

12 **DEMANDE DE BREVET D'INVENTION** A1

22 Date de dépôt : 10.11.23.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la demande : 16.05.25 Bulletin 25/20.

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

60 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

○ Demande(s) d'extension :

71 Demandeur(s) : UNIVERSITE SAVOIE MONT BLANC Etablissement public national à caractère scientifique culturel et professionnel — FR, UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON 1 Etablissement public national à caractère scientifique culturel et professionnel — FR et UNIVERSITE JEAN MONNET SAINT-ETIENNE Etablissement public national à caractère scientifique culturel et professionnel — FR.

72 Inventeur(s) : MOREL Baptiste et PONARD Franck.

73 Titulaire(s) : UNIVERSITE SAVOIE MONT BLANC (EPSCP), UNIVERSITE CLAUDE BERNARD LYON 1 (EPSCP), UNIVERSITE JEAN MONNET SAINT-ETIENNE (EPSCP).

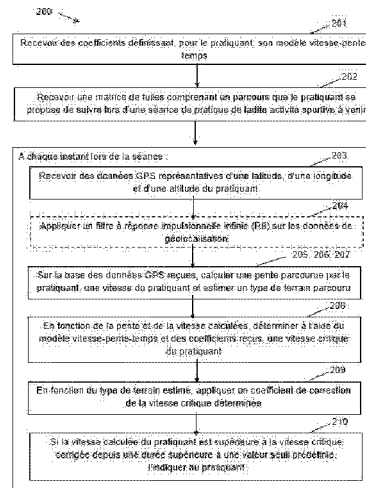
74 Mandataire(s) : HAUTIER IP.

54 Procédé de génération d'un modèle vitesse-pente-temps caractérisant une activité physique d'un pratiquant et procédé d'utilisation associé.

57 Titre : Procédé de génération d'un modèle vitesse-pente-temps caractérisant une activité physique d'un pratiquant et procédé d'utilisation associé

Selon un premier aspect, l'invention prévoit un procédé de génération d'un modèle vitesse-pente-temps caractérisant, pour un pratiquant déterminé et une activité physique d'endurance à locomotion humaine, telle que le trail et un procédé d'utilisation 200 du modèle vitesse-pente-temps ainsi généré. L'invention a pour effet technique de permettre l'individualisation et l'utilisation du concept de vitesse critique d'un pratiquant d'une activité physique, en prenant en compte, à chaque instant, la pente, l'altitude et le type, voire les conditions, de terrain, pour indiquer au pratiquant, en temps réel, lors de l'activité physique, la vitesse critique à ne pas dépasser pour optimiser sa performance.

Figure pour l'abrégié : Fig. 9.



## **Description**

### **Titre de l'invention : Procédé de génération d'un modèle vitesse-pente-temps caractérisant une activité physique d'un pratiquant et procédé d'utilisation associé**

#### **Domaine technique**

[0001] La présente invention se rapporte au domaine des activités physiques d'endurance impliquant la locomotion humaine. Elle concerne plus particulièrement un procédé de génération d'un modèle vitesse-pente-temps caractérisant une activité physique d'un pratiquant et un procédé d'utilisation associé.

#### **ETAT DE LA TECHNIQUE**

[0002] Le trail (ou 'course à pied en montagne') fait partie des activités d'endurance à locomotion humaine, comme le cyclisme, l'aviron, le ski de fond, le ski de randonnée ou encore la natation par exemple. Ces activités sont intimement liées à la capacité de son pratiquant à produire et maintenir une puissance, mécaniquement définie comme le produit de la force par la vitesse, afin d'effectuer un déplacement. En cyclisme par exemple, la puissance est obtenue en appliquant un couple de force au niveau du pédalier à une certaine vitesse angulaire (i.e. cadence de pédalage). Un changement de développement (rapport entre plateaux et pignons) permet de conserver une cadence de pédalage optimale que ce soit sur le plat ou en pente selon la vitesse ou la puissance désirée. Il en va de même pour l'aviron où la longueur des rames peut être modifiée pour faire varier la cadence de ramage. En revanche, en trail, la pente a un impact plus important puisque le coureur a moins de marge de manœuvre concernant l'adaptation de sa cadence et amplitude de foulée. Pour une vitesse donnée, l'augmentation de la force est donc nécessaire lorsque la pente augmente.

[0003] Chaque pratiquant d'une activité physique, à locomotion humaine, est caractérisé par une relation force-vitesse-temps qui présente une grande variabilité inter-individuelle. Notons que cette variabilité se manifeste lorsque les conditions mécaniques de la locomotion sont variables (e.g. par la pente en trail) alors qu'elle reste peu visible pour de la course à plat, tel qu'un marathon.

[0004] Dans le milieu des activités d'endurance à locomotion humaine, y compris la course à pied sur le plat, le concept de puissance ou de vitesse critique est très utilisé. C'est à la fois un indicateur des capacités d'endurance d'un pratiquant, mais également une information intéressante pour la stratégie de gestion de course, notamment en permettant d'éviter des phénomènes de fatigue aiguë par gestion continue, durant l'activité physique, de la vitesse de déplacement.

[0005] Cependant, bien que les méthodes et technologies soient aujourd'hui efficaces pour

l'analyse de la course à pied sur le plat, elles ne prennent pas en compte les spécificités liées à d'autres activités physiques d'endurance à locomotion humaine, tel que le trail. L'on compte, parmi ces spécificités, la pente, l'altitude, et les conditions de terrain (technicité et humidité par exemple), qui sont particulièrement, mais pas nécessairement uniquement, liées au trail, et qui peuvent varier d'une section à une autre section du parcours.

[0006] Certaines solutions utilisent un facteur de correction pour la pente, en se référant à la vitesse équivalente à plat. Néanmoins, ce type de correction est souvent basée sur une moyenne de données prises sur un ensemble d'individus, ce qui, au regard de la grande variabilité inter-individuelle susmentionnée, ne fonctionne pas (ou mal) pour la plupart des pratiquants.

[0007] La présente invention vise justement à permettre de prendre en compte ces spécificités (pente, altitude, type/condition(s) de terrain), afin de permettre à chaque pratiquant d'une activité d'endurance à locomotion humaine de bénéficier du concept de « vitesse critique » pour chaque condition de force imposée par l'environnement (par exemple la pente en trail).

[0008] Il existe plusieurs solutions, mais ces dernières présentent toutes des limitations que la présente invention vise à dépasser.

[0009] Par exemple, la solution développée par Garmin® et appelée PacePro™ consiste, depuis novembre 2019, en une fonctionnalité intégrée à certains modèles de montre GPS. Les retours utilisateurs semblent mitigés concernant les allures indiquées par la montre et que le coureur est invité à respecter. En effet, des segments du parcours sont définis automatiquement par la montre, ou par l'utilisateur, et sont utilisés pour calculer une allure moyenne à respecter sur ces segments. Du même fabricant de montres GPS, il est connu une fonctionnalité appelée Stamina qui est intégrée à certains modèles de montre Garmin® depuis janvier 2022. Elle offre au pratiquant un indicateur qui s'apparente à une réserve d'énergie. La capacité totale de cette réserve est estimée en fonction des données d'entraînements du pratiquant. Ce dernier peut alors gérer son allure de course pour ne pas complètement épuiser sa réserve avant la fin de la course, un tel épuisement étant souvent synonyme de fort ralentissement de sa vitesse, voire d'abandon, mais aucune indication d'allure à respecter n'est offerte ; et l'utilisateur doit donc gérer son allure et évaluer si ce qu'il lui est indiqué rester de sa réserve d'énergie lui suffira à atteindre la ligne d'arrivée. A priori, ces solutions ne permettent de prendre en compte ni l'altitude, ni le type ou les conditions de terrain.

[0010] Par un autre exemple, la société Coros®, un autre fabricant de montres GPS, a amélioré sa fonctionnalité « Effort Pace® » d'estimation de vitesse équivalente à plat. Cette dernière peut prendre désormais en compte le profil individuel de chaque coureur à partir de ses données d'entraînements. Cela permet d'avoir en temps réel, en fonction

de la pente, la vitesse équivalente à plat du coureur. Néanmoins, cette fonctionnalité même améliorée ne permet pas de gérer certaines spécificités comme le type ou les conditions de terrain ou l'altitude. De plus, le concept de vitesse critique n'y est pas appliqué ; le coureur bénéficie donc d'une indication de vitesse équivalente à plat, mais doit savoir, par lui-même, à quelle vitesse il doit courir, relativement à cette indication, en fonction des conditions du terrain et de sa fatigue en course, pour gérer sa stratégie.

[0011] Par un autre exemple, la société RunMotion® propose une application pour course à pied sur route et en montagne permettant de générer des plans d'entraînement personnalisés. Néanmoins, si cette application permet de gérer l'aspect entraînement qui précède une course, elle ne vise pas à construire un plan de course ou à guider le pratiquant, en temps réel, avec entre autres, une recommandation d'allure à respecter en fonction du type de terrain. Une partie de l'application semble viser à offrir au pratiquant une prédiction de performance, mais uniquement pour des courses sur route. Le modèle mathématique utilisé pour prédire les performances d'un pratiquant a fait l'objet d'une publication scientifique (« A minimal power model for human running performance », Matthew Mulligan, Guillaume Adam, Thorsten Emig, November 16, 2018), avec en co-auteur l'un des fondateurs de RunMotion®, à savoir Guillaume Adam.

[0012] A signaler également, la plateforme STRAVA© offre aux pratiquants une fonctionnalité qui estime une vitesse équivalente à plat en post-analyse d'une activité physique d'endurance à locomotion humaine, et en particulier d'un trail. Toutefois, cette fonctionnalité n'offre pas de guidage en temps réel de la vitesse équivalente à plat, ni ne prend en compte l'altitude et le type ou les conditions de terrain. De plus, pour estimer la vitesse équivalente à plat, une moyenne des capacités physiques des coureurs inscrits sur la plateforme est utilisée plutôt que les capacités physiques individuelles de chaque coureur.

[0013] Un objectif de la présente invention consiste à fournir, en temps réel, à un pratiquant d'une activité physique d'endurance à locomotion humaine, tel qu'un coureur de trail (ou 'course à pied en montagne'), une vitesse de déplacement à respecter lui permettant ainsi d'optimiser sa gestion de course en fonction de ses capacités physiques, et du parcours qui se présente à lui, ce parcours étant caractérisé par une pente, une altitude et un type de terrain, éventuellement des conditions de terrain, et ainsi limiter l'apparition de fatigue.

