

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

①① N° de publication :

**3 083 339**

(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

②① N° d'enregistrement national :

**18 55832**

⑤① Int Cl<sup>8</sup> : **G 05 D 17/02** (2018.01), B 60 L 15/20, B 60 L 15/38

①②

## BREVET D'INVENTION

**B1**

⑤④ PROCÉDE DE PILOTAGE D'UNE MACHINE ELECTRIQUE TOURNANTE POUR COMPENSER LES OSCILLATIONS DE COUPLE D'UNE CHAÎNE DE TRACTION DE VÉHICULE AUTOMOBILE.

②② Date de dépôt : 28.06.18.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public de la demande : 03.01.20 Bulletin 20/01.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du brevet d'invention : 22.01.21 Bulletin 21/03.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de recherche :

*Se reporter à la fin du présent fascicule*

⑥⑥ Références à d'autres documents nationaux apparentés :

Demande(s) d'extension :

⑦① Demandeur(s) : VALEO EQUIPEMENTS  
ELECTRIQUES MOTEUR Société par actions  
simplifiée — FR.

⑦② Inventeur(s) : LAUPA JOACHIM.

⑦③ Titulaire(s) : VALEO EQUIPEMENTS  
ELECTRIQUES MOTEUR Société par actions  
simplifiée.

⑦④ Mandataire(s) : VALEO EQUIPEMENTS  
ELECTRIQUES MOTEUR Société par actions  
simplifiée.

**FR 3 083 339 - B1**



## **PROCÉDÉ DE PILOTAGE D'UNE MACHINE ELECTRIQUE TOURNANTE POUR COMPENSER DES OSCILLATIONS DE COUPLE D'UNE CHAÎNE DE TRACTION DE VÉHICULE AUTOMOBILE**

La présente invention porte sur un procédé de pilotage d'une machine  
5 électrique tournante pour compenser des oscillations de couple d'une chaîne  
de traction de véhicule automobile.

De façon connue en soi, une chaîne de traction de véhicule automobile  
comporte un moteur thermique accouplé à une boîte de vitesses par  
l'intermédiaire d'un embrayage. Un arbre de transmission en sortie de la  
10 boîte de vitesses est relié mécaniquement aux roues par l'intermédiaire d'un  
différentiel et de cardans.

Il est connu d'utiliser une machine électrique réversible accouplée à la boîte  
de vitesses. Ce système hybride permet au véhicule d'utiliser plusieurs  
fonctions associant la machine électrique et le moteur thermique de façon  
15 combinée ou indépendante. Ainsi, la machine électrique est notamment apte  
à fonctionner en mode moteur pour assurer une traction du véhicule seule ou  
en combinaison avec le moteur thermique. La machine électrique pourra  
également assurer un démarrage du moteur thermique. Cette machine est  
également apte à fonctionner en mode générateur pour fournir de l'énergie à  
20 la batterie du véhicule, notamment lors d'une phase de freinage récupératif.

Lors des phases de roulage purement électrique, le moteur thermique est  
éteint et désaccouplé du reste du groupe motopulseur par ouverture de  
l'embrayage. La machine électrique est alors commandée et fournit un  
couple à la roue via un des rapports de la boîte de vitesses.

25 Du fait de la raideur en torsion de la chaîne cinématique, principalement de  
l'arbre d'entraînement et des cardans, on observe des oscillations de couple  
combinées à de fortes secousses du véhicule à des gradients de couple de  
consigne élevés. En effet, l'ensemble se comporte comme un système de  
type masse-ressort dont la fréquence de résonnance est fonction  
30 de la vitesse la boîte de vitesses engagée.

Au sens de la demande, on parle de vitesse de boîte enclenchée (1<sup>ère</sup>, 2<sup>ème</sup>, 3<sup>ème</sup>...) et du rapport de réduction correspondant à chacune de ces vitesses (3,3, 1,9, 1,3...). La plus petite vitesse enclenchée fournit le plus grand rapport de réduction.

- 5 La présente invention vise à remédier efficacement à cet inconvénient en proposant un procédé de pilotage d'une machine électrique tournante intégrée dans une chaîne de traction de véhicule automobile, ladite chaîne de traction comportant un moteur thermique connecté à une boîte de vitesses par l'intermédiaire d'un embrayage, ladite machine électrique
- 10 tournante étant accouplée à la boîte de vitesses, caractérisé en ce que, lorsque l'embrayage est ouvert et que la machine électrique tournante fonctionne en mode moteur pour assurer un roulage électrique du véhicule automobile, ledit procédé comporte:
- une étape de génération d'un couple de consigne correspondant à une

15 volonté d'accélération du conducteur,

  - une étape de détermination d'un couple pulsé de compensation d'oscillations de couple générées par la chaîne de traction,
  - une étape de combinaison du couple de consigne et du couple pulsé de compensation précédemment déterminé pour obtenir un couple résultant de

20 consigne modifié, et

  - une étape d'application du couple résultant de consigne modifié à la machine électrique tournante.

L'invention permet ainsi de réduire, voire supprimer, les oscillations de couple lors d'un roulage en mode électrique du véhicule automobile, et ainsi

25 d'augmenter le confort des passagers. L'invention présente également un caractère économique, dans la mesure où elle pourra être mise en œuvre au moins en partie par une implémentation logicielle. L'invention a un rôle curatif.

