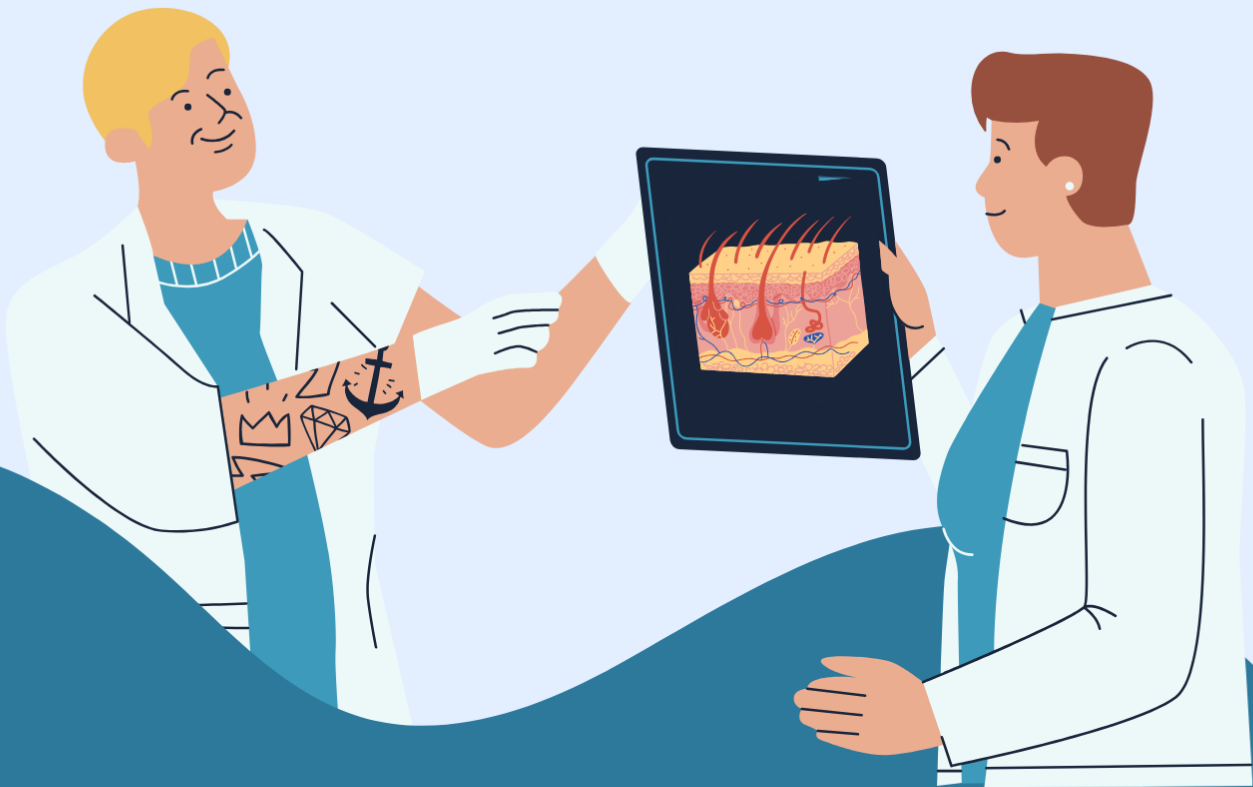


# Etude de l'impact du stress et de la fatigue sur la performance

## ETAT DE L'ART



### 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.	Introduction .....	3
II.	Revue littéraire .....	3
1.	Performance académique .....	3
2.	EDA.....	4
a.	Définition de l'activité électrodermale .....	4
b.	L'EDA liée à la fatigue cognitive .....	5
c.	L'EDA liée au stress .....	6
d.	L'EDA liée à la performance académique .....	6
3.	Audio .....	6
III.	Discussion .....	8
1.	Performance académique .....	8
2.	EDA.....	8
3.	Audio .....	9
IV.	Conclusion.....	9
V.	Sources .....	9

## I. INTRODUCTION

Le projet s'articule autour de l'étude de l'impact du stress et de la fatigue cognitive sur la performance académique des étudiants.

