

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
**INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
—
COURBEVOIE
—

①① N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

3 035 231

②① N° d'enregistrement national : **16 53334**

⑤① Int Cl⁸ : **G 04 G 7/00 (2016.01)**

①②

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ DISPOSITIF ET UN PROCÉDE POUR TESTER UN APPAREIL DE REGULATION.

②② Date de dépôt : 15.04.16.

③① Priorité : 17.04.15 DE 102015207054.9.

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 21.10.16 Bulletin 16/42.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 23.07.21 Bulletin 21/29.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥① Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : *DSPACE DIGITAL SIGNAL
PROCESSING AND CONTROL ENGINEERING
GMBH — DE.*

⑦② Inventeur(s) : HIMMLER ANDREAS (DR.) et
KLEMM MATTHIAS.

⑦③ Titulaire(s) : *DSPACE DIGITAL SIGNAL
PROCESSING AND CONTROL ENGINEERING
GMBH.*

⑦④ Mandataire(s) : CABINET VIEL.

FR 3 035 231 - B1



Description

L'invention concerne un dispositif et un procédé pour tester au moins un premier
5 appareil électronique de régulation au moyen d'un modèle de système asservi. Les dispositifs
de ce type comprennent fréquemment au moins une première unité de calcul et une deuxième
unité de calcul séparée dans l'espace de la première unité de calcul, la première unité de
calcul comportant un premier code de modèle exécutable servant à calculer une première
partie du modèle de système asservi et la deuxième unité de calcul comportant un deuxième
10 code de modèle exécutable servant à calculer une deuxième partie du modèle de système
asservi.

On connaît des dispositifs pour tester des appareils de régulation d'un catalogue de
produits publié « Catalog 2015 / Embedded Success dSPACE », que l'on peut se procurer
15 sous la forme d'un catalogue imprimé, qui est cité par la suite sous la référence « P1 » et qu'il
est possible de trouver sur Internet sous le lien
www.dspace.com/de/gmb/home/medien/product_info/catalog_contents.cfm. En particulier, le
document P1 décrit aux pages 296 à 331, ainsi qu'aux pages 496 à 515, des dispositifs et
leurs composants pour ladite utilisation envisagée. La mise en réseau des dispositifs peut être
20 réalisée par exemple au moyen de cartes interface Ethernet, comme par exemple dans le
catalogue de produits cité ci-dessus aux pages 472 et 473. Des dispositifs de ce type peuvent
être réalisés sous la forme de simulateurs dits « HIL », l'abréviation « HIL » (en anglais :
« hardware in the loop ») indiquant un circuit de régulation fermé.

25 Les appareils de régulation cités au début sont souvent désignés appareil de
commande, bien que leur fonctionnalité au sens de la théorie des systèmes dépasse la
plupart du temps la « simple » fonction de commande et englobe des fonctions de régulation.

La première unité de calcul du dispositif de test, qui comprend au moins un premier
30 microprocesseur, est prévue et conçue pour exécuter un premier code de modèle qui réalise,
au moyen du microprocesseur, au moins une partie de la simulation du système asservi. Le
code de modèle reproduit, conjointement avec le matériel du dispositif, au moins en partie
l'environnement technique d'un appareil électronique ou d'un système technique plus
complexe. Au moyen du code de modèle, le dispositif fournit par exemple des signaux de
35 capteur simulés pour l'appareil de régulation. En outre, le dispositif peut servir par exemple de

puits de courant commandé pour la dérivation d'un courant d'actionneur fourni par l'appareil de régulation.

La simulation dite « HIL » est un terme technique international, utilisé en particulier dans la zone linguistique allemande, pour une méthode de test avec laquelle un « système embarqué », par exemple un appareil de régulation ou un module mécatronique, est raccordé par l'intermédiaire de ses entrées et de ses sorties à un dispositif complémentaire adapté, par exemple un dispositif réalisé sous la forme d'un simulateur HIL, qui sert à reproduire l'environnement réel du système embarqué. Par conséquent, pendant le test du système embarqué, au moins une partie des signaux d'entrée pour le système embarqué sont fournis par le simulateur HIL et au moins une partie des signaux de sortie du système embarqué sont envoyés au simulateur HIL.

Par exemple, il est possible de reproduire le comportement dans le temps de l'environnement du système à tester au moyen d'un code de modèle d'un modèle de système asservi exécuté sur un simulateur HIL. Si par exemple un simulateur HIL doit tester un système embarqué, en particulier un appareil de régulation (portant souvent l'abréviation ECU, en anglais « electronic control unit » pour unité de contrôle électronique), le simulateur HIL est alors conçu pour reproduire au moins en partie l'environnement réel de l'appareil de régulation. Par conséquent, le simulateur HIL peut dans ce cas communiquer par l'intermédiaire de ses entrées et de ses sorties ou de canaux de communication bidirectionnels avec l'appareil de commande et ainsi fonctionner comme un dispositif complémentaire adapté de l'appareil de régulation.

La simulation HIL doit la plupart du temps se dérouler en temps réel. Lors de la simulation de l'environnement techniquement pertinent de l'appareil de régulation, l'environnement simulé englobant le système asservi simulé, de telles interactions de l'appareil de régulation, qui peuvent se répéter dans un environnement réel ultérieur de l'appareil de régulation, peuvent en particulier être automatisées et/ou reproduites dans un ordre prédéfini. Ceci présente l'avantage qu'une nouvelle version de développement d'un logiciel de commande ou de régulation peut être testée avec des critères identiques à ceux de la version antérieure. Il est ainsi possible de démontrer dans les moindres détails qu'une erreur a été corrigée ou non (nouveau test d'erreur, en anglais re-testing).