Les vibrations à atténuer proviennent de l'absence d'amortissement naturel

30 dont est à l'origine le moteur thermique, notamment lié aux frottements internes qui s'établissent dans celui-ci, lorsqu'il est connecté au reste de la chaîne de transmission. Ces vibrations ont une amplitude et une fréquence très différentes des vibrations liées au moteur thermique.

La machine électrique peut être intégrée dans la chaîne de transmission dite thermique en aval de l'embrayage dans le sens de la transmission de couple vers les roues du véhicule. La machine électrique peut être intégrée entre l'embrayage et la boîte de vitesses. La machine électrique peut être intégrée dans la boîte de vitesses. La machine électrique peut être intégrée entre les la boîte de vitesses et les roues du véhicule.

En variante, la machine peut être intégrée dans une chaîne de transmission autre que la chaîne de transmission thermique, par exemple dans une roue du véhicule ou monté sur un essieu non connecté à la chaîne de transmission thermique.

Selon une mise en œuvre, le couple pulsé de compensation dépend d'un rapport de réduction et d'une raideur de la chaîne de la traction.

Selon une mise en œuvre, pour déterminer le couple pulsé de compensation, le procédé comporte:

- une étape de mesure d'une vitesse de rotation de la machine électrique tournante pour obtenir un signal de vitesse,
- une étape d'extraction d'une composante alternative du signal de vitesse, et
- une étape d'application d'un gain sur la composante alternative du signal de vitesse.

Selon une mise en œuvre, l'étape d'extraction de la composante alternative du signal de vitesse est effectuée par application, sur le signal de vitesse, d'un filtre passe-bande ayant une fréquence centrale correspondant à la fréquence des oscillations de couple. La fréquence centrale peut être comprise entre 5 et 13Hz.

Selon une mise en œuvre, le gain dépend d'un facteur d'amortissement souhaité.

Selon une mise en œuvre, le facteur d'amortissement est prédéterminé ou fonction d'un mode de conduite du véhicule automobile. Le facteur d'amortissement peut être compris entre 0,25 et 0,7.

Selon une mise en œuvre, le couple pulsé de compensation est injecté en opposition de phase par rapport aux oscillations de couple de la chaîne de traction.

5 Selon une mise en œuvre, ledit procédé comporte une étape préalable de limitation de variations de couple dans le couple de consigne par application d'un préfiltre. Ce préfiltre à un rôle préventif dans la mesure ou les oscillations de couple à atténuer seront moins prononcées et donc moins difficile à compenser.

10 Ce préfiltre est défini de sorte à couper la composante continue et/ou de sorte à couper les hautes fréquences et laisser passer la fréquence lié à la raideur de la chaîne de transmission dans laquelle la machine électrique.

Selon une mise en œuvre, le préfiltre est une rampe.

Selon une mise en œuvre, le préfiltre est un filtre d'ordre N, notamment d'ordre 2, notamment d'ordre 3.

15 L'invention a également pour objet un module de commande d'une machine électrique tournante caractérisé en ce qu'il comporte une mémoire stockant des instructions logicielles pour la mise en œuvre du procédé tel que précédemment défini.

20 L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui suit et à l'examen des figures qui l'accompagnent. Ces figures ne sont données qu'à titre illustratif mais nullement limitatif de l'invention.

La figure 1 est une représentation schématique d'une chaîne de traction de véhicule automobile mettant en œuvre le procédé selon l'invention de compensation des oscillations de couple par une machine électrique;

25 La figure 2 est une représentation schématique détaillée de l'accouplement de la machine électrique avec la boîte de vitesses;

La figure 3 est un diagramme des blocs fonctionnels implémentés dans le module de commande pour la mise en œuvre du procédé selon l'invention de compensations des oscillations de couple générées par la chaîne de traction;

Les figures 4a et 4b sont des représentations graphiques, en fonction du temps, du couple de consigne, du couple aux roues, d'une vitesse de rotation des roues et de la machine électrique obtenues respectivement sans et avec la mise en œuvre du procédé selon l'invention;

- 5 La figure 5 illustre une variante de mise en œuvre du procédé selon l'invention comportant une étape préalable de filtrage préventif du couple de consigne;

Les figures 6a et 6b sont des représentations graphiques illustrant l'atténuation du pic de couple à la roue respectivement avec un filtre de type rampe et un filtre du premier ordre appliqués au couple de consigne.

Les éléments identiques, similaires, ou analogues, conservent la même référence d'une figure à l'autre.

La figure 1 montre une chaîne de traction 10 de véhicule automobile comportant un moteur thermique 11 accouplé à une boîte de vitesses 12 par l'intermédiaire d'un embrayage 13. Un arbre de transmission 15 en sortie de la boîte de vitesses 12 est relié mécaniquement aux roues 16 par l'intermédiaire d'un différentiel 18 et de cardans 20.