Au quotidien, les étudiants sont souvent confrontés à des situations de stress et à de la fatigue cognitive. Ces états peuvent s'intensifier en période d'examen avec un cumul de stress et de fatigue cognitive qui peuvent impacter la performance académique.

Des recherches ont établi une connexion solide entre la fatigue cognitive, le stress et la performance académique. Cependant, il reste encore des zones d'incertitudes à explorer. C'est pourquoi, chercher à caractériser le stress et la fatigue cognitive de façon objective constitue une opportunité unique pour comprendre et mesurer leur impact sur la performance académique.

Ainsi, les travaux s'articulent autour de la problématique suivante : « Quel est l'impact des états cognitifs du stress et de la fatigue cognitive sur la performance académique des étudiants ? ».

## II. REVUE LITTÉRAIRE

### 1. PERFORMANCE ACADÉMIQUE

Dans l'état de l'art actuel, il a été démontré que le stress et la fatigue cognitive impactent la performance académique des étudiants.

Le stress, défini comme une réaction de l'organisme face à toute demande de changement ou d'adaptation, est une réponse naturelle et instinctive qui a pour but initial de nous aider à réagir face à des situations potentiellement dangereuses ou difficiles. **[1]** Dans le contexte éducatif, il a été prouvé que le stress peut avoir un impact négatif sur le niveau de performance à un examen. Dans une étude **[2]**, le stress a été mesuré chez 141 étudiants à l'aide d'un questionnaire spécifique pour évaluer les niveaux de stress liés aux études. Les étudiants ont répondu à des questions sur leurs expériences de stress telles que la pression des examens, les délais des devoirs et les attentes académiques. Ces réponses ont été analysées pour déterminer le niveau global de stress de chaque étudiant. Ainsi, il a été démontré que le stress peut avoir un effet négatif sur la performance académique, mais dans les situations où les élèves ont des connaissances, l'impact du stress est modéré.

Ces résultats sont confirmés dans la littérature notamment au travers d'une autre étude **[Erreur ! Source du renvoi introuvable.]**. Ici, le stress a été mesuré par des questionnaires remplis par les participants ainsi que par des tests salivaires pour mesurer le taux de cortisol, une hormone liée au stress. Les résultats montrent que le stress peut améliorer la performance académique, cependant, s'il est prolongé ou intense, il nuit considérablement à la performance académique. De plus, le stress a un impact sur la dépression et la perte de sommeil. La perte de sommeil est donc liée à une diminution des capacités cognitives.

Ainsi, le stress et la fatigue cognitive sont étroitement liés. « La fatigue mentale peut se définir par l'état dans lequel nous pouvons parfois nous retrouver, après plusieurs heures de tâches cognitives exigeantes, avec un sentiment de saturation et alors incapables de réfléchir davantage ou de prendre une décision. » [4].

Une étude Danoise [5] a mis en lumière que la fatigue cognitive accumulée dans une journée impacte les résultats des examens. La fatigue cognitive a été mesurée en analysant les performances des élèves aux tests. Il a été constaté que les performances des élèves diminuaient pour chaque heure plus tardive dans la journée. Cependant, une pause de 20 à 30 minutes améliore les performances moyennes. Ainsi, la fatigue cognitive et son accumulation impactent de façon négative la performance des élèves à un examen.

Une étude de l'Université de psychologie de Cardiff a confirmé que la fatigue mentale est associée à une diminution du bien-être et des performances académiques [6]. Dans cette étude, les participants ont rempli un questionnaire mesurant différents aspects du bien-être, et la fatigue cognitive a été mesurée par une question unique sur une échelle de 10 points. Toutes ces informations ont été prises en compte dans l'analyse et les résultats. Ainsi, les étudiants qui présentent une fatigue mentale élevée ont des niveaux de stress, d'anxiété et de dépression plus élevés, ainsi que des notes académiques plus faibles.