## **RESUME**

[0014] Pour atteindre cet objectif, selon un premier aspect de l'invention, on prévoit un procédé de génération, ou de calibration, ou d'ajustement, d'un modèle vitesse-pente-temps caractérisant une activité physique d'endurance à locomotion humaine d'un pratiquant. Le procédé selon le premier aspect de l'invention est essentiellement

tel qu'il comprend les étapes suivantes :

- a. recevoir un ensemble de données de géolocalisation représentatives d'une latitude, d'une longitude et d'une altitude du pratiquant à différents instants lors d'au moins une séance de pratique de ladite activité physique,
- b. traiter une partie au moins de l'ensemble des données de géolocalisation reçues pour calculer des données représentatives, par unité de longueur choisie, d'un profil de pente parcouru par le pratiquant lors de chaque séance,
- c. sur la base d'une partie au moins de l'ensemble des données de géolocalisation reçues et des données représentatives des pentes précédemment calculées, calculer une pente moyenne et une vitesse moyenne du pratiquant pour chacune parmi une pluralité de durées cibles prédéfinies,
- d. sur la base des pentes moyennes et des vitesses moyennes calculées, déduire (ou sélectionner) une vitesse moyenne maximale pour chaque durée cible parmi la pluralité de durées cibles prédéfinies et chacune parmi une pluralité de pentes cibles prédéfinies, et
- e. sur la base des vitesses moyennes maximales déduites, générer le modèle vitesse-pente-temps du pratiquant en déterminant une pluralité de paramètres dont dépend le modèle vitesse-pente-temps, par ajustement dudit modèle aux vitesses moyennes maximales

[0015] Selon un deuxième aspect de l'invention, on prévoit un procédé d'utilisation d'un modèle vitesse-pente-temps caractérisant une activité physique d'endurance à locomotion humaine d'un pratiquant. Le procédé selon le deuxième aspect de l'invention est essentiellement tel qu'il comprend les étapes suivantes :

- a. recevoir des coefficients définissant, pour le pratiquant, son modèle vitesse-pente-temps,
- b. recevoir une matrice de tuiles comprenant un parcours que le pratiquant se propose de suivre lors d'une séance de pratique de ladite activité physique à venir, puis
- c. à une pluralité d'instant, de préférence à chaque instant, lors de la séance :
  - i. recevoir des données de géolocalisation représentatives d'une latitude, d'une longitude et d'une altitude du pratiquant,
  - ii. sur la base d'une partie au moins des données de géolocalisation reçues, calculer une pente parcourue par le pratiquant,
  - iii. sur la base d'une partie au moins des données de géolocalisation reçues, calculer une vitesse du pratiquant,
  - iv. sur la base d'une partie au moins des données de géolocalisation reçues, estimer un type de terrain parcouru par le pratiquant, voire des conditions de terrain lors de la séance,

- v. en fonction de la pente et de la vitesse calculées, déterminer à l'aide du modèle vitesse-pente-temps et des coefficients reçus, une vitesse critique à ne pas dépasser par le pratiquant,
- vi. en fonction du type de terrain estimé, voire des conditions de terrain rencontrées, appliquer un coefficient de correction de la vitesse critique déterminée,

si, depuis une durée supérieure à une valeur seuil prédéfinie, la vitesse calculée du pratiquant est supérieure à la vitesse critique corrigée par l'application du coefficient de correction, l'indiquer au pratiquant.

[0016] Un troisième aspect de l'invention concerne un produit programme d'ordinateur, de préférence enregistré sur un support non transitoire, comprenant des instructions, qui lorsqu'elles sont effectuées par au moins l'un parmi un processeur et un ordinateur, font que l'au moins un parmi le processeur et l'ordinateur exécute le procédé de génération selon le premier aspect de l'invention et/ou le procédé d'utilisation selon le deuxième aspect de l'invention.

[0017] L'invention telle qu'introduite ci-dessus a pour effet technique de permettre l'individualisation et l'utilisation du concept de force-vitesse critique d'un pratiquant (capacité individuelle) d'une activité physique, en prenant en compte, à chaque instant, les conditions environnementales de pente, d'altitude et le type, voire les conditions (par exemple mouillé ou sec), de terrain, pour indiquer au pratiquant, en temps réel, lors de l'activité physique, la vitesse qui optimisera la performance et limitera l'apparition de fatigue.

[0018] Les principaux avantages qui en découlent comprennent :

- a. la génération et la visualisation de la relation vitesse-pente-temps caractérisant le pratiquant permettant d'identifier des points d'amélioration en vue d'adapter son entraînement ou ses choix de courses par exemple. Les faiblesses peuvent être un déficit d'endurance sur de longues activités, ou un manque de force pénalisant dans les pentes les plus raides ; et/ou
- b. l'indication personnalisée et en temps réel, lors de l'activité physique de la vitesse à respecter, et des caractéristiques de la course (pente, type de terrain (ou technicité), altitude, voire conditions de terrain (pluie ou beau temps)) ; l'aspect « temps réel » est particulièrement intéressant au vu des conditions de terrain très variables lors de certaines activités physiques, telles que le trail ; et/ou
- c. la capacité à avertir le pratiquant d'un dépassement de sa vitesse cible qui, au bout de quelques minutes d'activité seulement, pourrait générer une fatigue importante, et entraîner une forte diminution de des performances physiques du pratiquant, synonyme parfois d'un temps de course allongé, voire d'un

- abandon dans certains cas ; et/ou
- d. la prévention d'une blessure du pratiquant qui peut être liée à un effort qui serait supérieur à celui correspondant à sa vitesse cible et qui serait soutenu pendant une période trop importante, une telle blessure étant synonyme d'abandon dans certains cas ; et/ou
- e. la diminution du taux d'abandon lors d'une course ; cet aspect est intéressant pour les organisateurs d'un événement sportif puisque cela réduit la logistique de rapatriement et augmente le taux de satisfaction des pratiquants.

## **BREVE DESCRIPTION DES FIGURES**

- [0019] Les buts, objets, ainsi que les caractéristiques et avantages de l'invention ressortiront mieux de la description détaillée d'un mode de réalisation de cette dernière qui est illustré par les dessins d'accompagnement suivants dans lesquels :
- [0020] [Fig.1] La [Fig.1] représente graphiquement un exemple d'un modèle vitesse-pente-temps ajusté à un pratiquant par une mise en œuvre du procédé selon le premier aspect de l'invention et/ou utilisé par un pratiquant pendant son activité physique d'endurance à locomotion humaine par une mise en œuvre du procédé selon le deuxième aspect de l'invention.
- [0021] [Fig.2] La [Fig.2] représente graphiquement les points de mesure illustrés sur la [Fig.1] de sorte à mieux illustrer l'influence de la durée de l'effort fourni sur la vitesse de déplacement du pratiquant.
- [0022] [Fig.3] La [Fig.3] représente graphiquement les points de mesure illustrés sur la [Fig.1] de sorte à mieux illustrer l'influence de la pente sur la vitesse de déplacement du pratiquant.
- [0023] [Fig.4] La [Fig.4] représente graphiquement la relation connue entre le niveau de capacité d'un pratiquant à fournir un effort et l'altitude à laquelle se trouve le pratiquant.
- [0024] [Fig.5] La [Fig.5] représentent une capture d'un écran via lequel le pratiquant peut être tenu informé d'un dépassement de sa vitesse critique par une mise en œuvre du procédé selon le deuxième aspect de l'invention.
- [0025] [Fig.6] La [Fig.6] représente graphiquement un exemple de l'évolution de la vitesse de déplacement d'un pratiquant et de celle de sa vitesse critique en fonction du temps, lors d'une activité physique d'endurance à locomotion humaine.
- [0026] [Fig.7] La [Fig.7], à lire en regard de la [Fig.6], représente graphiquement quand, par une mise en œuvre du procédé selon le deuxième aspect de l'invention, une indication de dépassement de sa vitesse critique est indiquée au pratiquant lors d'une activité physique d'endurance à locomotion humaine, et auquel parmi deux niveaux d'importance (notés « light » et « strong ») est associé cette indication.

- [0027] [Fig.8] La [Fig.8] est un ordinogramme illustrant un mode de mise en œuvre du procédé selon le premier aspect de l'invention.
- [0028] [Fig.9] La [Fig.9] est un ordinogramme illustrant un mode de mise en œuvre du procédé selon le deuxième aspect de l'invention.
- [0029] Les dessins sont donnés à titre d'exemples et ne sont pas limitatifs de l'invention. Ils constituent des représentations schématiques de principe destinées à faciliter la compréhension de l'invention et ne sont pas nécessairement à l'échelle des applications pratiques. En particulier, les valeurs indiquées sur les différents axes des graphes illustrés ne sont pas nécessairement représentatives de la réalité.

### **DESCRIPTION DÉTAILLÉE**

- [0030] Avant d'entamer une revue détaillée de modes de réalisation de l'invention, sont énoncées ci-après des caractéristiques optionnelles qui peuvent éventuellement être utilisées en association ou alternativement :
- [0031] Selon un exemple du premier aspect de l'invention, l'activité physique d'endurance à locomotion humaine comprend au moins l'un parmi la course à pied, et notamment la course à pied en montagne (ou trail), le cyclisme, le ski de fond, le ski de randonnée, etc. Le cas échéant, le critère de pente est alors remplacé par un critère adapté à l'activité physique considérée. Par exemple, pour le cyclisme, le critère pourra être défini en fonction des rapports entre plateaux et pignons et/ou la vitesse de pédalage.
- [0032] Selon un autre exemple du premier aspect de l'invention, les données de géolocalisation ont été collectées en utilisant une montre GPS, un smartphone, ou une application tierce, par exemple offerte via une plateforme applicative, les données de géolocalisation sont le cas échéant reçues depuis la montre GPS, le smartphone, ou un serveur hébergeant l'application tierce ayant collecté les données.
- [0033] Selon un autre exemple du premier aspect de l'invention, le procédé de génération selon le premier aspect de l'invention est implémenté par un serveur informatique.
- [0034] Selon un autre exemple du premier aspect de l'invention, avant l'étape de traitement, les données de géolocalisation sont reçues au format JSON, au format GPX ou au format FIT, puis converties sous forme matricielle, ou sont directement reçues sous forme matricielle. Selon cet exemple, le traitement des données de géolocalisation dans les étapes suivantes du procédé de génération selon le premier aspect de l'invention est avantageusement facilité.
- [0035] Selon un autre exemple du premier aspect de l'invention, les données représentatives du profil de pente parcouru par le pratiquant lors de chaque séance sont calculées comme une dérivée par unité de longueur des données de géolocalisation représentatives de l'altitude.
- [0036] Selon un autre exemple du premier aspect de l'invention, la partie au moins de

l'ensemble des données de géolocalisation à la base du calcul des pentes et vitesses moyennes du pratiquant pour les durées cibles prédéfinies comprend les données de géolocalisation représentatives de la latitude et de la longitude du pratiquant aux différents instants lors de chaque séance.

[0037] Selon un autre exemple du premier aspect de l'invention, l'unité de longueur est choisie comprise entre 20 cm et 1 km, et est par exemple sensiblement égale à 1 m.

[0038] Selon un autre exemple du premier aspect de l'invention, les données de géolocalisation étant définies dans un repère sphérique, l'étape de traitement des données de géolocalisation considérées comprend, avant le calcul des données représentatives du profil de pente :

- a. une transformation des données de géolocalisation par un changement de repère depuis le repère sphérique vers un repère cartésien, puis
- b. une première interpolation, par exemple linéaire, sur les données de géolocalisation transformées, à une fréquence d'échantillonnage comprise entre 0,02 et 10 Hz, de préférence sensiblement égale à 1 Hz, pour obtenir des données échantillonnées temporellement, puis
- c. une deuxième interpolation, par exemple linéaire, sur les données transformées définies sur la base temps, sur une distance d'échantillonnage compris entre 0,1 et 500 m, de préférence sensiblement égale à 1 m, pour obtenir des données échantillonnées géographiquement,

de sorte que le calcul des données représentatives du profil de pente soit fonction des données échantillonnées géographiquement. Selon cet exemple, l'on facilite le calcul des données représentatives du profil de pente au moins en termes d'implémentation numérique.

[0039] Selon un autre exemple du premier aspect de l'invention, le procédé comprend en outre, après la première interpolation et avant la deuxième interpolation, une suppression, depuis les données échantillonnées temporellement celles qui n'existent pas dans les données échantillonnées avant la première interpolation, et pour lesquelles le temps écoulé est supérieur à une valeur seuil comprise entre 1 secondes et 1 minute, de préférence sensiblement égale à 10 secondes. Selon cet exemple, l'on évite avantageusement de prendre en compte, pour les calculs subséquents, des données de géolocalisation qui révèlent une (micro-)pause du pratiquant pendant une séance ou qui sont à différencier des (micro-)pauses et qui relèvent d'une optimisation de la taille des données enregistrées par la montre et de la consommation de sa batterie.

[0040] Selon un autre exemple du premier aspect de l'invention, le procédé comprend en outre, après la première interpolation et avant la deuxième interpolation, l'application d'un filtre passe bas sur les données de géolocalisation représentatives de l'altitude, afin de lisser d'éventuelles imprécisions de mesure. Selon cet exemple, l'on évite ainsi

d'utiliser, pour les calculs subséquents, des mesures pouvant les fausser.

