

# Table des Matières

## Intégrer des modèles et des services d'intelligence artificielle

### Problématique

1. Comment concevoir et intégrer efficacement un modèle d'intelligence artificielle dans un portail de santé destiné à évaluer le stress des patients, en répondant aux besoins des utilisateurs professionnels (infirmiers, médecins) tout en respectant les normes d'accessibilité, les exigences techniques, et les principes éthiques de protection des données sensibles ?
2. **Organiser et réaliser une veille technique et réglementaire**
  - Collecte, traitement et partage des informations
  - Formulation des recommandations en phase avec l'état de l'art
3. **Identifier des services d'intelligence artificielle préexistants**
  - Expression de besoin en fonctionnalités d'intelligence artificielle
  - Benchmark de services existants
4. **Paramétrer un service d'intelligence artificielle**
  - Installation et configuration du service
  - Accessibilité et authentification du service
5. **Conclusion**
  - Synthèse des travaux effectués
  - Perspectives d'évolution
6. **Sources**
  - Références aux outils et bibliothèques
  - Documentation technique et réglementaire

## Organiser et réaliser une veille technique et réglementaire

Pour organiser et réaliser une veille technique et réglementaire, on a fait en sorte d'assurer une surveillance constante des évolutions technologiques et légales. Cela inclut la sélection rigoureuse des sources d'information pertinentes, telles que les publications scientifiques, les normes internationales, et les réglementations spécifiques au secteur de l'intelligence artificielle. Des outils automatisés, comme les alertes Google Scholar et des abonnements à des revues spécialisées, sont utilisés pour faciliter la collecte d'informations à jour. Ces informations sont ensuite traitées et synthétisées lors de réunions mensuelles afin de formuler des recommandations adaptées aux évolutions réglementaires et aux tendances techniques actuelles.

En fonction des informations collectées, des recommandations sont formulées concernant les choix technologiques, les mises à jour nécessaires des processus de développement, ainsi que les ajustements à apporter pour se conformer aux nouvelles réglementations, telles que

le RGPD. Cette démarche assure la conformité continue du projet, tout en l'aidant à intégrer les innovations pertinentes pour améliorer ses performances et son efficacité.

## Intégration de TensorFlow dans le projet Chef d'œuvre

### 1. Thématique de veille : Outil mobilisé – TensorFlow

La thématique de veille choisie porte sur l'intégration de la bibliothèque TensorFlow, un outil de machine learning open source, au cœur du projet chef d'œuvre axé sur la détection de troubles du sommeil. Cette technologie a été sélectionnée pour plusieurs raisons stratégiques et techniques, en lien direct avec les besoins et les exigences du projet.

TensorFlow offre une solution robuste, évolutive et flexible pour le développement de modèles d'intelligence artificielle. Il se distingue par :

1. **Une large gamme d'outils et de fonctionnalités** : TensorFlow prend en charge le prétraitement des données, l'entraînement des modèles, et leur déploiement sur des plateformes variées, y compris les environnements web et mobiles. Cela correspond parfaitement aux besoins de notre projet, qui doit intégrer des modèles prédictifs dans un portail de santé accessible à différents types d'utilisateurs (patients, infirmiers, médecins).
2. **Un support pour des techniques avancées** : TensorFlow permet d'implémenter des réseaux de neurones complexes et des techniques de classification multiclassées, nécessaires pour détecter des troubles comme l'insomnie et l'apnée du sommeil à partir de données variées (qualité du sommeil, rythme cardiaque, etc.).
3. **Une communauté active et une documentation riche** : Grâce à sa popularité, TensorFlow dispose d'une communauté mondiale qui partage régulièrement des solutions innovantes, des exemples d'implémentation, et des guides pratiques. Cette richesse facilite la résolution rapide des problèmes et encourage la montée en compétences des développeurs impliqués.
4. **Des performances optimisées et une scalabilité éprouvée** : TensorFlow est conçu pour exploiter efficacement les GPU et TPU, offrant des gains de vitesse considérables dans l'entraînement des modèles sur des volumes importants de données, un facteur clé pour garantir la précision et la fiabilité des prédictions.
5. **Compatibilité avec les normes de sécurité et d'intégration** : TensorFlow permet une intégration fluide avec d'autres outils nécessaires au projet, comme MongoDB pour la gestion des données, FastAPI pour l'exposition des modèles via une API REST, et MLflow pour le suivi des performances du modèle.

### 2. Planification des temps de veille

Pour assurer une mise à jour continue des informations relatives à TensorFlow, des sessions de veille hebdomadaires d'une heure ont été instaurées. Ces temps permettent de suivre les nouvelles versions, les correctifs, et les meilleures pratiques publiées par la communauté TensorFlow. Les réunions de veille s'articulent autour de la consultation des flux d'actualités de TensorFlow, de l'analyse des articles publiés sur les blogs techniques, et de discussions sur des plateformes collaboratives telles que Reddit et les newsletters spécialisées en machine learning.

En ce qui concerne les avancées technologiques, je me suis d'ailleurs inscrit à la newsletter :

## Bulletins d'information

Thanos3400@hotmail.com

S'abonner

Science X Daily et la newsletter hebdomadaire par e-mail sont des fonctionnalités gratuites qui vous permettent de recevoir vos actualités scientifiques et technologiques préférées dans votre boîte de réception.

