

Étude de l'impact réciproque de la fatigue mentale et de la fatigue physique

Auteur : Dantinne, Alicia

Promoteur(s) : Collette, Fabienne

Faculté : par la Faculté de Psychologie, Logopédie et Sciences de l'Education

Diplôme : Master en sciences psychologiques, à finalité spécialisée

Année académique : 2024-2025

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/22510>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative" (BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'œuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.

Étude expérimentale : Étude de l'impact réciproque de la fatigue mentale et de la fatigue physique

Promotrice : COLLETTE Fabienne

Relecteurs : HANSENNE Michel et SCHWARTZ Cédric

Mémoire présenté en vue de l'obtention du grade de master en sciences psychologiques.

Par

DANTINNE Alicia : S200518

Année académique 2024-2025

Remerciements

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à ce mémoire ;

Madame Collette et Monsieur Schwartz qui sont à la base de ce passionnant sujet ;

Monsieur Hansenne pour l'intérêt porté à mon travail ;

Read John et Charonitis Maëlle qui m'ont guidée, aidée, soutenue et conseillée tout au long de ce projet ;

Moureau Grégoire et Nguyen Louis qui m'ont accompagnée pendant les longues sessions de testing ;

Les 40 participants qui ont accepté de participer malgré leurs agendas chargés ;

Et enfin, mais pas des moindres, ma famille et mes amis qui m'ont encouragée, soutenue et supportée pendant ces 5 longues années. Une mention particulière à mon père, qui a pris le temps de relire ce travail.

Index des tableaux et figues

Tableaux :

Tableau 1 : Caractéristiques générales des participants en fonction des différents échantillons.	26
Tableau 2 : Résultats de l'ANOVA à mesures répétées 2 (condition : simple vs double) x 2 (temps : pré vs post) sur les temps de réaction à la PVT – échantillon « tâche mentale simple »	35
Tableau 3 : Résultats de l'ANOVA à mesures répétées 2 (condition : simple vs double) x 2 (temps : pré vs post) sur les temps de réaction à la PVT – échantillon « tâche physique simple »	36
Tableau 4 : Résultats des ANOVA sur les états subjectifs dans l'échantillon « tâche mentale simple »	39
Tableau 5 : Résultats des ANOVA sur les états subjectifs dans l'échantillon « tâche physique simple »	42
Tableau 6 : Régression hiérarchique : comparaison des modèles par blocs	45

Figures :

Figure 1 : Schéma récapitulatif des mécanismes expliquant l'impact potentiel de la fatigue mentale sur les performances physiques.	19
Figure 2 : Clarification de l'ordre de passation des épreuves.	29
Figure 3 : Illustration de la tâche « Time Load Dual Back »	32
Figure 4 : Analyse graphique de la normalité des résidus du modèle hiérarchique final. ..	35
Figure 5 : Estimation des moyennes marginales des temps de réaction à la PVT en pré et post-test – échantillon « tâche mentale simple »	36

Figure 6 : Estimation des moyennes marginales des temps de réaction à la PVT en pré et post-test – échantillon tâche physique simple	37
Figure 7 : Estimation des moyennes marginales des temps de réaction à la PVT en fonction du temps et de la condition – échantillon « tâche physique simple »	38
Figure 8 : Moyennes marginales de la fatigue mentale subjective en fonction du temps – échantillon « tâche mentale simple »	40
Figure 9 : Moyennes marginales de la fatigue physique subjective en fonction du temps et de la condition – échantillon « tâche mentale simple »	41
Figure 10 : Moyennes marginales de la somnolence subjective en fonction du temps – échantillon « tâche mentale simple »	42
Figure 11 : Moyennes marginales de la fatigue mentale subjective en fonction du temps et de la condition – échantillon « tâche physique simple ».....	43
Figure 12 : Moyennes marginales de la fatigue physique subjective en fonction du temps – échantillon « tâche physique simple ».....	44

Liste des annexes

Annexe 1 : Résultats des tests post-hoc pour l'effet principal du temps – FM subjective, échantillon « tâche mentale simple »	71
Annexe 2 : Résultats des tests post-hoc pour l'interaction condition x temps – FP subjective, échantillon « tâche mentale simple »	71
Annexe 3 : Résultats des tests post-hoc pour l'interaction condition x temps – FM subjective, échantillon « tâche physique simple ».....	72
Annexe 4 : Résultats des tests post-hoc pour l'effet principal du temps - FP subjective, échantillon « tâche physique simple ».....	72
Annexe 5 : Moyenne de la motivation subjective en fonction du temps – échantillon « tâche mentale simple ».....	72
Annexe 6 : Professions des participants selon chaque recruteur.....	73

Table des matières

1. <i>Introduction générale</i>.....	1
2. <i>Revue de la littérature</i>	2
2.1 <i>La fatigue : définition</i>	2
2.2 <i>Fatigue mentale</i>	4
2.2.1 Définition.....	4
2.2.2 Manifestations et mesures de la fatigue mentale	5
2.3 <i>Fatigue physique</i>	9
2.3.1 Définition.....	9
2.3.2 Manifestations et mesures de la fatigue physique	11
2.4 <i>Pourquoi étudier le lien entre la fatigue mentale et la fatigue physique.....</i>	15
2.4.1 Influence de la fatigue mentale sur les performances physiques	16
2.4.2 Influence de l'exercice physique sur les performances cognitives	20
2.4.3 Effets combinés de la fatigue mentale et physique.....	23
3. <i>Hypothèses et objectifs principaux.....</i>	24
4. <i>Méthode</i>	25
4.1 <i>Participants</i>	25
4.2 <i>Procédure générale</i>	27
4.3 <i>Matériel</i>	29
4.3.1 Questionnaires « trait »	29
4.3.2 Questionnaires « état »	30

4.3.3	Perception de l'effort.....	31
4.3.4	Psychomotor Vigilance Test.....	31
4.3.5	Time Load Dual Back Task	32
4.4	Analyses statistiques	32
5.	Résultats	35
5.1	Hypothèse 1 – Effet de la fatigue mentale sur les performances cognitives	35
5.2	Hypothèse 1 – Effet de la fatigue physique sur les performances cognitives ...	36
5.3	Hypothèse 2 – Effet comparé des tâches doubles vs simples sur les performances cognitives.....	37
5.4	Résultats sur les ressentis subjectifs de fatigue et de somnolence (VAS).....	38
5.4.1	Échantillon « tâche mentale simple ».....	39
5.4.2	Échantillon « tâche physique simple »	42
5.5	Hypothèse 3 – Prédiction de la fatigue mentale subjective sur les performances cognitives.....	44
6.	Discussion.....	46
6.1	Induction de fatigues subjectives et de somnolence	46
6.2	Impact de la fatigue mentale sur les performances cognitives	48
6.3	Effet de la fatigue physique sur les performances cognitives.....	49
6.4	Effet comparé des tâches doubles vs simples sur les performances cognitives 50	
6.5	Liens entre les fatigues subjectives et les performances cognitives.....	52
6.6	Implications théoriques et applications pratiques	53

6.7	Limites de l'étude.....	54
6.8	Pistes pour de futures recherches.....	56
7.	<i>Conclusion générale</i>	56
8.	<i>Bibliographie</i>	58
9.	<i>Annexes.....</i>	71
10.	<i>Résumé</i>	74

1. Introduction générale

La sensation de fatigue est une expérience commune que chacun va traverser au cours de sa vie. Il est fréquent de se sentir vide d'énergie et incapable de produire un effort, avec, dans certains cas, des difficultés à engager ou à poursuivre des actions volontaires (Kuppuswamy, 2017 ; Martin et al., 2018). Cependant, malgré le caractère universel de la fatigue, la science peine encore à donner une définition unanime de ce concept.

La fatigue se manifeste comme un état psychobiologique causé par un effort (Phillips, 2015). L'intensité et les caractéristiques de cet état de fatigue sont liées à la nature, à la temporalité et au contexte global de l'effort. Ce contexte englobe : la valeur subjective que la personne accorde à la performance, son historique de sommeil, l'influence du rythme circadien, des variables psychosociales, le régime nutritionnel, l'état de santé général, la condition physique, d'autres états psychologiques et physiologiques, ainsi que l'environnement dans lequel a eu lieu l'effort. L'installation de cette fatigue induit une modification des stratégies cognitives et/ou de l'allocation des ressources énergétiques, se traduisant par un maintien ou une diminution de l'activité mentale ou physique (Phillips, 2015).

La fatigue peut être divisée en deux sous-dimensions principales, selon la nature qu'elle arbore : la fatigue cognitive et la fatigue physique (Van Cutsem et al., 2017). La fatigue, qu'elle soit cognitive ou physique, se manifeste par une diminution de la capacité à maintenir une performance optimale, et par une augmentation de la perception de l'effort pendant un exercice (Van Cutsem et al., 2017). La fatigue cognitive ou fatigue mentale (ci-après, « FM ») est, selon Van Cutsem et al. (2017), provoquée par des périodes d'activités cognitives prolongées et/ou exigeantes. Tandis que la fatigue physique (ci-après « FP ») est décrite comme un état provoqué par une activité physique prolongée et/ou intense.

Selon Van Cutsem et al. (2017), il existerait des mécanismes psychobiologiques partagés entre ces deux dimensions de fatigue, suggérant une interdépendance fonctionnelle entre la fatigue physique et la fatigue mentale. Ces interactions montrent que les différentes formes de fatigue ne sont pas isolées, mais peuvent se renforcer mutuellement et impacter significativement les performances d'un individu (Van Cutsem et al., 2017).

Cependant, le degré auquel ces dimensions s'influencent mutuellement reste, à ce jour, encore mal compris. Par conséquent, ce mémoire a pour objectif de caractériser les similitudes et les divergences entre les fatigues mentales et physiques, ainsi que de comprendre leurs influences mutuelles sur les performances cognitives et physiques.

2. Revue de la littérature

Dans le but de mieux saisir les différents concepts clé de ce mémoire, cette section commencera par une définition approfondie du concept de fatigue. Par la suite, les notions de fatigue physique et mentale seront distinguées. Finalement, différentes études caractérisant les effets de ces fatigues sur les performances physiques et cognitives, chez les individus sains, seront synthétisées.

2.1 La fatigue : définition

Comme mentionné précédemment, la fatigue est une sensation universelle. Cependant, la manière dont elle est définie varie considérablement d'une étude à une autre (Aaronson et al., 1999). Il apparaît donc nécessaire de définir le concept général de fatigue afin d'établir une base à la réflexion avant d'aborder les concepts spécifiques de fatigue mentale et physique.

Tout au long de ce mémoire, le terme « ressources » sera utilisé. Il convient dès lors de clarifier ce qui est entendu sous cette appellation. Par ressource, il faut entendre : les capacités attentionnelles qui sont les capacités à se concentrer sur une tâche en utilisant une partie limitée des capacités cognitives que possède la personne, les ressources métaboliques qui sont les réserves d'énergie dont le cerveau a besoin afin de fonctionner efficacement et les capacités de traitement de l'information, qui traduisent la manière dont le cerveau comprend, mémorise et utilise l'information (Lambourne & Tomporowski, 2010 ; Zénon et al., 2019).

Une manière de comprendre la fatigue est de la considérer comme une rupture de l'homéostasie interne de la personne due à une trop grande consommation de ressources à la suite de stimulations externes. Selon cette vision de la fatigue, la sensation de fatigue découlerait d'un déséquilibre entre la demande accrue de ressources et la capacité de l'organisme à y répondre, ce qui entraînerait un épuisement progressif des ressources et une accumulation de métabolites (Tornero-Aguilera et al., 2022).

Deux dimensions de la fatigue sont à distinguer selon sa durée d'expression. Tout d'abord, la fatigue état est une fatigue passagère, qui dépend d'un contexte spécifique. Elle augmente à la suite d'un exercice physique ou encore à la suite d'un effort, et va s'atténuer avec le repos (Kuppuswamy, 2017). Ensuite, la fatigue trait, représente la prédisposition générale d'un individu à être fatigué au quotidien. Cette fatigue est persistante et peut devenir chronique dans certaines pathologies. Elle est indépendante de l'effort (Kuppuswamy, 2017).

Une distinction supplémentaire à faire concerne l'origine de la fatigue, puisque celle-ci peut être périphérique ou centrale (Tornero-Aguilera et al., 2022 ; Weavil & Amann, 2019). La fatigue périphérique est un processus qui va impliquer le système nerveux périphérique (SNP) et donc directement impacter les muscles. Ainsi, la fatigue périphérique s'apparente à une réduction de l'efficacité des muscles en raison de processus métaboliques et biochimiques au niveau des jonctions neuromusculaires (Thomas et al., 2016 ; Tornero-Aguilera et al., 2022). Les muscles ont plus de difficulté à répondre aux signaux nerveux et donc à se contracter efficacement (Thomas et al., 2016 ; Tornero-Aguilera et al., 2022).

La fatigue centrale, comme son nom l'indique, implique le système nerveux central (SNC) et peut se marquer sur les deux modalités : physique et cognitive (Tornero-Aguilera et al., 2022). Au niveau physique, la fatigue se traduirait par une altération des régions motrices, sensorimotrices et de la moelle épinière (Weavil & Amann, 2019). Au niveau cognitif, la fatigue centrale ressentie serait plutôt liée à des changements cérébraux, spécifiques à l'exécution des tâches cognitives (Tornero-Aguilera et al., 2022). Ainsi, quelle que soit la modalité impactée, l'origine de cette fatigue centrale se trouve dans le cerveau lui-même et pourrait impliquer des modifications biochimiques de divers neurotransmetteurs, tels que la sérotonine, le glutamate, le GABA ou encore la dopamine (Tornero-Aguilera et al., 2022).

Ainsi, la fatigue est un phénomène complexe, qui peut s'exprimer de manière transitoire ou chronique, et dont l'origine peut être centrale ou périphérique. Les principales composantes de la fatigue, à savoir la FM et la FP, feront l'objet des sections suivantes, afin de comprendre leurs mécanismes et leurs impacts sur les performances.

2.2 Fatigue mentale

2.2.1 Définition

Il n'existe pas encore de consensus concernant l'appellation de ce concept flou qu'est la fatigue ressentie à la suite d'un effort cognitif intense et/ou prolongé (Boksem & Tops, 2008). Divers auteurs parlent de fatigue cognitive, tandis que d'autres parlent de fatigue mentale ou encore de sensation de fatigue (Kuppuswamy, 2017 ; Boksem & Tops, 2008 ; Martin et al., 2018 ; Van Cutsem et al., 2017). Cependant, certains auteurs considèrent que « fatigue mentale » serait le terme le plus approprié, car il inclurait la motivation et les émotions en plus de l'aspect purement cognitif (Van Cutsem et al., 2017). C'est pourquoi ce terme sera privilégié dans ce mémoire. Cette fatigue impacte de nombreuses activités de la vie quotidienne, notamment les performances professionnelles (McCormick et al., 2012).

En ce qui concerne la définition de la FM, comme pour son appellation, aucun consensus n'existe, à ce jour. Cependant, de nombreux auteurs s'accordent pour considérer la FM comme étant provoquée par un effort mental, soit prolongé dans le temps, soit intense et exigeant (Martin et al., 2018 ; McMorris et al., 2018 ; Van Cutsem et al., 2017). Selon McMorris et al. (2018), la fatigue mentale est un état psychobiologique qui surviendrait à la suite d'activités cognitives prolongées et auto-régulées. Lorsqu'ils font référence à des activités auto-régulées, McMorris et al. (2018) indiquent que les activités qui induisent de la FM sont des activités qui demandent un certain niveau de contrôle, ainsi qu'une régulation constante se basant sur les ressources cognitives et émotionnelles de la personne.

En plus des efforts cognitifs, le stress – ressenti sur une longue période ou court, mais intense – serait un autre facteur pouvant influencer la FM (Mehta & Parasuraman, 2013). Le stress consomme de nombreuses ressources énergétiques afin d'être géré, telles que les ressources métaboliques ou attentionnelles. De ce fait, une personne devant faire face au stress ne possède plus beaucoup de ressources pour le reste de ses activités (Lambourne & Tomporowski, 2010 ; Zénon et al., 2019). D'après la littérature, le stress accentuerait la fatigue, qu'elle soit physique ou mentale, en affectant les capacités musculaires et en influençant les performances physiques et cognitives (Marcora et al., 2009 ; Mehta & Agnew, 2011).

Afin d'illustrer la FM, de nombreuses études sont disponibles, dont celle de Boksem et al. (2005). Dans cette étude, 17 sujets sains, âgés de 18 à 26 ans, ont été soumis à une tâche d'attention soutenue pendant 3 heures, et ce, sans interruptions. L'objectif était d'induire une

FM progressive. Trois mesures ont été prises : la fatigue subjective, l'activité cérébrale à l'aide d'un électroencéphalogramme (EEG) et les performances à la tâche attentionnelle. La fatigue subjective ainsi que la puissance des bandes EEG thêta et alpha inférieures¹ ont augmenté, suggérant une diminution de l'activité corticale. Les performances à la tâche attentionnelle ont diminué avec une augmentation des temps de réaction, du nombre d'erreurs, ainsi que du nombre d'omissions, ce qui suggère une diminution des performances cognitives due à la fatigue. De plus, les chercheurs ont réalisé une analyse des potentiels évoqués qui a révélé une altération de l'attention dirigée, ainsi qu'une baisse de la sélectivité attentionnelle. Ces résultats suggèrent que la FM diminue les capacités de sélection des informations pertinentes, ce qui rend les individus plus distractibles. Cette étude illustre donc que la fatigue mentale peut avoir des impacts comportementaux, cognitifs, mais aussi neurologiques. Ces résultats sont donc de bons exemples de différentes manifestations de la FM, chez des sujets sains.

2.2.2 Manifestations et mesures de la fatigue mentale

Selon Van Cutsem et al. (2017), la FM peut se décliner en trois composantes : subjective, comportementale et physiologique. Cependant, il ne serait pas nécessaire que les trois composantes soient présentes pour que la FM puisse se manifester.

Au niveau subjectif, la fatigue correspond à ce que la personne ressent, par exemple des sensations de manque d'énergie ou encore une perte de motivation pour terminer une tâche en cours (Van Cutsem et al., 2017).

De ce fait, une manière de mesurer la FM est l'utilisation de questionnaires (Mairesse et al., 2017 ; Penner et al., 2009). Dans les questionnaires, il peut être demandé aux participants de directement donner une indication subjective de leur niveau de FM. Une autre manière d'évaluer leur FM à l'aide de questionnaires est de leur demander d'indiquer le degré d'effort qu'ils perçoivent pendant une tâche cognitive avant et après l'induction de FM (Holgado et al., 2023). En procédant de la sorte, Holgado et al. (2023) ont montré que plus les participants ont l'impression que la tâche leur demande un effort important, moins ils rapportent avoir des ressources disponibles pour réaliser cette tâche. La sensation que la tâche demande plus

¹ Les ondes thêta et alpha inférieures sont connues pour augmenter en cas de baisse de vigilance (Zheng & Lu, 2017).

d'efforts et la diminution des ressources disponibles sont des manifestations de la fatigue mentale subjective (Holgado et al., 2023).

Un exemple de questionnaire est « l'inventaire multidimensionnel de la fatigue » (IMF) qui va être utilisé afin d'évaluer 5 grandes dimensions de la fatigue trait : la fatigue générale, la fatigue physique, la réduction de l'activité, la réduction de la motivation et la fatigue mentale, le tout en utilisant 20 items (Smets et al., 1995). Si l'objectif est d'évaluer uniquement la FM, un questionnaire plus pertinent peut être le « mental fatigue scale » (MFS) qui est une échelle auto-rapportée de 15 items concernant la FM et ses manifestations, qu'elles soient affectives, cognitives ou sensorielles (Johansson, 2013).

Le niveau comportemental est celui qui est traduit par une diminution des performances cognitives au cours d'une tâche donnée. Ce phénomène est appelé fatigabilité (Van Cutsem et al., 2017). Par exemple, la baisse de performance peut se traduire par une augmentation des temps de réaction ou par une augmentation du nombre d'erreurs (Möckel et al., 2015). C'est pour cette raison que de nombreuses études évaluent la FM à l'aide de tâches cognitives administrées avant et après l'induction de la FM. L'objectif est d'observer les différences de performances entre les deux moments.

Il existe deux méthodologies dominantes dans la littérature pour observer expérimentalement l'aspect comportemental de la FM :

- Premièrement, la méthode « Time-on-Task » durant laquelle une tâche de longue durée est administrée aux participants. Les performances sont alors observées tout au long de la passation de la tâche (Müller et Apps, 2019). Par exemple, Gilsoul et al. (2021) ont administré un test de Stroop pendant plusieurs heures à un même sujet et ont observé le nombre d'erreurs qu'il commettait au fur et à mesure du temps.
- Deuxièmement, la « probe method » au cours de laquelle la fatigue est induite avec une première tâche et son impact sur les performances cognitives est évalué au cours d'une seconde tâche qui implique, soit les mêmes processus cognitifs, soit des processus différents (Blain et al., 2016). Il est à noter que les différentes fonctions cognitives n'impliquent pas les mêmes réseaux neuronaux (McMorris et al., 2018). Ainsi, en utilisant une approche de type « probe », il est possible d'évaluer la généralisation des effets de la fatigue induite via une tâche évaluant une fonction cognitive différente, qui implique d'autres circuits cérébraux (Blain et al., 2016).

Au niveau physiologique, la FM se manifeste par une modification de l'activité cérébrale des régions impliquées par la tâche cognitive en cours d'exécution (Müller et Apps, 2019). L'EEG a été régulièrement utilisé afin de mettre en évidence des changements au niveau de l'activité cérébrale à la suite ou pendant une tâche mentalement exigeante (Wascher et al., 2014). Pour illustrer ce concept, l'étude de Brownsberger et al. (2013) peut être citée. Ces chercheurs ont mesuré l'activation cérébrale de participants à l'aide de l'EEG lors d'une tâche mentalement fatigante impliquant un haut degré de concentration, susceptible de produire des ondes cérébrales bêtas (13-30 Hz). Pour ce faire, ils se sont concentré sur les régions préfrontales qui jouent un rôle important dans la tâche cognitive sélectionnée. Les auteurs ont observé une plus grande activation des ondes bêtas en milieu et en fin de tâche mentalement éprouvante, comparativement à une tâche contrôle. Ces résultats illustrent une modification de l'activité cérébrale à la suite d'un effort cognitif intense inducteur de FM.