- [0041] Selon un autre exemple du premier aspect de l'invention, le procédé comprend en outre, après le calcul des données représentatives du profil de pente, une troisième interpolation, par exemple linéaire, sur les données représentatives du profil de pente, à une fréquence d'échantillonnage comprise entre 0,02 et 10 Hz, de préférence sensiblement égale à 1 Hz, de sorte que le calcul des vitesses moyennes soit fonction des données représentatives du profil de pente calculées et échantillonnées temporellement. Selon cet exemple, l'on facilite les calculs subséquents au moins en termes d'implémentation numérique.
- [0042] Selon un autre exemple du premier aspect de l'invention, le calcul des données représentatives du profil de pente est suivi, de préférence immédiatement, de l'application d'un filtre passe bas sur lesdites données représentatives du profil de pente. Selon cet exemple, l'on évite ainsi de considérer, pour les calculs subséquents, des mesures de pente, potentiellement représentatives d'aberrations, pouvant fausser la génération du modèle vitesse-pente-temps.
- [0043] Selon un autre exemple du premier aspect de l'invention, les durées cibles sont prédéfinies et comprises dans un ensemble d'intervalles allant d'une valeur minimale comprise entre 1 et 600 secondes, de préférence sensiblement égale à 120 secondes, à une valeur maximale comprise entre 6 minutes et 6 heures, de préférence sensiblement égale à 14 minutes, les intervalles de l'ensemble, de préférence réguliers et/ou adjacents entre eux, prenant une valeur comprise entre 1 seconde et 10 minutes, de préférence sensiblement égale à 2 minutes.
- [0044] Selon un autre exemple du premier aspect de l'invention, les pentes cibles sont prédéfinies comprises dans un ensemble d'intervalles allant d'une valeur minimale comprise entre -10% et -60%, de préférence sensiblement égale à -50%, à une valeur maximale comprise entre 10% et 60%, de préférence sensiblement égale à 50%, les intervalles de l'ensemble, de préférence réguliers et/ou adjacents entre eux, prenant une valeur comprise entre 0,1 et 10%, de préférence sensiblement égale à 2%.
- [0045] Selon l'exemple précédent, l'étape consistant à calculer les pentes et vitesses moyennes est implémentée, pour chaque durée cible, par moyennes glissantes. L'on gagne ainsi en temps de calcul et en ressources d'unité centrale de calcul (ou CPU pour « central processing unit » en anglais).
- [0046] Selon un autre exemple du premier aspect de l'invention, l'étape consistant à déduire la vitesse moyenne maximale pour chaque durée cible est précédée d'une suppression, pour chaque durée cible et chaque pente cible, depuis les pentes moyennes et des vitesses moyennes calculées, de données représentatives de pentes ne présentant pas une majorité de valeurs, par exemple au moins 80% de valeurs, situées dans la pente cible correspondante, de préférence avec une tolérance sensiblement égale à +/- 2,5%.

- [0047] Selon un autre exemple du premier aspect de l'invention, l'étape consistant à déduire la vitesse moyenne maximale pour chaque durée cible et chaque pente cible comprend en outre une suppression, depuis les vitesses moyennes maximales déduites, des vitesses moyennes maximales sensiblement inférieures à 0,5 m/s et sensiblement supérieures à 7 m/s. Selon cet exemple, l'on évite avantageusement de prendre en compte, pour la suite du procédé de génération selon le premier aspect de l'invention, des vitesses moyennes maximales dont la validité est incertaine.
- [0048] Selon un autre exemple du premier aspect de l'invention, le procédé de génération comprend, après l'étape consistant à déduire la vitesse moyenne maximale pour chaque durée cible et chaque pente cible, un enregistrement sur un support non transitoire des vitesses moyennes maximales déduites avec les durées et pentes cibles correspondantes.
- [0049] Selon un autre exemple du premier aspect de l'invention, l'étape consistant à générer le modèle vitesse-pente-temps du pratiquant comprend au moins l'étape consistant à construire une matrice à deux dimensions contenant les vitesses moyennes maximales par durée cible et pente cible, de sorte que l'ajustement du modèle vitesse-pente-temps soit réalisé sur la base de la matrice ainsi construite.
- [0050] Selon un autre exemple du premier aspect de l'invention, l'ajustement du modèle vitesse-pente-temps est implémenté par mise en œuvre d'une méthode de minimisation des résidus d'une équation  $V(t, p)$  définissant le modèle vitesse-pente-temps, où  $V$  est la vitesse moyenne maximale,  $t$  est le temps et  $p$  est la pente.
- [0051] Selon un autre exemple du premier aspect de l'invention, le modèle vitesse-pente-temps est défini par une équation  $V(t, p)$  prenant la forme suivante :  

$$V(t, p) = D/t + V_c(p),$$
où  $D$  est une réserve de distance réalisable au-dessus de la vitesse critique (en mètres),  $t$  est la durée d'un effort réalisé (en secondes),  $p$  est la pente (en %), et dont la limite, lorsque la durée de l'effort réalisé  $t$  tend vers l'infini, définit une relation vitesse critique-pente, notée  $V_c(p)$ , caractérisant le pratiquant.
- [0052] Selon un autre exemple du premier aspect de l'invention, le modèle vitesse-pente-temps est défini en partie par une relation vitesse critique-pente  $V_c(p)$  prenant la forme de l'inverse d'un polynôme du second degré au moins, ayant pour variable la pente  $p$  et dont les paramètres, notés par exemple  $a$ ,  $b$  et  $c$ , sont déterminables par ajustement de l'équation  $V(t, p)$  définissant le modèle vitesse-pente-temps sur la base des vitesses moyennes maximales déduites.
- [0053] Selon un autre exemple du premier aspect de l'invention, la relation vitesse critique-pente  $V_c(p)$  prend la forme de l'inverse d'un polynôme du second degré :  $V_c(p) = 1/(a \times p^2 + b \times p + c)$  où les paramètres  $a$ ,  $b$  et  $c$  sont déterminables (ou déterminés) par ajustement de la relation vitesse critique-pente  $V_c(p)$  sur la base des

vitesse moyennes maximales déduites.

[0054] Selon un exemple du deuxième aspect de l'invention, le modèle vitesse-pente-temps a été généré par mise en œuvre d'un procédé de génération d'un modèle vitesse-pente-temps caractérisant une activité physique d'endurance à locomotion humaine d'un pratiquant selon le premier aspect de l'invention.

[0055] Selon un autre exemple du deuxième aspect de l'invention, chaque tuile est définie par une surface, par exemple carrée, de la zone géographique sur laquelle se déroule ou est destinée à se dérouler la séance de pratique de ladite activité physique.

[0056] Selon un autre exemple du deuxième aspect de l'invention, les données de géolocalisation sont reçues à une fréquence sensiblement égale à 1 Hz.

[0057] Selon un autre exemple du deuxième aspect de l'invention, comprenant en outre, avant les étapes de calcul de la pente et de la vitesse du pratiquant, l'application d'un filtre à réponse impulsionnelle infinie (RII) sur les données de géolocalisation reçues. Selon cet exemple, le procédé d'utilisation selon le deuxième aspect de l'invention permet de traiter l'intégralité des données de géolocalisation sans qu'une taille ne soit imposée à ces données ou quel que soit la taille de ces données, et donc permet de filtrer les données de géolocalisation sans connaître a priori leur taille.

[0058] Selon un autre exemple du deuxième aspect de l'invention, l'estimation du type de terrain parcouru comprend :

- a. l'identification de la tuile correspondant à la géolocalisation du pratiquant,
- b. pour chacun des chemins répertoriés sur la tuile identifiée, le calcul de la distance entre la géolocalisation du pratiquant et ledit chemin, et
- c. la récupération de données de caractérisation du chemin le plus proche de la géolocalisation du pratiquant.

[0059] Selon un autre exemple du deuxième aspect de l'invention, le coefficient de correction à appliquer est déterminé en fonction des données de caractérisation récupérées.

[0060] Selon un autre exemple du deuxième aspect de l'invention, le coefficient de correction à appliquer est sensiblement compris entre 0,5 et 1, plus la technicité du type de terrain parcouru est élevée, plus le coefficient de correction est bas, et/ou dans lequel l'application du coefficient de correction consiste à multiplier la vitesse critique déterminée par le coefficient de correction.

[0061] Selon un autre exemple du deuxième aspect de l'invention, la détermination, à l'aide du modèle vitesse-pente-temps et des coefficients reçus, de la vitesse critique à ne pas dépasser comprend le calcul de la vitesse critique selon l'équation suivante :

$$V_c = (1 - \text{Coeff}_{VO2max} \times h) / (a \times p^2 + b \times p + c), \text{ où :}$$

- a.  $h$  est l'altitude du pratiquant, en mètres ;

- b.  $p$  est la pente parcourue, en % ;
- c.  $a$ ,  $b$ , et  $c$  sont les coefficients reçus, et
- d.  $Coef_{VO2max}$  est un coefficient traduisant la diminution des capacités physiques du pratiquant en fonction de l'altitude, ce coefficient est par exemple sensiblement égal à  $6 \times 10^{-5}$ .

[0062] Selon un autre exemple du deuxième aspect de l'invention, l'indication donnée au pratiquant est d'un premier niveau d'importance si la vitesse calculée du pratiquant est supérieure à la vitesse critique corrigée par l'application du coefficient de correction depuis une durée supérieure à une première valeur seuil prédéfinie et inférieure à une deuxième valeur seuil prédéfinie, et d'un deuxième niveau d'importance, supérieur au premier, si la vitesse calculée du pratiquant est supérieure à la vitesse critique corrigée par l'application du coefficient de correction depuis une durée supérieure à la deuxième valeur seuil prédéfinie, la deuxième valeur seuil prédéfinie étant supérieure, par exemple sensiblement deux fois supérieure, à la première valeur seuil prédéfinie.

[0063] On entend par un paramètre « sensiblement égal/supérieur/inférieur à » une valeur donnée que ce paramètre est égal/supérieur/inférieur à la valeur donnée, à plus ou moins 20 %, voire 10 %, près de cette valeur. On entend par un paramètre « sensiblement compris entre » deux valeurs données que ce paramètre est au minimum égal à la plus petite valeur donnée, à plus ou moins 20 %, voire 10 %, près de cette valeur, et au maximum égal à la plus grande valeur donnée, à plus ou moins 20 %, voire 10 %, près de cette valeur.

[0064] Un mode de réalisation préféré de l'invention est décrit ci-dessous, ne référence aux figures annexées. Plus particulièrement, le mode de réalisation décrit ci-dessous constitue un système de suivi sportif appliqué au trail (course à pied en montagne), étant entendu que les différents aspects de l'invention ne se limitent pas une application à cette activité physique.

[0065] En référence aux figures 8 et 9, les procédés de génération 100 et d'utilisation 200 selon les deux premiers aspects de l'invention peuvent être développés sous forme d'une application pour montre GPS et smartphone. Ils permettent à un coureur de trail de lui fournir, en temps réel, une vitesse à respecter pour limiter sa fatigue, pour optimiser sa gestion de course en fonction de ses capacités physiques, et du parcours qui se présente à lui, caractérisé par une pente, une altitude, et un type ou des conditions de terrain.

[0066] Les procédés de génération 100 et d'utilisation 200 décrits ci-dessous dans le contexte du trail peuvent être considérés comme basé sur l'utilisation du concept de la vitesse critique d'un coureur appliquée au trail, en prenant en compte la pente, l'altitude et le type ou les conditions de terrain, pour chaque instant du temps lors d'une activité.

