(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle
Bureau international

(43) Date de la publication internationale
27 janvier 2022 (27.01.2022)

WIPO | PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 2022/018360 A1

(51) Classification internationale des brevets :
B62M 6/45 (2010.01) *B62M 6/50* (2010.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2021/051319

(22) Date de dépôt international :
15 juillet 2021 (15.07.2021)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
FR2007617 20 juillet 2020 (20.07.2020) FR

(71) Déposant : **EBIKELABS** [FR/FR] ; 12 rue Jules Horowitz, 38000 GRENOBLE (FR).

(72) Inventeurs : **BOSSON, Maël** ; 140 Chemin de Namière, 38120 Mont-Saint-Martin (FR). **ALARY, Theophile** ; 32 Chemin St-Jean, 38700 La Tronche (FR). **MARGUET, Raphaël** ; 93 rue du Menil, 38710 Mens (FR). **LETOUT, Sébastien** ; 35 avenue de Chamrousse, 38240 Meylan (FR).

(74) Mandataire : **DE JONG, Jean Jacques** et al. ; 24 Place des Martyrs de la Résistance, 13100 AIX EN PROVENCE (FR).

(81) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible)* : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

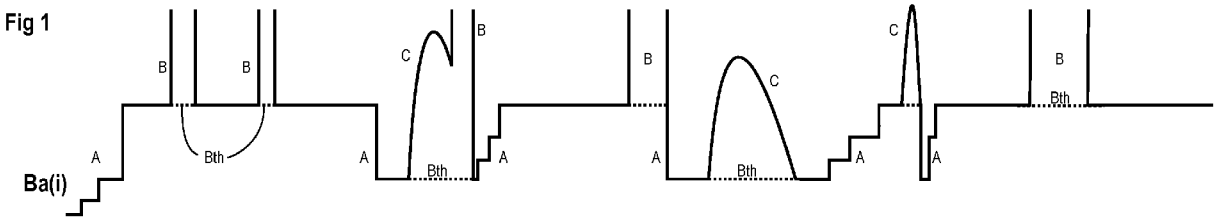
(84) États désignés *(sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible)* : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée:
— *avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))*

(54) **Title:** SENSORLESS DETECTION OF REAL PEDALLING EFFORT

(54) **Titre :** SYSTÈME DE DÉTECTION SANS CAPTEUR D'UN EFFORT DE PÉDALAGE RÉEL

Fig 1



(57) **Abstract:** The invention relates to a method for estimating pedalling activity on an electrically assisted bicycle, comprising the steps of measuring the speed of rotation of a wheel of the bicycle; measuring the speed of rotation of the crankset; calculating an apparent gear ratio (Ba) proportional to the ratio of the measured wheel speed to the measured crankset speed; and analysing the evolution of the apparent gear ratio independently of a theoretical gear ratio (Bth) proportional to the number of wheel revolutions per crankset revolution, in order to deduce characteristics of the pedalling activity. The analysis is implemented using a time base where the pitch between the crankset rotation speed measurement samples is considered to be constant.

(57) **Abrégé :** L'invention est relative à un procédé d'estimation d'activité de pédalage sur un vélo à assistance électrique, comprenant des étapes consistant à mesurer la vitesse de rotation d'une roue du vélo; mesurer la vitesse de rotation du pédalier; calculer un braquet apparent (Ba) proportionnel au rapport de la vitesse de rotation mesurée de la roue et de la vitesse de rotation mesurée du pédalier; et analyser l'évolution du braquet apparent indépendamment d'un braquet théorique (Bth) proportionnel au nombre de tours de roue par tour de pédalier, pour déduire des caractéristiques de l'activité de pédalage. L'analyse est mise en œuvre en utilisant une base de temps où le pas entre les échantillons de mesure de la vitesse de rotation du pédalier est considéré comme constant.

WO 2022/018360 A1

SYSTÈME DE DÉTECTION SANS CAPTEUR D'UN EFFORT DE PÉDALAGE RÉEL

Domaine

[0001] L'invention est relative aux vélos à assistance électrique, et plus particulièrement à un système de commande de l'assistance en fonction de l'activité de pédalage de l'utilisateur.

Arrière-plan

[0002] Une catégorie courante de vélos à assistance électrique est conçue pour enclencher l'assistance seulement lorsque l'utilisateur est en train de pédaler. Pour assurer un confort d'utilisation optimal, l'assistance est enclenchée progressivement, souvent proportionnellement à l'effort fourni. Cette caractéristique est assurée dans des vélos haut de gamme à l'aide d'un capteur du couple de pédalage. Dans des vélos plus économiques, dépourvus de capteur de couple, le moteur est souvent commandé en tout-ou-rien en fonction de l'activité de pédalage détectée par un capteur de rotation monté sur le pédalier. Le capteur de rotation est un dispositif simple comprenant, par exemple, un disque muni d'aimants monté sur l'axe du pédalier et un capteur magnétique fixé au cadre. Le disque comporte une multitude d'aimants régulièrement espacés, au nombre variant généralement entre 8 et 32, souvent 12.

[0003] Pour économiser sur le capteur de couple tout en offrant une assistance progressive, on a cherché à concevoir des systèmes basés sur une modélisation du comportement du vélo. Un tel exemple est décrit dans l'article « Pedaling torque sensor-less power assist control of an electric bike via model-based impedance control », D. S. Cheon et al., International Journal of Automotive Technology, Vol. 18, No. 2, pp. 327−333 (2017). De tels modèles sont complexes et doivent être paramétrés en fonction des caractéristiques de chaque vélo.

Résumé

[0004] On prévoit de façon générale un procédé d'estimation d'activité de pédalage sur un vélo à assistance électrique, comprenant des étapes consistant à mesurer la vitesse de rotation d'une roue du vélo ; mesurer la vitesse de rotation du pédalier ; calculer un braquet apparent proportionnel au rapport de la vitesse de rotation mesurée de la roue et de la vitesse de rotation mesurée du pédalier ; et analyser l'évolution du braquet apparent indépendamment d'un braquet théorique proportionnel au nombre de tours de roue par tour de pédalier, pour déduire des caractéristiques de l'activité de pédalage.

[0005] Le procédé peut en outre comprendre des étapes consistant à mesurer la vitesse de rotation du pédalier en utilisant un capteur produisant plusieurs échantillons pour chaque tour de pédalier, d'où il résulte qu'un nouvel échantillon du braquet apparent est produit pour chaque échantillon de mesure ; et effectuer l'analyse dans une base de temps où le pas entre les échantillons du braquet apparent est considéré comme constant.