Une machine électrique 21 réversible est accouplée à la boîte de vitesses 12. Ce système hybride permet au véhicule d'utiliser plusieurs fonctions associant la machine électrique 21 et le moteur thermique 11 de façon combinée ou indépendante. Ainsi, la machine électrique 21 est apte à fonctionner en mode moteur pour assurer une traction du véhicule seule ou en combinaison avec le moteur thermique 11. L'embrayage 13 est ouvert lors d'une phase de roulage électrique du véhicule et fermé lors d'une phase de roulage thermique du véhicule. La machine électrique 21 pourra également assurer un démarrage du moteur thermique 11. Cette machine 21 est également apte à fonctionner en mode générateur pour fournir de l'énergie à la batterie du véhicule, notamment lors d'une phase de freinage récupératif.

La machine électrique 21 est avantageusement une machine de type synchrone double triphasée connectée à un réseau électrique ayant une tension de fonctionnement de 48 Volts. La machine électrique 21 pourra

présenter une puissance comprise entre 15kW et 25kW et fournir un couple compris notamment entre 55Nm et 80Nm en fonction de sa longueur.

La figure 2 montre un exemple d'accouplement de la machine électrique 21 avec la boîte de vitesses 12 comportant une pluralité de rapports de vitesse R1-Rn. Dans l'exemple représenté, le nombre de rapports n vaut 7 mais il pourra bien entendu être adapté en fonction de l'application. Un premier arbre 23 est associé à des rapports de vitesse impairs et un deuxième arbre 24 est associé à des rapports de vitesse pairs. Un système à double embrayages 13 permet de lier en rotation ou de libérer ces arbres 23, 24 en fonction du rapport engagé. La machine électrique tournante 21 est accouplée à la boîte de vitesses 12 via un réducteur de vitesse 25. La machine électrique 21 est ici accouplée au deuxième arbre 24. La machine électrique 21 pourra être implantée à l'intérieur ou à l'extérieur de la boîte de vitesses 12.

On décrit ci-après, en référence avec la figure 3, les différents blocs fonctionnels permettant la mise en œuvre du procédé de compensation des ondulations de couple générés par la chaîne de traction 10 lors d'une phase de roulage électrique, c'est-à-dire lorsque l'embrayage 13 est ouvert et que la machine électrique tournante 21 fonctionne en mode moteur pour assurer la traction du véhicule automobile. Les différents blocs fonctionnels pourront prendre la forme d'instructions logicielles stockées dans une mémoire d'un module de commande 22 de la machine électrique tournante 21.

Plus précisément, le bloc B1 génère un couple de consigne  $T_{cons}$  correspondant à une volonté d'accélération du conducteur définie notamment par un enfoncement de la pédale d'accélération du véhicule.

L'ensemble E de blocs fonctionnels détermine un couple pulsé de compensation  $T_{comp}$  pour compenser des oscillations de couple  $T_{osc}$  générées par la chaîne de traction 10. Le bloc B2 combine le couple de consigne  $T_{cons}$  et le couple pulsé de compensation  $T_{comp}$  précédemment déterminé pour obtenir un couple résultant de consigne modifié  $T_{cons}'$ . Le couple résultant de consigne modifié  $T_{cons}'$  est ensuite appliqué à la machine électrique tournante 21 et donc à la chaîne de traction 10.

Afin de déterminer le couple pulsé de compensation  $T_{comp}$ , la vitesse de rotation de la machine électrique 21 est mesurée à l'aide d'un capteur de vitesse 27 via le bloc B3. On obtient ainsi en sortie du bloc B3 un signal de vitesse  $W_{mel}$ . Le capteur de vitesse 27 est par exemple un capteur à effet Hall.

Une composante alternative  $W_{mel\_ac}$  du signal de vitesse est ensuite extraite par application d'un filtre passe-bande  $F_{PB}$  via le bloc B4. Ce filtre passe-bande  $F_{PB}$  présente une fréquence centrale  $f_0$  correspondant à la fréquence des oscillations de couple  $T_{osc}$ . La fréquence centrale  $f_0$  du filtre dépend d'un rapport de vitesse engagé  $R_x$  et d'une raideur  $K$  de la chaîne de la traction 10. La fréquence centrale  $f_0$  pourra par exemple être obtenue au moyen d'une cartographie recevant en entrée le rapport de boîte de vitesses  $R_x$  engagé communiqué par le calculateur moteur.

Le bloc B5 applique ensuite un gain  $G$  sur le signal de vitesse filtré  $W_{mel\_ac}$ . Le gain  $G$  dépend d'un facteur d'amortissement  $F_{am}$  souhaité. Le facteur d'amortissement  $F_{am}$  est prédéterminé ou est fonction d'un mode de conduite du véhicule automobile. Plus le facteur d'amortissement  $F_{am}$  est important, plus la durée d'atténuation des oscillations de couple  $T_{osc}$  est courte.

Le couple pulsé de compensation  $T_{comp}$  est injecté par le bloc B2 en opposition de phase par rapport aux oscillations de couple  $T_{osc}$  de la chaîne de traction 10.

La figure 4a est une représentation graphique, en fonction du temps, du couple de consigne  $T_{cons}$ , du couple aux roues  $T_r$ , d'une vitesse de rotation des roues  $W_r$  et de la machine électrique  $W_{mel}$  obtenues sans la mise en œuvre du procédé selon l'invention.

