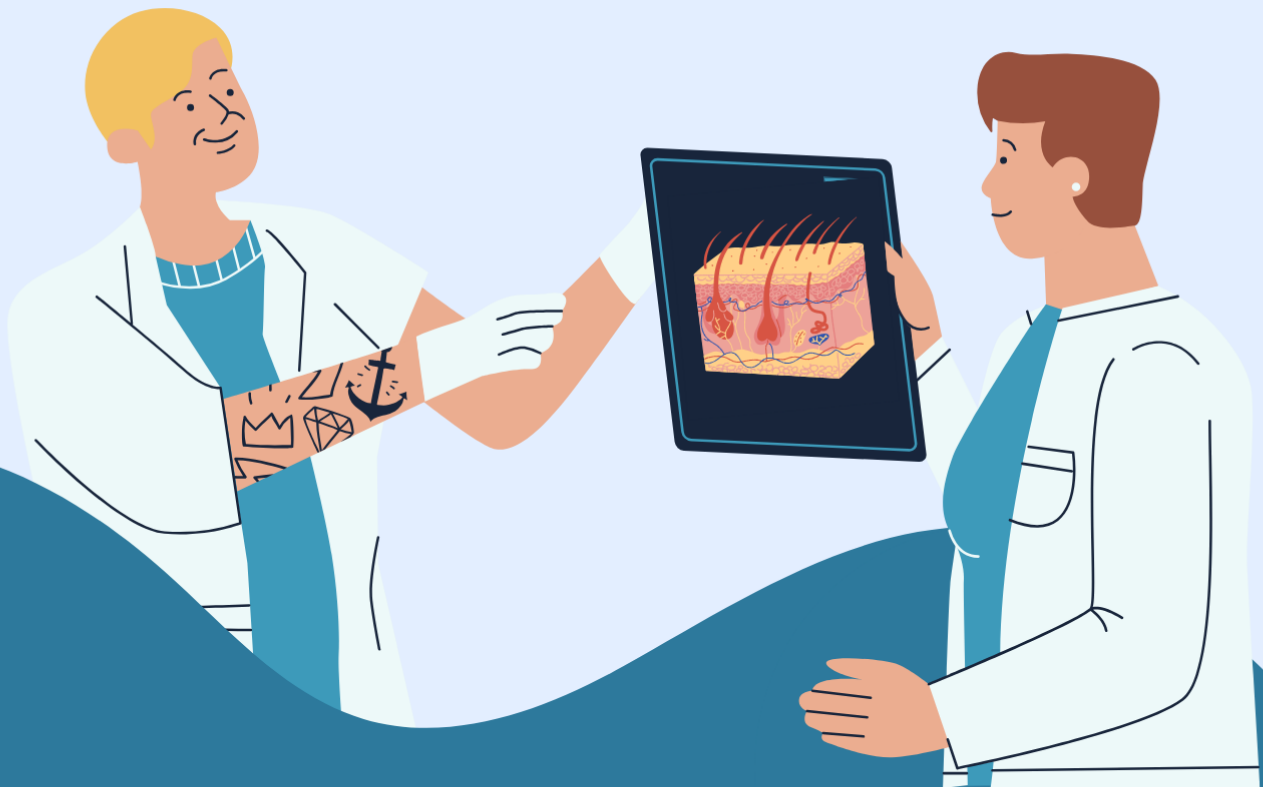


# Etude de l'impact du stress et de la fatigue sur la performance

## PROTOCOLE EXPERIMENTAL



### 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

<b>I. Résumé .....</b>	<b>4</b>
<b>II. Introduction .....</b>	<b>4</b>
1. Contexte de l'expérience .....	4
2. Objectif de l'expérience .....	4
3. Hypothèses de recherche .....	4
4. Justifications de l'expérience .....	5
<b>III. Expériences .....</b>	<b>5</b>
1. Principe de fonctionnement .....	5
2. Déroulement de l'expérience.....	5
3. Consigne pour l'expérience .....	6
<b>IV. Matériel et méthodes .....</b>	<b>8</b>
1. Matériel et équipements.....	8
2. Participants .....	8
<b>V. Procédure expérimentale .....</b>	<b>9</b>
1. Description détaillée .....	9
Aperçu de l'étude .....	9
Procédures préliminaires.....	9
Expérience.....	11
2. Collecte de données.....	12
3. Traitement de données .....	13
4. Analyse de données .....	13
<b>VI. Considérations éthiques et sécurités .....</b>	<b>13</b>
<b>VII. Plan d'expérience .....</b>	<b>15</b>
<b>VIII. Bibliographie.....</b>	<b>17</b>
<b>IX. Annexes.....</b>	<b>17</b>

**Ce document est strictement confidentiel et est la propriété exclusive du laboratoire LYRIDS. Toute reproduction, diffusion, ou communication, en tout ou en partie, à des tiers, sous quelque forme que ce soit, est formellement interdite sans autorisation écrite préalable du laboratoire LYRIDS.**