Par conséquent, il a été prouvé dans la littérature que le stress et la fatigue cognitive impactent la performance académique.

## 2. EDA

Dans la littérature scientifique, les états cognitifs de la fatigue mentale et du stress ont beaucoup été étudiés et notamment pour comprendre leur influence sur le signal physiologique qu'est l'activité électrodermale (EDA).

### A. DÉFINITION DE L'ACTIVITÉ ÉLECTRODERMALE

Le signal de l'EDA est un signal électrique capté à la surface de la peau et permettant un reflet de l'activité du système nerveux sympathique. En effet, ce signal résulte de l'activité des glandes sudoripares (glandes responsables de la régulation de la sueur à la surface de la peau) qui sont régulées par le système nerveux sympathique. Il est mesuré en microsiemens ( $\mu S$ ). L'EDA se divise en deux composantes. La première, « tonique » (Figure 1), désignée par SCL (*Skin Conductance Level*), correspond à la conductance de la peau en l'absence de stimulus cognitif et donc de variations notables. Elle offre des informations sur l'activité électrodermale de fond et représente la réponse électrique de la peau lorsque cette composante n'est pas spécifiquement stimulée émotionnellement ou par une quelconque stimulation. La deuxième composante, « phasique » (Figure 1), désignée par SCR (*Skin Conductance Response*), correspond aux réponses transitoires de la conductance cutanée qui se manifestent en réaction à des stimuli émotionnels ou cognitifs spécifiques. Elle fournit des informations sur les fluctuations momentanées de l'activité électrodermale en réponse à ces stimuli.