[0067] Les principaux avantages d'appliquer ce concept de vitesse critique en course de trail comprennent au moins l'un des suivants :

- a. Obtenir une indication, en temps réel lors de la course, de la vitesse critique à respecter en fonction de la forme physique du coureur qui peut évoluer au fil de ses entraînements ou au sein même d'une activité, et des caractéristiques de la course (pente, type de terrain (ou technicité), altitude, conditions de terrain). L'aspect temps réel est particulièrement intéressant au vu des conditions de terrain très variables en trail ;
- b. Eviter de dépasser sa vitesse critique ce qui générerait une fatigue importante au bout de quelques minutes seulement, et entraînerait une forte diminution des performances physiques, synonyme d'un temps de course allongé, voire d'un abandon dans certains cas ;
- c. Prévenir des blessures qui peuvent être liées à un effort supérieur à sa vitesse critique soutenu pendant une période trop importante, aussi synonyme d'abandons dans certains cas ; et
- d. Diminuer le taux d'abandon lors d'une course, aspect intéressant pour les organisateurs puisque cela réduit la logistique de rapatriement et augmente le taux de satisfaction des coureurs

[0068] Le procédé de génération 100 selon le premier aspect de l'invention est notamment illustré par l'ordinogramme de la [Fig.8]. Cet ordinogramme traduit un algorithme capable de déterminer la relation vitesse-pente-temps d'un traileur. Les données d'entrée de l'algorithme sont des données GPS d'entraînement en trail. Elles ne sont pas nécessairement mesurées/enregistrées par l'invention, mais peuvent être récupérées à partir de logiciels ou dispositifs tiers, par exemple de ceux cités en introduction. Ce premier aspect de l'invention permet, à partir de ces données GPS, d'établir, pour le pratiquant, son profil vitesse-pente-temps individuel.

[0069] Pour cela, la vitesse de déplacement à chaque instant du pratiquant est calculée à partir de la dérivée de la position par rapport au temps. De plus, le type de terrain (sentier, chemin carrossable, asphalte), les conditions de terrain (mouillé ou sec par exemple) la pente, ainsi que l'altitude sont associés à chaque position GPS du pratiquant pendant chacune de ses séances d'entraînement.

[0070] Les données GPS issues de plusieurs mois, par exemple des 12 derniers mois, sont considérées afin de calculer la vitesse moyenne maximale pour chaque condition de temps (entre 10 secondes et 1 heure ; voire plusieurs heures) et de pente (entre -50% et +50%).

[0071] Un modèle mathématique d'un modèle vitesse-pente-temps est alors ajusté avec les vitesses moyennes maximums récupérées pour chacune des conditions, de pente et de durée. A partir de ces données et des fichiers du tracé d'une compétition (défini au

format GPX par exemple), le procédé d'utilisation 200 du deuxième aspect de l'invention, notamment illustré par l'ordinogramme de la [Fig.9], détermine la vitesse maximale à laquelle doit courir le pratiquant sur chaque portion de la course afin de maximiser sa performance et de limiter sa fatigue.

[0072] Ce modèle est aussi évolutif afin de correspondre à l'état de forme physique du coureur qui évolue au cours du temps, que ce soit à la hausse ou à la baisse. Lorsque des nouvelles données d'entraînement sont reçues 110, le modèle peut être recalculé/réajusté.

[0073] Une fois ajusté, le modèle vitesse-pente-temps du pratiquant peut ensuite être intégré à une application pour montre GPS et smartphone. L'application récupère les données en temps réel de positions GPS, comprenant l'altitude, lors d'une activité afin de calculer, en temps réel, la vitesse de déplacement 206 et la pente 205, à partir de la dérivée de la position et de l'altitude par rapport au temps.

[0074] La vitesse critique à ne pas dépasser dans les conditions actuelles (pente, type de terrain (ou technicité), conditions de terrain, altitude) est alors calculée 208 grâce au modèle.

[0075] Des indications pour respecter cette vitesse de course sont délivrées 210 au coureur des notifications émises par sa montre GPS ou son smartphone, les notifications prenant, par exemple, la forme de signaux sonores et/ou lumineux, de vibrations, etc. L'écran de la montre GPS ou du smartphone peuvent également indiquer la vitesse et la vitesse cible courantes, et/ou leur écart.

[0076] **Procédé de génération du modèle grâce aux données d'entraînement**

[0077] Le procédé de génération 100 du modèle vitesse-pente-temps 1 (Cf. [Fig.1]) caractérisant, pour le pratiquant, sa course en montagne, selon un mode de réalisation du premier aspect de l'invention, peut se dérouler sur un serveur informatique, par exemple lorsqu'un futur utilisateur s'inscrit sur la plateforme. Son modèle vitesse-pente-temps va être modélisée grâce à ses données d'entraînement enregistrées au préalable. Le modèle généré 100 pourra ensuite être utilisée par l'application smartphone et montre GPS lors d'une activité de trail pour guider l'utilisateur sur la vitesse à respecter.

[0078] **Récupération des données d'entrée**

[0079] Les données de géolocalisation (ou données GNSS, par exemple données GPS) comprenant des données de longitude, de latitude et d'altitude et de temps d'une activité trail sont reçues 110 et extraites de fichiers d'entrée issus par exemple d'une montre GPS, d'un smartphone, ou d'une application tierce déjà utilisée par le pratiquant.

[0080] Seuls les fichiers datant de moins d'une année peuvent être conservés, afin que le profil soit représentatif de l'état de forme du pratiquant.

[0081] Les données GNSS contenues dans un fichier informatique structuré, comme des fichiers .fit, .gpx ou .json par exemple, peuvent avantageusement être converties sous forme de matrices, de sorte à faciliter leur traitement 120 dans les étapes suivantes.

[0082] Traitement des données

[0083] Une fois reçues 110, les données GPS sont traitées 120. Ce traitement peut prendre différentes formes dont celle décrite plus bas qui, bien que préférentielle, n'est a priori pas limitative du procédé de génération 100 selon le premier aspect de l'invention. Notamment, sur les ordinogrammes illustrés aux figures 8 et 9, les étapes indiquées par un cadre en pointillés ne sont pas considérées comme essentielles.

[0084] Le traitement 120 selon sa version préférée comprend :

- a. La transformation 121 des données GPS définies dans un repère sphérique en données cartésiennes (x,y,z ; métrique) ;
- b. Une (ré-)interpolation linéaire 122 des données issues de la transformation 121 à une fréquence sensiblement comprise entre 0,02 et 10 Hz, de préférence sensiblement égale à 1Hz ;
- c. La suppression 123 des données interpolées 122 lorsqu'une pause dans l'activité est détectée. Les données issues de la transformation 121, peuvent, avant (ré-)interpolation linéaire 122, être échantillonnées à une fréquence inférieure à 1Hz, notamment par soucis d'économie de ressources (batterie ou capacité de stockage sur support non-transitoire de l'appareil utilisé). Un manque de données sur une durée supérieure à un seuil prédéfini est alors considéré comme une pause
- d. L'application 124 d'un filtre passe bas sur les données d'altitude afin de lisser les imprécisions des appareils de mesure pouvant fausser les calculs de vitesse et de pente dans les étapes suivantes ;
- e. La (ré-)interpolation linéaire 125 des données issues de l'étape précédente 124, tous les mètres afin d'avoir des données sur une base distance plutôt qu'une base temps pour les calculs suivants ;
- f. Le calcul de la pente 126 parcourue comme la dérivée de l'altitude par rapport à la distance ;
- g. L'application 127 d'un filtre passe bas sur les données de pente issues de l'étape précédente ; et
- h. La (ré-)interpolation linéaire 128 des données à une fréquence de 1Hz.

[0085] Identification des vitesses records par pente et durée

[0086] Les durées et pentes cibles considérées par l'algorithme sont respectivement comprises entre :

- a. 10 secondes et 1 heure, voire plusieurs heures, par incréments réguliers de secondes, et

b. -50% et 50%, par incréments réguliers de 0,5 %.

[0087] Pour chaque durée cible, le calcul 130 de la pente moyenne et de la vitesse moyenne à chaque seconde de l'activité est avantageusement appliquée aux données issues de l'étape en mettant en œuvre une moyenne glissante (pour gagner en temps de traitement ou temps CPU, et bénéficier du côté non nécessairement fini de l'ensemble des données d'entrée de ce type de moyenne, d'où l'aspect évolutif de l'algorithme).

[0088] Puis, pour chaque durée et pente cible, le calcul 130 de la pente moyenne et de la vitesse moyenne à chaque seconde de l'activité peut être immédiatement suivie d'une suppression 131 des données qui ne sont pas comprises dans les tolérances prédéfinies : une majorité, par exemple 80%, de la pente comprise dans la pente cible avec une tolérance de quelques pourcents, par exemple une tolérance de +/-2,5%.

[0089] S'ensuit une étape, conduite sur la base des pentes moyennes et des vitesses moyennes calculées 130, de déduction 140, notamment par sélection, d'une vitesse moyenne maximale 11 (Cf. figures 1, 2 et 3) pour chaque durée cible parmi la pluralité de durées cibles prédéfinies et chacune parmi une pluralité de pentes cibles prédéfinies.

[0090] Lors de la récupération 130 de la vitesse moyenne maximale pour chaque condition de pente et de durée, seule une vitesse légèrement supérieure à 0m/s, par exemple sensiblement supérieure ou égale à 0,5m/s, et sensiblement inférieure ou égale à 10m/s est considérée comme valide pour les étapes suivantes. Les valeurs de vitesse moyenne maximale qui ne respectent pas ces conditions sont avantageusement supprimées 141.

[0091] Identification des vitesses records par pente et durée

[0092] L'exemple simplifié ci-dessous illustre l'étape de déduction 140 par sélection des vitesses moyennes maximales 11 en fonction de trois durées cibles (2, 6 et 12 minutes) et de trois pentes cibles (10, 0 et -10%), pour des données issues de deux activités, notées A et B, avec les vitesses records pour les différentes conditions de durée et pente :

[0093] Activité A :

[0094] [Tableaux 1]

	<b>2 min</b>	<b>6 min</b>	<b>12 min</b>
<b>10 %</b>	3 m/s	2 m/s	1 m/s
<b>0 %</b>	5 m/s	4 m/s	4 m/s
<b>-10 %</b>	6 m/s	5 m/s	4 m/s

[0095] Activité B :

[0096] [Tableaux2]

	<b>2 min</b>	<b>6 min</b>	<b>12 min</b>
<b>10 %</b>	4 m/s	3 m/s	2 m/s
<b>0 %</b>	6 m/s	5 m/s	3 m/s
<b>-10 %</b>	5 m/s	4 m/s	3 m/s

[0097] L'étape de déduction 140 par sélection des vitesses moyennes maximales 11 consiste en l'extraction des vitesses records pour chaque condition et abouti, à partir de l'exemple ci-dessous au résultat présenté dans la table suivante, où les meilleurs records de chacune des activités A et B ont été sélectionnés pour chaque condition de durée et de pente :

[0098] [Tableaux3]

	<b>2 min</b>	<b>6 min</b>	<b>12 min</b>
<b>10 %</b>	4 m/s	3 m/s	2 m/s
<b>0 %</b>	6 m/s	5 m/s	4 m/s
<b>-10 %</b>	6 m/s	5 m/s	4 m/s

[0099] Le procédé de génération 100 selon le premier aspect de l'invention peut alors comprendre, après l'étape consistant à déduire la vitesse moyenne maximale 11 pour chaque durée cible et chaque pente cible, un enregistrement sur un support non transitoire des vitesses moyennes maximales 11 déduites avec les durées et pentes cibles correspondantes.

[0100] Il est également dès lors possible de projeter graphiquement les vitesses moyennes maximales 11 déduites dans un repère à trois axes : pente  $P$ , temps  $t$  et vitesse critique  $V_c$ , de la façon illustrée sur la [Fig.2], de sorte à mieux illustrer l'influence de la durée de l'effort fourni sur la vitesse de déplacement du pratiquant, ou de la façon illustrée sur la [Fig.3], de sorte à mieux illustrer l'influence de la pente sur la vitesse de déplacement du pratiquant. On observe, sur la [Fig.2], une diminution sensible de la vitesse moyenne avec une augmentation de la durée d'effort. On observe, sur la [Fig.3], une diminution sensible de la vitesse moyenne avec la valeur absolue de la pente.