Wascher et al. (2014) ont, quant à eux, mis en évidence, à l'aide des mêmes techniques d'imagerie cérébrale, une augmentation de l'activité thêta frontale et de l'activité alpha frontale et occipitale en association à la FM, avec une augmentation continue de la puissance thêta et un pic d'augmentation pour la puissance alpha qui expliquerait l'augmentation des erreurs au fur et à mesure de la tâche mentale.

Une dernière manière de mesurer la FM physiologique, à l'aide de techniques d'imagerie cérébrale, est d'utiliser le signal BOLD (pour « Blood-Oxygen-Level-Dependant) qui permet d'observer le niveau d'oxygénation dans les différentes parties du cerveau (Cook et al., 2007). Dans l'étude de Cook et al. (2007), les participants devaient réaliser une tâche de type PASAT modifiée, qui nécessitait que les participants écoutent une série de chiffres allant de 1 à 9, les additionnent de manière continue (par exemple, additionner le premier chiffre au second, le second au troisième, etc.), et appuient sur un bouton à chaque fois que l'addition donne le nombre dix. Cette tâche implique des processus attentionnels, mnésiques et des fonctions exécutives. L'épreuve était réalisée dans une IRM afin de voir quelles parties du cerveau semblent être modulées par la FM. Les participants devaient également évaluer leur FM à l'aide d'une échelle visuelle qui leur était présentée avant et après la réalisation de la tâche de type PASAT. De cette manière, les auteurs ont pu comparer la FM subjective à l'activité cérébrale pendant la tâche. Cette étude a démontré des associations significatives entre la FM subjective et l'activation cérébrale. Les régions cérébrales les plus fortement corrélées à la FM sont : les cortex pariétal, cingulaire, frontal inférieur et temporal supérieur, le cervelet et le vermis

cérébelleux, régions qui ont déjà été associées à de nombreuses fonctions cognitives, dont la mémoire de travail (D'Esposito et al., 1995).

Toujours au niveau physiologique, la FM peut également se manifester par une modification du rythme cardiaque (Yoshikawa et al., 2025). Dans l'étude de Yoshikawa et al. (2025), les auteurs ont montré que certaines composantes de la variabilité de la fréquence cardiaque, telles que le RMSSD (Root mean square of successive difference), étaient diminuées après une tâche cognitive prolongée. Le RMSSD est un indice temporel de la fréquence cardiaque qui reflète l'activité du système parasympathique (Yoshikawa et al., 2025). Dans cette étude, le RMSSD était mesuré à l'aide d'un capteur ECG (électrocardiogramme) portable se trouvant dans une montre portée par le participant.

Une manifestation physiologique complémentaire de la FM est la réactivité pupillaire (Hopstaken et al., 2015). La FM se manifesterait par un désengagement de la tâche mentale qui se traduirait par une réduction de la réponse pupillaire aux stimuli de la tâche. Ce phénomène traduit une baisse de l'activité du système locus-coelurus, impliqué dans la régulation de l'éveil et de l'attention pupillaire (Hopstaken et al., 2015). Cette réponse pupillaire est mesurée à l'aide d'un eye-tracker. Le diamètre pupillaire a été mesuré avant la présentation d'un stimulus alors que le participant fixait une croix. Ensuite, la dilatation de la pupille a été mesurée directement à la suite de la présentation du stimulus, et ce, pour chaque stimulus visuel (Hopstaken et al., 2015).

En résumé, la FM peut se manifester de manière subjective, comportementale ou physiologique. C'est un concept qui diffère d'un individu à l'autre et au sein du même individu, d'un moment à l'autre. Selon certains auteurs, la FM ne serait pas provoquée par toutes les activités cognitives, il faudrait que les activités soient coûteuses en auto-régulation et en contrôle, donc qu'elles fassent appel aux fonctions exécutives (McMorris et al., 2018). Cette conclusion reste cependant controversée, car de nombreuses études induisent, avec succès, de la FM à l'aide de tâches attentionnelles simples. Par exemple, dans l'article de Lim et al. (2009), les auteurs ont induit de la FM à l'aide d'une tâche d'alerte, la Psychomotor Vigilance Task (PVT), réalisée pendant 20 minutes. Au cours de cette tâche, les participants devaient réagir le plus rapidement possible à un stimulus apparaissant à des intervalles de temps aléatoires. Les temps de réaction ont augmenté au fur et à mesure de la tâche, ainsi que la fatigue mentale subjective, suggérant que la tâche de type PVT a induit correctement la FM.

La FM peut donc être mesurée à l'aide de différentes méthodes. Tout d'abord, elle peut être mesurée à travers différentes évaluations cognitives. Ensuite, elle peut directement être questionnée à l'aide de questionnaires ou de questions ouvertes. Et finalement, elle peut être mesurée à l'aide de techniques d'imagerie cérébrale en identifiant l'activité cérébrale qui lui est corrélée.

Il est à noter que ces différentes mesures (objectives, subjectives et physiologiques) corrèlent et co-occurrent très peu (Johnson et al., 1997 ; Munoz-De-Escalona et al., 2020). En effet, il est possible de ressentir subjectivement de la fatigue, sans pour autant avoir une diminution des performances. Par exemple, une personne pourrait décider d'investir un maximum d'efforts dans une tâche en cours, malgré la fatigue qu'elle ressent. À l'inverse, une personne peut se désinvestir d'une tâche, ainsi ses performances baisseront, sans pour autant se sentir fatiguée étant donné qu'elle n'investit pas beaucoup d'efforts (Johnson et al., 1997 ; Munoz-De-Escalona et al., 2020).

2.3 Fatigue physique

La FP est, par exemple, la fatigue ressentie après une séance de sport intense. Elle est la fatigue la plus fréquemment mentionnée par la population générale, au quotidien (Lambourne & Tomporowski, 2010). Cette fatigue est, sans aucun doute, la fatigue la plus étudiée scientifiquement dans les populations saines.

2.3.1 Définition

À l'instar de la FM, la FP amène au besoin de repos (Kellmann et al., 2018). Si ce besoin est négligé, la FP va s'intensifier (Kellmann et al., 2018). De cette manière, la personne sujette à cette fatigue risquera des blessures physiques ou musculaires, ainsi qu'une sensation de fatigue plus intense, voire chronique (Kuppuswamy, 2017). Cette fatigue va amener à une série de manifestations physiologiques et cognitives qui vont nécessiter un temps de repos par le sujet (Kellmann et al., 2018).

La FP est initialement provoquée par des efforts physiques intenses et/ou prolongés (Kellmann et al., 2018). L'accumulation de métabolites telles que le phosphate inorganique et les ions hydrogène, ainsi que l'épuisement de l'ATP jouent un rôle clé dans la fatigue musculaire en altérant la libération de calcium, la sensibilité contractile et la capacité de production de force (Allen et al., 2008). Ces changements métaboliques diminuent l'efficacité

des contractions musculaires pendant un exercice intense et/ou prolongé, ce qui expliquerait la fatigue ressentie (Allen et al., 2008). Cette diminution de l'efficacité des contractions musculaires peut amener à diverses manifestations, dont une faiblesse musculaire, une diminution de la force ou encore une diminution des capacités d'endurance (Chang et al., 2012).

La FP serait donc l'état ressenti par un individu à la suite d'un exercice physique, qu'il soit aigu ou chronique, indépendamment de son origine centrale ou périphérique. Dans ce mémoire, l'accent sera mis sur l'exercice aigu, c'est-à-dire sur la pratique d'un exercice physique pendant une seule séance et pendant un temps assez court (Dietrich et Audiffren, 2011).

Tout comme pour la FM, il existe de nombreuses études permettant d'illustrer ce que peut être la FP. Par exemple, dans l'étude de Vuillerme et Boisgontier (2008), les chercheurs ont recruté dix jeunes hommes en bonne santé afin de leur faire passer une tâche isométrique de correspondance de force. Dans cette tâche, les participants devaient indiquer lorsqu'ils pensaient avoir atteint une certaine force (par exemple : 150 N) avec la jambe droite, en contractant leurs muscles fléchisseurs plantaires² contre une plaque de pression. Afin d'avoir une mesure de comparaison, ils ont pu atteindre ces différentes forces avec la jambe gauche. Cette tâche a été réalisée dans deux conditions : une condition sans fatigue et une condition après induction de fatigue des muscles fléchisseurs plantaires. Afin d'induire de la fatigue, les participants ont dû effectuer des levées d'orteils autant de fois que possible en suivant le rythme d'un métronome. Trois mesures ont été prises : la précision, la variabilité des performances et le niveau d'effort subjectif (à l'aide de l'échelle Borg CR-10). Les résultats ont souligné une diminution de la précision et de la cohérence des performances après la fatigue musculaire. Cette étude illustre donc une manifestation périphérique et objectivable de la fatigue physique, à travers une fatigue musculaire. Ces résultats sont donc de bons exemples de manifestations de la FP chez des sujets sains.

² C'est-à-dire pousser avec la plante du pieds vers le bas, sans bouger la cheville (Vuillerme & Boisgontier, 2008).

2.3.2 Manifestations et mesures de la fatigue physique

La FP peut se manifester de nombreuses manières, en fonction des articles de la littérature choisie, ainsi que des mesures utilisées (Chang et al., 2012 ; Müller & Apps, 2019).

La fatigue est généralement définie comme pouvant mener à une sensation de faiblesse et à une aversion à continuer la tâche en cours (Boksem & Tops, 2008 ; Pageaux & Lepers, 2018). Il convient donc d'utiliser des mesures subjectives afin d'évaluer la FP (Billones et al., 2021). L'article de Mota et Pimenta (2006) a analysé 18 outils d'auto-évaluation dont 7 mesuraient spécifiquement une dimension physique de la fatigue. Cet article indique que la fatigue peut être vue comme un symptôme subjectif. Il est, dès lors, pertinent, d'utiliser des mesures auto-rapportées. Tout comme pour la FM, un questionnaire intéressant à utiliser est « l'inventaire multidimensionnel de la fatigue » (IMF) qui comporte une dimension mesurant la fatigue trait physique (Smets et al., 1995).

Il convient également d'utiliser des mesures comportementales pour mesurer la FP (Abd-Elfattah et al., 2015). Selon Mehta et Parasuraman (2013), il est possible d'évaluer le niveau de FP du participant en comparant sa force de préhension maximale avant et après un effort physique intense et/ou prolongé. La force de préhension maximale va permettre de mesurer la puissance et la force des muscles³ de la main de l'avant-bras (Mehta & Parasuraman, 2013). Le participant va devoir serrer un dynamomètre dans sa main de toutes ses forces. Cette force de préhension maximale est censée diminuer après l'induction d'une FP (Mehta & Parasuraman, 2013). Ces résultats ne permettent cependant pas de conclure que cette diminution se produirait également après un exercice physique n'impliquant pas directement les membres supérieurs. C'est une mesure fréquemment utilisée face à des patients souffrant de fatigue chronique. En effet, les personnes souffrant de fatigue chronique sont, en général, trop fatiguées pour réaliser un exercice physique intense tel que de la course à pied ou du vélo. Grâce à la force de préhension maximale, il est possible de réaliser une mesure de la fatigue d'une personne souffrant de fatigue chronique et de comparer sa performance à celle d'un groupe témoin du même âge et du même genre afin de se rendre compte d'à quel point sa fatigue impact ses

³ La force musculaire est la capacité d'un muscle à exercer une force contre une résistance. Tandis que la puissance musculaire combine la force avec la vitesse, représentant la capacité à surmonter une résistance dans le temps le plus court possible (Physiopedia, 2021).

performances physiques (Jammes et al., 2021). La force de préhension maximale est donc une mesure intéressante de la FP, car elle peut être réalisée chez des individus ayant des conditions physiques différentes (Jammes et al., 2021).

La FP peut, également, être évaluée en mesurant les capacités d'extension de certains muscles, par exemple les muscles du genou (Holgado et al., 2023). Cette méthode rejoint la méthode de force de préhension maximale. Dans l'étude de Holgado et al. (2023), les participants doivent forcer avec les extenseurs des genoux contre un dynamomètre qui crée une résistance. Ce dynamomètre va mesurer la force utilisée par le participant. Au plus le participant est fatigué, au plus sa force maximale d'extension devrait être faible (Holgado et al., 2023).

Une question concernant la FP est de savoir si, à la suite d'un exercice physique, seuls les muscles sollicités par la tâche sont influencés par la fatigue, ou si le corps entier est impacté. Pour répondre à cette question, l'article de Weavil et Amann (2019) amène de nombreux éléments de réponse. Tout d'abord, cet article part de l'hypothèse que la fatigue musculaire locomotrice pourrait se développer à partir d'un exercice allant de 12 secondes à 5 heures et qui implique l'entièreté du corps (Goodall et al., 2015 ; Lepers et al., 2002). En partant de cette hypothèse, Weavil et Amann (2019) ont réalisé une étude afin de vérifier si les exercices impliquant le corps entier fatiguerait les muscles locomoteurs, mais également les muscles non-locomoteurs, tels que les muscles cardiaques ou respiratoires. Les résultats vont dans le sens de cette hypothèse : l'exercice du corps entier altérerait les muscles locomoteurs, les muscles non-locomoteurs, ainsi que les muscles des membres qui ne sont pas directement sollicités par la tâche. Il semblerait donc que la FP se propage non pas seulement par les muscles sollicités lors de la performance, mais aussi à d'autres muscles, voire au corps entier (Weavil & Amann, 2019).

Un problème souvent rencontré dans la littérature concernant la FM est le manque de corrélation entre la dimension comportementale de la FM et le ressenti subjectif évalué par des questionnaires (Ackerman & Kanfer, 2009). Une question à se poser est donc de savoir s'il existe dès lors une corrélation entre la FP objectivable par les performances et la FP subjective, ressentie par le sujet. L'étude de Lourenço et al. (2023) apporte des éléments de réponse à cette question. Dans cette étude, un échantillon de joueurs de football professionnels a été sélectionné. La fatigue physique des participants a été évaluée subjectivement, à l'aide de questionnaire, et objectivement, à travers des tests de saut verticaux. Les performances de saut

incluaient la hauteur de saut et le temps de vol⁴. Les résultats ont montré des corrélations faibles, mais significatives, entre les mesures subjectives et les variables objectives. De cette manière, cette étude récente plaide en faveur de l'utilisation de tests de FP subjective et de FP objective de manière complémentaire.

Finalement, il convient d'utiliser des mesures physiologiques afin de comprendre le phénomène de FP (Martins et al., 2021). Une manière de mesurer les manifestations physiologiques de la FP chez un sujet est d'évaluer son niveau d'oxygénation au niveau du cortex préfrontal avant et après une séance d'exercices physiques (Mehta & Parasuraman, 2013). En effet, selon Mehta et Parasuraman (2013), une réduction de l'oxygénation du cortex préfrontal entraînerait une réduction de la puissance motrice des sujets et serait associée à la FP.

De plus, la FP peut se manifester par une diminution de la puissance motrice, liée à une modification de l'activité du cortex préfrontal (Mehta & Parasuraman, 2013). Ces résultats suggèrent qu'au-delà de ses effets musculaires, la FP s'exprime également par des changements dans le fonctionnement cérébral. Diverses techniques d'imagerie cérébrale, telles que l'EEG, la tomographie par émission de positons où la tomographie par émission de photons monophoniques, permettent de mesurer cette activité pendant ou après un effort. Ces techniques ont mis en évidence l'implication de plusieurs régions cérébrales dans la réponse à l'effort physique, notamment le cortex moteur primaire, les cortex moteurs secondaires, les noyaux gris centraux, le cervelet, le tronc cérébral et les voies motrices (Dietrich & Audiffren, 2011). À partir de ces observations, Müller et Apps (2019) ont identifié trois systèmes cérébraux montrant des changements distinctifs dans le signal BOLD, le débit sanguin régional et dans les potentiels évoqués, à la suite d'une induction de FP.

Les premières régions cérébrales à être impactées par la FP sont les aires motrices et sensori-motrices. On retrouve, notamment, une diminution du débit sanguin cérébral et du signal BOLD dans le cortex moteur primaire, le cortex pré-moteur et les aires motrices supplémentaires et pré-supplémentaires, ainsi que des changements dans les composantes de l'EEG qui découlent des systèmes sensori-moteurs (Müller & Apps, 2019). Lorsqu'on réalise un effort physique sans

⁴ Le temps de vol correspond à la durée pendant laquelle le participant est en l'air lors d'un saut vertical (Lourenço et al., 2023).

être fatigué, le signal BOLD et le débit sanguin cérébral dans les régions motrices sont généralement plus élevés et correspondent à une activation habituelle du cerveau (Müller & Apps, 2019). Un plus grand effort serait requis pour produire une force à la suite d'un épisode de FP et serait accentué par l'altération des réponses des systèmes sensori-moteurs, ainsi que par l'influence des signaux issus des zones motrices sur la perception subjective de l'effort (Meyniel & Pessiglione, 2013).

Il convient d'ajouter que les zones corticales somatosensorielles et les parties postérieures et médiales de l'insula sont impliquées dans le traitement des signaux corporaux internes, qu'ils soient extéroceptifs (venant des muscles) ou intéroceptifs (venant des organes internes) (Müller & Apps, 2019). Dans une étude menée par Meyniel et al. (2013), les chercheurs ont observé, grâce à des techniques d'imagerie cérébrale, comment le cerveau décide ou non de prendre un temps de repos. Ils ont identifié un signal dans l'insula postérieure, qui augmente pendant l'effort et diminue au repos. Ce signal permettrait au cerveau de suivre l'état du corps en temps réel, et ainsi de réguler l'effort afin d'éviter l'épuisement.

Finalement, il existe également des changements dans les régions liées à la motivation et au contrôle cognitif, dont les parties rostrales et antérieures du cerveau, notamment les parties antérieures du cortex médiocingulaire, de l'insula et du cortex préfrontal dorsolatéral (Müller & Apps, 2019). Ces régions permettent d'intégrer les signaux corporels et les exigences contextuelles afin de guider le comportement du sujet, notamment en ajustant l'intensité de l'effort à fournir ou en décidant d'y mettre fin (Müller & Apps, 2019).

En supplément des techniques d'imagerie cérébrale, d'autres mesures physiologiques peuvent être utilisées afin d'objectiver la FP. Parmi ces mesures se trouve la fréquence cardiaque (Ni et al., 2022). Dans l'étude de Ni et al. (2022), les auteurs ont demandé à des personnes en bonne santé de courir sur un tapis de course en portant un appareil qui mesure la fréquence cardiaque à l'aide d'électrodes placées sur le corps du participant. Les auteurs postulent que la FP modifie l'activité du cœur, et particulièrement la régularité des battements. Les résultats allaient dans le sens de leur hypothèse. Les auteurs ont, d'ailleurs, réussi à prédire l'état de fatigue d'une personne en analysant les données de son cœur. La fréquence cardiaque est donc un excellent prédicteur de la FP.

Il existe donc de nombreuses méthodologies afin d'objectiver la FP : l'imagerie médicale, l'oxygénation cérébrale, l'évaluation du rythme cardiaque, la force de préhension maximale, la force des extenseurs des muscles, ou encore les questionnaires auto-rapportés.

2.4 Pourquoi étudier le lien entre la fatigue mentale et la fatigue physique

Comme énoncé dans les sections précédentes, de nombreuses études plaident en faveur d'une influence mutuelle entre les fatigues physique et mentale (Van Cutsem et al., 2017). Notamment, parce qu'une tâche n'est jamais purement physique ou cognitive. Par exemple, l'étude de Qiu et Helbig (2012) souligne que lors d'une tâche mentale la position physique a un rôle essentiel à jouer dans l'intensité de la charge mentale. Étudier l'influence mutuelle de la FP et de la FM permettrait donc de souligner la complémentarité de la santé mentale et de la santé physique.

L'introduction générale de ce mémoire soulignait que la FM était actuellement mal comprise dans la société et sous-évaluée dans les recherches scientifiques. En insistant sur son impact sur les performances physiques et sur le ressenti de FP, l'objectif est de montrer à quel point ce concept est indispensable et nécessite d'être mis à l'avant-plan dans les recherches scientifiques et dans les préoccupations quotidiennes des êtres-humains.

La littérature scientifique concernant l'impact de la FP sur les performances cognitives, est encore pauvre, et les résultats ne vont pas toujours dans la même direction. Plusieurs articles montrent les bienfaits de l'exercice physique sur la santé mentale et les performances cognitives (Erickson et al., 2011 ; Smith et al., 2010). Tandis que d'autres, mettent en évidence un impact négatif de la FP sur la cognition (Marcora et al., 2009). L'objectif de ce mémoire va être d'augmenter le nombre de recherches sur le sujet afin de mieux comprendre si la FP améliore ou détériore les performances cognitives, tout en soulignant le manque de littérature à ce sujet. De plus, ce mémoire a pour vocation d'étudier l'influence mutuelle de la FP et de la FM au sein d'une population saine. En effet, la plupart des études sur le sujet se concentrent sur l'une ou l'autre pathologie, telle que le cancer ou encore le diabète (Thong et al., 2020 ; Vaes et al., 2022).

Une dernière question assez peu explorée dans la littérature et questionnée dans ce travail est de savoir s'il y a des effets accrus sur les performances physiques et cognitives lorsque les fatigues physiques et mentales sont induites simultanément (Diaz-Garcia, 2023 ; Mortimer et

al., 2024). Cette question semble pertinente afin d'aider les individus dans la gestion de leur fatigue, mais également afin d'améliorer les interventions liées au repos.

2.4.1 Influence de la fatigue mentale sur les performances physiques

De nombreux auteurs ont postulé l'hypothèse selon laquelle la FM pourrait entraver les performances physiques, mais les explications concernant cette influence de la FM varient d'un article à l'autre (Boksem et al., 2006 ; Martin et al., 2018 ; McMorris et al., 2018 ; Mehta & Parasuraman, 2013 ; Van Cutsem et al., 2017).

D'après les recherches de Mehta & Parasuraman (2013), la FM peut entraîner des changements au niveau des capacités musculaires en altérant la coordination motrice, notamment par une augmentation de la co-contraction musculaire⁵ et une instabilité accrue de la force exercée. Cette étude indique que le stress mental⁶ - c'est-à-dire une tâche cognitive perçue comme particulièrement exigeante et générant une surcharge ou une pression - additionné à la FM, avant ou pendant un entraînement physique, peut entraîner une diminution des performances physiques plus prononcées que si la FM était induite sans stress. Mehta & Parasuraman (2013) ont utilisé une tâche de calcul mental afin d'induire du stress mental chez les participants avant ou pendant la tâche de performance physique qui était une tâche de préhension maximale. Pour déterminer le lien entre le stress mental, la FM et la détérioration des performances physiques, les auteurs ont examiné l'activation du cortex préfrontal et ses effets sur les capacités musculaires. Les résultats montrent que la FM, combinée à du stress mental, peut réduire l'oxygénation sanguine dans le cortex préfrontal et, ainsi, réduire les ressources disponibles afin de réaliser les performances physiques demandées.