Les tests effectués sur des systèmes réels (par exemple sur un système de freinage ou un système anti-patinage d'un véhicule automobile) peuvent être considérablement réduits au

moyen des tests sur le simulateur HIL et en outre, les limites du système ou les limites de la maîtrise de l'appareil de régulation et/ou du système asservi peuvent être déterminées sans mettre en danger le système réel et son utilisateur (par exemple l'automobile et le conducteur).

5

La simulation HIL n'est rien qu'une simplification de la réalité et ne peut habituellement remplacer entièrement le test ayant lieu la plupart du temps par la suite sur le système réel, par exemple le test de l'interaction entre l'appareil de régulation et le système asservi « réel » d'un prototype régulé et/ou le test de l'interaction de l'appareil de régulation avec un produit
10 fabriqué en série régulé.

Il est connu d'utiliser un dispositif réparti dans l'espace pour tester au moins un appareil de régulation électronique, le dispositif comprenant au moins deux unités de calcul séparées, par exemple au moins deux simulateurs distants et mis en réseau. Le document « A
15 Hardware-in-the-Loop Test Bench for the Validation of Complex ECU Networks », J. Gehring, H. Schütte, dSPACE GmbH, page 3, figure 3 du document de 2002, référence de publication « SAE 2002 Word Congress Detroit, Michigan March 4-7, 2002 », publié en 2002 et référencé par la suite par P2, divulgue déjà un dispositif réalisé sous la forme d'un simulateur HIL réparti comprenant plusieurs unités de calcul, lesquelles sont réalisées dans le cas indiqué par
20 exemple sous la forme d'une unité centrale, c'est-à-dire « central unit », d'une unité moteur, c'est-à-dire « engine », d'une unité de transmission, c'est-à-dire « transmission », et d'une unité combinée correcteur électronique de trajectoire-suspension, c'est-à-dire « ESP suspension ». Les unités de calcul sont mises en réseau les unes avec les autres par l'intermédiaire d'un moyen de liaison optique, c'est-à-dire une « High-speed optical link »
25 (liaison optique à grande vitesse). Page 7, à droite, paragraphe « Conclusion », deuxième point du même document, il est mentionné que des exigences pour une communication interprocesseur peuvent nécessiter un horodatage et une synchronisation automatique du processus.

30

D'après le document « Hardware-in-the-Loop Technology Enabling Flexible Testing Processes », Andreas Himmler, dSPACE GmbH, page 3, paragraphe B., référence de publication « 51st AIAA Aerospace Sciences Meeting, 2013, Grapevine, TX, USA », référencé par la suite par P3, on sait fournir pour des simulateurs HIL un réseau série installé sur la couche physique de l'Ethernet gigabit appelé IOCNET®, à l'aide duquel les cartes interface
35 prévues pour l'entrée et la sortie de signaux et de données, cartes E/S en abrégé, peuvent échanger des données en temps réel à la fois entre elles mais également avec la ou les

cartes processeur. Des modules dits Gigalink, tels qu'ils sont illustrés par exemple dans le document P1 cité ci-dessus aux pages 355 et 361, sont utilisés pour l'échange de données entre les cartes E/S et/ou les cartes processeur espacées par exemple d'une distance allant jusqu'à 100 mètres. Dans le document P3, page 3, paragraphe B et dans le document P1, 5 page 349, une liaison par fibre optique, désignée ici par « optical media » (support optique) ou « fiberoptic cable » (câble à fibres optiques), est proposée comme support de transmission de données entre les cartes E/S et/ou la ou les cartes processeur espacées par exemple de 100 mètres. Le réseau IOCNET déjà cité fournit un protocole qui facilite une synchronisation temporelle, en particulier pour la lecture de signaux d'entrée sur les interfaces des cartes E/S 10 utilisées ; voir le cas échéant à ce sujet le document P1, page 299 conjointement avec la figure présente sur cette même page.

Les solutions de mise en réseau par l'intermédiaire de IOCNET® citées ci-dessus pour la synchronisation temporelle à l'intérieur d'un dispositif – en particulier d'un simulateur HIL – 15 en vue de tester un appareil de régulation ne sont cependant prévues que pour un espacement entre les unités de calcul qui ne dépasse que très légèrement 100 mètres.

Le développement des appareils de régulation et des logiciels de régulation implémentés dans ces derniers est de plus en plus réalisé dans des groupes de travail 20 répartis dans l'espace. À cet effet, il est courant que plusieurs entreprises soient impliquées dans différents sites. C'est la raison pour laquelle les développeurs de logiciels et de matériels impliqués ont fréquemment besoin, pour le test des appareils de régulation au cours des phases successives de développement, des dispositifs de test pouvant être adaptés en particulier sur place.

25 Il peut donc y avoir à l'avenir une demande pour un dispositif de test qui comprend par exemple un réseau de deux unités de calcul ou plus, par exemple des simulateurs HIL, ces unités de calcul ou ces simulateurs HIL se situant dans des sites différents, les sites pouvant être espacés d'une distance nettement supérieure à 100 mètres.

30 Les appareils de régulation sont dans la pratique très fréquemment mis en réseau avec d'autres appareils de régulation. Par exemple, des véhicules automobiles dotés de plus de 40 appareils de régulation ne sont pas rares, certains des appareils de régulation ne pouvant, selon l'application, assurer la fonctionnalité respectivement associée qu'en réseau, ce qui 35 semble évident par exemple avec la mise en réseau d'un appareil de régulation de transmission automatique avec un appareil de régulation de moteur.