La figure 4b est une représentation graphique, en fonction du temps, du couple de consigne  $T_{cons}$ , du couple résultant de consigne modifié  $T_{cons}'$  intégrant le couple pulsé de compensation  $T_{comp}$ , du couple aux roues  $T_r$ , d'une vitesse de rotation des roues  $W_r$  et de la machine électrique  $W_{mel}$  obtenues avec la mise en œuvre du procédé selon l'invention.

On observe que les ondulations de couple aux roues Tr sont atténuées grâce à la mise en œuvre de l'invention qui intègre le couple pulsé de compensation Tcomp dans le couple de consigne Tcons.

5 Dans la mise en œuvre de la figure 5, le procédé comporte une étape préalable de limitation de variations de couple dans le couple de consigne Tcons par application d'un préfiltre via le bloc B6.

10 Comme cela est illustré par la figure 6a, le préfiltre pourra être une rampe permettant d'obtenir un couple de consigne filtré Tcons\_f. La limitation de la variation de couple instantanée permet de réduire d'environ 20 à 25% la valeur pic du couple à la roue Tr.

15 Comme cela est illustré par la figure 6b, le préfiltre pourra être un filtre du 1er ordre qui introduit des pentes dans le couple de consigne filtré Tcons\_f, ainsi que des tangentes horizontales au "décollage", c'est-à-dire au début et à "l'atterrissage", c'est-à-dire à la fin de l'échelon de consigne, réduisant ainsi les oscillations du couple à la roue Tr de 10% supplémentaires par rapport au préfiltre de type rampe.

Plus généralement, le préfiltre pourra être un filtre d'ordre N. Plus l'ordre N du filtre sera élevé, moins les modes propres de la chaîne de traction 10 seront sollicités.

20 Bien entendu, la description qui précède a été donnée à titre d'exemple uniquement et ne limite pas le domaine de l'invention dont on ne sortirait pas en remplaçant les différents éléments par tous autres équivalents.

25 En outre, les différentes caractéristiques, variantes, et/ou formes de réalisation de la présente invention peuvent être associées les unes avec les autres selon diverses combinaisons, dans la mesure où elles ne sont pas incompatibles ou exclusives les unes des autres.

## REVENDEICATIONS

1. Procédé de pilotage d'une machine électrique tournante (21) d'un véhicule automobile, le véhicule automobile comprenant une chaîne de transmission (10) thermique comportant un moteur thermique (11) connecté à une boîte de vitesses manuelle (12) par l'intermédiaire d'un embrayage (13), ladite machine électrique étant intégrée dans la chaîne de transmission thermique en aval de l'embrayage dans le sens de la transmission de couple vers les roues du véhicule ou dans une chaîne de transmission indépendante du moteur thermique
- 10 caractérisé en ce que, lorsque l'embrayage (13) est ouvert et que la machine électrique tournante (21) fonctionne en mode moteur pour assurer un roulage électrique du véhicule automobile, ledit procédé comporte:
- une étape de génération d'un couple de consigne ( $T_{cons}$ ) correspondant à une volonté d'accélération du conducteur,
  - 15 - une étape de détermination d'un couple pulsé de compensation ( $T_{comp}$ ) d'oscillations de couple ( $T_{osc}$ ) générées par la chaîne de traction (10) comportant:
    - une étape de mesure d'une vitesse de rotation de la machine électrique tournante (21) pour obtenir un signal de vitesse ( $W_{mel}$ ),
    - 20 - une étape d'extraction d'une composante alternative ( $W_{mel\_ac}$ ) du signal de vitesse ( $W_{mel}$ ), et
    - une étape d'application d'un gain ( $G$ ) sur la composante alternative du signal de vitesse ( $W_{mel\_ac}$ ), le gain ( $G$ ) dépendant d'un facteur d'amortissement ( $F_{am}$ ) souhaité
    - 25 - une étape de combinaison du couple de consigne ( $T_{cons}$ ) et du couple pulsé de compensation ( $T_{comp}$ ) précédemment déterminé pour obtenir un couple résultant de consigne modifié ( $T_{cons}'$ ), et
    - une étape d'application du couple résultant de consigne modifié
    - 30 ( $T_{cons}'$ ) à la machine électrique tournante (21).

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le couple pulsé de compensation ( $T_{comp}$ ) dépend d'un rapport de réduction et d'une raideur ( $K$ ) de la chaîne de la traction (10).

3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que l'étape d'extraction de la composante alternative ( $W_{mel\_ac}$ ) du signal de vitesse est effectuée par application, sur le signal de vitesse ( $W_{mel}$ ), d'un filtre passe-bande ( $F_{PB}$ ) ayant une fréquence centrale (f0) correspondant à la fréquence des oscillations de couple ( $T_{osc}$ ).