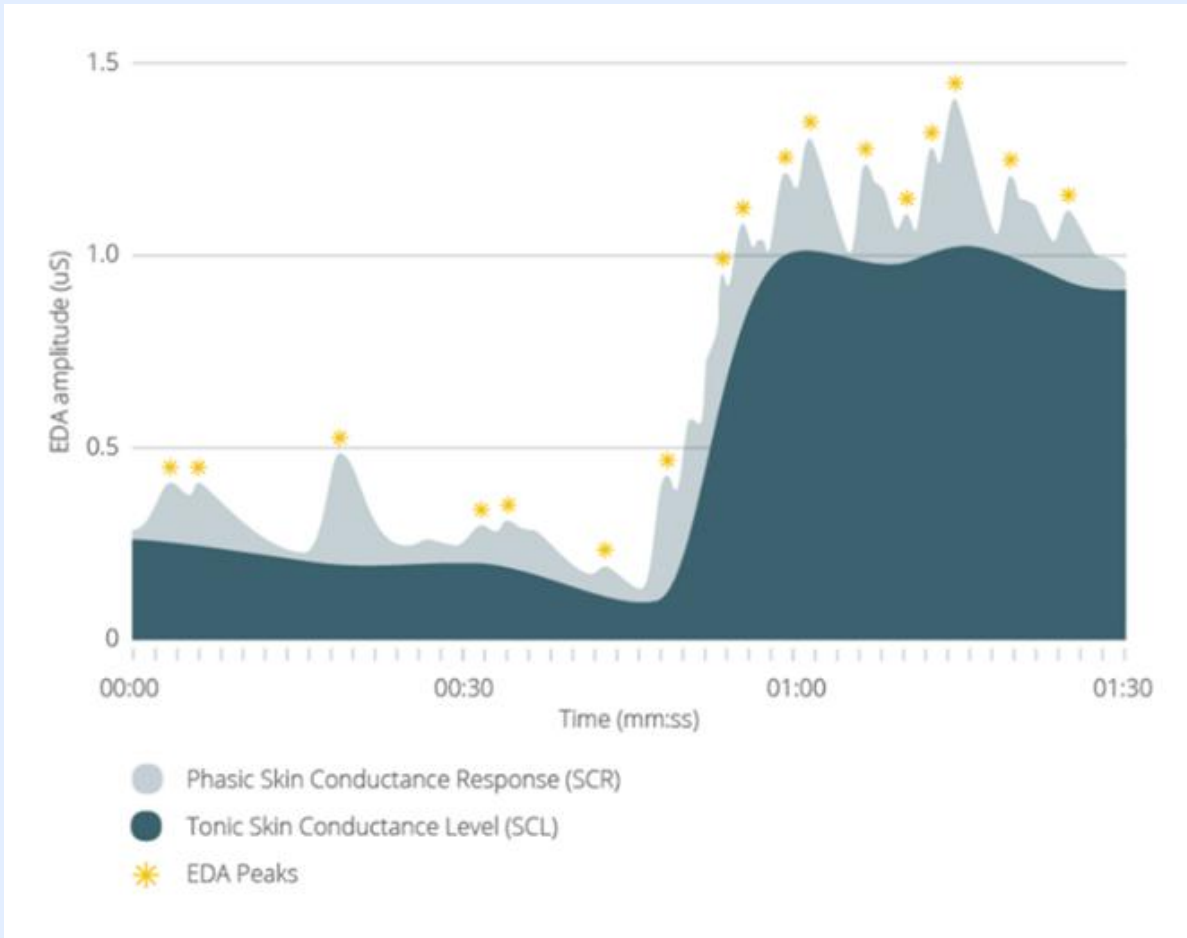


Figure 1: Représentation graphique des composantes, tonique et phasique, du signal de l'EDA [7]

En effet, l'activité électrodermale a beaucoup été utilisée en recherche pour étudier les divers états cognitifs. Résultant de l'activité du système nerveux sympathique, elle offre de nombreux avantages pour l'étude de l'influence des états cognitifs sur ce signal physiologique. En effet, elle peut être déconvoluée en deux composantes : l'une sensible aux stimuli cognitifs et l'autre indépendante de ces derniers [8].

## B. L'EDA LIÉE À LA FATIGUE COGNITIVE

Concernant la fatigue mentale, elle a d'abord été étudiée en comparaison avec la fatigue physique [9]. En effet, l'aspect cognitif de la fatigue est assez subjectif à définir par rapport à la fatigue physique qui, elle, peut se mesurer avec des facteurs précis et objectifs [10].

Ensuite, la fatigue cognitive a été étudiée pour en évaluer son impact sur les signaux physiologiques affectés par les changements d'états cognitifs telle que l'activité électrodermale (EDA). En effet, il a été montré que l'activité électrodermale présente différentes caractéristiques influencées par l'état de fatigue mentale [11,12], plus précisément elles présentent des valeurs spécifiques en fonction de l'absence ou la présence de cet état cognitif de fatigue mentale chez l'opérateur.

Enfin, la fatigue mentale a également été étudiée en comparaison avec d'autres états cognitifs tels que le stress, la charge mentale, l'anxiété ou encore la souffrance [13,14].

### C. L'EDA LIÉE AU STRESS

Concernant le stress, l'activité électrodermale (EDA) a été largement utilisée dans diverses études scientifiques pour prédire cet état. Cependant, son utilisation pour mettre en évidence l'impact du stress sur les performances scolaires reste encore limitée. Généralement, l'EDA est mesurée auprès de sujets exposés à des stimuli tels que des images, des clips vidéo, des morceaux de musique (e.g., [15]), ou dans des scénarios simulant des situations stressantes, comme des tâches de bureau ou des exercices de conduite (e.g., [16,17]).

### D. L'EDA LIÉE À LA PERFORMANCE ACADÉMIQUE

Dans le contexte éducatif, très peu d'études ont exploré la prédiction des résultats scolaires à partir de l'EDA. Une étude [18] a collecté les signaux EDA de 10 étudiants dans des conditions réelles d'examen. Cependant, cette étude a simplifié la tâche en réduisant la prédiction à une classification binaire des performances (bonne ou mauvaise note). Elle s'est uniquement focalisée sur la composante tonique de l'EDA et s'appuyait sur un ensemble de données limité.