[0006] Le procédé peut comprendre, selon une première approche, des étapes consistant à calculer une moyenne mobile courte du braquet apparent sur un nombre d'échantillons consécutifs correspondant à une fraction de tour du pédalier ; calculer une moyenne mobile longue du braquet apparent sur un nombre d'échantillons consécutifs correspondant à un nombre entier de tours du pédalier ; incrémenter d'un pas un score de pédalage inefficace à chaque fois qu'un échantillon du braquet apparent est à la fois en dehors d'une bande autour de la moyenne mobile courte et en dehors d'une bande autour de la moyenne mobile longue ; et déterminer que le pédalage est inefficace lorsque le score atteint un seuil.

[0007] Le procédé peut en outre comprendre une étape consistant à décrémenter d'un pas le score après un nombre consécutif d'échantillons à l'intérieur de la bande de la moyenne mobile longue.

[0008] Le procédé peut en outre comprendre des étapes consistant à calculer la dérivée de la moyenne mobile courte à chaque échantillon ; et si l'échantillon courant est dans la bande de la moyenne mobile courte et que la dérivée est inférieure à un seuil en valeur absolue, décrémenter le score de plusieurs pas.

[0009] Le procédé peut comprendre, selon une autre approche, des étapes consistant à produire un contenu fréquentiel d'une fenêtre glissante d'échantillons ; relever deux amplitudes du contenu fréquentiel, respectivement aux fréquences correspondant à un tour de pédalier et à un demi-tour de pédalier ; et produire un indicateur de l'effort de pédalage à partir des deux amplitudes.

[0010] L'indicateur d'effort peut être égal à la différence entre la plus grande des deux amplitudes et une valeur du contenu fréquentiel entre les deux amplitudes.

[0011] Le procédé peut comprendre, selon une autre approche, des étapes consistant à calculer une dérivée à chaque échantillon du braquet apparent ; lorsqu'une valeur de la dérivée est supérieure à un seuil : calculer une intégrale du braquet apparent par rapport à une moyenne du braquet apparent sur un nombre d'échantillons qui correspond à une

fraction de tour de pédalier ; et déterminer que le pédalage est inefficace lorsque l'intégrale diverge.

[0012] Le procédé peut en outre comprendre une étape consistant à, après l'étape de détermination de pédalage inefficace, déterminer que le pédalage est efficace lorsque les valeurs des dérivées d'un nombre d'échantillons correspondant à une fraction de tour de pédalier sont toutes en-dessous du seuil.

Description sommaire des dessins

[0013] Des modes de réalisation seront exposés dans la description suivante, faite à titre non limitatif en relation avec les figures jointes parmi lesquelles :

[0014] La figure 1 représente une courbe d'un exemple d'évolution d'un braquet théorique.

[0015] La figure 2 représente des courbes illustrant, dans le cadre de l'exemple de la figure 1, les évolutions d'un braquet apparent, d'un score d'inefficacité de pédalage, et d'une dérivée de l'évolution du braquet apparent.

[0016] La figure 3 représente des courbes illustrant, pour une partie agrandie de la courbe de braquet apparent de la figure 2, les évolutions du braquet apparent par rapport à une moyenne mobile rapide, du braquet apparent par rapport à une moyenne mobile lente, du score correspondant, et de la dérivée correspondante.

[0017] Les figures 4A et 4B représentent des transformées de Fourier du braquet apparent sur une fenêtre glissante dans deux situations différentes, permettant de calculer un indicateur d'effort de pédalage.

Description détaillée

[0018] Dans la présente demande on propose un système capable, sur un vélo à assistance électrique dépourvu de capteur de couple, de détecter un vrai pédalage, voire d'estimer l'effort de pédalage, à l'aide de moyens particulièrement simples, ne nécessitant aucun paramétrage ni capteur autre que ceux déjà présents sur un vélo d'entrée de gamme. Par « vrai pédalage », on entend un pédalage efficace, fournissant un couple non-nul, qui lui-seul est censé déclencher l'assistance électrique – on souhaite par ce moyen éviter de déclencher l'assistance lorsque l'utilisateur pédale de façon inefficace, dans le vide.

[0019] Le système est basé sur un paramètre spécifique que l'on dénommera « braquet apparent » Ba. Le braquet (théorique) Bth est souvent défini comme le nombre de tours

de roue motrice faits pour un tour de pédalier – il est constant pour un rapport de vitesses donné.

[0020] Le braquet apparent peut être défini comme le rapport Vm/Vp entre la vitesse de rotation instantanée de la roue motrice et la vitesse de rotation instantanée du pédalier, chacune de ces vitesses étant mesurable par des capteurs présents sur un vélo d'entrée de gamme.

[0021] Pour simplifier davantage les traitements, les mesures de vitesse peuvent être les valeurs utilisées par ailleurs dans le système de gestion du moteur. Par exemple, la vitesse Vm peut en fait être la vitesse linéaire du vélo, exprimée en mètres par heure, et la vitesse Vp peut être la vitesse de rotation du pédalier exprimée en tours par minute, ce qui produit un braquet apparent exprimé en soixantièmes de mètre par tour de pédalier. Ce choix d'unité inhabituel fournit des nombres relativement grands que l'on peut traiter comme des entiers sans perte de précision.

[0022] La figure 1 représente une courbe d'évolution du braquet apparent selon un exemple d'activité de pédalage, en supposant que tous les composants de la transmission du vélo et les capteurs sont idéaux.

[0023] Partout où le pédalier est en prise avec la roue motrice, à savoir quand le cycliste exerce un effort non-nul sur les pédales, le braquet apparent (idéal) Ba(i) suit le braquet théorique Bth. Ce braquet théorique comporte des paliers horizontaux correspondant à différents rapports de vitesses. Lors de phases de changements de rapports indiquées par A, le braquet évolue en marche d'escalier.

[0024] Dans des phases indiquées par B, le cycliste cesse de pédaler. Le braquet apparent devient infini.

[0025] Dans des phases indiquées par C, le pédalage ralentit par rapport à la vitesse de la roue motrice, sans toutefois s'arrêter. Le braquet apparent s'écarte du braquet théorique vers le haut, d'autant plus que le pédalage ralentit.

[0026] En observant cette courbe idéale, on pourrait déduire qu'il est facile, en connaissant le braquet théorique, de détecter les phases B et C pour conclure à un pédalage inefficace. Toutefois, le braquet théorique est inconnu, car il faudrait pour cela le paramétrer individuellement pour chaque vélo en fonction de son équipement et détecter les changements de rapports, ce qu'on souhaite éviter. Sans connaissance préalable, il est difficile de savoir si les phases A, B et C correspondent à une variation

de pédalage imposé par un changement de rapport ou à une variation volontaire du cycliste dans la marge laissée par la roue libre.