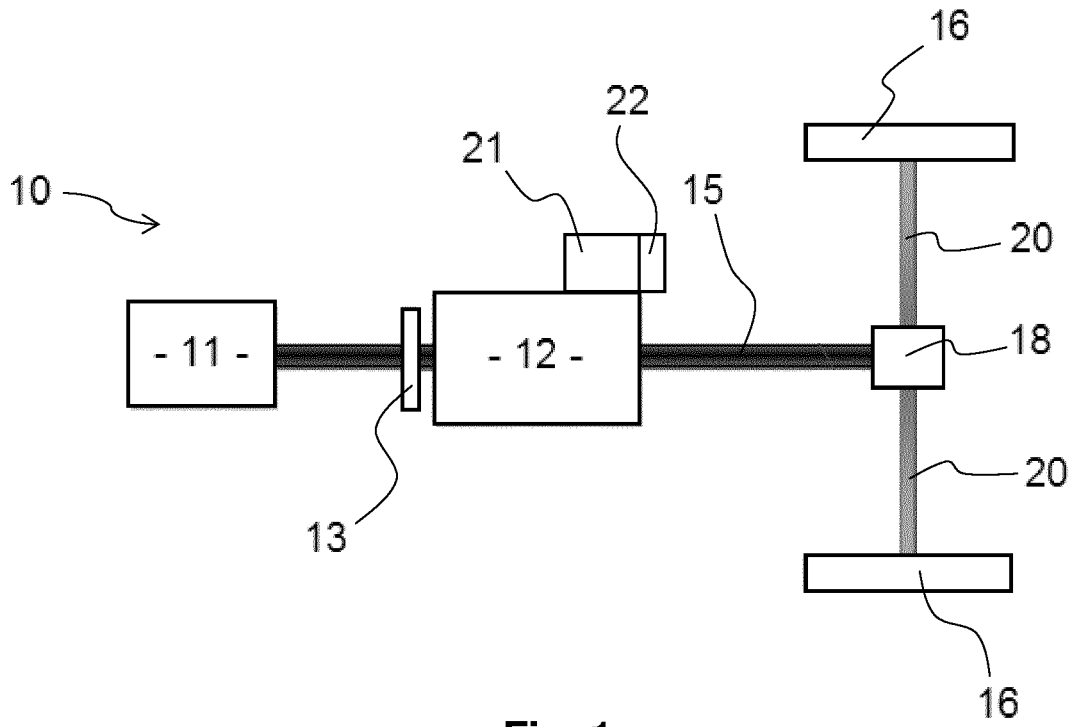
4. Procédé selon l'une quelconques des revendications précédentes, caractérisé en ce que le facteur d'amortissement ( $F_{am}$ ) est prédéterminé ou fonction d'un mode de conduite du véhicule automobile.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que le couple pulsé de compensation ( $T_{comp}$ ) est injecté en opposition de phase par rapport aux oscillations de couple ( $T_{osc}$ ) de la chaîne de traction (10).

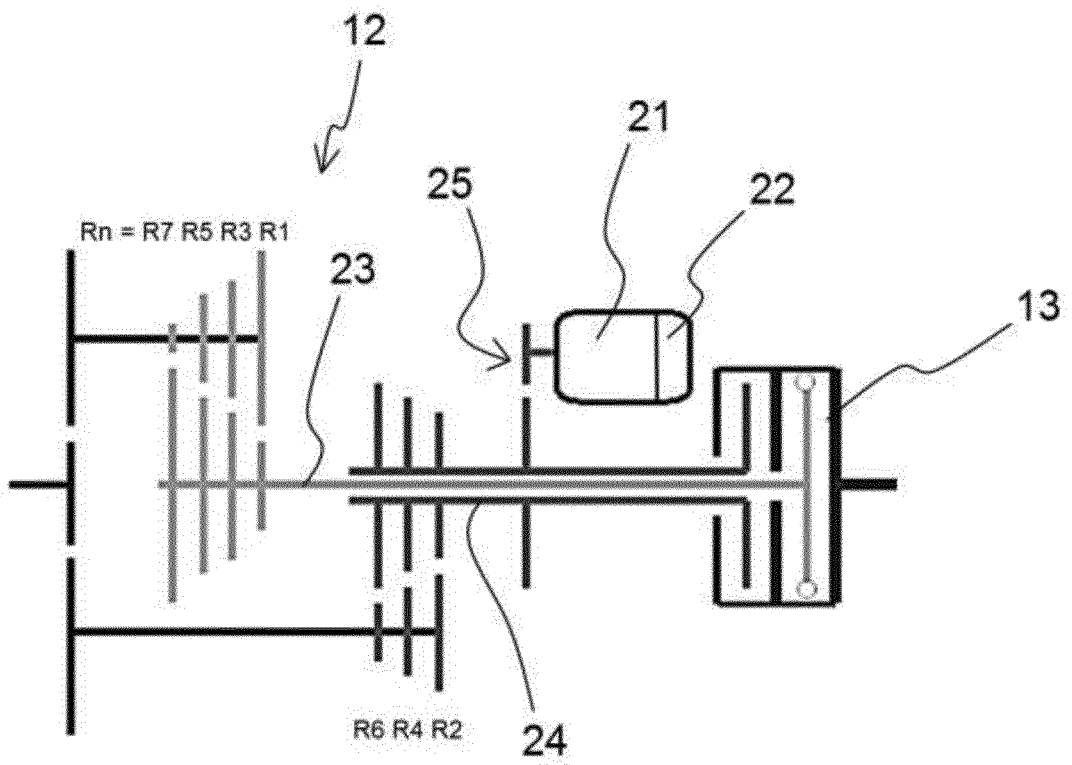
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'il comporte une étape préalable de limitation de variations de couple dans le couple de consigne ( $T_{cons}$ ) par application d'un préfiltre (B6).