Si le besoin se fait ressentir de relier des appareils de régulation situés en différents sites à un dispositif réparti à tester, en particulier à un dispositif constitué de plusieurs simulateurs HIL, qui sont espacés les uns des autres par exemple de plusieurs centaines de mètres ou de plusieurs kilomètres, et qui pourraient même le cas échéant se trouver sur différents continents, les solutions actuelles de mise en réseau et de synchronisation des unités de calcul du dispositif réparti échoueraient dans certaines circonstances, en fonction de l'éloignement des unités de calcul du dispositif, ou bien il faut subir les inconvénients très importants associés aux solutions existantes de mise en réseau et de synchronisation, en particulier en ce qui concerne la précision de l'allocation temporelle d'interactions entre les appareils de régulation et leur dispositif à tester.

Dans ce contexte, l'objectif de l'invention est de proposer un dispositif et un procédé qui perfectionnent l'état de la technique.

Un avantage de l'invention réside dans le fait que les problèmes de l'état de la technique cités précédemment sont au moins en partie écartés.

Cet objectif est atteint aussi bien par un dispositif pour tester un appareil de régulation que par un procédé.

L'invention est expliquée plus en détail ci-dessous en faisant référence à la figure. Les pièces de structure similaire présentent des références identiques. Les modes de réalisation représentés sont extrêmement schématisés.

Selon l'objet de l'invention, il est préposé un dispositif pour tester au moins un premier appareil de régulation au moyen d'un modèle de système asservi, lequel dispositif (10) comprend au moins une première unité de calcul (101) et une deuxième unité de calcul (102) séparée dans l'espace de la première unité de calcul (101), le modèle de système asservi comprenant au moins un premier code de modèle exécutable et un deuxième code de modèle exécutable, le premier code de modèle étant mis en mémoire dans la première unité de calcul (101) et étant destiné à être exécuté, et le deuxième code de modèle étant mis en mémoire dans la deuxième unité de calcul (102) et étant destiné à être exécuté,

la première unité de calcul (101) comprenant un premier moyen de traitement de signal temporel (131) conçu pour allouer électroniquement à un premier événement un premier signal temporel (Ts1) d'une source temporelle globale (Set1, Set2) et la fourniture d'un

premier résultat de calcul pouvant être influencée par le premier code de modèle au moyen du premier événement, et la deuxième unité de calcul (102) comprenant un deuxième moyen de traitement de signal temporel (132) conçu pour allouer électroniquement à un deuxième événement un deuxième signal temporel (Ts2) de la source temporelle globale (Set1, Set2) et la fourniture d'un deuxième résultat de calcul pouvant être influencée par le deuxième code de modèle au moyen du deuxième événement

le premier signal temporel (Ts1) pouvant être converti en un premier signal temporel modifié (Td1) par le premier moyen de traitement de signal temporel (131), le premier signal temporel modifié (Td1) comprenant un premier signal périodique et un premier message temporel, et

le deuxième signal temporel (Ts2) pouvant être converti en un deuxième signal temporel modifié (Td2) par le deuxième moyen de traitement de signal temporel (132), le deuxième signal temporel modifié (Td2) comprenant un deuxième signal périodique et un deuxième message temporel,

la première unité de calcul (101) étant conçue pour lier le premier résultat de calcul à une première information temporelle découlant du premier signal temporel modifié (Td1), et

la deuxième unité de calcul (102) étant conçue pour lier le deuxième résultat de calcul à une deuxième information temporelle découlant du deuxième signal temporel modifié (Td2).

En outre, l'objectif de l'invention est atteint par un procédé pour tester au moins un premier appareil de régulation au moyen d'un modèle de système asservi, lequel procédé est mis en œuvre au moyen d'un dispositif (10) comprenant au moins une première unité de calcul (101) et une deuxième unité de calcul (102) séparée dans l'espace de la première unité de calcul (101),

le modèle de système asservi comprenant au moins un premier code de modèle exécutable et un deuxième code de modèle exécutable, le premier code de modèle étant mis en mémoire et exécuté dans la première unité de calcul (101) et le deuxième code de modèle étant mis en mémoire et exécuté dans la deuxième unité de calcul (102),

la première unité de calcul (101) comprenant un premier moyen de traitement de signal temporel (131) qui alloue électroniquement à un premier événement un premier signal temporel (Ts1) d'une source temporelle globale (Set1, Set2), un premier résultat de calcul étant fourni par le premier code de modèle au moyen du premier événement, et la deuxième unité de calcul (102) comprend un deuxième moyen de traitement de signal temporel (132) qui alloue électroniquement à un deuxième événement un deuxième signal temporel (Ts2) de la source temporelle globale (Set1, Set2),

un deuxième résultat de calcul étant fourni par le deuxième code de modèle au moyen du deuxième événement,

le premier signal temporel (Ts1) étant converti en un premier signal temporel modifié (Td1) par le premier moyen de traitement de signal temporel (131), le premier signal temporel modifié (Td1) comprenant un premier signal périodique et un premier message temporel, et le deuxième signal temporel (Ts2) est converti en un deuxième signal temporel modifié (Td2) par le deuxième moyen de traitement de signal temporel (132),

le deuxième signal temporel modifié (Td2) comprenant un deuxième signal périodique et un deuxième message temporel, et la première unité de calcul (101) liant le premier résultat de calcul à une première information temporelle découlant du premier signal temporel modifié (Td1), et la deuxième unité de calcul (102) liant le deuxième résultat de calcul à une deuxième information temporelle découlant du deuxième signal temporel modifié (Td2).