[0027] La figure 2 représente des courbes illustrant les évolutions d'un braquet apparent mesuré Ba(m), d'un score d'inefficacité de pédalage S, et d'une dérivée D de l'évolution du braquet apparent, basées sur des relevés effectués dans des conditions réelles ayant sensiblement les mêmes phases A, B et C que l'exemple de la figure 1. L'échelle des ordonnées du braquet apparent correspond à l'unité précédemment évoquée, à savoir des soixantièmes de mètre par tour de pédalier.

[0028] Le capteur de vitesse du pédalier comporte ici 12 aimants répartis sur un disque fixé à l'axe du pédalier, et produit ainsi douze impulsions par tour de pédalier. La vitesse est déterminée à partir de l'écart temporel entre deux impulsions, d'où il résulte qu'on obtient douze échantillons de vitesse par tour de pédalier.

[0029] La vitesse de la roue motrice varie lentement en pratique, de sorte que le capteur de vitesse de la roue est généralement conçu pour produire peu d'échantillons par tour, par exemple un seul. Lorsque le moteur est sur le moyeu, c'est le capteur de vitesse du moteur qui peut fournir la vitesse de rotation de la roue - dans ce cas la mesure de vitesse a généralement une meilleure résolution temporelle.

[0030] La courbe Ba(m) comporte un point calculé pour chaque échantillon du capteur de vitesse du pédalier. L'axe horizontal représentant ici le temps, le pas entre les points de la courbe Ba(m) varie inversement proportionnellement à la vitesse du pédalier. En réalité, les calculs exposés ci-après tiennent compte seulement des valeurs des échantillons sans faire intervenir le temps variable qui sépare deux échantillons, ce qui permet de simplifier les calculs et même produire des effets utiles. En d'autres termes, dans les calculs, le pas entre les échantillons est considéré comme étant constant et égal à 1, ce qui revient à utiliser comme base de temps la fréquence variable de pédalage et non la fréquence fixe d'une horloge.

[0031] On constate que les plateaux de la courbe Ba(m) comportent du bruit de faible amplitude dû aux imperfections des capteurs et de la transmission, comme le rattrapage de jeux et des effets d'élasticité des matériaux impliqués.

Les phases B d'arrêt de pédalage sont caractérisées par des créneaux d'amplitude variable. En fait, comme le capteur de vitesse du pédalier ne fournit pas une mesure continue, il n'est pas capable de mesurer une vitesse tendant vers zéro. On applique alors une exception dans le mode de calcul, qui produit les créneaux représentés au lieu de pics

tendant vers l'infini, qui seraient en fait inutilement perturbateurs pour les calculs subséquents.

[0032] Ainsi, on considère qu'un arrêt de pédalage survient lorsqu'aucun nouvel échantillon n'est produit dans un intervalle d'attente, par exemple 500 ms. L'intervalle d'attente peut varier inversement proportionnellement à la dernière vitesse de pédalage relevée. Au redémarrage du pédalage, on attend le deuxième échantillon pour démarrer les nouvelles valeurs de vitesse de pédalage, ce qui produit des valeurs de braquet limitées au lieu de tendant vers l'infini.

[0033] Les phases C de pédalage ralenti oscillent au bon vouloir du cycliste en plus de présenter le bruit dû à la transmission.

[0034] On constate également des valeurs de la courbe en-dessous du braquet théorique, représentatives normalement d'un pédalage plus rapide que celui imposé par le rapport de vitesses. Ces valeurs peuvent être expliquées par la course à vide à effectuer pour enclencher les cliquets de la roue libre lors d'une reprise de pédalage après un arrêt ou un changement de rapport.

[0035] Les courbes du score S et de la dérivée D sont illustrées à titre indicatif dans la figure 2 et seront décrites plus en détail sur une portion de courbe ci-après.

[0036] Pour tirer des informations utiles de la courbe de braquet apparent bruitée Ba(m), on propose ci-après plusieurs approches différentes, toutes indépendantes de la connaissance du braquet théorique Bth et utilisant de préférence la fréquence de pédalage comme base de temps.

[0037] La figure 3 illustre ainsi une première approche, qui utilise une moyenne mobile courte MMC et une moyenne mobile longue MML pour calculer un score d'inefficacité de pédalage S, ou score « de triche ».

[0038] Plus spécifiquement, la moyenne mobile courte MMC est une moyenne calculée sur les derniers échantillons couvrant une fraction de tour du pédalier, par exemple ici un quart de tour, ou 3 échantillons pour un capteur à 12 aimants. La moyenne mobile longue MML est quant à elle calculée sur les derniers échantillons couvrant un nombre entier de tours du pédalier, par exemple un tour, ou 12 échantillons pour un capteur de 12 aimants.

[0039] A la figure 3, les courbes MMC et MML illustrent une même portion de la courbe de braquet apparent Ba(m) de la figure 2 par rapport, respectivement, à une bande définie

autour de la moyenne mobile courte MMC et une bande définie autour de la moyenne mobile longue MML. Les bandes sont illustrées en pointillés tandis que la portion de courbe Ba(m) est illustrée en trait plein. La portion de courbe illustrée inclut des zones C et B de pédalage dans le vide et à l'arrêt.

[0040] Selon cette approche, on cherche à trouver les portions de la courbe dont l'évolution s'éloigne de façon durable d'un plateau, quelle que soit la valeur du plateau. Pour cela, le score S est incrémenté d'un pas à chaque fois que l'échantillon courant du braquet apparent Ba(m) est en dehors, à la fois, de la bande de la moyenne mobile longue et de la bande de la moyenne mobile courte MMC.

[0041] Dans l'exemple considéré, le pas de l'incrément est de 10 % pour un score allant jusqu'à 100 %, et la demi-largeur des bandes est égale à MM/40 + 5, où MM est la valeur courante de la moyenne mobile considérée, exprimée en soixantièmes de mètre par tour de pédalier.

[0042] On aperçoit ainsi une phase d'incrémentations consécutives du score S jusqu'à saturation à la valeur 100 % pendant une phase C qui correspond effectivement à un pédalage inefficace.

[0043] La figure 3 illustre en fait deux scores Sa et Sb, calculés selon deux variantes de décrémentation.

[0044] Selon la première variante de décrémentation (score Sa en pointillés), le score Sa est décrémenté d'un pas (par exemple 10 %) pour chaque succession d'un nombre donné N d'échantillons consécutifs à l'intérieur de la bande de la moyenne mobile longue (indépendamment de la position par rapport à la bande de la moyenne mobile courte). On constate que ce score a tendance à redescendre lentement, bien après qu'un pédalage efficace a repris. Le nombre d'échantillons N est par exemple égal au nombre d'aimants du capteur de vitesse du pédalier, ici 12.