## I. RÉSUMÉ

Notre étude vise à explorer la fatigue cognitive et le stress en fonction des réponses des candidats lors d'un examen blanc, dans le but de prédire leur note à cet examen. L'étude s'est déroulée sur une période de six jours ouvrés précédant leur examen final, en simulant les conditions réelles de cet examen. Chaque session d'examen blanc dure une heure. À l'issue de ces sessions, les données sont collectées, traitées et analysées afin de prédire l'intervalle de la note finale des élèves. Par ailleurs, les résultats de l'expérience sont communiqués. Conformément au Règlement Général sur la Protection des Données (RGPD), nous nous engageons à garantir la confidentialité et la protection des données personnelles des participants. Leur participation est entièrement volontaire, et ils peuvent retirer leur consentement à tout moment, sans aucune conséquence [1].

## II. INTRODUCTION

### 1. CONTEXTE DE L'EXPÉRIENCE

La fatigue cognitive ainsi que le stress sont des phénomènes qui peuvent affecter les performances cognitives d'un individu, notamment celles des étudiants. Ces états cognitifs sont souvent évalués à travers des symptômes subjectifs, mais des mesures objectives, comme l'activité électrodermale (EDA), peuvent fournir des indications précises sur ces deux états.

En effet, l'activité électrodermale (EDA), qui est la réponse du système nerveux sympathique à un stimulus cognitif, est considérée comme un indicateur pouvant être corrélée aux états cognitifs et émotionnels de fatigue mentale et de stress.

En complément de l'analyse de l'EDA, les réponses orales des participants lors de l'examen sont enregistrées. Ces enregistrements sont ensuite analysés pour évaluer l'état de stress des participants à travers des indices tels que la fluidité de leur discours, les pauses, ou encore l'utilisation de mots spécifiques. Cette approche audio permet d'obtenir une évaluation croisée entre les données physiologiques (EDA) et comportementales (analyse des réponses orales).

### 2. OBJECTIF DE L'EXPÉRIENCE

Cette étude vise à explorer les états cognitifs de fatigue cognitive et de stress en fonction des réponses des étudiants à un examen blanc, afin de prédire leur note. À travers des questions orales et écrites, ainsi que des mesures de l'activité électrodermale (EDA), nous évaluons comment ces états influencent leurs performances. Les réponses orales des participants seront également enregistrées et analysées pour détecter des indices de stress, comme la fluidité du discours ou les hésitations. En croisant les données physiologiques (EDA) et comportementales (analyse audio), cette approche permet de prédire avec précision la note finale tout en approfondissant notre compréhension des effets du stress et de la fatigue.

### 3. HYPOTHÈSES DE RECHERCHE

Nous faisons l'hypothèse que l'activité électrodermale (EDA) d'un étudiant, en condition de stress ou de fatigue mentale, fournit des données pertinentes pour prédire sa note à l'examen.

Plus précisément, nous supposons que des caractéristiques spécifiques du signal EDA en conditions de stress ou de fatigue influencent sa performance.

De plus, l'analyse des réponses orales enregistrées permettrait d'identifier des indicateurs comportementaux, tels que la fluidité du discours ou les hésitations, qui reflètent l'état de stress de l'étudiant. En combinant les données physiologiques et audio, nous postulons que ces informations croisées permettront une prédiction plus précise de la performance à l'examen.

## 4. JUSTIFICATIONS DE L'EXPÉRIENCE

Étudier et utiliser la relation entre les états cognitifs, la fatigue cognitive et le stress, ainsi que l'activité électrodermale (EDA) d'un étudiant en conditions d'examen, permettra d'aider les enseignants à fournir le soutien nécessaire aux étudiants. Cela leur permettra d'identifier les causes de leur stress ou fatigue mentale et d'apprendre à les gérer efficacement pour améliorer leur performance académique.

### III. EXPÉRIENCES

#### 1. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Notre étude vise à organiser un examen blanc permettant de collecter les données de l'activité électrodermale (EDA) des élèves, dans le but d'explorer les liens entre la fatigue cognitive, le stress et les réponses des participants. Cet examen, décrit en détail dans le document "Protocole examen blanc", se déroule sur une heure et se divise en deux parties : une phase théorique suivie d'une phase pratique. Pendant toute la durée de l'examen, l'EDA sera mesurée via un capteur placé sur la main de l'étudiant.

#### 2. DÉROULEMENT DE L'EXPÉRIENCE

Avant l'expérience, les participants remplissent un questionnaire préliminaire destiné à évaluer leur état de fatigue, leur niveau de stress et l'état de leurs révisions avant l'examen.

Durant cet examen, leurs résultats oraux et écrits sont collectés :

- Pour les écrits, nous récupérons leurs copies.
- Pour les oraux, nous utilisons un enregistreur vocal.

