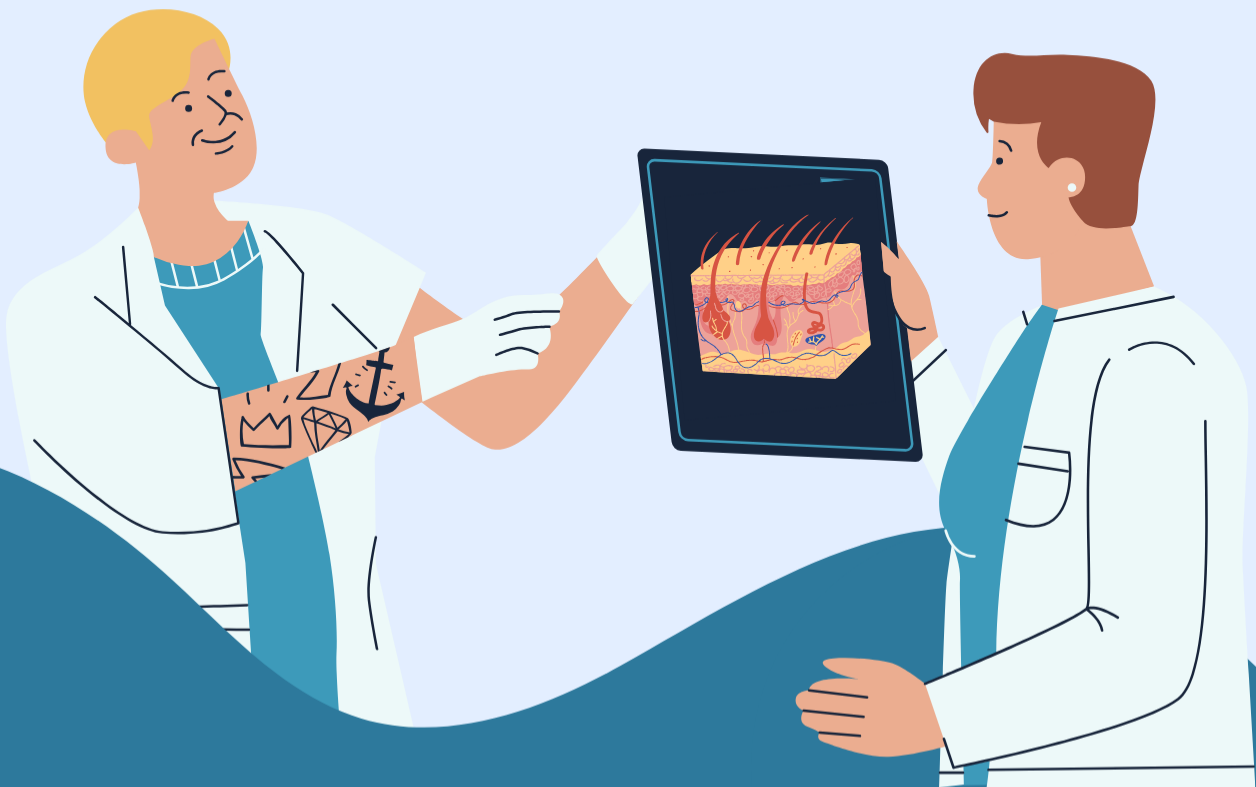


Etude de l'impact du stress et de la fatigue sur la performance

CAHIER DE LABORATOIRE



AUTEURS :

AURÉLIE	DESNOYER
LUCIE	KASPERCZYK
INDIRA	LAVOCAT
JACQUES	MEYER
MAEVA	MONTAGNEUX
AYA	TOUNSI

ENSEIGNANTS :

MME. FAIZA BELBACHIR
M. GUILHERME MEDEIROS MACHADO
M. AAKASH SONI

Nous attestons que ce travail est original, qu'il est le fruit d'un travail commun au groupe et qu'il a été rédigé de manière autonome.