Une autre étude [19] a utilisé le même ensemble de données que la première, mais en exploitant à la fois les composantes tonique et phasique de l'EDA. Malgré cela, ces deux études partagent des limitations majeures : elles se basent exclusivement sur des données collectées pendant l'examen, sans tenir compte de l'état des étudiants avant et après l'épreuve. Ces informations complémentaires, comme l'état émotionnel des étudiants avant et après l'examen, leur niveau de connaissance, ou encore la difficulté des questions, pourraient pourtant offrir une compréhension plus fine des variations du signal EDA et de leur impact sur les performances académiques.

## 3. AUDIO

La voix est un autre signal physiologique du corps humain. Le signal vocal, comme tous les sons, est une onde de pression. Ce sont les actions du conduit vocal de l'individu qui parle qui entraînent des variations continues de pression dans l'air entourant sa bouche.

Pour étudier la voix, il est possible d'effectuer un enregistrement vocal. Un enregistrement vocal représente une capture audio générée à l'aide d'un dispositif d'enregistrement. Ainsi, la voix étant un signal, des études ont été réalisées sur les analyses possibles de ce dernier pour en extraire des caractéristiques. Ces caractéristiques ont été étudiées pour chercher un éventuel lien ou impact par les états cognitifs de l'Homme.

Des chercheurs **[20]** ont recueilli des données sur la parole, la neuropsychologie, la neuroimagerie et les biomarqueurs de la maladie d'Alzheimer dans le liquide céphalorachidien (LCR) auprès de 92 participants sans troubles cognitifs et 114 participants atteints de troubles cognitifs liés à la maladie d'Alzheimer.

Ils ont mis en place et développé des processus d'analyse qui dérivent les concepts de NLP et de reconnaissance vocale par ML pour explorer les changements linguistiques et acoustiques au sein de la voix. À partir de cette exploration, ils ont pu identifier et extraire des biomarqueurs vocaux numériques pour les utiliser et détecter les troubles cognitifs à partir d'enregistrements audio.

De cette découverte, l'étude en est venue à suggérer que ces biomarqueurs numériques peuvent identifier les troubles cognitifs liés à la maladie d'Alzheimer dans ses phases précoces, et aussi prédire la progression de la maladie. Ainsi, cette étude démontre bien que le signal vocal peut être impacté par les états cognitifs de l'Homme, et qu'ils peuvent même les identifier.

De plus, une autre étude a également utilisé la voix pour étudier la maladie d'Alzheimer **[21]**. Le processus d'entraînement de l'algorithme a impliqué l'analyse de transcriptions audio de 166 individus âgés de 63 à 97 ans, tous diagnostiqués avec des troubles cognitifs. En utilisant une approche d'apprentissage automatique, l'IA a pu identifier des marqueurs vocaux spécifiques chez les 90 participants dont l'état cognitif s'est détérioré vers Alzheimer.

Pour ce faire, les chercheurs ont utilisés les enregistrements vocaux de 166 individus âgés de 63 à 97 ans, tous atteints de la maladie à différents stades. L'équipe a ensuite entraîné un algorithme d'apprentissage automatique avec les enregistrements audios qui a pu identifier des marqueurs vocaux spécifiques chez les 90 participants dont l'état cognitif s'est détérioré vers la maladie d'Alzheimer parmi les 166.

Ainsi, l'IA permet, à partir des schémas de paroles d'une personne, de prédire le risque de développer ce trouble cognitif ainsi que son évolution dans les 6 ans, en se basant sur la détection ou non d'un stade de la maladie d'Alzheimer, avec une précision de 78,5 %. Cette étude confirme donc le lien entre le signal vocal et les états cognitifs ainsi que la possibilité d'utiliser ce signal pour détecter ces derniers.

Par ailleurs, une autre étude a été menée par des chercheurs qui ont mis en place et créé une plateforme audio numérique qui permet de modifier le ton émotionnel de la voix des participants en temps réel **[22]**.

