

Problématique

✗ **Menace critique** : La somnolence au volant est responsable d'un nombre important d'accidents graves, souvent sans réaction du conducteur.

✗ **Problème complexe** : La vigilance est un état dynamique, influencé par de multiples facteurs et difficile à détecter précocement.

✗ **Variabilité interindividuelle** : Les différences entre conducteurs rendent la détection universelle difficile.

✗ **Nature temporelle** : La vigilance évolue progressivement et nécessite une modélisation continue.

✗ **Contraintes temps réel** : Les systèmes doivent être précis tout en restant légers pour un déploiement embarqué.

Objectifs

L'objectif est de développer un système fiable de détection de la somnolence du conducteur afin d'améliorer la sécurité routière.

Plus précisément :

✓ **Détection fiable** : Identifier efficacement les états de somnolence chez le conducteur.

✓ **Analyse EEG** : Exploiter les signaux cérébraux pour détecter précocement la fatigue.

✓ **Application robuste** : Concevoir une solution généralisable à différents conducteurs.

Méthodologie suivie

Le système proposé repose sur une pipeline complète de traitement des signaux EEG visant à détecter l'état de vigilance du conducteur.

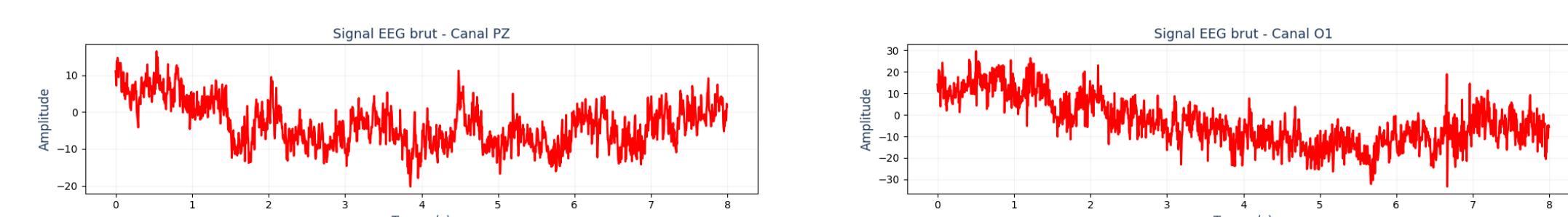


FIGURE 1 – Exemples de signaux EEG bruts extraits de différents canaux

I. Prétraitement :

→ Segmentation des signaux en fenêtres de 8 secondes.

→ Labellisation via le PERCLOS.

→ Une étape de normalisation est appliquée pour réduire la variabilité entre les segments.

→ Les signaux sont transformés en spectrogrammes pour représenter l'information dans le domaine temps-fréquence.