[0045] Selon la deuxième variante (score Sb en trait plein), on superpose un mode de décrémentation accéléré. Selon ce mode, le score est décrémenté d'un grand pas, par exemple 50%, lorsque l'échantillon courant est hors de la bande de la moyenne mobile longue et que la valeur absolue de la dérivée courante D est en dessous d'un seuil T, par exemple égal à 10, indépendamment de la position par rapport à la bande de la moyenne mobile courte. En effet, on constate que la dérivée D oscille avec une forte amplitude pendant les phases de pédalage dans le vide C et varie peu pendant les phases de pédalage efficace, en dehors des changements de rapports. La dérivée est calculée, par exemple,

comme la différence des valeurs des échantillons courant et précédent de la moyenne mobile courte, et est donc aussi exprimée en soixantièmes de mètre par tour.

[0046] On notera en passant que la phase B d'absence de pédalage est trompeuse dans cette représentation selon l'axe du temps. En effet, on pourrait croire que le pédalage a une fréquence non-nulle stable pendant une longue durée. Mais cette longue phase apparemment stable est due à l'absence d'échantillons.

[0047] En prenant comme base de temps la fréquence de pédalage et non le temps, la durée de la phase B n'intervient pas dans les calculs, ce que l'on peut remarquer sur l'évolution lente des moyennes mobiles, qui dépendent seulement des échantillons aux extrémités du plateau de la phase B. En représentant les courbes dans une telle base de temps, le plateau de la phase B se réduit à un point, d'où on pourra constater que la dérivée D oscille avec une forte amplitude sur l'ensemble des phases C et B.

[0048] Ainsi, ce procédé produit un score S (Sa, Sb) qui évolue vers un maximum pendant les phases de pédalage inefficace. Ce score peut conditionner le démarrage et l'arrêt de l'assistance électrique du vélo, comme arrêter l'assistance lorsque le score dépasse un seuil (par exemple entre 30 et 70 %), et redémarrer l'assistance lorsque le score passe en-dessous du même seuil ou un autre seuil. On peut également prévoir des niveaux d'assistance différents en fonction de la valeur du score pour commander l'assistance de manière plus progressive.

[0049] Une deuxième approche pour exploiter la courbe de braquet apparent mesuré Ba(m) est basée sur le constat que les oscillations ayant lieu pendant les plateaux contiennent des informations utiles. Il s'avère, lorsque le pédalage est en prise avec la roue motrice, qu'une composante quasi-périodique des oscillations est due à la déformation élastique de la transmission, notamment de la chaîne, provoquée par le couple appliqué au pédalier. Ce couple varie au cours d'un tour de pédalier, avec un maximum situé généralement autour de la position horizontale des manivelles du pédalier.

[0050] On propose ainsi d'effectuer une analyse dans le domaine des fréquences, en appliquant par exemple une transformée de Fourier rapide (FFT) à une fenêtre glissante du braquet apparent Ba. Compte tenu que la fréquence de pédalage en prise varie en fonction de la vitesse du vélo et du rapport de vitesses, une transformée de Fourier typique fournirait des pics à des fréquences variables, ce qui serait difficile à exploiter. Par contre, cette difficulté est effacée lorsqu'on utilise la fréquence de pédalage comme base de

temps. Alors, des pics apparaissent à des « fréquences » correspondant à des fractions de tour de pédalier, en supposant que des maxima d'effort ont tendance à être appliqués toujours aux mêmes positions de rotation du pédalier.

[0051] La figure 4A illustre une transformée de Fourier rapide sur une fenêtre W1 de 36 échantillons consécutifs dans un plateau de la courbe de braquet apparent Ba (courbe du haut), correspondant à un faible effort de pédalage. Les oscillations sont de faible amplitude.

[0052] La transformée de Fourier rapide (courbe du bas) exhibe deux pics d'amplitude comparable, l'un à un tour de pédalier, et l'autre à un demi-tour de pédalier. Un indicateur d'effort de pédalage, ici égal à 2,1, peut être fourni par la différence entre l'amplitude du plus grand des deux pics et la valeur minimale entre les deux pics. D'autres calculs sont envisageables, comme la somme des amplitudes des deux pics par rapport à la valeur minimale entre les deux pics. Cet indicateur d'effort peut être utilisé par le système de commande du moteur comme une mesure du couple afin d'opérer une assistance progressive.

[0053] La figure 4B illustre une transformée de Fourier sur une fenêtre W2 couvrant un plateau de la courbe de braquet apparent Ba correspondant à un effort de pédalage plus important. Les oscillations sont de plus forte amplitude.

[0054] La transformée de Fourier rapide exhibe à nouveau deux pics, à un tour et à un demi-tour, mais d'amplitude plus importante que dans la figure 4A, résultant en un indicateur d'effort plus important, ici 9,9.

[0055] Lors d'un pédalage dans le vide, les oscillations périodiques dues à la déformation élastique de la transmission sont quasi nulles, et ne subsistent que des oscillations dues à des variations de vitesse de pédalage imposées par le cycliste. Un exemple de pédalage dans le vide apparaît dans les zones C de la courbe de braquet apparent Ba. Ces oscillations, même si elles peuvent être d'amplitude importante, ne sont pas périodiques et peuvent être vues comme du bruit aléatoire. En principe, une transformée de Fourier d'un bruit aléatoire produit un spectre plat dont le niveau représente l'amplitude moyenne du bruit. En pratique, la transformée de Fourier rapide, calculée sur un relativement faible nombre de points, comporte des pics d'amplitude significative répartis sur tout le spectre couvert. Ainsi, la présence de pics d'amplitude significative au-delà de la « fréquence » un quart-de-tour de pédalier est indicative d'un effort de pédalage nul.

[0056] Un changement de rapport de vitesses provoque une discontinuité que la transformée de Fourier traduirait par des parasites. Pour éviter cela, on peut soustraire aux échantillons l'échelon subi au changement de rapport, ce qui aligne en moyenne les nouveaux échantillons avec les échantillons précédant le changement de rapport.

[0057] Selon une variante, si on n'observe que deux ou trois « fréquences » pour calculer l'indicateur d'effort, à savoir un tour, un demi-tour, et éventuellement trois-quarts de tour (pour relever le creux entre les deux pics attendus), on peut, à la place d'une transformée de Fourier, utiliser deux ou trois filtres passe-bande centrés sur les « fréquences » à observer. L'indice d'effort est alors calculé à partir des valeurs produites par les filtres.

[0058] Une troisième approche pour détecter un pédalage dans le vide est basée sur la dérivée de la courbe de braquet apparent et n'utilise pas de moyennes mobiles ni d'analyse dans le domaine des fréquences. Comme on l'a précédemment relevé, lors d'un pédalage en prise sur la roue libre, la dérivée varie peu, alors qu'elle se met à osciller avec une amplitude significative lors d'un pédalage dans le vide.