La FM peut également perturber les performances physiques en impactant l'inhibition exécutive centrale (McMorris et al., 2018). L'inhibition exécutive centrale est la capacité de l'individu à supprimer certaines réponses automatiques, dominantes, pour pouvoir donner une réponse plus appropriée (Hofmann et al., 2012). Lors d'un entraînement physique, il faut

⁵ La co-contraction musculaire désigne l'activation simultanée de muscles aux fonctions opposées, par exemple un muscle fléchisseur et un muscle extenseur. Elle est vue comme une stratégie compensatoire inefficace induite par la FM (Mehta & Parasuraman, 2013).

⁶ Le stress mental, tel que défini par Mehta & Parasuraman (2013), se différencie de la surcharge cognitive objectivable par le fait qu'il correspond à une surcharge perçue subjectivement par la personne.

inhiber les messages de fatigue et de perte de motivation qui peuvent venir à la conscience du sujet. Lorsque la FM s'installe, cette inhibition devient plus compliquée (McMorris et al., 2018). Par conséquent, sans une bonne inhibition des messages de FM, les performances du sujet ont tendance à se détériorer et ainsi le participant risque de vouloir cesser l'activité physique plus rapidement (McMorris et al., 2018). Deux voies peuvent expliquer ce phénomène :

- 1) Premièrement, une voie indirecte selon laquelle la FM entraînerait une diminution des capacités d'inhibition du participant. De cette manière, le participant en pleine forme physique aurait de plus en plus de mal à inhiber les signaux de douleur, d'effort à fournir, de fatigue, etc. Ce manque d'inhibition diminuerait alors les performances physiques du participant (McMorris et al., 2018).
- 2) Deuxièmement, une voie directe selon laquelle la réalisation d'une tâche cognitive, impliquant l'inhibition, impacterait directement les performances physiques (Pageaux et al., 2014). Pageaux et al. (2014) ont réalisé une étude au cours de laquelle deux groupes étaient présents : un groupe expérimental devant réaliser une tâche cognitive qui implique des processus d'inhibition et un groupe contrôle qui devait réaliser des tâches cognitives n'impliquant pas la participation de l'inhibition. Après avoir réalisé la tâche cognitive, l'endurance physique a été mesurée à l'aide d'un « contre-la-montre » de 5 km sur un tapis roulant. Les participants devaient courir cette distance le plus rapidement possible. Les résultats montrent que, lors de la tâche d'inhibition, la fréquence cardiaque est plus élevée⁷, les participants évaluent la tâche comme nécessitant plus d'efforts et les temps de réaction sont plus longs. Il semble donc que la mobilisation cognitive induite par l'inhibition pourrait, à elle seule, altérer les performances physiques d'endurance.

La FM altère les performances physiques en ayant un impact sur l'endurance du participant en fonction de la durée et de l'intensité de la tâche physique à réaliser (Martin et al., 2018 ; Pageaux et al., 2014 ; Van Cutsem et al., 2017). Cependant, les composantes physiologiques associées à l'endurance, telles que la fréquence cardiaque, le lactate sanguin, la consommation

⁷ Ce qui contredit l'étude de Van Cutsem et al. (2017).

d’oxygène, ou encore la capacité aérobie maximale⁸, ne seraient pas perturbées par la FM (Martin et al., 2018 ; Van Cutsem et al., 2017). Cet impact sur les performances physiques serait, en réalité, dû à une augmentation de l’effort fourni ressenti par le participant. Au plus le participant est fatigué mentalement, au plus l’exercice physique qu’il est en train de réaliser semble difficile et au plus il va devoir redoubler d’efforts pour maintenir sa performance. Ces résultats s’inscrivent dans le modèle psychobiologique de la performance qui stipule que c’est la perception de l’effort qui pousse une personne à arrêter un exercice, plutôt que les limites physiques de cette personne (Marcora & Staiano, 2010).

Il est à noter que l’accumulation de lactate a été mise en lien avec l’aversion à fournir de l’effort mental et, indirectement, avec la sensibilité à l’effort mental (Barakat et al., 2024). Ce lien serait donc une piste qui expliquerait comment cette variable physiologique pourrait impacter négativement les performances d’un individu, en diminuant sa motivation. Cette découverte remet en question la vision de Van Cutsem et al. (2017), selon laquelle ces facteurs physiologiques ne sont pas impactés par la FM.

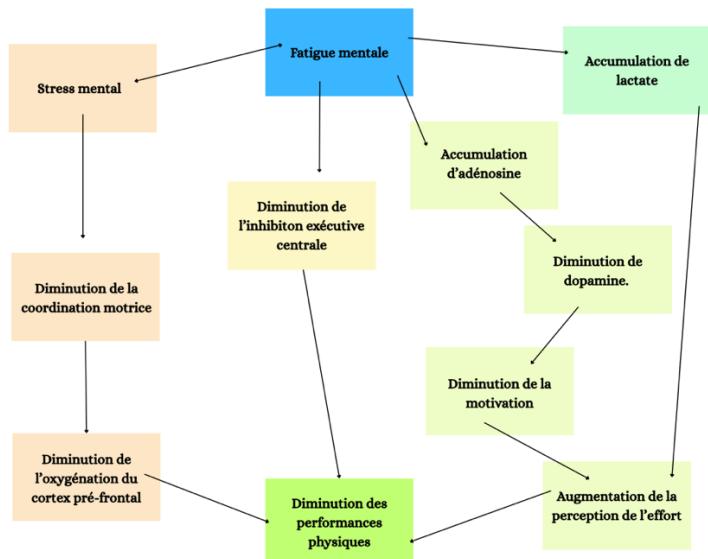
Selon Martin et al. (2018), l’adénosine cérébrale aurait également un rôle à jouer dans cette modification des performances d’endurance. L’adénosine est un neuromodulateur dont la concentration cérébrale augmente avec le niveau d’activité des neurones et des cellules gliales. Elle est impliquée dans la régulation de la vigilance et est associée à la somnolence (Martin et al., 2018). Martin et al. (2018) postulent l’hypothèse que l’adénosine s’accumulerait dans les régions actives du cerveau à la suite d’un effort cognitif. L’accumulation d’adénosine influencerait, par la suite, l’endurance selon deux axes. Tout d’abord, elle augmenterait la perception de l’effort à fournir. Ensuite, elle altérerait la motivation, possiblement à la suite d’une interaction avec la dopamine au sein du cortex cingulaire antérieur (Ferré et al., 1992). Cette région du cerveau est impliquée dans de nombreux processus mentaux de hauts niveaux, tels que le contrôle des émotions ou encore l’auto-régulation, ce qui renvoie à la définition de la FM formulée par McMorris et al. (2018). Cependant, il n’existe pas de preuves suffisantes à ce sujet, car cette hypothèse n’a pas encore été testée chez l’humain.

⁸ La capacité aérobie maximale correspond à la quantité maximale d’oxygène que le corps peut consommer lors d’un effort intense, rapportée au poids corporel. Elle constitue un indicateur clé de l’endurance (Castellani et al., 2006).

L'adénosine, en inhibant la libération de dopamine et en modifiant l'affinité des récepteurs pour la dopamine, va influencer la motivation des sujets (Ferré et al., 1992). La dopamine va être libérée par le cerveau face à des situations motivantes et positives. Si elle est inhibée, les situations sembleront moins motivantes et il y aura un plus grand risque d'abandon (Ferré et al., 1992).

En conclusion, la FM semble influencer négativement les performances physiques, mais les explications concernant cette influence sont nombreuses et parfois floues. La figure 1 schématise ces différentes influences.

Figure 1 : Schéma récapitulatif des mécanismes expliquant l'impact potentiel de la fatigue mentale sur les performances physiques.



Notes. Ce schéma représente les principaux facteurs susceptibles de relier la fatigue mentale à une diminution des performances physiques. Il inclut des influences cognitives, physiologiques et motivationnelles. La double flèche indique une relation bidirectionnelle entre le stress mental et la fatigue mentale.

Il n'existe donc pas de consensus afin d'expliquer l'impact de la FM sur les performances physiques. Il semble que toutes les explications citées dans cette section aient un rôle à jouer à des échelles différentes. Actuellement, il n'y a pas assez de preuves pour infirmer ou confirmer ces hypothèses.

2.4.2 Influence de l'exercice physique sur les performances cognitives

La section 2.4.1 suggère une influence de la FM sur les performances physiques. La section 2.4.2 a pour objectif de savoir si, inversement, la FP influence les performances cognitives. Il est à noter que la plupart des articles cités dans ce mémoire parlent d'exercices physiques et non pas de fatigue physique en tant que telle. Il conviendra donc de rester prudent quant à l'interprétation des différentes explications qui vont suivre.

Selon Dietrich et Audiffren (2011), l'exercice physique n'influence pas les différentes fonctions cognitives de la même manière. Les auteurs indiquent que les activités cognitives explicites – c'est-à-dire volontaires et contrôlées – vont plutôt être détériorées par l'exercice physique, tandis que les activités cognitives implicites – c'est-à-dire automatiques – vont plutôt être améliorées, car les activités cognitives explicites mobilisent plus de ressources cérébrales. Dans l'étude de Dietrich et Audiffren (2011), les participants devaient réaliser différentes tâches cognitives (simples ou complexes, telles que le « Wisconsin Card Sorting Test » (Miles et al., 2021)) pendant ou immédiatement après l'exercice physique. Les résultats⁹ montrent que les performances aux tâches exécutives étaient altérées pendant l'exercice, tandis que les tâches simples – de type temps de réaction – étaient améliorées. Cependant, les différents résultats ne semblent pas durer dans le temps. Ces résultats sont corroborés par Chang et al. (2012) qui montrent, également, que les fonctions exécutives, dépendantes du lobe frontal, sont plus sensibles à une altération sous effort physique, alors que les tâches de temps de réaction s'améliorent légèrement. Il est à noter que ce sont les mêmes fonctions cognitives qui sont impliquées dans l'induction de la FM (McMorris et al., 2018).

De plus, l'étude de Dietrich et Audiffren (2011) a pour objectif d'expliquer le modèle de l'hypofrontalité activatrice réticulaire (RAH) afin d'expliquer les impacts possibles de l'exercice aigu sur certaines fonctions cérébrales. D'après ce modèle, l'exercice activerait le système réticulaire activateur qui est responsable de l'éveil et de la vigilance, et diminuerait l'activité du cortex préfrontal, ce qui fait référence au terme d'hypofrontalité. Ces deux réactions expliqueraient pourquoi certaines fonctions cognitives sont améliorées par l'exercice aigu, tandis que d'autres sont plutôt détériorées, notamment les fonctions cognitives qui siègent

⁹ Les effets décrits ici concernent les performances cognitives mesurées pendant l'exercice physique (condition simultanée) (Dietrich & Audiffren, 2011).

dans le cortex préfrontal, telles que les fonctions exécutives, l'attention, ou encore la mémoire de travail (Dietrich & Audiffren, 2011).

Au cours d'un exercice physique, le cerveau consacre une partie considérable de ses ressources à la mise en place et au maintien des mouvements moteurs. Les ressources nécessaires au mouvement vont dépendre de trois éléments : la quantité de tissus musculaires impliqués dans le mouvement, l'intensité du mouvement et la durée de l'exercice physique (Dietrich & Audiffren, 2011). En conséquent, les ressources restantes peuvent parfois ne plus suffire pour la réalisation de tâches cognitives plus complexes (Dietrich & Audiffren, 2011). Ce manque de ressource pourrait expliquer la détérioration de certaines performances cognitives durant un exercice physique intense. De cette manière, en fonction de la quantité de ressources cognitives nécessaires afin de réaliser un exercice physique particulier, les ressources disponibles pour le fonctionnement cognitif seront différentes (Lambourne & Tomporowski, 2010). La course à pied sur un tapis roulant nécessite, par exemple, plus de ressources que le vélo d'appartement, car il faut justement doser ses ressources pour rester sur le tapis et ne pas tomber en étant trop lent ou en dehors de l'axe du tapis, tout en gardant un équilibre et une coordination des membres (Lambourne & Tomporowski, 2010).

Selon Dietrich et Audiffren (2011) et Lambourne et Tomporowski (2010), les résultats concernant l'impact de l'exercice physique sur les performances cognitives vont dépendre de la durée de l'exercice en question. Lambourne et Tomporowski (2010) mettent en évidence que les possibles déficiences des performances cognitives dues à un entraînement physique ne sont visibles que dans les 20 premières minutes de l'entraînement. Dietrich et Audiffren (2011), eux, mettent en évidence que l'impact de l'exercice physique sur la cognition va également dépendre du moment auquel a lieu l'évaluation cognitive : les résultats diffèrent selon que l'évaluation a lieu pendant, juste après ou quelques instants après l'exercice physique.

- Si la tâche cognitive est réalisée pendant l'exercice physique, l'activité du cortex préfrontal va tendre à se réduire afin de distribuer les ressources nécessaires aux différentes régions impliquées dans la régulation de l'effort physique. De ce fait, les fonctions cognitives dépendant du cortex préfrontal et des régions frontales en général vont être impactées négativement. Le participant rencontrera alors des difficultés telles qu'un manque de planification ou des difficultés lors de la prise de décision (Dietrich & Audiffren, 2011).
- Lorsque la tâche cognitive est réalisée immédiatement après l'exercice physique, une récupération rapide des fonctions cognitives frontales est généralement observée,

accompagnée d'une augmentation de l'excitabilité générale due à la stimulation du système réticulaire activateur (Dietrich & Audiffren, 2011). Grâce à cette augmentation d'excitabilité cérébrale, certaines fonctions cognitives se sont améliorées directement après l'effort physique aigu. Parmi ces fonctions cognitives, se retrouvent notamment la vigilance et l'attention soutenue (Dietrich & Audiffren, 2011).

- Il est également possible de faire passer la tâche cognitive après une courte période de récupération à la suite de l'exercice physique. Dans ce cas de figure, les régions frontales retrouvent leur fonctionnement habituel (Dietrich & Audiffren, 2011).

Dietrich et Audiffren (2011) et Lambourne et Tomporowski (2010) mettent donc en évidence un concept essentiel, à savoir, la temporalité. Pour déterminer l'impact de l'exercice physique sur la cognition, il faut prendre en considération la durée de l'exercice, ainsi que le moment auquel l'évaluation cognitive a lieu.

Une explication supplémentaire concernant l'impact de l'exercice physique sur les performances cognitives est l'hypothèse de la courbe en U inversé (Chang et al., 2012 ; Dietrich & Audiffren, 2011 ; Lambourne & Tomporowski, 2010). Selon cette hypothèse, les exercices d'intensités faibles et modérées sont ceux qui vont mener à une amélioration des performances cognitives (Chang et al., 2012). Face à un exercice physique de faible intensité, les activations physiologiques et cognitives peuvent se voir améliorées et par conséquent peuvent venir optimiser certaines fonctions cognitives comme l'attention ou la mémorisation (Chang et al., 2012 ; Dietrich & Audiffren, 2011 ; Lambourne & Tomporowski, 2010). De l'autre côté, un exercice physique de haute intensité va nécessiter de nombreuses ressources cérébrales afin de pouvoir maintenir l'activité physique. De ce fait, l'exercice physique intense va conduire à un manque de ressource qui va induire une diminution des performances cognitives (Chang et al., 2012 ; Dietrich & Audiffren, 2011 ; Lambourne & Tomporowski, 2010).

Une dernière variable indispensable à prendre en considération est le niveau sportif de la personne (Chang et al., 2012). Plus celui-ci est élevé, plus l'exercice physique sera bénéfique au fonctionnement cognitif. À l'inverse, un faible niveau de condition physique est associé à une détérioration des performances cognitives. Cette différence s'explique par le fait qu'une moins bonne condition physique mobilise davantage de ressources pour accomplir un effort physique, réduisant ainsi les ressources disponibles pour les fonctions cognitives. De plus, l'effort est souvent perçu comme plus intense chez les individus non entraînés, ce qui pourrait

accroître la charge mentale. Des facteurs motivationnels pourraient également influencer cette dynamique (Chang et al., 2012).

Pour conclure, la littérature concernant l'impact de la FP sur les performances cognitives n'est pas encore bien établie. Certains auteurs estiment que l'exercice physique va bénéficier aux performances cognitives. Alors que d'autres vont postuler une détérioration des performances cognitives à la suite d'un exercice physique. Quelle que soit la conclusion de ces études, il existe de nombreuses hypothèses afin d'expliquer l'influence que peut avoir un entraînement physique sur les performances cognitives, quatre facteurs principaux sont à mettre en évidence : le niveau sportif du participant, le moment où les fonctions cognitives sont évaluées, le type de tâche cognitive utilisé et le type d'exercice physique réalisé.

2.4.3 Effets combinés de la fatigue mentale et physique

Ce mémoire a également pour objectif d'évaluer l'impact des fatigues physiques et mentales lorsqu'elles sont induites simultanément chez les mêmes participants. La question est de savoir si l'induction combinée des deux types de fatigue altérera davantage les performances physiques et cognitives que les fatigues induites séparément. Il est à noter que la littérature sur le sujet est encore assez pauvre. Or, ces études semblent plus écologiques, car lors de performances physiques, les participants sains ou les sportifs doivent activer leurs fonctions cognitives à de nombreux moments (Diaz-Garcia, 2023 ; Mortimer et al., 2024). De la même manière, les activités cognitives, même les plus simples, omettent rarement (voire jamais) l'aspect physique (Qiu & Helbig, 2012). Par exemple, un participant qui doit réaliser une tâche d'attention sur un ordinateur pendant de longues minutes devra presser un bouton de façon répétitive et tenir une posture stable.

Les études sur le sujet se sont plutôt focalisées sur des sportifs de haut niveau, il convient donc d'être prudent quant à l'interprétation et à la généralisation de leurs résultats. Les études présentes dans la littérature se contredisent sur les effets de la combinaison des fatigues mentale et physique. Diaz-Garcia (2023) a mis en évidence que la fatigue combinée provoquerait une charge mentale et une FM plus élevée que lors de l'induction de la FM seule. Ces résultats suggèrent que la FP viendrait exacerber les effets négatifs de la FM. Alors que Mortimer et al. (2024) suggèrent que la FP viendrait plutôt contrecarrer les effets de la FM et donc que la combinaison des fatigues amènerait de meilleures performances cognitives que lorsque la FM est induite seule. Toutefois, les auteurs de ces études ne développent pas d'explication quant

aux mécanismes susceptibles de rendre la fatigue combinée plus ou moins délétère pour les performances.

De cette courte section, il convient donc de retenir qu'étudier l'impact combiné de la FM et de la FP est indispensable afin de mieux comprendre le fonctionnement quotidien des individus. Cependant, aucun consensus n'existe dans la littérature et très peu d'articles traitent de ce sujet.

3. Hypothèses et objectifs principaux

Comme indiqué dans les sections précédentes, la littérature concernant les influences mutuelles entre la FM et la FP est encore relativement pauvre. De plus, la littérature existante a tendance à se focaliser majoritairement sur l'une ou l'autre fatigue et peu d'études abordent simultanément les deux facettes de ce large concept. Face à cette situation, il est dès lors intéressant de chercher à combiner les différentes méthodes existantes afin de réaliser une étude plus complète qui intègre les deux pôles principaux de la fatigue : la FM et la FP.

Afin de répondre à cette lacune théorique, l'objectif de ce travail est de réaliser une étude expérimentale qui mesure l'impact d'un effort cognitif, physique ou combiné (cognitif et physique) induisant un état de fatigue sur les performances cognitives. L'objectif de ce travail est donc double : enrichir la littérature concernant le sujet et apporter des preuves supplémentaires qui aideront à trancher dans les débats actuels concernant les impacts de la fatigue physique et des fatigues combinées sur les performances cognitives.

Par ailleurs, il est à noter que ce mémoire fait partie d'un projet intégratif plus large. Il s'agit d'une étude commune, menée en collaboration avec un étudiant en kinésithérapie (Nguyen Louis) et un étudiant en ingénierie (Moureau Grégoire). L'étudiant en kinésithérapie réalise des analyses visant à tester l'influence des trois conditions de fatigue sur les performances physiques. Tandis que l'étudiant en ingénierie se focalise sur les composantes physiologiques et mécaniques de la fatigue, notamment, l'évolution de l'activité musculaire.

L'hypothèse principale et fil conducteur de ce mémoire est que la réalisation d'activités physiques et/ou cognitives seraient interreliées et s'influencerait mutuellement. En partant de cette question de recherche, trois hypothèses ont été formulées :

- 1) Premièrement, une activité physique ou cognitive intense et prolongée devrait impacter négativement des performances cognitives à une tâche subséquente, ainsi que les sentiments de FM.
- 2) Deuxièmement, la réalisation simultanée d'exercices cognitifs et physiques affecterait plus fortement les performances cognitives et le sentiment de FM que la réalisation de ces tâches de manière séparée.
- 3) Troisièmement, les performances cognitives seraient associées aux sentiments de FM et de FP.

4. Méthode

La présente section détaille la composition de l'échantillon, le matériel employé et la procédure expérimentale adoptée.

4.1 Participants

Pour déterminer le nombre de participants à recruter dans cette étude, une analyse de puissance a été réalisée sur le logiciel G*Power, en considérant une ANOVA à mesures répétées 3 groupes (FM seule, FP seule vs. Fatigues combinées) X 4 temps (avant et après l'induction de FM ou de FP, avant et après l'induction de fatigue combinée). En considérant une taille d'effet moyenne, c'est-à-dire un d de Cohen de 0,25, un seuil d'erreur de première espèce fixé à $\alpha < .05$ et une puissance à priori fixée à $\beta = .95$, un échantillon de 36 participants est requis pour observer un effet de taille moyenne.

Concernant les critères d'inclusion, les participants devaient être âgés entre 18 et 30 ans, en bonne santé et modérément entraînés. Par modérément entraîner, il faut entendre que les participants ne devaient pas être des sportifs professionnels ou être soumis à des entraînements sportifs intensifs et réguliers. Ils devaient avoir pour langue maternelle le français. Une attention particulière a été portée afin de s'assurer que les hommes ne soient pas en trop grand nombre par rapport aux femmes. En effet, les femmes sont souvent sous-représentées dans cette littérature (Lambourne & Tomporowski, 2010).