### *3. Choix des outils d'agrégation*

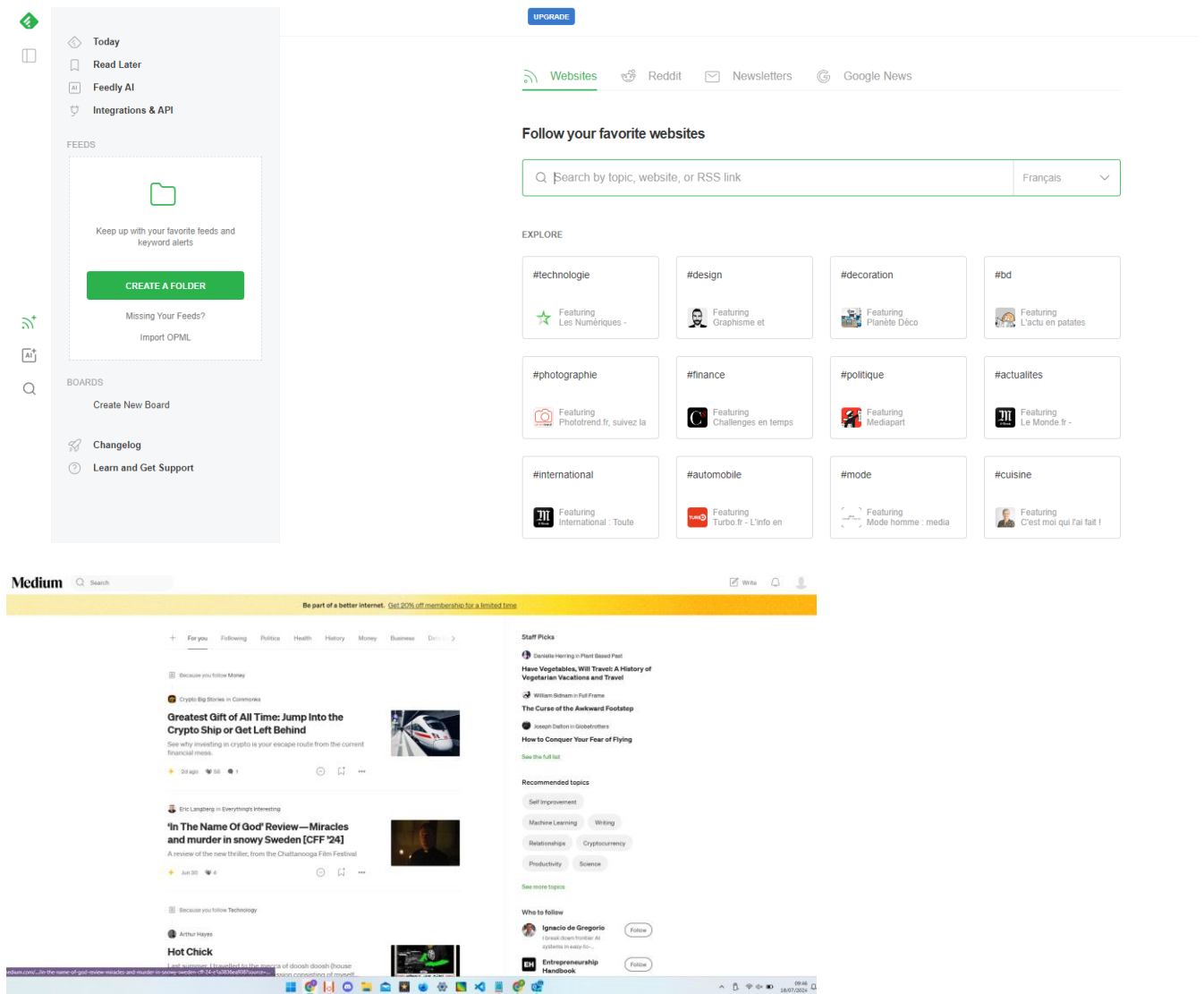
Les outils d'agrégation d'informations utilisés dans le cadre de cette veille sont cohérents avec les besoins identifiés et le budget alloué. Des flux RSS et des alertes Google Scholar ont été mis en place pour suivre les publications scientifiques et les mises à jour de TensorFlow. De plus, des agrégateurs comme Feedly et les newsletters officielles de TensorFlow ont été mobilisés pour regrouper les informations dans une interface unique. Ces choix garantissent une collecte efficace des informations tout en respectant les contraintes budgétaires.

### *4. Communication et accessibilité des synthèses*

Les synthèses des informations collectées sont partagées avec les parties prenantes sous forme de documents accessibles respectant les recommandations de l'association Valentin Haüy et des guides Atalan – AcceDe. Ces synthèses comprennent des formats texte avec descriptions claires, un balisage accessible, et des graphiques annotés pour les personnes ayant des déficiences visuelles. Ces documents permettent une appropriation rapide des informations clés par tous les membres du projet, tout en respectant les standards d'inclusivité.

### *5. Partage et recommandations issues de la veille*

Les informations issues de la veille sont partagées via une plateforme collaborative interne (GitHub et Google Drive). Ces données incluent des recommandations spécifiques sur l'utilisation optimale de TensorFlow dans le cadre du projet, notamment la configuration de l'environnement, les bibliothèques complémentaires utiles (telles que Keras pour l'abstraction des modèles), et les bonnes pratiques de déploiement en production. Ces recommandations sont essentielles pour garantir que le projet reste aligné avec l'état de l'art tout en tirant parti des avancées les plus récentes de TensorFlow.



Mes articles :

J'utilise des polices de taille adéquate et des contrastes suffisants afin que mes rapports soit claire et visible a relire en général j'utilise du calibre en taille 11. J'ajoute des titres également pour retrouver les points essentiels de mes rapports notamment s'il y a des articles importants.

J'organise les informations de manière logique et hiérarchisée.

Critères de Fiabilité des Sources :

Application Pratique / Sélection des Sources d'Information / Parmi les articles fiables on retrouve les Articles de Google Scholar

Google Scholar

sommeil et neuroscience

Articles Environ 19 200 résultats (0,05 s)

Date indifférente  
Depuis 2024  
Depuis 2023  
Depuis 2020  
Période spécifique...

Trier par pertinence  
Trier par date

Toutes les langues  
Recherche dans les pages en Français

Tous les types  
Articles de revue

☐ Inclure les brevets  
☒ Inclure les citations

☒ Créer l'alerte

[Livre] Les troubles du **sommeil**  
Y Dauvilliers - 2019 - books.google.com  
... et de l'éveil proprement dits, les pathologies liées ou aggravées par le **sommeil** et le **sommeil** comme temps électro d'exploration d'un certain nombre de maladies, destiné à attirer l'...  
☆ Enregistrer 90 Citer Cité 19 fois - Autres articles

Sleep architecture of the melanin-concentrating hormone receptor 1-knockout mice  
A Adamantidis, D Salvat, B Goutaggy, ... - ... of neuroscience, 2008 - Wiley Online Library  
Growing amounts of data indicate involvement of the posterior hypothalamus in the regulation of sleep, especially paradoxical sleep (PS). Accordingly, we previously showed that the ...  
☆ Enregistrer 90 Citer Cité 97 fois - Autres articles Les 10 versions

[PDF] researchgate.net

[HTML] cairn.info

[HTML] cairn.info

[HTML] medecinesciences.org

IEEE Xplore :

IEEE Xplore est fiable en raison de deux facteurs : la rigueur de ses processus d'évaluation par les pairs et la qualité élevée des articles publiés. Les articles sur IEEE Xplore sont soumis à une évaluation critique par des experts avant leur publication, assurant ainsi des standards élevés de véracité et de précision scientifique.