[0101] Construction du modèle

[0102] La génération 100 du modèle vitesse-pente-temps 1 selon le mode de réalisation de l'invention présentement décrit, peut comprendre ensuite :

- a. La construction 151 d'une matrice à deux dimensions contenant la vitesse moyenne maximale 11 pour chaque durée et pente cibles issues de toutes les données d'entraînement fournies ; et
- b. Sur la base de la matrice précédemment construite 151, l'ajustement 152 du

modèle défini par l'équation suivante, par la méthode de minimisation des résidus du modèle  $V(t, p)$ , où  $V$  est la vitesse moyenne maximale ;  $t$  est le temps ;  $p$  est la pente, où

[Math.1]

$$V(t, p) = D \left/ t + \frac{1}{ax^2 + bx + c} \right.$$

Où :

- $D$  = réserve de distance réalisable au-dessus de la vitesse critique en mètre
- $t$  = durée de l'effort réalisé en secondes
- $a$ ,  $b$ , et  $c$  = coefficients sans unité du polynôme du second degré décrivant la relation vitesse critique-pente, obtenus par ajustement des données 11,
- $p$  = pente en %.

[0103] La relation vitesse critique-pente est alors définie comme la limite du modèle  $V(t, p)$  pour un temps  $t$  qui tend vers l'infini ; elle est notée  $Vc(p)$ .

[0104] L'unité de la pente est le % par soucis de commodité pour les coureurs qui ont l'habitude d'utiliser cette unité. Il est cependant aisé d'utiliser des radians avec la formule suivante :

[0105] [Math.2]

$$P_{radians} = \arctan(P_{pourcent})$$

[0106] Notons ici que la relation vitesse critique-pente est définie, dans le mode de réalisation présentement décrit, comme l'inverse d'un polynôme du second ordre.

[0107] Une fois l'ajustement 152 réalisé, ses paramètres  $a$ ,  $b$ , et  $c$  sont déterminés et il est possible de dessiner graphiquement le modèle correspondant. Celui-ci prend la forme d'une surface finie dans un repère à trois axes : pente  $p$ , temps  $t$  et vitesse critique  $Vc$ , de la façon illustrée sur la [Fig.1]. On observe, sur la [Fig.1], une diminution de la vitesse moyenne liée à une augmentation de la durée d'effort et de la pente (en valeur absolue).

[0108] **Algorithme de calcul en temps réel de la vitesse lors d'une activité**

[0109] Un mode de réalisation du procédé d'utilisation du modèle tel que généré ci-dessus est décrit ci-dessous, notamment en référence à la [Fig.9]. Il est implémentable sur un smartphone ou une montre GPS que le pratiquant, ayant précédemment généré son modèle vitesse-pente-temps 1, débute une activité trail.

[0110] Il lance l'application et récupère 201, sur sa montre GPS ou son mobile, le modèle vitesse-pente-temps 1 générée 200 par exemple par un serveur, ou à tout le moins les coefficients  $a$ ,  $b$ , et  $c$  de la relation vitesse critique-pente qui correspond. Via l'application, l'utilisateur trace ou importe 202 un parcours, défini de préférence par des coordonnées GPS, qu'il compte suivre durant son prochain trail. Le parcours est ainsi préchargé dans l'application.

- [0111] La récupération 202 du parcours peut plus particulièrement comprendre le chargement d'une matrice de tuiles, par exemple de celles mises en œuvre par l'application tierce OpenStreetMap®, sur lesquelles le parcours préchargé va passer. Les tuiles sont définies par une surface carrée de la zone géographique cartographiée, contenant entre autres les chemins et routes répertoriés.
- [0112] Ces étapes qualifiables de préparatoire du procédé d'utilisation 200 selon le deuxième aspect de l'invention peut être effectuée par l'utilisateur via une interface applicative dont une illustration est donnée en [Fig.5].
- [0113] En course, le procédé d'utilisation selon le deuxième aspect de l'invention prévoit l'acquisition 203 à une fréquence de 1Hz des données GPS de position (latitude/longitude) et d'altitude. Notons ici que les données d'altitude ne sont pas nécessairement accessibles par les données GPS, ou uniquement par celles-ci, que ce soit pour la mise en œuvre du procédé de génération 100 selon le premier aspect de l'invention ou celle du procédé d'utilisation 200 selon le deuxième aspect de l'invention ; elles peuvent être données par la montre GPS ou le smartphone, ou tout autre dispositif capable de déterminer l'altitude à laquelle est géolocalisé le pratiquant à chaque instant.
- [0114] De préférence, un filtrage 204 de l'altitude et/ou d'une distance déterminée entre deux positions du pratiquant entre deux instants de mesure consécutifs est réalisé avec un filtre à réponse impulsionnelle infinie (RII). Il est ainsi permis de traiter l'intégralité des données d'un signal sans qu'une taille ne soit imposée à ce signal ou quel que soit la taille du signal, et donc de filtrer 204 les données sans connaître a priori leur taille. En outre, en cas de perte de réseau de communication, notamment entre le système de géolocalisation, par exemple GPS, et la montre GPS ou le smartphone du pratiquant, une reconnexion de 3 secondes suffit avantageusement à retrouver le bénéfice des indications délivrées 210.
- [0115] Le procédé d'utilisation selon le deuxième aspect de l'invention prévoit ensuite le calcul 205 de la pente parcourue à chaque instant comme la dérivée de l'altitude par rapport à la distance et le calcul 206 de la vitesse comme la dérivée de la distance par rapport au temps.
- [0116] De façon éventuellement concomitante aux étapes 205 et 206, le procédé d'utilisation selon le deuxième aspect de l'invention prévoit l'estimation 207 du type de terrain rencontré, ainsi que le cas échéant les conditions de terrain rencontrées. Cette estimation peut plus particulièrement comprendre :
- a. Une identification de la tuile correspondant à la position GPS du pratiquant,
  - b. Pour chaque chemin répertorié sur cette tuile, le calcul de la distance entre la position GPS et ledit chemin, puis
  - c. La récupération des données de caractérisation pour le chemin le plus proche,

ces données de caractérisation permettant d'estimer le type de terrain parcouru.

[0117] S'ensuit le calcul 208 de la vitesse critique à respecter en fonction de la pente, l'altitude, et le modèle de l'utilisateur, avec l'équation suivante :

[0118] [MATH 3]

$$V_c = \frac{1,6 \times 10^5 \times h}{a \times p^2 + b \times p + c} \text{ où :}$$

- a.  $h$  est l'altitude du pratiquant en mètres,
- b.  $p$  est la pente en %, et
- c.  $a$ ,  $b$ , et  $c$  sont les coefficients du polynôme du second degré décrivant la relation vitesse critique-pente.

[0119] A noter que le coefficient «  $6 \times 10^5$  » correspond à la diminution des capacités physiques en fonction de l'augmentation de l'altitude, qui est illustrés par le graphe de la [Fig.4].

[0120] La vitesse calculée 206 du pratiquant ainsi que la vitesse critique calculée 208 peuvent être représentées sur un même graphe de la façon illustrée par la [Fig.6], qui permet, en relation avec la [Fig.7], d'illustrer une façon dont peuvent être gérer les indications de dépassement de vitesse critique.

[0121] Mais, de préférence, avant d'être comparée à la vitesse à chaque instant du pratiquant, la vitesse critique est corrigée par l'application 209 d'un coefficient de correction à la vitesse critique à respecter en fonction du type de terrain, voire des conditions de terrain. Le coefficient de correction à appliquer 209 est plus particulièrement déterminé en fonction des données de caractérisation récupérées. Ce coefficient, noté ci-dessous *coef*, est plus particulièrement appliqué de la manière suivante :

[0122] [Math.4]

$$V_{\text{corrigée}} = V_{\text{critique}} \times \text{coef}$$

[0123] Il est typiquement compris entre 0,5 (sentier) et 1 (asphalte).

[0124] Ensuite, si, depuis une durée supérieure à une valeur seuil prédéfinie, la vitesse calculée 206 du pratiquant est supérieure à la vitesse critique corrigée par l'application 209 du coefficient de correction, le procédé d'utilisation 200 selon le deuxième aspect de l'invention prévoit de l'indiquer 210 au pratiquant, par exemple à l'aide de sa montre GPS ou de son smartphone.

[0125] Plus particulièrement, et en référence à la [Fig.7], l'indication 210 donnée au pratiquant pourra être d'un premier niveau d'importance, noté « LIGHT » sur la [Fig.7], si la vitesse calculée 206 du pratiquant est supérieure à la vitesse critique corrigée par l'application 209 du coefficient de correction depuis une durée supérieure à une première valeur seuil prédéfinie et inférieure à une deuxième valeur seuil

prédéfinie, et d'un deuxième niveau d'importance, supérieur au premier, noté « STRONG » sur la [Fig.7], si la vitesse calculée 206 du pratiquant est supérieure à la vitesse critique corrigée par l'application 209 du coefficient de correction depuis une durée supérieure à la deuxième valeur seuil prédéfinie, la deuxième valeur seuil prédéfinie étant supérieure, par exemple sensiblement deux fois supérieure, à la première valeur seuil prédéfinie. La notification du niveau d'importance plus élevé peut être plus visible et/plus sonore que celle d'un niveau d'importance moins élevé.

[0126] Ainsi, chaque plateau de la [Fig.7] qui prend une valeur supérieure à 0 m/s correspond à l'envoi d'une notification au pratiquant de réduire sa vitesse de course, de préférence jusqu'à retrouver la vitesse critique définie par son modèle. Une seule des notifications illustrées est du deuxième niveau d'importance.

[0127] L'invention n'est pas limitée aux modes de réalisations précédemment décrits et s'étend à tous les modes de réalisation couverts par l'invention.

[0128] Par exemple, si l'utilisateur a trop peu de données, qu'il s'agisse de la quantité, ou de la variabilité (pentes, durées et intensités d'effort), le modèle 1 peut ne pas pouvoir être généré 100, ou avec un indice de confiance trop faible. Un protocole de test simplifié pourrait être proposé à l'utilisateur afin de contourner rapidement cette limitation. Ce protocole ne nécessiterait aucun appareil de mesure autre que la montre GPS ou le smartphone du pratiquant, et pourrait ne nécessiter du pratiquant que le parcours enregistré d'une portion de route choisie sur une distance connue, comme le parcours d'une piste d'athlétisme, ou un parcours vallonné comportant plusieurs conditions de pentes par exemple, pour compléter les données d'entraînement reçues 110. Grâce à ce protocole, que l'utilisateur pourrait effectuer seul, un modèle 1 pourra alors être généré 100, avec, cela dit, des limitations potentielles quant à sa pertinence par rapport à des données d'entraînement complètes.

[0129] Une autre amélioration des différents aspects de la présente invention concerne la caractérisation du type de terrain parcouru : sentier, chemin carrossable, ou asphalte.

Aujourd'hui, le procédé d'utilisation 200 selon le premier aspect de l'invention se base sur les données fournies par le service de cartographie OpenStreetMap®. Pour chaque route ou chemin répertorié, des métadonnées permettent d'en caractériser des portions. Cependant, des limites existent quant à cette manière de procéder, parmi lesquelles :

- a. Une portion de chemin est caractérisée par un « type », voire également par des conditions de terrain, pour la totalité de la portion. Or, cette portion de chemin peut comporter des variations de terrain suffisamment importantes pour rendre la course plus ou moins difficile au sein d'une même portion ; et/ou
- b. Les métadonnées offertes par le service de cartographie OpenStreetMap® proviennent de classifications officielles par pays des routes et chemins. Une

même classification peut avoir des caractéristiques différentes suivant les pays. Par ailleurs, les routes et chemins non classifiés officiellement étant renseignés par la communauté de contributeurs OpenStreetMap®, une part subjective du contributeur quant à la classification du chemin, ainsi que la compréhension des nombreuses possibilités de classification peuvent avoir un impact important sur celle-ci ; et/ou

- c. De manière générale, les métadonnées offertes par le service de cartographie OpenStreetMap® peuvent ne pas représenter l'état actuel d'un chemin ou d'une route. La qualité d'un chemin peut par exemple s'être dégradée depuis sa classification : apparition de cailloux dû à l'érosion, pousse de la végétation, etc.