Table des matières

I.	Objectif de l'expérience	3
II.	Expériences	3
1.	Examen oral	4
2.	Examen écrit	4
III.	Protocole Expérimental.....	5
IV.	Observations	5
V.	Données.....	6
VI.	Analyses préliminaires.....	7
VII.	Conclusion	8
VIII.	Annexes	9

I. OBJECTIF DE L'EXPÉRIENCE

Cette étude vise à explorer l'impact des états cognitifs, et plus particulièrement de la fatigue cognitive et du stress, sur la performance académique des étudiants.

À travers des questionnaires et tests contrôlés en adéquation avec l'objectif, nous souhaitons prédire la note d'un examen passé par des étudiants en conditions de stress et de fatigue cognitive. C'est-à-dire, prélever diverses mesures (signal physiologique, signal vocal, réponses à des questionnaires) pour les utiliser en tant que paramètres de prédiction de la note obtenue à l'examen passé par l'étudiant.

Nous avons donc mis en place des expériences pour tester des sujets dans ces conditions.

II. EXPÉRIENCES

Les expériences se déroulent sur un créneau d'une durée de 1 heure au cours de laquelle les participants passent un examen blanc d'une durée de 30 minutes décomposé en 2 parties : un examen oral d'une durée de 15 minutes et un examen écrit d'une durée de 15 minutes également.

L'examen comprend une période introductive d'une durée de 2 minutes d'attente. Pendant ce temps, l'étudiant patiente en étant inactif pour étalonner le capteur d'activité électrodermale. De plus, il y a également une période d'attente de 2 minutes entre les deux parties de l'examen et à la fin de l'examen.

L'ensemble de toutes les étapes des expériences est détaillé dans la Figure 1.



Figure 1 : schéma du déroulé des expériences

1. EXAMEN ORAL

L'examen oral consiste en une session de 15 minutes au cours de laquelle l'étudiant va devoir répondre à l'oral à des questions qui lui sont posées.

Principe de l'examen oral :

L'étudiant est assis devant un écran d'ordinateur et à côté d'un enregistreur vocal. De plus, il présente sa main non-dominante paume ouverte vers le haut, posée sur la table devant lui, sur laquelle 2 capteurs d'activité électrodermale sont placés.

Il est invité à répondre à l'oral aux questions qui sont affichées à l'écrit sur l'écran. Ces questions sont minutées, c'est-à-dire que chaque question n'est affichée que durant un temps donné. Ce temps est indiqué dans la formulation de la question ainsi que représenté par une bande visuelle, sous la question, se raccourcissant au cours du temps jusqu'à disparaître totalement une fois le temps écoulé. Les questions s'enchaînent automatiquement. Dès que le temps est écoulé, il n'est pas possible de revenir en arrière.

Consigne de l'expérience :

Au cours de cette expérience, l'étudiant doit se tenir immobile pour ne pas générer d'artéfacts dans le signal électrodermal mesuré au cours de l'expérience et assurer un climat de stress.

De plus, il doit lire à haute voix chacune des questions affichées à l'écran et fournir une réponse développée à l'oral.

Il ne peut ni demander de l'aide ni même chercher l'approbation des examinateurs, assurant ainsi le climat de stress voire de fatigue cognitive pour l'étudiant.

2. EXAMEN ÉCRIT

L'examen écrit consiste en une session de 15 minutes au cours de laquelle l'étudiant va devoir répondre à l'écrit sur une feuille papier à des questions qui lui sont posées.

Principe de l'examen écrit :

La disposition du matériel ainsi que de l'étudiant reste la même que celle de la partie orale.

Il est invité à répondre à l'écrit aux questions qui sont affichées sur l'écran. Le principe du déroulement des questions reste le même que celui du déroulement des questions de la partie orale.

Consigne de l'expérience :

L'étudiant doit toujours se tenir immobile, pour les mêmes raisons que dans la partie précédente de l'expérience.

De plus, il doit fournir une réponse à l'écrit pour chacune des questions affichées à l'écran. Ces questions sont sous la forme de question à choix multiple (avec des propositions de réponses) ou sous la forme de question ouverte à réponse courte.

Il ne peut toujours pas demander d'aide aux examinateurs, maintenant ainsi le climat de stress voire de fatigue cognitive instauré.

III. PROTOCOLE EXPÉRIMENTAL

Le protocole expérimental a été détaillé dans un document dédié (cf. **annexe 1**).

IV. OBSERVATIONS

Nous avons commencé à réaliser les tests à partir du lundi 9 décembre 2024, et ce, jusqu'au lundi 16 décembre 2024 compris. Lors de cette période d'expérimentations, notre équipe a fait face à plusieurs challenges à surmonter.

Tout d'abord, notre équipe a appris à gérer de façon autonome et rapide les imprévus. Par exemple, il a fallu gérer les aléas :

- Concernant le matériel, la connexion aux appareils numériques des membres était parfois aléatoire. Ceci a entraîné la nécessité de s'adapter et d'optimiser le passage des étudiants avec le matériel fonctionnel sur le moment.
- Concernant les données, certaines ont été perdues numériquement ou devenues inutilisables lorsque les conditions de l'expériences n'étaient pas les bonnes.

De plus, notre équipe a également géré des imprévus d'organisation. De ce fait, elle s'est confronté à la gestion humaine des participants ainsi que de ses membres. En effet, il a fallu gérer :

- Les étudiants dont le planning se retrouvait parfois modifié au dernier moment, les empêchant ainsi de se présenter à leur créneau de passage,
- Les étudiants qui annulaient également leur créneau sans raison voire ne se présentaient pas du tout à leur horaire de passage,
- Les membres de l'équipe dont le planning n'était pas aussi flexible que les étudiants car étant hors semaine PFE les membres avaient des cours à suivre,
- L'organisation de façon précise, rapide et claire du planning de passage des étudiants ainsi que des examinateurs correspondants à chaque créneau d'expérimentation.

V. DONNÉES

Les données sont collectées à travers les réponses aux questionnaires, les signaux d'activité électrodermale (EDA) et vocaux (audio) ainsi que les notes obtenues à l'examen passé lors des expériences. Ces notes sont déterminées selon une échelle préalablement préparée propre à chaque sujet et selon les réponses données par les étudiants dont le tout a ensuite été harmonisé par les examinateurs.

Les indices de préparation à l'examen, de stress et de fatigue cognitive ressentis avant et après l'examen blanc ainsi que les features (caractéristiques) extraites de l'audio et de l'EDA sont enregistrés et analysés pour prédire la note des étudiants à partir de l'impact de des états cognitifs de stress et fatigue mentale sur la performance académique.

Le déroulé des processus d'analyse de données des expériences est représenté en Figure 2.

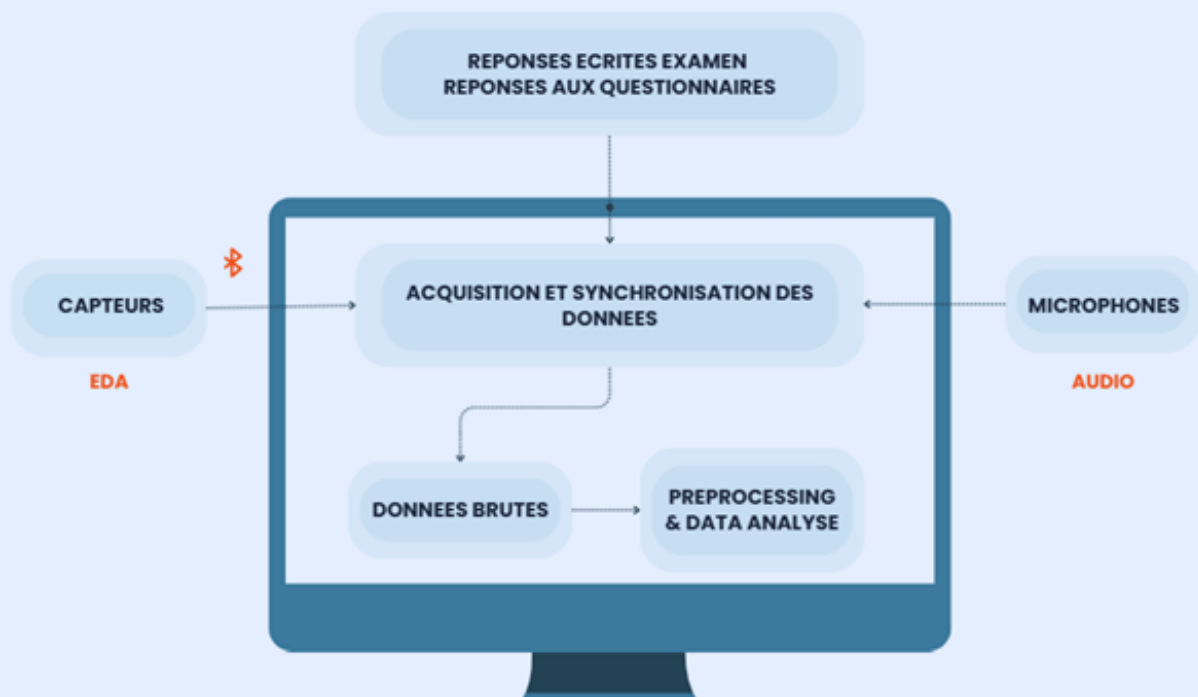


Figure 2 : Vue d'ensemble du système d'expériences

Au cours des expériences, les données sont collectées.

Les données d'activité électrodermale (EDA) sont captées par 2 électrodes du capteur placées sur la paume de l'étudiant. Ces données sont récupérées sous forme brute, envoyées par Bluetooth à l'application OpenSignals sur ordinateur, puis stockées sous forme de fichier .csv.

Les données vocales (audio) sont collectées soit par un enregistreur vocal de téléphone soit par enregistrement d'écran d'ordinateur. Ces données sont récupérées sous forme brute et stockées sous forme .mp3, .mp4 ou .m4a.

Une fois les données collectées, l'étape de pré-traitement des données s'effectue.

Concernant les données d'EDA, une étape de *preprocessing* est nécessaire. C'est un processus de « nettoyage » pour supprimer les artefacts du signal afin d'obtenir des données exploitables.

Concernant les données vocales, le travail de pré-traitement est un travail « d'allègement » afin de réduire la quantité de données et permettre aux modèles de Deep Learning de prédire plus rapidement tout en utilisant moins de puissance de calcul. Ce pré-traitement permet aussi une annotation et une création du set de données plus rapide grâce au logiciel ELAN.

Enfin, les données nettoyées peuvent être étudiées.

Les données d'EDA sont analysées avec la bibliothèque Neurokit2 qui permet une analyse de données physiologiques telle que l'EDA.

Les données vocales récupérées à travers le modèle Wav2Vec2 réentraîné sont analysées par les bibliothèques classiques de python comme pandas et NumPy.

Ces processus sont expliqués plus en détails dans le document d'architecture technique (**cf. annexe 2**).

VI. ANALYSES PRÉLIMINAIRES

Une fois les signaux d'EDA et d'audios traités, nous avons pu importer dans l'algorithme d'apprentissage supervisé choisi, le Multi Layer Perceptron (MLP), les entrées nécessaires :

- les données physiologiques : c'est-à-dire les caractéristiques extraites du signal de l'EDA
- les données contextuelles : c'est-à-dire les réponses des étudiants aux questionnaires.

Les données des audios n'ont pas été retenues dans l'analyse finale de Machine Learning. En effet, les analyses statistiques de ces données supposaient une absence d'influence entre la caractéristique choisie, « nombre d'hésitation », et la performance des étudiants. De plus, la tentative de prise en compte des données audios en entrée du MLP a confirmé cela : les performances de prédiction de la note par MLP ont diminué.

Les résultats suivants correspondent : aux métriques utilisées pour évaluer la performance du MLP dans le Tableau 1, et aux courbes d'apprentissage du MLP dans la Figure 7, dans le cadre de sa prédiction des notes des étudiants à l'examen blanc.

Erreur quadratique moyenne (MSE)	0.017	Valeur optimale : proche de 0
Ecart quadratique moyen (RMSE)	0.132	Valeur optimale : proche de 0
Coefficient de détermination (R²)	0.613	Valeur optimale : proche de 1

Tableau 1 : Métriques d'évaluation du modèle MLP

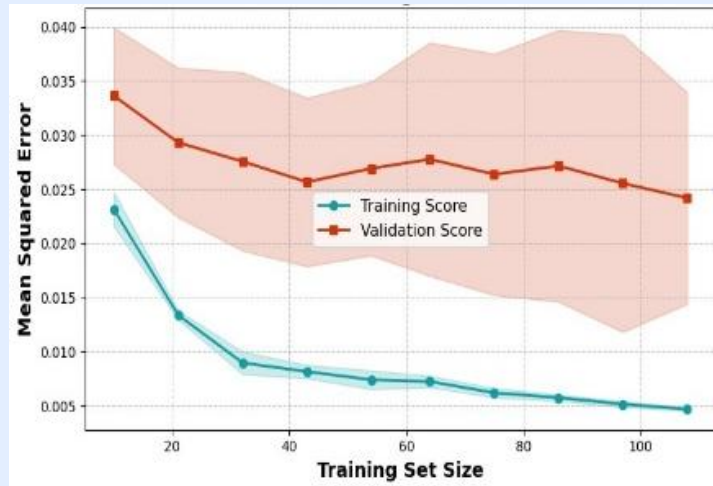


Figure 3 : Courbe d'apprentissage du modèle de MLP pour la prédiction de notes des étudiants à l'examen blanc

Parmi les trois métriques choisies pour évaluer la performance du MLP, nous pouvons observer que deux d'entre elles, MSE et RMSE, présentent un score excellent, c'est-à-dire très proche de la valeur optimale attendue.

Par ailleurs, la troisième métrique qu'est le coefficient de détermination, appelé R^2 , présente une valeur moins proche de sa valeur optimale mais tout de même au-dessus de la moyenne. Cette métrique correspond à une mesure statistique permettant de déterminer la proportion de variance des variables impliquées dans le modèle et ainsi d'expliquer les variations de l'EDA en fonction de la prédiction à faire.

C'est pourquoi, cette valeur de R^2 reflète une performance du MLP assez bonne pour prédire la note des étudiants mais pouvant encore être améliorée.

VII. CONCLUSION

L'étude a montré que la prédiction des notes des étudiants par Multi Layer Perceptron (MLP), à partir de données physiologiques objectives (c'est-à-dire de caractéristiques extraites de l'EDA et sélectionnées) ainsi que de données contextuelles subjectives (c'est-à-dire les réponses aux questionnaires sur le stress et la fatigue cognitive des étudiants), est performante. Cela démontre ainsi l'impact des états cognitifs de stress et de fatigue mentale chez les étudiants sur leur performance académique.

Par ailleurs, il faudrait explorer cette voie de l'analyse de la voix par traitement d'audios enregistrés. En effet, la caractéristique « nombre d'hésitations » ne présente certes pas d'impact avec la note des étudiants, cependant, la voix a été largement étudiée dans la littérature scientifique avec des résultats favorables pour détecter des troubles cognitifs.

VIII. ANNEXES

1. *Protocole expérimentale*
2. *Architecture technique*