Un des avantages du dispositif selon l'invention et du procédé selon l'invention réside dans le fait qu'il est ainsi possible de synchroniser de façon relativement simple la première unité de calcul et la deuxième unité de calcul bien que les unités de calcul soient éloignées de quelques centaines de mètres, voire de nombreux kilomètres.

Le terme « synchronisation » est utilisé dans le cadre de ce document dans le sens d'une synchronisation temporelle. Une synchronisation dite angulaire est fréquemment basée sur une synchronisation temporelle. La synchronisation angulaire n'est cependant pas l'objet de la présente invention.

De préférence, le premier résultat de calcul peut être transmis à la deuxième unité de calcul par l'intermédiaire d'une connexion de réseau (133) au moyen de la première interface réseau (111) et de la deuxième interface réseau (122).

La connexion réseau (133) est par exemple réalisée sous la forme d'une connexion Ethernet.

Dans un mode de réalisation préféré du dispositif selon l'invention, le premier signal temporel modifié (Td1) et le deuxième signal temporel modifié (Td2) représentent à un moment identique, pendant une simulation en cours sur le dispositif, une deuxième information temporelle sensiblement identique à la première information temporelle.

Selon un autre mode de réalisation du dispositif selon l'invention, le premier signal périodique et le deuxième signal périodique ont une fréquence identique.

5 Dans d'autres modes de réalisation du dispositif, il est prévu que les fréquences du premier signal périodique et du deuxième signal périodique soient supérieures d'au moins un facteur 10 à une fréquence d'actualisation du premier message temporel et/ou du deuxième message temporel.

10 Dans un autre mode de réalisation du dispositif selon l'invention, le premier résultat de calcul et la première information temporelle qui lui est liée, ainsi que le deuxième résultat de calcul et la deuxième information temporelle qui lui est liée sont destinés à être traités ultérieurement sur la deuxième unité de calcul (102) au moyen du deuxième code de modèle.

15 Selon un autre mode de réalisation du dispositif, la deuxième unité de calcul (102) est conçue pour traiter ensemble le premier résultat de calcul et le deuxième résultat de calcul lorsque la première information temporelle liée au premier résultat de calcul et la deuxième information temporelle liée au deuxième résultat de calcul sont sensiblement identiques.

20 Dans un perfectionnement du dispositif selon l'invention, la deuxième unité de calcul (102) est conçue pour traiter ensemble le premier résultat de calcul et le deuxième résultat de calcul lorsque la première information temporelle liée au premier résultat de calcul et la deuxième information temporelle liée au deuxième résultat de calcul ne sont certes pas identiques, mais que la valeur d'une différence entre la première information temporelle et la deuxième information temporelle se situe dans une plage de valeurs admissibles prédéfinies.

25 À cet effet, il peut être prévu de façon optionnelle de fixer la plage de valeurs admissibles prédéfinies en fonction d'une propriété qui est directement liée au premier résultat de calcul et/ou au deuxième résultat de calcul et qui décrit une composante du système asservi.

30 Dans un mode de réalisation préféré du dispositif selon l'invention, la source temporelle globale (Set1, Set2) est une source de signal temporel d'un système mondial de positionnement par satellites.

5

10 À cet effet, il est préférable que le système mondial de positionnement par satellites corresponde au système mondial de positionnement (GPS) ou au système de positionnement par satellite GLONASS, GALILEO, BEIDOU, GAGAN, IRNSS ou QZSS.

La source temporelle globale comprend de préférence plusieurs quantités (Set1, Set2)
15 de satellites (STL).

En outre, il est préférable de synchroniser une première horloge de calculateur de la première unité de calcul (101) et une deuxième horloge de calculateur de la deuxième unité de calcul (102) à l'aide du premier signal temporel modifié (Td1) et à l'aide du deuxième
20 signal temporel modifié (Td2).

Dans un mode de réalisation du dispositif selon l'invention, un premier moment de démarrage et/ou un premier moment d'interruption de l'exécution d'un premier module de logiciel du premier code de modèle et un deuxième moment de démarrage et/ou un
25 deuxième moment d'interruption de l'exécution d'un deuxième module de logiciel du deuxième code de modèle sont prédéfinis sur la base du premier signal temporel modifié (Td1).

Dans un autre mode de réalisation du dispositif, la première unité de calcul (101)
30 comprend un premier simulateur (144) et un premier calculateur utilisateur (146), et la deuxième unité de calcul (102) comprend un deuxième simulateur (155) et un deuxième calculateur utilisateur (156), le premier moyen de traitement de signal temporel (131) étant relié au premier simulateur (144) et/ou au premier calculateur utilisateur (146), et le deuxième moyen de traitement de signal temporel (132) étant relié au deuxième simulateur
35 (155) et/ou au deuxième calculateur utilisateur (156).

Dans un autre mode de réalisation du dispositif selon l'invention, la première unité de calcul (101) et la deuxième unité de calcul (102) sont reliées au moyen de la connexion réseau (133), la connexion réseau (133) étant prévue et conçue pour transmettre le premier résultat de calcul à la deuxième unité de calcul par le biais de la connexion réseau (133) et/ou pour transmettre le deuxième résultat de calcul à la première unité de calcul (101) par le biais de la connexion réseau (133).

Il est préférable que la première unité de calcul (101) soit reliée au premier appareil de régulation (201) au moyen d'un premier canal de communication (211) et que la deuxième unité de calcul (102) soit reliée au deuxième appareil de régulation (202) au moyen d'un deuxième canal de communication (222), et qu'un signal fourni par le premier appareil de régulation (201) et/ou par le deuxième appareil de régulation (202) puisse être lié à la première information temporelle ou à la deuxième information temporelle.