Concernant les critères d'exclusion, étaient exclus tous les participants présentant : des problèmes respiratoires, cardiaques, musculaires, des antécédents psychiatriques et de traumatismes crâniens, des abus de substances, une prise de médicament pouvant impacter le

bon déroulement des séances ou la motivation et la fatigue, des problèmes moteurs ou neurologiques.

Un total de 40 participants a été recruté via les réseaux sociaux, ainsi que par la communication de proximité. La moitié de l'échantillon a été randomisée de façon pseudo-aléatoire afin d'être attribué à l'une des deux conditions suivantes : condition tâche mentale simple ou tâche physique simple. Un seul participant a été exclu (condition tâche mentale), car il n'a pas atteint les critères requis – atteindre 85 % à l'entraînement – afin de réaliser la tâche mentale. Les informations générales concernant ces participants sont détaillées dans le Tableau 1.

Tableau 1 : *Caractéristiques générales des participants en fonction des différents échantillons.*

Variable	Échantillon « tâche mentale »	Échantillon « tâche physique »
Nombre total (n)	19	20
Pourcentage d'hommes (%)	52.63 %	50 %
Âge moyen (SD)	23.26 (1.24)	23 (1.25)
Pourcentage de droitiers	94.74 %	80 %
Débutants en manette (n / %)	10 (52.63 %)	6 (30 %)
Nombre d'années d'étude moyen (SD)	15.05 (0.97)	15.55 (1.47)
Score IMF général moyen (SD)	11 (2.67)	11.80 (2.97)
Score IMF physique moyen (SD)	8.11 (2.79)	9.40 (3.05)
Score IMF mental moyen (SD)	11.26 (3.11)	12.05 (3.22)
Score ESS moyen (SD)	13.21 (3.94)	13.05 (6.58)

Légende : définition des variables utilisées : **Débutants en manettes** : participants n'ayant jamais, ou presque, utilisé de manette de jeu vidéo avant l'étude (auto-déclaré). **Nombre d'années d'étude moyen** : nombre d'années d'étude réussies calculé en additionnant les années d'études primaires, secondaires et supérieures. **IMF** : indice de fatigue correspondant à un score auto-rapporté mesurant la fatigue générale, mentale et physique. **ESS** : échelle de somnolence d'Epworth évaluant la somnolence diurne subjective.

Cette étude a été acceptée par le comité d'éthique de la faculté de psychologie, logopédie et sciences de l'éducation de l'université de Liège. Un formulaire d'information et de consentement éclairé a été expliqué oralement et signé par chaque participant à deux reprises : avant d'entamer l'expérimentation et à la fin de l'étude. En effet, les participants n'étaient pas informés directement de l'objectif exact de cette étude. Il leur a été expliqué que l'objectif de l'étude est d'évaluer l'impact de la réalisation d'efforts, et non pas l'impact de la fatigue sur les

performances physiques et mentales, cela afin d'éviter tout biais motivationnel. Cette information leur a néanmoins été révélée dès la fin de la deuxième séance d'expérimentation.

4.2 Procédure générale

L'étude s'est déroulée sur deux rendez-vous qui ont été fixés pour chaque participant dans un intervalle de temps allant de 24 heures à une semaine. Les deux rendez-vous étaient fixés, dans la mesure du possible, à une heure similaire de la journée afin de limiter les biais, notamment de disponibilité cognitive ou de fatigue attentionnelle et ainsi, éviter les fluctuations du rythme circadien (Holgado et al., 2023). Comme dans l'étude d'Holgado et al. (2023), il était demandé aux participants de ne pas réaliser de performances sportives, particulièrement intenses dans les 24 heures précédant les séances. C'est-à-dire qu'ils devaient éviter toute activité physique qui pourrait générer une fatigue musculaire importante ou altérer la récupération neuromusculaire (Holgado et al., 2023).

Les participants étaient répartis aléatoirement entre deux groupes : un groupe « tâche mentale simple » et un groupe « tâche physique simple ». C'est-à-dire que, durant la séance d'induction de fatigue simple, les participants étaient soit soumis à une tâche mentale, soit à une tâche physique. Durant l'autre séance, les participants ont tous réalisé une double tâche physique et mentale. Le groupe, ainsi que l'ordre des séances (fatigue simple ou double) étaient déterminés de façon pseudo-aléatoire. En d'autres termes, certains participants ont commencé par la double tâche, alors que d'autres ont commencé par la tâche simple. La figure 2 permet de clarifier l'ordre de passation des différentes étapes sur les deux séances.

Au début de chaque séance, une électrode était collée sur le rectus femoris de la jambe dominante de chaque participant. L'objectif de cet enregistrement étant de récolter des informations physiologiques et mécaniques concernant la fatigue (données pas analysées dans ce travail, mais voir mémoire de Moureau Grégoire). Les participants ont ensuite pédalé pendant 5 minutes sur un vélo d'appartement, sans résistance, afin d'échauffer leurs muscles.

Afin d'avoir une mesure des performances physiques et cognitives des participants, chaque participant était évalué deux fois : avant et après l'induction de fatigue (simple et double), à l'aide de trois épreuves : une épreuve de hauteur de sauts, une épreuve de force isométrique maximale et finalement une tâche attentionnelle de vigilance (Psychomotor Vigilance Test, PVT ; voir section « Matériel »).

Les deux premières épreuves physiques n'ont pas été analysées dans ce travail et ne seront pas détaillées plus que nécessaire. Brièvement, l'épreuve des sauts nécessitait que les participants réalisent 10 sauts le plus rapidement est le plus haut possible (Lourenço et al., 2023). Un capteur apposé dans le dos des participants, au niveau du pelvis, a permis de mesurer les paramètres liés à la réalisation des sauts. L'épreuve de force isométrique maximale nécessitait que les participants exercent, avec leur jambe dominante, la pression la plus forte possible sur un dynamomètre fixé (Margonato et al., 1994). L'exercice était recommencé au minimum à trois reprises afin de garantir l'obtention d'une valeur maximale fiable. Deux essais en force sous-maximale étaient par ailleurs réalisés en pré-test afin de s'assurer de la bonne compréhension de la consigne.

Après acquisitions des mesures en pré-test, les participants ont réalisé la tâche d'induction de fatigue (mentale, physique ou double). Durant les tâches décrites ci-dessous, l'activité musculaire du muscle droit fémoral ainsi que la fréquence cardiaque (obtenue au moyen d'un brassard cardio-optique situé sur le biceps du bras dominant) des participants ont été enregistrées dans le but d'obtenir des marqueurs physiologiques de fatigue. Ces données n'ont toutefois pas été incluses dans ce travail et ne seront dès lors pas détaillées.

Concernant l'induction de fatigue physique, il était demandé aux participants de pédaler à vitesse constante (70 tours par minute) pendant 20 minutes sur un vélo d'appartement. Il leur était par ailleurs demandé d'adapter le niveau de résistance du vélo afin de maintenir un effort subjectivement situé au niveau 14 sur l'échelle de Borg (Raing of Perceived Effort, RPE), ce qui correspond à un effort moyennement difficile (Borg, 1970).

Concernant l'induction de fatigue mentale, les participants ont réalisé la tâche « Time Load Dual Back » (TLDB ; voir section « Matériel », Borrogan et al., 2017) pendant 20 minutes. Les participants devaient dans un premier temps réussir un entraînement d'une durée de 5 minutes environ. Avant de pouvoir réaliser la tâche complète, ils devaient atteindre un score de 85% de réponses correctes à l'entraînement. La tâche a été administrée sur un vélo d'appartement afin de reproduire les conditions de la double tâche (voir ci-dessous).

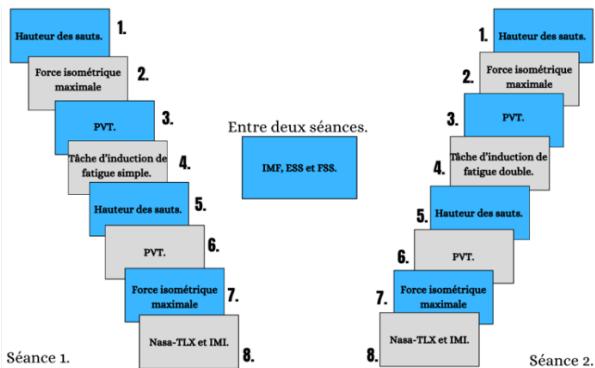
Concernant l'induction de fatigue au moyen d'une double tâche à la fois physique et mentale, les participants ont réalisé simultanément la tâche TLDB tout en pédalant sur un vélo d'appartement. La durée de la double tâche était équivalente à 20 minutes, selon les mêmes conditions que décrites précédemment dans les tâches simples.

Toutes les tâches ont été divisées en quatre blocs de cinq minutes. À la fin de chaque bloc, les tâches (simples et combinées) étaient interrompues et les participants devaient répondre à un questionnaire (les VAS) concernant leurs états actuels de fatigue mentale et physique, ainsi que d'effort mental et physique. En début et fin de tâche, les participants devaient également évaluer leur état de somnolence, satiété, stress, motivation, ennui et d'effort général.

À la fin de chaque séance et après avoir réalisé les mesures post-tâches, les participants étaient amenés à répondre à deux questionnaires concernant leur motivation, leur charge mentale et leur appréciation concernant la tâche d'induction de fatigue qu'ils ont réalisés au cours de la séance. Ces questionnaires sont : le « *Nasa Task Load Index* » et l'« *Intrinsic Motivation Inventory* » (Hart & Staveland, 1988 ; Ryan, 1982).

De plus, entre les deux séances, il était demandé aux participants de répondre à divers questionnaires, en ligne, concernant leur état général de fatigue et de somnolence, à savoir : l'IMF, le ESS et le FSS (Johns, 1991 ; Krupp et al., 1989 ; Smets et al., 1995). Ces questionnaires ont été analysés afin d'établir un profil général des échantillons.

Figure 2 : Clarification de l'ordre de passation des épreuves.



Notes : Ordre des passations des épreuves sur les deux séances. L'ordre des séances (simple/double) a été contrebalancé entre les participants.

4.3 Matériel

4.3.1 Questionnaires « trait »

Comme indiqué précédemment, plusieurs questionnaires ont été administrés, en ligne, entre les deux séances. Ces questionnaires évaluaient des mesures de fatigue trait qui ont été utilisés afin d'établir un profil global de l'état de fatigue et de somnolence des participants.

- *L'Inventaire Multidimensionnel de la Fatigue* » (IMF) a été utilisé dans sa version française validée (Gentile et al., 2003), issue de l'outil original développé par Smets et al. (1995). C'est un questionnaire auto-administré qui évalue cinq dimensions de la fatigue, selon 20 items : la fatigue générale, la fatigue physique, la fatigue mentale, la réduction de l'activité et la réduction de la motivation. Les items prennent la forme d'une échelle de Likert allant de 1 (pas du tout d'accord) à 5 (tout à fait d'accord). L'IMF présente une excellente cohérence interne avec un alpha de Cronbach global de .93. La fidélité test-retest est également satisfaisante (corrélation intraclasse = .83, $p < .001$) (Gentile et al., 2003). Un score élevé à ce questionnaire représente une fatigue perçue élevée.
- La « *Fatigue Severity Scale* » (FSS) a été utilisée dans sa version française non validée (Krupp et al., 1989). Il s'agit d'un questionnaire auto-administré en 9 items utilisé afin d'évaluer la sévérité de la fatigue dans un cadre de clinique ou de recherche. Les items prennent la forme d'une échelle de Likert allant de 1 (cette affirmation ne me correspond pas) à 7 (cette affirmation me correspond tout à fait). La FSS montre une excellente cohérence interne avec un alpha de Cronbach de .88. La fidélité test-retest est également satisfaisante (corrélation intra-classe de $r = .84$, $p < .01$) (Krupp et al., 1989). Un score élevé à cette échelle indique une fatigue perçue élevée.
- « *L'échelle de somnolence d'Epworth* » (ESS), développée par Johns (1991) a été utilisée dans une version française non validée. Il s'agit d'un questionnaire auto-administré dans lequel les participants doivent déterminer quelle est la probabilité qu'ils s'assoupissent dans 8 situations de la vie quotidienne, en se basant sur leur état de sommeil actuel. L'objectif est d'évaluer la somnolence diurne des participants. Les items prennent la forme d'une échelle de Likert à quatre échelons : jamais d'assoupissement, peu de chance d'assoupissement, chance modérée d'assoupissement et forte chance d'assoupissement. L'ESS présente une bonne validité convergente, avec des corrélations significatives avec la latence d'endormissement mesurée objectivement ($r = -.51$; $p < .01$) (Johns, 1991). Un score élevé à cette échelle indique un niveau de somnolence perçue élevé.

4.3.2 Questionnaires « état »

Comme indiqué précédemment, lors des tâches d'induction de fatigue, les participants étaient amenés à répondre à des questionnaires (les VAS) concernant leurs ressentis sur divers éléments. Pour ce faire, ils étaient invités à répondre à des échelles de type Likert allant de 0 à 10 pour chaque item, le 0 indiquait que le participant ne ressentait pas du temps cet état (par

exemple, de FP) et le niveau 10 indiquait que le participant ressentait fortement cet état (par exemple, une FP intense).

De plus, deux questionnaires ont été utilisés afin de connaître le ressenti des participants concernant leur appréciation des tâches d'induction de fatigue, à la fin de chaque séance d'expérimentation :

- Une traduction française de l'« *Intrinsic Motivation Inventory* » (IMI) a été administrée (Ryan, 1982). Il s'agit d'un questionnaire auto-administré permettant de mesurer la motivation intrinsèque liée à une activité spécifique. Les items prennent la forme d'une échelle de Likert allant de 1 (pas du tout vrai) à 7 (très vrai).
- Le « *Nasa Task Load Index* » (nasa-TLX) est un questionnaire permettant d'évaluer, à l'aide de 6 items auto-administrés, la charge de travail (dont la charge mentale et physique), liée à une activité (Hart & Staveland, 1988). Les items prennent la forme d'une échelle de Likert allant de 0 (faible) à 10 (élevé).

4.3.3 Perception de l'effort

Comme indiqué dans le protocole, il était demandé aux participants de réaliser un effort physique d'intensité moyennement difficile, lors de la tâche physique simple et de la tâche double. Afin de les aider à évaluer l'intensité de leur effort, l'échelle originale de Borg (Raing of Perceived Effort, RPE) leur a été proposée (Borg, 1970). C'est une échelle visuelle allant de 6 (aucun effort) à 20 (effort maximal) permettant d'estimer l'intensité de l'effort perçu pendant une activité physique. Cette échelle à l'avantage d'être conçue pour refléter une progression linéaire de l'effort perçu, qui correspond approximativement à la fréquence cardiaque multipliée par 10 chez des individus en bonne santé (Borg, 1970). Cela constitue un avantage, car cela permet d'estimer de manière simple et relativement fiable l'intensité de l'effort fourni, sans recourir à des mesures physiologiques.

4.3.4 Psychomotor Vigilance Test

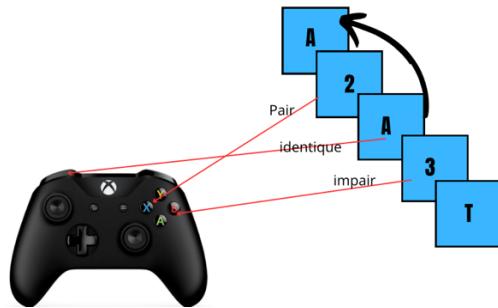
Finalement, deux tâches cognitives ont été administrées aux participants. La première épreuve était une tâche d'alerte tonique, le « *Psychomotor Vigilance Test* » (PVT). Le PVT est un test simple de temps de réaction visuel, développé, dans un premier temps, afin de mesurer les effets de privation de sommeil et de la fatigue sur la vigilance (Dinges & Powell, 1985). Au cours de cette tâche, les participants doivent réagir le plus rapidement possible lorsqu'un

stimulus (ici un point rouge) apparaît à l'écran, la tâche dure au total 5 min. Des bouchons d'oreilles étaient proposés aux participants afin de limiter les distractions possibles. Dans cette étude, ce test a été utilisé afin d'évaluer l'impact des fatigues sur les performances cognitives, en observant les temps de réaction moyens des participants avant et après la tâche d'induction de fatigue.

4.3.5 Time Load Dual Back Task

La deuxième épreuve cognitive était une double tâche, la « *Time Load Dual Back* » (TLDB), combinant une tâche 1-back en mémoire de travail avec une tâche de jugement de parité. Cette épreuve a été initialement développée par Borrogan et al. (2017) afin d'induire de la FM. Au cours de cette tâche, les participants, installés sur un vélo d'appartement, devaient traiter, à l'aide d'une manette de console, deux types d'informations : des lettres et des chiffres qui apparaissaient de manière alternée, toutes les secondes. Pour chaque chiffre apparaissant à l'écran, ils devaient indiquer s'il était pair ou impair. En parallèle, ils devaient appuyer sur un bouton spécifique si la lettre apparaissant à l'écran est la même que celle qui était apparue à l'essai précédent. La figure 3 permet de clarifier ce qui était attendu des participants à cette tâche.

Figure 3 : Illustration de la tâche « Time Load Dual Back »



Notes : Les flèches indiquent les réponses attendues : le bouton X était utilisé pour les chiffres pairs, le bouton B pour les chiffres impairs, et le bouton L1 pour indiquer que la lettre actuelle était identique à celle apparue à l'essai précédent.

4.4 Analyses statistiques

L'ensemble des analyses statistiques a été réalisé à l'aide du logiciel JAMOVI (The Jamovi project, 2022). Les conditions d'applications des ANOVA (normalité des résidus, homogénéité

des variances et sphéricité¹⁰) ont été vérifiées et respectées dans l'ensemble des analyses. La probabilité de dépassement a été fixée à $p < .05$.

Ce mémoire émet une première hypothèse, que l'induction de FM entraîne une diminution des performances cognitives. Dans ce travail, la tâche TLDB induirait de la FM, qui viendrait diminuer les performances cognitives, en diminuant les capacités de vigilance à une tâche subséquente, la PVT. La deuxième hypothèse de ce mémoire postule que la double tâche affecterait significativement les performances cognitives comparativement aux tâches simple (physique et mentale).

Pour vérifier nos hypothèses, une ANOVA à mesures répétées 2 (condition : simple vs double) x 2 (temps : pré vs post) a été réalisée sur l'échantillon « tâche mentale simple ». La variable dépendante est le temps de réaction moyen à la PVT. L'objectif de cette analyse est de vérifier que la FM a un impact sur les performances cognitives. L'effet principal du temps nous permettra de répondre à notre première question. Pour vérifier notre deuxième hypothèse, les effets principaux de la condition et des interactions temps x condition précédentes seront examinés. Des analyses post-hoc ont été réalisées dans le cas où une interaction significative apparaît. Dans ce cas, une correction de Holm a été appliquée afin de limiter les erreurs de première espèce, tout en gardant une bonne puissance statistique (Holm, 1979).

Nous avions également émis l'hypothèse que l'induction de FP entraînerait une diminution des performances cognitives. Ainsi, suivant la même logique que l'analyse précédente, une seconde ANOVA à mesures répétées 2 (condition : simple vs double) x 2 (temps : pré vs post) a été réalisée, dans l'échantillon « tâche physique simple », afin de tester l'hypothèse portant sur les effets de la FP sur les performances cognitives. Là encore, seul l'effet principal du temps a été analysé pour déterminer si la condition physique simple impactait les performances à la PVT. Notre seconde hypothèse a été vérifiée en analysant les effets de condition et d'interaction. Des analyses post-hoc employant une correction de Holm ont été réalisées dans le cas où une interaction significative apparaît.

Afin de vérifier que les différentes tâches ont réellement induit de la fatigue. Les VAS FM, FP et, à titre exploratoire, somnolence ont été analysées individuellement à l'aide d'ANOVA à

¹⁰ La condition de sphéricité n'est pas applicable pour les facteurs à deux niveaux.

mesures répétées 2 (condition : simple vs double) x 2 (temps : pré vs post), dans chaque échantillon (tâche mentale simple vs tâche physique simple), avec pour variable dépendante les scores aux échelles VAS. Il est à noter que pour les FM et FP subjectives, les questionnaires ont été administrées à 5 reprises : temps 0 = pré-tâche, temps 1 = après 5 minutes, temps 2 = après 10 minutes, temps 3 = après 15 minutes et temps 4 = post-tâche. En revanche, la somnolence n'a été évaluée que deux fois, en pré et post-tâche. Des tests-post hoc employant une correction de Holm ont été réalisés afin d'identifier en quels temps et conditions se trouvent les différences significatives, lorsqu'il y en a.

Enfin, afin d'identifier les variables les plus prédictives de la détérioration des performances cognitives une régression hiérarchique a été réalisée, avec les temps de réaction à la PVT comme variable dépendante. Bien que le test de Shapiro-Wilk ait indiqué une déviation significative de la normalité des résidus ($p < .001$), l'inspection du Q-Q plot (voir figure 4) suggère que cette déviation est principalement concentrée dans les extrémités de la distribution, avec une distribution globalement symétrique autour de la moyenne. Compte tenu de la robustesse de la régression linéaire aux violations de la normalité pour l'estimation des coefficients, la régression hiérarchique a été maintenue. Cependant, il faut rester prudent et reconnaître que cette violation pourrait potentiellement affecter la précision des intervalles de confiance, qui pourraient être légèrement sous-estimés. La colinéarité a été évaluée à l'aide des indices VIF (compris entre 1.06 et 1.53) et des tolérances (toutes > 0.6), ne révélant pas de redondance entre les prédicteurs, ce qui confirme que les variables indépendantes utilisées apportent une contribution distincte au modèle.

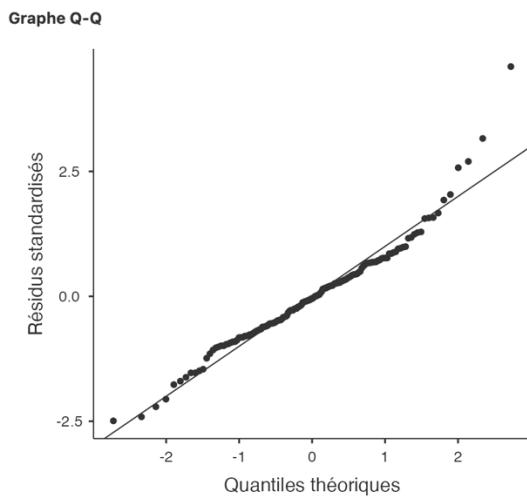
Trois modèles successifs ont été testés :

- Le modèle 1 incluait trois variables indépendantes : scores VAS pour la FM, la FP et la somnolence.
- Le modèle 2 ajoutait l'activité (physique vs mental vs double) comme variable indépendante additionnelle.
- Le modèle 3 ajoutait le bloc (pré vs post) comme variable indépendante additionnelle.

La qualité des modèles a été comparée à l'aide du critère d'information d'Akaike (AIC) et du coefficient de détermination (R^2). L'AIC est un indicateur permettant d'évaluer la qualité relative des modèles, en prenant en compte à la fois leur précision et leur complexité : plus sa valeur est faible, meilleur est le modèle (Burnham & Anderson, 2004). Le critère d'information

bayésien (BIC) est plus strict et ne sera donc pas utilisé dans ce travail (Burnham et Anderson, 2004). Le coefficient de détermination (R^2) reflète la proportion de variance de la variable dépendante expliquée par le modèle : plus il est élevé, mieux le modèle prédit la variable dépendante. La coefficient de corrélation multiple (R) représente la force de la relation linéaire entre la variable dépendante et l'ensemble des prédicteurs inclus dans le modèle.

Figure 4 : Analyse graphique de la normalité des résidus du modèle hiérarchique final.



Notes : **Q-Q plot** : Ce graphique permet d'évaluer la normalité des résidus en comparant les quantiles observés à ceux attendus selon une distribution normale. L'alignement global des points le long de la diagonale suggère que la distribution des résidus est globalement normale, malgré des écarts aux extrémités.

5. Résultats

Les résultats sont présentés selon les hypothèses formulées préalablement.

5.1 Hypothèse 1 – Effet de la fatigue mentale sur les performances cognitives

La première hypothèse cherche à vérifier que la FM altère les performances cognitives. Les résultats de cette analyse se trouvent dans le tableau 2.

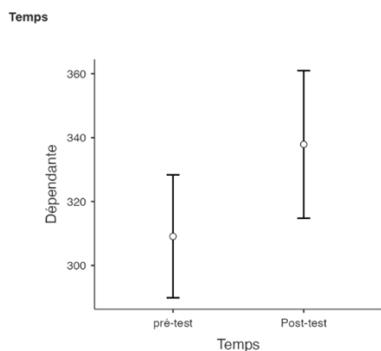
Tableau 2 : Résultats de l'ANOVA à mesures répétées 2 (condition : simple vs double) x 2 (temps : pré vs post) sur les temps de réaction à la PVT – échantillon « tâche mentale simple »

	Sum of squares	df	Mean square	F	p	η^2_p
Condition	960	1	960	1.14	.3	.06
Temps	15741	1	15741	33.67	<.001	.65

Interaction Condition x Temps	222	1	222	1.51	.24	.08
Résidu	2656	18	148			

Les résultats à cette ANOVA montrent un effet principal du temps significatif, $F_{(1, 18)} = 33.67, p < .001, \eta^2_p = .65$, suggérant que les temps de réaction à la PVT sont significativement différents en fonction du moment auquel a été administrée la PVT (pré vs post). Les temps de réaction à la PVT augmentent après la tâche d'induction de fatigue (voir figure 5). En moyenne, les temps de réaction étaient de $M = 309$ ms, IC à 95% [290 ; 328] avant la tâche, et de $M = 338$ ms, IC à 95% [315 ; 361] après la tâche.

Figure 5 : Estimation des moyennes marginales des temps de réaction à la PVT en pré et post-test – échantillon « tâche mentale simple »



5.2 Hypothèse 1 – Effet de la fatigue physique sur les performances cognitives

Cette hypothèse cherche à vérifier que la FP impacte bien les performances cognitives. Les résultats de cette analyse se trouvent dans le tableau 3.

Tableau 3 : Résultats de l'ANOVA à mesures répétées 2 (condition : simple vs double) x 2 (temps : pré vs post) sur les temps de réaction à la PVT – échantillon « tâche physique simple »

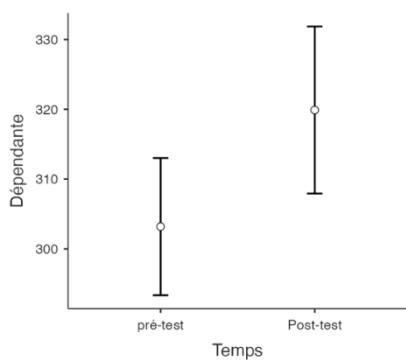
	Sum of squares	df	Mean Square	F	p	η^2_p
Condition	1880	1	1880	3.74	.07	.17
Temps	5301	1	5301	14.26	.001	.44
Interaction Condition x Temps	975	1	975	4.37	.05	.20
Résidu	4022	18	223			

Pour cette hypothèse, seul l'effet principal du temps sera utilisé. Les résultats à cette ANOVA indiquent un effet principal du temps significatif, $F_{(1, 18)} = 14.26, p = .001, \eta^2_p = .44$,

indiquant que les temps de réaction à la PVT sont significativement différents en fonction du moment auquel a été administrée la PVT (pré vs post).

L'analyse des moyennes marginales (figure 6) indique le sens de la différence significative des performances à la PVT entre le pré et le post-test. Les temps de réaction à la PVT augmentent significativement après la tâche d'induction de fatigue. En moyenne, les temps de réaction étaient de $M = 303$ ms, IC à 95% [293 ; 313] avant la tâche, et de $M = 320$ ms, IC à 95% [308 ; 332] après la tâche.

Figure 6 : Estimation des moyennes marginales des temps de réaction à la PVT en pré et post-test – échantillon tâche physique simple



5.3 Hypothèse 2 – Effet comparé des tâches doubles vs simples sur les performances cognitives

La deuxième hypothèse avait pour vocation de tester si la double tâche induisait plus de FM et donc altérait plus fortement les performances cognitives, que la tâche simple physique ou mentale. Pour ce faire, deux ANOVA à mesures répétées ont été réalisées sur les deux échantillons différents.

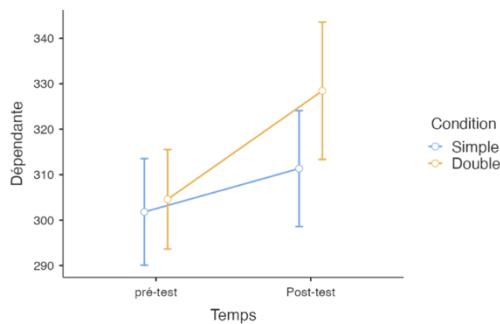
Concernant l'échantillon « tâche mentale simple », les résultats de l'ANOVA à mesures répétées se trouvent dans le tableau 2. Les résultats ne permettent pas de conclure à un effet principal de la condition, $F_{(1, 18)} = 1.14, p = .3, \eta^2_p = .06$. Ce qui veut dire qu'il n'y a pas assez de preuves pour conclure que la double tâche est associée à des temps de réaction différents à la PVT, comparativement à la tâche mentale simple. De plus, il n'y a pas d'effet significatif de l'interaction entre le temps et la condition, $F_{(1, 18)} = 1.51, p = .24, \eta^2_p = .08$, ce qui signifie qu'il

n'y a pas assez de preuves pour conclure à une différence pré-post significativement différente en fonction de la condition (simple vs double).

Concernant l'échantillon « tâche physique simple », les résultats de l'ANOVA à mesures répétées se trouvent dans le tableau 3. L'effet principal de la condition n'étant pas significatif, $F_{(1, 18)} = 3.74, p = .07, \eta^2_p = .17$, il ne permet pas de conclure que la différence des performances diffère selon les tâches (simple vs double). Il est à noter une tendance vers une interaction temps x condition, $F_{(1, 18)} = 4.37, p = .05, \eta^2_p = .20$, ce qui suggère une modulation possible de l'effet du temps selon la condition, cependant cet effet n'est pas significatif.

L'analyse des moyennes marginales à la figure 7 suggère une différence plus marquée des performances cognitives dans la condition double, comparativement à la condition physique simple. Dans la condition simple, les temps de réaction passent de $M = 302$ ms, IC à 95% [290, 314] avant la tâche, à $M = 311$ ms, IC à 95% [299 ; 324] après la tâche. En revanche, dans la condition double, les temps de réaction augmentent de $M = 305$ ms, IC à 95% [294 ; 316] avant la tâche, à $M = 328$ ms, IC à 95% [313 ; 344] après la tâche. Bien que l'interaction temps x condition n'atteigne pas le seuil de significativité, des analyses post-hoc exploratoires ont été réalisées afin d'examiner plus finement les tendances observées. Ces analyses ont indiqué une différence significative entre le pré et le post-test uniquement dans la condition double ($p_{Holm} = .003$), mais pas dans la condition simple ($p_{Holm} = .27$).

Figure 7 : Estimation des moyennes marginales des temps de réaction à la PVT en fonction du temps et de la condition – échantillon « tâche physique simple »



5.4 Résultats sur les ressentis subjectifs de fatigue et de somnolence (VAS)

Les ressentis subjectifs de FM, FP et, à titre exploratoire, de somnolence ont été analysés séparément sur chaque échantillon.

5.4.1 Échantillon « tâche mentale simple »

Trois ANOVA à mesures répétées ont été réalisées, avec pour variables dépendantes respectives : la FM subjective, la FP subjective, et la somnolence subjective. Les résultats sont présentés dans le tableau 4.

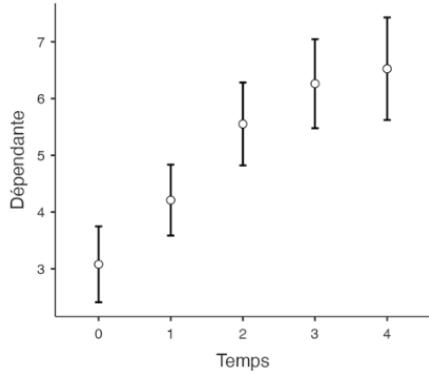
Tableau 4 : *Résultats des ANOVA sur les états subjectifs dans l'échantillon « tâche mentale simple »*

Variable dépendante	Effet	Sum of square	df	Mean square	F	P	η^2_p
VAS fatigue mentale	Condition	0.53	1	0.53	0.04	.85	.002
	Temps	321.65	4	80.41	47.87	<.001	.73
	Condition x temps	4.58	4	1.15	0.81	.52	.04
VAS fatigue physique	Résidu	101.22	72	1.41			
	Condition	415.6	1	415.58	42.3	<.001	.70
	Temps	84.9	4	21.22	10.4	<.001	.37
VAS somnolence	Condition x temps	84.1	4	21.03	13.6	<.001	.43
	Résidu	111.1	72	1.54			
	Condition	3.37	1	3.37	1.27	.27	.07
	Temps	13.47	1	13.47	7.23	.02	.29
	Condition x temps	6.37	1	6.37	3.41	.08	.16
	Résidu	33.63	18	1.87			

L'analyse de la FM subjective montre un effet principal significatif du temps, $F_{(4, 72)} = 47.87$, $p < .001$, $\eta^2_p = .73$, indiquant que la FM subjective diffère entre les temps de passation (pré vs post). La figure 8 permet de visualiser le sens de la différence de ressenti subjectif de FM. La FM subjective augmente au fur et à mesure de la tâche, quelle que soit la condition. En moyenne, les scores de FM étaient de $M = 3.08$, IC à 95% [2.41 ; 3.75] avant la tâche, de $M = 4.21$, IC à 95% [3.59 ; 4.83] après 5 minutes, de $M = 5.55$, IC à 95% [4.82, 6.28] après 10 minutes, de $M = 6.26$, IC à 95% [5.48 ; 7.05] après 15 minutes, et de $M = 6.53$, IC à 95% [5.62 ; 7.43] après la tâche. Des analyses post-hoc ont été réalisées et indiquent que la FM subjective augmente de manière significative entre tous les temps de mesure ($p_{Holm} < .01$), notamment entre le temps 0 et les temps 2, 3 et 4, à l'exception des temps 3 et 4 ($p_{Holm} = .18$) (voir Annexe

1). Il n'y a pas d'effet principal significatif de la condition , ($F_{(1, 72)} = .04, p = .85, \eta^2_p = .002$), ni de l'interaction condition x temps, ($F_{(4, 72)} = .81, p = .52, \eta^2_p = .04$).

Figure 8 : Moyennes marginales de la fatigue mentale subjective en fonction du temps – échantillon « tâche mentale simple »

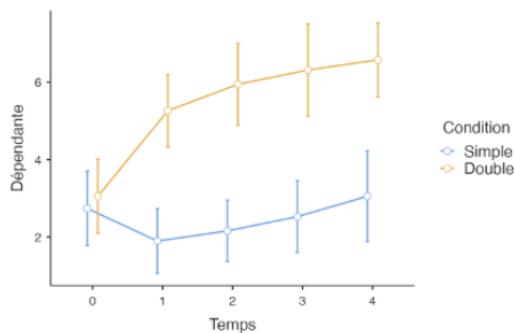


L'analyse de la FP subjective met en évidence trois effets significatifs. Tout d'abord, un effet principal du temps (0,1,2,3,4), $F_{(4, 72)} = 10.4, p < .001, \eta^2_p = .37$, suggérant que la FP subjective augmente au fur et à mesure que la tâche d'induction de fatigue ne se déroule. Ensuite, il y a un effet principal de la condition, $F_{(1, 72)} = 42.3, p < .001, \eta^2_p = .70$, indiquant que la FP subjective évolue différemment selon la condition (simple vs double), avec une FP plus élevée en condition double qu'en condition simple. Finalement, il y a un effet significatif de l'interaction condition x temps, $F_{(4, 72)} = 13.6, p < .001, \eta^2_p = .43$, mettant en évidence que l'évolution de la FP subjective dans le temps dépend de la condition. La figure 9 illustre cette interaction, indiquant que l'augmentation de la FP au cours du temps est plus marquée dans la condition double que dans la condition simple. Dans la condition double, les scores de FP augmentent fortement au fil du temps, passant de $M = 3.05$, IC à 95% [2.10 ; 4.01] en début de tâche, à $M = 6.58$, IC à 95% [5.62 ; 7.53] en fin de tâche. Dans la condition simple, la progression est plus modérée avec des scores allant de $M = 2.74$, IC à 95% [1.77 ; 3.70] en début de tâche, à $M = 3.05$, IC à 95% [1.88 ; 4.23] en fin de tâche.

Des comparaisons post-hoc corrigées selon Holm ont été réalisées pour explorer l'interaction significative entre le temps et la condition sur la FP subjective. Les résultats indiquent qu'à partir du temps 1, les scores de FP subjectives sont significativement plus élevés dans la condition double, comparativement à la condition simple. En revanche, aucune différence

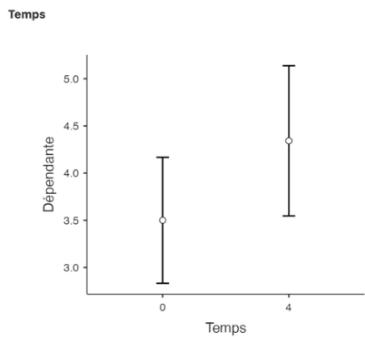
significative n'est observée au temps 0 entre les deux conditions ($p_{Holm} = 1.00$), ce qui suggère que les groupes étaient comparables avant l'induction de fatigue. Au sein de la condition double, des différences significatives apparaissent entre le temps 0 et les temps 1 à 4 ($p_{Holm} < .012$), confirmant une augmentation marquée de la FP au fil du temps. En revanche, dans la condition simple, aucune comparaison entre temps n'atteint le seuil de significativité ($Holm > .05$), suggérant une stabilité de la FP subjective dans cette condition. Les résultats de ces analyses se trouvent en Annexe 2.

Figure 9 : Moyennes marginales de la fatigue physique subjective en fonction du temps et de la condition – échantillon « tâche mentale simple »



Finalement, l'analyse de la somnolence met en évidence un unique effet significatif du temps (pré vs post), $F_{(1, 18)} = 7.23, p = .015, \eta^2_p = .29$, indiquant que la somnolence subjective varie entre les deux temps de mesures. Il n'y a pas d'effet principal significatif de la condition, $F_{(1, 18)} = 1.27, p = .27, \eta^2_p = .07$, ou de l'interaction condition x temps, $F_{(1, 18)} = 3.41, p = .81, \eta^2_p = .16$. La figure 10 indique le sens de la différence du ressenti subjectif de somnolence entre le début et la fin de tâche. Le ressenti subjectif augmente entre les deux mesures.). En moyenne, les scores de somnolence étaient de $M = 3.50$, IC à 95% [2.83 ; 4.17] avant la tâche, et de $M = 4.34$, IC à 95% [3.55 ; 5.14] après la tâche.

Figure 10 : Moyennes marginales de la somnolence subjective en fonction du temps – échantillon « tâche mentale simple »



5.4.2 Échantillon « tâche physique simple »

Comme pour l'échantillon « tâche mentale simple », trois ANOVA à mesures répétées ont été réalisées avec pour variables dépendantes respectives : la FM subjective, la FP subjective, et la somnolence subjective. Les résultats sont présentés dans le tableau 5.

Tableau 5 : Résultats des ANOVA sur les états subjectifs dans l'échantillon « tâche physique simple »

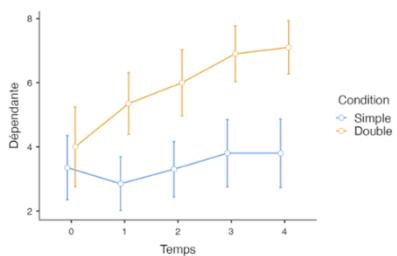
Variable dépendante	Effet	Sum of square	df	Mean square	F	P	η^2_p
VAS fatigue mentale	Condition	300.1	1	300.13	35.6	<.001	.65
	Temps	95.3	4	23.83	14.0	<.001	.42
	Condition x temps	44.5	4	11.13	13.0	<.001	.41
VAS fatigue physique	Résidu	64.9	76	0.85			
	Condition	2.88	1	2.88	0.29	.6	.02
	Temps	329.57	4	82.39	35.9	<.001	.65
VAS somnolence	Condition	1.27	4	0.32	0.3	.88	.02
	Résidu	81.53	76	1.07			
	Condition	9.11	1	9.11	2.35	.14	.11
Temps	0.01	1	0.01	0.003	0.003	.96	0.00
	Condition x temps	1.01	1	1.01	0.72	.41	.04

	Résidu	26.74	19	1.41		
--	--------	-------	----	------	--	--

L'analyse de la FM subjective met en évidence trois effets significatifs. Tout d'abord, un effet principal de la condition (simple vs double), $F_{(1, 76)} = 35.6, p < .001, \eta^2_p = .65$, indiquant que la FM diffère entre les conditions, avec une FM plus élevée en condition double qu'en condition simple. Ensuite, un effet principal du temps (0, 1, 2, 3, 4), $F_{(4, 76)} = 14.0, p < .001, \eta^2_p = .42$, suggérant que la FM subjective varie significativement au fil des cinq moments de mesures. Finalement, un effet d'interaction condition x temps, $F_{(4, 76)} = 13.0, p < .001, \eta^2_p = .41$, démontrant que l'écart entre les conditions simple et double n'est pas constant dans le temps. La figure 11 illustre cette interaction, indiquant que la FM subjective varie plus fortement en fonction du temps dans la condition double, comparativement à la condition physique simple. Dans la condition double, la FM augmente de manière continue au fil du temps, passant de $M = 4.00, \text{IC à 95\% } [2.76 ; 5.24]$ avant la tâche, à $M = 7.10, \text{IC à 95\% } [6.27 ; 7.93]$ après la tâche. Dans la condition simple, les variations sont plus modérées et stables, avec des scores allant de $M = 3.35, \text{IC à 95\% } [2.35 ; 4.35]$ avant la tâche, à $M = 3.80, \text{IC à 95\% } [2.73 ; 4.87]$ après la tâche.

À titre exploratoire, des tests post-hoc corrigés selon Holm ont été réalisés. Ils suggèrent que la FM subjective ne varie pas significativement au fil du temps pour la condition physique simple ($p_{Holm} > .05$ pour toutes les comparaisons), tandis qu'une augmentation significative est observée pour la condition double ($p_{Holm} < .001$ pour plusieurs comparaisons). Les résultats de ces analyses se trouvent en Annexe 3.

Figure 11 : Moyennes marginales de la fatigue mentale subjective en fonction du temps et de la condition – échantillon « tâche physique simple »

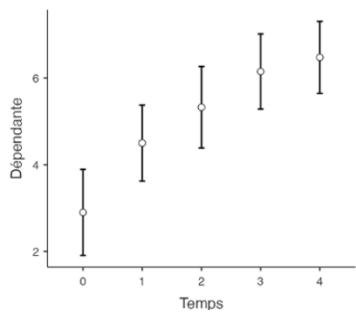


L'analyse de la FP subjective met en évidence un effet principal significatif du temps, $F_{(4, 76)} = 35.9, p < .001, \eta^2_p = .65$, démontrant que la FP subjective varie significativement au fil des 5 moments de mesure. Cependant, l'effet principal de la condition, $F_{(1, 76)} = .29, p = .60, \eta^2_p =$

.01, et l'effet de l'interaction condition x temps, $F_{(4, 76)} = .30, p = .88, \eta^2_p = .01$, ne sont pas significatifs. La figure 12 indique le sens de l'effet principal du temps, indiquant que la FP subjective augmente au fur et à mesure du temps. La moyenne initiale de $M = 2.90$, IC à 95% [1.91 ; 3.89] avant la tâche augmente régulièrement pour atteindre $M = 6.47$, IC à 95% [5.65 ; 7.30] après la tâche.

Des analyses post-hoc corrigées selon Holm ont été réalisée pour explorer l'effet principal du temps sur la FP subjective. Les résultats révèlent des différences significatives entre la plupart des temps de mesure ($p_{Holm} < .01$), indiquant une augmentation progressive de la FP au fil du temps. La seule comparaison non-significative concerne les temps 3 et 4 ($p_{Holm} = .148$), suggérant une stabilisation de la FP en fin de tâche. Les résultats de ces analyses se trouvent en annexe 4.

Figure 12 : Moyennes marginales de la fatigue physique subjective en fonction du temps – échantillon « tâche physique simple »



Finalement, l'analyse de la somnolence n'a mis en évidence aucun effet significatif, que ça soit du temps, $F_{(1, 19)} = .003, p = .96, \eta^2_p = 0.00$, de la condition, $F_{(1, 19)} = 2.35, p = .14, \eta^2_p = .11$, ou encore de l'interaction condition x temps, $F_{(1, 19)} = .72, p = .41, \eta^2_p = .04$.