En effet, l'étude consistait à faire parler les participants et modifier le ton de leur voix en temps réel pour en changer l'émotion initiale et la faire varier à travers un panel défini d'autres émotions. Cette expérience visait à étudier l'impact de la voix, et notamment de l'émotion d'un individu, sur son comportement, son état cognitif.

Les résultats ont montré que l'écoute de sa propre voix, lorsqu'elle est modifiée, influence les états émotionnels individuels. Cela met ainsi en avant un autre type de lien entre le signal vocal et les états cognitifs : il y aurait une influence de la voix sur les états, en plus de l'influence de ces états sur la voix.

Enfin, concernant cette influence des états cognitifs sur la voix, une étude a cherché à caractériser les changements dans le signal vocal en conséquence du stress [23]. En examinant la fonction de trois étapes de la production vocale, que l'étude détaille, les chercheurs ont pu identifier des paramètres vocaux rencontrés et impliqués dans les études sur l'analyse du stress vocal (ASV). De plus, les expériences ont permis d'étudier l'impact des différents types de charge physiologique, cognitive et/ou émotionnelle, comme le stress, sur la voix.

Pour conclure, il a été prouvé qu'il existe un lien entre le signal vocal et les états cognitifs rencontrés par l'Homme. Cependant, l'influence exacte existante entre ces deux éléments reste encore à explorer.

### III. DISCUSSION

#### 1. PERFORMANCE ACADÉMIQUE

Les articles de recherches étudiant l'impact du stress et de la fatigue cognitive sur la performance académique s'inscrivent dans un objectif social économique, prenant en compte l'environnement dans lequel l'étudiant évolue. De plus, dans la majorité des articles les étudiants répondent à des questionnaires minutieux et utilisés dans les recherches. Cependant, ces mesures sont subjectives et peuvent donc biaiser les résultats. C'est pourquoi, collecter des données subjectives avec des questionnaires ainsi que des données objectives, c'est-à-dire des données physiologiques, semble être un choix pertinent pour continuer d'explorer ces travaux.

#### 2. EDA

Les recherches sur l'EDA et son lien avec les états cognitifs se sont d'abord concentrées sur la fatigue physique, jugée plus objective et mesurable, avant d'examiner son lien avec la fatigue mentale. Plus récemment, son impact sur la performance académique a commencé à être étudié, mais ces travaux restent limités et portent majoritairement sur des situations extrêmes, comme le stress intense ou l'épuisement. C'est pourquoi, l'EDA semble être un sujet pertinent pour étudier l'impact du stress et de la fatigue sur la performance académique, un domaine de recherche encore peu exploré.



### 3. AUDIO

Les articles ayant cherché à étudier la voix et son lien avec les états cognitifs de l'Homme s'intéressent beaucoup aux troubles cognitifs. En effet, la plupart des articles ayant étudié le signal vocal l'ont fait dans le cadre de détection de maladies telle qu'Alzheimer. Cela permet certes des avancées au sein du monde de la recherche sur les troubles cognitifs de l'Homme, cependant ce sont des avancées qui ne peuvent être étendues aux états cognitifs qualifiés de « sains ». C'est pourquoi, il reste encore à explorer ce lien mis en évidence et l'étudier dans le cadre d'états cognitifs quotidiens pour permettre une meilleure compréhension de l'impact de ces états sur la physiologie et la performance des individus.

## IV. CONCLUSION

Finalement, les états cognitifs de stress et de fatigue cognitive étant rencontrés au quotidien par l'Homme, notamment en condition académiques, ils ont été énormément étudiés dans la littérature scientifique pour explorer leur possible influence sur la performance académique.

Cependant, l'étude de données objectives pour mettre en évidence cet impact reste encore peu développée et reste à approfondir notamment avec l'EDA ou encore la voix.