15

Dans un autre mode de réalisation préféré du dispositif, le deuxième code de modèle est prévu et conçu pour utiliser en lieu et place du premier résultat de calcul une valeur de remplacement prédéfinie pour déterminer un troisième résultat de calcul dans le cas où la transmission du premier résultat de calcul par la première interface réseau (111) à la deuxième interface réseau (122) ne serait pas accomplie après un laps de temps maximal prédéfini commençant à partir d'un instant de la toute première fourniture du premier résultat de calcul.

Dans un autre mode de réalisation du dispositif selon l'invention, la première unité de calcul (101) et la deuxième unité de calcul (102) sont séparées l'une de l'autre d'une distance supérieure à 200 mètres.

Selon un perfectionnement particulièrement préféré du dispositif selon l'invention, la première unité de calcul (101) comprend un premier simulateur (144) et un premier calculateur utilisateur, et la deuxième unité de calcul (102) comprend un deuxième simulateur (155) et un deuxième calculateur utilisateur (156), le premier moyen de traitement de signal temporel (131) étant relié au premier simulateur (144) et/ou au premier calculateur utilisateur (146), et le deuxième moyen de traitement de signal temporel (132) étant relié au deuxième simulateur (155) et/ou au deuxième calculateur utilisateur (156).

35

5

10

15

20

25 Un échange de données entre le premier calculateur utilisateur (146) et le premier simulateur est réalisé par exemple par l'intermédiaire d'une première interface utilisateur (148), représentée sous la forme d'une double flèche. Un échange de données entre le deuxième calculateur utilisateur (156) et le deuxième simulateur est réalisé par exemple par l'intermédiaire d'une deuxième interface utilisateur (158), représentée sous la forme d'une
30 double flèche.

Dans un autre perfectionnement du dispositif, la première unité de calcul (101) et la deuxième unité de calcul (102) sont reliées ensemble au moyen de la connexion réseau (133), la connexion réseau (133) étant prévue et conçue pour transmettre le premier résultat
35 de calcul à la deuxième unité de calcul par le biais de la connexion réseau (133) et/ou pour

transmettre le deuxième résultat de calcul à la première unité de calcul (101) par le biais de la connexion réseau (133).

Dans un autre mode de réalisation du dispositif, la première unité de calcul (101) est
5 reliée au premier appareil de régulation (201) au moyen d'un premier canal de communication (211), et la deuxième unité de calcul (102) est reliée au deuxième appareil de régulation (202) au moyen d'un deuxième canal de communication (222).

Selon l'invention, il est proposé un procédé pour tester au moins un premier appareil de
10 régulation (201) au moyen d'un modèle de système asservi,

lequel procédé est mis en œuvre au moyen d'un dispositif (10) qui comporte au moins une première unité de calcul (101) et une deuxième unité de calcul (102) séparée dans l'espace de la première unité de calcul (101)

le modèle de système asservi comprenant au moins un premier code de modèle
15 exécutable et un deuxième code de modèle exécutable, le premier code de modèle étant mis en mémoire et exécuté dans la première unité de calcul (101) et le deuxième code de modèle étant mis en mémoire et exécuté dans la deuxième unité de calcul (102), et

la première unité de calcul (101) comprenant un premier moyen de traitement de signal temporel (131) qui alloue électroniquement à un premier événement un premier signal temporel (Ts1) d'une source temporelle globale (Set1, Set2), et un premier résultat de calcul
20 étant fourni par le premier code de modèle au moyen du premier événement, et la deuxième unité de calcul (102) comprenant un deuxième moyen de traitement de signal temporel (132) qui alloue électroniquement à un deuxième événement un deuxième signal temporel (Ts2) de la source temporelle globale (Set1, Set2), et

25 un deuxième résultat de calcul étant fourni par le deuxième code de modèle au moyen du deuxième événement, et

le premier signal temporel (Ts1) étant converti en un premier signal temporel modifié (Td1) par le premier moyen de traitement de signal temporel (131), le premier signal temporel modifié (Td1) comprenant un premier signal périodique et un premier message temporel, et le
30 deuxième signal temporel (Ts2) est converti en un deuxième signal temporel modifié (Td2) par le deuxième moyen de traitement de signal temporel (132),

le deuxième signal temporel modifié (Td2) comprenant un deuxième signal périodique et un deuxième message temporel, et la première unité de calcul (101) liant le premier résultat de calcul à une première information temporelle découlant du premier signal temporel modifié
35 (Td1), et la deuxième unité de calcul (102) liant le deuxième résultat de calcul à une deuxième information temporelle découlant du deuxième signal temporel modifié (Td2).

Dans un mode de réalisation du procédé selon l'invention, la source temporelle globale (Set1, Set2) est une source de signal temporel d'un « système mondial de positionnement par satellite », « GNSS » en abrégé.

5

Certains des divers systèmes de positionnement par satellite des différents pays ou groupes de pays ou des entreprises à coopération régionale ou internationale ont déjà été énumérés dans la description des perfectionnements du dispositif selon l'invention.

10

Selon un autre mode de réalisation du procédé selon l'invention, une première horloge de calculateur de la première unité de calcul (101) et une deuxième horloge de calculateur de la deuxième unité de calcul (102) sont synchronisées au moyen de la première indication temporelle (T1).

15

Dans un perfectionnement du procédé, une valeur de remplacement prédéfinie pour déterminer un troisième résultat de calcul est utilisée au moyen du deuxième code de modèle en lieu et place du premier résultat de calcul dans le cas où la transmission du premier résultat de calcul par la première interface réseau (111) à la deuxième interface réseau (122) ne serait pas accomplie après un laps de temps maximal prédéfini commençant à partir d'un instant de la toute première fourniture du premier résultat de calcul.

