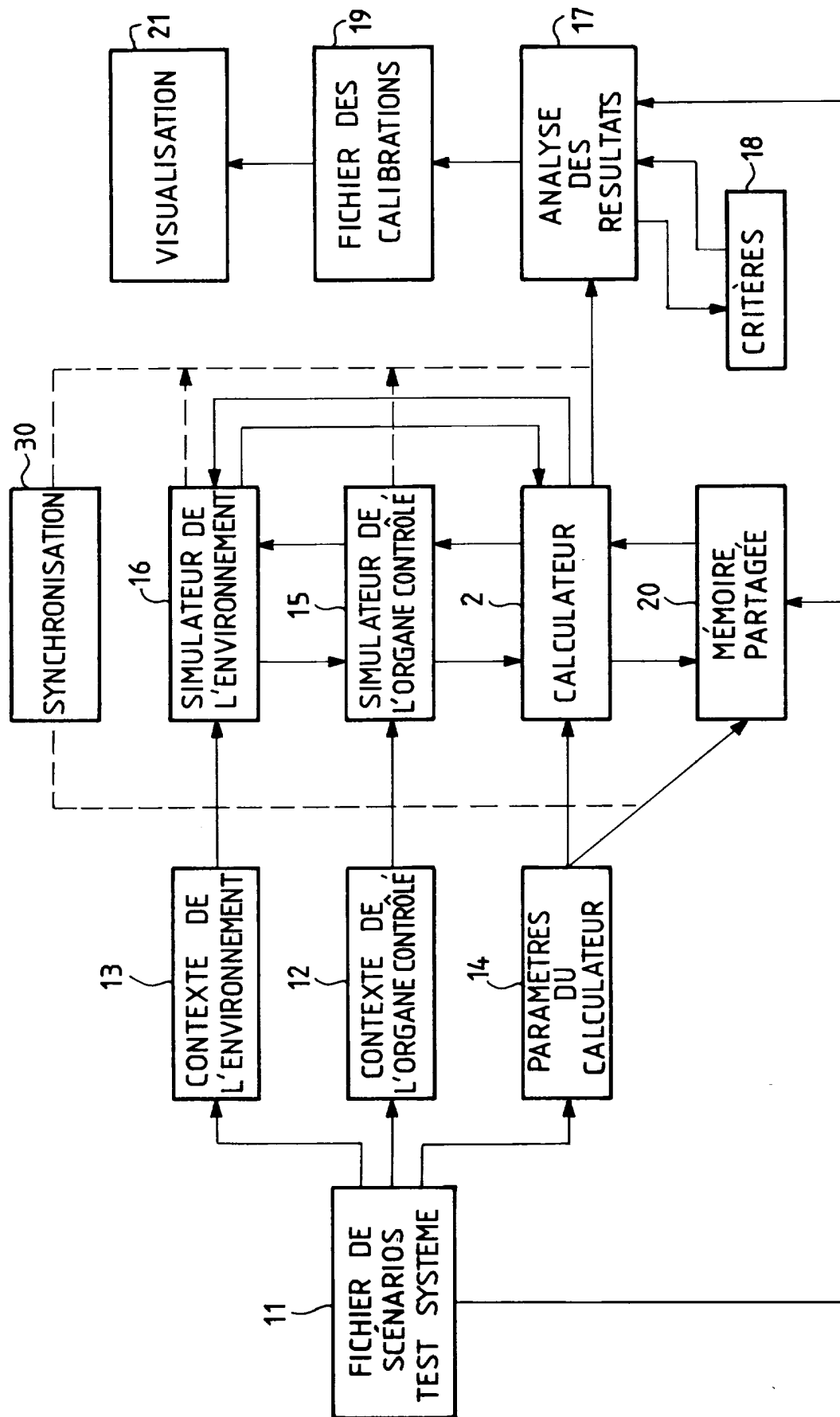
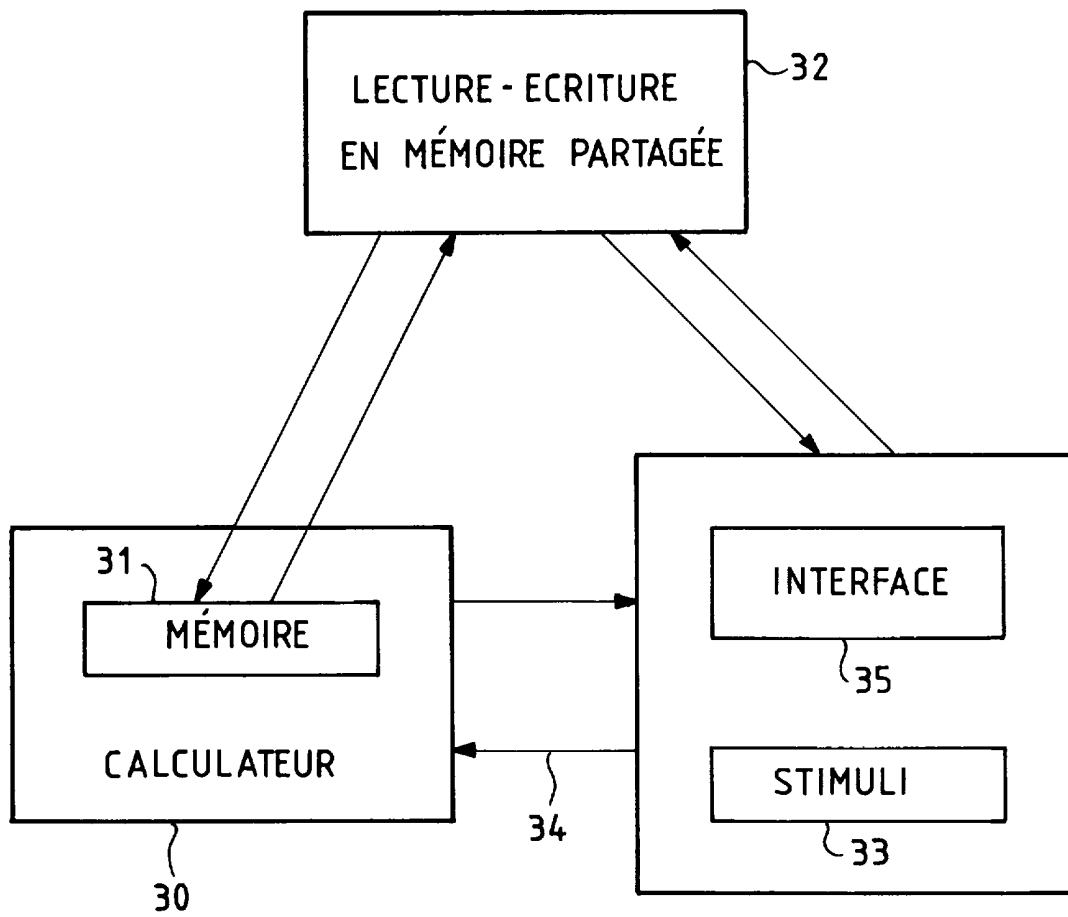


FIG. 1

2/2

FIG_2

INSTITUT NATIONAL

RAPPORT DE RECHERCHE PRELIMINAIRE

de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE

établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

FA 570231
FR 9816705

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
X	US 5 436 855 A (ASSE ABDALLAH ET AL) 25 juillet 1995 (1995-07-25)	1
A	* le document en entier *	2-7

A	US 5 818 736 A (LEIBOLD WILLIAM STEVEN) 6 octobre 1998 (1998-10-06)	1-7
	* le document en entier *	

A	EP 0 283 382 A (SPIE TRINDEL) 21 septembre 1988 (1988-09-21)	1
	* le document en entier *	

A,D	FR 2 719 683 A (RENAULT) 10 novembre 1995 (1995-11-10)	1
	* le document en entier *	

		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CL.6)
		G05B
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
4 octobre 1999		Hausser, L
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant		