

19 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
COURBEVOIE

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

3 145 874

21 N° d'enregistrement national : 23 01528

51 Int Cl⁸ : A 63 B 24/00 (2023.01), G 06 Q 10/06, G 06 N 20/00,
H 04 N 21/47, G 06 F 3/01, A 63 B 71/06

12 DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22 Date de dépôt : 20.02.23.

30 Priorité :

43 Date de mise à la disposition du public de la
demande : 23.08.24 Bulletin 24/34.

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) : FLIT SPORT Société par actions sim-
plifiée — FR.

72 Inventeur(s) : GILFRICHE Pierre et APPRIOU Auré-
lien.

73 Titulaire(s) : FLIT SPORT Société par actions simpli-
fiée.

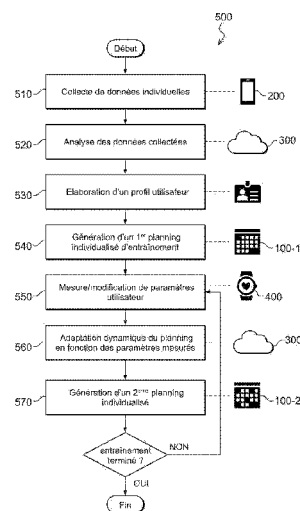
74 Mandataire(s) : IPSIDE.

54 Procédé et système de génération automatique d'un planning d'entraînement sportif individualisé.

57 PROCEDE ET SYSTEME DE GENERATION AUTO-
MATIQUE D'UN PLANNING INDIVIDUALISE D'ENTRAI-
NEMENT SPORTIF

Procédé (500) de génération automatique d'un planning électronique individualisé (100-1, 100-2) d'entraînement sportif, comprenant une pluralité de séances pour améliorer la performance physique d'un utilisateur, ledit procédé comprenant: une étape (510) de collecte de données individuelles de l'utilisateur, via un dispositif électronique personnel (200); une étape (520) d'analyse des données collectées par des algorithmes d'apprentissage automatique, sur une plateforme numérique d'analyse (300); et une étape (540) de génération d'un premier planning individualisé (100-1) en fonction des données collectées et analysées; une étape (550) de mesure en temps réel, au moins lors d'une séance, de paramètres physiologiques ou de performance de l'utilisateur, et/ou de modification des données individuelles; une étape (560) d'adaptation dynamique du planning en fonction des paramètres et/ou des données de l'étape précédente, par l'exécution d'algorithmes d'apprentissage automatique; et une étape (570) de génération d'un deuxième planning individualisé (100-2) plus adapté à l'utilisateur.

Figure pour l'abrégié: figure 1



FR 3 145 874 - A1



Description

Titre de l'invention : Procédé et système de génération automatique d'un planning d'entraînement sportif individualisé

Domaine technique

- [0001] La présente invention appartient au domaine général des technologies du sport, notamment les technologies d'assistance pour l'amélioration de la performance physique, et concerne plus particulièrement un procédé de génération automatique, en temps réel, d'un planning d'entraînement sportif individualisé.
- [0002] La génération d'un tel planning met en œuvre soit un système expert (arbre de décision) soit un modèle d'apprentissage automatique (*Machine Learning*), et se base sur différentes données de l'utilisateur.
- [0003] La présente invention trouve une application directe, mais non exclusive, dans les entraînements de course à pied, qui est une discipline très répandue auprès du grand public.

Etat de l'art

- [0004] La pratique d'un sport, que ce soit dans un cadre professionnel ou amateur, requiert de préférence un entraînement régulier et adapté aux objectifs visés. Qu'il s'agisse de la préparation soutenue d'une compétition, de l'amélioration des performances physiques, ou simplement de la pratique d'exercices de routine, le choix d'un entraînement individualisé s'avère particulièrement important.
- [0005] La promotion de l'activité physique et de ses bienfaits a permis d'augmenter le nombre de pratiquants, réguliers et occasionnels, de certaines disciplines facilement accessibles, comme la course à pied.
- [0006] Pour une bonne pratique de la course à pied, notamment en endurance, il est primordial de connaître ses capacités physiques et de suivre un entraînement individualisé pour améliorer ses performances.
- [0007] Historiquement, l'entraînement sportif a connu une grande évolution au cours du 20^{ème} siècle, qui a continué à se poursuivre jusqu'à l'apparition d'applications mobiles de planning d'entraînement sportif. Au cours des années 1950-1970, l'entraînement sportif a connu une évolution importante grâce aux progrès de la médecine et de la science du sport. Les entraîneurs ont commencé à utiliser des méthodes plus précises pour mesurer la performance sportive et pour adapter l'entraînement en conséquence. De nouvelles techniques d'entraînement ont également été mises au point, comme l'entraînement en intervalle et la périodisation par blocs. Au cours des années 1980-1990, l'entraînement sportif a continué à évoluer grâce aux progrès de la technologie et de la science du sport. Les athlètes ont commencé à utiliser des dis-

positifs portatifs pour mesurer leur fréquence cardiaque et leur niveau de fatigue, ce qui leur a permis de mieux adapter leur entraînement. Au cours des années 2000-2010, l'entraînement sportif a encore évolué grâce à l'apparition de nouvelles technologies de l'information et de la communication. Les athlètes ont commencé à utiliser des applications de suivi de l'entraînement et des dispositifs connectés pour mesurer leur performance et pour suivre leur progrès. Depuis 2010, avec le développement des téléphones mobiles dits intelligents (*smartphones*), des applications mobiles de planning et de suivi de l'entraînement sportif sont apparues. Celles-ci permettent aux athlètes de créer des plans d'entraînement personnalisés en fonction de leurs objectifs et de leur niveau de fitness, et de suivre leur progrès en temps réel grâce à des dispositifs connectés. De plus, certaines applications utilisent une approche statistique pour analyser les données de l'entraînement et pour recommander des ajustements au planning d'entraînement.

- [0008] De nos jours, les applications mobiles de planning sportif sont devenues une solution triviale, de plus en plus adoptée surtout par les coureurs amateurs. D'autant plus que les smartphones actuels sont portés presque en permanence et équipés de nombreux capteurs permettant de mesurer très simplement, sur le porteur, différents paramètres physiologiques (fréquence cardiaque, taux de saturation en oxygène, etc.) et cinématiques (vitesse de déplacement, distance parcourue, nombre de pas, cadence, etc.).
- [0009] Ces applications sont parfois développées par les constructeurs de téléphones eux-mêmes et offrent des fonctionnalités allant au-delà du suivi de l'activité physique, comme le suivi du sommeil et d'autres aspects de la vie quotidienne (nutrition, hydratation, stress, etc.).
- [0010] De plus, l'intégration des technologies d'intelligence artificielle et d'internet des objets IoT (*Internet of Things*) a permis de perfectionner les applications d'entraînement sportif et de créer le domaine de l'entraînement sportif intelligent (*smart fitness*).
- [0011] Le document « *Alireza Farrokhi, Reza Farahbakhsh, Javad Rezazadeh, Roberto Minerva, Application of Internet of Things and artificial intelligence for smart fitness: A survey, Computer Networks, Volume 189, 2021* » présente les solutions basées sur l'IoT dans le domaine du fitness intelligent, qui sont divisées en trois catégories : les trackers de fitness (y compris les capteurs portables et non portables), l'analyse des mouvements et les applications de fitness. Selon ce document, les données collectées par les utilisateurs et les appareils de fitness intelligent basés sur l'IoT pourraient être utilisées pour améliorer les performances d'entraînement grâce à des algorithmes basés sur l'intelligence artificielle.
- [0012] Plus spécifiquement, on connaît des solutions de coaching individualisé basé sur l'intelligence artificielle.

- [0013] Le document KR102116968 décrit un procédé d'entraînement sportif mis en œuvre par ordinateur comprenant les étapes suivantes : établir une session de communication avec la machine d'exercice par l'intermédiaire d'un module de communication à courte portée ; recevoir les informations de quantité d'exercice collectées en temps réel à partir de la machine ; et recommander des informations d'exercice personnalisées pour l'utilisateur sur la base des informations de quantité d'exercice reçues et des informations de caractéristiques d'utilisateur préenregistrées. Dans ce procédé, l'étape de réception comprend l'établissement d'une session de communication lorsque les informations d'identification du terminal utilisateur sont transmises à la machine d'exercice. Après avoir reçu les informations d'identification de la machine d'exercice, pendant que la session de communication est maintenue, la machine d'exercice stocke temporairement les informations d'identification et les informations de quantité d'exercice du terminal utilisateur correspondant. Lorsque l'utilisateur effectue un exercice, les informations détectées par le capteur des machines d'exercice sont différentes pour chaque machine, et l'étape de recommandation des informations d'exercice spécifiques à l'utilisateur est générée sur la base de big data et d'apprentissage profond (*Deep Learning*).
- [0014] Le document US2021178226 concerne, quant à lui, un entraîneur sportif virtuel offrant des programmes d'entraînement dynamiques qui peuvent apporter des ajustements incrémentaux, sur la base des performances d'un athlète, au programme d'entraînement dans le temps.
- [0015] Outre le fait qu'elles n'utilisent ni système expert ni intelligence artificielle, ces solutions ne permettent pas de tenir compte de certains paramètres pour adapter en temps réel le planning d'entraînement, notamment le cycle menstruel des utilisatrices. Or, ces paramètres peuvent avoir une grande influence sur la performance sportive.
- [0016] En effet, le cycle menstruel peut avoir un impact sur la performance sportive et sur la récupération de l'organisme, il est donc logique de tenir compte de ce facteur lors de la création d'un planning d'entraînement.
- [0017] Il existe quelques solutions qui intègrent le cycle menstruel dans l'élaboration d'un planning d'entraînement. Par exemple, l'application FitrWoman (marque déposée) permet de suivre le cycle menstruel et de proposer un entraînement personnalisé et des suggestions nutritionnelles adaptées aux variations des niveaux d'hormones tout au long du cycle. De son côté, l'application Wild.AI prend en compte le cycle menstruel en proposant un score de préparation basé sur le suivi des symptômes et du bien-être, des plans d'entraînement avec comme option une synchronisation avec le cycle, des recommandations individuelles sur les symptômes, des recommandations avant et après l'entraînement, et une visualisation des données spécifiques à chaque phase du cycle.
- [0018] Il existe également diverses applications pour le simple suivi et la gestion du cycle

menstruel, telles que MyFLO et Cycle tracking (développées par la société Apple (marque déposée)).

Résumé de l'invention

[0019] La présente invention vise à pallier tout ou partie des inconvénients de l'art antérieur exposés ci-avant en proposant une solution de planification individualisée de l'entraînement sportif, tenant compte de plusieurs facteurs physiques, physiologiques et personnels pour adapter en temps réel les plannings générés.

[0020] À cet effet, la présente invention a pour objet un procédé de génération automatique d'un planning électronique individualisé d'entraînement sportif, comprenant une pluralité de séances pour améliorer la performance physique d'un utilisateur, ledit procédé comprenant :

- une étape de collecte de données individuelles de l'utilisateur, via un dispositif électronique personnel ;
- une étape d'analyse des données collectées par un système expert ou par des algorithmes d'apprentissage automatique, sur une plateforme numérique d'analyse ; et
- une étape de génération d'un premier planning individualisé en fonction des données collectées et analysées.

[0021] Ce procédé est remarquable en ce qu'il comprend :

- une étape de mesure en continu, au moins lors d'une séance d'entraînement sportif, de paramètres physiologiques ou de performance de l'utilisateur, et/ou de modification des données individuelles ;
- une étape d'adaptation dynamique du planning en fonction des paramètres et/ou des données de l'étape précédente, par l'exécution du système expert ou d'algorithmes d'apprentissage automatique ; et
- une étape de génération d'un deuxième planning individualisé plus adapté à l'utilisateur.

[0022] Selon un aspect de l'invention, les données individuelles collectées à l'étape de collecte ou modifiées à l'étape de modification comprennent des informations sur le cycle menstruel de l'utilisateur lorsqu'il est de sexe féminin.

[0023] Selon un aspect de l'invention, les paramètres de performance mesurés à l'étape de mesure comprennent des informations sur l'état psycho-physiologique de l'utilisateur tel que le niveau de fatigue ou de stress de l'utilisateur.

[0024] Selon un mode de réalisation, l'étape d'adaptation dynamique comprend une classification ou une régression des niveaux de fatigue de l'utilisateur en fonction de mesures cardiaques réalisées par un dispositif d'acquisition, notamment une montre connectée équipée de capteurs à cet effet.

- [0025] Les mesures cardiaques comprennent par exemple des mesures de variabilité cardiaque.
- [0026] Selon un aspect de l'invention, l'étape d'adaptation dynamique comprend une analyse de rupture de pente d'un signal représentant un paramètre mesuré physiologique ou de performance de l'utilisateur. Ce paramètre est par exemple la vitesse lors d'une course à pied.
- [0027] Plus particulièrement, les algorithmes d'apprentissage automatique exécutés à l'étape d'adaptation dynamique comprennent des classificateurs basés sur la géométrie riemannienne, dits RGC.
- [0028] La présente invention a également pour objet un système de génération automatique d'un planning d'entraînement sportif individualisé, pour la mise en œuvre d'un procédé tel que présenté, comprenant :
- un dispositif personnel de communication, tel qu'un smartphone, permettant de collecter et de modifier les données individuelles de l'utilisateur, et d'afficher le planning généré ;
 - un dispositif d'acquisition de données, tel qu'une montre connectée, pour mesurer en temps réel des paramètres physiologiques de l'utilisateur ; et
 - une plateforme numérique d'analyse et de calcul pour traiter les données collectées et mesurées, comprenant un moteur d'analyse basé sur un système expert ou un modèle d'apprentissage automatique pour déterminer un profil utilisateur à partir des données recueillies ; ledit moteur comprenant un générateur de planning, qui peut être basé sur un modèle d'apprentissage automatique, pour générer un planning d'entraînement individualisé en utilisant le profil utilisateur et des données historiques d'entraînement, et un module d'adaptation pour adapter dynamiquement le planning d'entraînement en fonction des données d'entraînement en cours et de retours subjectifs de l'utilisateur pour continuer à individualiser le planning.
- [0029] Ainsi, la présente invention permet de recueillir des données sur les caractéristiques physiques, les objectifs d'entraînement, les disponibilités, les imprévus, les retours subjectifs, les réussites, les échecs, la performance globale, la fatigue, la récupération, le sommeil, la nutrition, les interactions entre différentes disciplines sportives et les informations sur le cycle menstruel de l'utilisatrice, cela peut être manuel ou automatique via des mesures physiologiques ; d'analyser les données recueillies à l'aide d'une intelligence artificielle pour déterminer un profil d'entraînement individualisé adapté au cycle menstruel de l'utilisatrice ; générer un planning d'entraînement individualisé en utilisant un modèle d'apprentissage automatique basé sur le profil d'entraînement individualisé ; et d'adapter dynamiquement le planning d'entraînement en fonction des données d'entraînement en cours, des feedbacks de l'utilisateur, des données physio-

logiques acquises via des dispositifs portatifs ou de détection à distance et des informations sur le cycle menstruel de l'utilisatrice pour continuer à individualiser le planning en adaptant l'intensité, la durée, le type d'entraînement, le terrain, les exercices, etc.

[0030] Le procédé peut également comprendre une étape de suivi de l'avancement de l'entraînement et d'envoi de notifications et de conseils à l'utilisateur, notamment pour des raisons pédagogiques.

[0031] Les concepts fondamentaux de l'invention venant d'être exposés ci-dessus dans leur forme la plus élémentaire, d'autres détails et caractéristiques ressortiront plus clairement à la lecture de la description qui suit et en regard des dessins annexés, donnant à titre d'exemple non limitatif un mode de réalisation d'un procédé de génération automatique d'un planning d'entraînement sportif individualisé, conforme aux principes de l'invention.

Présentation des dessins

[0032] Les figures sont données à titre purement illustratif pour une meilleure compréhension de l'invention sans en limiter la portée. Les différents éléments peuvent être représentés de manière schématique et ne sont pas nécessairement à l'échelle. Sur l'ensemble des figures, les éléments identiques ou équivalents portent la même référence numérique.

[0033] Il est ainsi illustré en :

[0034] [Fig.1] : un organigramme des principales étapes d'un procédé de génération automatique d'un planning individualisé d'entraînement sportif selon un mode de réalisation de l'invention ;

[0035] [Fig.2] : un schéma de mise en œuvre du procédé selon un scénario simplifié ;

[0036] [Fig.3] : un schéma des facteurs d'individualisation du planning d'entraînement selon l'invention ;

[0037] [Fig.4] : une architecture globale d'un système d'information et de communication pour la mise en œuvre du procédé selon l'invention ;

[0038] [Fig.5] : un exemple d'interface graphique d'une application mobile dédiée au procédé ;

[0039] [Fig.6] : un autre exemple d'interface graphique d'une page web dédiée au procédé.

Description détaillée de modes de réalisation

[0040] Il convient de noter que certains éléments techniques bien connus de l'homme du métier sont ici décrits pour éviter toute insuffisance ou ambiguïté dans la compréhension de la présente invention.

[0041] Dans le mode de réalisation décrit ci-après, on fait référence à un procédé de génération automatique, sur un dispositif électronique personnel tel qu'un smartphone,

d'un planning individualisé d'entraînement sportif, destiné principalement à la pratique de la course à pied. Cet exemple, non limitatif, est donné pour une meilleure compréhension de l'invention et n'exclut pas l'utilisation du procédé dans la pratique de toute autre discipline ou activité sportive nécessitant un entraînement régulier.

[0042] Dans la présente description, et sauf indication contraire, on adopte les définitions suivantes :

- Un « modèle » désigne un concept abstrait basé sur des données et ayant des hyperparamètres, qui se caractérise par une sortie d'intérêt obtenue à partir de données d'entrée. Un exemple typique de modèle est un modèle d'apprentissage automatique.
- Une « instruction » est une série de commandes vérifiant les propriétés suivantes :
 - i. les commandes sont regroupées sur la base d'une fonction ;
 - ii. la série de commandes est un composant d'un programme informatique ; et
 - iii. la série de commandes est exécutable par un processeur.

[0043] Tous les autres termes techniques et scientifiques utilisés ont les mêmes significations que celles communément admises dans le domaine technique de l'invention.

[0044] Aussi, on entend par « collecte », « analyse », « élaboration », « génération », « adaptation », « calcul », et leurs formes dérivées, ou plus largement par « opération exécutable » au sens de l'invention, une action effectuée par un dispositif ou un processeur sauf si le contexte indique autrement. À cet égard, les opérations se rapportent à des actions et/ou des processus d'un système de traitement de données, par exemple un système informatique ou un dispositif informatique électronique, qui manipule et transforme les données représentées en tant que quantités physiques (électroniques) dans les mémoires du système informatique ou d'autres dispositifs de stockage, de transmission ou d'affichage de l'information. Ces opérations peuvent se baser sur des applications ou des logiciels.

[0045] Pour faciliter la lecture de la présente description en regard des figures, les principales étapes du procédé objet de la présente invention seront présentées dans leur forme générale en référence à la [Fig.1]. La mise en œuvre du procédé selon un scénario simplifié est ensuite illustrée sur la [Fig.2]. Des exemples de facteurs d'individualisation sont donnés à la [Fig.3]. L'architecture globale d'un système d'information permettant la mise en œuvre du procédé sera ensuite présentée en référence à la [Fig.4]. Enfin, des interfaces graphiques possibles seront présentées en référence aux figures 5 et 6.

[0046] La [Fig.1] représente en effet les principales étapes d'un procédé 500 de génération automatique d'un planning individualisé d'entraînement sportif, ledit procédé

comprenant :

- une étape initiale 510 de collecte de données individuelles de l'utilisateur, via un dispositif électronique personnel 200 ;
- une étape 520 d'analyse des données collectées par un modèle d'apprentissage automatique, sur une plateforme numérique d'analyse 300 distante ou embarquée ;
- une étape 530 d'élaboration d'un profil utilisateur ;
- une étape 540 de génération d'un premier planning individualisé 100-1 en fonction des données collectées et analysées ;
- une étape 550 de mesure en temps réel, au moins lors d'une séance d'entraînement sportif, de paramètres physiologiques ou de performance de l'utilisateur, et/ou de modification des données individuelles ;
- une étape 560 d'adaptation dynamique du planning en fonction des paramètres et/ou des données de l'étape précédente ; et
- une étape 570 de génération d'un deuxième planning individualisé 100-2 plus adapté à l'utilisateur.

[0047] Bien entendu, les étapes 550 à 570 sont itératives et peuvent être répétées plusieurs fois jusqu'à la fin de l'entraînement visé par l'utilisateur.

[0048] L'étape 510 de collecte de données individuelles de l'utilisateur consiste à recueillir des informations sur les caractéristiques et les préférences de l'utilisateur, telles que son sexe, son âge, son poids, sa condition physique, ses objectifs sportifs, etc., à l'aide d'un dispositif électronique personnel 200, typiquement un smartphone sur lequel une application dédiée à la mise en œuvre du procédé est installée.

[0049] Les données individuelles, pouvant être collectées initialement, comprennent de façon non exhaustive :

- des informations sur l'identité de l'utilisateur (nom, coordonnées, date de naissance, ville ou pays de résidence, etc.) ;
- des informations sur le physique de l'utilisateur (poids, taille, etc.) ;
- des informations sur les objectifs sportifs visés par l'utilisateur (discipline, délai, etc.) ;
- des informations sur les habitudes sportives de l'utilisateur (sports pratiqués, fréquence des entraînements, durée journalière ou hebdomadaire de l'activité physique, etc.) ;
- des informations sur les habitudes de vie quotidienne de l'utilisateur (alimentation, sommeil, plages horaires de disponibilité pour l'entraînement sportif, etc.) ;
- des informations médicales et/ou de santé générale de l'utilisateur et/ou tout ou partie des données physiques et physiologiques collectées lors de séances

- sportives passées lorsque lesdites données sont disponibles ;
 - des informations sur le cycle menstruel des utilisatrices ;
 - etc.
- [0050] Bien entendu, chaque utilisateur a le choix de renseigner ou pas toute information qu'il jugerait non nécessaire, sauf en ce qui concerne les informations non sensibles et nécessaires à la mise en œuvre du procédé, notamment les informations purement sportives telles que la discipline choisie, l'objectif et les plages horaires de disponibilité.
- [0051] Les informations collectées sont ensuite analysées et utilisées pour élaborer un profil utilisateur évolutif et générer un premier planning sportif individualisé.
- [0052] Il s'agit à ce stade d'un premier niveau d'individualisation, avantageusement permis par la présente invention, dans la mesure où toutes les données individuelles collectées initialement sont analysées et traitées dans un modèle d'apprentissage automatique pour obtenir un profil utilisateur le plus représentatif possible et permettre la génération d'un planning le plus adapté possible.
- [0053] L'étape 520 d'analyse des données collectées consiste à utiliser un ou plusieurs modèles d'apprentissage automatique pour analyser tout ou partie des données collectées à l'étape 510. Cela permet de comprendre les caractéristiques et les préférences de l'utilisateur de manière plus approfondie et de les utiliser pour élaborer un profil utilisateur plus précis. Cette analyse se fait sur une plateforme numérique d'analyse 300 qui peut être distante, notamment en nuage (cloud), ou embarquée sur le dispositif électronique personnel 200 qui permet d'exécuter l'application associée au procédé.
- [0054] Lors de l'étape 520, le modèle d'apprentissage automatique utilise des algorithmes spécifiques pour analyser les données collectées sur l'utilisateur, telles que les informations sur les habitudes et la santé de l'utilisateur. Ces algorithmes peuvent inclure des techniques telles que la régression, l'analyse en composantes principales (PCA), l'analyse des k plus proches voisins (k-NN), etc. L'analyse permet de comprendre les relations entre les différentes données et de les utiliser pour élaborer un profil utilisateur plus précis. Le profil est ensuite utilisé pour générer un premier planning d'entraînement individualisé pour l'utilisateur.
- [0055] L'étape 530 d'élaboration d'un profil utilisateur consiste à créer un résumé des caractéristiques et des préférences de l'utilisateur en utilisant les informations collectées et analysées aux étapes 510 et 520. Le profil utilisateur peut inclure des informations telles que le niveau d'activité de l'utilisateur, ses objectifs sportifs, ses heures de disponibilité, ses antécédents de blessure, etc., présentées de façon normée sur l'application dédiée.
- [0056] Par exemple, pour un utilisateur de 30 ans pesant 75 kg, qui est un coureur débutant

et qui a un objectif de courir un semi-marathon dans 6 mois, l'application analyse les données collectées et élabore un profil qui décrit l'utilisateur comme un coureur débutant avec un objectif à moyen terme de courir un semi-marathon. Ce profil utilisateur est ensuite utilisé pour générer un premier planning d'entraînement individualisé pour l'utilisateur.

- [0057] L'étape 540 de génération d'un premier planning individualisé 100-1 consiste à utiliser le profil utilisateur élaboré à l'étape 530 pour générer un plan d'entraînement sportif personnalisé pour l'utilisateur. Cela peut être réalisé en utilisant des algorithmes de planification tels que les algorithmes de programmation linéaire, les algorithmes génétiques ou les algorithmes de recherche opérationnelle.
- [0058] Lors de cette étape, les algorithmes peuvent prendre en compte les informations telles que le niveau d'activité de l'utilisateur, ses objectifs sportifs, ses heures de disponibilité, ses antécédents de blessure, le cycle menstruel des utilisateurs de sexe féminin, etc. Ils peuvent également tenir compte de critères tels que la charge ou le volume d'entraînement, la fréquence d'entraînement, la durée d'entraînement, etc.
- [0059] L'objectif final est de générer un plan d'entraînement sportif personnalisé qui convienne le mieux aux besoins et aux objectifs de l'utilisateur, tout en prenant en compte ses limitations et spécificités physiques et ses horaires de disponibilité. Ce premier planning peut être affiché à l'utilisateur via l'application mobile dédiée, sur une interface web ou sur tout autre objet connecté adapté (montre connectée par exemple).
- [0060] Il s'agit à ce stade d'un deuxième niveau d'individualisation, avantageusement permis par la présente invention, dans la mesure ou la génération du premier planning prend en compte le niveau de base, les disponibilités, les indisponibilités dues à des imprévus, les habitudes alimentaires et de sommeil de l'utilisateur.
- [0061] L'étape 550 de mesure en temps réel consiste à surveiller les paramètres physiologiques et de performance de l'utilisateur pendant une séance d'entraînement sportif programmée dans le premier planning individualisé. Cela peut être réalisé en utilisant des dispositifs d'acquisition 400 multi-capteurs, comprenant par exemple des capteurs de fréquence cardiaque, des capteurs de mouvement, des capteurs de sudation, des podomètres, etc.
- [0062] Le dispositif d'acquisition 400 peut être une montre connectée, une ceinture thoracique, une bague connectée, un bracelet connecté, ou tout autre patch porté sur la peau de l'utilisateur. Ces dispositifs personnels, dits « intelligents », utilisent différentes technologies pour mesurer divers paramètres physiologiques. Lorsqu'il s'agit de paramètres mesurés dans ou par le sang tels que la fréquence cardiaque, la saturation en oxygène, le taux de glycémie, le taux de lactate, etc., le dispositif d'acquisition 400 peut utiliser des technologies non invasives, notamment photopléthysmographiques (PPG), ou invasives certifiées telles que des patches munis de micro-

aiguilles.

- [0063] Ces dispositifs envoient les données mesurées en temps réel ou différé à l'application dédiée, qui les analyse pour évaluer la performance de l'utilisateur pendant la séance d'entraînement. Les données collectées peuvent également être utilisées pour mettre à jour les informations individuelles de l'utilisateur, telles que les antécédents de blessure, les objectifs sportifs, etc.
- [0064] L'objectif de cette étape est de permettre une évaluation en temps réel de la performance de l'utilisateur pour ajuster le plan d'entraînement en conséquence. Cela peut aider à s'assurer que l'utilisateur atteint ses objectifs sportifs de manière plus efficace et en toute sécurité.
- [0065] Lors de l'étape 550, l'utilisateur peut également modifier certains paramètres préenregistrés et mettre à jour ses données personnelles (objectifs, disponibilités, etc.).
- [0066] Bien entendu, l'intervention manuelle de l'utilisateur pour modifier ses données reste possible à tout moment.
- [0067] Lors de la mesure de paramètres, les informations intermédiaires déduites sont traitées de manière brute sur la plateforme de calcul 300, mais aussi prétraitées (en termes de filtrage, d'analyse, de dérivation d'indicateurs) directement dans dispositif personnel 200 ou par d'autres logiciels distants.
- [0068] Ces informations intermédiaires peuvent être utilisées comme indicateurs de performance, de ressenti, de fatigue, d'état de santé, d'état de stress, de qualité de sommeil, ou de qualité de nutrition.
- [0069] L'étape 560 d'adaptation dynamique du planning est la suite logique de l'étape 550 de mesure en temps réel, et utilise les données collectées sur la performance et les paramètres physiologiques de l'utilisateur pendant la séance d'entraînement pour adapter en temps réel le planning d'entraînement.
- [0070] Cela peut se faire en utilisant des algorithmes d'apprentissage automatique pour ajuster les séances d'entraînement en fonction des données collectées. Par exemple, si l'utilisateur semble fatigué pendant une séance, l'application peut décider d'ajuster les exercices pour la séance suivante pour tenir compte de ce facteur.
- [0071] L'objectif de l'étape 560 est de permettre la génération d'un plan d'entraînement plus personnalisé qui s'adapte en temps réel aux capacités et aux objectifs de l'utilisateur. Cela peut aider à maximiser les résultats et à minimiser les blessures.
- [0072] Il s'agit à ce stade d'un troisième et dernier niveau d'individualisation, avantageusement permis par l'invention, dans la mesure où l'étape d'adaptation prend en compte :
- les retours subjectifs de l'utilisateur (par exemple « cet entraînement était trop dur, trop court, peu adapté, etc. ») ;
 - la progression de l'utilisateur en recalculant périodiquement le planning en

fonction des réussites, des échecs, et de la performance globale dans les séances d'entraînement passées ;

- la fatigue et la récupération de l'utilisateur ;
- les interactions entre les différentes séances de disciplines différentes (cyclisme, course à pied, natation, etc.).

[0073] L'adaptation dynamique se réfère à l'ajustement continu et en temps réel, dans la plateforme d'analyse, du planning d'entraînement en fonction des données recueillies sur l'utilisateur. Cela signifie que la plateforme analyse constamment les informations sur l'utilisateur, telles que les données physiologiques, les performances, les retours subjectifs, les imprévus, les réussites, les échecs, la fatigue, la récupération, le sommeil, la nutrition, les interactions entre différentes disciplines sportives et les informations sur le cycle menstruel pour s'assurer que le planning d'entraînement est adapté aux besoins de l'utilisateur en temps réel.

[0074] L'adaptation est considérée comme dynamique car elle se fait en continu, en temps réel et automatiquement. Autrement dit, le planning n'a pas besoin d'une intervention humaine directe pour s'ajuster, il est en perpétuelle adaptation aux données collectées. Cela permet d'optimiser les résultats de l'entraînement en fonction de l'évolution de l'utilisateur et de ses besoins.

[0075] L'étape 570 de génération d'un deuxième planning individualisé 100-2 est la dernière étape du procédé décrit. Elle utilise les informations collectées et analysées dans les étapes précédentes pour générer un plan d'entraînement entièrement personnalisé pour l'utilisateur.

[0076] Cela peut être fait en utilisant les algorithmes d'apprentissage automatique qui tiennent compte de toutes les données collectées sur les habitudes d'entraînement, les performances et les paramètres physiologiques de l'utilisateur. L'objectif est de fournir un planning qui tienne compte des capacités et des objectifs de l'utilisateur pour obtenir les meilleurs résultats possibles.

[0077] Différents algorithmes peuvent être utilisés, parmi lesquels des algorithmes prédictifs tels que la méthode des moindres carrés ordinaire, des méthodes de régularisation, la méthode de Lasso, une régression logistique, une forêt d'arbres décisionnels, un gradient boosting, une machine à vecteurs de support, un algorithme du gradient stochastique, une méthode des k plus proches voisins ; et des algorithmes de classification et de partitionnement de données tels que les K-moyennes, le modèle de mélange gaussien, un partitionnement spectral, l'algorithme DBSCAN, un partitionnement interactif, une forêt d'isolement pour la détection d'anomalie physiologique lors des séances d'entraînement, etc.

[0078] La [Fig.2] schématise la mise en œuvre du procédé selon un scénario simplifié afin d'en comprendre le principe.

- [0079] Initialement, à une date T_0 , un premier planning individualisé 100-1 est généré à partir de données individuelles fournies par un utilisateur U qui peut les saisir sur un smartphone 200 par exemple. Le premier planning 100-1 contient au moins une séance S d'entraînement programmée à la date T_1 , d'une durée ΔT . La réalisation de cette première séance par l'utilisateur permet de mesurer des données physiologiques ou de performance au moyen d'une montre connectée 400 par exemple. Cela permet de mettre à jour le planning en temps réel et donc de générer un deuxième planning 100-2, et ainsi de suite jusqu'à ce que l'utilisateur atteigne son objectif d'entraînement.
- [0080] De ce fait, les mises à jour du planning, qui correspondent à l'étape d'adaptation dynamique répétée autant de fois que de séances réalisées et de modifications manuelles du profil, permettent d'obtenir une individualisation multi-facteurs du planning d'entraînement sportif.
- [0081] La [Fig.3] schématise les différents facteurs d'individualisation des plannings sportifs générés par le procédé selon l'invention.
- [0082] Certains facteurs, dits statiques, correspondent à l'étape initiale 510 de collecte de données et comprennent :
- le niveau de base 511 ;
 - le sommeil et la nutrition 512 ;
 - La disponibilité et le cycle menstruel des utilisatrices 513.
- [0083] Ces premiers facteurs peuvent être renseignés au moyen d'un dispositif électronique personnel tel qu'un smartphone.
- [0084] D'autres facteurs, dits dynamiques, correspondent aux étapes 550 d'adaptation dynamique du planning et comprennent :
- la fatigue et la récupération 551 ;
 - les retours subjectifs 552 ;
 - les interactions entre les différents sports pratiqués 553 ;
 - les imprévus 554 ;
 - la progression 555.
- [0085] Ces deuxièmes facteurs peuvent être renseignés, selon leur type, soit automatiquement par des dispositifs d'acquisition tels qu'une montre connectée, soit manuellement par des dispositifs électroniques personnels tels qu'un smartphone.
- [0086] Bien entendu, les facteurs « statiques » deviennent « dynamiques » lorsqu'ils évoluent dans le temps, au fur et à mesure de l'avancement des entraînements de l'utilisateur.
- [0087] Concernant la fatigue 551 en tant que facteur d'individualisation, le procédé permet de suivre l'évolution de la fatigue de l'utilisateur en fonction des charges d'entraînement et d'adapter les entraînements au niveau de fatigue suivant des modèles d'apprentissage automatique. Ces modèles permettent de classifier les états de fatigue

via les mesures cardiaques, notamment des mesures d'électrocardiogramme (ECG) ou de pléthysmographie (PPG) réalisées lors des séances d'entraînement.

[0088] Le niveau de fatigue peut être estimé grâce à des paramètres physiologiques parmi la variabilité cardiaque, la dynamique cardiaque en relation avec l'effort et le rythme cardiaque en relation avec l'effort, mais également grâce à des paramètres non physiologiques tels que des indicateurs de performance.

[0089] La classification des états de fatigue par les mesures cardiaques peut être réalisée par un algorithme basé sur la géométrie riemannienne, de préférence un classifieur d'espace tangent TSC (*Tangent Space Classifier*).

[0090] Les approches riemanniennes représentent les mesures d'ECG sous forme de matrices de covariance, qui sont des matrices symétriques définies positives SPD (*symmetric positive definite*), et les manipulent avec une géométrie appropriée, la géométrie riemannienne. Les classificateurs basés sur une telle géométrie sont appelés classificateurs à géométrie riemannienne RGC (*Riemannian Geometry-based Classifiers*). Premièrement, dans une variété riemannienne, les distances intrinsèques non euclidiennes entre deux matrices SPD, c'est-à-dire deux points (ici C1 et C2), peuvent être estimées en utilisant la distance riemannienne :

[0091] $\delta^2(C_1, C_2) = \sum_n \log^2 \lambda_n(C_1^{-1}, C_2)$ Dans la formule ci-dessus, $\lambda_n(M)$ est la nième valeur propre de la matrice M. L'ensemble des vecteurs tangents au point G sur la variété définit l'espace tangent à la variété en G. Plus généralement, toute matrice SPD Ci peut être projetée sur l'espace tangent au point G en utilisant :

$$[0092] \quad S_i = \text{Log}_G(C_i) = G^{1/2} \log_m(G^{-1/2} C_i G^{-1/2}) G^{1/2}$$

[0093] Si étant la projection de Ci sur le plan tangent, et logm désignant le logarithme d'une matrice.

[0094] Le signal cardiaque est ainsi représenté sous forme d'une matrice de covariance, dont la projection dans un espace euclidien permet de classifier les niveaux de fatigue (ou autres) en mesurant des distance dans cet espace.

[0095] D'un autre côté, concernant le cycle menstruel 513, le planning d'entraînement est adapté grâce à la mesure et la connaissance du cycle, notamment par le renseignement manuel d'informations par les femmes, en analysant automatiquement des mesures physiologiques pendant le cycle.

[0096] Cette adaptation des entraînements au cycle s'appuie notamment sur :

- la récupération d'informations subjectives sur le ressenti et/ou les capacités des femmes, mises en regard des phases du cycle ;
- la récupération d'informations objectives sur les modifications de performances, mises en regard des phases du cycle ;
- la récupération d'informations physiologiques de performance et de réponse

- physiologique à l'exercice des femmes, mises en regard des phases du cycle ;
- l'optimisation directe de l'entraînement en fonction de connaissances scientifiques préalables sur les meilleurs entraînements en fonction des phases du cycle (l'optimisation peut être comprise en termes de performance lors de l'entraînement, en termes de progrès physiologiques optimaux grâce à ces entraînements, ou en termes de ressenti lors de l'entraînement).
- [0097] En outre, la notion d'adaptation du planning d'entraînement sportif englobe les aspects suivants :
- concernant ce qui est entendu par « adaptation d'un entraînement » : adaptation d'intensité, de longueur (volume), de type d'entraînement, de terrain, d'exercices, du temps passé dans chaque zone d'intensité, etc. ;
 - concernant ce qui peut être adapté : une phase d'entraînement, un entraînement, une semaine d'entraînement, un cycle (c'est-à-dire plusieurs semaines) d'entraînement ;
 - concernant le moment de l'adaptation : adaptation semaine par semaine, jour par jour, minute par minute, etc. ;
 - concernant le type d'adaptation : l'adaptation peut être une modification imposée, proposée, suggérée, ou la proposition d'une ou plusieurs alternatives d'entraînement ;
 - concernant ce qui accompagne cette adaptation : elle peut être expliquée à l'utilisateur pour qu'il fasse un choix définitif en complétant cette proposition par un ressenti.
- [0098] La [Fig.4] représente l'architecture globale d'un système de communication et d'exploitation des données de l'utilisateur U, comprenant un dispositif personnel de communication 200, une plateforme de calcul 300 et un dispositif d'acquisition 400. Ce système s'organise en trois paradigmes : l'acquisition de données, l'exploitation de données et la présentation d'informations.
- [0099] Les paramètres mesurés par le dispositif d'acquisition 400 sont envoyés, en temps réel ou à intervalles de temps réguliers, sur la plateforme d'analyse 300 au moyen d'un réseau sans-fil. À la requête des moyens de calcul de ladite plateforme, des paramètres leur sont transmis par des serveurs. Ces moyens opèrent ensuite des séries de calculs en exécutant des programmes dédiés. Parmi les programmes installés sur la plateforme 300, certains réalisent une simple présentation, interactive ou non, des données recueillies, d'autres procèdent à une interprétation et à une représentation multiforme des données, et d'autres encore compilent des algorithmes d'intelligence artificielle pour prédire des informations non disponibles en l'état.
- [0100] Il convient de noter que l'apprentissage automatique nécessite généralement une grande quantité de données pour fonctionner efficacement. Ainsi, pour utiliser

l'apprentissage automatique dans un procédé de génération automatique de plannings d'entraînements sportifs individualisés, il sera probablement nécessaire de recueillir et de stocker de grandes quantités de données sur les caractéristiques de l'utilisateur et sur son entraînement, ainsi que des données issues d'une communauté d'utilisateurs.

- [0101] En résumé, selon l'invention, l'apprentissage automatique est utilisé pour prédire la performance sportive de l'utilisateur en fonction de ses caractéristiques physiques et de ses antécédents d'entraînement. Cette prédiction peut être utilisée pour adapter le planning d'entraînement de l'utilisateur et pour lui donner des objectifs réalistes. L'apprentissage automatique est également utilisé pour optimiser l'entraînement de l'utilisateur en fonction de ses caractéristiques physiques et de ses objectifs sportifs. Par exemple, un modèle d'apprentissage automatique peut être entraîné sur des données de performance et de récupération de l'organisme pour recommander des niveaux d'intensité et de volume d'entraînement optimaux pour l'utilisateur.
- [0102] De plus, l'apprentissage automatique est utilisé pour adapter l'entraînement de l'utilisateur en temps réel, en fonction de ses réactions à l'entraînement et de son niveau de fatigue. Par exemple, un modèle d'apprentissage automatique peut être entraîné sur des données de fréquence cardiaque et de niveau de fatigue pour recommander des ajustements au planning d'entraînement en temps réel.
- [0103] La [Fig.5] représente un exemple de tableau de bord 210 pour application mobile, affiché sur un smartphone 200. Dans ce cas d'affichage réduit, le tableau de bord affiche de préférence quelques rubriques par fenêtre pour une meilleure lisibilité. Ici la rubrique hebdomadaire 211 est affichée avec différents modules d'information 212 à 214.
- [0104] Des touches d'accès rapide 215 peuvent également être prévues pour montrer des données pertinentes en lien direct par exemple avec les séances d'entraînement sportif.
- [0105] L'homme du métier comprend aisément que le tableau de bord peut être adapté selon le besoin de chaque utilisateur.
- [0106] La [Fig.6] représente un autre exemple d'interface utilisateur 250, plus adaptée à un affichage web, dont l'ergonomie permet une navigation simplifiée et intuitive.
- [0107] Il ressort de la présente description que certains éléments non essentiels du procédé et de son système de mise en œuvre peuvent être modifiés, remplacés ou supprimés, et que certaines étapes du procédé peuvent être ajustées à d'autres cas d'usage sans pour autant sortir du cadre de l'invention défini par les revendications ci-après.

Revendications

- [Revendication 1] Procédé (500) de génération automatique d'un planning électronique individualisé (100-1, 100-2) d'entraînement sportif, comprenant une pluralité de séances pour améliorer la performance physique d'un utilisateur, ledit procédé comprenant :
- une étape (510) de collecte de données individuelles de l'utilisateur, via un dispositif électronique personnel (200) ;
 - une étape (520) d'analyse des données collectées par un système expert ou par des algorithmes d'apprentissage automatique, sur une plateforme numérique d'analyse (300) ; et
 - une étape (540) de génération d'un premier planning individualisé (100-1) en fonction des données collectées et analysées ;
- caractérisé en ce qu'il comprend :
- une étape (550) de mesure en continu, au moins lors d'une séance d'entraînement sportif, de paramètres physiologiques ou de performance de l'utilisateur, et/ou de modification des données individuelles ;
 - une étape (560) d'adaptation dynamique du planning en fonction des paramètres et/ou des données de l'étape précédente, par l'exécution du système expert ou d'algorithmes d'apprentissage automatique ; et
 - une étape (570) de génération d'un deuxième planning individualisé (100-2) plus adapté à l'utilisateur.
- [Revendication 2] Procédé selon la revendication 1, dans lequel les données individuelles collectées à l'étape (510) de collecte ou modifiées à l'étape (550) de modification comprennent des informations sur le cycle menstruel de l'utilisateur lorsqu'il est de sexe féminin.
- [Revendication 3] Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel les paramètres de performance mesurés à l'étape (550) de mesure comprennent des informations sur un état physiologique de l'utilisateur tel que le niveau de fatigue ou de stress.
- [Revendication 4] Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'étape (560) d'adaptation dynamique comprend une classi-

fication de niveaux de fatigue de l'utilisateur en fonction de mesures cardiaques réalisées par un dispositif d'acquisition (400).

[Revendication 5]

Procédé selon la revendication 4, dans lequel les mesures cardiaques comprennent des mesures de variabilité cardiaque.

[Revendication 6]

Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel l'étape (560) d'adaptation dynamique comprend une analyse de rupture de pente d'un signal représentant un paramètre mesuré physiologique ou de performance de l'utilisateur.

[Revendication 7]

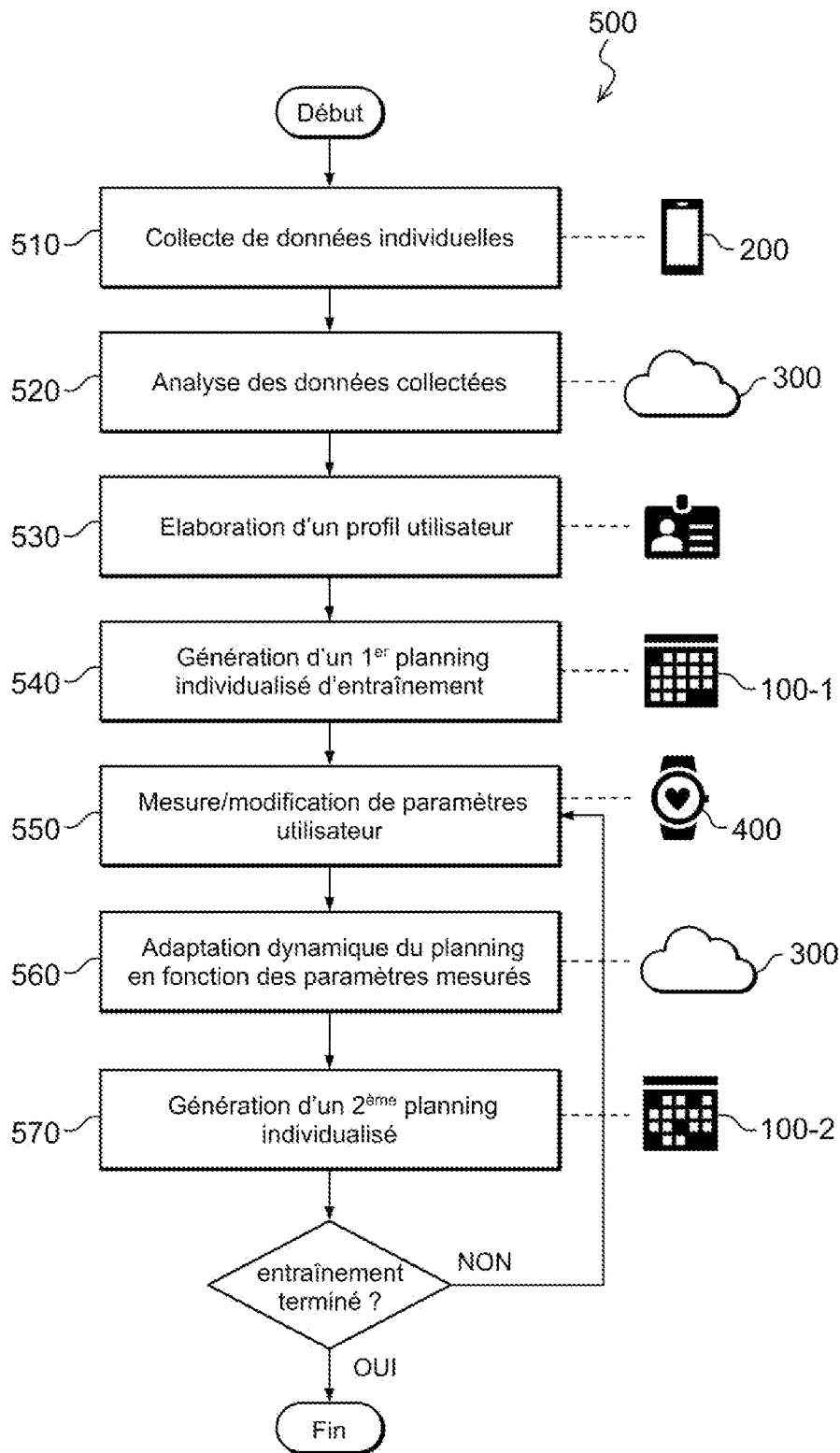
Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes, dans lequel les algorithmes d'apprentissage automatique exécutés à l'étape (560) d'adaptation dynamique comprennent des classificateurs basés sur la géométrie riemannienne, dits RGC.

[Revendication 8]

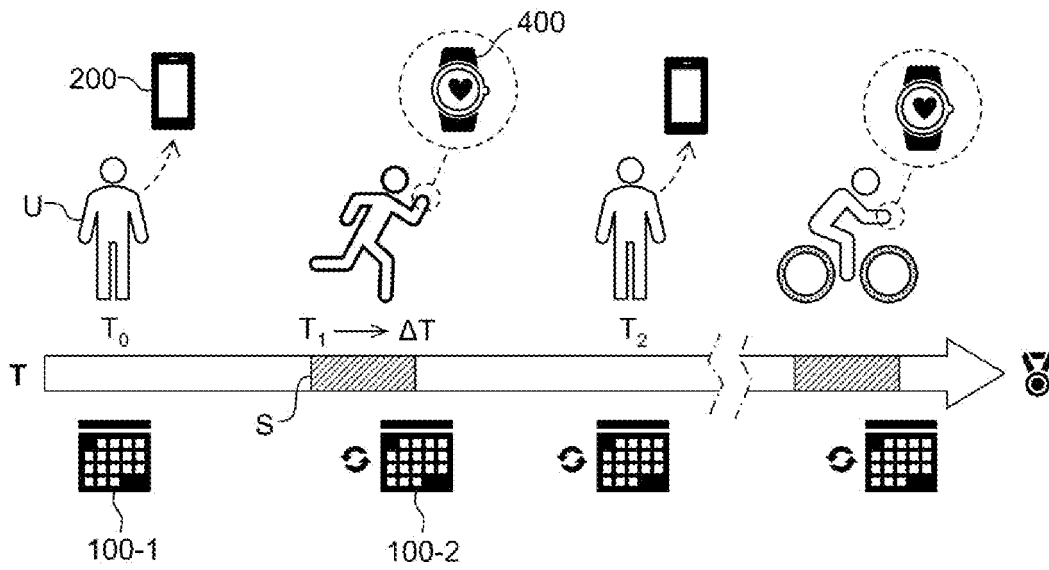
Système de génération automatique d'un planning d'entraînement sportif individualisé, pour la mise en œuvre d'un procédé selon l'une des revendications précédentes, comprenant :

- un dispositif personnel de communication (200) permettant de collecter et de modifier les données individuelles de l'utilisateur, et d'afficher le planning généré ;
- un dispositif d'acquisition de données (400) pour mesurer en temps réel des paramètres physiologiques de l'utilisateur ; et
- une plateforme d'analyse et de calcul (300) pour traiter les données collectées et mesurées, comprenant un moteur d'analyse basé sur un système expert ou un modèle d'apprentissage automatique pour déterminer un profil utilisateur à partir des données recueillies ; ledit moteur comprenant un générateur de planning pour générer un planning d'entraînement individualisé en utilisant le profil utilisateur et des données historiques d'entraînement, et un module d'adaptation pour adapter dynamiquement le planning d'entraînement en fonction des données d'entraînement en cours et de retours subjectifs de l'utilisateur pour continuer à individualiser le planning.

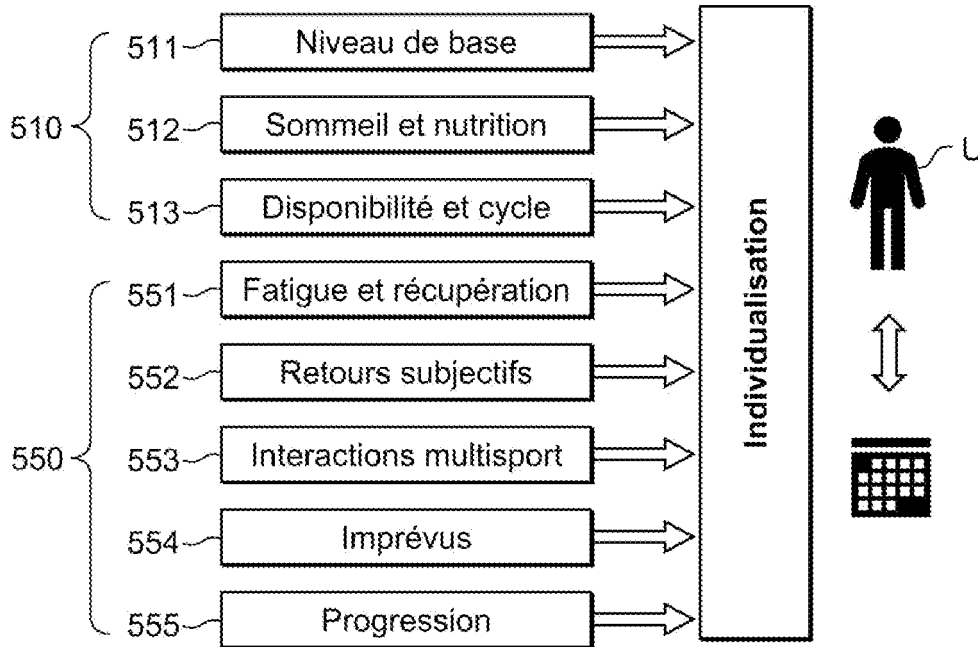
[Fig. 1]



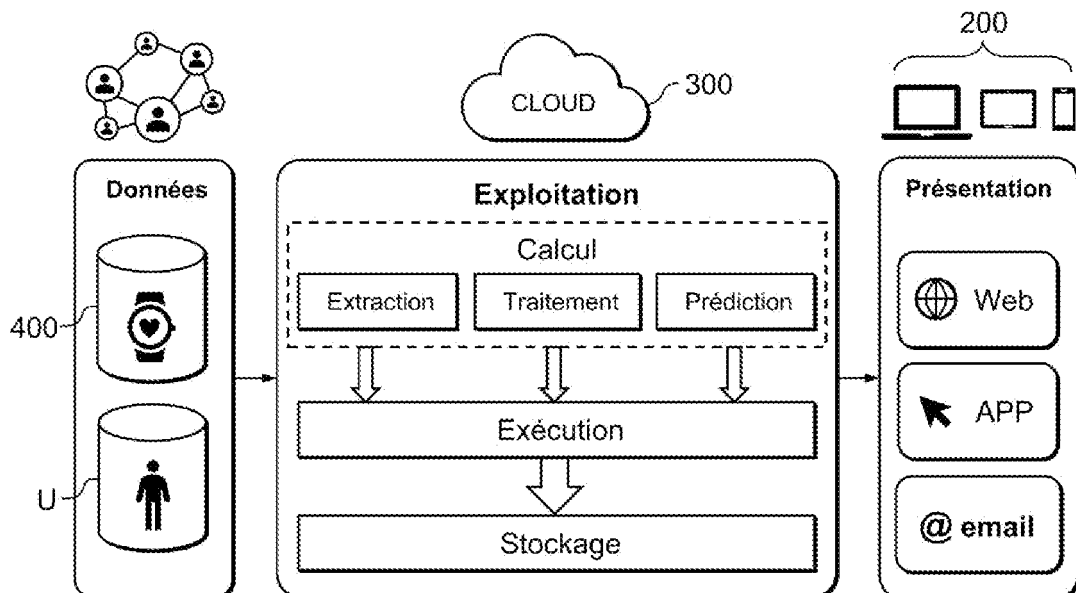
[Fig. 2]



[Fig. 3]

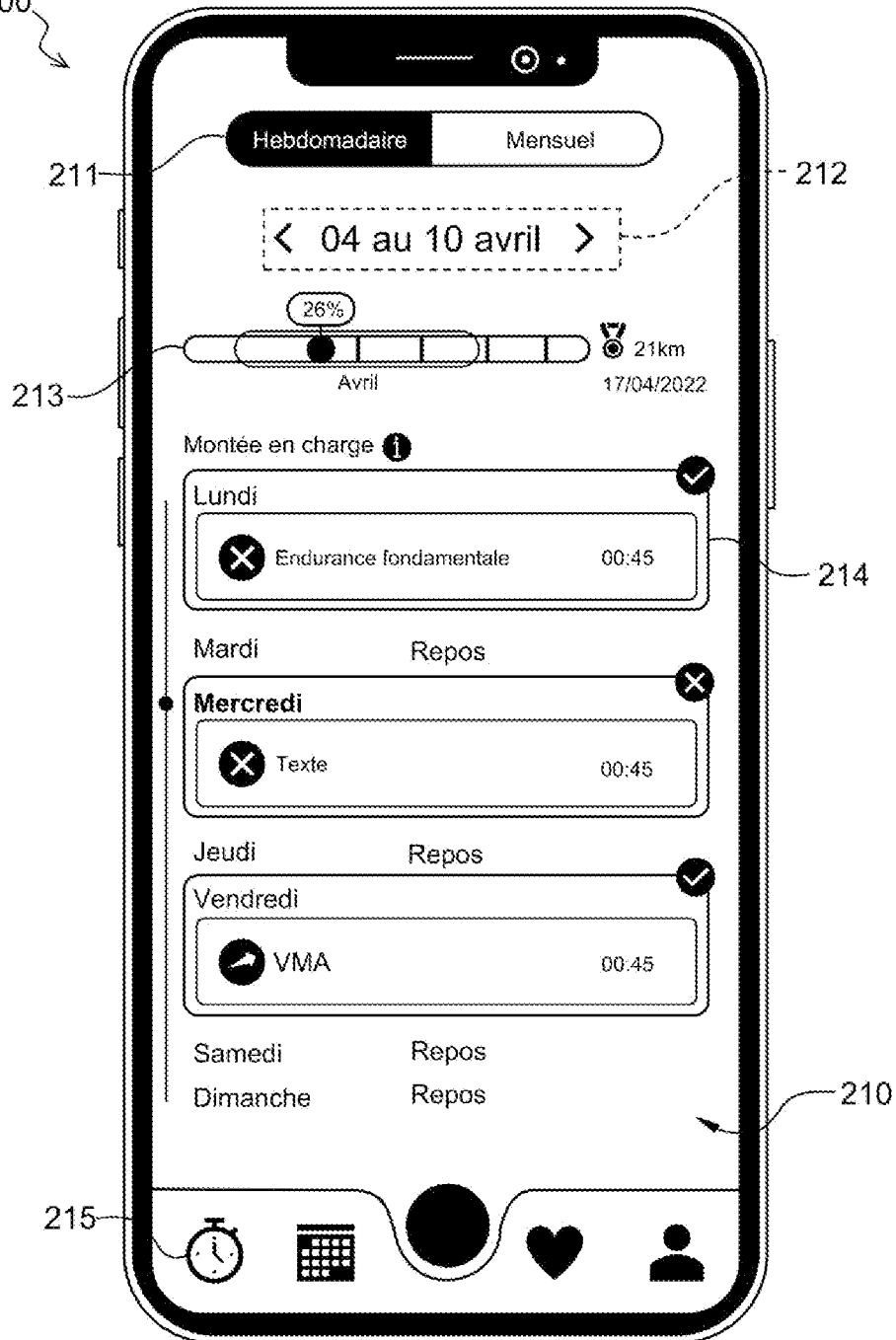


[Fig. 4]



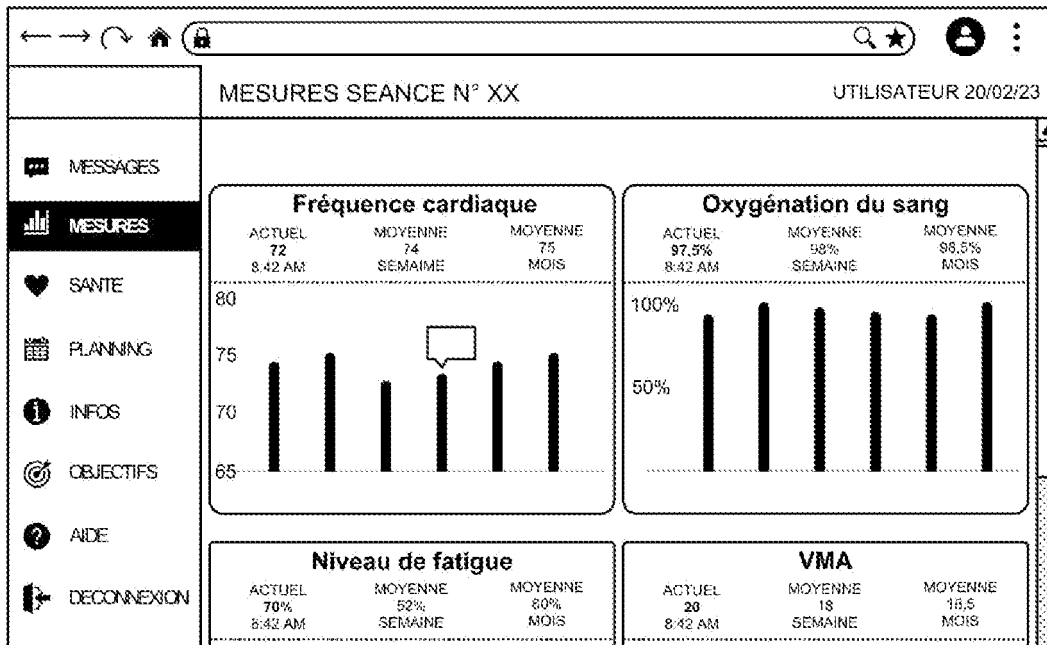
[Fig. 5]

200



[Fig. 6]

250



**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**

N° d'enregistrement
national

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

FA 915978
FR 2301528

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 2021/050086 A1 (ROSE PAUL [GB] ET AL) 18 février 2021 (2021-02-18) * abrégé; revendication 1; figure 7 * * alinéa [0007] - alinéa [0017] * * alinéa [0060] - alinéas [0069], [0084] * * alinéas [0114], [0333] - alinéa [0342] * * alinéa [0459] - alinéa [0467] * -----	1-8	A63B 24/00 A63B 71/06 G06F 3/01 G06N 20/00 G06Q 10/06 H04N 21/47
	A	US 2022/314074 A1 (BISSONNETTE MICHAEL [US] ET AL) 6 octobre 2022 (2022-10-06) * le document en entier * -----	1-8
Date d'achèvement de la recherche		Examineur	
4 septembre 2023		Kutzarova, Iskrena	
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS			
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 2301528 FA 915978**

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 **04-09-2023**
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
US 2021050086 A1	18-02-2021	EP 3743921 A1	02-12-2020
		US 2021050086 A1	18-02-2021
		WO 2019145722 A1	01-08-2019

US 2022314074 A1	06-10-2022	US 2022314072 A1	06-10-2022
		US 2022314074 A1	06-10-2022
		US 2022314077 A1	06-10-2022
		WO 2022212530 A1	06-10-2022
