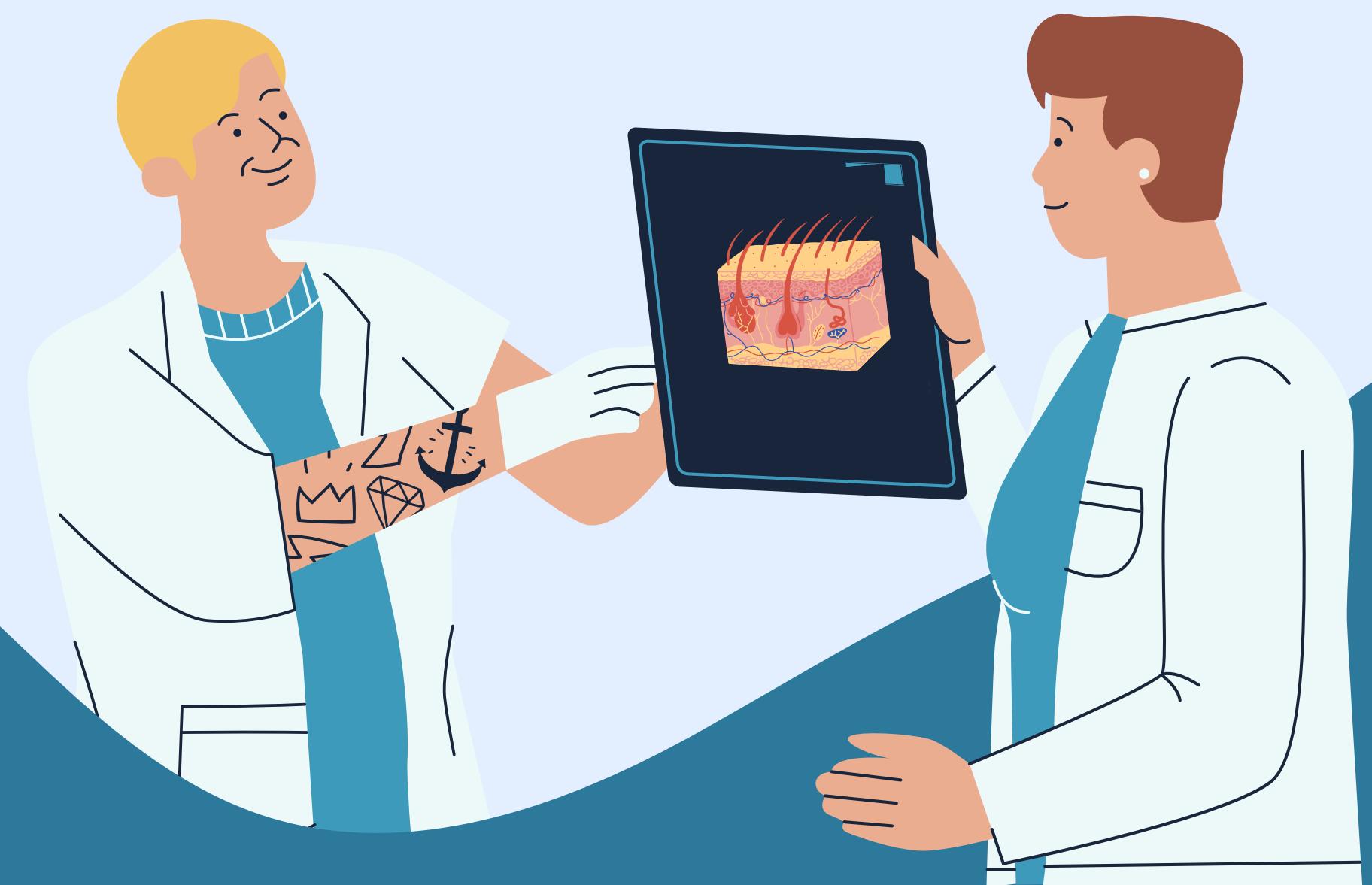


Gestion du stress et de la fatigue cognitive dans l'éducation



DESNOYER Aurélie
KASPERCZYK Lucie
LAVOCAT Indira
MEYER Jacques
MONTAGNEUX Maeva
TOUNSI Aya

M. MADEIROS MACHADO
Mme. BELBACHIR
M. SONI

#PFE24-R-255

ÉQUIPE



Aurélie DESNOYER – SANTÉ

**Responsable protocole &
Secrétaire réunion**



Lucie KASPERCZYK – SANTÉ

Cheffe de projet



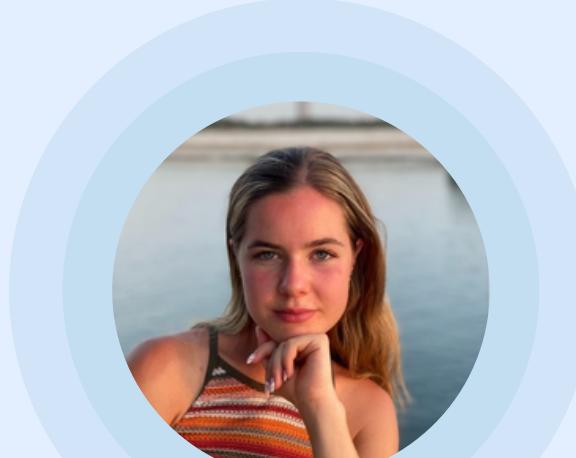
Indira LAVOCAT – SANTÉ

**Responsable protocole &
Responsable valorisation**



Jacques MEYER – BIG DATA & IA

Data analyst – scientist



Maeva MONTAGNEUX – SANTÉ

Data analyst – scientist



Aya TOUNSI – BIG DATA & IA

Data analyst – scientist

SOMMAIRE

Etat de l'art & problématique

Objectifs

Population étudiée

Protocole expérimental

Déroulement de l'examen

Résultats obtenus – Traitement – Analyse

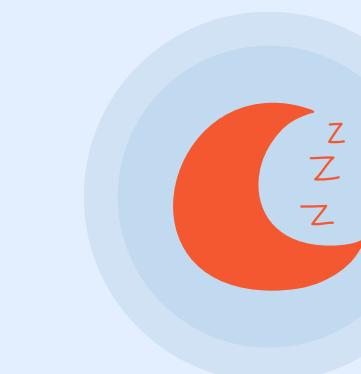
Solution finale

Conclusions

Outils gestion de projet



ÉTAT DE L'ART PERFORMANCE ACADEMIQUE



FATIGUE COGNITIVE

- Sentiment de saturation
 - Reflexion difficile
- ➡ Baisse de performance



STRESS

- Réaction de l'organisme face au changement
 - Réponse naturelle, instinctive
- ➡ Perte de moyens
- ➡ Baisse de performance

Articles de Recherche :

[H.H. Sievertsen, F. Gino, M. Piovesan, Cognitive fatigue influences students' performance on standardized tests, Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 113 \(10\) 2621-2624, 2016.](#)

[Smith, Andrew, Cognitive Fatigue and the Wellbeing and Academic Attainment of University Students, Journal of Education, Society and Behavioural Science, 24, 1-12, 10.9734/JESBS/2018/39529, 2018.](#)

[Akgun, S., & Ciarrachí, J. \(2003\). Learned Resourcefulness Moderates the Relationship Between Academic Stress and Academic Performance. *Educational Psychology*, 23\(3\), 287–294. <https://doi.org/10.1080/014434103200060129> 2003](#)

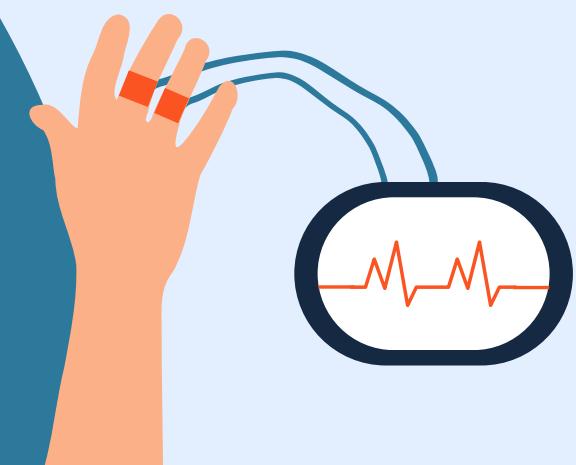
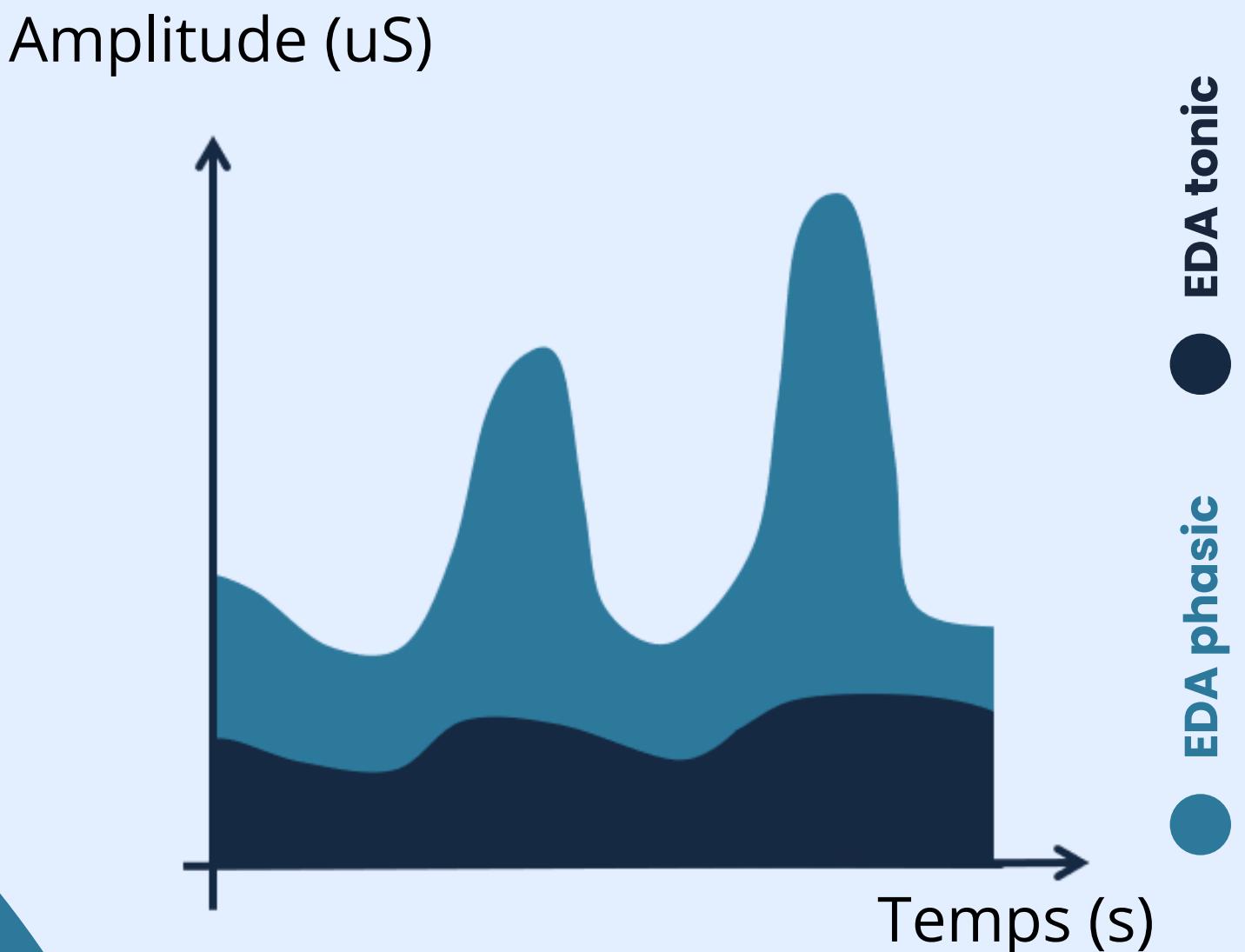
[Pedrelli, L., & Peretti, N. \(n.d.\). L'impact du stress sur la performance et la mémoire des élèves. \[Ressource électronique\]. fr. Patrimun. <https://doi.org/10.22005/bcu.294191> 2020](#)

ÉTAT DE L'ART

EDA

Activité électrodermale :

Changements autonomes dans les propriétés électriques de la peau, appelés **conductance**.



Articles de Recherche :

Braithwaite, J. J., Watson, D. G., Jones, R., & Rowe, M. A guide for analysing electrodermal activity (EDA) & skin conductance responses (SCRs) for psychological experiments. *Psychophysiology*, 49(1), 1017–1034. **2013**.

Nourbakhsh, Nargess & Chen, Fang & Wang, Yang & Calvo, Rafael. "Detecting Users' Cognitive Load by Galvanic Skin Response with Affective Interference", *ACM Transactions on Interactive Intelligent Systems*, **2017**.

C. Setz, B. Arnrich, J. Schumm, R. La Marca, G. Troster, and U. Ehrlert. "Discriminating stress from cognitive load using a wearable EDA device", *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, vol. 14, no. 2, pp. 410–417, **2010**.

ÉTAT DE L'ART

AUDIO

SIGNAL VOCAL



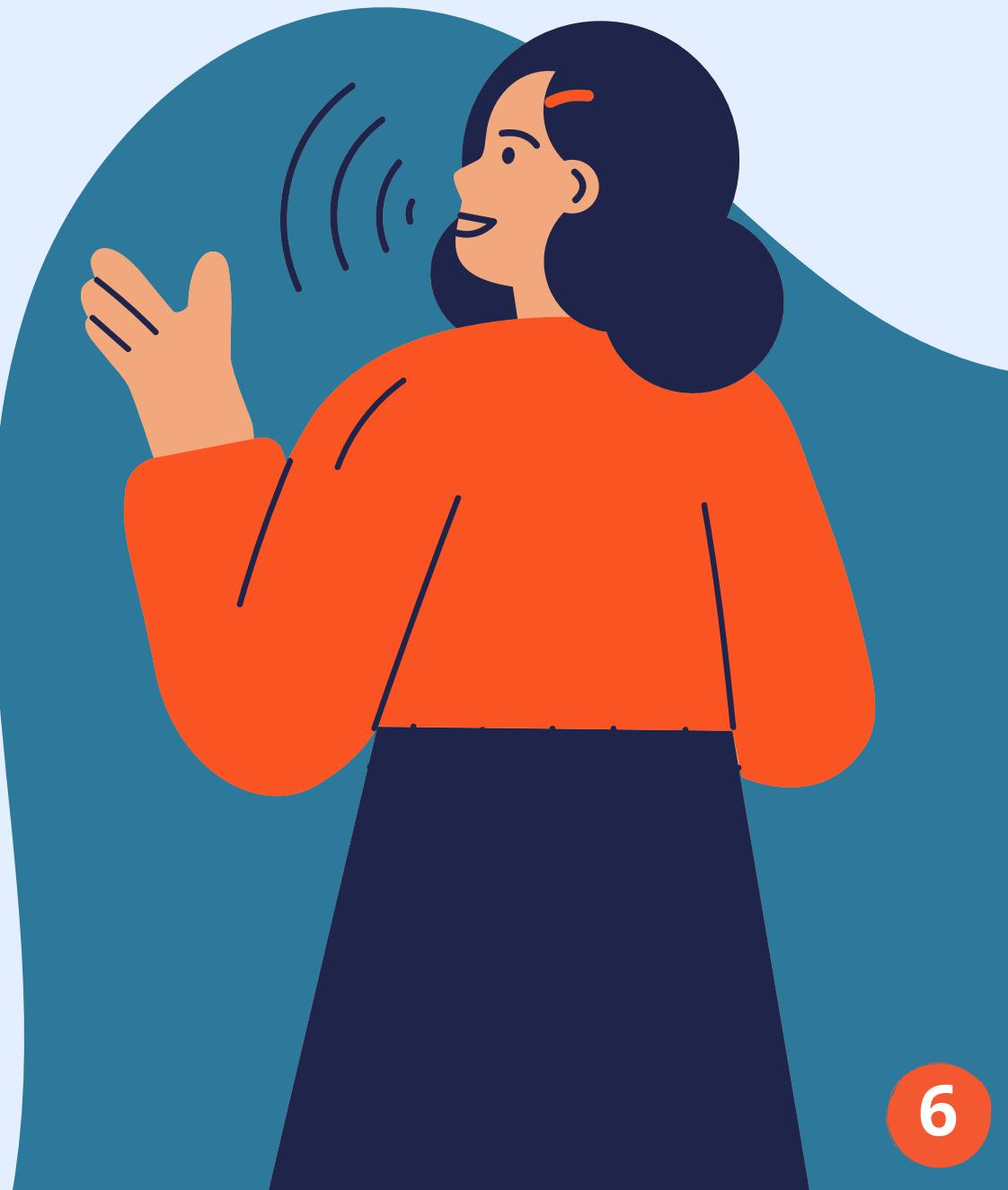
- Voix : son, onde de pression, variations continues de pression dans l'air
- Enregistrement vocal : capture audio par dispositif d'enregistrement



Etudes réalisées sur caractéristiques extraites du signal



Caractéristiques étudiées pour explorer lien entre voix et états cognitifs



Articles de Recherche :

Hajjar I, Okafor M, Choi JD, Moore E 2nd, Abrol A, Calhoun VD, Goldstein FC. "Development of digital voice biomarkers and associations with cognition, cerebrospinal biomarkers, and neural representation in early Alzheimer's disease." *Alzheimers Dement (Amst)*. 2023 Feb 5;15(1):el2393; PMID: 36777093; PMCID: PMC9899764.

Amini S, Hao B, Yang J, et al. Prediction of Alzheimer's disease progression within 6 years using speech: A novel approach leveraging language models. *Alzheimer's Dement*. 2024; 20: 5262–5270.

Aucouturier, P. Johansson, L. Hall, R. Segnini, L. Mercadié, K. "Watanabe, Covert digital manipulation of vocal emotion alter speakers' emotional states in a congruent direction". 2016. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*

Van Puyvelde M, Neyt X, McGlone F and Pattyn N. "Voice Stress Analysis: A New Framework for Voice and Effort in Human Performance". 2018. *Front. Psychol.* 9:1994.

PROBLÉMATIQUE

**L'IMPACT DES ÉTATS COGNITIFS DU STRESS
ET LA FATIGUE MENTALE, INFLUENCE-T-IL
LA PERFORMANCE ACADEMIQUE DES
ÉTUDIANTS ?**



OBJECTIFS

ANALYSE VOIX

Enregistrement
vocal



ANALYSE EDA

Signal d'activité
électrodermale



**Prédire la note des
étudiants à un
examen blanc**



CIBLE



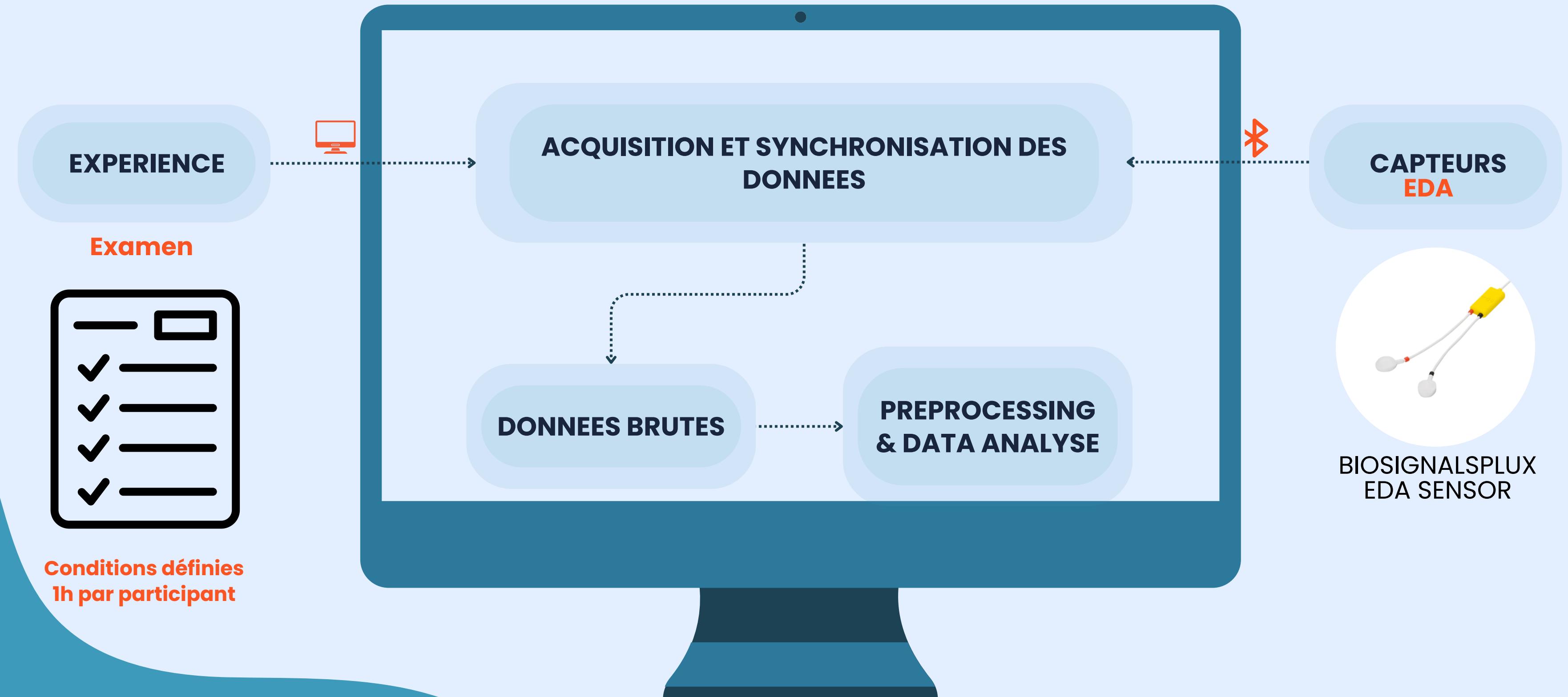
PROFIL :

- ETUDIANT ING4 BIG DATA
- EXAMEN BLANC DE MACHINE LEARNING

ECHANTILLON : 75 ÉTUDIANTS

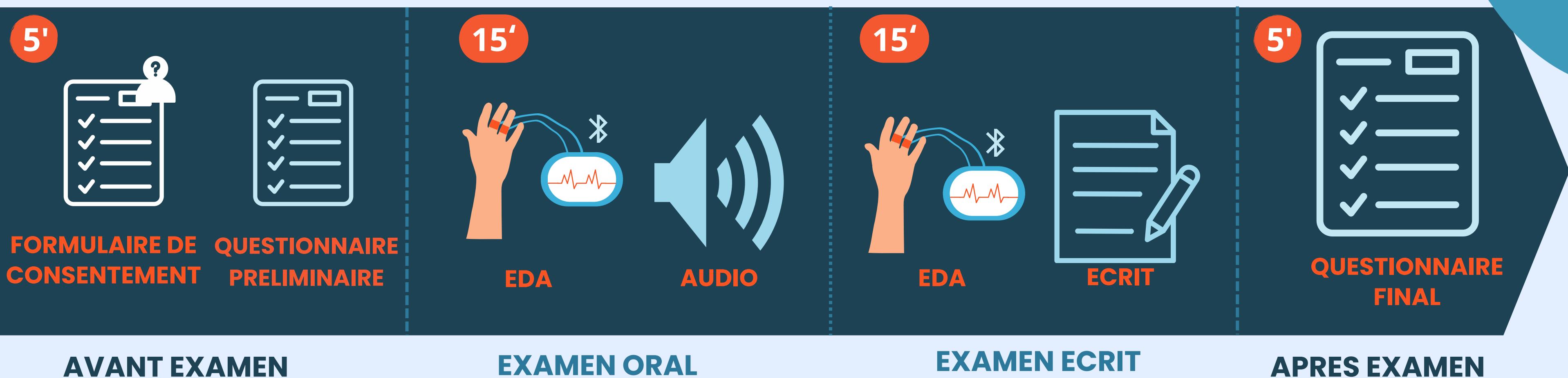
CONDITIONS : STRESS ET FATIGUE

PROTOCOLE EXPÉIMENTAL



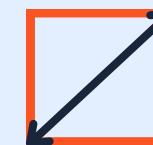
Conditions définies
1h par participant

DÉROULEMENT DE L'EXAMEN



COLLECTE DES DONNEES

BASE DE DONNÉES



TAILLE



LIGNES (ÉTUDIANTS) :

75

COLONNES (FEATURES) :

21



DONNÉES



- SIGNAL EDA
- ENREGISTREMENT VOCAL
- NOTE FINALE À L'EXAMEN (PONDÉRÉE)
- N° SUEJT
- DONNÉES CONTEXTUELLES (QUESTIONNAIRES)



CIBLE



**NOTE FINALE À
L'EXAMEN**

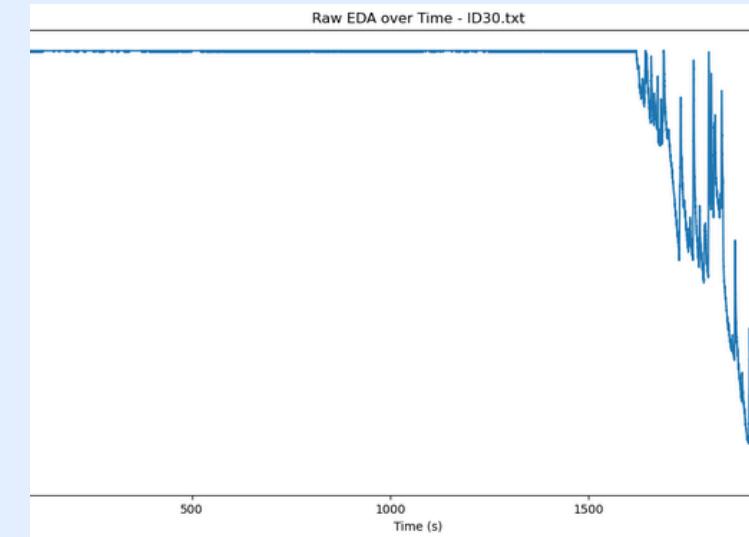
PRÉ-TRAITEMENT DE DONNÉES

EDA

DONNÉES DE L'EDA

BRUTES

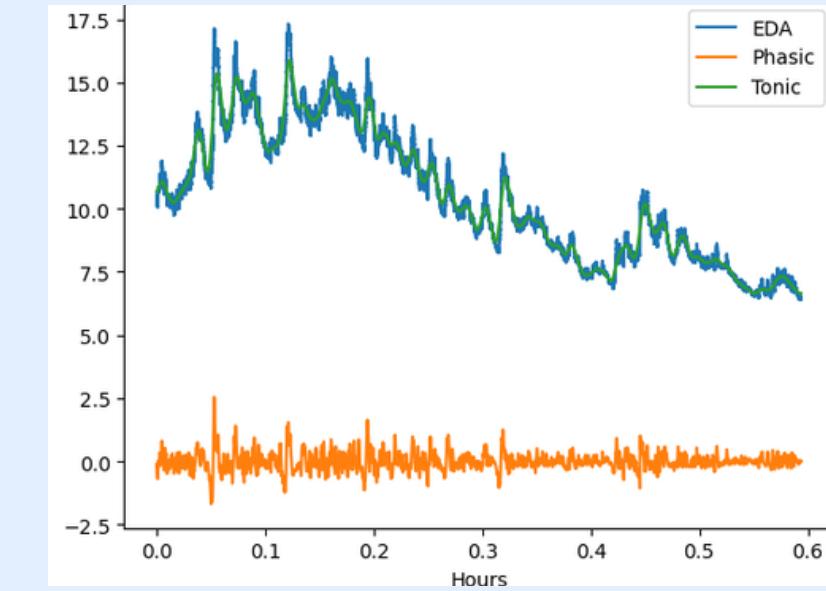
VISUALISATION DU SIGNAL
BRUT DE L'EDA



NETTOYAGE DU
SIGNAL

②

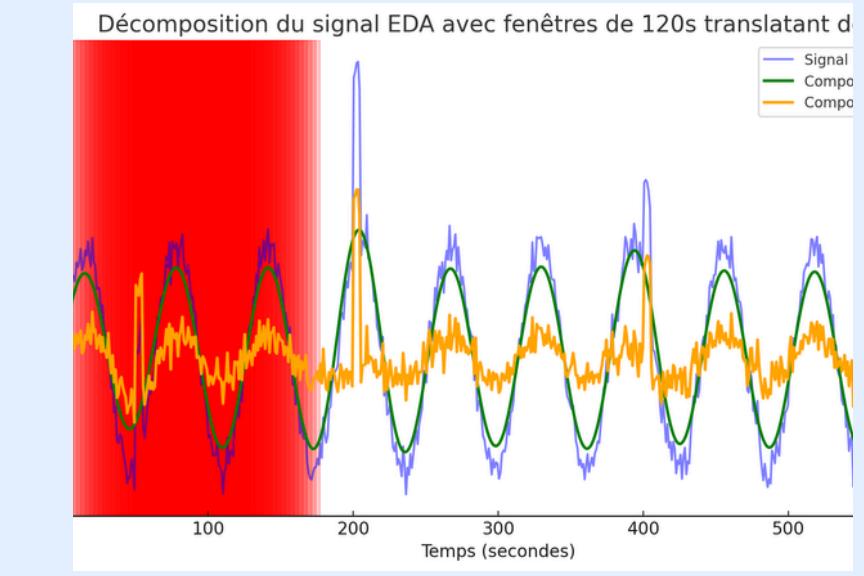
DÉCOMPOSITION DU
SIGNAL EN
COMPOSANTES:
TONIQUE & PHASIQUE



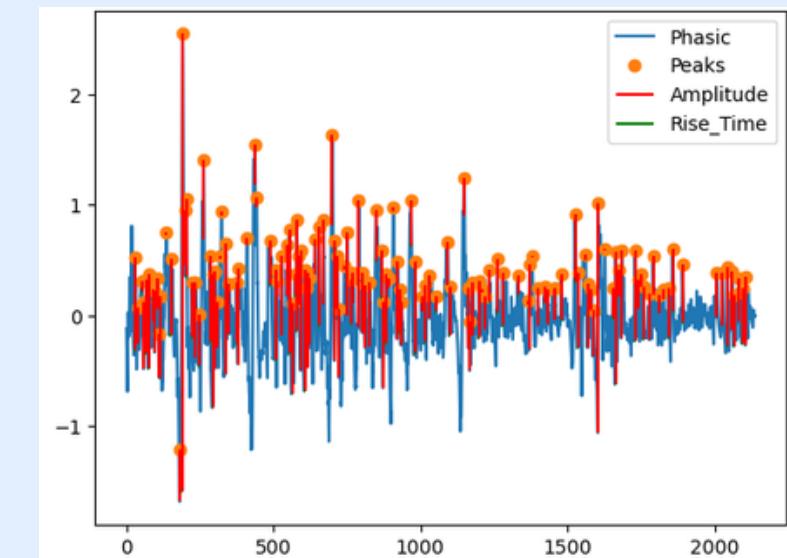
IDENTIFICATION DES PICS
SIGNIFICATIFS

④

EXTRACTION DES
CARACTÉRISTIQUES DE
L'EDA



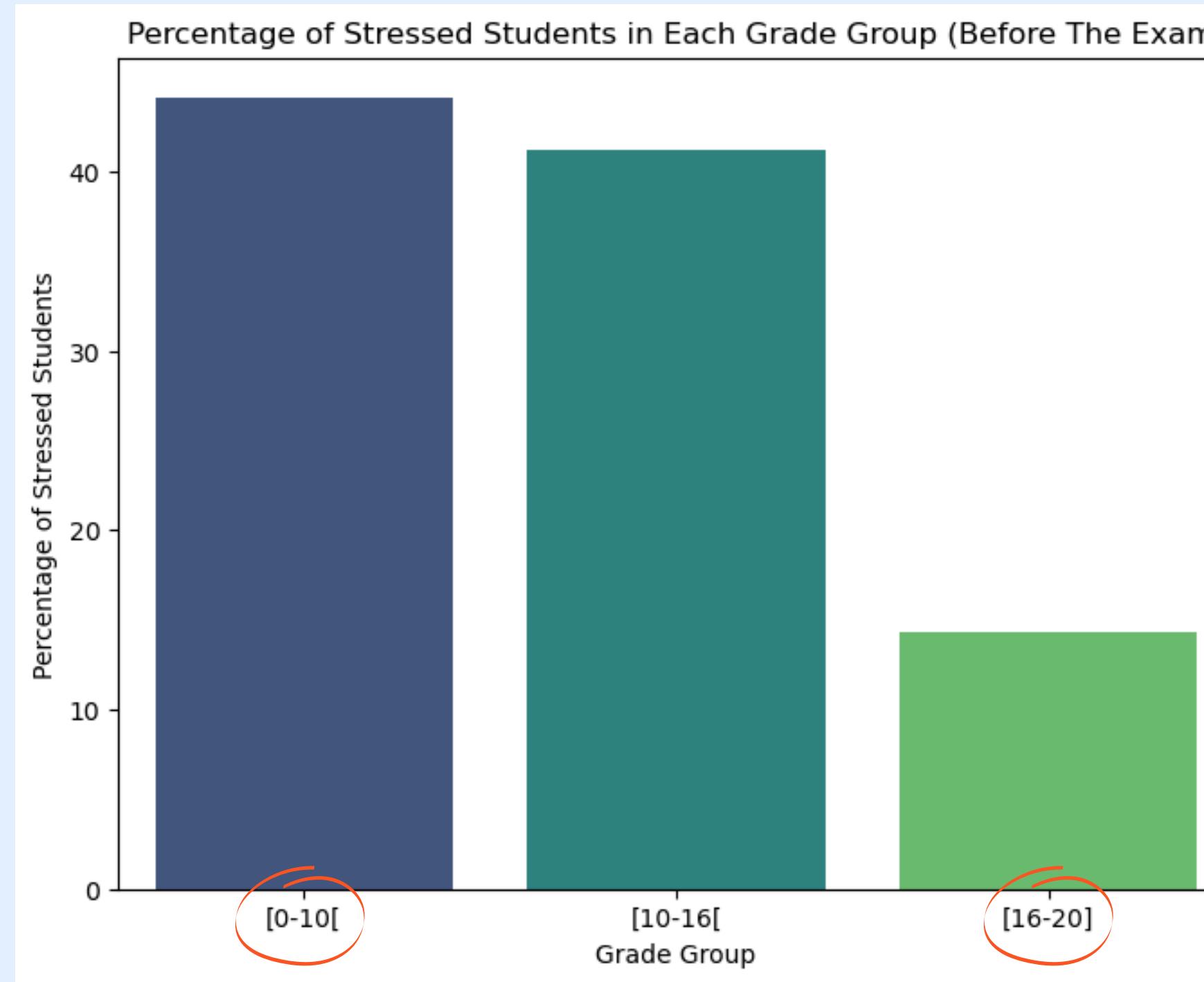
CARACTÉRISTIQUES
EXTRAITES



ANALYSE DES DONNÉES

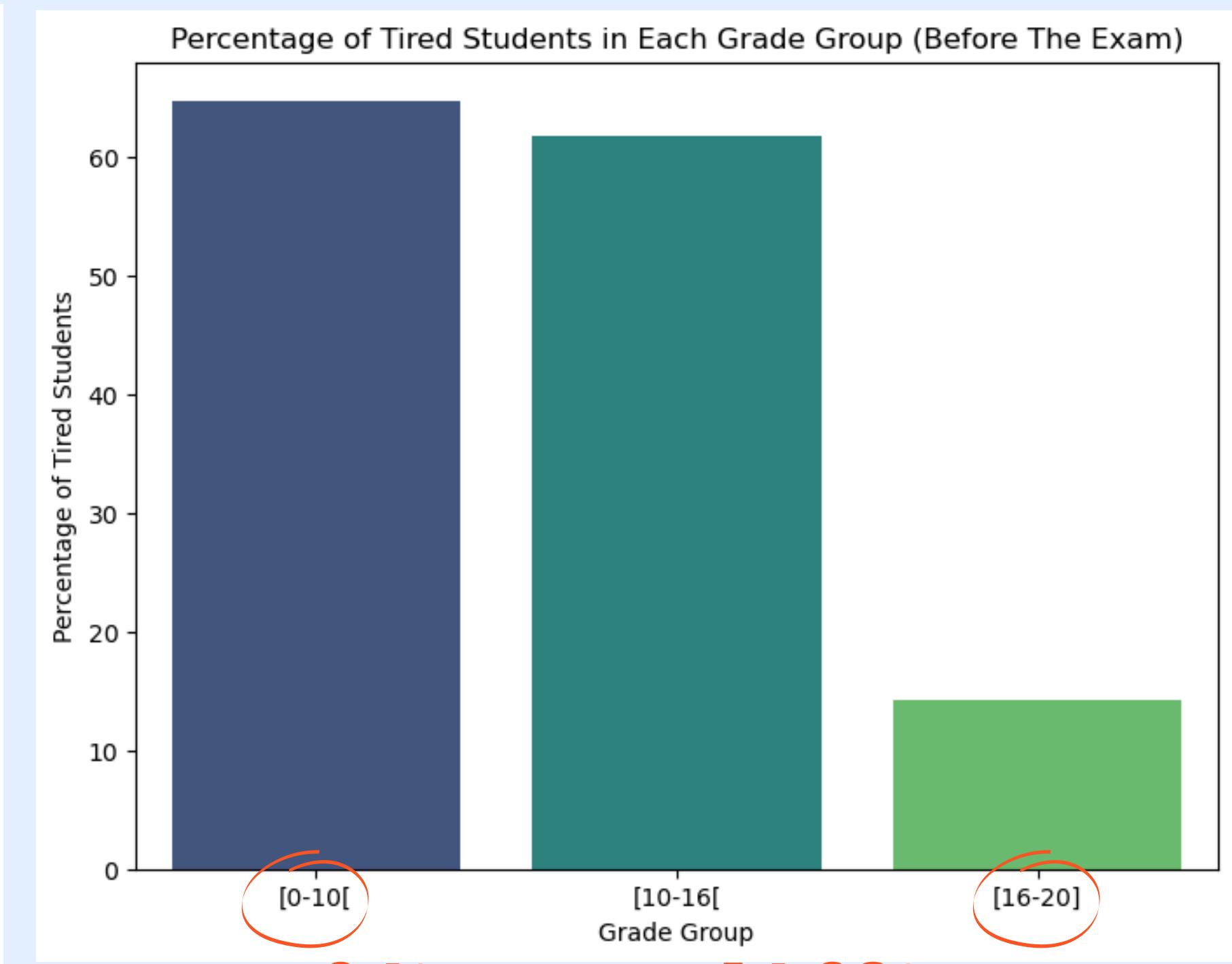
ANALYSE DES RÉPONSES AUX QUESTIONNAIRES

STRESS :



44% contre 14,28%

FATIGUE :

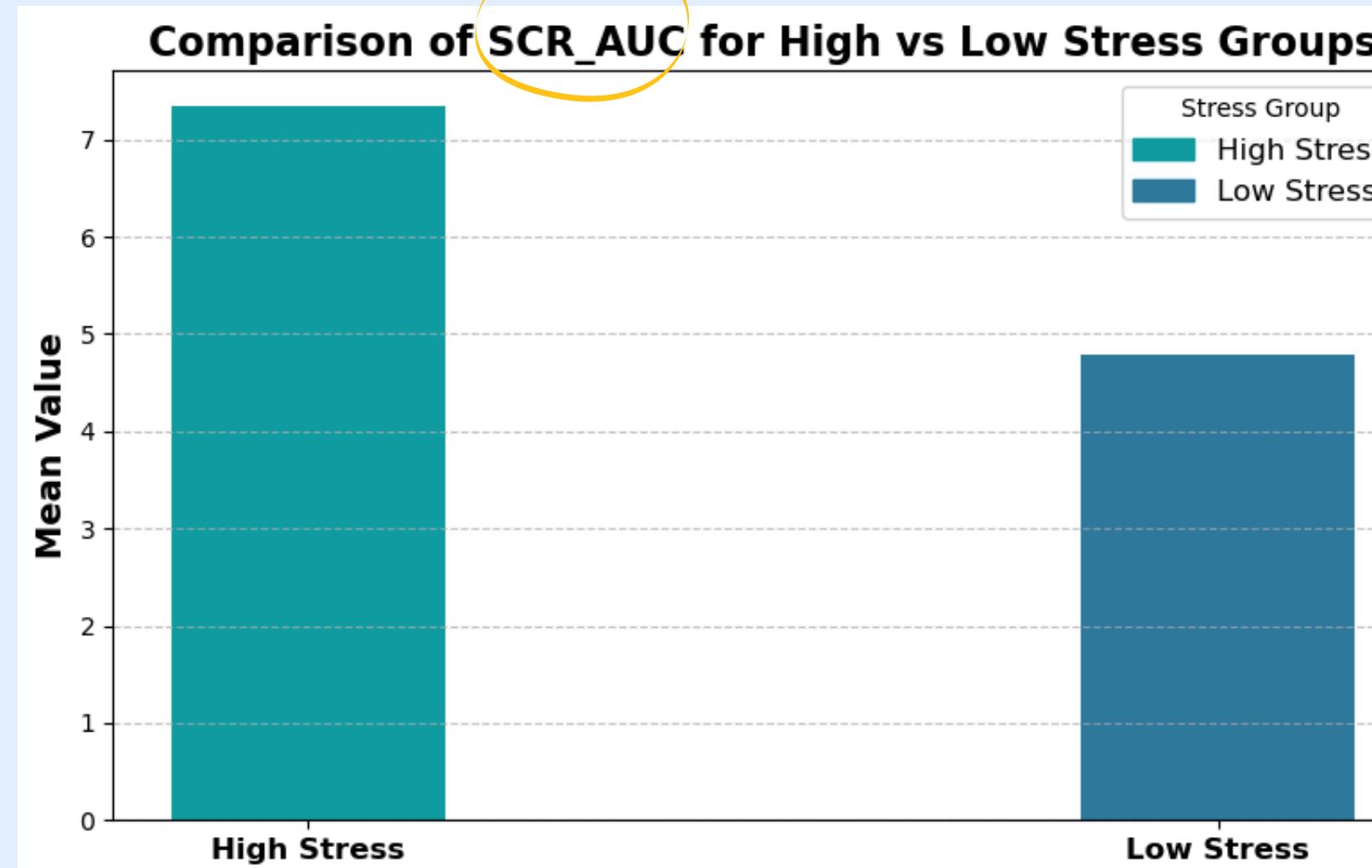


64% contre 14,28%

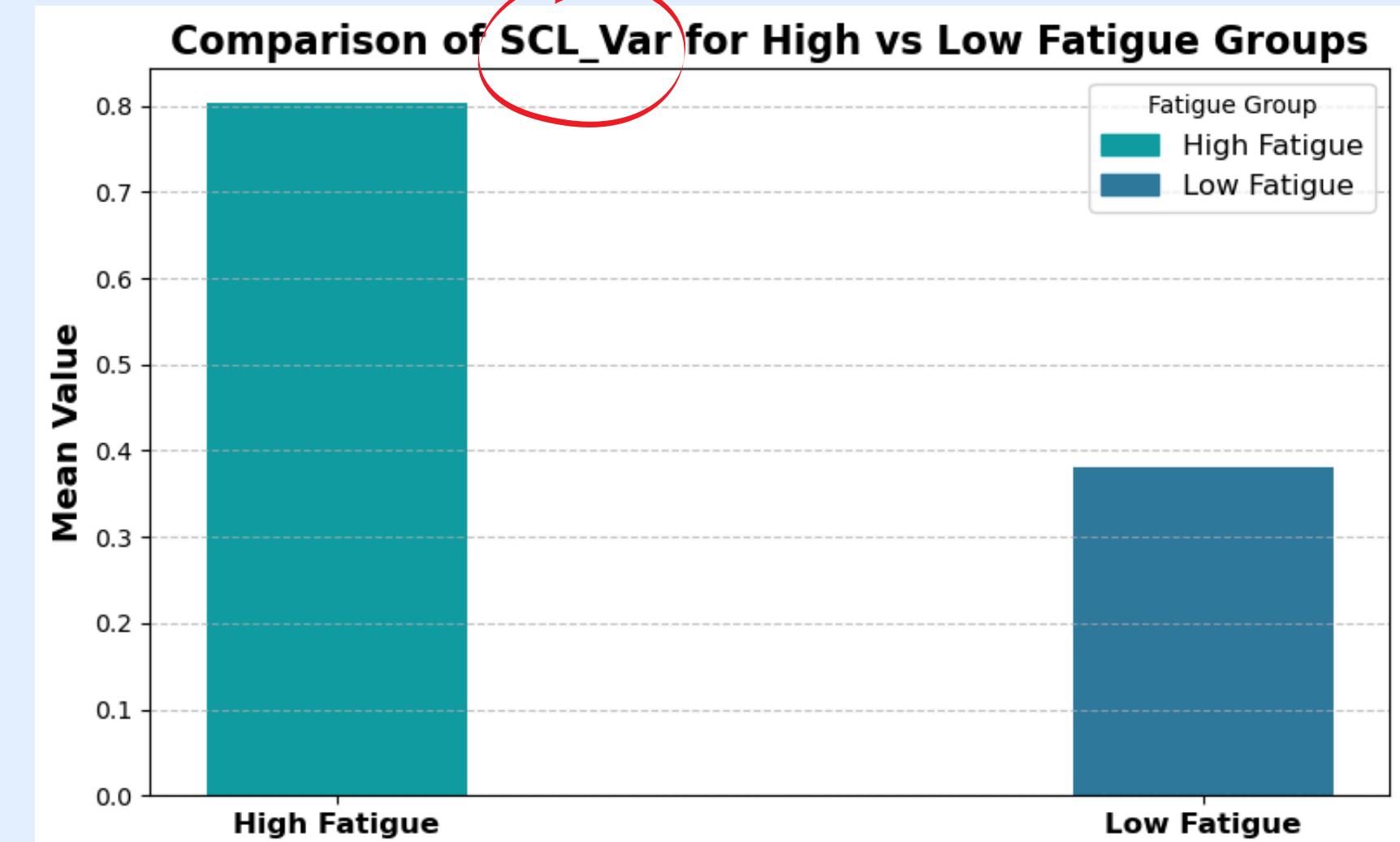
ANALYSE DES DONNÉES

ANALYSE DES CARACTÉRISTIQUES DE L'EDA

STRESS:



FATIGUE:



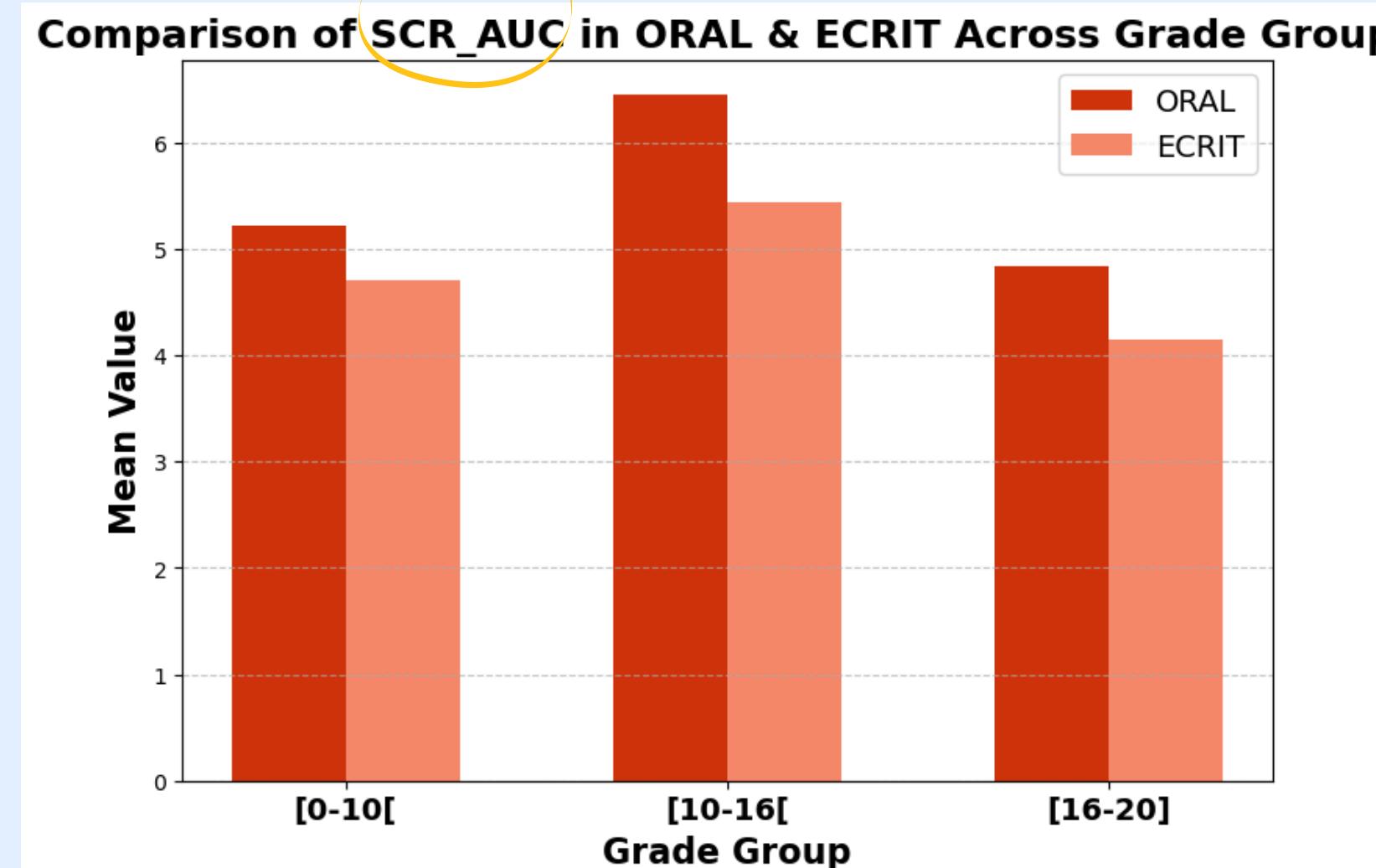
*SCR AUC : SKIN CONDUCTANCE RESPONSE - AREA UNDER THE CURVE

*SCL_VAR: SKIN CONDUCTANCE LEVEL VARIANCE

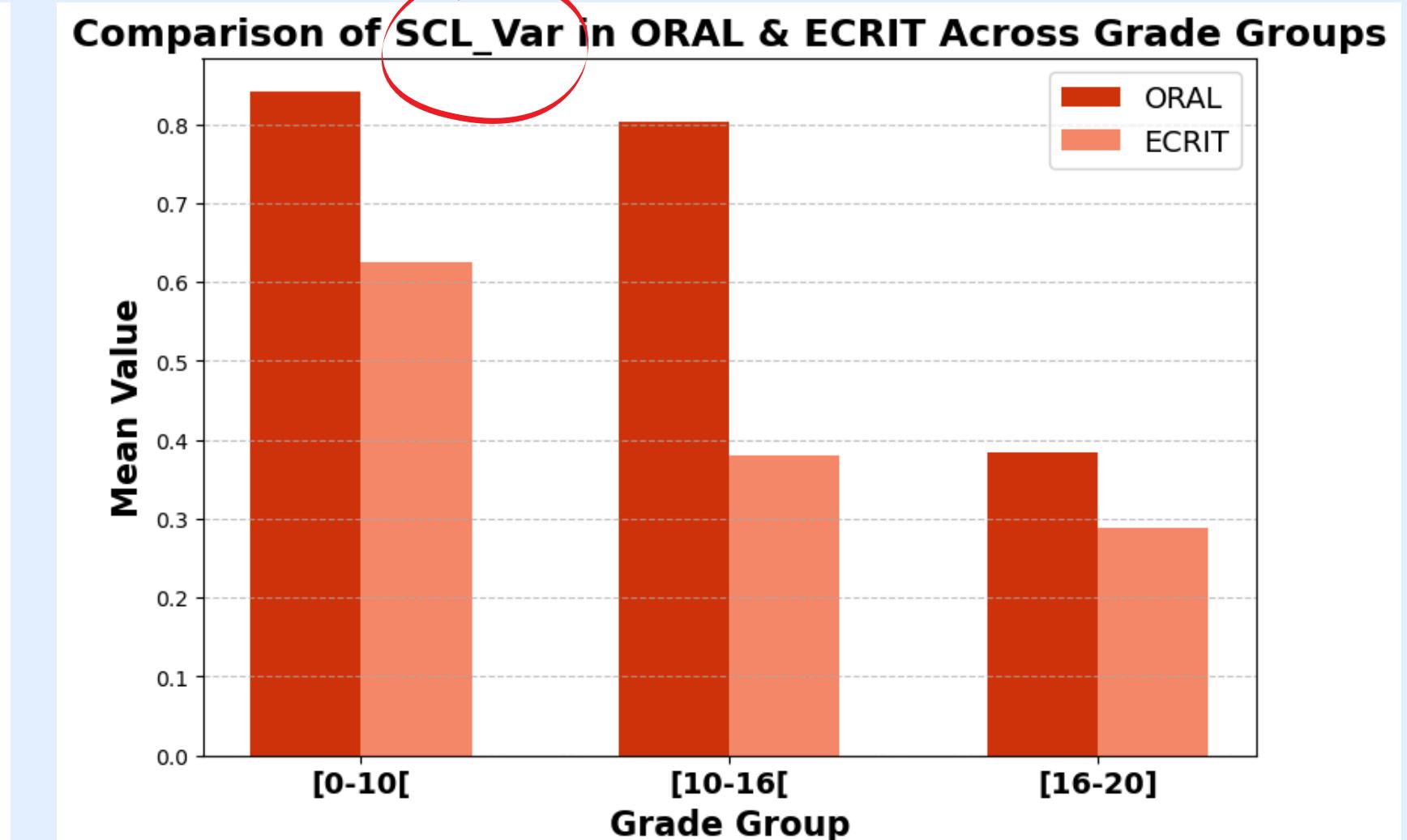
ANALYSE DES DONNÉES

ANALYSE DES CARACTÉRISTIQUES DE L'EDA

STRESS:



FATIGUE:



LE STRESS ET LA FATIGUE INFLUENCENT L'EDA ET PEUVENT IMPACTER LA PERFORMANCE ACADEMIQUE.

PRÉ-TRAITEMENT DE DONNÉES

ENREGISTREMENT VOCAL



*VOICE ACTIVITY DETECTION

PRÉ-TRAITEMENT DE DONNÉES

ENREGISTREMENT VOCAL



ABSENCE DE MODÈLE
PRÉ-ENTRAINÉ



ANNOTATION MANUELLE BASÉE SUR LES DISFLUENCES ('EUH')



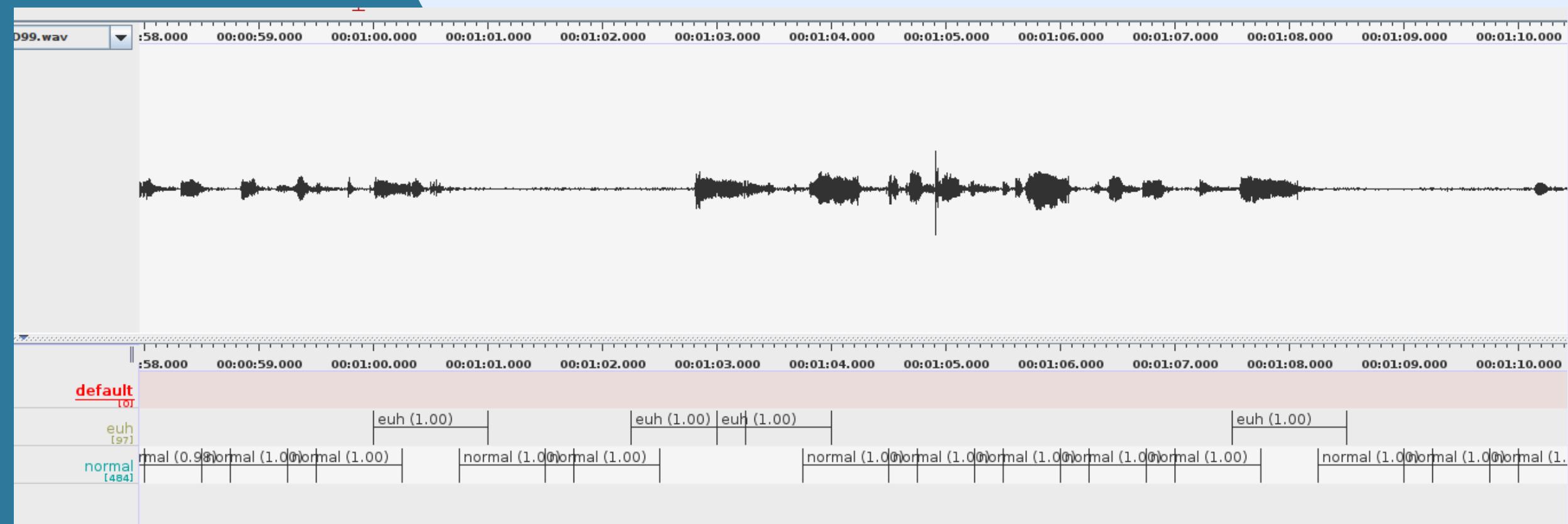
UTILISATION DU LOGICIEL ELAN AUDIO POUR L'ANNOTATION



ENTRAÎNEMENT D'UN MODÈLE WAV2VEC

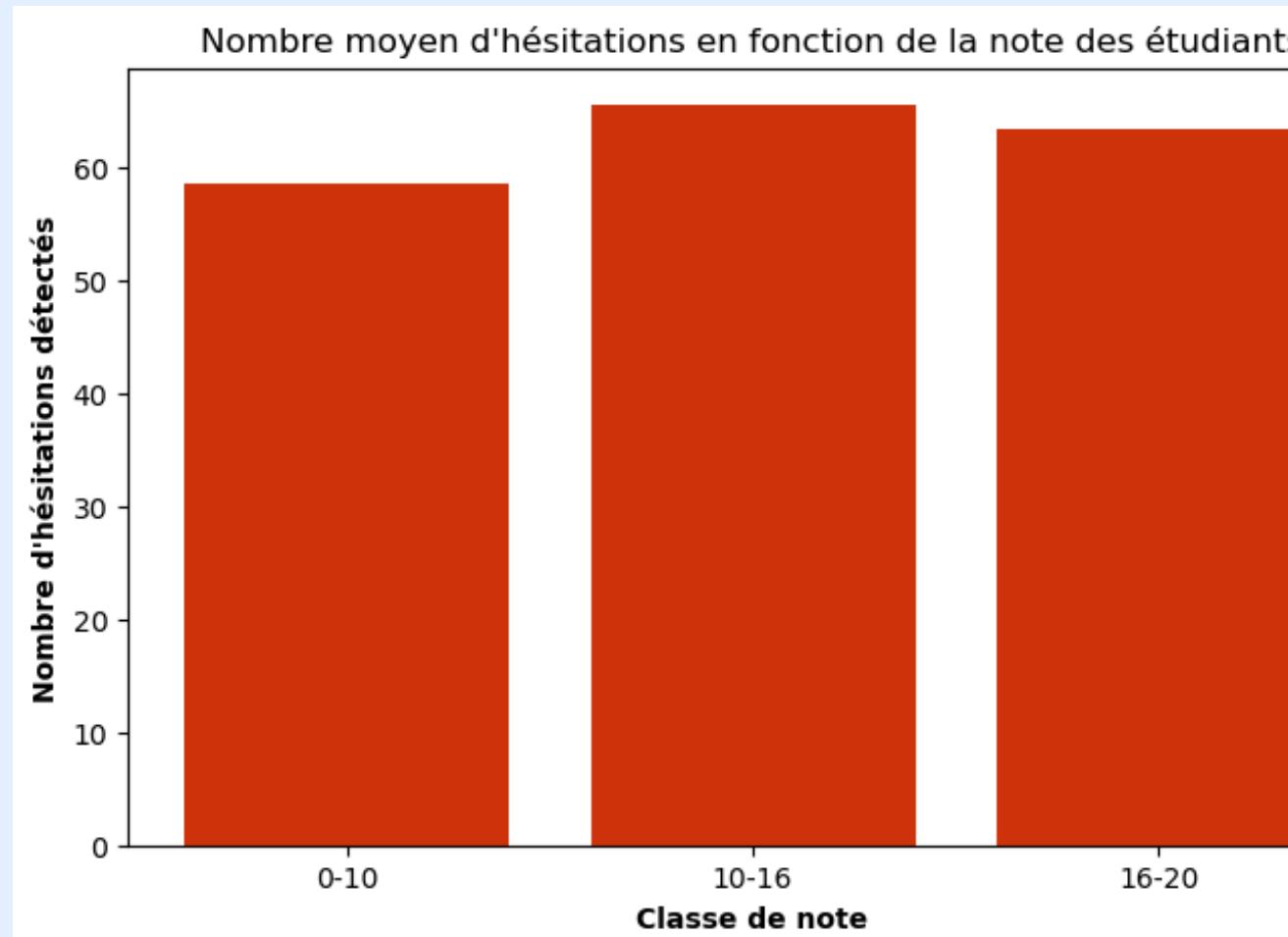


PRÉDICTION SUR LES
AUDIOS RESTANTS

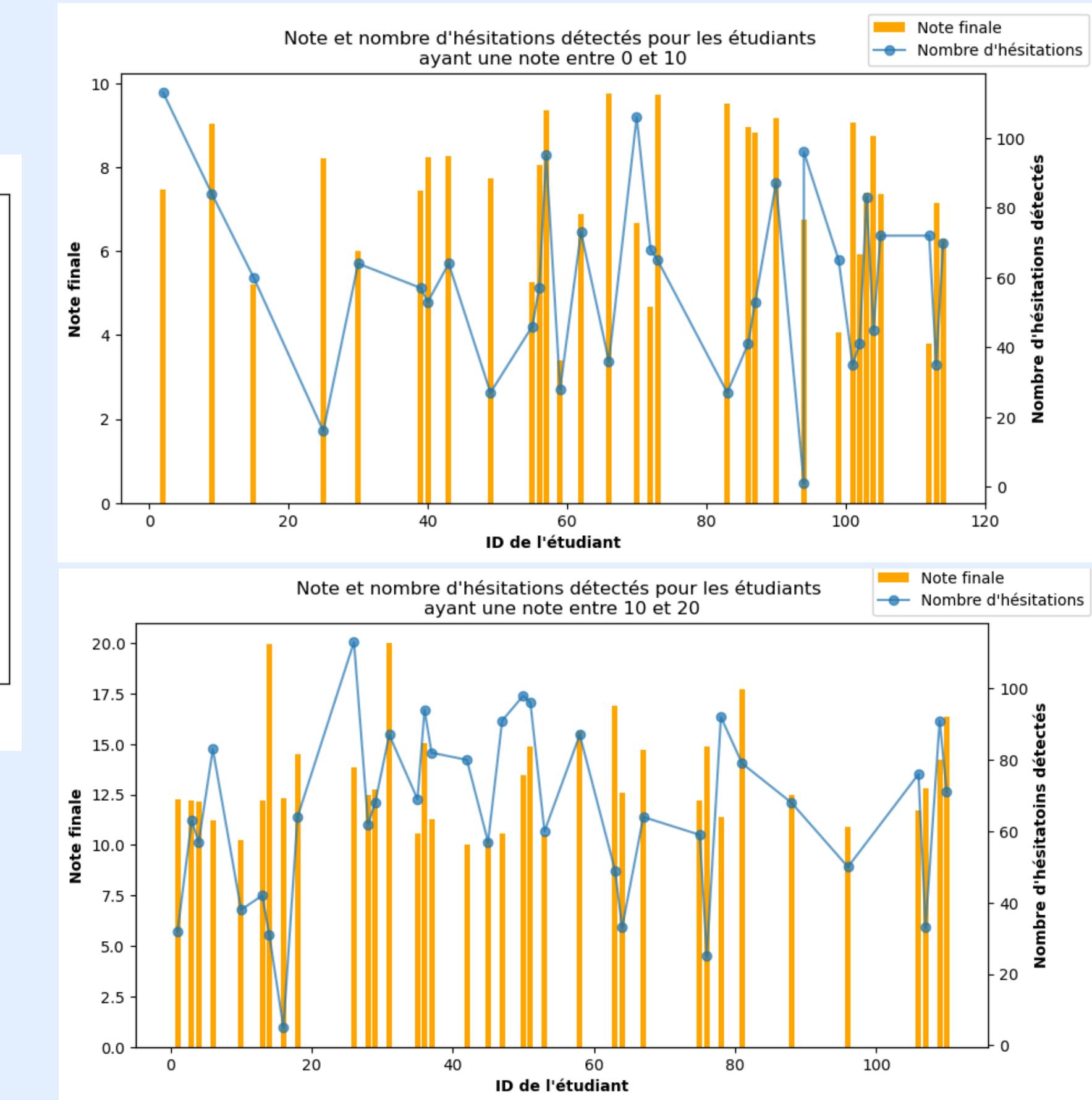


ANALYSE DES DONNÉES

ENREGISTREMENT VOCAL



 **DONNÉES AUDIOS NON-
UTILISÉES**



IA FINALE

AUGMENTATION DES DONNÉES



COLUMN SHAPES SCORE	81.88 %	LES DISTRIBUTIONS DES COLONNES
COLUMN PAIR TRENDS SCORE	85.71 %	LES RELATIONS ENTRE LES COLONNES
AVERAGE SCORE	83.79 %	UNE BONNE QUALITÉ DES DONNÉES

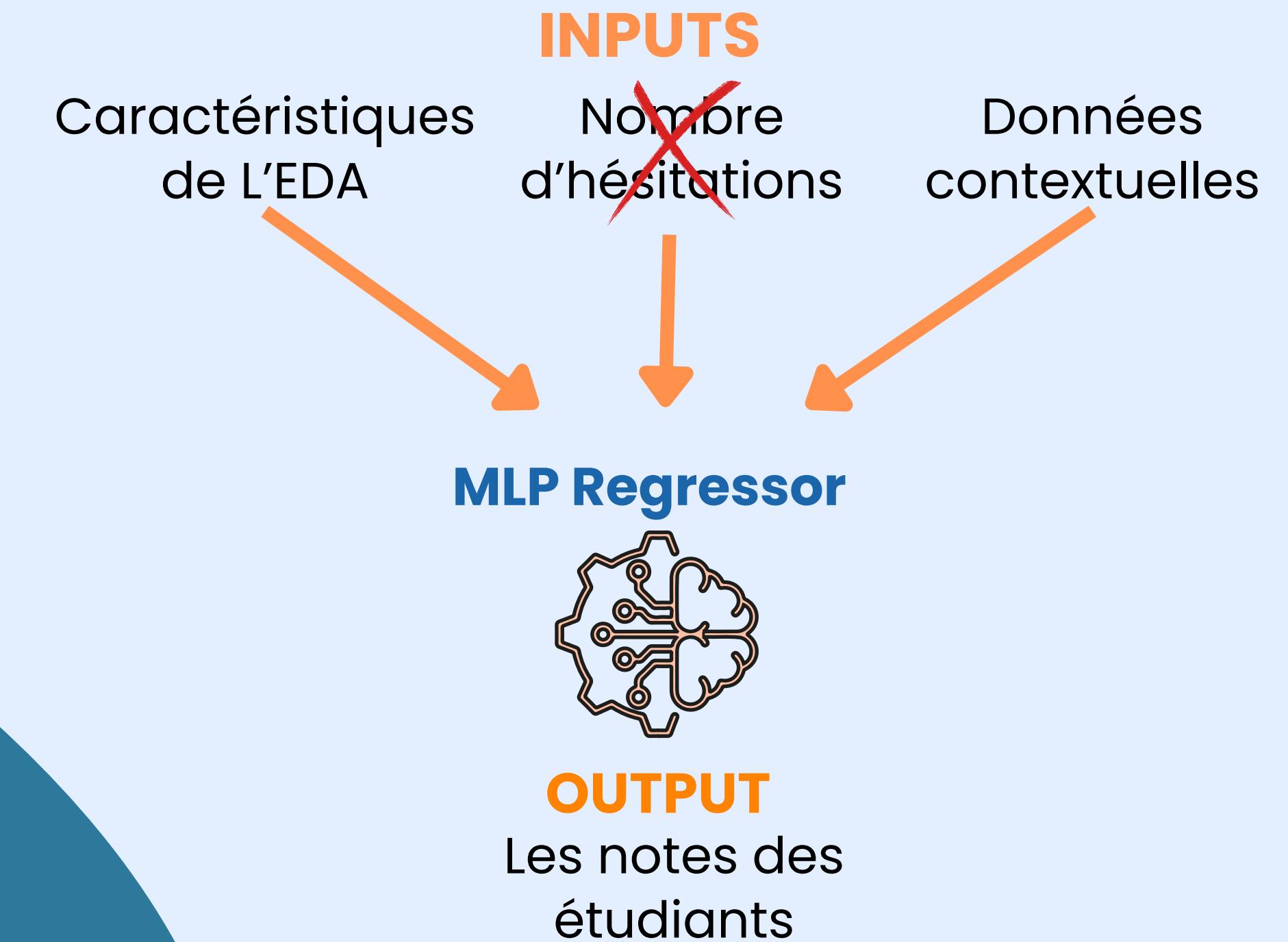
IA FINALE

R² SANS LE NOMBRE D'HÉSITATIONS

→ **0.61**

R² AVEC LE NOMBRE D'HÉSITATIONS

→ **0.56**



RÉSULTATS

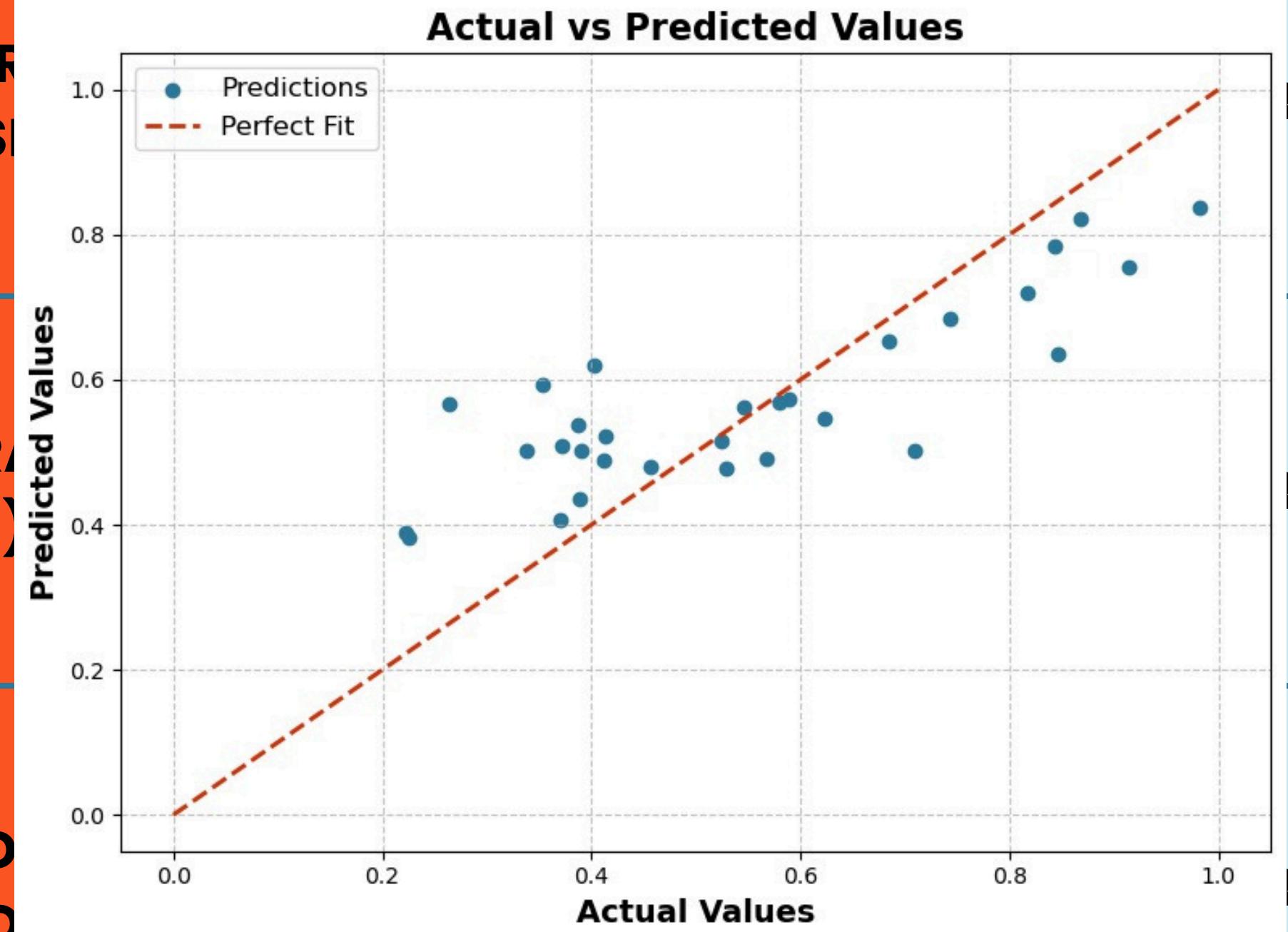
ERREUR QUADRATIQUE MOYENNE (MSE)	0.017	VALEUR OPTIMALE : PROCHE DE 0
ÉCART QUADRATIQUE MOYEN (RMSE)	0.132	VALEUR OPTIMALE : PROCHE DE 0
COEFFICIENT DE DÉTERMINATION (R^2)	0.613	VALEUR OPTIMALE : PROCHE DE 1

RÉSULTATS

**ERREUR QUADRATIQUE
MOYENNE (MSE)**

**ÉCART QUADRATIQUE
MOYEN (RMSE)**

**COEFFICIENT DE
DÉTERMINATION (R^2)**



ROCHE DE 0

ROCHE DE 0

ROCHE DE 1

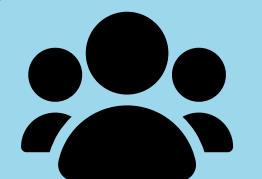
CRITIQUE DES RÉSULTATS



Impact stress et fatigue cognitive sur la performance académique



EDA affectée par l'environnement
(conditions d'examen et d'autres états cognitifs)



Plus grande population

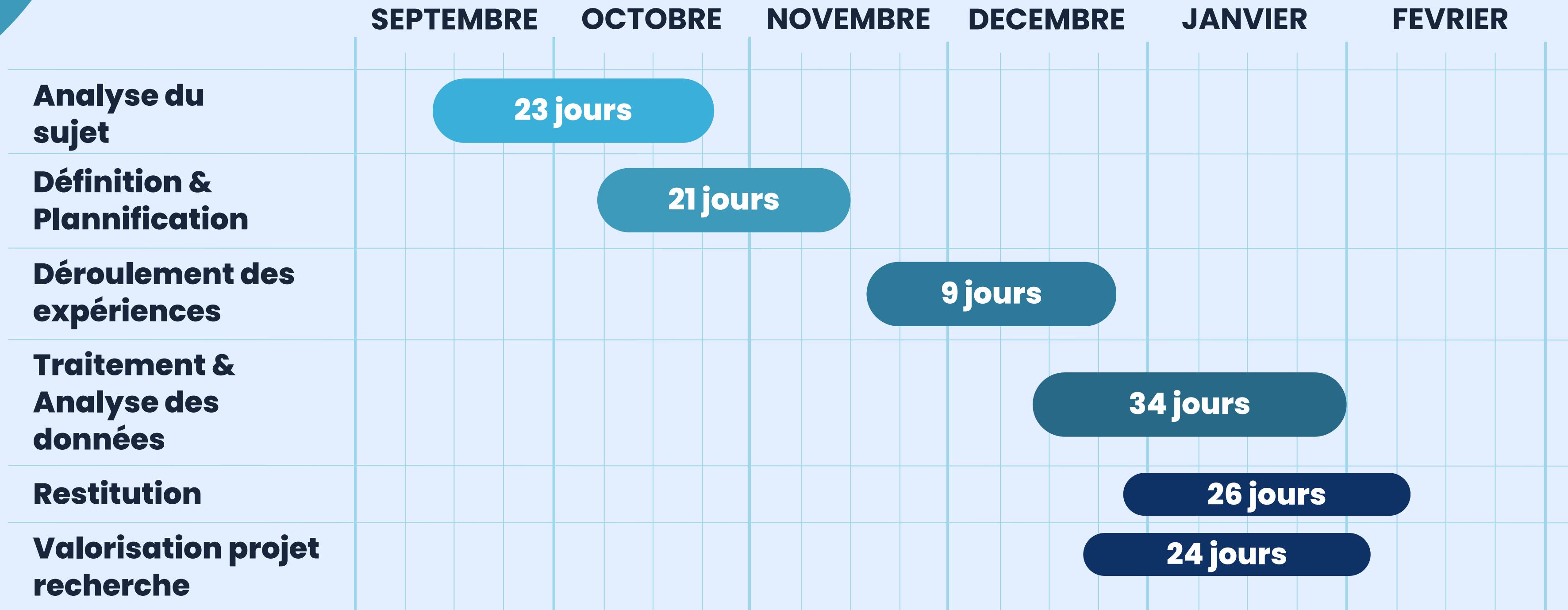


Analyse d'autres caractéristiques de l'audio

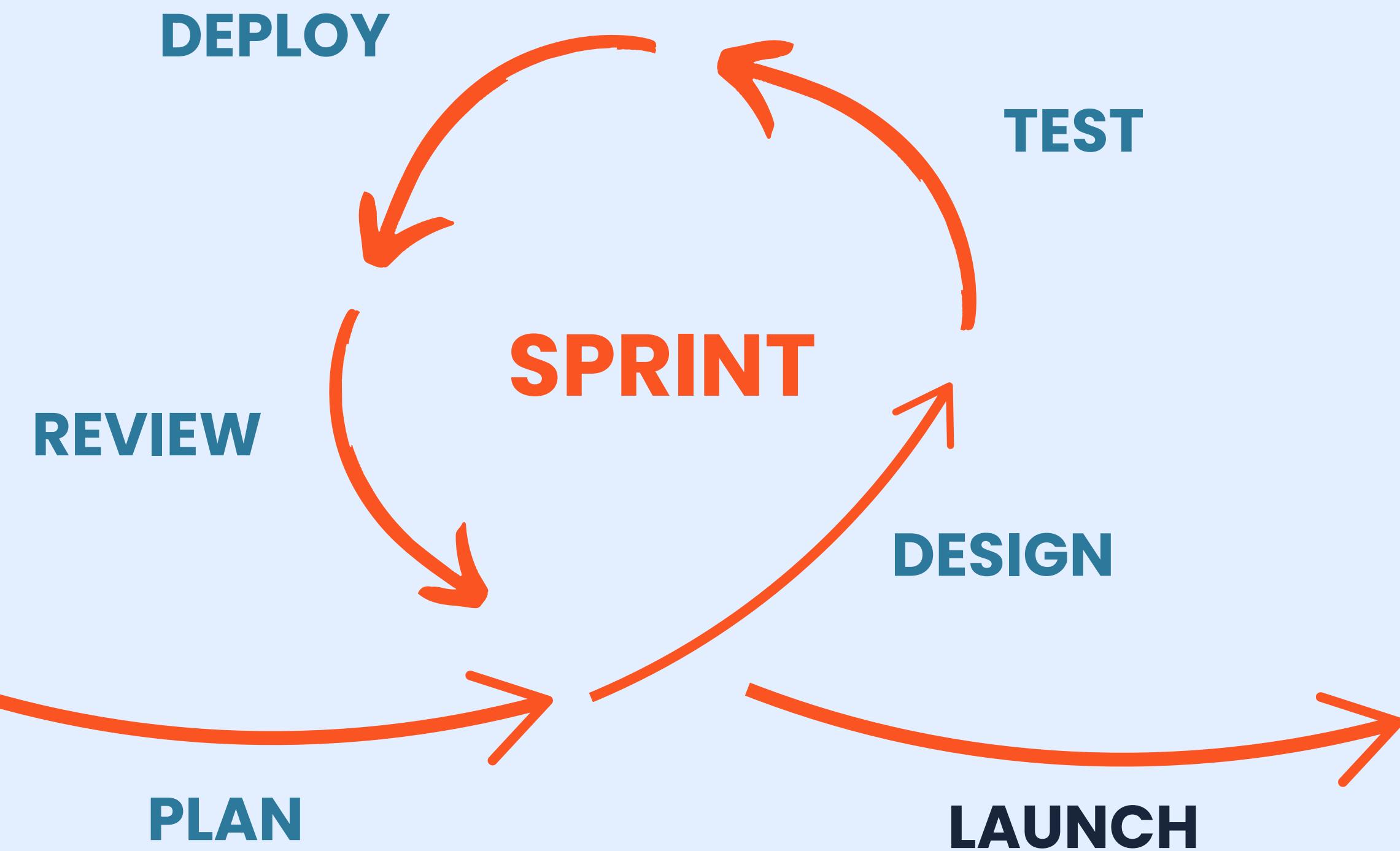
OUTILS DE GESTION DE PROJET



 **Trello**



METHODE AGILE & PDCA



VALORISATION



ETUDE DE L'IMPACT DU STRESS ET DE LA FATIGUE COGNITIVE SUR LA PERFORMANCE ACADEMIQUE DES ÉTUDIANTS

ECE ÉCOLE D'INGÉNIEURS ENGINEERING SCHOOL

Aurélie DESNOYER, Lucie KASPERCZYK, Indira LAVOCAT, Jacques MEYER, Maeva MONTAGNEUX, Aya TOUNSI
ECE PARIS, 10 rue Sextius Michel 75015 Paris

LYRIDS Laboratory of Research in Interdisciplinary Digital Engineering & Sciences ECE RESEARCH CENTER

Contexte

Dans sa vie quotidienne, l'être humain connaît l'état de **fatigue cognitive** [1,2]. Quand il y a **cumul** de cette fatigue, cela peut s'avérer **néfaste** pour la santé de l'Homme.

Le **stress** est un phénomène complexe [3,4] impliquant à la fois notre **corps** et notre **esprit**. En réponse aux facteurs de stress, le corps humain active le système nerveux sympathique. Par conséquent, un stress chronique impacte fortement l'organisme.

En conditions d'exams académiques, les états de stress et de fatigue cognitive chez l'étudiant sont favorisés/amplifiés [5,6].

L'impact des états cognitifs du stress et la fatigue mentale, influence-t-il la performance académique des étudiants ?

Approche

L'expérience vise à explorer les états cognitifs de stress et de fatigue cognitive d'étudiants selon : leurs réponses à un examen blanc, leur signal d'activité électrodermale (EDA) et leur enregistrement vocal.

Population étudiée : 75 étudiants - 1^{re} année de Master Ingénieur BIG DATA & IA – révision partielle Machine Learning.

Figure 1 : Schéma du déroulé de l'expérience

Objectifs

Prédire la note des étudiants par apprentissage supervisé / Machine Learning (ML) grâce à :

- L'analyse de leur signal d'activité électrodermale (EDA) [7]
- L'analyse de l'enregistrement vocal lors de l'expérience

Résumé

L'EDA présente plusieurs caractéristiques étudiées dans la littérature en lien avec le **stress** et la **fatigue cognitive**.

Figure 3 : Comparaison de la moyenne de la variance tonique selon l'état de fatigue déclaré

La variance tonique :

- ⇒ Examen oral = le plus fatigant cognitivement
- ⇒ Forte fatigue = notes faibles

Figure 4 : Comparaison de l'AUC de l'EDA selon l'état de stress déclaré

La variation tonique :

- ⇒ Examen oral = le plus stressant
- ⇒ Fort stress = notes moyennes

Les sujets plus stressés et fatigués présentent des valeurs plus élevées pour certaines caractéristiques d'EDA, ce qui semble affecter leur **performance académique**.

Résultats

Figure 5 : Comparaison de l'AUC de l'EDA à l'examen oral et écrit par groupe de notes

Figure 6 : Comparaison de l'AUC de l'EDA selon l'état de stress déclaré

Métriques d'évaluation du modèle :

Métrique	Valeur optimale
Erreur quadratique moyenne (MSE)	proche de 0
Ecart quadratique moyen (RMSE)	proche de 0
Coefficient de détermination (R^2)	proche de 1

Tableau 1 : Métriques d'évaluation du modèle « Multi Layer Perception » (MLP)

Métrique	Valeur
Mean Squared Error	0.017
Ecart quadratique moyen (RMSE)	0.132
Coefficient de détermination (R^2)	0.613

Métriques du modèle :

- ⇒ MSE et RMSE = valeurs optimales
- ⇒ R^2 = valeur moyenne haute

Courbe d'apprentissage :

- ⇒ Allure des courbes = relativement semblable
- ⇒ Comparaison zones de dispersion =
 - Validation > Training
 - Valeurs faibles

La modélisation est **performante** pour prédire la note en se basant sur : les caractéristiques extraites de l'EDA et les données contextuelles recueillies.

Bilan

- La juste prédiction des notes à partir du signal de l'EDA (données objectives) et des données contextuelles (données subjectives) permet de refléter l'**impact du stress et de la fatigue cognitive des étudiants sur leur performance académique**.
- Grâce à l'EDA, les états de stress et de fatigue peuvent être analysés. Ce paramètre physiologique peut être **affecté** par l'environnement, les **conditions d'examen** et d'autres états cognitifs tel que l'**engagement**.
- Dans les futurs travaux, il serait intéressant d'étudier d'**autres caractéristiques** des enregistrements **audios**, pour améliorer la performance du modèle utilisé dans la prédiction de la note.

Bibliographie

1. Yu Shi, Nastja Ritz, Nouria Tello, Eric Choi, and Feng Chen. "Glycemic skin response (GSR) as an index of cognitive load". Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, Association for Computing Machinery, 2017.
2. Nourashah, Hergene & Chen, Feng & Wang, Ying & Caiyu, Kebei. "Detecting Users' Cognitive Load by Glycemic Skin Response with Affective Intensity", ACM Transactions on Interactive Intelligent Systems, 2017.
3. C. Seitz, S. Aronoff, J. Schumm, E. Le Menn, G. Traister, and D. Elmer. "Discerning stress from cognitive load using a wristband EDA device", IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine, vol. 14, no. 2, pp. 430-437, 2010.
4. P. Schmid, A. Reiss, E. Duerden, C. Mertinger, and E. Van Leeuwen, "Introducing user's a multi-model dataset for wireless stress and affect detection", in Proceedings of the 2016 ACM International Conference on Multimodal Interaction, Oct 10-12, 2016, pp. 400-406.
5. M. G. Sievertsen, F. Gao, M. Novakos, Cognitive fatigue in students' performance on standardized tests, Proc. Int'l Acad. Sci. U.S.A., 113 (2016) 2613-2624.
6. A. Agius, S. Saad & G. Roschi, Assessing learners' motivation: Moderate the relationship between Academic Stress and Academic Performance, Educational Psychology, 23, 207-224, 2003.
7. J. J. Amalberti, B. B. G. Veltman, R. Joosen, and M. Bouw, "A guide for analysing electrodermal activity (EDA) and skin conductance responses (SC) for physiological experiments", 2013.

26

DEMO



MERCI POUR VOTRE ECOUTE

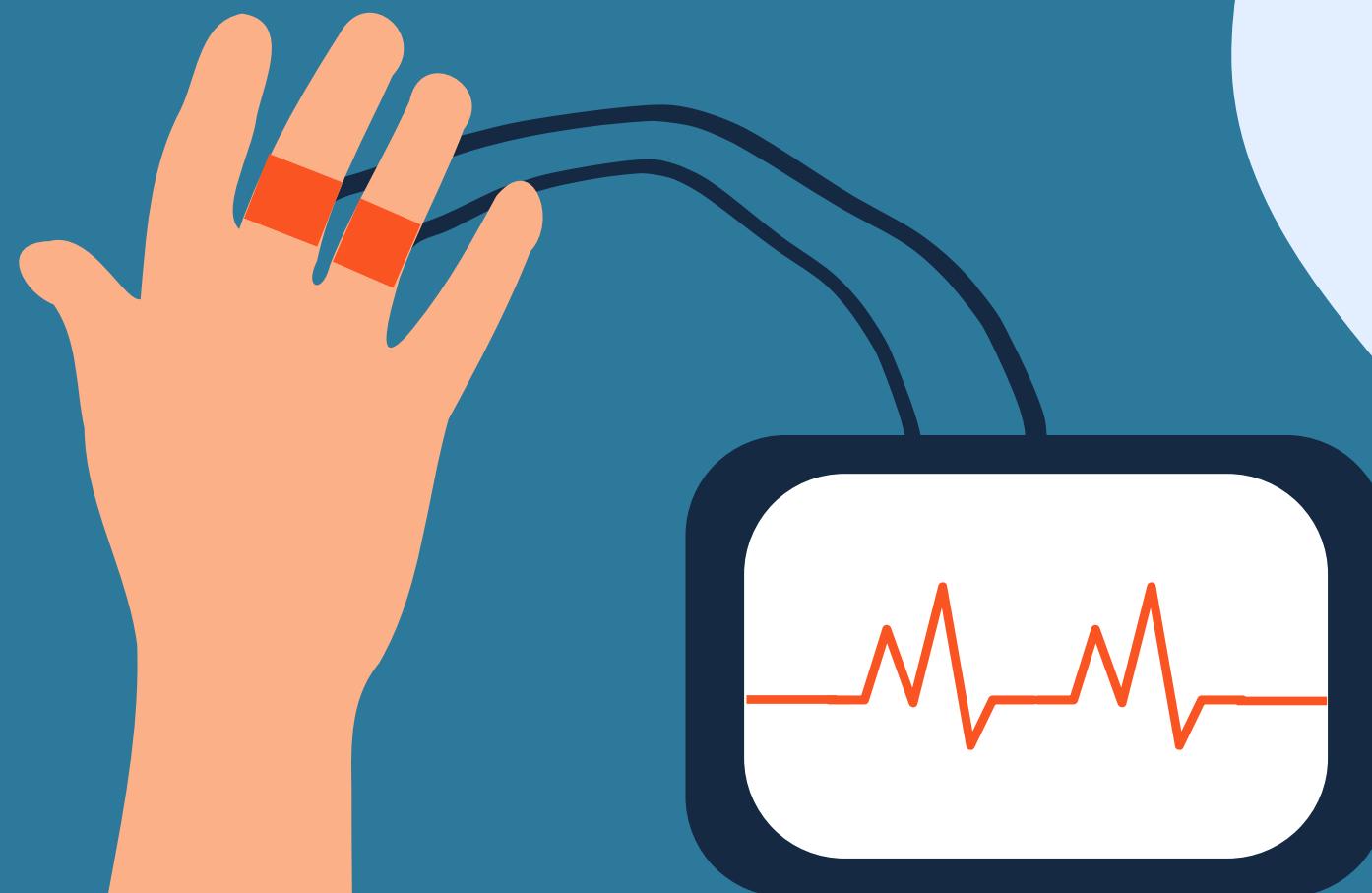
“

Des questions ?

”



DATASHEET



Electrodermal Activity (EDA) Sensor Datasheet

EMG 03092020

SPECIFICATIONS

- > Range: 0-25 μ S (@VCC=3V)
- > Bandwidth: 0-3Hz
- > Consumption: ± 0.1 mA
- > Input Bias Current: ± 70 pA
- > CMRR: 130dB
- > Measurement: continuous
- > Current: DC



Fig. 1. BIOSIGNALSPLUX EDA SENSOR (STANDARD VERSION).

FEATURES

- > Skin resistance measurement
- > Unobtrusive & lightweight sensor
- > Pre-conditioned analog output
- > High signal-to-noise ratio
- > Ready-to-use form-factor
- > Medical-grade raw data output

APPLICATIONS

- > Life sciences studies
- > Sympathetic nervous system monitoring
- > Human-Computer Interaction
- > Affective computing
- > Psychophysiology
- > Biomedical device prototyping
- > Arousal detection
- > Emotional cartography
- > Physiology studies
- > Relaxation biofeedback

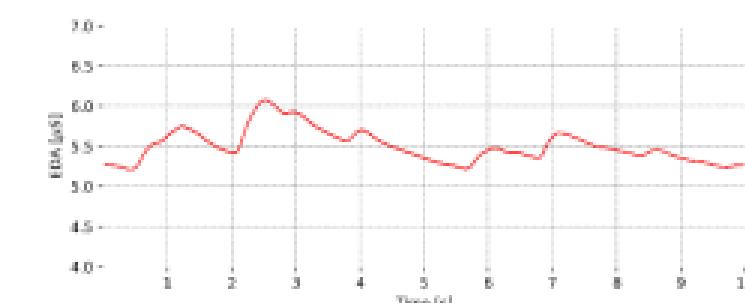


Fig. 2. Typical raw EDA data (acquired with biosignalsplux).

GENERAL DESCRIPTION

The biosignalsplex EDA sensor is capable of accurately measuring the electrical properties of the skin which changes. These changes are caused by alterations in sweat secretion and sweat gland activity as a result of changing sympathetic nervous system activity. The low-noise signal conditioning and amplification circuit design provide optimal performance in the detection of even the most feeble electrodermal skin response events.

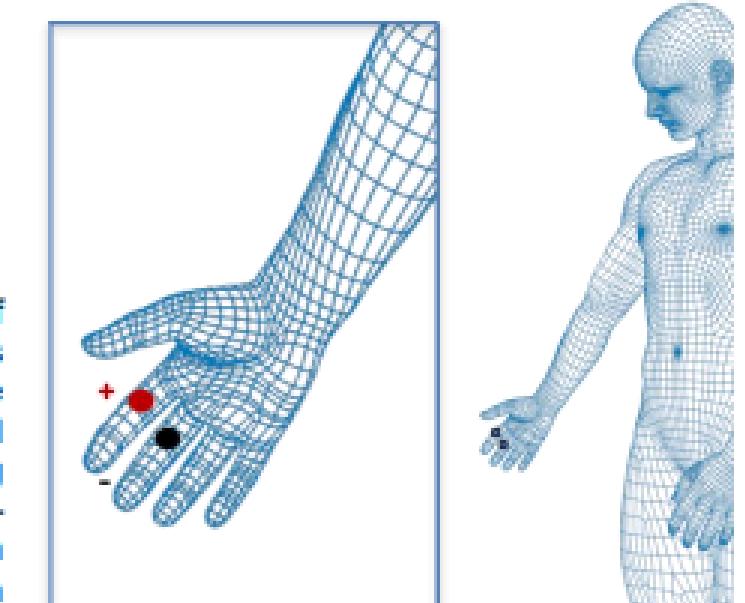


Fig. 3. Example EDA placement on the index and middle finger.

APPLICATION NOTES

The biosignalsplex EDA sensor is designed to acquire the change of skin activity such as sweat with two measuring electrodes. One example is the placement of the electrodes on the anterior side of the hand on two adjacent