



**ENSIM**  
École d'ingénieurs  
Le Mans Université



---

# Contrôle d'un jeu vidéo par capteurs physiologiques

---

TECHNOLOGIES ET FACTEURS HUMAINS

BENZEKRI IBRAHIM  
BOURAZZA AHMED  
EL HADI IKRAM

Année universitaire : 2024-2025

*Encadrants de projet :*  
EMMANUEL BLANCHARD

# 1 Introduction

Dans le cadre de notre projet, nous avons souhaité explorer de nouvelles formes d'interaction entre l'humain et la machine, en sortant des dispositifs classiques comme la souris ou le clavier. Les jeux vidéo sont un excellent terrain pour ce type d'expérimentation, car ils permettent de tester des idées interactives de manière ludique et immersive. Nous avons donc conçu Space Escape, un jeu où le joueur contrôle une fusée qui doit éviter des météores. Mais au lieu d'utiliser un joystick, le joueur interagit uniquement avec son corps : les mouvements sont captés grâce à des capteurs EMG, qui détectent l'activité musculaire des bras, et un capteur de respiration, qui permet d'estimer son niveau de stress.

L'idée principale du projet est d'adapter la difficulté du jeu en fonction de l'état du joueur. Plus il est stressé, plus le jeu devient difficile (plus de météores, plus rapides). Cela nous a permis de réfléchir à la façon dont un système peut s'adapter à l'utilisateur en temps réel, et comment les signaux corporels peuvent enrichir l'interaction. Ce projet nous a aussi permis de mettre en pratique plusieurs notions vues en cours, notamment sur l'IHM, les interfaces naturelles, et le biofeedback.

## 2 Motivation

Depuis toujours, les jeux vidéo utilisent des manettes, des claviers ou des écrans tactiles pour contrôler les personnages. Même si ces méthodes fonctionnent bien, elles restent assez classiques et ne prennent pas en compte ce que ressent le joueur. Avec ce projet, on a voulu aller plus loin en proposant une manière différente de jouer : en utilisant son corps et ses émotions.

L'idée de départ était de créer un jeu qui réagit non seulement aux mouvements du joueur, mais aussi à son état physique ou émotionnel. C'est pour ça qu'on a choisi d'utiliser des capteurs EMG pour détecter l'activation des muscles, et un capteur de respiration pour essayer de capter le stress. Ce qui nous motivait, c'était de voir comment on pouvait rendre un jeu plus vivant, plus interactif, et surtout plus connecté à la personne qui y joue.

En plus, ce type de système pourrait avoir des applications dans d'autres domaines, comme la rééducation, les jeux sérieux ou la gestion du stress. Même si notre projet reste simple, il nous a permis de découvrir comment le corps peut devenir une vraie interface de jeu.

## 3 Description du système

Le système que nous avons créé s'appelle Space Escape, un jeu où le joueur contrôle une fusée et doit éviter des météores. Ce qui rend notre jeu spécial, c'est qu'il utilise des capteurs pour contrôler la fusée et gérer le stress du joueur.

---

## Les capteurs utilisés

### - Capteurs EMG (électromyographie) :

On a utilisé des capteurs EMG qui se trouvent sur les bras du joueur pour détecter l'activité musculaire. Quand le joueur contracte ses muscles (par exemple, en tendant un bras), les capteurs détectent ce mouvement et déplacent la fusée à gauche ou à droite, selon le bras utilisé. C'est une façon d'ajouter un côté interactif et physique au jeu, plutôt que d'utiliser une manette classique.

### - Capteur de respiration :

Un capteur de respiration mesure la fréquence respiratoire du joueur. Cela nous permet de savoir si le joueur est stressé. Quand la respiration devient plus rapide (ce qui montre qu'il est stressé), le jeu devient plus difficile : il y a plus de météores et ils tombent plus vite. Si le joueur reste calme, la difficulté reste la même. Ce mécanisme repose sur l'idée de biofeedback, qui ajuste l'expérience en fonction de l'état émotionnel du joueur. Il y a des recherches qui montrent que ce genre de système est efficace pour mesurer et réagir aux émotions, comme le montre Betella et Verschure (2016) avec leur affective slider.