[0130] Comme déjà mentionné plus haut, les différents aspects de la présente invention pourraient être transposés à d'autres activités physiques d'endurance à locomotion humaine, et notamment au ski de fond, au cyclisme, ou au ski de randonnée, par exemple, qui ne se distinguent de la course à pied qu'en ce qu'elles sont des activités physiques faisant intervenir un matériel qui interagit entre l'homme et son environnement. Ces activités d'endurance à locomotion humaine sont ainsi de très bons candidats à l'application du modèle vitesse-pente-temps décrit ci-dessus. L'application de l'invention à ces autres activités physiques permettrait de rendre disponible, au grand public, l'optimisation de performance qu'offre la présente invention, en se basant seulement sur leurs données d'entraînement.

[0131] Notons encore qu'il a été utilisé tout au long de ce qui précède la notion de « temps », mais que celle-ci pourrait être remplacée par une notion qui lui est liée, à savoir la notion « d'endurance », le cas échéant ces deux notions étant liées entre elles par une proportionnalité, ou plus généralement une fonction, déterminée. Ces deux notions peuvent donc être considérées comme relativement équivalentes entre elles.

## Revendications

[Revendication 1] Procédé de génération (100) d'un modèle vitesse-pente-temps (1) caractérisant, pour un pratiquant déterminé, une activité physique d'endurance à locomotion humaine, le procédé comprenant les étapes suivantes :

- recevoir (110) un ensemble de données de géolocalisation représentatives d'une latitude, d'une longitude et d'une altitude du pratiquant à différents instants lors d'au moins une séance de pratique de ladite activité physique,
- traiter (120) une partie au moins de l'ensemble des données de géolocalisation reçues (110) pour calculer (126) des données représentatives, par unité de longueur choisie, d'un profil de pente parcouru par le pratiquant lors de chaque séance,
- sur la base d'une partie au moins de l'ensemble des données de géolocalisation reçues (110) et des données représentatives des pentes précédemment calculées (126), calculer (130) une pente moyenne et une vitesse moyenne du pratiquant pour chacune parmi une pluralité de durées cibles prédéfinies,
- sur la base des pentes moyennes et des vitesses moyennes calculées (130), déduire (140) une vitesse moyenne maximale (11) pour chaque durée cible parmi la pluralité de durées cibles prédéfinies et chacune parmi une pluralité de pentes cibles prédéfinies, et
- sur la base des vitesses moyennes maximales (11) déduites (140), générer (150) le modèle vitesse-pente-temps (1) du pratiquant en déterminant une pluralité de paramètres dont dépend le modèle vitesse-pente-temps, par ajustement (152) dudit modèle aux vitesses moyennes maximales (11).

[Revendication 2] Procédé de génération (100) selon la revendication précédente, dans lequel, les données de géolocalisation étant définies dans un repère sphérique, l'étape de traitement (120) des données de géolocalisation considérées comprend, avant le calcul (126) des données représentatives du profil de pente :

- une transformation (121) des données de géolocalisation par un changement de repère depuis le repère sphérique vers un

repère cartésien, puis

- une première interpolation (122), par exemple linéaire, sur les données de géolocalisation transformées, à une fréquence d'échantillonnage comprise entre 0,02 et 10 Hz, de préférence sensiblement égale à 1 Hz, pour obtenir des données échantillonnées temporellement, puis
- une deuxième interpolation (125), par exemple linéaire, sur les données transformées définies sur la base temps, sur une distance d'échantillonnage compris entre 0,1 et 500 m, de préférence sensiblement égale à 1 m, pour obtenir des données échantillonnées géographiquement,

de sorte que le calcul (126) des données représentatives du profil de pente soit fonction des données échantillonnées géographiquement.

[Revendication 3] Procédé de génération (100) selon la revendication précédente, comprenant en outre, après la première interpolation (122) et avant la deuxième interpolation (125), une suppression (123), depuis les données échantillonnées temporellement celles qui n'existent pas dans les données échantillonnées avant la première interpolation (122), et pour lesquelles le temps écoulé est supérieur à une valeur seuil comprise entre 1 secondes et 1 minute, de préférence sensiblement égale à 10 secondes.

[Revendication 4] Procédé de génération (100) selon l'une quelconque des deux revendications précédentes, comprenant en outre, après la première interpolation (122) et avant la deuxième interpolation (125), l'application d'un filtre passe bas (124) sur les données de géolocalisation représentatives de l'altitude, afin de lisser d'éventuelles imprécisions de mesure.

[Revendication 5] Procédé de génération (100) selon l'une quelconque des trois revendications précédentes, comprenant en outre, après le calcul (126) des données représentatives du profil de pente, une troisième interpolation (128), par exemple linéaire, sur les données représentatives du profil de pente, à une fréquence d'échantillonnage comprise entre 0,02 et 10 Hz, de préférence sensiblement égale à 1 Hz, de sorte que le calcul (130) des vitesses moyennes soit fonction des données représentatives du profil de pente calculées (126) et échantillonnées temporellement.

[Revendication 6] Procédé de génération (100) selon l'une quelconque des revendications

précédentes, dans lequel le calcul (126) des données représentatives du profil de pente est suivi, de préférence immédiatement, de l'application d'un filtre passe bas (127) sur lesdites données représentatives du profil de pente.

- [Revendication 7] Procédé de génération (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les durées cibles sont prédéfinies et comprises dans un ensemble d'intervalles allant d'une valeur minimale comprise entre 1 et 600 secondes, de préférence sensiblement égale à 120 secondes, à une valeur maximale comprise entre 6 minutes et 6 heures, de préférence sensiblement égale à 14 minutes, les intervalles de l'ensemble, de préférence réguliers et/ou adjacents entre eux, prenant une valeur comprise entre 1 seconde et 10 minutes, de préférence sensiblement égale à 2 minutes.
- [Revendication 8] Procédé de génération (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les pentes cibles sont prédéfinies comprises dans un ensemble d'intervalles allant d'une valeur minimale comprise entre -10% et -60%, de préférence sensiblement égale à -50%, à une valeur maximale comprise entre 10% et 60%, de préférence sensiblement égale à 50%, les intervalles de l'ensemble, de préférence réguliers et/ou adjacents entre eux, prenant une valeur comprise entre 0,1 et 10%, de préférence sensiblement égale à 2%.
- [Revendication 9] Procédé de génération (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'étape consistant à déduire (140) la vitesse moyenne maximale pour chaque durée cible est précédée d'une suppression (131), pour chaque durée cible et chaque pente cible, depuis les pentes moyennes et des vitesses moyennes calculées (130), de données représentatives de pentes ne présentant pas une majorité de valeurs, par exemple au moins 80% de valeurs, situées dans la pente cible correspondante, de préférence avec une tolérance sensiblement égale à +/- 2,5%.
- [Revendication 10] Procédé de génération (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'étape consistant à déduire (140) la vitesse moyenne maximale pour chaque durée cible et chaque pente cible comprend en outre une suppression (141), depuis les vitesses moyennes maximales déduites (140), des vitesses moyennes maximales sensiblement inférieures à 0,5 m/s et sensiblement supérieures à 7 m/s.
- [Revendication 11] Procédé de génération (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'ajustement (152) du modèle vitesse-

penne-temps est implémenté par mise en œuvre d'une méthode de minimisation des résidus d'une équation  $V(t, p)$  définissant le modèle vitesse-penne-temps, où  $V$  est la vitesse moyenne maximale,  $t$  est le temps et  $p$  est la penne.

[Revendication 12] Procédé de génération (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le modèle vitesse-penne-temps (1) est défini par une équation  $V(t, p)$  prenant la forme suivante :  $V(t, p) = \frac{D}{t} + V_c(p)$ ,

- où  $D$  est une réserve de distance réalisable au-dessus de la vitesse critique (en mètres),  $t$  est la durée d'un effort réalisé (en secondes),  $p$  est la penne (en %), et
- dont la limite, lorsque la durée de l'effort réalisé  $t$  tend vers l'infini, définit une relation vitesse critique-penne, notée  $V_c(p)$ , caractérisant le pratiquant.

[Revendication 13] Procédé de génération (100) selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel le modèle vitesse-penne-temps (1) est défini en partie par une relation vitesse critique-penne  $V_c(p)$  prenant la forme de l'inverse d'un polynôme du second degré au moins, ayant pour variable la penne  $p$  et dont les paramètres, notés par exemple  $a$ ,  $b$  et  $c$ , sont déterminables par ajustement de l'équation  $V(t, p)$  définissant le modèle vitesse-penne-temps (1) sur la base des vitesses moyennes maximales (11) déduites (140).

[Revendication 14] Procédé de génération (100) selon la revendication précédente, dans lequel la relation vitesse critique-penne  $V_c(p)$  prend la forme de l'inverse d'un polynôme du second degré :  $V_c(p) = \frac{1}{ax^2+bx+c}$  où les paramètres  $a$ ,  $b$  et  $c$ , sont déterminables par ajustement de la relation vitesse critique-penne  $V_c(p)$  sur la base des vitesses moyennes maximales (11) déduites (140).

[Revendication 15] Procédé d'utilisation (200) d'un modèle vitesse-penne-temps (1) déterminé caractérisant une activité physique d'endurance à locomotion humaine d'un pratiquant, le procédé d'utilisation (200) comprenant les étapes suivantes :

- recevoir (201) des coefficients définissant, pour le pratiquant, son modèle vitesse-penne-temps (1),
- recevoir (202) une matrice de tuiles comprenant un parcours que le pratiquant se propose de suivre lors d'une séance de

- pratique de ladite activité physique à venir, puis
- à une pluralité d'instant, de préférence à chaque instant, lors de la séance :
    - i. recevoir (203) des données de géolocalisation représentatives d'une latitude, d'une longitude et d'une altitude du pratiquant,
    - ii. sur la base d'une partie au moins des données de géolocalisation reçues (203), calculer (205) une pente parcourue par le pratiquant,
    - iii. sur la base d'une partie au moins des données de géolocalisation reçues (203), calculer (206) une vitesse du pratiquant,
    - iv. sur la base d'une partie au moins des données de géolocalisation reçues (203), estimer (207) un type de terrain parcouru par le pratiquant, voire des conditions de terrain lors de la séance,
    - v. en fonction de la pente et de la vitesse calculées (205 et 206), déterminer (208) à l'aide du modèle vitesse-pente-temps (1) et des coefficients reçus (201), une vitesse critique à ne pas dépasser par le pratiquant,
    - vi. en fonction du type de terrain estimé (207), voire des conditions de terrain rencontrées, appliquer (209) un coefficient de correction de la vitesse critique déterminée (208),
    - vii. si, depuis une durée supérieure à une valeur seuil prédéfinie, la vitesse calculée (206) du pratiquant est supérieure à la vitesse critique corrigée par l'application (209) du coefficient de correction, l'indiquer (210) au pratiquant.

[Revendication 16] Procédé d'utilisation (200) selon la revendication précédente, dans lequel le modèle vitesse-pente-temps (1) a été généré par mise en œuvre d'un procédé de génération (100) d'un modèle vitesse-pente-temps caractérisant une activité physique d'endurance à locomotion humaine d'un pratiquant selon l'une quelconque des revendications 1 à 14.

[Revendication 17] Procédé d'utilisation (200) selon l'une quelconque des deux revendications précédentes, dans lequel chaque tuile est définie par une

surface, par exemple carrée, de la zone géographique sur laquelle se déroule ou est destinée à se dérouler la séance de pratique de ladite activité physique.