En parallèle, des capteurs mesurant l'EDA (réponse électrodermale) sont posés sur leurs mains. Ces données sont récupérées en temps réel via Bluetooth, puis synchronisées, ce qui nous permet d'obtenir des données brutes avant de passer aux étapes de prétraitement et d'analyse.

##### **Phase théorique :**

Les élèves répondent oralement à des questions écrites affichées à l'écran. Les réponses orales sont enregistrées avec un microphone pour une analyse approfondie. Cette méthode limite l'interaction avec l'examineur afin de réduire toute influence sur les réponses ou le stress des participants.

De plus, recueillir des réponses orales immédiates permet de saisir leurs réactions spontanées. Cela donne la possibilité d'identifier les mots ou expressions liés au stress. En analysant ces

éléments, nous pourrions évaluer si les élèves étaient stressés ou non et déterminer comment ce stress influence leur performance et leur note.

### Phase pratique :

Les élèves répondent à des questions écrites, affichées à l'écran, sur feuille. Les réponses écrites ne sont pas collectées pour l'analyse textuelle, cette partie étant dédiée à évaluer la fatigue induite par la tâche afin de déterminer la note finale. L'évolution de l'EDA sera enregistrée et surveillée tout au long de cette phase pour observer les variations liées à la fatigue cognitive lors du traitement et de l'analyse des données.

À la fin de l'examen, les participants remplissent un questionnaire final pour évaluer leur propre niveau de fatigue et de stress après l'expérience.

Tout ce déroulement est détaillé dans le schéma suivant.



Figure 1 : Déroulement de l'expérience

## 3. CONSIGNE POUR L'EXPÉRIENCE

Les participants ont préalablement reçu un e-mail détaillant le déroulement de l'examen ainsi que le matériel requis.

### Conditions et interdictions :

Tout au long de l'examen, les participants n'ont pas le droit de parler aux examinateurs, ni de chercher leur approbation, car aucune réponse ne leur sera donnée. Ils ne peuvent pas non plus bouger, tout ceci afin d'augmenter le climat de stress et d'éviter que les électrodes des capteurs ne se décollent.

### Instructions générales données aux participants :

« Cet examen est chronométré, et la durée de chaque question est affichée à la fin de chacune d'entre elles. Une barre de progression sous chaque question indique également le temps restant. Les questions sont automatiquement passées dès que le temps est écoulé, et il n'est pas possible de revenir en arrière.

#### Déroulement de l'examen :

L'examen est divisé en deux parties :

##### 1. Examen oral :

- Vous lisez à haute voix les questions affichées à l'écran et répondez oralement devant votre examinateur.

- Une pause de deux minutes est accordée pour vous préparer avant de commencer.

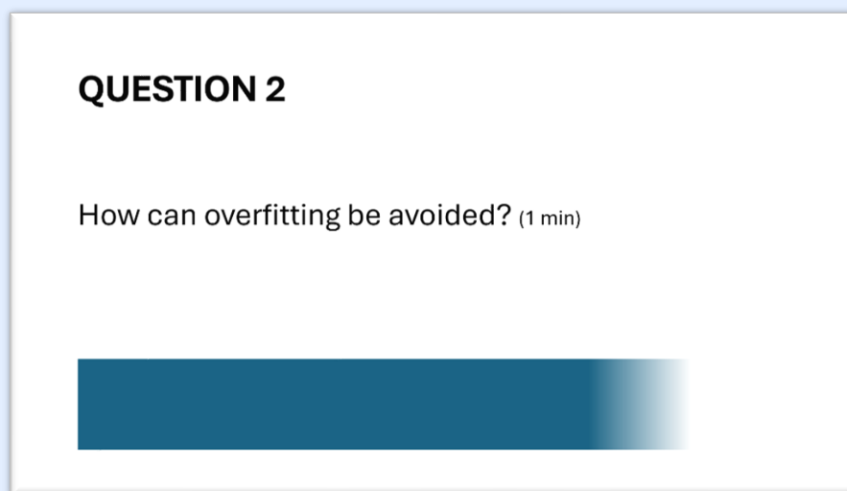
2. Examen écrit :

- Vous lisez les questions et leurs options de réponse sur l'écran.
- Vous répondez sur la feuille présentée devant vous.