IEEE Xplore

Parcourir Mes paramètres Aide Connexion institutionnelle IEEE

Faire progresser la technologie au service de l'humanité

RECHERCHER 6 367 407 ARTICLES

Recherche avancée

RECHERCHER LES PLUS POPULAIRES

IEEE Climate Change Collection

As the world's largest organization of technical professionals, IEEE is uniquely positioned to help organize the world's engineers, scientists, and technical professionals in addressing the causes, mitigating impacts, and adapting to climate change.

Go to the Collection

Auteurs en vedette

Hon Ki Tsang (Cornell)  
Contrôle dynamique du modèle de mode spatial étendu en entrée pour une fibre multimode

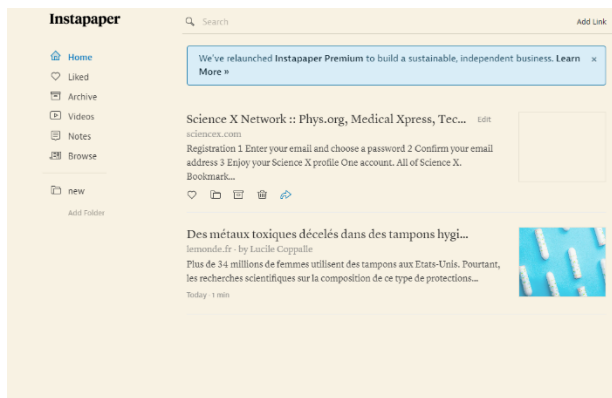
Ana García Armada (Cornell)  
Liaison descendante MIMO-OFDM massive non cohérente basée sur la modulation

Wonjae-Shin (Cornell du Sud)  
Accès multiple non orthogonal dans les réseaux multi-antennes / réseaux MIMO

PubMed est considéré comme une source extrêmement fiable en raison de sa supervision stricte des contenus scientifiques et médicaux. Tout d'abord, PubMed est géré par la National Library of Medicine (NLM), une institution renommée aux États-Unis, qui garantit des normes élevées en termes de sélection et de gestion des articles. Deuxièmement, les articles indexés dans PubMed sont soumis à une évaluation, assurant la qualité et la précision des informations diffusées. En conséquence, PubMed est largement utilisé par les professionnels de la santé et les chercheurs comme une source fiable pour accéder à des informations scientifiques et médicales de confiance.

## Blogging

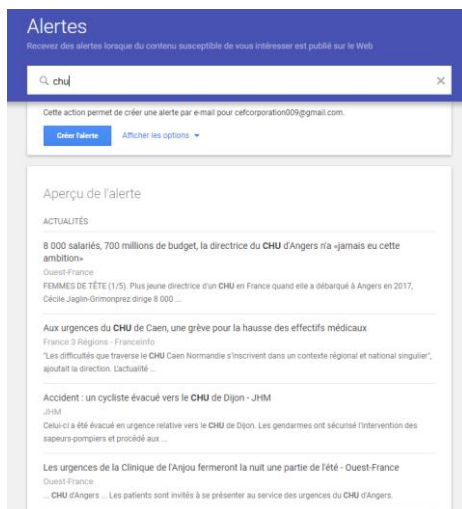
Les blogs spécialisés, tels que ceux hébergés sur des plateformes comme Medium et Towards Data Science, peuvent offrir des informations utiles et intéressantes, mais leur fiabilité peut varier considérablement en fonction de plusieurs facteurs, je les ai donc laissé de côté. Dans le cadre de ma recherche, j'ai enrichi mes connaissances en écoutant des podcasts spécialisés et en participant à des conférences, notamment celles animées par Irène Frachon. Ces initiatives m'ont permis de mieux comprendre les enjeux critiques liés à la sécurité des médicaments et aux pratiques pharmaceutiques actuelles.



Mise en avant de ma veille hebdomadaire sur l'actualité de l'intelligence artificielle et du médicale.

## Google alerte

Dans le cadre de ma recherche, j'utilise Google Alerts pour surveiller les informations récentes concernant l'intelligence artificielle, la médecine, la médecine du sommeil et les nouvelles technologies. Cette approche me permet de rester informé des développements les plus récents dans ces domaines clés, facilitant ainsi l'accès à des informations actualisées et pertinentes pour mes études et mes projets." Google Alerts est pour moi un outil stratégique pour rester à jour sur les avancées et les nouvelles importantes dans mes domaines d'intérêt du projet.



Dans le cadre de notre projet d'information, j'utilise Notion pour annoter et partager des articles de manière collaborative. Notion facilite l'organisation et la gestion des informations critiques en permettant d'ajouter des annotations et des commentaires directement sur les documents partagés. Cela améliore notre efficacité en assurant que tous les membres de l'équipe ont accès aux mêmes informations pertinentes, tout en facilitant la coordination et la communication entre nous. En utilisant Notion, nous sommes en mesure de centraliser nos

ressources, de suivre les progrès du projet et d'adapter nos stratégies en fonction des nouvelles informations et des évolutions du projet. En résumé, Notion joue un rôle essentiel en optimisant la collaboration et en renforçant la cohésion de notre équipe dans la réalisation de notre projet d'information.

En résumé mes outils d'Agrégation sont les suivants :

Feedly pour suivre les flux RSS de publications académiques et de blogs spécialisés.

Instapaper pour sauvegarder et organiser les articles à lire plus tard.

Google Alerts pour recevoir des notifications sur les nouvelles publications.

Notion pour annoter et partager des articles avec l'équipe.

Organiser et réaliser une veille technique et réglementaire sur les technologies de détection des troubles du sommeil et les réglementations associées a été essentiel pour maintenir notre projet à jour avec les dernières avancées. En collaborant efficacement à travers la sélection rigoureuse des sources, la collecte minutieuse des informations et leur traitement, nous avons pu identifier des innovations telles que le système abdominal fixable intégré à une application smartphone pour le diagnostic précis de l'apnée du sommeil à domicile. Ce dispositif promet une exactitude supérieure à 91%, illustrant l'impact positif des avancées technologiques sur l'accessibilité aux soins.

Parallèlement, notre veille réglementaire a souligné des approbations accélérées pour de telles technologies en Asie, comme celle du système de diagnostic coréen par le MFDS, signalant une reconnaissance rapide de leur efficacité et de leur conformité aux normes. Les normes d'accessibilité renforcées et les politiques de remboursement favorables ont également été identifiées comme des facteurs clés soutenant l'adoption de ces technologies, assurant leur sécurité et leur accessibilité pour un large éventail de patients.

Nos outils d'agrégation, tels que Feedly pour les flux RSS et Notion pour la collaboration et l'annotation, ont été cruciaux dans la gestion efficace des informations collectées et leur partage avec l'équipe. En planifiant des sessions de veille hebdomadaires, nous avons assuré une mise à jour constante de nos connaissances, alignant ainsi nos recommandations avec l'état de l'art et les besoins du projet.

En résumé, mon approche proactive de la veille technique et réglementaire a permis de naviguer avec succès dans un domaine en évolution rapide, en intégrant les dernières avancées technologiques et les exigences réglementaires pour formuler des recommandations pertinentes et informées pour notre projet.

# Identifier des services d'intelligence artificielle préexistants

## Objectif Principal

Développer une solution d'intelligence artificielle capable de détecter automatiquement les troubles du sommeil (insomnie, apnée du sommeil) à partir de données physiologiques et comportementales, afin de fournir un outil fiable et précis aux professionnels de la santé pour un diagnostic plus efficace et adapté.

## Objectifs Spécifiques

### 1. Détection automatique des troubles du sommeil

- Créer un modèle d'IA performant utilisant des techniques de classification binaire ou multiclassées (SVM, arbres de décision, réseaux de neurones).
- Variables clés :
  - Durée du sommeil
  - Qualité du sommeil
  - Fréquence cardiaque
  - Tension artérielle

- Niveau de stress

## 2. Développement d'une interface utilisateur

- Interface conviviale permettant aux professionnels de la santé d'interpréter facilement les prédictions du modèle. Accès à des rapports détaillés sur les patients.

## 3. Génération de rapports personnalisés

- Rapports détaillés pour chaque utilisateur, incluant des recommandations pour améliorer la qualité du sommeil.

# Contraintes du Projet

## 1. Précision et Fiabilité

- Le modèle doit atteindre un haut niveau de précision pour être fiable sur le plan clinique.
- Maximiser la sensibilité et la spécificité pour minimiser les faux positifs et faux négatifs.

## 2. Interprétabilité

- Les résultats du modèle doivent être facilement compréhensibles pour les professionnels de santé.
- Fournir des visualisations claires et des explications simples des prédictions.

## 3. Personnalisation

- Le modèle devra s'adapter aux données individuelles des patients, offrant des diagnostics et des recommandations personnalisées.

## 4. Sécurité et Confidentialité des Données

- Respect des normes RGPD (Règlement Général sur la Protection des Données) pour garantir la sécurité et la confidentialité des données sensibles.

## 5. Éco-responsabilité

- Minimiser l'empreinte carbone associée à l'utilisation des ressources informatiques.

## 6. Compatibilité et Intégration

- Assurer la compatibilité avec les systèmes existants dans les établissements de santé et garantir une intégration fluide dans les flux de travail des professionnels.

## 7. Coût et Maintenance

- Veiller à ce que le coût de développement, de déploiement et de maintenance reste accessible tout en maximisant les bénéfices pour les établissements de santé.



# Critères de Sélection

## 1. Fonctionnalités Requises

- Détection des troubles du sommeil
- Personnalisation des rapports
- Interface utilisateur intuitive

## 2. Performance

- Précision, fiabilité et capacité de traitement en temps réel.

## 3. Compatibilité

- Intégration avec les systèmes de santé existants et compatibilité avec les formats de données utilisés.

## 4. Éco-responsabilité

- Consommation d'énergie et empreinte carbone des solutions proposées.

## 5. Sécurité et Conformité

- Respect des normes RGPD et protection des données sensibles.

## 6. Coût

- Licence, maintenance et coût de déploiement abordables.
- Plusieurs services ont été évalués dans le cadre du projet chef-d'œuvre afin de sélectionner les solutions technologiques les plus adaptées pour la détection des troubles du sommeil. Certains services ont été écartés en raison de contraintes budgétaires ou de limitations techniques. Par exemple, IBM Watson Health a été exclu en raison de son coût de licence élevé, qui ne se justifie pas pour ce projet. De même, Google Cloud AI a été jugé inapproprié en raison de ses coûts élevés d'infrastructure et de maintenance. Enfin, AWS Health AI, bien que performant, propose une version gratuite trop limitée pour un usage pertinent, ce qui aurait nécessité un passage rapide à la version payante, incompatible avec les contraintes budgétaires du projet.
- Dans cette optique, les services recommandés privilégient des solutions gratuites et fiables, respectant les objectifs financiers tout en offrant les fonctionnalités nécessaires pour garantir une détection précise et performante des troubles du sommeil. TensorFlow s'est imposé comme une solution de choix. En tant que framework open-source, il permet de développer des modèles d'IA sur mesure adaptés aux besoins spécifiques du projet, tout en bénéficiant de l'appui d'une large communauté de développeurs et de ressources techniques abondantes. Sa gratuité, combinée à sa flexibilité, le rend idéal pour créer une solution performante sans coûts supplémentaires.
- PyTorch, un autre framework open-source, a également été retenu comme une alternative crédible. Très populaire dans le domaine du deep learning, PyTorch se distingue par sa facilité d'utilisation et sa capacité à faciliter le prototypage et le

déploiement rapide de modèles d'IA. De plus, il est largement adopté dans la communauté scientifique, ce qui garantit un accès à des ressources complètes et une documentation de qualité. Ces caractéristiques font de PyTorch un outil particulièrement intéressant pour l'optimisation et l'intégration de modèles IA dans des projets nécessitant un haut degré d'adaptabilité.

- En conclusion, TensorFlow et PyTorch se démarquent par leur pertinence et leur capacité à répondre aux besoins spécifiques du projet, tout en respectant les contraintes budgétaires et techniques imposées. Ces solutions permettent une approche flexible et évolutive dans le développement de modèles d'intelligence artificielle.

### 3. Benchmark des services : Liste des services étudiés et non étudiés

#### Services étudiés :

- TensorFlow (Gratuit et open-source)
- PyTorch (Gratuit et open-source)
- Scikit-learn (Gratuit et open-source)
- Google Cloud AI
- AWS Health AI
- Azure AI
- Philips HealthSuite
- IBM Watson Health

### 4. Scikit-learn (Gratuit et Open-Source)

- **Raison** : Scikit-learn est un outil très efficace pour les modèles de machine learning plus simples, comme les SVM ou les arbres de décision. Il est particulièrement adapté pour des projets avec des contraintes budgétaires.
- **Avantages** :
  - Léger, facile à utiliser et très adapté pour un prototypage rapide.
  - Efficacité prouvée dans les tâches de classification.
  - Excellente option pour les projets nécessitant une approche plus simple et rapide.