## Justification et intégration du stress dans le design du système

Le stress peut être détecté efficacement à travers des modifications des paramètres physiologiques, en particulier la respiration. Lorsque le joueur est stressé, sa respiration devient souvent plus rapide et superficielle. Cela est dû à l'activation du système nerveux sympathique, qui prépare le corps à une réaction face à une menace. En revanche, une respiration plus calme et régulière est généralement associée à un état de relaxation. Nous avons utilisé cette dynamique physiologique pour mesurer le stress du joueur dans notre jeu Space Escape à l'aide d'un capteur de respiration.

## Comment le capteur de respiration détecte le stress et les critères de détection

Dans notre projet, nous avons utilisé un capteur de respiration via la plateforme PLUX pour mesurer en temps réel l'activité respiratoire du joueur. L'idée est de détecter son niveau de stress en analysant la façon dont il respire, ce qui nous permet ensuite d'adapter dynamiquement la difficulté du jeu.

Plusieurs études montrent que la fréquence et la profondeur de la respiration sont de bons indicateurs de l'état émotionnel. Par exemple, selon Bradley et Lang (1994), une respiration rapide et superficielle est souvent liée à des états de stress ou d'anxiété, alors qu'une respiration plus lente et profonde est associée à un état de calme. Ces travaux nous ont servi de base pour construire une métrique de stress à partir des signaux du capteur.

Concrètement, voici la méthode que nous avons suivie :

1. **Acquisition du signal brut** Le capteur nous donne une valeur brute continue de respiration.
2. **Normalisation** Pour que la donnée soit exploitable facilement, on a normalisé cette valeur sur une échelle de 0 à 100, en se basant sur un intervalle empirique allant de 300 (minimum) à 900 (maximum), valeurs observées pendant les tests.

```
normalized_respiration = (raw_value - min_val) / (max_val - min_val) * 100
```

3. **Inversion de la valeur pour refléter le stress** Comme une respiration plus rapide signifie un stress plus élevé, nous avons inversé la métrique :

```
stress_metric = 100 - normalized_respiration
```

Ainsi, plus la valeur est haute, plus le stress est fort.

4. **Détection du stress** : on a fixé un seuil à 50. Si la métrique dépasse ce seuil, on considère que le joueur est stressé :

```
shared_state["stress"] = stress_metric > 50
```

Ce seuil a été choisi après avoir observé les données et s'appuie aussi sur des recherches comme celles de Betella et Verschure (2016), qui suggèrent que des systèmes interactifs peuvent adapter l'expérience utilisateur en fonction de signaux physiologiques.

Ce fonctionnement permet au jeu de **s'adapter en temps réel à l'état du joueur**, ce qu'on appelle du *biofeedback*. On a trouvé que c'était une bonne manière de rendre le jeu plus vivant, et ça nous a aussi permis de mettre en pratique ce qu'on a vu en cours sur l'interaction humain-machine et les facteurs physiologiques.

## Comment ça fonctionne dans le jeu

- Déplacement de la fusée :

Le joueur déplace la fusée en utilisant ses bras. Si le joueur appuie avec la main gauche, la fusée va à gauche, et avec la main droite, la fusée va à droite.

- Éviter les météores :

Des météores tombent du haut de l'écran et le joueur doit les éviter. Il commence avec 5 vies, et chaque fois qu'un météore touche la fusée, il perd une vie. Si le joueur perd toutes ses vies, le jeu est terminé. Cela ajoute du challenge au jeu, car il faut être rapide et stratégique pour éviter les météores.

- Gestion du stress :

Le capteur de respiration permet de détecter si le joueur est stressé. Si le stress augmente, les météores tombent plus vite et en plus grand nombre. Si le joueur est calme,

la difficulté reste stable. Cette idée vient de recherches qui montrent que les émotions influencent notre performance, comme le soulignent Bradley et Lang (1994) avec leur Self-Assessment Manikin. Le jeu devient ainsi une sorte de test, où le joueur doit non seulement éviter les météores, mais aussi réussir à gérer ses émotions.