Chronométrage et pauses :

- Le PowerPoint défile automatiquement et est chronométré.
- Il commence par 2 minutes d'attente pour étalonner le capteur.
- Une pause de 2 minutes est prévue entre les deux examens, suivis de 2 minutes d'attente à la fin pour finaliser l'expérience. »


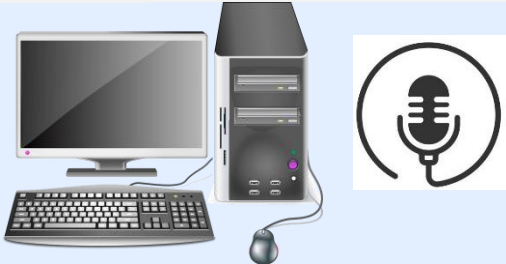



Voici ci-dessous un exemple de question d'examen, où l'on peut observer le temps qui défile grâce à la barre bleue située en bas. Les sujets complets des examens sont également annexés.[5]



*Figure 2 : Exemple de question de l'examen*

## IV. MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 1. MATÉRIEL ET ÉQUIPEMENTS

MATERIEL	IMAGES
BOITIER ET CAPTEUR EDA PSYCHO BIT ET ELECTRODES POUR MESURER L'ACTIVITE ELECTRODERMALE DES INDIVIDUS	
ORDINATEUR + CHARGEUR POUR AFFICHER LES SUJETS ET RECUPERER LES DONNEES DU CAPTEUR + MICROPHONE	
QUESTIONNAIRES NUMERIQUES POWERPOINT	
LOGICIELS : OPENSIGNAL, VISUAL STUDIO CODE, ANACONDA, ELAN	
LANGAGE DE PROGRAMMATION : PYTHON ET BIBLIOTHÈQUES ASSOCIÉES	

*Figure 3 : Tableau du matériels et équipements utilisés*

### 2. PARTICIPANTS

La population étudiée lors de cette expérience est composée de jeunes étudiants. Nous avons choisi de cibler les étudiants en ING4 de la majeure BIG DATA-IA pour plusieurs raisons. Premièrement, leur partiel de Machine Learning est prévu le 17 décembre 2024, ce qui nous permet de programmer un examen blanc la semaine précédente, durant leur semaine banalisée pour le PPE. Cette configuration nous laisse un délai suffisant pour corriger les copies, traiter les résultats et effectuer l'analyse des données. Deuxièmement, la matière Machine Learning a été retenue car nous l'avons également étudiée en ING4, ce qui facilite la correction des copies et la compréhension des attentes. De plus, notre référent est professeur de cette matière pour ces étudiants, et a donc pu nous aider à valider les sujets que nous avons rédigés, garantissant leur pertinence et leur conformité avec le programme. Notre objectif initial était de recruter au minimum 50 étudiants sur la promotion de 120. Grâce à une optimisation des créneaux disponibles, nous avons finalement réussi à faire participer 75 étudiants. Avant de commencer



l'expérience, chaque participant a signé une décharge de consentement, attestant qu'ils autorisent l'utilisation de leurs données tout en garantissant leur anonymat.[1]

## V. PROCÉDURE EXPÉRIMENTALE

### 1. DESCRIPTION DÉTAILLÉE

#### Aperçu de l'étude

Cette expérience s'est déroulée sur une période allant du 9 au 16 décembre inclus. Chaque session d'examen durait 1 heure, incluant le temps nécessaire pour la pause des électrodes d'étalonnage des capteurs. L'examen en lui-même, d'une durée de 30 minutes, était structuré en deux phases : une phase orale, suivie d'une phase écrite.

#### Procédures préliminaires

##### a. Création des sujets

Nous avons conçu quatre sujets différents [6], chacun comprenant une partie orale et une partie écrite, avec une durée totale de 15 minutes pour l'oral et 15 minutes pour l'écrit.

Pour élaborer ces sujets, nous avons créé une banque de questions classées par niveaux de difficulté : facile, modéré, difficile et hors sujet. Chaque question était associée à une durée de réponse prédéfinie, afin de garantir un déroulement fluide de l'examen. Les questions "hors sujet" ont été intentionnellement incluses pour créer une situation de stress chez les participants.

Cette banque de questions a été élaborée à partir des cours de Machine Learning dispensés par M. Machado et validée par lui-même pour s'assurer de sa pertinence et de sa conformité.

Ensuite, nous avons conçu les quatre sujets en veillant à ce que :

- Le nombre de questions dans chaque sujet soit adapté, avec environ 11 questions par sujet.
- La difficulté globale des sujets soit équilibrée.
- Le temps imparti pour chaque séquence soit respecté.

Enfin, nous avons établi une pondération de notation afin que chaque sujet soit noté sur 20. Les questions "hors sujet" étaient considérées comme des questions bonus, plafonnées à un maximum de +2 points. Par exemple, si un sujet contient deux questions "hors sujet", chaque question rapporte +1 point, sans dépasser ce plafond de 2 points.

##### b. Création des plannings de créneaux

Pour organiser les plannings [7], nous avons commencé par répertorier les disponibilités de chaque membre de l'équipe projet afin de superviser les examens. Une fois cette étape réalisée, nous avons créé des créneaux horaires pour les étudiants, en veillant à ce qu'il y ait deux membres de l'équipe disponibles pour surveiller un seul étudiant par créneau.

Nous avons également attribué des salles d'examen pour chaque créneau, en nous assurant que les locaux choisis étaient adaptés à des conditions d'examen individuelles, sans distractions.