5.5 Hypothèse 3 – Prédiction de la fatigue mentale subjective sur les performances cognitives

La troisième hypothèse cherchait à tester l'association entre la détérioration des performances cognitives et les mesures subjectives de la fatigue. Les résultats des différents modèles de régression réalisés se trouvent dans le tableau 6.

Tableau 6 : Régression hiérarchique : comparaison des modèles par blocs

Modèle	Variable ajoutée	R	R ²	AIC	BIC
1	VAS FM, FP et somnolence	.21	.044	1586	1602
2	+ activité (mentale vs physique vs double)	.27	.075	1585	1607
3	+ bloc (pré vs post)	.34	.11	1581	1605

Le premier modèle incluait les scores moyens des différences, entre le temps 4 et le temps 0, obtenus aux trois évaluations subjectives : FM, FP et somnolence. Le modèle présente un $R^2 = .044$ indiquant que ces variables expliquent 4.4% de la variabilité des temps de réaction à la PVT. Parmi ces variables, la FM est un prédicteur significatif ($p = .03$), au plus la FM augmente, au plus les temps de réaction à la PVT sont lents. Tandis que la FP ($p = .93$) et la somnolence ($p = .62$) ne sont pas des prédicteurs significatifs de la performance à la PVT.

Le deuxième modèle comptait les trois questionnaires, ainsi que la variable activité (mentale vs physique vs double). L'ajout de cette variable améliore légèrement le modèle. Le coefficient de détermination passe de $R^2 = .044$ à $R^2 = .075$, indiquant que le modèle explique, désormais, 7.5% de la variance des temps de réaction à la PVT. La valeur d'AIC augmente légèrement, suggérant une faible contribution du facteur « activité » (passant de 1586 à 1585). Cependant, aucune variable n'est un prédicteur significatif de cette variabilité : FM ($p = .14$), FP ($p = .47$), somnolence ($p = .66$). De même, les contrastes entre les niveaux de variables ne sont pas significatifs : les temps de réaction à la PVT ne diffèrent pas si le participant a réalisé la tâche mentale ou la double tâche ($p = .010$), les temps de réaction à la PVT ne sont pas, non plus, différents entre la double tâche et la tâche physique ($p = .34$).

L'ajout de la variable « bloc » (pré vs post) permet une amélioration du modèle, avec une augmentation du $R^2 = .11$ et une baisse du critère AIC. Ce qui indique que le moment de passation a un effet potentiel sur les performances cognitives à la PVT. Dans ce modèle, seule la variable « bloc » est significativement prédictive des temps de réaction à la PVT avec un $p = .01$, en post-tâche les temps de réaction à la PVT sont plus lents. Les autres variables ne sont pas significativement prédictives : FM ($p = .60$), FP ($p = .94$), somnolence ($p = .98$) et activité : mental – double ($p = .2$) et physique – double ($p = .19$).

En conclusion, parmi l'ensemble des variables explorées, seule la variable bloc (pré vs post) s'avère être un prédicteur significatif des temps de réaction à la PVT.

6. Discussion

La présente étude vise à interpréter les résultats obtenus à la lumière de la littérature existante, tout en identifiant les apports et limites spécifiques de cette étude.

Pour rappel, ce mémoire a pour objet la relation mutuelle entre la FM et la FP, un champ encore insuffisamment exploré dans la littérature scientifique (Goodman et al., 2025). En particulier, les effets de la FP sur les performances cognitives demeurent débattus, certains travaux évoquent une amélioration possible, alors que d'autres soulignent un impact négatif (Erickson et al., 2011 ; Gergelyfi et al., 2015 ; Marcora et al., 2009 ; Smith et al., 2010). Les résultats concernant la combinaison de la FP et de la FM sont également hétérogènes et contradictoires (Diaz-Garcia, 2023 ; Mortimer et al., 2024).

Cette étude a ainsi pour objectif d'apporter des preuves supplémentaires dans ces débats concernant les effets isolés et combinés de la FP et de la FM sur les performances cognitives.

6.1 Induction de fatigues subjectives et de somnolence

Un moyen non-négligeable, de mesurer la fatigue est d'utiliser des auto-questionnaires interrogeant le ressenti subjectif des participants (Lourenco et al., 2023 ; Mairesse et al., 2017 ; Penner et al., 2009). Ce ressenti est indispensable afin de s'assurer que le protocole expérimental utilisé dans cette étude induisait aussi bien de la fatigue objectivable (via les performances) que subjective. En effet, si le participant ne se sent pas fatigué, une baisse de performances à la PVT pourrait refléter un impact de facteurs autres que la fatigue. Par exemple, la littérature tend à souligner que les performances cognitives et physiques des individus peuvent se détériorer à la suite d'une diminution de la motivation de la personne, ou encore suite à un désengagement de la tâche en cours (Hockey, 1977 ; Jost et al., 2017 ; Müller & Apps, 2019). Ce qui suggère qu'un participant peu motivé peut avoir une performance réduite à une tâche cognitive, même s'il n'est pas fatigué. De ce fait, tout au long des tâches proposées aux participants, des questionnaires (les VAS) concernant leur état de FM, de FP et de somnolence ont été administrés.

Concernant la variable FM subjective, elle augmente significativement au cours du temps pour les trois tâches : mentale simple, physique simple et double. Ces résultats indiquent que les tâches choisies induisent, effectivement, de la FM subjective. Cependant, la FM subjective

semble être moins fortement impactée lors de la tâche physique simple. Ces résultats traduisent une spécificité des tâches d'induction de fatigue : lorsque la tâche utilisée était cognitivement exigeante en mobilisant des fonctions cognitives, telles que les capacités attentionnelles et exécutives, elle accentuait le ressenti subjectif de FM. À l'inverse, une tâche physique, éprouvante pour le corps, mais ne sollicitant pas directement de processus cognitifs rend la sensation de FM moins présente. Il semble donc que la FM subjective soit partiellement influencée par la nature des processus mobilisés (Boksem & Tops, 2008 ; Enoka & Duchateau, 2016).

Au niveau de la variable FP subjective, tout comme la FM, elle augmente significativement au fil de la réalisation des trois tâches, indiquant que les différentes tâches ont efficacement induit de la FP subjective. Cependant, dans l'échantillon « tâche mentale simple », la FP subjective augmente de manière plus marquée pour la double tâche. Cette explication est cohérente avec le fait que lors de la double tâche les participants doivent réaliser un exercice physique intense et prolongé. La FP subjective semble, ainsi, également être influencée par la nature des processus mobilisés (Enoka & Duchateau, 2016).

Ces résultats nous permettent donc de confirmer partiellement l'hypothèse selon laquelle la FM et la FP sont des concepts interreliés qui s'influencent mutuellement. Une tâche physiquement exigeante peut induire une FM, bien que minime. Et inversement, une tâche cognitivement éprouvante peut induire de la FP. Ces résultats suggèrent que bien que ces deux fatigues aient des origines distinctes, elles seraient influencées par des mécanismes de régulation de l'effort communs et une mobilisation conjointe des ressources cognitives et physiques (Marcora et al., 2009 ; Van Cutsem et al., 2017).

Finalement, en ce qui concerne la somnolence subjective, les résultats diffèrent selon l'échantillon d'analyse, avec, cependant, un niveau de somnolence général (ESS) similaire. Dans l'échantillon « tâche physique simple », la somnolence subjective ne varie pas significativement entre le début et la fin des tâches simples et doubles. Dans l'échantillon « tâche mentale simple », la somnolence subjective augmente entre le début et la fin de la tâche, et ce peu importe la condition. Cette différence pourrait s'expliquer par la nature de la tâche cognitive, la TLDB, qui sollicite fortement les ressources attentionnelles et exécutives, diminuant ainsi la vigilance. Ce qui peut générer une fatigue mentale perçue comme une forme de somnolence (Lorist et al., 2005). À l'inverse, les tâches physiques, bien qu'éprouvantes, mobilisent moins les circuits cognitifs impactant la vigilance, surtout si les tâches sont

répétitives, comme le vélo d'appartement, ce qui pourrait expliquer l'absence de variation significative de la somnolence subjective (Enoka & Duchateau, 2016). Une question reste, cependant, en suspens : comment cela se fait-il que pour l'échantillon « tâche physique simple », la vigilance ne diminue pas significativement lors de la double tâche qui sollicite directement la cognition.

6.2 Impact de la fatigue mentale sur les performances cognitives

La première hypothèse de ce mémoire est que l'induction de FM, à l'aide de la tâche TLDB, doit entraîner une diminution des performances cognitives. Les résultats indiquent que les temps de réaction à la PVT sont significativement plus lents après la tâche d'induction de FM. Ces résultats viennent confirmer l'hypothèse selon laquelle la FM peut impacter négativement les performances cognitives, notamment la vigilance. Ils indiquent, également, qu'une tâche de surcharge mentale, sollicitant la mémoire de travail et la flexibilité mentale, peut impacter les capacités de vigilance et d'alerte d'une personne.

Ces résultats rejoignent ceux présents dans la littérature, selon lesquelles la vigilance diminue après une tâche mentale exigeante, et confirment l'hypothèse de ce travail (Smit et al., 2003). Une hypothèse explicative est que des ressources attentionnelles sont nécessaires durant la tâche exigeante et qu'au fur et à mesure de la tâche, ces ressources seraient de moins en moins disponibles (Wickens, 1984). Une manière de confirmer cette hypothèse aurait été de vérifier les performances des participants à la tâche TLDB au fur et à mesure du temps de passation.

Une deuxième hypothèse possible est qu'à la suite de la tâche mentale exigeante, la TLDB, la motivation générale des participants s'est vue baissée, ce qui a pu impacter négativement les temps de réaction à la PVT. Une piste explicative est que maintenir une activité cognitive exigeante peut être désagréable et peut donc venir diminuer la motivation du participant à s'investir, par la suite, à une autre tâche mentale (Hockey, 1997). Lors de la passation de la tâche TLDB, la motivation subjective a été questionnée en début et en fin de tâche. Il aurait été pertinent de réaliser des analyses complémentaires afin de vérifier cette hypothèse. À titre indicatif, uniquement, les moyennes des scores moyens de motivations se trouvent en annexe 5.

De plus, ce mémoire permet ainsi d'apporter des preuves supplémentaires indiquant que la tâche TLDB semble être une tâche adéquate à utiliser afin d'induire de la FM. De plus, la FM subjective a augmenté significativement au cours de la tâche mentale simple et de la double tâche, ce qui indique, qu'en plus d'une fatigue objectivable par les performances à la PVT, une fatigue subjective a été induite grâce à la tâche TLDB. Ce qui souligne l'intérêt d'utiliser à la fois des mesures subjectives et des mesures objectives de la fatigue (Ackerman & Kanfer, 2009).

6.3 Effet de la fatigue physique sur les performances cognitives

Ce travail postulait l'hypothèse selon laquelle une tâche physique induisant de la FP devrait altérer les performances cognitives d'un individu. Pour ce faire, les temps de réaction réalisés à la PVT étaient analysés avant et après la tâche de vélo d'appartement. Les analyses ont mis en évidence que les temps de réaction à la PVT étaient significativement plus lents après la tâche. Cependant, des analyses post-hoc ont souligné que cette différence de temps de réaction est significative pour la double tâche, mais pas pour la tâche physique simple. Il semble donc que le fait de pédaler sur un vélo d'appartement à une intensité modérément difficile n'indue pas de fatigue mentale. Cependant, lorsque cette tâche est combinée à une tâche de type TLDB, les temps de réaction sont significativement plus lents après la passation de la tâche.

De ce fait, ces résultats illustrent plusieurs phénomènes importants. Tout d'abord, le fait que la tâche physique simple ne perturbe pas significativement les temps de réaction à la PVT des participants indiquent que la FP n'est pas forcément accompagnée de FM et ne mène pas toujours à une diminution des performances cognitives, comme il l'était attendu dans l'hypothèse formulée pour ce mémoire. De plus, la littérature soulignait que l'exercice physique aurait tendance à améliorer les performances cognitives à des tâches simples, de type temps de réaction (Dietrich & Audiffren, 2011). Les résultats de l'étude actuelle n'apportent pas de preuves en faveur de cette hypothèse. Il semble que certains exercices physiques n'impactent aucunement les performances cognitives.

Une question essentielle reste, cependant, en suspens afin d'interpréter efficacement les résultats actuels : est-ce que l'exercice physique choisi induisait réellement de la FP ? En effet, il est possible que les résultats n'indiquent aucun effet sur les performances cognitives parce que l'exercice n'était pas suffisamment intense ou prolongé afin d'induire une FP significative.

Par conséquent, sans FP, il ne peut y avoir de FM qui en découle. Le mémoire de Nguyen Louis devrait apporter davantage de preuves afin de répondre à cette question.

Pour rappel, il était demandé aux participants de pédaler à une intensité moyennement difficile, selon un ressenti subjectif – 14 sur l'échelle de Borg. Cette méthode peut soutenir l'hypothèse selon laquelle la tâche choisie pour induire de la FP n'était pas suffisamment intense. En effet, chaque participant peut avoir une vision différente de ce que veut dire « une intensité moyennement difficile », bien que des exemples de manifestations leurs ont été donnés – être essoufflés, avoir du mal à parler, avoir chaud-, ce qui a pu considérablement biaiser le protocole avec des participants fournissant réellement un effort moyennement difficile, et d'autres fournissant un effort plus léger, ou parfois plus intense. Cette hypothèse repose, cependant, sur une observation subjective des passations et devrait être complétée par des mesures plus objectives dans de futures recherches.

6.4 Effet comparé des tâches doubles vs simples sur les performances cognitives

La seconde hypothèse de ce mémoire visait à démontrer que la réalisation d'une double tâche induirait davantage de fatigue mentale et physique que les tâches simples, qu'elles soient physiques ou mentales. L'objectif de cette hypothèse était d'apporter des preuves supplémentaires afin de tenter de trancher dans le débat actuel concernant l'induction simultanée de fatigues mentales et physiques. Pour ce faire, tous les participants ont réalisé une double tâche pendant laquelle ils devaient pédaler sur un vélo d'appartement à une intensité moyennement difficile, en réalisant une tâche TLDB, pendant 20 minutes.

Concernant l'échantillon « tâche mentale simple » qui a réalisé la tâche TLDB, avec et sans le vélo d'appartement, les résultats ne permettent pas de conclure que la double tâche a impacté plus négativement les temps de réaction à la PVT, que la tâche mentale simple. De plus, il n'y avait pas assez de preuves pour conclure que la différence entre le pré et le post-test était significativement différente entre les deux conditions. Il semble donc que la double tâche n'induit pas plus de fatigue mentale que la tâche mentale simple.

Une explication possible serait que la tâche mentale simple aurait induit une charge cognitive maximale, ne laissant plus de possibilité à la double tâche d'avoir des effets supplémentaires. Wascher et al. (2014) soulignent que si la tâche cognitive est trop intense, la FM va venir saturer certaines ressources, dont les ressources attentionnelles. Il est alors possible

que la tâche TLDB ait mené à une saturation des ressources attentionnelles, ne permettant pas à la double tâche d'impacter plus fortement les capacités attentionnelles des participants. Pour tester cette hypothèse, il conviendra, dans de futures recherches, de tenter de diminuer l'intensité de la tâche TLDB, par exemple en augmentant le temps entre les différents items, afin d'observer les effets de cette diminution sur les temps de réaction à la PVT.

Concernant l'échantillon « tâche physique simple » qui a réalisé la tâche sur le vélo d'appartement, avec ou sans la tâche TLDB. À nouveau, les résultats ne permettent pas de conclure que la performance à la PVT diffère selon que la tâche soit simple ou double. Cependant, une tendance à l'interaction entre le temps et la condition est observée. Cette tendance pourrait suggérer que la combinaison de la tâche mentale et de la tâche physique pourrait produire un effet plus marqué sur les performances cognitives, que la tâche physique simple, à condition que la tâche physique soit suffisamment intense, ou que la puissance statistique soit renforcée.

Toujours dans l'échantillon « tâche physique simple », des analyses post-hoc ont indiqué que la différence entre les temps de réaction en pré et post-test est significative pour la condition double, mais pas pour la condition simple. Face à ces résultats, et ceux indiqués à la section 6.3, il est pertinent de penser que si la double tâche a un effet plus important sur les différences de performances à la PVT en fonction du temps ce n'est pas parce que la double tâche induit plus de fatigue de manière générale, mais plutôt parce que la tâche physique simple n'induit, en aucun cas, de la FM. De ce fait, la double tâche utilisant la tâche TLDB induit forcément plus de FM. Il serait donc intéressant de regarder les effets de la double tâche sur les performances physiques, comparativement à la tâche physique simple, afin de voir si les résultats sont similaires (pour ce faire, voir mémoire de Nguyen Louis).

À la lumière des résultats actuels de cette étude, il semble donc que ce mémoire apporte une nouvelle hypothèse possible concernant l'induction simultanée de FP et de FM. Selon Diaz-Garcia (2023), l'induction simultanée des deux fatigues augmenterait la charge mentale et par conséquent la FM. Mortimer et al. (2024) indiquent plutôt que la combinaison des deux fatigues diminuerait les effets négatifs de la FM seule. Ce mémoire, lui, souligne que l'induction simultanée de FP et de FM n'impacterait pas différemment les performances cognitives des participants, comparativement à l'induction seule d'une de ces fatigues. Ces résultats suggèrent que les effets de fatigue ne s'additionnent pas nécessairement, mais pourraient dépendre d'un seuil commun de saturation des ressources (Wascher et al., 2014).

6.5 Liens entre les fatigues subjectives et les performances cognitives

La dernière hypothèse de ce mémoire postulait que les performances cognitives seraient, plutôt, prédictes par les fatigues physiques et mentales subjectives, plutôt que par d'autres variables, telles que la somnolence.

Afin de tester cette hypothèse, des régressions hiérarchiques ont été réalisées. Les résultats indiquent que la variable la plus prédictrice des performances cognitives est le temps auquel était réalisé la mesure (pré vs post). Les temps de réaction à la PVT sont donc significativement plus élevés après la réalisation de la tâche, qu'elle soit double ou simple, comparativement à avant. L'objectif était d'induire de la FM avec les différentes tâches réalisées, il semble donc pertinent qu'à la suite de ces tâches les participants soient plus fatigués et aient donc de moins bons temps de réaction. En effet, la FM semble diminuer les capacités de vigilance (Martin et al., 2018).

La fatigue subjective n'est donc pas le meilleur prédicteur des performances cognitives à la PVT, comme il l'était attendu dans l'hypothèse formulée pour ce mémoire. Le meilleur prédicteur est le moment auquel est mesurée la performance cognitive.

Au-delà de ces résultats, il est important de considérer la nature de la tâche utilisée (PVT) face aux mesures subjectives de fatigue. Il est possible que la tâche PVT ne soit pas assez sensible pour refléter les nuances des états subjectifs de fatigue. Ainsi, même si les participants se sentent plus fatigués, la tâche PVT ne demande, probablement, pas assez de ressources cognitives pour que ces variables subjectives s'y traduisent systématiquement.

Ces résultats soulignent l'importance d'utiliser des mesures objectives et des mesures subjectives de la fatigue de manière complémentaire. De nombreux auteurs ont souligné que les ressentis de fatigue ne sont pas toujours corrélés à une baisse de performance mesurable (Boksem & Tops, 2008 ; Müller & Apps, 2019). Il convient donc d'utiliser des mesures objectives et subjectives de la fatigue afin d'avoir une vision globale de ce concept chez un individu. Il n'est pas pertinent de se contenter de l'une ou de l'autre méthode de mesure, car seules, elles ne permettent pas de représenter entièrement la fatigue.

Le fait que le moment de passation de la PVT soit le meilleur prédicteur des performances cognitives des participants à cette tâche peut être une indication supplémentaire que le protocole utilisé dans le cadre de cette étude a été pertinent afin d'induire de la FM chez les participants.

Il convient, tout de même, de rester prudent quant à cette interprétation, d'autres variables, non-contrôlées, ont pu impacter les résultats à la PVT.

6.6 Implications théoriques et applications pratiques

En résumé, ce mémoire apporte des preuves supplémentaires afin de comprendre les effets mutuels de la FP et de la FM.

Dans un premier temps, ce mémoire permet de confirmer les objectifs de Borrogan et al. (2017) en mettant en évidence l'utilité de la tâche TLDB afin d'induire de la FM, et ainsi d'impacter les performances cognitives. Au-delà d'une simple validation, cette étude soutient l'idée que la charge cognitive continue, sollicitant simultanément la mémoire de travail et l'attention soutenue, constitue un facteur central dans l'apparition de la FM.

Deuxièmement, ce travail permet d'apporter une nouvelle hypothèse concernant les effets d'une induction simultanée de FM et de FP. En plus d'augmenter la FM, ou de contrer ses effets, cette combinaison de fatigue peut ne pas impacter différemment la FM, comparativement à une tâche mentale seule (Diaz-Garcia, 2023 ; Mortimer et al., 2024).

Troisièmement, ce mémoire souligne l'importance du choix des tâches d'induction de fatigue. Si la tâche est trop intense, il y a un risque d'atteindre une saturation des ressources, et donc, de ne pas observer de baisse des performances cognitives marquées (Wascher et al., 2014). Par contre, si la tâche n'est pas suffisamment intense, le risque est de ne pas induire suffisamment de fatigue pour que les performances cognitives des participants soient altérées (Van Cutsem et al., 2017).

Finalement, d'un point de vue théorique, ce travail permet de se rendre compte de l'importance de mesurer le ressenti subjectif des participants. En effet, il se peut que le participant n'aient pas d'impact négatif à ses performances cognitives ou physiques, mais qu'il ressente tout de même une fatigue plus importante après l'une ou l'autre tâche. Inversement, il est possible que le participant ressente de la fatigue, mais que ses performances cognitives ne soient pas pour autant diminuées. Ce mémoire vient donc apporter des preuves supplémentaires indiquant que les ressentis subjectifs de fatigue ne sont pas forcément corrélés à des mesures objectives de fatigue (Boksem & Tops, 2008 ; Müller & Apps, 2019).

D'un point de vue pratique, ce mémoire permet de se rendre compte du fait que les fatigues subjectives et objectives ne soient pas toujours similaires. Ce qui invite à repenser certaines pratiques neuropsychologiques visant à utiliser, uniquement, des mesures objectives de la fatigue. Il semble donc judicieux d'utiliser des mesures subjectives, en complément, afin de comprendre le ressenti réel de la personne, ainsi que l'impact quotidien que peut avoir une fatigue non-observable.