### **But du jeu**

Le but du jeu est de survivre le plus longtemps possible en évitant les météores et en contrôlant son stress. Si le joueur reste calme, le jeu est plus facile, mais s'il devient stressé, le jeu devient plus difficile. C'est une manière de rendre l'expérience du jeu plus immersive et de voir comment les émotions peuvent affecter nos actions dans un environnement interactif.

## **4 Conclusion**

Ce projet nous a permis de combiner plusieurs aspects vus dans le cours, notamment la notion d'interaction homme-machine, l'analyse des signaux physiologiques, et l'adaptation d'une interface en fonction de l'utilisateur. Travailler avec des capteurs EMG et un capteur de respiration était nouveau pour nous. Cela nous a forcés à réfléchir différemment sur la manière dont une machine peut "comprendre" l'état d'un utilisateur, ici le stress, et s'adapter en conséquence.

Nous avons réussi à créer un jeu fonctionnel dans lequel le joueur est actif physiquement (via les mains) et physiologiquement (via la respiration). Le système détecte une augmentation du rythme respiratoire pour ajuster la difficulté du jeu. Même si le principe peut sembler simple, l'implémentation a demandé plusieurs tests et ajustements, notamment pour rendre le gameplay fluide et réactif.

Un des points forts du projet, selon nous, est l'intégration du stress comme élément de gameplay. Cela rend le jeu plus vivant, et introduit une forme de défi qui n'est pas seulement basé sur la rapidité ou les réflexes, mais aussi sur la gestion émotionnelle. C'est aussi un bon exemple d'utilisation du biofeedback dans un cadre ludique.

Cependant, plusieurs limites restent présentes. D'abord, la détection du stress n'est pas encore très précise : une même fréquence respiratoire peut varier d'un joueur à l'autre. On n'a pas mis en place de phase de calibration personnalisée, ce qui rend le seuil de stress parfois arbitraire. De plus, le capteur de respiration est sensible aux mouvements ou au placement, ce qui peut fausser les données. Enfin, même si le jeu est jouable, il reste assez simple au niveau visuel et sonore. On aurait aimé pouvoir ajouter plus de feedback pour rendre l'expérience plus immersive.

---

Si nous avions plus de temps, les étapes suivantes seraient :

- intégrer une phase de calibration au début du jeu, pour définir un rythme respiratoire “normal” propre à chaque joueur ;
- tester d’autres capteurs (comme la fréquence cardiaque ou la GSR) pour comparer la fiabilité avec la respiration.
- enrichir le jeu avec plus d’éléments graphiques et sonores pour une immersion plus forte.
- permettre une adaptation encore plus fine de la difficulté (plus progressive ou plus variée).

Ce projet nous a donné une meilleure compréhension de la manière dont des données biologiques peuvent être utilisées en temps réel pour améliorer l’expérience utilisateur. Cela ouvre la voie à d’autres projets similaires dans le domaine du bien-être, du serious gaming, ou même des interfaces plus accessibles et personnalisées.

# BIBLIOGRAPHIE

- [1] A. Betella et P. F. M. J. Verschure, *The Affective Slider : A digital self-assessment scale for the measurement of human emotions*, PLOS ONE, vol. 11, no. 2, p. e0148037, 2016. DOI : <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0148037>.
- [2] M. V. Birk, G. Wadley, V. Van den Abeele, R. L. Mandryk, and J. Torous, *Video games for mental health*, Interactions, vol. 26, no. 4, pp. 32–36, 2019. DOI : <https://doi.org/10.1145/3343464>.
- [3] M. M. Bradley and P. J. Lang, *Measuring emotion : The Self-Assessment Manikin and the semantic differential*, Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry, vol. 25, no. 1, pp. 49–59, 1994. DOI : [https://doi.org/10.1016/0005-7916\(94\)90063-9](https://doi.org/10.1016/0005-7916(94)90063-9).
- [4] M. M. Bradley, P. J. Lang, R. Lane, and L. Nadel, *Cognitive neuroscience of emotion*, in R. D. Lane and L. Nadel, Eds., *Cognitive Neuroscience of Emotion*, Oxford University Press, 2000, pp. 242–276.