##### c. Inscription des participants

La semaine précédant l'étude, nous avons rédigé un mail adressé aux étudiants de la promotion ING4 Big Data pour les inviter à participer à notre étude. Celui-ci est annexé [8].

Dans ce mail [8], nous avons expliqué les objectifs de cette expérience, à savoir : analyser l'impact du stress sur les performances académiques et prédire la note finale des étudiants à un examen. Cette initiative s'inscrit également dans leur préparation pour l'examen de Machine Learning prévu le 17 décembre.

Nous avons également détaillé le déroulement de l'expérience, qui consiste en un examen blanc de 45 minutes, organisé en présentiel dans les locaux d'Eiffel 1, sur les notions abordées en cours d'Introduction au Machine Learning. Les créneaux disponibles étaient répartis entre le 9 et le 13 décembre, ainsi que le 16 décembre, de 8h30 à 20h45.

Pour participer, les étudiants devaient s'inscrire via un formulaire en ligne, en étant informés que les places étaient limitées. Enfin, nous avons précisé que les étudiants inscrits recevraient un email de confirmation sous 24 à 48 heures contenant les informations nécessaires, et qu'un formulaire de consentement [1] pour la collecte des données serait signé le jour de l'examen.

Ensuite, nous avons procédé à la confirmation de chaque créneau, suivie de l'envoi des informations concernant les salles d'examen personnalisées à chaque étudiant.

### Préparation avant expérience

1. Préparation des ordinateurs
  - a. Activer le Bluetooth de l'ordinateur
  - b. Plein Ecran :
    - 1 ordinateur : OpenSignal & capteur
    - 1 ordinateur : PowerPoint examen projeté + formulaires
2. Préparation du capteur
  - a. Allumer et vérifier lumière blanche
  - b. Connexion Bluetooth :
    - Windows : Après avoir activé le Bluetooth, aller dans Panneau de configuration à Périphériques et Imprimantes à Ajouter un périphérique. Sous Windows 11, menu Bluetooth : Autres Périphériques à Autres périphériques et imprimantes. Le capteur BITalino-16-A0 devrait être présent s'il est allumé, connecter en faisant un clic droit dessus, puis Connexion en utilisant à Point d'accès.
    - Linux : Ajouter et coupler le périphérique.
    - MAC : Ajouter et coupler le périphérique. En cas de de connexions intempestives, utiliser un câble USB.

Si un code PIN est demandé, entrer 1234. Un seul PC peut être connecté au capteur, s'assurer donc qu'il s'agit bien du capteur BITalino-16-A0 ou BITalino-14-75 souhaité après connexion.

Pour finaliser la connexion sur OpenSignals : Cliquer sur "FIND AND CONFIGURE YOUR DEVICE" et vérifier que le capteur apparaît.
3. Ouvrir le drive et chercher le nom du candidat correspondant au créneau souhaité. Repérer son numéro de candidat + le numéro du sujet.
  - a. Ouvrir les formulaires en lignes préliminaires et finaux de associés au candidat
  - b. Ouvrir le PowerPoint avec le sujet de l'examen associés au candidat
4. Préparation des participants
  - a. Se laver les mains
  - b. Retirer tout objet électronique (montre connectée)

*Durée totale : 5 minutes*

### Préparation des logiciels

1. Ouvrir Application OpenSignals :
  - a. Cliquer sur "FIND AND CONFIGURE YOUR DEVICES"
    - i. Cliquer sur le nom du capteur détecté
    - ii. Configurer CHANNELS d'intérêt à mesurer (type mesure = RAW)

- iii. Configurer SAMPLING RATE à 100Hz
  - b. Cliquer sur CHANGE OPENSIGNALS SETTINGS
    - i. Cliquer sur Onglet "Integration"
    - ii. Cocher "Lab Streaming Layer"
2. Ouvrir l'application d'enregistrement vocal
3. Dans OpenSignals :
  - a. Démarrer Enregistrement (Cliquer sur rond rouge "START A REAL TIME ACQUISITION")
  - b. Dans l'onglet de la courbe, Cliquer sur AUTO-ZOOM ("A" dans un rond)
    - i. Attendre que la courbe se stabilise

#### **Pour chaque expérience :**

1. Lorsque le PowerPoint est fini et donc que temps d'examen est atteint :
  - a. Dans OpenSignals cliquer sur carré gris en bas à droite : "STOP THE REAL TIME ACQUISITION"
2. Dans l'ordinateur :
  - a. Aller chercher dans CurrentStudy le fichier qui vient d'être généré à la suite de l'expérience, le copier et le coller dans un espace de travail dédié.
  - b. Renommer cette copie selon la nomenclature :  
IDXX\_SUJETXX\_JJ\_MM
  - c. Déposer le fichier sur le drive « PROJET PPE / 2-EXPERIENCES / DONNEES EXPERIENCES / EDA »