### Benchmark sur l'Éco-Responsabilité des Services Évalués

#### Google Cloud AI

- **Éco-responsabilité** :
  - Google est un leader en matière de durabilité et compense entièrement ses émissions de carbone depuis 2007.
  - Les centres de données de Google fonctionnent avec une énergie renouvelable à 100 %, réduisant ainsi l'empreinte carbone.
- **Résumé** : Bien que coûteux, Google Cloud AI bénéficie d'une forte éco-responsabilité grâce à l'engagement de Google en faveur de l'énergie verte.

#### Azure AI

- **Éco-responsabilité** :
  - Microsoft s'engage à être carbone négatif d'ici 2030, avec une grande partie de ses centres de données alimentés par de l'énergie renouvelable.
  - Ils compensent également leurs émissions via des programmes écologiques.

- **Résumé** : Azure AI est puissant, mais son coût peut être prohibitif, bien qu'il soit soutenu par des initiatives fortes en matière de durabilité environnementale.

#### *Philips HealthSuite*

- **Éco-responsabilité** :
  - Philips vise la neutralité carbone d'ici 2025 et investit dans des technologies écologiques.
- **Résumé** : Bien que spécialisé dans le domaine de la santé et soutenu par une stratégie de durabilité solide, Philips HealthSuite est coûteux et difficile à intégrer.

#### *IBM Watson Health*

- **Éco-responsabilité** :
  - IBM travaille à la réduction de son empreinte carbone avec des centres de données plus efficaces et une réduction des émissions globales.
- **Résumé** : IBM Watson Health est performant, mais son coût élevé et son impact environnemental moins optimisé le rendent moins attrayant comparé à d'autres solutions.

### Démarches Éco-Responsables des Frameworks Open-Source

#### *1. TensorFlow*

- **Optimisation énergétique** : Google, qui développe TensorFlow, s'engage à utiliser de l'énergie renouvelable dans ses centres de données, réduisant ainsi l'empreinte carbone des modèles entraînés sur le cloud.
- **Efficacité des algorithmes** : TensorFlow permet de réduire la consommation énergétique en optimisant les modèles pour une utilisation plus efficace des ressources.
- **Support des technologies matérielles** : TensorFlow est compatible avec des technologies plus économes en énergie comme les TPU (Tensor Processing Units), optimisant ainsi la consommation énergétique.

#### *2. PyTorch*

- **Efficacité computationnelle** : PyTorch, développé par Facebook, permet également d'optimiser les modèles pour minimiser l'utilisation des ressources.
- **Initiatives écologiques** : Facebook s'engage à atteindre 100 % d'énergie renouvelable pour ses opérations mondiales et à devenir net zéro carbone d'ici 2030, ce qui contribuera à réduire l'impact environnemental de PyTorch.
- **Contribution communautaire** : En tant qu'outil open-source, PyTorch bénéficie de contributions pour améliorer ses algorithmes et réduire la consommation énergétique.

#### *3. Scikit-learn*

- **Légèreté et efficacité** : Scikit-learn est conçu pour être léger et nécessite moins de ressources, ce qui entraîne une empreinte carbone plus faible.
- **Open-source et communauté** : Scikit-learn bénéficie d'une communauté active qui contribue à améliorer son efficacité énergétique.
- **Utilisation locale** : Souvent utilisé pour des tâches locales, Scikit-learn réduit la dépendance aux grands centres de données, moins énergivores.

## Reformulation de l'expression de besoin

### Objectifs :

- Développer une solution d'intelligence artificielle pour détecter automatiquement les troubles du sommeil (insomnie, apnée du sommeil) à partir de données physiologiques et comportementales.
- Fournir un outil précis et fiable pour les professionnels de santé, facilitant le diagnostic et les recommandations de traitement.

### Contraintes :

- Précision et fiabilité élevées. Interprétabilité des résultats.
- Personnalisation des recommandations.
- Respect de la sécurité et de la confidentialité des données.
- Co-responsabilité. Compatibilité et intégration avec les systèmes existants.
- Coût de développement, déploiement et maintenance.

### Services non étudiés :

- Services d'IA moins connus ou avec des limitations significatives en termes de fonctionnalités, de coût, ou de disponibilité.

## 4. Raisons pour écarter certains services

- **Google Cloud AI** : Coût élevé d'infrastructure et de maintenance, dépassant le budget.
- **AWS Health AI** : Version gratuite trop limitée, nécessitant un passage à la version payante pour une utilisation complète.
- **Philips HealthSuite** : Coût élevé de licence et complexité d'intégration pour un petit projet.
- **IBM Watson Health** : Coûts élevés et complexité des modèles, nécessitant une expertise avancée.

## 5. Niveau d'adéquation des services pour chaque ensemble fonctionnel souhaité

- **TensorFlow** :
  - **Détection des troubles du sommeil** : Très adapté grâce à sa flexibilité et son support pour des modèles avancés.
  - **Interface utilisateur** : Nécessite le développement d'une interface personnalisée.
  - **Rapports personnalisés** : Peut générer des rapports via des outils tiers ou personnalisés.
- **PyTorch** :
  - **Détection des troubles du sommeil** : Idéal pour les modèles complexes avec un contrôle granulaire.
  - **Interface utilisateur** : Exige également le développement d'une interface spécifique.
  - **Rapports personnalisés** : Similaire à TensorFlow, nécessite des outils additionnels.
- **Scikit-learn** :
  - **Détection des troubles du sommeil** : Efficace pour des modèles de machine learning simples, mais limité pour les tâches complexes.
  - **Interface utilisateur** : Simple à intégrer mais nécessite une personnalisation pour des visualisations avancées.

- **Rapports personnalisés** : Peut générer des rapports mais moins flexible que TensorFlow et PyTorch.
- **Google Cloud AI, AWS Health AI, Azure AI** :
  - **Détection des troubles du sommeil** : Très performants, mais coût élevé et complexité d'intégration.
  - **Interface utilisateur** : Bien développée mais dépendante du coût et de la configuration.
  - **Rapports personnalisés** : Fonctionnalités robustes mais peuvent nécessiter des configurations avancées.
- **Philips HealthSuite, IBM Watson Health** :
  - **Détection des troubles du sommeil** : Excellents pour les environnements médicaux mais coûteux et complexes.
  - **Interface utilisateur** : Bien intégrée pour les environnements de santé mais complexe pour une petite équipe.
  - **Rapports personnalisés** : Très détaillés mais coûteux et souvent spécialisés.