- [Revendication 18] Procédé d'utilisation (200) selon l'une quelconque des trois revendications précédentes, dans lequel les données de géolocalisation sont reçues (203) à une fréquence sensiblement égale à 1 Hz.
- [Revendication 19] Procédé d'utilisation (200) selon l'une quelconque des quatre revendications précédentes, comprenant en outre, avant les étapes de calcul (205 et 206) de la pente et de la vitesse du pratiquant, l'application (204) d'un filtre à réponse impulsionnelle infinie (RII) sur les données de géolocalisation reçues (203).
- [Revendication 20] Procédé d'utilisation (200) selon l'une quelconque des cinq revendications précédentes, dans lequel l'estimation (207) du type de terrain parcouru comprend :
- l'identification de la tuile correspondant à la géolocalisation du pratiquant,
  - pour chacun des chemins répertoriés sur la tuile identifiée, le calcul de la distance entre la géolocalisation du pratiquant et ledit chemin, et
  - la récupération de données de caractérisation du chemin le plus proche de la géolocalisation du pratiquant.
- [Revendication 21] Procédé d'utilisation (200) selon la revendication précédente, dans lequel le coefficient de correction à appliquer (209) est déterminé en fonction des données de caractérisation récupérées.
- [Revendication 22] Procédé d'utilisation (200) selon l'une quelconque des sept revendications précédentes, dans lequel le coefficient de correction à appliquer (209) est sensiblement compris entre 0,5 et 1 et/ou dans lequel l'application (209) du coefficient de correction consiste à multiplier la vitesse critique déterminée (208) par le coefficient de correction.
- [Revendication 23] Procédé d'utilisation (200) selon l'une quelconque des huit revendications précédentes, dans lequel la détermination (208), à l'aide du modèle vitesse-pente-temps (1) et des coefficients reçus (201), de la vitesse critique à ne pas dépasser comprend le calcul de la vitesse critique selon l'équation suivante :

$$V_c = \frac{1 - \text{Coeff}_{vO2max} \times h}{a \times p^2 + b \times p + c}, \text{ où :}$$

- $h$  est l'altitude du pratiquant, en mètres ;
- $p$  est la pente parcourue, en % ;
- $a$ ,  $b$ , et  $c$  sont les coefficients reçus (201), et
- $\text{Coeff}_{VO_{2max}}$  est un coefficient traduisant la diminution des capacités physiques du pratiquant en fonction de l'altitude, ce coefficient est par exemple sensiblement égal à  $6 \times 10^{-5}$ .

[Revendication 24] Procédé d'utilisation (200) selon l'une quelconque des neuf revendications précédentes, dans lequel l'indication (210) donnée au pratiquant est d'un premier niveau d'importance si la vitesse calculée (206) du pratiquant est supérieure à la vitesse critique corrigée par l'application (209) du coefficient de correction depuis une durée supérieure à une première valeur seuil prédéfinie et inférieure à une deuxième valeur seuil prédéfinie, et d'un deuxième niveau d'importance, supérieur au premier, si la vitesse calculée (206) du pratiquant est supérieure à la vitesse critique corrigée par l'application (209) du coefficient de correction depuis une durée supérieure à la deuxième valeur seuil prédéfinie, la deuxième valeur seuil prédéfinie étant supérieure, par exemple sensiblement deux fois supérieure, à la première valeur seuil prédéfinie.

[Revendication 25] Produit programme d'ordinateur, de préférence enregistré sur un support non transitoire, comprenant des instructions, qui lorsqu'elles sont effectuées par au moins l'un parmi un processeur et un ordinateur, font que l'au moins un parmi le processeur et l'ordinateur exécute le procédé de génération (100) selon l'une quelconque des revendications 1 à 14 et/ou le procédé d'utilisation (200) selon l'une quelconque des revendications 15 à 24.

[Fig. 1]

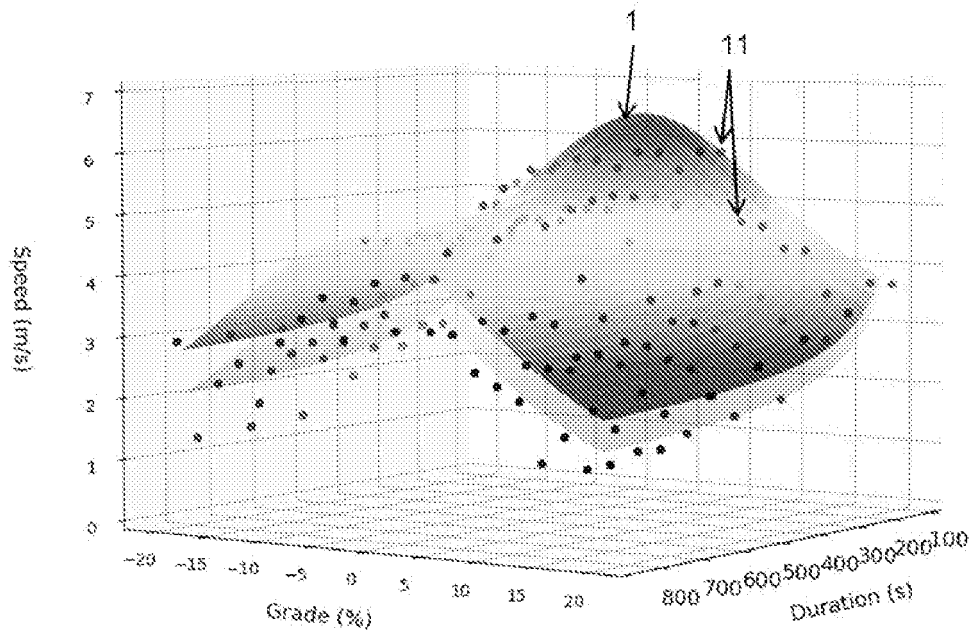


Fig. 1

[Fig. 2]

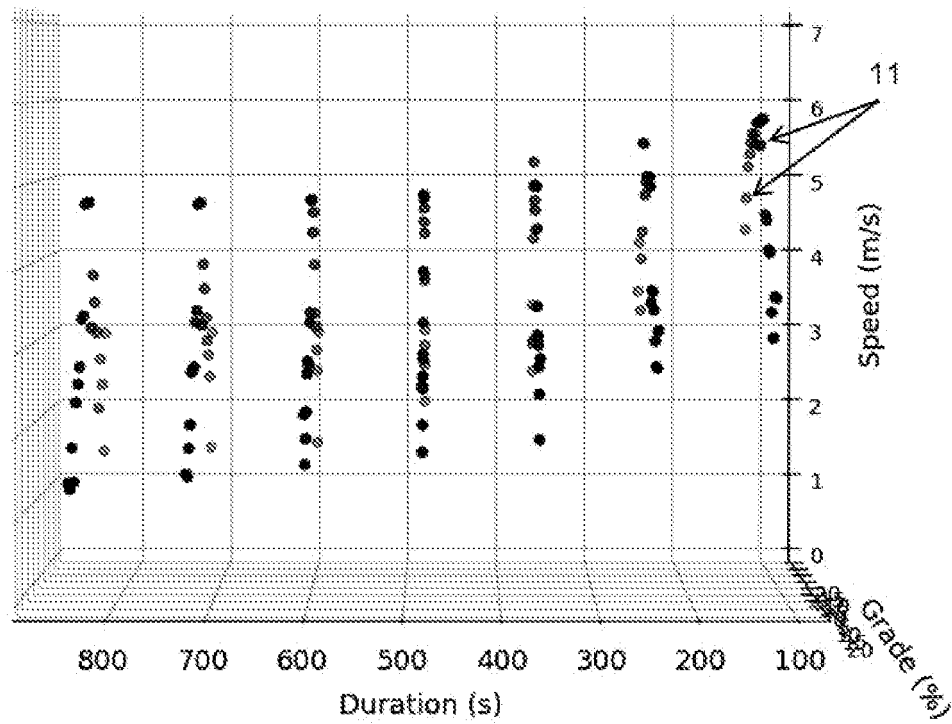


Fig. 2

[Fig. 3]

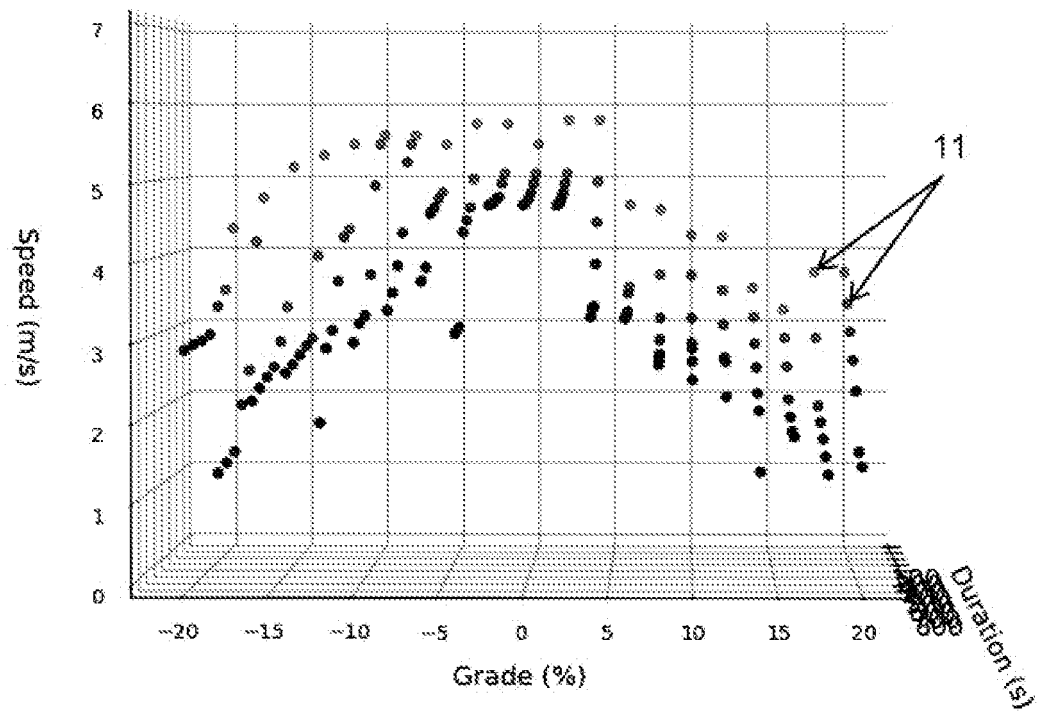


Fig. 3

[Fig. 4]

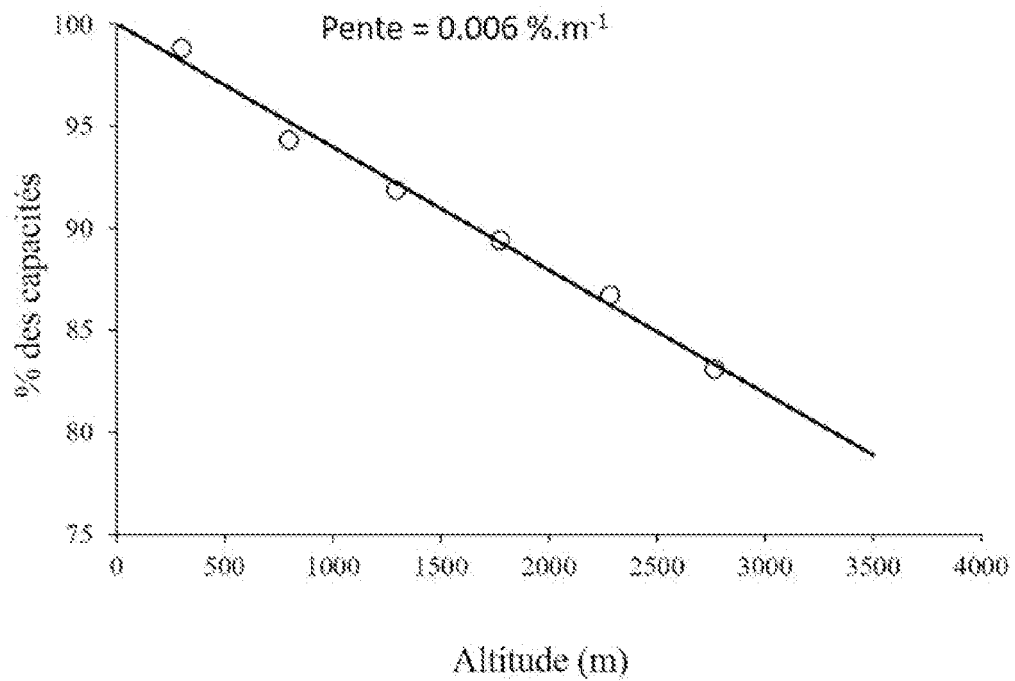


Fig. 4

[Fig. 5]