Ce mémoire souligne, également, l'importance d'informer la population générale sur les symptômes et les manifestations de la FM. En effet, il semble que cette fatigue soit fortement présente et puisse impacter de nombreux domaines. Par exemple, au niveau professionnel, une fatigue mentale peut venir diminuer les capacités cognitives du travailleur et ainsi l'induire à réaliser plus d'erreurs ou à travailler plus lentement (McCormick et al., 2012). De plus, mieux reconnaître les signes de FM, même en l'absence de baisse de performance objective, pourrait jouer un rôle clé dans la prévention de troubles, tels que le burn-out.

6.7 Limites de l'étude

Comme toute étude scientifique, la présente étude comporte des limites à prendre en considération. Ces limites ne remettent, cependant, pas en cause les données obtenues, mais soulignent la nécessité de rester prudent concernant la lecture de cette étude et l'interprétation de ses résultats.

Une première limite de cette étude, développée au cours de cette discussion, est l'absence de mesures concernant l'induction de FP de la tâche physique simple, dans le cadre de ce travail. Sans cette mesure, les résultats doivent être interprétés avec beaucoup de prudence. Il est possible que les effets observés – ou leur absence – soient liés à une inefficacité de la tâche physique en tant que telle, ou encore à un niveau d'intensité insuffisant. Il est à noter que des informations concernant l'induction de FP se trouvent dans le mémoire de Nguyen Louis.

Une deuxième limite est le biais d'échantillonnage. En effet, la moitié des participants était recrutée par l'étudiant en kinésithérapie et l'autre moitié par une étudiante en psychologie (l'auteure de cette étude). Cependant, l'échantillon recruté par l'étudiante en psychologie est composé principalement d'étudiants en psychologie. Tandis que l'échantillon recruté par l'étudiant en kinésithérapie est composé d'un public plus hétérogène en termes de profession. Cela limité la représentativité de l'échantillon, et donc la portée des résultats. On peut alors

s'interroger sur la possibilité de généraliser ces résultats. L'annexe 6 indique la profession de chaque participant.

Une troisième limite, essentielle, est l'ordre de passation des épreuves. Comme indiqué dans la figure 2, différentes mesures ont été réalisées concernant les performances physiques et cognitives. Or, entre la tâche d'induction de fatigue et les différentes mesures – notamment la tâche isométrique de force -, un délai était identifiable. Il se peut donc que les différentes mesures de performances soient impactées par un effet de récupération partiel, qui pourrait avoir atténué les effets de la fatigue sur les mesures objectives (Dietrich & Audiffren, 2011). Pour les prochaines études, il sera indispensable de randomiser l'ordre des différentes épreuves.

Une quatrième limite est la taille de l'échantillon, qui semble parfois trop petite. En effet, certaines tendances non-significatives ont été observées, ce qui laisse penser qu'un échantillon plus large aurait pu mettre en évidence des effets significatifs. Il se peut donc que pour certains effets, notamment d'interactions, la puissance statistique soit insuffisante.

Une cinquième limite est le manque de mesures physiologiques de la fatigue, qu'elle soit physique ou mentale. En effet, la littérature souligne l'importance d'utiliser des mesures physiologiques, telles que l'activation cérébrale, ou encore la fréquence cardiaque, afin de se rendre compte de l'existence ou non de fatigue (Barakat et al., 2024 ; Brownsberger et al., 2013 ; Martin et al., 2018 ; Mehta & Parasuraman, 2013 ; Müller et Apps, 2019 ; Van Cutsem et al., 2017 ; Wascher et al., 2014). Le mémoire de Moureau Grégoire tend à répondre, partiellement, à cette limite.

Une sixième limite est l'absence de mesure des performances réalisées à la tâche TLDB. Il aurait été pertinent d'analyser ces résultats afin d'avoir une mesure complémentaire d'induction de fatigue, ainsi que des performances cognitives des participants.

Finalement, une dernière limite de ce mémoire est le manque de validité écologique des tâches. Bien que les tâches utilisées soient validées dans la littérature, elles s'éloignent quelque peu des activités de la vie quotidienne réalisée par tout un chacun. De ce fait, les résultats obtenus face à ces tâches ne peuvent pas être directement généralisés et transférables à des contextes de FM et de FP en situation réelle.

6.8 Pistes pour de futures recherches

Au regard des résultats et des limites méthodologiques de cette étude, quelques questions restent en suspens et seraient intéressantes à questionner dans de futures recherches.

L'une des questions les plus importantes reste de savoir si une tâche physique plus exigeante entraînerait une FM mesurable. De plus, il convient d'évaluer son impact sur les capacités cognitives en situation de double tâche. Pour ce faire, il pourrait être utile de calibrer l'effort, non plus selon une échelle subjective, mais, selon des paramètres physiologiques telles que la fréquence cardiaque ou le seuil de ventilation¹¹ (Mielke et al., 2008 ; Moore et al., 2012).

Ensuite, de futures recherches pourraient tenter de combiner le protocole actuel à des mesures physiologiques tel qu'un électrocardiogramme afin de mieux comprendre les mécanismes neurophysiologiques sous-jacents à la fatigue. De plus, ces mesures permettraient d'avoir des mesures objectives supplémentaires.

Finalement, afin de contrer la limite de l'ordre de passation des tâches, il serait pertinent, dans de prochaines recherches, de tenter d'évaluer le temps de récupération de la fatigue mentale et physique après une tâche, afin de comprendre les enjeux de la temporalité et de l'ordre de passation. Une compréhension du temps nécessaire à la récupération après une tâche cognitive ou physique permettrait d'éviter les effets de compensation ou de récupération partielle.

7. Conclusion générale

En conclusion, ce mémoire avait pour vocation de comprendre de manière approfondie la relation mutuelle existante entre la fatigue mentale et la fatigue physique. L'objectif premier de ce travail était d'apporter de nouvelles preuves à la littérature scientifique, encore pauvre dans le domaine. De plus, peu d'études se sont intéressées à l'impact que peuvent avoir la fatigue mentale et la fatigue physique lorsqu'elles sont induites simultanément. Les quelques études

¹¹ Le seuil de ventilation correspond à une intensité d'effort à partir de laquelle la respiration augmente plus vite, utilisée ici pour ajuster l'intensité de l'exercice selon les capacités de chaque participant (Moore et al., 2012).

s'étant attelées à ce sujet, soutenaient des conclusions contradictoires. Par conséquent, un deuxième objectif de ce mémoire était d'apporter de nouvelles perspectives dans ce débat .

Les résultats de ce mémoire ont apporté des preuves supplémentaires concernant la relation existante entre la fatigue mentale et la fatigue physique. Cette étude a souligné l'utilité de la tâche « Time Load Dual Back » afin d'induire de la fatigue mentale. Elle a également souligné qu'il est essentiel d'utiliser des tâches exigeantes et prolongées afin d'induire de la fatigue, mentale ou physique. De plus, cette étude a apporté des preuves en faveur de l'utilisation de mesures subjectives concernant la fatigue, à mettre en lien avec des mesures plus objectives. Finalement, cette étude a souligné l'importance du type de tâche utilisée, ainsi que du temps auquel sont évaluées les performances cognitives.

Il semble donc que la fatigue physique et la fatigue mentale soient deux concepts différents, mais n'étant pas dissociables dans la vie quotidienne et dans les recherches concernant la fatigue, de manière générale. Il convient dès lors de comprendre ces deux concepts afin de réaliser les impacts considérables qu'ils peuvent avoir sur la population saine.

En conclusion, en mettant en lumière les liens existants entre la fatigue mentale et la fatigue physique, ce mémoire souligne la nécessité de recherches futures plus intégrées, reflétant la réalité multifactorielle de ce concept général de fatigue.

8. Bibliographie

- Aaronson, L. S., Teel, C. S., Cassmeyer, V., Neuberger, G. B., Pallikkathayil, L., Pierce, J., Press, A. N., Williams, P. D., & Wingate, A. (1999). Defining and Measuring Fatigue. *Image : The Journal of Nursing Scholarship*, 31(1), 45-50. <https://doi.org/10.1111/j.1547-5069.1999.tb00420.x>
- Abd-Elfattah, H. M., Abdelazeim, F. H., & Elshennawy, S. (2015). Physical and cognitive consequences of fatigue : A review. *Journal of Advanced Research*, 6(3), 351-358. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2015.01.011>
- Ackerman, P. L., & Kanfer, R. (2009). Test length and cognitive fatigue : An empirical examination of effects on performance and test-taker reactions. *Journal Of Experimental Psychology Applied*, 15(2), 163-181. <https://doi.org/10.1037/a0015719>
- Allen, D. G., Lamb, G. D., & Westerblad, H. (2008). Skeletal muscle fatigue : cellular mechanisms. *Physiological Reviews*, 88(1), 287-332. <https://doi.org/10.1152/physrev.00015.2007>
- Barakat, A., Clairis, N., Brochard, J., Pessiglione, M., Godin, J., Cuenoud, B., Xin, L., & Sandi, C. (2024). A neurometabolic signature in the frontal cortex predicts individual differences in effort-based decision-making. *bioRxiv (Cold Spring Harbor Laboratory)*. <https://doi.org/10.1101/2024.01.23.576854>
- Billones, R., Liwang, J. K., Butler, K., Graves, L., & Saligan, L. N. (2021). Dissecting the fatigue experience : A scoping review of fatigue definitions, dimensions, and measures in non-oncologic medical conditions. *Brain Behavior & Immunity - Health*, 15, 100266. <https://doi.org/10.1016/j.bbih.2021.100266>
- Blain, B., Hollard, G., & Pessiglione, M. (2016). Neural mechanisms underlying the impact of daylong cognitive work on economic decisions. *Proceedings Of The*

National Academy Of Sciences, 113(25), 6967-6972.

<https://doi.org/10.1073/pnas.1520527113>

- Boksem, M. A., Meijman, T. F., & Lorist, M. M. (2005). Effects of mental fatigue on attention : An ERP study. *Cognitive Brain Research, 25*(1), 107-116.
<https://doi.org/10.1016/j.cogbrainres.2005.04.011>
- Boksem, M. A., Meijman, T. F., & Lorist, M. M. (2006). Mental fatigue, motivation and action monitoring. *Biological Psychology, 72*(2), 123-132.
<https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2005.08.007>
- Boksem, M. A., & Tops, M. (2008). Mental fatigue : Costs and benefits. *Brain Research Reviews, 59*(1), 125-139. <https://doi.org/10.1016/j.brainresrev.2008.07.001>
- Borg, G. (1970). Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Journal of Rehabilitation Medicine, 2*(2), 92-98. <https://doi.org/10.2340/1650197719702239298>
- Borragán, G., Slama, H., Destrebecqz, A., & Peigneux, P. (2016). Cognitive fatigue facilitates procedural sequence learning. *Frontiers In Human Neuroscience, 10*.
<https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00086>
- Brownsberger, J., Edwards, A., Crowther, R., & Cottrell, D. (2013). Impact of Mental Fatigue on Self-paced Exercise. *International Journal Of Sports Medicine, 34*(12), 1029-1036. <https://doi.org/10.1055/s-0033-1343402>
- Burnham, K.P., & Andreson, D.R. (2004). *Model selection and multimodel inference : A practical information-theoretic approach*. Springer. <https://doi.org/10.1007/b97636>
- Castellani, J. W., Young, A. J., Ducharme, M. B., Giesbrecht, G. G., Glickman, E., & Sallis, R. E. (2006). Prevention of Cold Injuries during Exercise. *Medicine & Science In Sports & Exercise, 38*(11), 2012-2029.
<https://doi.org/10.1249/01.mss.0000241641.75101.64>

- Chang, Y., Labban, J., Gapin, J., & Etnier, J. (2012). The effects of acute exercise on cognitive performance : A meta-analysis. *Brain Research*, 1453, 87-101.
<https://doi.org/10.1016/j.brainres.2012.02.068>
- Cook, D. B., O'Connor, P. J., Lange, G., & Steffener, J. (2007). Functional neuroimaging correlates of mental fatigue induced by cognition among chronic fatigue syndrome patients and controls. *NeuroImage*, 36(1), 108-122.
<https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2007.02.033>
- D'Esposito, M., Detre, J. A., Alsop, D. C., Shin, R. K., Atlas, S., & Grossman, M. (1995). The neural basis of the central executive system of working memory. *Nature*, 378(6554), 279-281. <https://doi.org/10.1038/378279a0>
- Díaz-García, J. (2023). Physical fatigue exacerbates the negative effects of mental fatigue on soccer performance in practitioners. *European Journal Of Human Movement*, 50. <https://doi.org/10.21134/eurjhm.2023.50.7>
- Dietrich, A., & Audiffren, M. (2011). The reticular-activating hypofrontality (RAH) model of acute exercise. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews/Neuroscience And Biobehavioral Reviews*, 35(6), 1305-1325.
<https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2011.02.001>
- Dinges, D. F., & Powell, J. W. (1985). Microcomputer analyses of performance on a portable, simple visual RT task during sustained operations. *Behavior Research Methods Instruments & Computers*, 17(6), 652-655. <https://doi.org/10.3758/bf03200977>
- Erickson, K. I., Voss, M. W., Prakash, R. S., Basak, C., Szabo, A., Chaddock, L., Kim, J. S., Heo, S., Alves, H., White, S. M., Wojcicki, T. R., Mailey, E., Vieira, V. J., Martin, S. A., Pence, B. D., Woods, J. A., McAuley, E., & Kramer, A. F. (2011). Exercise training increases size of hippocampus and improves memory. *Proceedings*

Of The National Academy Of Sciences, 108(7), 3017-3022.

<https://doi.org/10.1073/pnas.1015950108>

- Ferré, S., Fuxe, K., Von Euler, G., Johansson, B., & Fredholm, B. (1992). Adenosine-dopamine interactions in the brain. *Neuroscience, 51*(3), 501-512.
[https://doi.org/10.1016/0306-4522\(92\)90291-9](https://doi.org/10.1016/0306-4522(92)90291-9)
- Gentile, S., Delarozière, J. C., Favre, F., Sambuc, R., & Marco, J. L. S. (2003). Validation of the French 'multidimensional fatigue inventory' (MFI 20). *European Journal Of Cancer Care, 12*(1), 58-64. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2354.2003.00295.x>
- Gergelyfi, M., Jacob, B., Olivier, E., & Zénon, A. (2015). Dissociation between mental fatigue and motivational state during prolonged mental activity. *Frontiers In Behavioral Neuroscience, 9*. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2015.00176>
- Gilsoul, J., Libertiaux, V., & Collette, F. (2021). Cognitive fatigue in young, middle-aged, and older : Breaks as a way to recover. *Applied Psychology, 71*(4), 1565-1597.
<https://doi.org/10.1111/apps.12358>
- Goodall, S., Charlton, K., Howatson, G., & Thomas, K. (2015). Neuromuscular Fatigability during Repeated-Sprint Exercise in Male Athletes. *Medicine & Science In Sports & Exercise, 47*(3), 528-536. <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000000443>
- Goodman, S. P. J., Collins, B., Shorter, K., Moreland, A. T., Papic, C., Hamlin, A. S., Kassman, B., & Marino, F. E. (2025). Approaches to inducing mental fatigue : A systematic review and meta-analysis of (neuro)physiologic indices. *Behavior Research Methods, 57*(4). <https://doi.org/10.3758/s13428-025-02620-7>
- Hart, S. G., & Staveland, L. E. (1988). Development of NASA-TLX (Task Load Index) : Results of Empirical and Theoretical Research. In P. A. Hancock & N.

- Meshkati (Eds.), *Human mental workload* (Advances in psychology, vol. 52, pp. 139-183). [https://doi.org/10.1016/s0166-4115\(08\)62386-9](https://doi.org/10.1016/s0166-4115(08)62386-9)
- Hockey, G. R. J. (1997). Compensatory control in the regulation of human performance under stress and high workload : A cognitive-energetical framework. *Biological Psychology*, 45(1-3), 73-93. [https://doi.org/10.1016/s0301-0511\(96\)05223-4](https://doi.org/10.1016/s0301-0511(96)05223-4)
 - Hofmann, W., Schmeichel, B. J., & Baddeley, A. D. (2012). Executive functions and self-regulation. *Trends In Cognitive Sciences*, 16(3), 174-180. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2012.01.006>
 - Holgado, D., Jolidon, L., Borragán, G., Sanabria, D., & Place, N. (2023). Individualized Mental Fatigue Does Not Impact Neuromuscular Function and Exercise Performance. *Medicine And Science In Sports And Exercise*, 55(10), 1823-1834. <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000003221>
 - Holm, S. (1979). A simple sequentially rejective multiple test procedure. *Scandinavian Journal Of Statistics*, 6, 65-70. <https://doi.org/10.2307/4615733>
 - Hopstaken, J. F., Van Der Linden, D., Bakker, A. B., & Kompier, M. A. (2015). The window of my eyes : Task disengagement and mental fatigue covary with pupil dynamics. *Biological Psychology*, 110, 100-106. <https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2015.06.013>
 - Jammes, Y., Stavris, C., Charpin, C., Lagrange, G., Rebaudet, S., Chiche, L., & Retornaz, F. (2021). La mesure de force de préhension maximale (handgrip) est prédictive des capacités maximales à l'exercice chez les patients souffrant de fatigue chronique. *la revue de Médecine Interne*, 42, A64-A65. <https://doi.org/10.1016/j.revmed.2021.03.272>

- Johansson, L. R. B. (2013). Evaluation of the Mental Fatigue Scale and its relation to Cognitive and Emotional Functioning after Traumatic Brain Injury or Stroke. *International Journal Of Physical Medicine & Rehabilitation, 02*(01). <https://doi.org/10.4172/2329-9096.1000182>
- Johns, M. W. (1991). A New Method for Measuring Daytime Sleepiness : The Epworth Sleepiness Scale. *SLEEP, 14*(6), 540-545. <https://doi.org/10.1093/sleep/14.6.540>
- Johnson, S. K., Lange, G., DeLuca, J., Korn, L. R., & Natelson, B. (1997). The Effects of Fatigue on Neuropsychological Performance in Patients With Chronic Fatigue Syndrome, Multiple Sclerosis, and Depression. *Applied Neuropsychology, 4*(3), 145-153. https://doi.org/10.1207/s15324826an0403_1
- Jost, J. T., Sterling, J., & Stern, C. (2017). Getting Closure on Conservatism, or The Politics of Epistemic and Existential Motivation. https://doi.org/10.4324/9781315171388_4
- Kellmann, M., Bertollo, M., Bosquet, L., Brink, M., Coutts, A. J., Duffield, R., Erlacher, D., Halson, S. L., Hecksteden, A., Heidari, J., Kallus, K. W., Meeusen, R., Mujika, I., Robazza, C., Skorski, S., Venter, R., & Beckmann, J. (2018). Recovery and Performance in Sport : Consensus Statement. *International Journal Of Sports Physiology And Performance, 13*(2), 240-245. <https://doi.org/10.1123/ijsspp.2017-0759>
- Krupp, L. B., LaRocca, N. G., Muir-Nash, J., & Steinberg, A. D. (1989). The fatigue severity scale. *Archives Of Neurology, 46*(10), 1121. <https://doi.org/10.1001/archneur.1989.00520460115022>
- Kuppuswamy, A. (2017). The fatigue conundrum. *Brain, 140*(8), 2240-2245. <https://doi.org/10.1093/brain/awx153>

- Lambourne, K., & Tomporowski, P. (2010). The effect of exercise-induced arousal on cognitive task performance : A meta-regression analysis. *Brain Research*, 1341, 12-24. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2010.03.091>
- Lepers, R., Maffiuletti, N. A., Rochette, L., Brugniaux, J., & Millet, G. Y. (2002). Neuromuscular fatigue during a long-duration cycling exercise. *Journal of Applied Physiology*, 92(4), 1487-1493. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00880.2001>
- Lim, J., Wu, W., Wang, J., Detre, J. A., Dinges, D. F., & Rao, H. (2009). Imaging brain fatigue from sustained mental workload : An ASL perfusion study of the time-on-task effect. *NeuroImage*, 49(4), 3426-3435. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2009.11.020>
- Lourenço, J., Gouveia, É. R., Sarmento, H., Ihle, A., Ribeiro, T., Henriques, R., Martins, F., França, C., Ferreira, R. M., Fernandes, L., Teques, P., & Duarte, D. (2023). Relationship between Objective and Subjective Fatigue Monitoring Tests in Professional Soccer. *International Journal Of Environmental Research And Public Health*, 20(2), 1539. <https://doi.org/10.3390/ijerph20021539>
- Mairesse, O., Damen, V., Newell, J., Kornreich, C., Verbanck, P., & Neu, D. (2017). The Brugmann Fatigue Scale : An Analogue to the Epworth Sleepiness Scale to Measure Behavioral Rest Propensity. *Behavioral Sleep Medicine*, 17(4), 437-458. <https://doi.org/10.1080/15402002.2017.1395336>
- Marcra, S. M., & Staiano, W. (2010). The limit to exercise tolerance in humans : mind over muscle ? *European Journal Of Applied Physiology*, 109(4), 763-770. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1418-6>
- Marcra, S. M., Staiano, W., & Manning, V. (2009). Mental fatigue impairs physical performance in humans. *Journal Of Applied Physiology*, 106(3), 857-864. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.91324.2008>

- Margonato, V., Roi, G., Cerizza, C., & Galdabino, G. (1994). Maximal isometric force and muscle cross-sectional area of the forearm in fencers. *Journal Of Sports Sciences*, 12(6), 567-572. <https://doi.org/10.1080/02640419408732207>
- Martin, K., Meeusen, R., Thompson, K. G., Keegan, R., & Rattray, B. (2018). Mental fatigue impairs endurance performance : A Physiological explanation. *Sports Medicine*, 48(9), 2041-2051. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0946-9>
- Martins, N. R. A., Annaheim, S., Spengler, C. M., & Rossi, R. M. (2021). Fatigue Monitoring through Wearables : A State-of-the-Art review. *Frontiers In Physiology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.790292>
- McMorris, T., Barwood, M., & Corbett, J. (2018). Central fatigue theory and endurance exercise : Toward an interoceptive model. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews/Neuroscience And Biobehavioral Reviews*, 93, 93-107. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2018.03.024>
- Mehta, R. K., & Agnew, M. J. (2011). Influence of mental workload on muscle endurance, fatigue, and recovery during intermittent static work. *European Journal Of Applied Physiology*, 112(8), 2891-2902. <https://doi.org/10.1007/s00421-011-2264-x>
- Mehta, R. K., & Parasuraman, R. (2013). Effects of Mental Fatigue on the Development of Physical Fatigue. *Human Factors*, 56(4), 645-656. <https://doi.org/10.1177/0018720813507279>
- Meyniel, F., & Pessiglione, M. (2013). Better Get Back to Work : A Role for Motor Beta Desynchronization in Incentive Motivation. *The Journal of Neuroscience*, 34(1), 1-9. <https://doi.org/10.1523/jneurosci.1711-13.2014>
- Meyniel, F., Sergent, C., Rigoux, L., Daunizeau, J., & Pessiglione, M. (2013). Neurocomputational account of how the human brain decides when to have a break.