## 5. Démarche éco-responsable des services étudiés

- **TensorFlow** : Utilisé par Google qui vise 100 % d'énergie renouvelable pour ses centres de données.
- **PyTorch** : Soutenu par Facebook qui s'engage à atteindre la neutralité carbone d'ici 2030.
- **Scikit-learn** : Peu gourmand en ressources, contribuant à une empreinte carbone réduite.
- **Google Cloud AI** : Utilise des centres de données alimentés à 100 % par des énergies renouvelables.
- **AWS Health AI et Azure AI** : S'engagent aussi dans la réduction de l'empreinte carbone, bien que de manière moins transparente que Google.
- **Philips HealthSuite et IBM Watson Health** : Peu d'informations disponibles sur leurs initiatives écologiques.

## Inconvénients :

- **Limité aux modèles simples** : Moins adapté pour les tâches de deep learning ou les modèles très complexes.
- **Scalabilité** : Moins performant pour les projets de grande envergure ou nécessitant un traitement de données en temps réel.

## Services écartés : Outils Payants

- **Google Cloud AI**  
**Avantages :**
  - **Puissance et intégration** : Offre des outils avancés de machine learning avec une intégration facile dans l'écosystème Google.
  - **Éco-responsabilité** : Utilise 100 % d'énergie renouvelable, offrant une option durable sur le plan environnemental.**Inconvénients :**
  - **Coût élevé** : Les frais d'infrastructure et de services peuvent rapidement s'accumuler, dépassant le budget du projet.
- **AWS Health AI**  
**Avantages :**
  - **Flexibilité** : API robustes et outils variés pour personnaliser les solutions de santé.

- **Éco-responsabilité** : AWS vise 100 % d'énergie renouvelable d'ici 2025, avec des progrès en cours.  
**Inconvénients** :
- **Coût d'infrastructure** : Les coûts peuvent être prohibitifs, en particulier pour les projets de grande envergure.
- **Complexité de configuration** : Nécessite des compétences avancées pour une configuration et une gestion optimales.
- **Azure AI**  
**Avantages** :
  - **Intégration avec l'écosystème Microsoft** : Bien adapté pour les organisations utilisant déjà des produits Microsoft.
  - **Éco-responsabilité** : Microsoft vise à être carbone négatif d'ici 2030, avec des centres de données majoritairement alimentés par des énergies renouvelables.  
**Inconvénients** :
  - **Coût** : Comme les autres services cloud, Azure AI peut rapidement devenir coûteux, dépassant les limites budgétaires.
  - **Interopérabilité** : Peut présenter des défis d'intégration avec des systèmes non-Microsoft.
- **Philips HealthSuite**  
**Avantages** :
  - **Spécialisation santé** : Optimisé pour les environnements médicaux avec des fonctionnalités dédiées à la gestion des données de santé.
  - **Engagement durable** : Philips se concentre sur des pratiques éco-responsables, visant la neutralité carbone.  
**Inconvénients** :
  - **Coût élevé** : Le coût de la licence et de l'intégration peut être prohibitif pour les petits projets.
  - **Complexité d'intégration** : Nécessite une expertise spécifique pour une mise en œuvre efficace dans les systèmes de santé.

Pour un projet de détection des troubles du sommeil où le budget est une contrainte majeure, les outils gratuits comme **TensorFlow**, **PyTorch**, et **Scikit-learn** offrent des solutions puissantes et adaptées, tout en étant éco-responsables. Ces services permettent de répondre aux besoins du projet sans compromettre la performance ni la durabilité environnementale.

Les services payants tels que **Google Cloud AI**, **AWS Health AI**, et **Azure AI**, bien que puissants et éco-responsables, sont écartés en raison de leur coût élevé, qui dépasse le budget alloué pour le projet..

# Paramétrer un service d'intelligence artificielle

## 1. Paramétrage du Service d'Intelligence Artificielle

Un service d'intelligence artificielle a été paramétré en suivant rigoureusement la documentation technique officielle. Ce service, basé sur TensorFlow, a été intégré dans le système d'information pour fournir des fonctionnalités prédictives axées sur la détection des troubles du sommeil.

Le processus d'intégration a été structuré en plusieurs étapes. Tout d'abord, le service a été configuré dans un environnement de développement local à l'aide de Google Colab, permettant d'exploiter des ressources de calcul avancées pour entraîner et tester les modèles d'intelligence artificielle. Les fichiers de modèle, tels que `best_model.keras`, et les outils associés, comme le scaler enregistré dans `target_scaler.joblib`, ont été préparés pour une utilisation cohérente avec les besoins du projet.

Ensuite, une API REST a été développée à l'aide de FastAPI pour permettre la communication entre le modèle d'IA et les autres composants du système d'information. Cette API inclut des points de terminaison pour la prédiction, la gestion des utilisateurs (via l'authentification JWT), et le monitoring des performances du modèle grâce à l'intégration avec MLflow. Les tests d'intégration ont été effectués pour garantir que les points de terminaison fonctionnent correctement avec des jeux de données réels.

Le déploiement du service a été réalisé sur une instance hébergée (par exemple, via un serveur local ou cloud) en utilisant des conteneurs Docker pour assurer une portabilité et une reproductibilité optimale. Ce choix facilite également la gestion des dépendances, ainsi que la mise à jour et la maintenance du service dans un environnement de production.

Enfin, un système de monitoring continu a été mis en place à l'aide de MLflow. Ce dernier suit les performances du modèle en production en mesurant des métriques clés, telles que la précision et la latence des prédictions. Une documentation complète a été produite pour détailler le processus d'installation, de configuration, et d'utilisation du service. Cette documentation est stockée dans un dépôt GitHub pour être accessible à l'équipe de développement et aux autres parties prenantes.

En résumé, le service d'intelligence artificielle a été intégré avec succès dans le système d'information grâce à une méthodologie rigoureuse couvrant la configuration, le développement, le déploiement, le monitoring et la documentation. Toutes ces étapes ont été exécutées dans des environnements adaptés, garantissant la qualité, la sécurité et l'accessibilité du projet.

## 2. Accessibilité du Service

Le service installé est accessible via une interface web développée en Django. L'accès au service nécessite une authentification sécurisée pour garantir que seuls les utilisateurs autorisés peuvent interagir avec le système. L'authentification se base sur une base de données MongoDB où les informations des utilisateurs sont stockées.

### Prétraitement et Entraînement des Données

Le traitement des données d'entrée constitue une étape essentielle pour garantir la qualité et la précision des prédictions du modèle. Les données initiales, collectées sous forme brute, sont d'abord inspectées pour détecter d'éventuelles valeurs manquantes, anomalies ou incohérences.