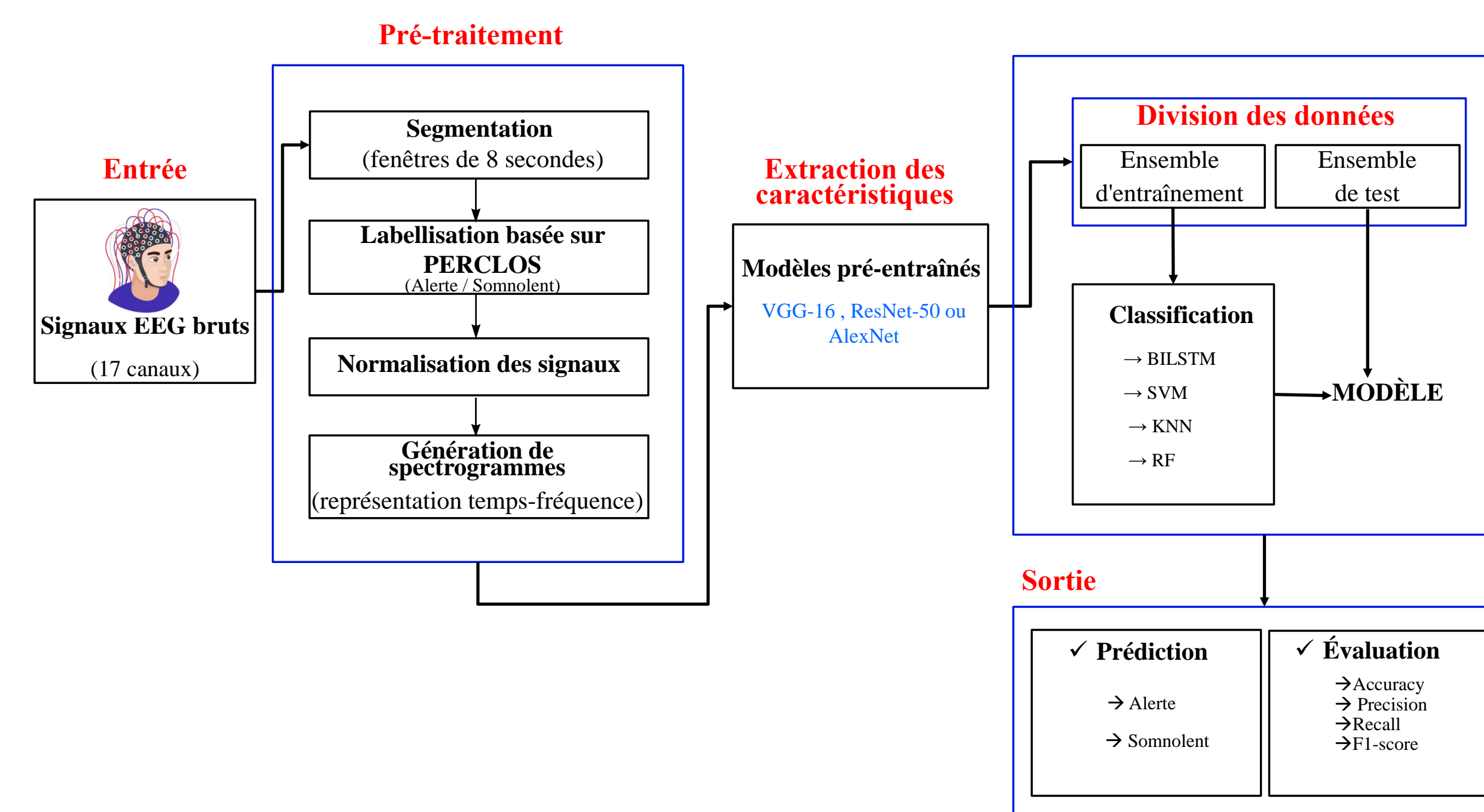


FIGURE 2 – Pipeline de détection de la vigilance.

II. Extraction des caractéristiques :

→ Des réseaux de neurones convolutionnels pré-entraînés tels que VGG16, ResNet50 et AlexNet sont utilisés.

→ Ces modèles permettent d'extraire automatiquement des caractéristiques profondes à partir des spectrogrammes.

→ Cette approche évite la sélection manuelle et capture des représentations complexes des signaux EEG.

III. Classification :

→ Les caractéristiques extraites sont exploitées par différents modèles de classification.

→ Des approches basées sur les réseaux récurrents (BiLSTM) sont utilisées pour modéliser les dépendances temporelles.

→ Des classifieurs classiques tels que KNN, SVM et Random Forest sont également testés pour la comparaison.

→ Le système permet de classifier les états de vigilance en deux classes : alerte et somnolent.

Base de données

La base **SEED-VIG** contient des signaux EEG annotés selon l'état de vigilance (alerte / somnolent), utilisés pour l'apprentissage et l'évaluation du modèle.

Résultats

Cette section présente les performances des différentes approches pour la détection de la somnolence, évaluées selon : exactitude, précision, rappel et score F1.

TABLE 1 – Évaluation des performances

Caractéristiques	Classifieur	Acc (%)	Rappel (%)	F1 (%)
Spectrogramme + VGG16	BiLSTM	92.17	91.15	94.72
Spectrogramme + AlexNet	BiLSTM	90.36	89.58	93.48
Spectrogramme + VGG16	Random Forest	89.56	86.72	92.75
Spectrogramme + ResNet50	BiLSTM	88.55	86.46	92.09
Spectrogramme + VGG16	KNN	86.95	84.11	90.86

Les matrices de confusion des meilleurs modèles sont présentées ci-dessous :

TABLE 2 – VGG16 + BiLSTM

	Alerte	Somnolent
Alerte	95.61%	4.39%
Somnolent	8.85%	91.15%

TABLE 3 – AlexNet + BiLSTM

	Alerte	Somnolent
Alerte	92.98%	7.02%
Somnolent	10.42%	89.58%

Conclusion

✓ Ce travail montre que l'utilisation du deep learning permet de détecter efficacement la somnolence du conducteur à partir des signaux EEG.

✓ L'approche proposée, combinant VGG16 et BiLSTM, offre de bonnes performances et une capacité de généralisation entre sujets.

✓ Ce type de système peut contribuer à améliorer la sécurité routière en détectant précocement la fatigue du conducteur.

Références

[1] D. Lamouchi, Y. Yaddaden, and R. Cherif, "Comparative study : Physiological-based driver drowsiness detection utilizing traditional and hybrid methods," in *Proceedings of the 2024 8th International Conference on Image and Signal Processing and their Applications (ISPA)*, pp. 1–8, IEEE, 2024.

[2] H. Benmoussa, Y. Yaddaden, and D. Lamouchi, "An Efficient Driver Drowsiness Detection Approach Using Various Combinations of Physiological Signals," in *Proceedings of the 2025 6th International Conference in Electronic Engineering & Information Technology (EEITE)*, pp. 1–7, IEEE, 2025.

[3] W. Ko, K. Oh, E. Jeon, and H.-I. Suk, "Vignet : A deep convolutional neural network for EEG-based driver vigilance estimation," *Proc. 8th Int. Winter Conf. on Brain-Computer Interface (BCI)*, IEEE, 2020, pp. 1–3.