[0059] Selon cette approche, lorsque la valeur absolue de la dérivée courante D est en dessous d'un seuil T, par exemple égal à 10 pour un capteur 12 aimants, on considère que le cycliste pédale en prise. De préférence, la dérivée est calculée en tout point de la courbe de braquet apparent, par exemple comme la différence des valeurs de l'échantillon courant et de l'échantillon précédent.

[0060] Si une valeur de la dérivée D est supérieure au seuil fixé T, on calcule l'intégrale de la courbe de braquet par rapport à la moyenne m du braquet sur un nombre d'échantillons qui correspond à une fraction, par exemple 1/3, du nombre d'aimants. La moyenne m peut être initialisée à chaque changement de rapport, et être mise à jour de manière récursive à chaque nouvel échantillon. L'intégrale peut être le cumul des différences entre les valeurs des échantillons et la moyenne m.

[0061] Si cette intégrale diverge, on considère que le cycliste effectue du pédalage dans le vide. Si, à l'inverse, l'intégrale est stable ou converge, on considère que le pédalage est toujours en prise.

[0062] On peut considérer que l'intégrale diverge lorsqu'elle dépasse un seuil, par exemple de 80. Tant que l'intégrale reste sous le seuil, on considère qu'elle est stable. En pratique, comme le pédalage dans le vide se traduit par des variations du braquet apparent au-dessus de la valeur moyenne, on ne considère qu'un seuil positif.

[0063] Dans le cas où l'intégrale diverge, on considère que le cycliste pédale dans le vide jusqu'à ce que les dérivées se retrouvent à nouveau en dessous de la valeur seuil T pendant un nombre suffisant d'échantillons consécutifs, correspondant à une fraction du nombre d'aimants, par exemple 3 échantillons pour un pédalier à 12 aimants.

[0064] De nombreuses variantes et modifications des modes de réalisation décrits ici apparaîtront à l'homme du métier. Des valeurs de paramètres entrant dans les calculs ont été fournies à titre indicatif (coefficients intervenant dans les moyennes mobiles, seuils, nombre d'échantillons dans les fenêtres, nombre d'aimants des capteurs de vitesse, pas des incréments, etc.). Il est évident que ces valeurs peuvent varier dans une certaine marge tout en fournissant des résultats satisfaisants, et peuvent être adaptées aux à différentes applications envisagées. Par « moyenne mobile » on entend de façon générique tout type de moyenne glissante, comme une moyenne pondérée dont les coefficients de pondération peuvent être choisis pour accorder plus ou moins d'importance aux échantillons les plus récents.

Revendications

1. Procédé d'estimation d'activité de pédalage sur un vélo à assistance électrique, comprenant les étapes suivantes :

mesurer la vitesse de rotation d'une roue du vélo ;

mesurer la vitesse de rotation du pédalier en utilisant un capteur produisant plusieurs échantillons pour chaque tour de pédalier, d'où il résulte qu'un nouvel échantillon du braquet apparent est produit pour chaque échantillon de mesure ;

calculer un braquet apparent (Ba) proportionnel au rapport de la vitesse de rotation mesurée de la roue et de la vitesse de rotation mesurée du pédalier ; et

analyser, dans une base de temps où le pas entre les échantillons du braquet apparent est considéré comme constant, l'évolution du braquet apparent indépendamment d'un braquet théorique (Bth) proportionnel au nombre de tours de roue par tour de pédalier, pour déduire des caractéristiques de l'activité de pédalage.

2. Procédé selon la revendication 1, comprenant en outre les étapes suivantes :

calculer une moyenne mobile courte du braquet apparent sur un nombre d'échantillons consécutifs correspondant à une fraction de tour du pédalier ;

calculer une moyenne mobile longue du braquet apparent sur un nombre d'échantillons consécutifs correspondant à un nombre entier de tours du pédalier ;

incrémenter d'un pas un score de pédalage inefficace à chaque fois qu'un échantillon du braquet apparent est à la fois en dehors d'une bande autour de la moyenne mobile courte et en dehors d'une bande autour de la moyenne mobile longue ; et

déterminer que le pédalage est inefficace lorsque le score atteint un seuil.

3. Procédé selon la revendication 2, comprenant en outre l'étape suivante :

décrémenter d'un pas le score après un nombre consécutif d'échantillons à l'intérieur de la bande de la moyenne mobile longue.

4. Procédé selon la revendication 2, comprenant en outre les étapes suivantes :

calculer la dérivée de la moyenne mobile courte à chaque échantillon ; et

si l'échantillon courant est dans la bande de la moyenne mobile courte et que la dérivée est inférieure à un seuil en valeur absolue, décrémenter le score de plusieurs pas.

5. Procédé selon la revendication 1, comprenant en outre les étapes suivantes :

produire un contenu fréquentiel d'une fenêtre glissante d'échantillons ;

relever deux amplitudes du contenu fréquentiel, respectivement aux fréquences correspondant à un tour de pédalier et à un demi-tour de pédalier ; et

produire un indicateur de l'effort de pédalage à partir des deux amplitudes.

6. Procédé selon la revendication 5, dans lequel l'indicateur d'effort est égal à la différence entre la plus grande des deux amplitudes et une valeur du contenu fréquentiel entre les deux amplitudes.

7. Procédé selon la revendication 1, comprenant en outre les étapes suivantes :

calculer une dérivée (D) à chaque échantillon du braquet apparent ;

lorsqu'une valeur de la dérivée est supérieure à un seuil (T) :

calculer une intégrale du braquet apparent par rapport à une moyenne du braquet apparent sur un nombre d'échantillons qui correspond à une fraction de tour de pédalier ; et

déterminer que le pédalage est inefficace lorsque l'intégrale diverge.

8. Procédé selon la revendication 7, comprenant en outre l'étape suivante :

après l'étape de détermination de pédalage inefficace, déterminer que le pédalage est efficace lorsque les valeurs des dérivées d'un nombre d'échantillons correspondant à une fraction de tour de pédalier sont toutes en-dessous du seuil.