#### **Expérience**

1. Accueillir le participant  
*Durée : 1 minute*
2. Faire signer le consentement [1]  
*Durée : 1 minute*
3. Faire remplir le formulaire préliminaire [4]  
*Durée : 1 minute*
4. Poser les électrodes sur la pomme de la main non dominante du candidat  
*Durée : 30 secondes*
5. Donner les consignes de l'examen  
*Durée : 1 minute*
6. Commencer l'examen en lançant simultanément
  - a. OpenSignal pour l'enregistrement de l'EDA
  - b. PowerPoint pour le sujet de l'examen [6]
  - c. L'enregistrement vocal*Durée : 30 secondes*
7. L'examen est en cours  
Le PowerPoint défile automatiquement en suivant les différentes étapes de l'expérience : 2 minutes d'étalonnage du capteur, 15 minutes d'examen oral, 2 minutes de pause, 15 minutes d'examen écrit, puis 2 minutes de pause. Pendant ce temps :

- a. Vérifier les courbes d'EDA sur OpenSignal
- b. Veiller à ce que les électrodes ne se décollent pas
- c. Annoter le comportement du candidat (stress, bégaiement etc.)
- d. Ne pas interagir avec le candidat

*Durée : 36 minutes*

8. Retirer les électrodes

*Durée : 30 secondes*

9. Remplir formulaire le final [5]

*Durée : 1 minute*

## 2. COLLECTE DE DONNÉES

Les données ont été collectées à travers plusieurs sources : les réponses aux questionnaires, les performances des étudiants à l'examen blanc (oral et écrit), ainsi que les mesures issues de l'activité électrodermale (EDA) :

Questionnaires préliminaires [4] et finaux [5] :

Avant l'expérience, un questionnaire préliminaire est administré pour évaluer l'état initial des participants, incluant leur niveau de fatigue, leur niveau de stress, ainsi que leurs habitudes de révision en amont de l'examen.

Après l'examen blanc, un questionnaire final permet de mesurer les niveaux de fatigue et de stress post-expérience.

Performances académiques :

Les réponses écrites des participants sont collectées sous forme de copies traditionnelles.

Les réponses orales sont enregistrées pour une analyse approfondie, notamment afin d'évaluer la qualité des réponses et de détecter des indicateurs potentiels de stress, comme les hésitations ou le choix de mots.

Les performances académiques (notes obtenues à l'oral et à l'écrit) sont contextuelles et sont utilisées comme entrée dans notre modèle final. Elles servent à vérifier et valider nos prédictions. Ces prédictions sont faites en fonction des données objectives recueillies, comme les caractéristiques de l'activité électrodermale et des données subjectives comme les réponses aux questionnaires.

Mesures de l'activité électrodermale (EDA) :

L'activité électrodermale est mesurée en temps réel à l'aide d'un capteur PLUX Psycho BIT, avec des électrodes placées sur la main des participants.

Ces données sont transmises via Bluetooth à un logiciel d'acquisition de données (OpenSignal), permettant une collecte fluide et précise.

Synchronisation des données :

La synchronisation des données a été assurée grâce à la gestion chronométrée du défilement des questions. En parallèle, l'enregistrement des réponses orales, la collecte des données EDA et le défilement automatique du PowerPoint ont été lancés simultanément. Cette méthode permet de garantir que toutes les données sont alignées dans le temps, assurant ainsi une correspondance précise entre les performances académiques et les variations physiologiques.

À la fin de l'expérience, un fichier CSV contenant les données brutes d'EDA est généré et associé aux performances orales et écrites des participants, ainsi qu'aux fichiers MP3 ou MP4 d'enregistrement vocal. Ces données sont ensuite traitées et analysées pour étudier les relations entre les états de fatigue cognitive, le stress, et les performances académiques.

### 3. TRAITEMENT DE DONNÉES

Les expériences étant terminées, nous pouvons désormais traiter les données. Le traitement des données est effectué sur un logiciel de programmation (VisualStudio code) en Python. Nous utilisons différentes bibliothèques utiles au traitement des données telles que scikit-learn ou encore neurokit ainsi qu'une bibliothèque dédiée aux données physiologiques pour réaliser un bon traitement des données. L'objectif principal de cette étape est d'extraire les caractéristiques de l'EDA qui semblent être les plus judicieuses.

A la fin du traitement des données, nous obtenons un nouveau fichier CSV avec des données traitées et donc plus précises et adaptées pour les analyser par la suite.