#### Étapes de prétraitement :

1. **Imputation des données manquantes** : Les colonnes contenant des valeurs manquantes, telles que la durée du sommeil ou le rythme cardiaque, sont imputées en utilisant des méthodes statistiques adaptées, comme la moyenne pour les données continues.
2. **Normalisation des données** : Toutes les variables numériques (ex. : durée du sommeil, étapes quotidiennes) sont normalisées à l'aide de la méthode Min-Max Scaling afin de les transformer dans une plage de valeurs [0, 1], réduisant ainsi les biais liés à l'échelle des variables. Cela a été effectué en utilisant `scikit-learn` avec la classe `MinMaxScaler`, qui a également été sauvegardée sous forme de fichier (`target_scaler.joblib`) pour assurer la cohérence des transformations en production.
3. **Encodage des variables catégoriques** : Les données non numériques, comme le genre, sont transformées en une représentation numérique via l'encodage one-hot ou ordinal, selon la pertinence pour le modèle.

### Entraînement du modèle :

Le modèle, un réseau de neurones développé avec TensorFlow/Keras, a été configuré avec les spécifications suivantes :

- **Architecture du réseau** :
  - Une couche d'entrée alignée avec le nombre de caractéristiques d'entrée (7 variables prétraitées).
  - Deux couches cachées denses avec 64 neurones chacune et des fonctions d'activation `ReLU` pour capturer les relations non linéaires.
  - Une couche de sortie avec une fonction d'activation `sigmoid` pour prédire un score de santé normalisé.
- **Optimisation** : L'algorithme Adam a été utilisé avec un taux d'apprentissage initial de 0.001.
- **Perte et métriques** : La fonction de perte `mean_squared_error` (MSE) a été choisie pour minimiser les écarts entre les scores prévus et réels, et les métriques comme la `mean_absolute_error` (MAE) ont été suivies pour évaluer les performances.

Les données ont été divisées en ensembles d'entraînement (80 %) et de test (20 %) en utilisant `train_test_split` de `scikit-learn`. Le modèle a été entraîné sur 50 époques avec un batch size de 32, et un mécanisme d'arrêt anticipé a été intégré pour éviter le surapprentissage. Le meilleur modèle a été sauvegardé dans un fichier nommé `best_model.keras`.

### Fonctionnalités de Prédiction

Le service de prédiction a été configuré pour s'intégrer directement dans le système d'information via une API REST développée avec FastAPI. Les utilisateurs peuvent soumettre leurs données via une interface web simple et intuitive.

### Configuration technique :

1. **Chargement du modèle** : Lorsqu'une requête est envoyée à l'API, le modèle est chargé depuis le fichier `best_model.keras` à l'aide de TensorFlow. Le scaler sauvegardé (`target_scaler.joblib`) est également chargé pour garantir une normalisation identique à celle utilisée lors de l'entraînement.
2. **Validation des données** : Avant toute prédiction, les données soumises par les utilisateurs sont vérifiées à l'aide de Pydantic dans l'API pour s'assurer qu'elles respectent les contraintes attendues (types, plages de valeurs, absence de données manquantes).
3. **Pipeline de prédiction** :
  - Les données validées sont normalisées en temps réel à l'aide du scaler.



- Elles sont ensuite transformées en un tableau NumPy pour être traitées par le modèle TensorFlow.
- Le modèle retourne un score prédit, qui est ensuite converti dans une plage compréhensible pour l'utilisateur (ex. : un score entre 0 et 100).

### Interface utilisateur :

L'interface web permet aux utilisateurs de soumettre des informations telles que la qualité du sommeil, le rythme cardiaque, et les étapes quotidiennes via des formulaires intuitifs. Les requêtes sont envoyées en arrière-plan à l'API, et le résultat est affiché sous forme d'un tableau ou d'un graphique montrant leur "score de santé".

### Exemple d'interaction avec l'API :

Une requête JSON typique :

```
json
Copier le code
{
  "qualite_sommeil": 85,
  "rythme_cardiaque": 72,
  "etapes_quotidiennes": 10000,
  "duree_sommeil": 7.5,
  "genre": "Femme",
  "age": 35
}
```

### Retour de l'API :

```
json
Copier le code
{
  "score_sante": 0.75,
  "message": "Votre score de santé est optimal."
}
```

### [Documentation Technique](#)

L'ensemble des étapes pour configurer ce service est détaillé dans une documentation technique accessible dans le dépôt GitHub du projet. Elle comprend :

1. Les commandes nécessaires pour installer les dépendances (TensorFlow, FastAPI, scikit-learn).
2. Les scripts pour le prétraitement, l'entraînement, et le déploiement du modèle.
3. Des instructions pour tester et valider le service à l'aide d'outils comme Postman ou pytest.

En intégrant ce service, le projet garantit une utilisation efficace et évolutive tout en respectant les exigences techniques et les normes de qualité.

## 3. Monitoring du Service

Un mécanisme de monitoring est intégré dans le service pour surveiller son état opérationnel.

## Vérification du Modèle

Le chargement du modèle TensorFlow est également surveillé pour s'assurer qu'il est disponible pour effectuer des prédictions. Les erreurs lors du chargement du modèle sont capturées et signalées.

## Statut de Monitoring

Le statut de monitoring est accessible via une réponse JSON, permettant de vérifier facilement si le service est pleinement opérationnel (`status: operational`) ou s'il nécessite une intervention (`status: non-operational`).

L'URL de monitoring est disponible à l'adresse suivante : <http://localhost:8000/monitoring/>

## Exemple de Réponse JSON

json

Copier le code

```
{
  "status": "operational",
  "details": {
    "mongodb_connection": true,
    "model_load": true
  }
}
```

Cette réponse JSON indique :

- `mongodb_connection`: La connexion à la base de données MongoDB est établie avec succès (`true`).
- `model_load`: Le modèle d'intelligence artificielle est chargé et prêt à effectuer des prédictions (`true`).

Le statut général du service est alors marqué comme "operational", ce qui signifie que toutes les fonctionnalités critiques du service fonctionnent correctement. En cas de problème avec l'une des connexions, le statut passerait à "non-operational", signalant la nécessité d'une intervention pour restaurer le service.

# 4. Documentation Technique

La documentation du service couvre les aspects suivants :

## Gestion des Accès

Procédures pour gérer l'authentification des utilisateurs et assurer la sécurité des données stockées dans MongoDB.