7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que le préfiltre est une rampe ou un filtre d'ordre N.

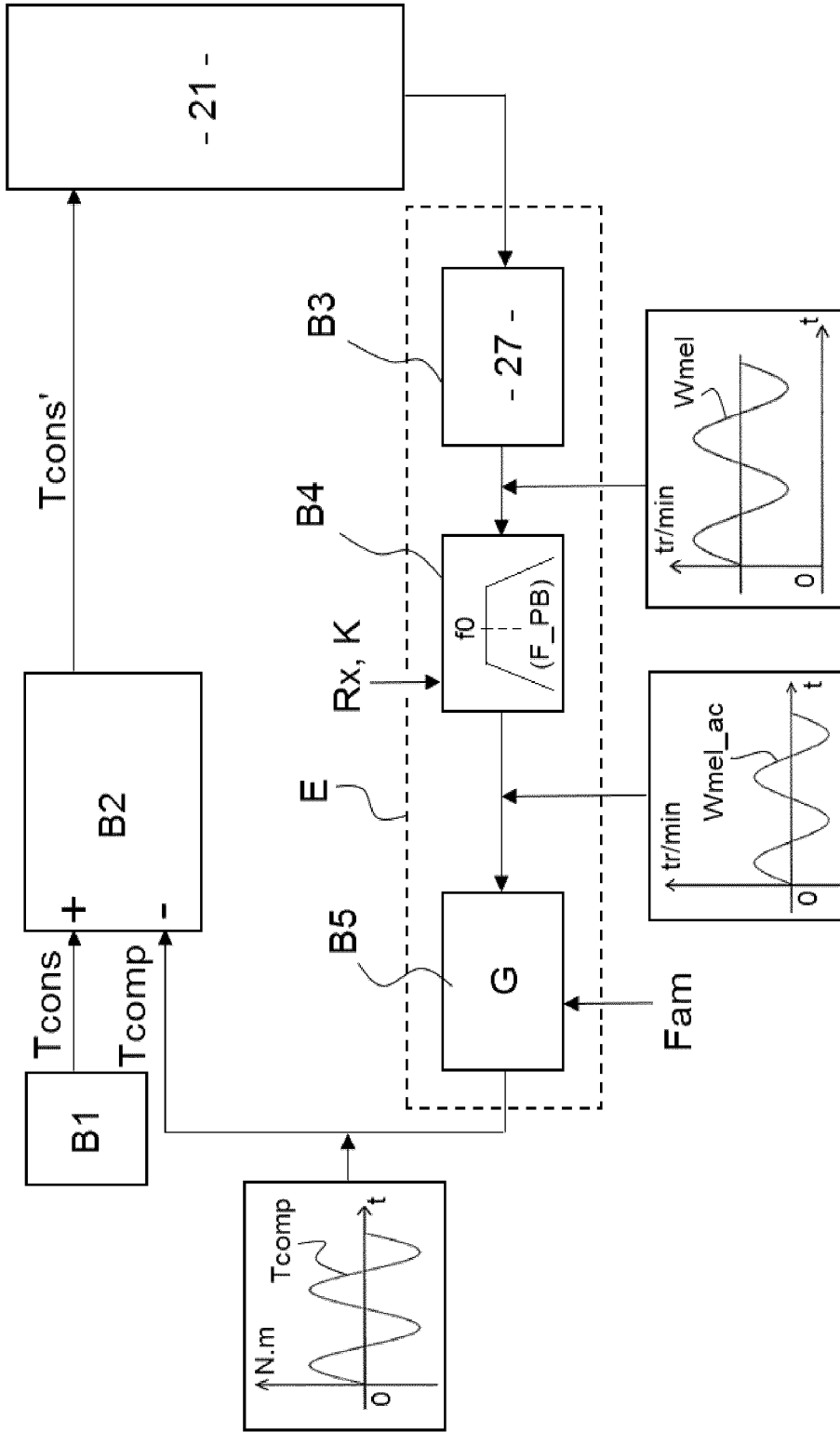
8. Module de commande (22) d'une machine électrique tournante (21) caractérisé en ce qu'il comporte une mémoire stockant des instructions logicielles pour la mise en œuvre du procédé tel que défini selon l'une quelconque des revendications précédentes.