Concernant le traitement de l'audio, il est quant à lui effectué à l'aide du logiciel ELAN. Face au volume important des données (30 min par étudiant, 75 participants), nous avons développé un code en Python pour optimiser le traitement : conversion en .wav, extraction des examens oraux et suppression des silences. Cette approche a réduit la taille des fichiers de 2 Go à 15 Mo, facilitant ainsi l'analyse et le stockage. Grâce à cette optimisation, nous pouvons désormais procéder à une analyse plus approfondie des données audio.[2]

### 4. ANALYSE DE DONNÉES

Une fois les données traitées, nous avons mené une analyse statistique pour étudier les liens entre les caractéristiques de l'EDA, le stress, la fatigue cognitive et la performance académique. Ces caractéristiques ont été explorées dans la littérature scientifique, comme détaillé dans notre état de l'art [1]. Cette analyse est approfondie dans l'architecture technique2]. Elle a permis d'établir une relation solide entre l'EDA, le stress, la fatigue cognitive et la performance académique.

En ce qui concerne les données audio, l'étude de leur lien avec le stress en programmation étant encore peu développée, nous avons utilisé le modèle Wav2Vec2 de Facebook, qui permet d'extraire des représentations riches à partir de données audio brutes. Après avoir écarté la labellisation subjective du stress, nous avons choisi de nous concentrer sur l'annotation manuelle des hésitations dans les enregistrements. L'augmentation des données et cette annotation ont permis d'obtenir des résultats pertinents sur le comptage des hésitations. Cependant, aucune corrélation significative n'ayant été observée entre les hésitations et la réussite des étudiants, ces données ont été exclues du modèle final.

Pour finir, nous avons créé un modèle de Machine Learning, le « Multi-Layer Perceptron (MLP) », qui aide à prédire la note d'un étudiant à un examen blanc en utilisant des données contextuelles et physiologiques (EDA). Ce modèle est composé de plusieurs couches de neurones artificiels, ajustées pendant l'apprentissage pour identifier des relations complexes entre les données et les résultats.

## VI. CONSIDÉRATIONS ÉTHIQUES ET SÉCURITÉS

Tous les participants devront au préalable signer un [formulaire de consentement](#) [1] expliquant le but de ce projet de recherche, ses procédures, avantages, risques et inconvénients.

Conformément au Règlement Général de Protection des Données, les responsables scientifiques de cette étude ont informé tous les participants que les personnes qui traiteront les données mentionnées ci-dessus s'engagent à respecter une stricte confidentialité des données. Nous remercions les participants pour leur contribution essentielle à cette recherche novatrice, qui aide à éclairer les liens entre les réponses physiologiques, les états cognitifs, et la performance académique.

## VII. PLAN D'EXPÉRIENCE

Voici deux schémas explicatifs des étapes et processus à suivre pour la réalisation de l'étude : le premier est un logigramme décrivant le processus pour les examinateurs, et le second illustre le processus destiné aux étudiants.