Fig 1

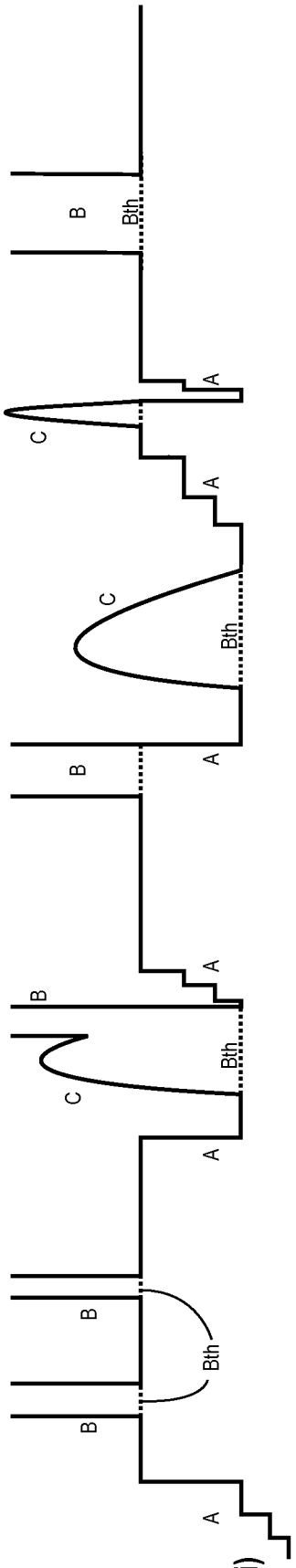
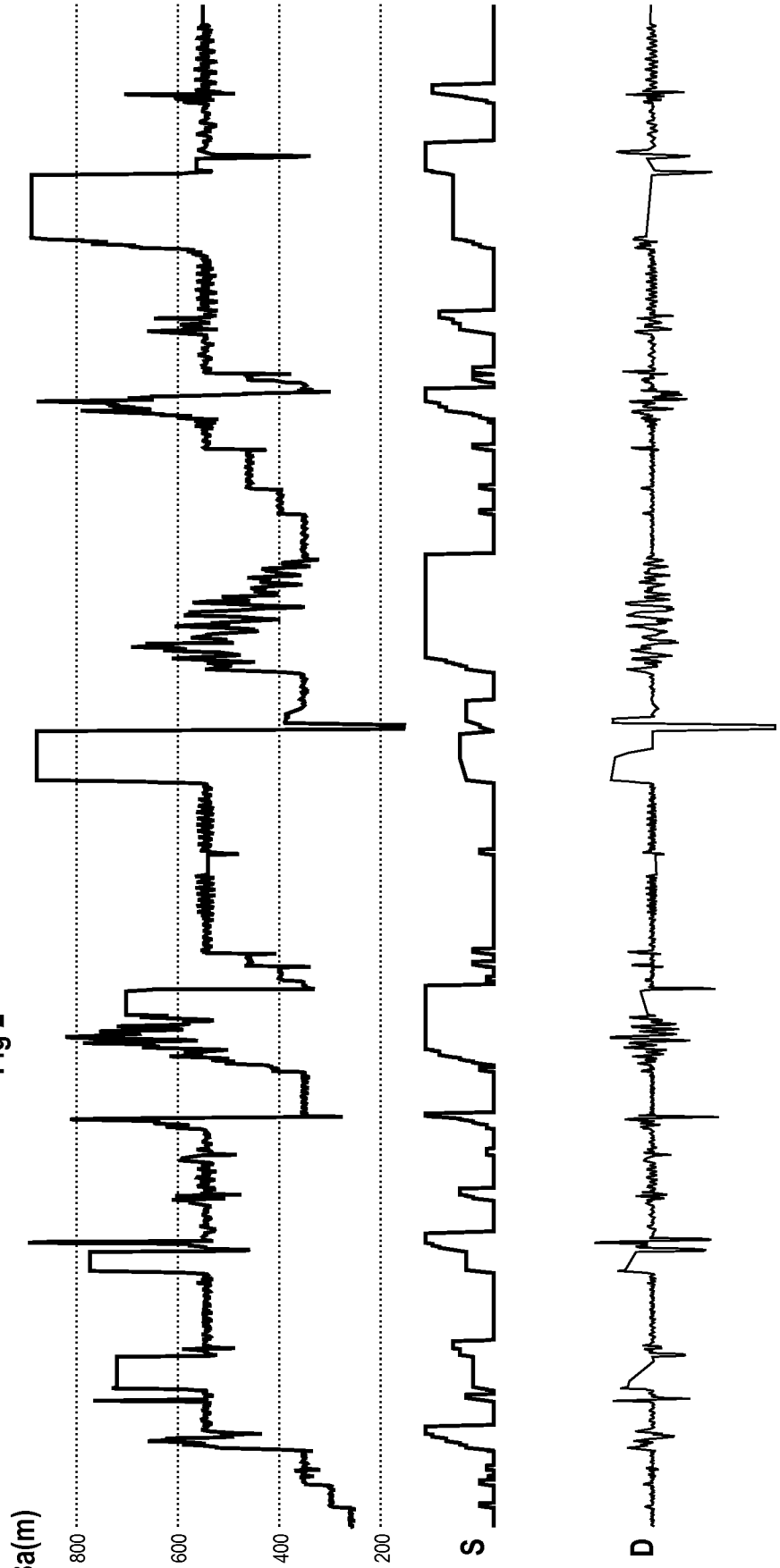