Fig. 5

[Fig. 6]

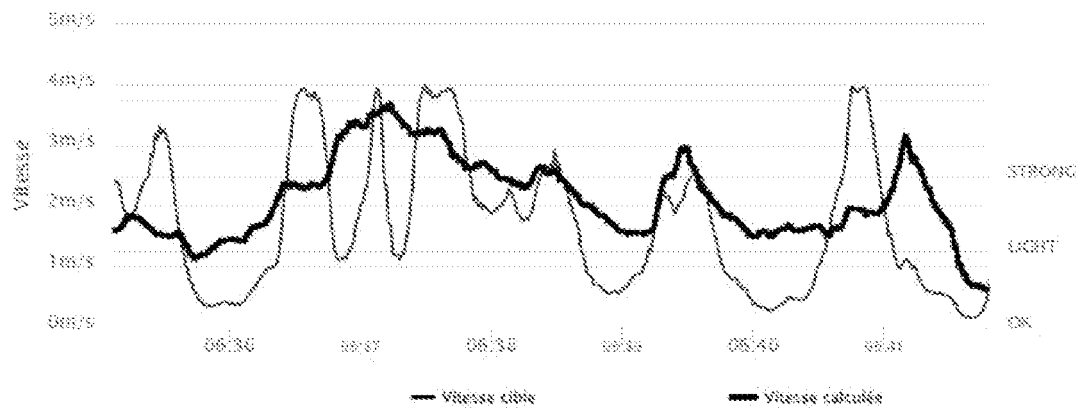


Fig. 6

[Fig. 7]

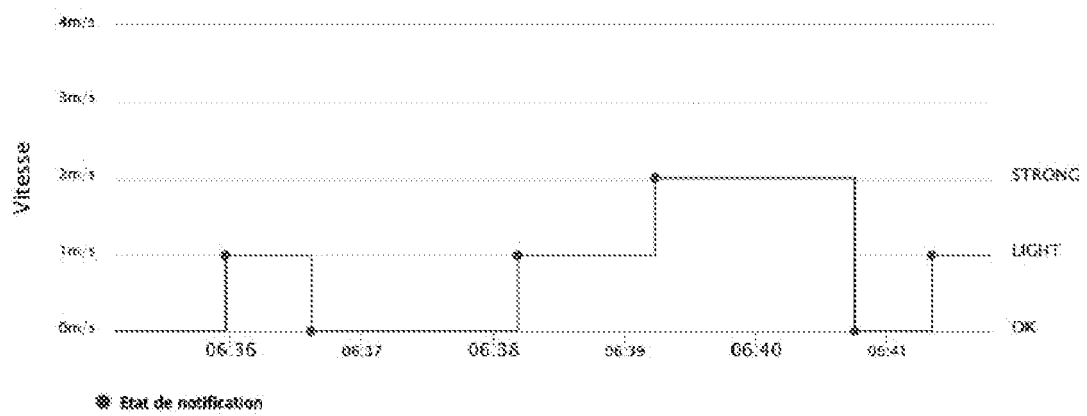


Fig. 7

[Fig. 8]

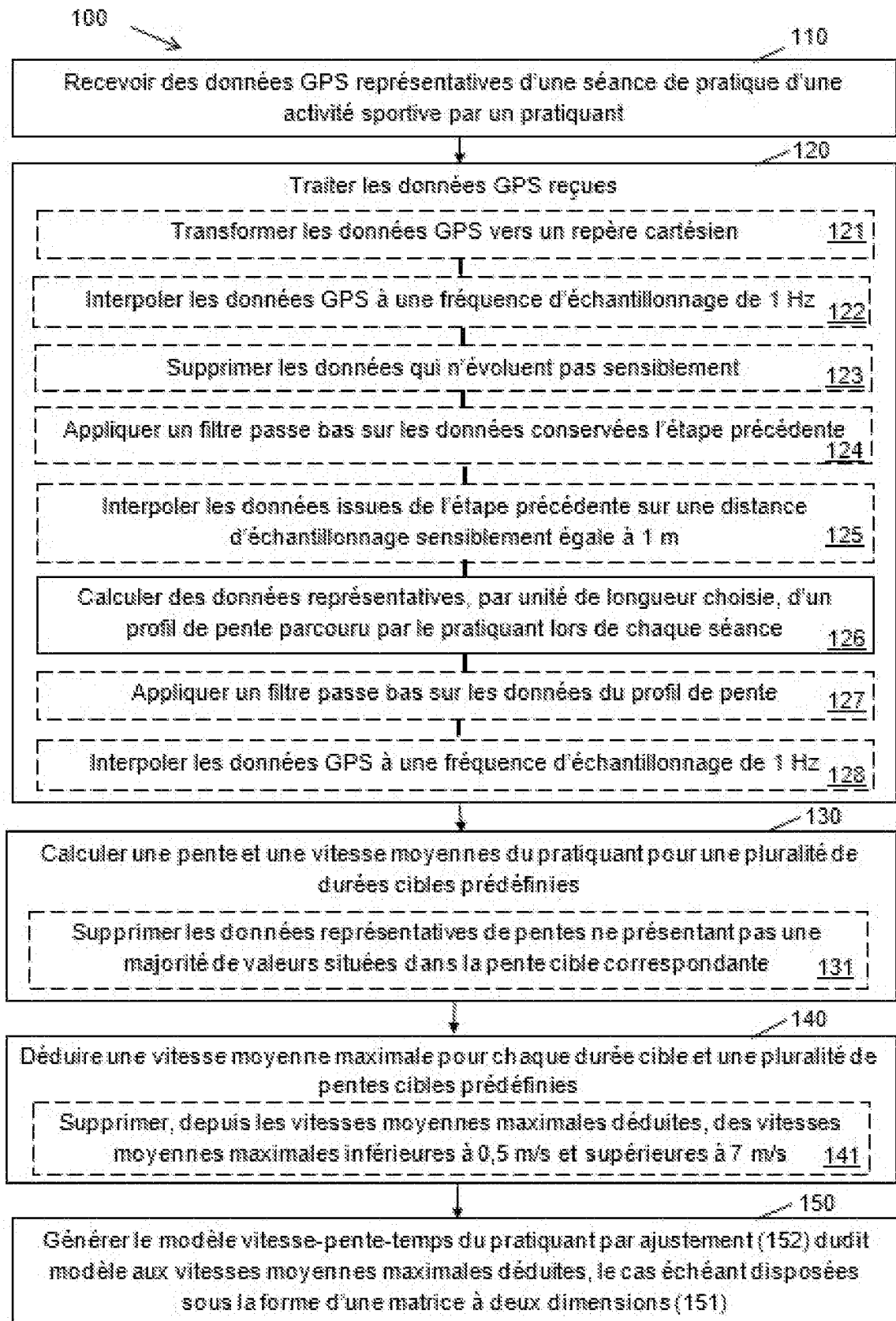


Fig. 8

[Fig. 9]

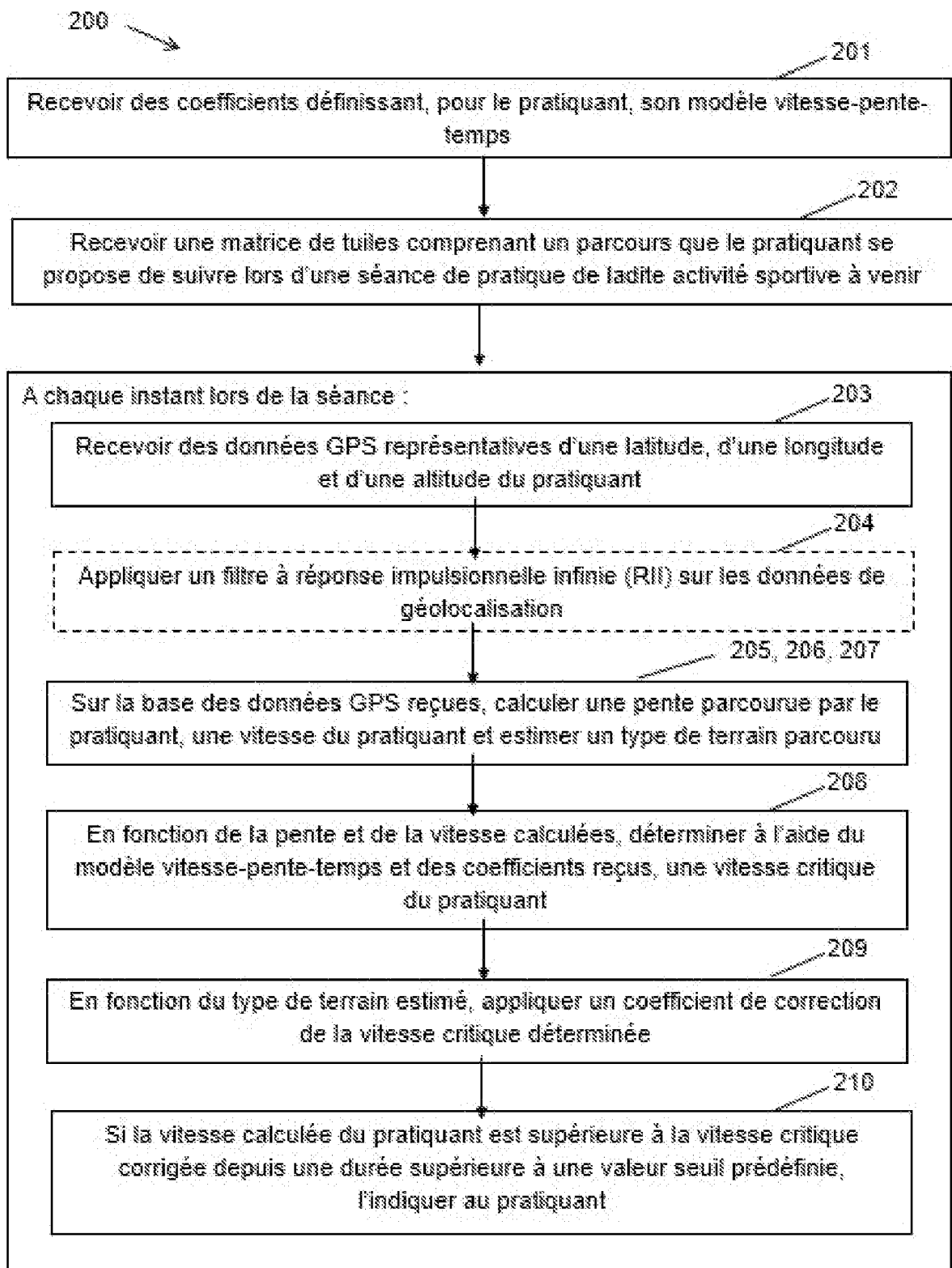


Fig. 9



**RAPPORT DE RECHERCHE  
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement  
national

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

FA 924942  
FR 2312324

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, des parties pertinentes		
A	CN 110 610 233 A (EZON INFORMATION TECH CO LTD) 24 décembre 2019 (2019-12-24) * figure 1 * * revendication 1 * * alinéas [0001], [0002] - [0007], [0021] - [0034] * -----	1-25	A63B 24/00 G01C 21/00 G06F 17/00
A	US 2023/158368 A1 (BLADES SAMUEL CARL WILLIAM [CA] ET AL) 25 mai 2023 (2023-05-25) * figures 1,3 * * revendications 1,8 * * alinéas [0006], [0125] - [0126], [0190] - [0276] * -----	1-25	
			<b>DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (IPC)</b>
			G01C G16H A61B
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
20 août 2024		Faivre, Olivier	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention	
X : particulièrement pertinent à lui seul		E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure.	
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie		D : cité dans la demande	
A : arrière-plan technologique		L : cité pour d'autres raisons	
O : divulgation non-écrite		.....	
P : document intercalaire		& : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE  
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2312324 FA 924942**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.  
Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du **20 - 08 - 2024**  
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
CN 110610233	A	24-12-2019	AUCUN	
-----				
US 2023158368	A1	25-05-2023	AUCUN	
-----				