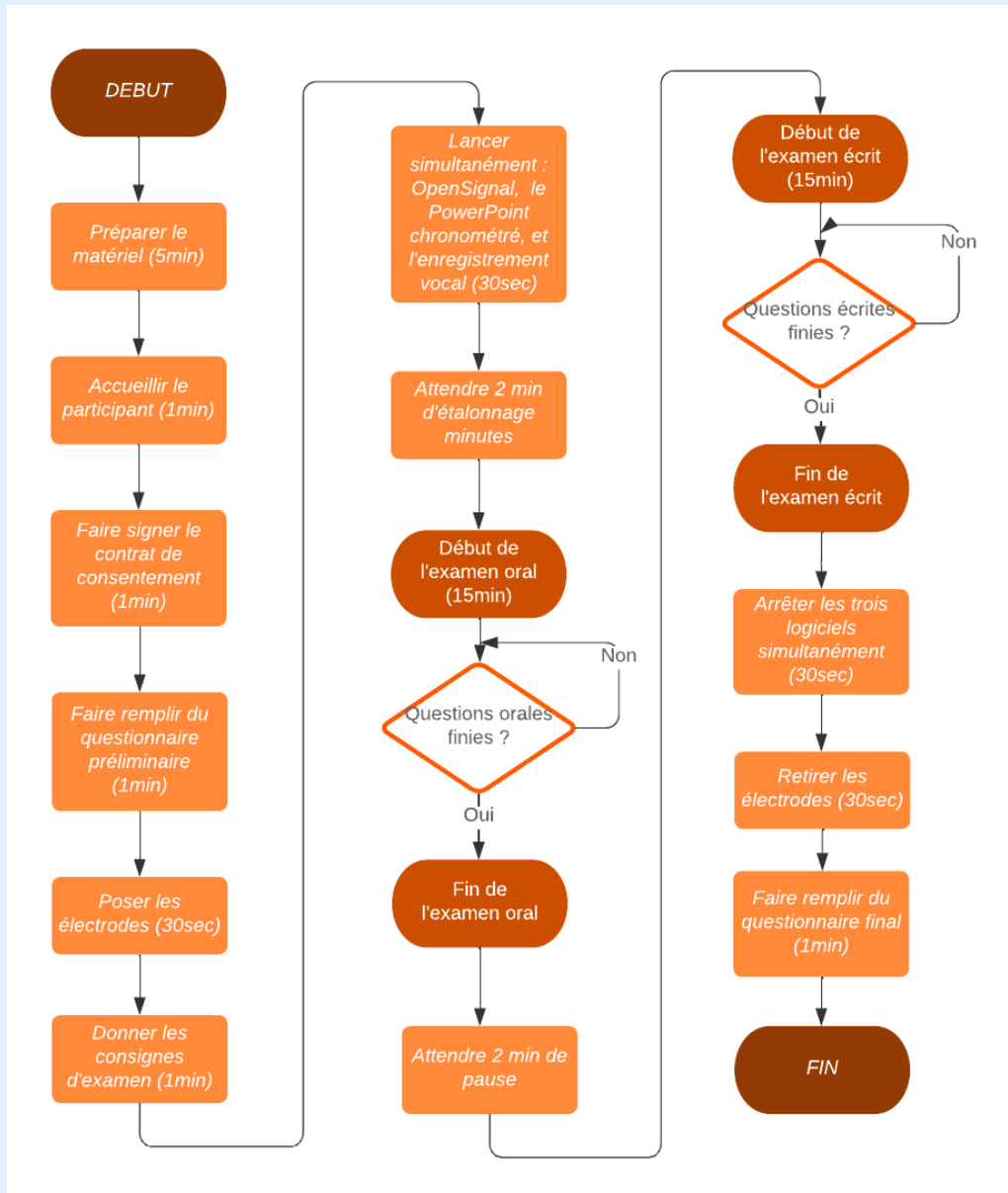


Figure 4 : Logigramme processus examinateurs

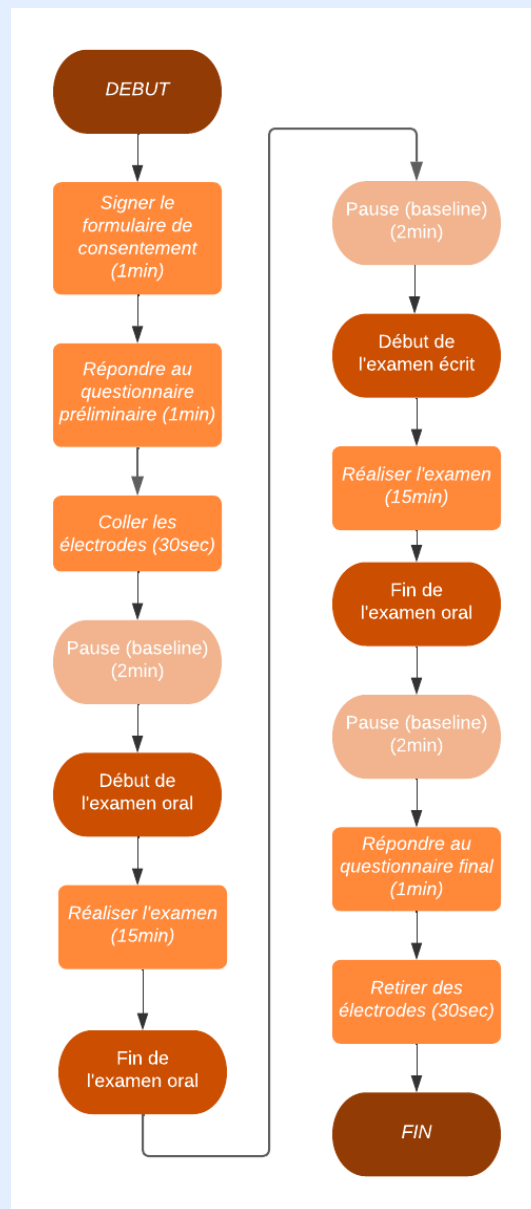


Figure 5 : Logigramme processus étudiants



## VIII. BIBLIOGRAPHIE

Bhat, S., Gupta, D., Akel, O., Polos, P., DeBari, V. A., Akhtar, S., McIntyre, A., Ming, S. X., Upadhyay, H., & Chokroverty, S. (2018). The relationships between improvements in daytime sleepiness, fatigue and depression and psychomotor vigilance task testing with CPAP use in patients with obstructive sleep apnea. *Sleep Medicine*, 49, 8189.  
<https://doi.org/10.1016/j.sleep.2018.06.012>  
<https://scikit-learn.org/stable/>  
Insights that connect you to success | Opensignal. (s. d.). <https://www.opensignal.com/>  
lsl-website. (s. d.). <https://labstreaminglayer.org/#/>

## IX. ANNEXES

1. Formulaire de consentement
2. Architecture technique
3. Cahier d'expérimentation
4. Formulaires préliminaire digitalisé
5. Formulaires final digitalisé
6. Sujet d'examen (1, 2, 3 et 4)
7. Planning des étudiants
8. Mail d'invitation à la participation