Ba(i)
A
B
B
Bth
A
C
Bth
A
B
A
B
C
Bth
A
B
C
Bth
A
B
Bth

Fig 2


Ba(m)
800
600
400
200
S
D

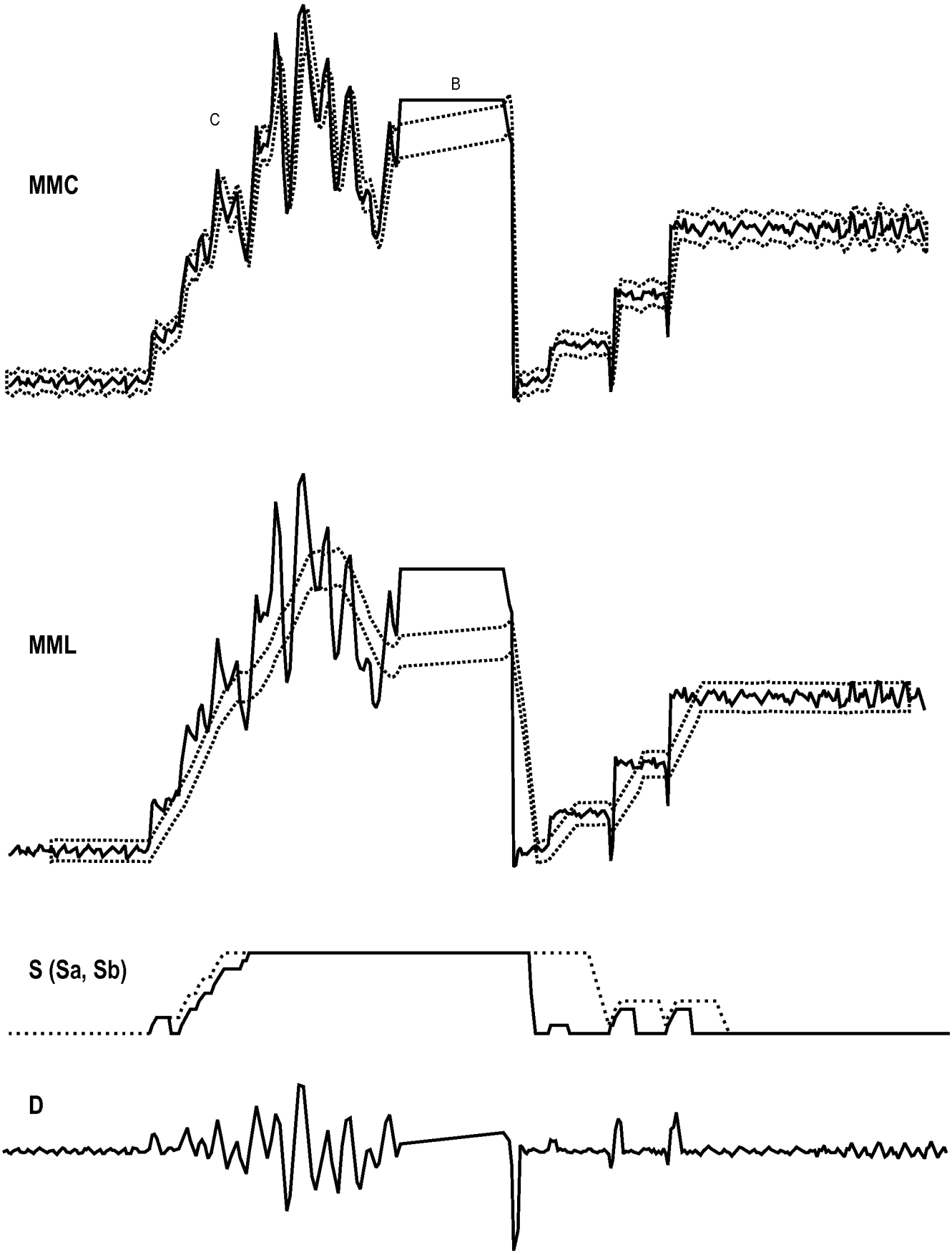


Fig 3

Fig 4A

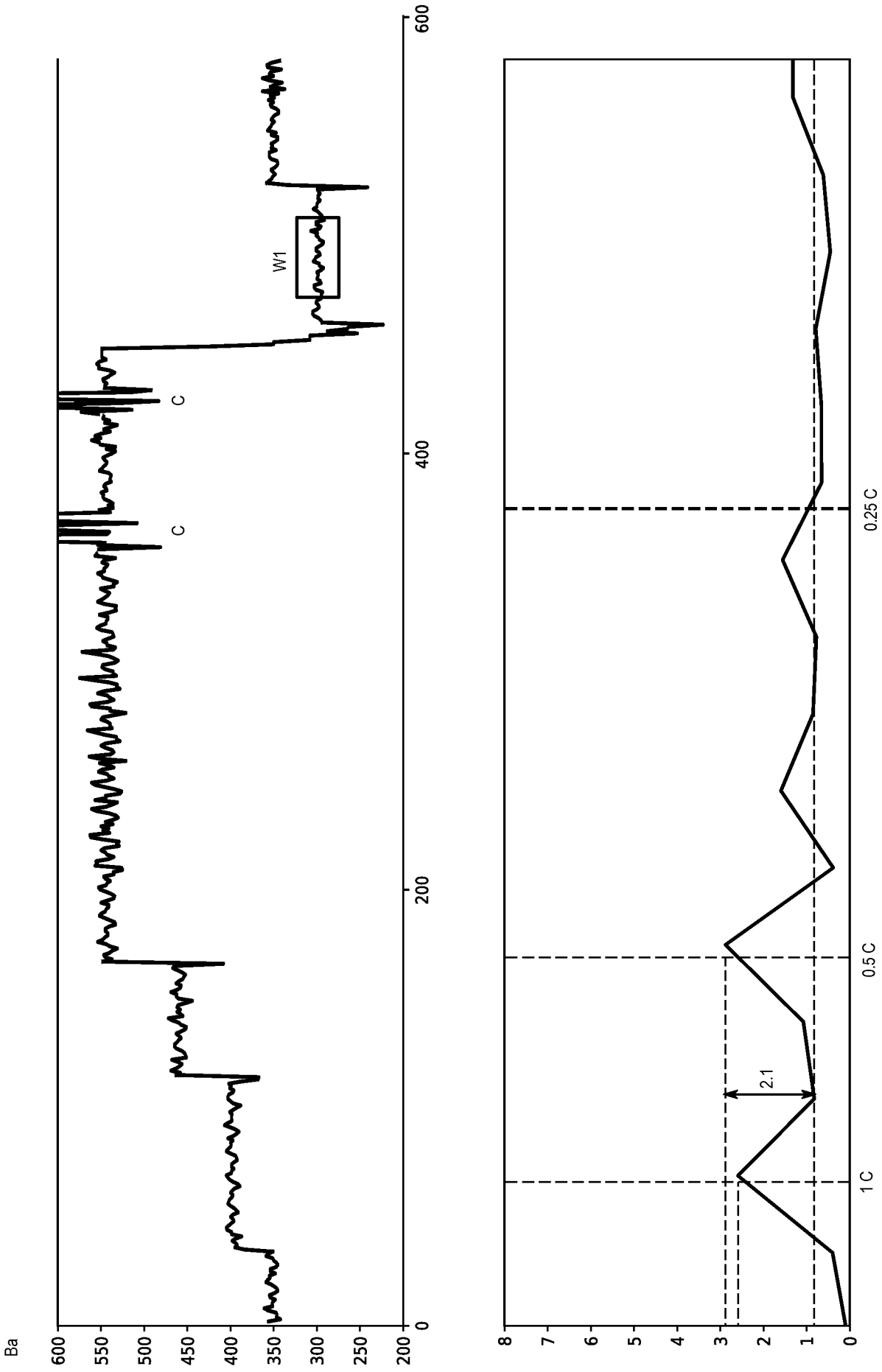
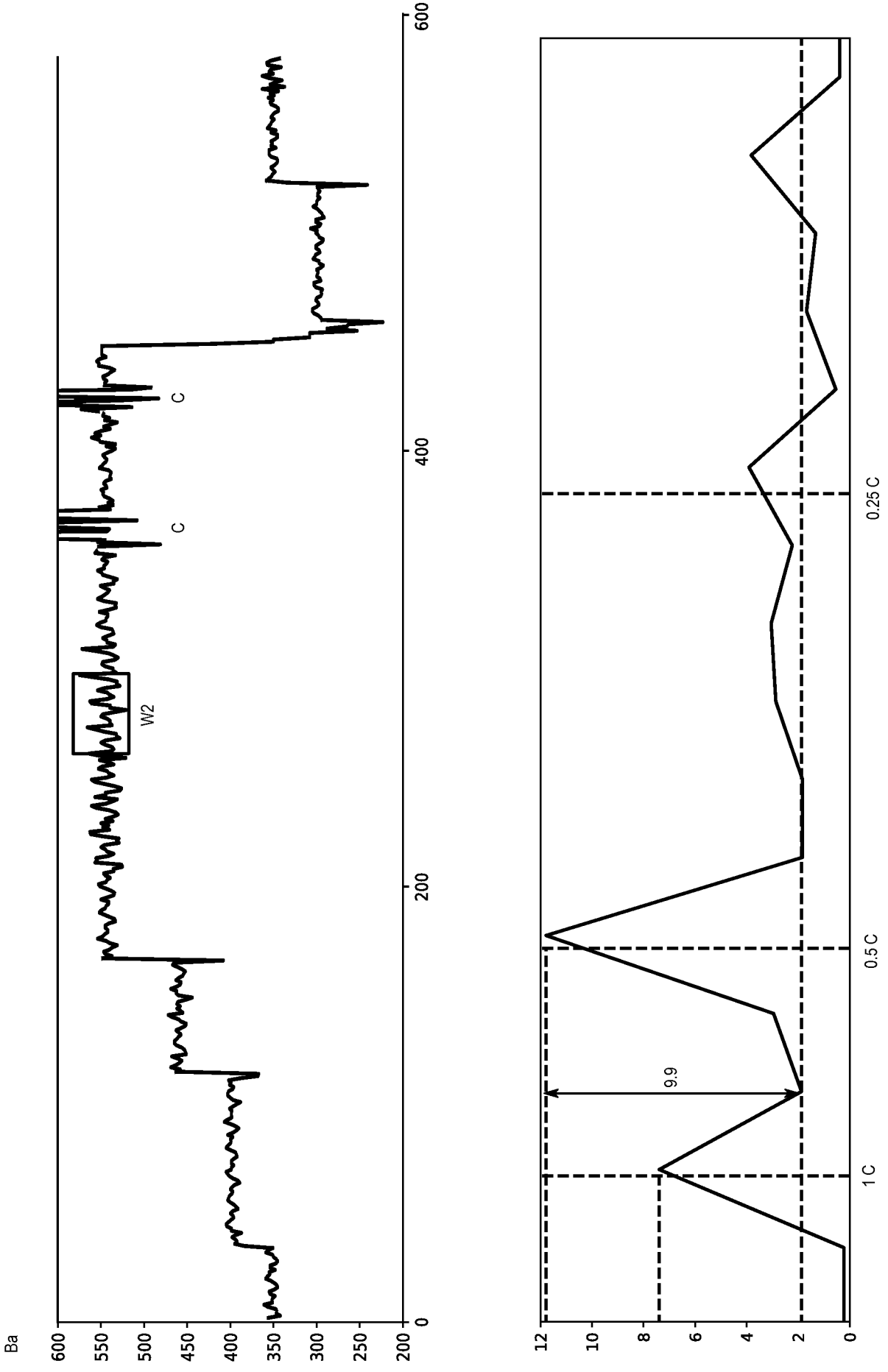