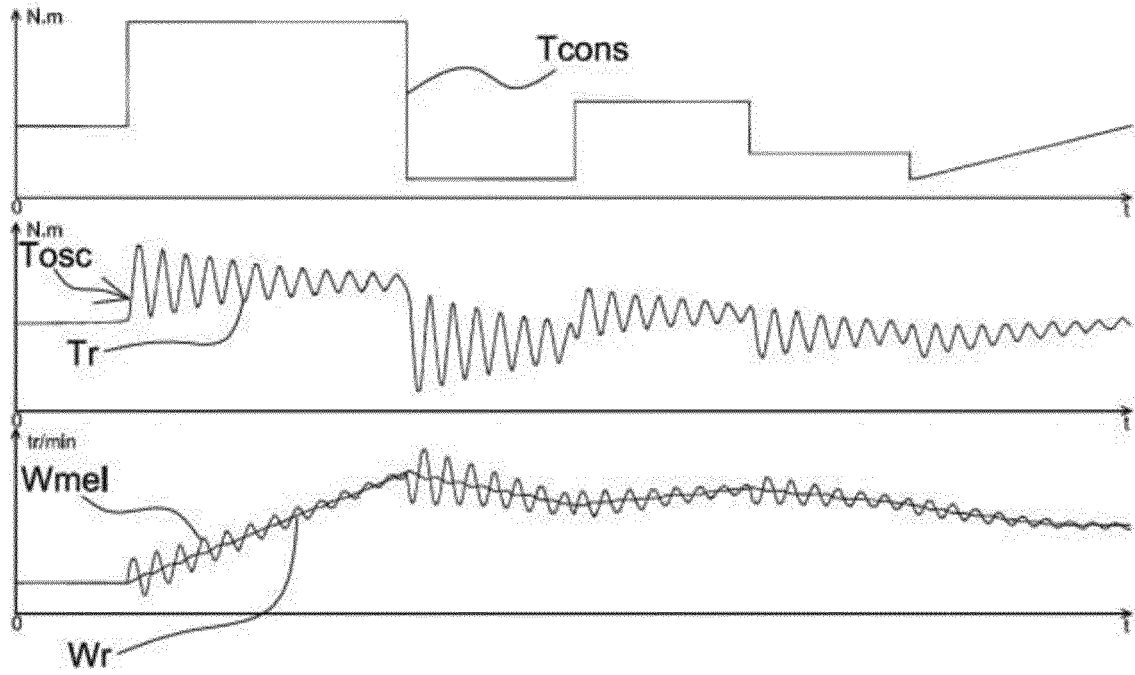
**Fig. 1**



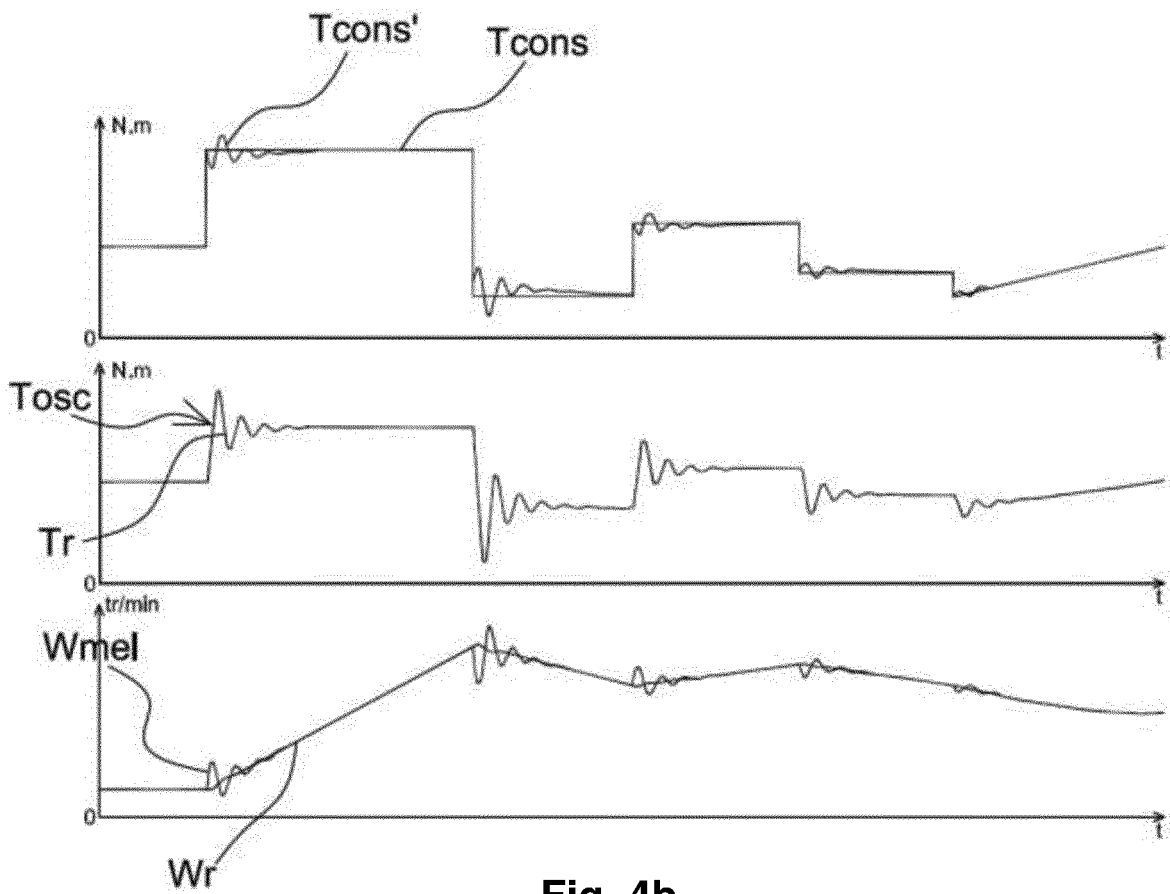
**Fig. 2**



**Fig. 3**

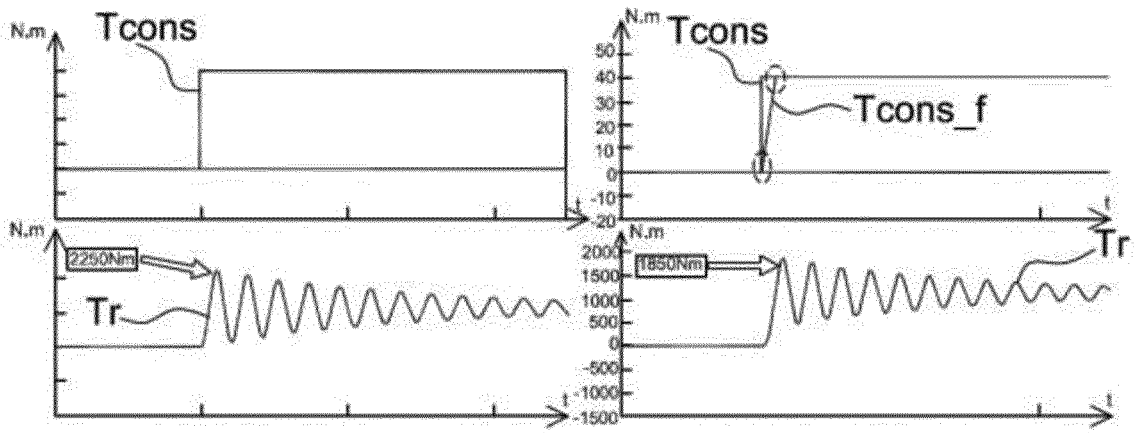


**Fig. 4a**

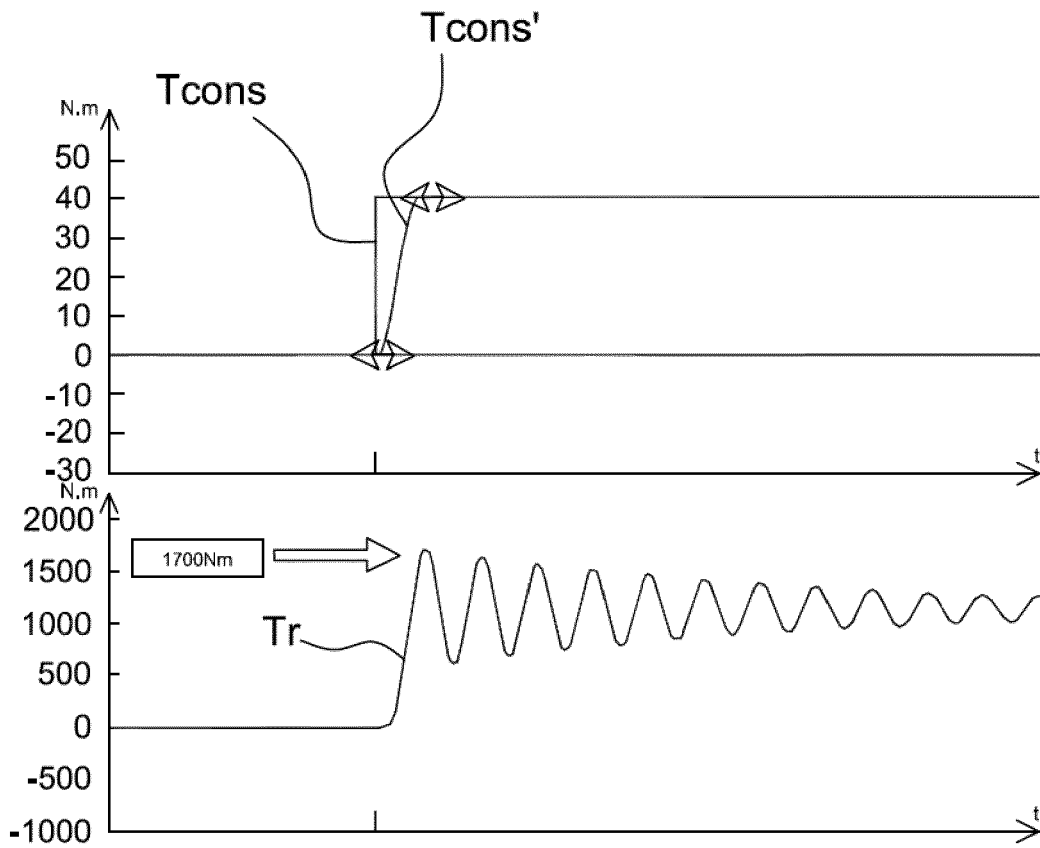


**Fig. 4b**





**Fig. 6a**



**Fig. 6b**

# 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**

US 2010/019709 A1 (LE NEINDRE YVAN [FR] ET  
AL) 28 janvier 2010 (2010-01-28)

US 2015/251649 A1 (LIANG WEI [US] ET AL)  
10 septembre 2015 (2015-09-10)

US 2011/112709 A1 (PARK TAE WOOK [KR] ET  
AL) 12 mai 2011 (2011-05-12)

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

NEANT

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

NEANT