## V. SOURCES

1. « Comprendre le stress ». Mieux comprendre et vaincre le stress, **2023**.  
<https://www.stress.eu.com/comprendre-le-stress/definition-du-stress/>
2. Akgün, Serap & Ciarrochi, Joseph. "Learned Resourcefulness Moderates the Relationship Between Academic Stress and Academic Performance". *Educational Psychology*. 23. 287-294. **2003**.
3. Pedrelli, L., & Peretti, N. « L'impact du stress sur la performance et la mémoire des élèves » :[Ressource électronique]: fr.
4. « Fatigue mentale : les mécanismes biologiques identifiés ». Institut du Cerveau (ICM), **2022**.  
<https://institutducerveau.org/actualites/fatigue-mentale-mecanismes-biologiques-identifies>
5. 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**.  
<https://doi.org/10.1073/pnas.1516947113>

6. 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**.
7. Y "All You Need To Know: Galvanic Skin Response (GSR)". *Future Proof Insights*, **2021**.  
<https://www.futureproofinsights.ie/2021/04/08/all-you-need-to-know-galvanic-skin-response-gsr/>
8. D. J. J. Braithwaite, D. D. G. Watson, R. Jones, and M. Rowe. "A guide for analysing electrodermal activity (EDA) and skin conductance responses (SCRs) for physiological experiments", **2013**.
9. Y Ouyang, M Liu, C Cheng, Y Yang, S He, L Zheng. "Monitoring Inattention in Construction Workers Caused by Physical Fatigue Using Electrocardiograph (ECG) and Galvanic Skin Response (GSR) Sensors", *Sensors*, **2023**.  
<https://doi.org/10.3390/s23177405>
10. H. Jebelli, B. Choi, and S. Lee. "Application of wearable biosensors to construction sites. II: Assessing workers' physical demand," *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 145, no. 12, p. 04019080, **2019**.  
<https://ascelibrary.org/doi/10.1061/>
11. Yu Shi, Natalie Ruiz, Ronnie Taib, Eric Choi, and Fang Chen. "Galvanic skin response (GSR) as an index of cognitive load". *Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, Association for Computing Machinery, **2007**.  
<https://doi.org/10.1145/1240866.1241057>
12. 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**.
13. R Sánchez-Reolid, F López de la Rosa, D Sánchez-Reolid, MT López, A Fernández-Caballero. "Machine Learning Techniques for Arousal Classification from Electrodermal Activity: A Systematic Review", *Sensors*, **2022**.  
<https://doi.org/10.3390/s22228886>
14. C. Setz, B. Arnrich, J. Schumm, R. La Marca, G. Troster, and U. Ehlert. "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**.
15. P. Schmidt, A. Reiss, R. Duerichen, C. Marberger, and K. Van Laerhoven, "Introducing wesad, a multimodal dataset for wearable stress and affect detection," in *Proceedings of the 20th ACM International Conference on Multimodal Interaction*, October **2018**, pp. 400–408.
16. C. Setz, B. Arnrich, J. Schumm, R. La Marca, G. Troster, and U. Ehlert, "Discriminating stress from cognitive load using a wearable eda device," *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, vol. 14, no. 2, pp. 410–417. **2009**.
17. D. S. Lee, T. W. Chong, and B. G. Lee, "Stress events detection of driver by wearable glove system," *IEEE Sensors Journal*, vol. 17, no. 1, pp. 194–204. **2016**.

18. M. R. Amin, D. S. Wickramasuriya, and R. T. Faghih, "A wearable exam stress dataset for predicting grades using physiological signals," in 2022 IEEE Healthcare Innovations and Point of Care Technologies (HI-POCT). IEEE, March **2022**, pp. 30–36
19. G. M. Machado and A. Soni, "Predicting academic performance: A comprehensive electrodermal activity study," in Artificial Intelligence in Education. AIED 2024, **2024**.
20. 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):e12393. doi: 10.1002/dad2.12393. PMID: 36777093; PMCID: PMC9899764.
21. 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.  
<https://doi.org/10.1002/alz.13886>
22. J. 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.*  
<https://doi.org/10.1073/pnas.1506552113>
23. 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. doi: 10.3389/fpsyg.2018.01994