20

Selon un autre perfectionnement du procédé selon l'invention, la première unité de calcul (101) est reliée au premier appareil de régulation (201) au moyen d'un premier canal de communication (211) et la deuxième unité de calcul (102) est reliée au deuxième appareil de régulation (202) au moyen d'un deuxième canal de communication (222), et un signal fourni par le premier appareil de régulation (201) et/ou par le deuxième appareil de régulation (202) est lié à la première information temporelle (T1) de la source temporelle globale (Set1, Set2).

25

Il convient de noter qu'une mise en réseau des appareils de régulation ne doit pas nécessairement être réalisée dans tous les scénarios de test au moyen d'une liaison de données directe entre les appareils de régulation. Un contournement d'une liaison « directe » entre les appareils de régulation à mettre en réseau les uns avec les autres peut par exemple être effectué pour l'exécution des scénarios de test sélectionnés de telle manière qu'au moyen du dispositif de test, les interfaces des appareils de régulation peuvent par exemple être soumis à des potentiels électriques, à des signaux et/ou à d'autres conditions ambiantes qui représentent une reproduction la plus proche possible de la réalité de l'environnement

35

effectivement présent ultérieurement pour les appareils de régulation. Il suffit donc, dans des scénarios d'application ou de test prédéfinis, qu'un dispositif de test réparti en différents sites, par exemple un simulateur HIL réparti, sollicite les interfaces des appareils de régulation le cas échéant également répartis, par exemple les sources de signaux et/ou les puits de signaux et/ou les sources de courant et/ou les puits de courant des appareils de régulation.

En complément, il convient de mentionner que les systèmes mondiaux de positionnement par satellite connus servent principalement à la détermination d'une position et à la navigation terrestre et aérienne, mais les signaux temporels des systèmes mondiaux de positionnement par satellite peuvent être utilisés pour d'autres applications, comme cela est exposé dans le présent document.

Parmi les systèmes mondiaux de positionnement par satellite les plus connus, on trouve :

- GPS, c'est-à-dire le « Global Positioning System » (système mondial de positionnement des États-Unis d'Amérique ;
- GLONASS, c'est-à-dire le « GLObal NAVigation Satellite System » (système mondial de navigation par satellite) de la Fédération de Russie ;
- Galileo de l'Union européenne et
- Beidou de la République Populaire de Chine.

Le plein développement de Beidou et Galileo est attendu dans les années à venir.

Le temps dit GPS est issu du système temporel des satellites de navigation par satellite du Système mondial de positionnement. Il correspond, à un léger écart près de quelques secondes, au temps atomique international, TAI en abrégé. Le temps GPS diffère également de quelques secondes du temps universel coordonné, appelé UTC.

Dans le cadre des données utiles transmises par GPS, une transmission de la différence actuelle entre le temps GPS et le temps UTC est réalisée dans un champ de données réservé à cet effet. Les récepteurs GPS peuvent automatiquement afficher ou mettre à disposition l'heure UTC en soustrayant le nombre correspondant de secondes intercalaires. Les récepteurs GPS peuvent donc être utilisés dans un premier et un deuxième moyen de traitement de signal temporel (131, 132), car ces derniers peuvent mettre à disposition de la première et de la deuxième unité de calcul (101, 102) une première indication temporelle (T1) mondialement accessible en vue d'une utilisation ultérieure.

Revendications

1. Dispositif (10) pour tester au moins un premier appareil de régulation (201) au
5 moyen d'un modèle de système asservi, lequel dispositif (10) comprend au moins une
première unité de calcul (101) et une deuxième unité de calcul (102) séparée dans l'espace
de la première unité de calcul (101), le modèle de système asservi comprenant au moins un
premier code de modèle exécutable et un deuxième code de modèle exécutable, le premier
code de modèle étant mis en mémoire dans la première unité de calcul (101) et étant destiné
10 à être exécuté, et le deuxième code de modèle étant mis en mémoire dans la deuxième unité
de calcul (102) et étant destiné à être exécuté,

la première unité de calcul (101) comprenant un premier moyen de traitement de signal
temporel (131) conçu pour allouer électroniquement à un premier événement un premier
signal temporel (Ts1) d'une source temporelle globale (Set1, Set2), et la fourniture d'un
15 premier résultat de calcul pouvant être influencée par le premier code de modèle au moyen du
premier événement, et

la deuxième unité de calcul (102) comprenant un deuxième moyen de traitement de
signal temporel (132) conçu pour allouer électroniquement à un deuxième événement un
deuxième signal temporel (Ts2) de la source temporelle globale (Set1, Set2), et la fourniture
20 d'un deuxième résultat de calcul pouvant être influencée par le deuxième code de modèle au
moyen du deuxième événement, et

le premier signal temporel (Ts1) pouvant être converti en un premier signal temporel
modifié (Td1) par le premier moyen de traitement de signal temporel (131),

le premier signal temporel modifié (Td1) comprenant un premier signal périodique et un
25 premier message temporel, et

le deuxième signal temporel (Ts2) pouvant être converti en un deuxième signal temporel
modifié (Td2) par le deuxième moyen de traitement de signal temporel (132),

le deuxième signal temporel modifié (Td2) comprenant un deuxième signal périodique et
un deuxième message temporel, et

30 la première unité de calcul (101) étant conçue pour lier le premier résultat de calcul à
une première information temporelle découlant du premier signal temporel modifié (Td1), et

la deuxième unité de calcul (102) étant conçue pour lier le deuxième résultat de calcul à
une deuxième information temporelle découlant du deuxième signal temporel modifié (Td2).