Proceedings of The National Academy of Sciences of The United States of America, 110(7), 2641-2646. <https://doi.org/10.1073/pnas.1211925110>

- Mielke, M., Housh, T. J., Malek, M. H., Beck, T. W., Hendrix, C. R., Schmidt, R. J., & Johnson, G. O. (2008). Estimated times to exhaustion at the PWC V O₂, PWC HRT, and VT. *Journal of strength and conditioning research*, 22(6), 2003–2010. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181876a1c>
- Miles, S., Howlett, C. A., Berryman, C., Nedeljkovic, M., Moseley, G. L., & Phillipou, A. (2021). Considerations for using the Wisconsin Card Sorting Test to assess cognitive flexibility. *Behavior Research Methods*, 53(5), 2083-2091. <https://doi.org/10.3758/s13428-021-01551-3>
- Möckel, T., Beste, C., & Wascher, E. (2015). The Effects of Time on Task in Response Selection - An ERP Study of Mental Fatigue. *Scientific Reports*, 5(1). <https://doi.org/10.1038/srep10113>
- Moore, R. D., Romine, M. W., O'connor, P. J., & Tomporowski, P. D. (2012). The influence of exercise-induced fatigue on cognitive function. *Journal of Sports Sciences*, 30(9), 841-850. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.675083>
- Mortimer, H., Dallaway, N., & Ring, C. (2024). Effects of isolated and combined mental and physical fatigue on motor skill and endurance exercise performance. *Psychology of Sport And Exercise*, 75, 102720. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2024.102720>
- Müller, T., & Apps, M. A. (2019). Motivational fatigue : A neurocognitive framework for the impact of effortful exertion on subsequent motivation. *Neuropsychologia*, 123, 141-151. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2018.04.030>

- Muñoz-De-Escalona, E., Cañas, J. J., & Noriega, P. (2020). Inconsistencies between mental fatigue measures under compensatory control theories. *Psicológica, 41*(2), 103-126. <https://doi.org/10.2478/psicolj-2020-0006>
- Ni, Z., Sun, F., & Li, Y. (2022). Heart Rate Variability-Based Subjective Physical Fatigue Assessment. *Sensors, 22*(9), 3199. <https://doi.org/10.3390/s22093199>
- Pageaux, B., Lepers, R., Dietz, K. C., & Marcora, S. M. (2014). Response inhibition impairs subsequent self-paced endurance performance. *European Journal Of Applied Physiology, 114*(5), 1095-1105. <https://doi.org/10.1007/s00421-014-2838-5>
- Penner, I., Raselli, C., Stöcklin, M., Opwis, K., Kappos, L., & Calabrese, P. (2009). The Fatigue Scale for Motor and Cognitive Functions (FSMC) : validation of a new instrument to assess multiple sclerosis-related fatigue. *Multiple Sclerosis Journal, 15*(12), 1509-1517. <https://doi.org/10.1177/1352458509348519>
- Phillips, R. O. (2015). A review of definitions of fatigue – And a step towards a whole definition. *Transportation Research Part F Traffic Psychology And Behaviour, 29*, 48-56. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2015.01.003>
- Physiopedia contributors. (2021, 25 mars). *Strength training versus power training*. Physiopedia. https://www.physio-pedia.com/index.php?title=Strength_Training_versus_Power_Training&oldid=269385
- Qiu, J., & Helbig, R. (2012). Body Posture as an Indicator of Workload in Mental Work. *Human Factors : The Journal Of The Human Factors And Ergonomics Society, 54*(4), 626-635. <https://doi.org/10.1177/0018720812437275>
- Ryan, R. M. (1982). Control and information in the intrapersonal sphere : An extension of cognitive evaluation theory. *Journal of Personality And Social Psychology, 43*(3), 450-461. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.43.3.450>

- Smets, E., Garssen, B., Bonke, B., & De Haes, J. (1995). The multidimensional Fatigue Inventory (MFI) psychometric qualities of an instrument to assess fatigue. *Journal of Psychosomatic Research*, 39(3), 315-325. [https://doi.org/10.1016/0022-3999\(94\)00125-o](https://doi.org/10.1016/0022-3999(94)00125-o)
- Smit, A. S., Eling, P. A., & Coenen, A. M. (2003). Mental effort causes vigilance decrease due to resource depletion. *Acta Psychologica*, 115(1), 35-42. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2003.11.001>
- Smith, P. J., Blumenthal, J. A., Hoffman, B. M., Cooper, H., Strauman, T. A., Welsh-Bohmer, K., Browndyke, J. N., & Sherwood, A. (2010). Aerobic Exercise and Neurocognitive Performance : A Meta-Analytic Review of Randomized Controlled Trials. *Psychosomatic Medicine*, 72(3), 239-252. <https://doi.org/10.1097/psy.0b013e3181d14633>
- The jamovi project. (2022). *jamovi* (Version 2.3) [Computer software]. <https://www.jamovi.org>
- Thomas, K., Elmeua, M., Howatson, G., & Goodall, S. (2016). Intensity-Dependent Contribution of Neuromuscular Fatigue after Constant-Load Cycling. *Medicine & Science In Sports & Exercise*, 48(9), 1751-1760. <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000000950>
- Thong, M. S., Van Noorden, C. J. F., Steindorf, K., & Arndt, V. (2020). Cancer-Related Fatigue : Causes and Current Treatment Options. *Current Treatment Options In Oncology*, 21(2). <https://doi.org/10.1007/s11864-020-0707-5>
- Tornero-Aguilera, J. F., Jimenez-Morcillo, J., Rubio-Zarapuz, A., & Clemente-Suárez, V. J. (2022). Central and Peripheral Fatigue in Physical Exercise Explained : A Narrative Review. *International Journal Of Environmental Research And Public*

Health/International Journal Of Environmental Research And Public Health, 19(7),

3909. <https://doi.org/10.3390/ijerph19073909>

- Vaes, A. W., Goërtz, Y. M. J., Van Herck, M., Beijers, R. J. H. C. G., Van Beers, M., Burtin, C., Janssen, D. J. A., Schols, A. M. W. J., & Spruit, M. A. (2022). Physical and mental fatigue in people with non-communicable chronic diseases. *Annals Of Medicine, 54*(1), 2521-2533. <https://doi.org/10.1080/07853890.2022.2122553>
- Van Cutsem, J., Marcora, S., De Pauw, K., Bailey, S., Meeusen, R., & Roelands, B. (2017). The Effects of Mental Fatigue on Physical Performance : A Systematic Review. *Sports Medicine, 47*(8), 1569-1588. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0672-0>
- Vuillerme, N., & Boisgontier, M. (2008). Muscle fatigue degrades force sense at the ankle joint. *Gait & Posture, 28*(3), 521-524.
<https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2008.03.005>
- Wascher, E., Rasch, B., Sänger, J., Hoffmann, S., Schneider, D., Rinkenauer, G., Heuer, H., & Gutberlet, I. (2014). Frontal theta activity reflects distinct aspects of mental fatigue. *Biological Psychology, 96*, 57-65.
<https://doi.org/10.1016/j.biopsych.2013.11.010>
- Weavil, J. C., & Amann, M. (2019). Neuromuscular fatigue during whole body exercise. *Current Opinion In Physiology, 10*, 128-136.
<https://doi.org/10.1016/j.cophys.2019.05.008>
- Wickens, C. D. (1984). Processing resources in attention. In R. Parasuraman (Ed.), Varieties of attention. Florida: Academic Press.
- Yoshikawa, H., Adachi, Y., Baba, A., Takikawa, C., Yamaguchi, Y., Nakai, W., & Sudo, D. (2025). Heart rate variability versus visual analog scale for objective and

subjective mental fatigue detection : A randomized controlled trial. *PLOS Mental Health.*, 2(1), e0000240. <https://doi.org/10.1371/journal.pmen.0000240>

- Zénon, A., Solopchuk, O., & Pezzulo, G. (2019). An information-theoretic perspective on the costs of cognition. *Neuropsychologia*, 123, 5-18.
<https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2018.09.013>
- Zheng, W., & Lu, B. (2017). A multimodal approach to estimating vigilance using EEG and forehead EOG. *Journal Of Neural Engineering*, 14(2), 026017. <https://doi.org/10.1088/1741-2552/aa5a98>

9. Annexes

Annexe 1 : Résultats des tests post-hoc pour l'effet principal du temps – FM subjective, échantillon « tâche mentale simple »

Comparaisons post hoc – Temps

Comparaison							
Temps	Temps	Déférence moyenne	Erreur standard	ddl	t	P _{Tukey}	P _{Holm}
0	- 1	-1.132	0.253	18.0	-4.47	0.002	0.001
	- 2	-2.474	0.300	18.0	-8.25	<.001	<.001
	- 3	-3.184	0.338	18.0	-9.42	<.001	<.001
	- 4	-3.447	0.429	18.0	-8.04	<.001	<.001
1	- 2	-1.342	0.206	18.0	-6.51	<.001	<.001
	- 3	-2.053	0.308	18.0	-6.66	<.001	<.001
	- 4	-2.316	0.371	18.0	-6.24	<.001	<.001
2	- 3	-0.711	0.192	18.0	-3.69	0.013	0.005
	- 4	-0.974	0.290	18.0	-3.36	0.025	0.007
3	- 4	-0.263	0.189	18.0	-1.39	0.639	0.180

Annexe 2 : Résultats des tests post-hoc pour l'interaction condition x temps – FP subjective, échantillon « tâche mentale simple »

Comparaisons post hoc – Condition * Temps

Comparaison									
Condition	Temps	Condition	Temps	Déférence moyenne	Erreur standard	ddl	t	P _{Tukey}	P _{Holm}
Simple	0	- Simple	1	0.842	0.336	18.0	2.509	0.326	0.394
		- Simple	2	0.579	0.400	18.0	1.449	0.895	1.000
		- Simple	3	0.211	0.555	18.0	0.380	1.000	1.000
		- Simple	4	-0.316	0.626	18.0	-0.504	1.000	1.000
	1	- Double	0	-0.316	0.519	18.0	-0.609	1.000	1.000
		- Double	1	-2.526	0.543	18.0	-4.655	0.006	0.005
		- Double	2	-3.211	0.629	18.0	-5.107	0.002	0.002
		- Double	3	-3.579	0.650	18.0	-5.503	0.001	<.001
	2	- Double	4	-3.842	0.509	18.0	-7.552	<.001	<.001
		- Simple	2	-0.263	0.263	18.0	-1.000	0.988	1.000
		- Simple	3	-0.632	0.447	18.0	-1.412	0.908	1.000
		- Simple	4	-1.158	0.636	18.0	-1.819	0.717	1.000
	3	- Double	0	-1.158	0.613	18.0	-1.889	0.676	1.000
		- Double	1	-3.368	0.479	18.0	-7.034	<.001	<.001
		- Double	2	-4.053	0.554	18.0	-7.316	<.001	<.001
		- Double	3	-4.421	0.608	18.0	-7.266	<.001	<.001
		- Double	4	-4.684	0.536	18.0	-8.746	<.001	<.001
		- Simple	3	-0.368	0.376	18.0	-0.979	0.990	1.000
		- Simple	4	-0.895	0.495	18.0	-1.808	0.723	1.000
		- Double	0	-0.895	0.592	18.0	-1.512	0.871	1.000
Double	0	- Double	1	-3.105	0.477	18.0	-6.511	<.001	<.001
		- Double	2	-3.789	0.544	18.0	-6.968	<.001	<.001
		- Double	3	-4.158	0.618	18.0	-6.730	<.001	<.001
		- Double	4	-4.421	0.497	18.0	-8.887	<.001	<.001
	1	- Simple	4	-0.526	0.442	18.0	-1.191	0.965	1.000
		- Double	0	-0.526	0.641	18.0	-0.820	0.997	1.000
		- Double	1	-2.737	0.611	18.0	-4.479	0.008	0.007
		- Double	2	-3.421	0.672	18.0	-5.088	0.002	0.002
	2	- Double	3	-3.789	0.707	18.0	-5.357	0.001	0.001
		- Double	4	-4.053	0.575	18.0	-7.052	<.001	<.001
		- Double	0	-1.33e-15	0.653	18.0	-2.04e-15	1.000	1.000
		- Double	1	-2.211	0.642	18.0	-3.441	0.066	0.055
	3	- Double	2	-2.895	0.666	18.0	-4.345	0.011	0.009
		- Double	3	-3.263	0.700	18.0	-4.660	0.006	0.005
		- Double	4	-3.526	0.623	18.0	-5.660	<.001	<.001
		- Double	1	-2.211	0.456	18.0	-4.846	0.004	0.004
	4	- Double	2	-2.895	0.495	18.0	-5.848	<.001	<.001
		- Double	3	-3.263	0.523	18.0	-6.235	<.001	<.001
		- Double	4	-3.526	0.486	18.0	-7.258	<.001	<.001
		- Double	0	-0.684	0.154	18.0	-4.444	0.009	0.007
1	1	- Double	3	-1.053	0.259	18.0	-4.064	0.019	0.015
		- Double	4	-1.316	0.316	18.0	-4.167	0.016	0.012
		- Double	2	-0.684	0.154	18.0	-4.444	0.009	0.007
		- Double	3	-0.368	0.219	18.0	-1.681	0.792	1.000
2	2	- Double	4	-0.632	0.420	18.0	-1.503	0.875	1.000
		- Double	4	-0.263	0.411	18.0	-0.641	1.000	1.000

Annexe 3 : Résultats des tests post-hoc pour l'interaction condition x temps – FM subjective, échantillon « tâche physique simple »

Comparaisons post hoc - Condition x Temps									
		Comparaison		Différence moyenne	Erreur standard	ddl	t	Ptukey	Pholm
Condition	Temps	Condition	Temps						
Simple	0	- Simple	1	0.5000	0.267	19.0	1.876	0.684	0.838
		- Simple	2	0.0500	0.394	19.0	0.127	1.000	1.000
		- Simple	3	-0.4500	0.521	19.0	-0.865	0.996	1.000
		- Simple	4	-0.4500	0.555	19.0	-0.811	0.997	1.000
	1	- Double	0	-0.6500	0.499	19.0	-1.303	0.941	1.000
		- Double	1	-2.0000	0.497	19.0	-4.021	0.020	0.017
		- Double	2	-2.6500	0.519	19.0	-5.101	0.002	0.002
		- Double	3	-3.5500	0.535	19.0	-6.630	<.001	<.001
	2	- Double	4	-3.7500	0.552	19.0	-6.795	<.001	<.001
		- Simple	2	-0.4500	0.276	19.0	-1.630	0.818	1.000
		- Simple	3	-0.9500	0.387	19.0	-2.454	0.350	0.359
		- Simple	4	-0.9500	0.420	19.0	-2.265	0.452	0.479
	3	- Double	0	-1.1500	0.504	19.0	-2.281	0.442	0.479
		- Double	1	-2.5000	0.407	19.0	-6.140	<.001	<.001
		- Double	2	-3.1500	0.460	19.0	-6.842	<.001	<.001
		- Double	3	-4.0500	0.432	19.0	-9.373	<.001	<.001
	4	- Double	4	-4.2500	0.491	19.0	-8.649	<.001	<.001
		- Simple	3	-0.5000	0.185	19.0	-2.703	0.240	0.225
		- Simple	4	-0.5000	0.235	19.0	-2.127	0.532	0.561
		- Double	0	-0.7000	0.553	19.0	-1.266	0.950	1.000
Double	0	- Double	1	-2.0500	0.432	19.0	-4.744	0.004	0.004
		- Double	2	-2.7000	0.459	19.0	-5.877	<.001	<.001
		- Double	3	-3.6000	0.450	19.0	-8.008	<.001	<.001
		- Double	4	-3.8000	0.474	19.0	-8.025	<.001	<.001
	1	- Simple	4	0.0000	0.145	19.0	0.000	1.000	1.000
		- Double	0	-0.2000	0.671	19.0	-0.298	1.000	1.000
		- Double	1	-1.5500	0.535	19.0	-2.895	0.174	0.167
		- Double	2	-2.2000	0.551	19.0	-3.996	0.021	0.017
	2	- Double	3	-3.1000	0.528	19.0	-5.875	<.001	<.001
		- Double	4	-3.3000	0.562	19.0	-5.868	<.001	<.001
		- Double	0	-0.2000	0.698	19.0	-0.286	1.000	1.000
		- Double	1	-1.5500	0.535	19.0	-2.895	0.174	0.167
	3	- Double	2	-2.2000	0.526	19.0	-4.181	0.014	0.012
		- Double	3	-3.1000	0.507	19.0	-6.111	<.001	<.001
		- Double	4	-3.3000	0.529	19.0	-6.242	<.001	<.001
		- Double	0	-1.3500	0.406	19.0	-3.327	0.079	0.071
Double	0	- Double	1	-2.0000	0.453	19.0	-4.414	0.009	0.008
		- Double	2	-2.9000	0.507	19.0	-5.716	<.001	<.001
		- Double	4	-3.1000	0.538	19.0	-5.767	<.001	<.001
	1	- Double	2	-0.6500	0.209	19.0	-3.115	0.118	0.108
		- Double	3	-1.5500	0.198	19.0	-7.815	<.001	<.001
		- Double	4	-1.7500	0.298	19.0	-5.872	<.001	<.001
		- Double	3	-0.9000	0.228	19.0	-3.943	0.023	0.018
	2	- Double	4	-1.1000	0.250	19.0	-4.395	0.009	0.008
		- Double	4	-0.2000	0.200	19.0	-1.000	0.989	1.000

Annexe 4 : Résultats des tests post-hoc pour l'effet principal du temps - FP subjective, échantillon « tâche physique simple »

Comparaisons post hoc - Temps									
		Comparaison		Différence moyenne	Erreur standard	ddl	t	Ptukey	Pholm
Temps	Temps	Condition	Condition						
0	-	1	2	-1.600	0.447	19.0	-3.58	0.015	0.005
		2	3	-2.425	0.399	19.0	-6.07	<.001	<.001
		3	4	-3.250	0.446	19.0	-7.28	<.001	<.001
		4	1	-3.575	0.471	19.0	-7.60	<.001	<.001
1	-	2	3	-0.825	0.189	19.0	-4.35	0.003	0.001
		3	4	-1.650	0.286	19.0	-5.77	<.001	<.001
		4	2	-1.975	0.305	19.0	-6.49	<.001	<.001
		3	4	-0.825	0.224	19.0	-3.68	0.012	0.005
2	-	3	4	-1.150	0.246	19.0	-4.67	0.001	<.001
		4	3	-0.325	0.215	19.0	-1.51	0.570	0.148

Annexe 5 : Moyenne de la motivation subjective en fonction du temps – échantillon « tâche mentale simple ».

Statistiques descriptives

	simple_0_VASM	simple_4_VASM
N	19	19
Manquants	0	0
Moyenne	7.26	5.68
Médiane	7	6
Ecart-type	1.91	1.70
Minimum	2	2
Maximum	10	8

Annexe 6 : Professions des participants selon chaque recruteur.

Numéro participant	du	Recrutés par la psychologie	Recrutés par le kinésithérapeute.
001		Étudiant en psychologie	Étudiant en informatique
002		Étudiant en médecine	Demandeur d'emploi
003		Étudiant en commerce	Vétérinaire
004		Étudiant en biologie	Kinésithérapeute
005		Étudiant en psychologie	Étudiant en kinésithérapie
006		Étudiant en psychologie	Kinésithérapeute
007		Étudiant en psychologie	Étudiant en kinésithérapie
008		Étudiant en psychologie	Doctorant
009		Étudiant en psychologie	Boucher
010		Étudiant en psychologie	Demandeur d'emploi
011		Étudiant en psychologie	Étudiant en commerce
012		Agent de sécurité	Kinésithérapeute
013		/	Étudiant en kinésithérapie
014		Étudiant en kinésithérapie	Étudiant en droit
015		Étudiant en psychologie	Doctorant
016		Étudiant en psychologie	Étudiant en médecine
017		Étudiant en psychologie	Étudiant en kinésithérapie
018		Étudiant en psychologie	Étudiant en sciences politiques
019		Étudiant en psychologie	Étudiant en kinésithérapie
020		Étudiant en psychologie.	Ingénieur de recherche

10. Résumé

La fatigue mentale et la fatigue physique sont connues pour s'influencer mutuellement et pour impacter les performances cognitives et physiques. Cependant, cette influence reste peu explorée dans la littérature, et les effets de ces fatigues combinées sont encore mal connus. Ce mémoire vise donc à explorer ces relations en évaluant l'influence isolée et combinée des fatigues physiques et mentales sur les performances cognitives, plus précisément sur les temps de réaction à une tâche de vigilance. Ce mémoire s'inscrit dans un projet expérimental plus large, comprenant d'autres études portant sur des aspects complémentaires de la fatigue physique et mentale.

Pour ce faire, une étude expérimentale a été menée auprès de 40 participants, âgés entre 18 et 30 ans et en bonne santé, répartis en deux groupes soumis à une double tâche et à des tâches simples différentes : tâche mentale simple ou tâche physique simple. Chaque tâche induisait donc une fatigue : physique, mentale ou les deux. Elles étaient précédées et suivies de l'évaluation des performances cognitives par une tâche de type Psychomotor Vigilance Task (PVT).

Les résultats montrent un ralentissement des temps de réaction après l'induction de fatigue mentale et de fatigue combinée. En revanche, la fatigue physique seule semble avoir un moindre effet sur les performances cognitives. Les données suggèrent que la combinaison des deux fatigues n'aurait pas d'effet plus marqué que la fatigue mentale, sur les performances cognitives. Cependant, les effets sont plus marqués comparativement à la tâche physique simple, bien que les mécanismes sous-jacents restent encore à préciser. Il est à noter que tous les participants ont rapporté un sentiment de fatigue physique et mentale, à la suite des différentes tâches, soulignant la pertinence des tâches choisies afin d'induire de la fatigue.

Ces résultats contribuent à enrichir la compréhension de la relation existante entre la fatigue physique et mentale, mais, également, à suggérer une nouvelle hypothèse concernant les effets des fatigues combinées.