Ba
600
550
500
450
400
350
300
250
200
0
200
400
600
W1
C
C
8
7
6
5
4
3
2
1
0
2.1
1 C
0.5 C
0.25 C

Fig 4B


Ba
600
550
500
450
400
350
300
250
200
0
200
400
600
C
C
W2
12
10
8
6
4
2
0
9.9
1 C
0.5 C
0.25 C

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/FR2021/051319

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

B62M 6/45(2010.01)i; ***B62M 6/50***(2010.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B62M

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2010094515 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]; MALLEBREIN GEORG [DE]) 26 August 2010 (2010-08-26) page 2, line 23 - page 3, line 7 page 5, line 33 - page 6, line 9 page 7, lines 1-20 page 8, lines 18-25 page 10, line 5 - page 11, line 8; figures 1-6	1-8
A	US 6152250 A (SHU-HSIEN LI [TW]) 28 November 2000 (2000-11-28) column 1, line 58 - column 2, line 11 column 4, line 28 - column 4, line 51 figures 1-4	1-8
A	EP 2471705 A1 (J D COMPONENTS CO LTD [TW]) 04 July 2012 (2012-07-04) paragraphs [0009], [0016] - [0037] figures 1-5	1-8

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
12 October 2021	**25 October 2021**
Name and mailing address of the ISA/EP **European Patent Office** **p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk** **Netherlands** Telephone No. **(+31-70)340-2040** Facsimile No. **(+31-70)340-3016**	Authorized officer **Fernández Plaza, P** Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/FR2021/051319

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO 2010094515 A1	26 August 2010	DE 102009000919 A1	19 August 2010
		WO 2010094515 A1	26 August 2010
US 6152250 A	28 November 2000	CN 1247144 A	15 March 2000
		US 6152250 A	28 November 2000
EP 2471705 A1	04 July 2012	EP 2471705 A1	04 July 2012
		TW 201226259 A	01 July 2012
		US 2012226400 A1	06 September 2012

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale n°
PCT/FR2021/051319

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
INV. B62M6/45 B62M6/50
ADD.

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)
B62M

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si cela est réalisable, termes de recherche utilisés)
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	WO 2010/094515 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]; MALLEBREIN GEORG [DE]) 26 août 2010 (2010-08-26) page 2, ligne 23 - page 3, ligne 7 page 5, ligne 33 - page 6, ligne 9 page 7, lignes 1-20 page 8, lignes 18-25 page 10, ligne 5 - page 11, ligne 8; figures 1-6	1-8
A	US 6 152 250 A (SHU-HSIEN LI [TW]) 28 novembre 2000 (2000-11-28) colonne 1, ligne 58 - colonne 2, ligne 11 colonne 4, ligne 28 - colonne 4, ligne 51 figures 1-4	1-8

-/--

[X] Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

[X] Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

* Catégories spéciales de documents cités:

"A" document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent

"E" document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date

"L" document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)

"O" document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens

"P" document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

"T" document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

"X" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

"Y" document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

"&" document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée	Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale
12 octobre 2021	25/10/2021

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale	Fonctionnaire autorisé
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Fernández Plaza, P

2

C(suite). DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie*	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	EP 2 471 705 A1 (J D COMPONENTS CO LTD [TW]) 4 juillet 2012 (2012-07-04) alinéas [0009], [0016] - [0037] figures 1-5 -----	1-8

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres de familles de brevets

Demande internationale n°
PCT/FR2021/051319

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
WO 2010094515 A1	26-08-2010	DE 102009000919 A1	19-08-2010
		WO 2010094515 A1	26-08-2010
US 6152250 A	28-11-2000	CN 1247144 A	15-03-2000
		US 6152250 A	28-11-2000
EP 2471705 A1	04-07-2012	EP 2471705 A1	04-07-2012
		TW 201226259 A	01-07-2012
		US 2012226400 A1	06-09-2012