35 2. Dispositif (10) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le premier signal
temporel modifié (Td1) et le deuxième signal temporel modifié (Td2) représentent à un

moment identique, pendant une simulation en cours sur le dispositif, une deuxième information temporelle sensiblement identique à la première information temporelle.

3. Dispositif (10) selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** le premier
5 signal périodique et le deuxième signal périodique ont une fréquence identique.

4. Dispositif (10) selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** la
fréquence du premier signal périodique et du deuxième signal périodique est supérieure d'au
moins un facteur 10 à une fréquence d'actualisation du premier message temporel et/ou du
10 deuxième message temporel.

5. Dispositif (10) selon l'une des revendications 1 à 4, **caractérisé en ce que** le
premier résultat de calcul et la première information temporelle qui lui est liée, ainsi que le
deuxième résultat de calcul et la deuxième information temporelle qui lui est liée sont destinés
15 à être traités ultérieurement sur la deuxième unité de calcul (102) au moyen du deuxième
code de modèle.

6. Dispositif (10) selon l'une des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** la
deuxième unité de calcul (102) est conçue pour traiter ensemble le premier résultat de calcul
20 et le deuxième résultat de calcul lorsque la première information temporelle liée au premier
résultat de calcul et la deuxième information temporelle liée au deuxième résultat de calcul
sont sensiblement identiques.

7. Dispositif (10) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la deuxième unité
25 de calcul (102) est conçue pour traiter ensemble le premier résultat de calcul et le deuxième
résultat de calcul lorsque la première information temporelle liée au premier résultat de calcul
et la deuxième information temporelle liée au deuxième résultat de calcul ne sont certes pas
identiques, mais que la valeur d'une différence entre la première information temporelle et la
deuxième information temporelle se situe dans une plage de valeurs admissibles prédéfinies.

30

8. Dispositif (10) selon la revendication 7, **caractérisé en ce que** la plage de valeurs
admissibles prédéfinies est fixée en fonction d'une propriété qui est directement liée au
premier résultat de calcul et/ou au deuxième résultat de calcul et qui décrit une composante
du système asservi.

35

9. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 8, **caractérisé en ce que** la source
5 temporelle globale (Set1, Set2) est une source de signal temporel d'un système mondial de positionnement par satellites.

10. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce qu'une**
première horloge de calculateur de la première unité de calcul (101) et une deuxième
10 horloge de calculateur de la deuxième unité de calcul (102) sont synchronisées à l'aide du premier signal temporel modifié (Td1) et à l'aide du deuxième signal temporel modifié (Td2).

11. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce qu'un premier**
moment de démarrage et/ou un premier moment d'interruption de l'exécution d'un premier
15 module de logiciel du premier code de modèle et un deuxième moment de démarrage et/ou un deuxième moment d'interruption de l'exécution d'un deuxième module de logiciel du deuxième code de modèle sont prédéfinis sur la base du premier signal temporel modifié (Td1).

20 12. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 11, **caractérisé en ce que** la première unité de calcul (101) comprend un premier simulateur (144) et un premier calculateur utilisateur (146), et la deuxième unité de calcul (102) comprend un deuxième simulateur (155) et un deuxième calculateur utilisateur (156), le premier moyen de traitement de signal temporel (131) étant relié au premier simulateur (144) et/ou au premier calculateur
25 utilisateur (146), et le deuxième moyen de traitement de signal temporel (132) étant relié au deuxième simulateur (155) et/ou au deuxième calculateur utilisateur (156).

13. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 12, **caractérisé en ce que** la première unité de calcul (101) et la deuxième unité de calcul (102) sont reliées au moyen de
30 la connexion réseau (133), la connexion réseau (133) étant prévue et conçue pour transmettre le premier résultat de calcul à la deuxième unité de calcul par le biais de la connexion réseau (133) et/ou pour transmettre le deuxième résultat de calcul à la première unité de calcul (101) par le biais de la connexion réseau (133).

5

10

15

20

25

30

14. Dispositif selon l'une des revendications 1 à 13, **caractérisé en ce que** la première unité de calcul (101) est reliée au premier appareil de régulation (201) au moyen d'un premier canal de communication (211), et la deuxième unité de calcul (102) est reliée au
35 deuxième appareil de régulation (202) au moyen d'un deuxième canal de communication

(222), et un signal fourni par le premier appareil de régulation (201) et/ou par le deuxième appareil de régulation (202) pouvant être lié à la première information temporelle ou à la deuxième information temporelle.

5 15. Procédé pour tester au moins un premier appareil de régulation (201) au moyen d'un modèle de système asservi, lequel procédé est mis en œuvre au moyen d'un dispositif (10) comprenant au moins une première unité de calcul (101) et une deuxième unité de calcul (102) séparée dans l'espace de la première unité de calcul (101),

le modèle de système asservi comprenant au moins un premier code de modèle
10 exécutable et un deuxième code de modèle exécutable, le premier code de modèle étant mis en mémoire et exécuté dans la première unité de calcul (101) et le deuxième code de modèle étant mis en mémoire et exécuté dans la deuxième unité de calcul (102),

la première unité de calcul (101) comprenant un premier moyen de traitement de signal temporel (131) qui alloue électroniquement à un premier événement un premier signal
15 temporel (Ts1) d'une source temporelle globale (Set1, Set2), un premier résultat de calcul étant fourni par le premier code de modèle au moyen du premier événement, et la deuxième unité de calcul (102) comprend un deuxième moyen de traitement de signal temporel (132) qui alloue électroniquement à un deuxième événement un deuxième signal temporel (Ts2) de la source temporelle globale (Set1, Set2),