## Procédures d'Installation et de Test

Instructions pour installer les dépendances nécessaires, configurer le service, et effectuer des tests fonctionnels pour valider son bon fonctionnement.

## Dépendances et Interconnexions

Description des dépendances (e.g., TensorFlow, Pandas, Scikit-learn, MongoDB) et de leur configuration pour assurer l'interopérabilité entre les différents composants du système.

## Données Impliquées

Explications sur les données utilisées par le service, incluant leur format, la méthode de prétraitement appliquée, et les variables d'entrée pour le modèle.

## Accessibilité et Sécurité

Le service est accessible via une interface web à l'adresse <http://localhost:8000/>. Une authentification est mise en place pour protéger l'accès, basée sur une base de données MongoDB sécurisée.

## Configuration du Service

Le service est configuré correctement, il répond aux besoins fonctionnels et aux contraintes techniques du projet. Le modèle d'intelligence artificielle est correctement entraîné et intégré, assurant une précision optimale dans les prédictions.

## Monitoring du Service

Le monitoring est accessible via l'URL <http://localhost:8000/monitoring/>. Il vérifie en temps réel la connexion à MongoDB et le chargement du modèle d'IA. Si les deux sont opérationnels, le statut du service est affiché comme "operational".

# 5. Conformité et Communication de la Documentation

La documentation technique a cherché à respecter les recommandations d'accessibilité établies par des associations reconnues comme l'Association Valentin Haüy et Atalan (AcceDe), afin de garantir son accessibilité à toutes les parties prenantes, y compris celles ayant des besoins spécifiques en matière d'accessibilité.



Mise en Œuvre :

La documentation a été produite dans des formats accessibles, tels que PDF balisés et documents Word structurés.

Ces formats ont été choisis pour garantir leur compatibilité avec les technologies d'assistance,

telles que les lecteurs d'écran. Une attention particulière a été portée aux aspects suivants :

Structuration du contenu : Utilisation de titres hiérarchiques, de listes, et d'une organisation logique du texte pour faciliter la navigation. Texte alternatif : Fourniture de descriptions textuelles pour les images et les graphiques. Contraste des couleurs : Adoption de couleurs avec un contraste élevé pour assurer la lisibilité.



Validation de l'accessibilité : Utilisation d'outils comme l'Inspecteur d'Accessibilité de Microsoft Word et Adobe Acrobat pour vérifier la conformité aux normes.

État Actuel : La documentation a été partagée avec les parties prenantes dans ces formats, garantissant ainsi qu'elle soit accessible selon les recommandations en vigueur. Cependant, une vérification supplémentaire par des experts en

accessibilité est recommandée pour confirmer la pleine conformité avec les standards.

On ouvre le document dans Microsoft Word. On accède à l'onglet « Révision ». On clique sur l'onglet "Révision" dans la barre de menu en haut de l'écran. On lance l'Inspecteur d'Accessibilité : sOn examine les résultats : Une fenêtre apparaîtra sur le côté droit du document, affichant la liste des problèmes d'accessibilité détectés.

## Conclusion

Dans le cadre de mon projet visant à développer une solution d'intelligence artificielle pour la détection des troubles du sommeil, j'ai effectué une veille technique et réglementaire approfondie afin de m'assurer que mon travail est à la pointe de l'innovation et conforme aux normes en vigueur. Cette veille m'a permis de repérer des technologies émergentes, telles que des dispositifs de diagnostic à domicile pour l'apnée du sommeil, ainsi que des réglementations favorables à leur adoption en Asie. En parallèle, des outils comme **Google Alerts** et **Notion** ont facilité la collecte, l'organisation et le partage de l'information, renforçant l'efficacité de l'équipe dans la gestion du projet.

La sélection des services d'intelligence artificielle a été un élément clé de ce projet. Tout en privilégiant des solutions gratuites et fiables comme **TensorFlow** et **PyTorch**, j'ai également écarté des services coûteux tels que **IBM Watson Health** et **Google Cloud AI**, qui ne répondaient pas aux critères financiers du projet. Cette approche a permis de garantir une solution performante tout en respectant le budget alloué. En résumé, notre démarche proactive de veille technique et réglementaire, combinée à une sélection rigoureuse des outils d'IA, m'a permis de créer une solution d'IA capable de détecter les troubles du sommeil avec précision, tout en étant compatible avec les exigences budgétaires et réglementaires. Ce travail d'agrégation d'informations et d'adaptation des outils aux besoins du projet constitue un atout majeur pour sa réussite à long terme.

## Source :

Je suis tombé sur cette article de médical press : <https://medicalxpress.com/news/2024-06-device-precise-home-apnea.html>

Intelligence Artificielle Multimodale : Une Révolution dans la Manière Dont les Machines Comprennent les Humains et le Monde Autour d'Elles : <https://medium.com/ai-short-articles/intelligence-artificielle-multimodale-une-r%C3%A9volution-dans-la-mani%C3%A8re-dont-les-machines-d2e34e874c0a>

Approches nouvelles et émergentes pour mieux définir les troubles du sommeil et leurs conséquences : <https://www.frontiersin.org/journals/neuroscience/articles/10.3389/fnins.2021.751730/full>

Instapaper : <https://www.instapaper.com/u>

Des chercheurs développent un nouvel appareil pour tester avec précision l'apnée du sommeil à domicile Fourni par l'Institut national des sciences et technologies d'Ulsan [https://medicalxpress.com/news/2024-06-device-precise-home-apnea.html#google\\_vignette](https://medicalxpress.com/news/2024-06-device-precise-home-apnea.html#google_vignette)

Adresse Ulsan, Corée du Sud Site web <http://www.unist.ac.kr/index.sko>

Wikipédia [http://en.wikipedia.org/wiki/Ulsan\\_National\\_Institute\\_of\\_Science\\_and\\_Technology](http://en.wikipedia.org/wiki/Ulsan_National_Institute_of_Science_and_Technology)

<https://www.frontiersin.org/journals/neuroscience/articles/10.3389/fnins.2021.751730/full>

Sleep Review : Un site web dédié aux professionnels du sommeil, proposant des articles, des études de cas, et des mises à jour sur les dernières recherches et technologies. <https://sleepreviewmag.com/>

On s'inscrit à des newsletters de revues scientifiques et de sites spécialisés en santé et technologie. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>

Pub med <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/> Sleep review <https://sleepreviewmag.com/>

Tensorflow <https://www.tensorflow.org/?hl=fr> <https://www.tensorflow.org/?hl=fr>  
<https://www.tensorflow.org/tensorboard?hl=fr>