20 un deuxième résultat de calcul étant fourni par le deuxième code de modèle au moyen du deuxième événement,

le premier signal temporel (Ts1) étant converti en un premier signal temporel modifié (Td1) par le premier moyen de traitement de signal temporel (131), le premier signal temporel modifié (Td1) comprenant un premier signal périodique et un premier message temporel, et le
25 deuxième signal temporel (Ts2) est converti en un deuxième signal temporel modifié (Td2) par le deuxième moyen de traitement de signal temporel (132),

le deuxième signal temporel modifié (Td2) comprenant un deuxième signal périodique et un deuxième message temporel, et la première unité de calcul (101) liant le premier résultat de calcul à une première information temporelle découlant du premier signal temporel modifié
30 (Td1), et la deuxième unité de calcul (102) liant le deuxième résultat de calcul à une deuxième information temporelle découlant du deuxième signal temporel modifié (Td2).

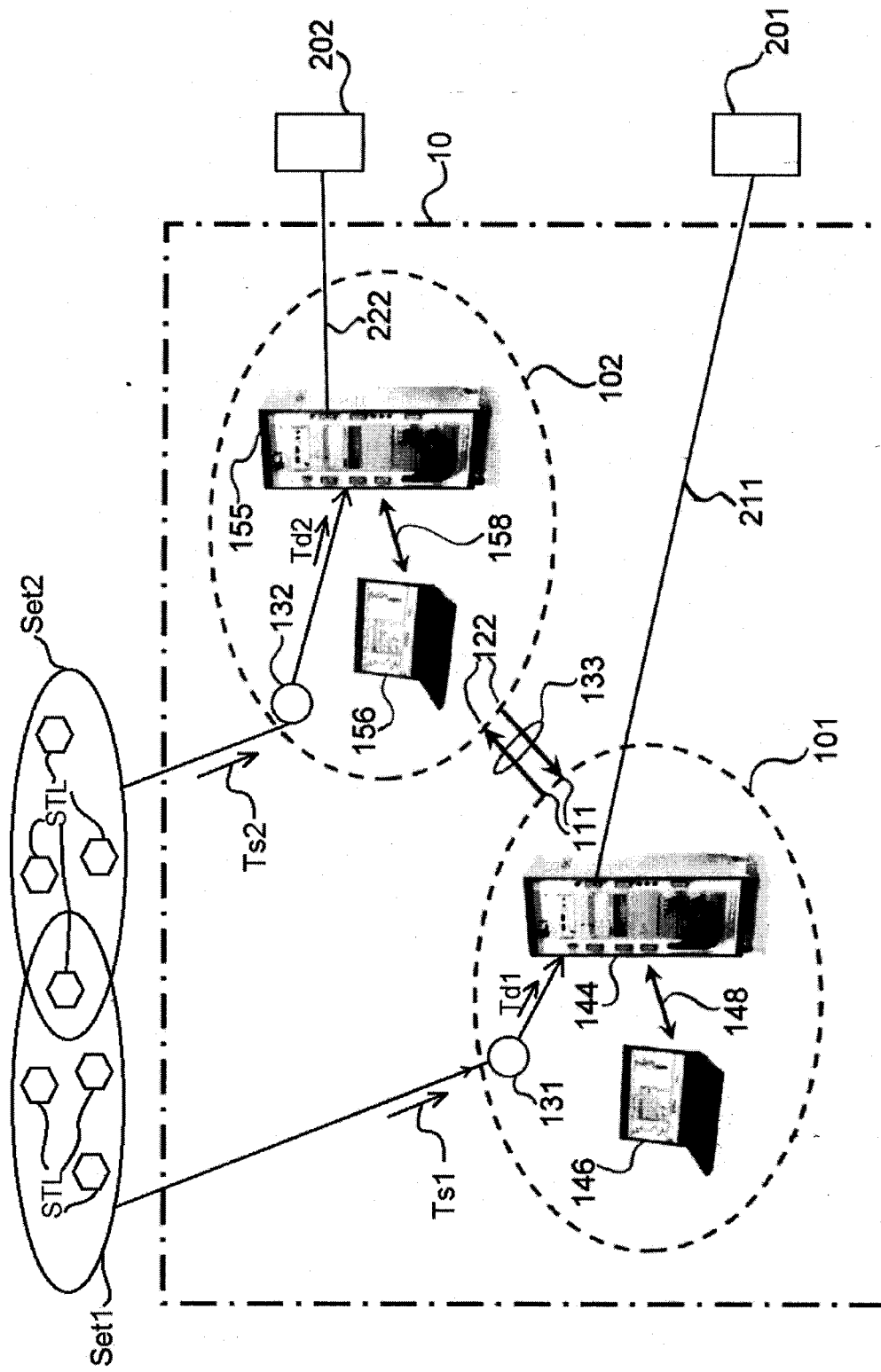


Fig. 1

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

NEANT

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

US2014214393 A1 (KIM JIN-MYOUNG [KR] ET AL.) 31 juillet 2014 (2014/07/31)

DE102004022558 A1 (SIEMENS AG [DE]) 01 décembre 2005 (2005/12/01)

US2006197607 A1 (CASTRO RAFAEL [US]) 07 septembre 2006 (2006/09/07)

DE102008010600 A1 (INCHRON GMBH [DE]) 27 août 2009 (2009/08/27)

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT