

**Faculté de psychologie et des sciences
de l'éducation**

Stress en laboratoire : comment les fonctions exécutives nous protègent-elles ?

Auteur : COURTOIS Anna

Promoteur(s) : AGRIGOROAEI Stefan – GRIMM Elise

Lectrice : JEITANI Céline

Année académique 2021-2022

Master en sciences psychologiques à finalité spécialisée en option

Clinique de l'enfant, de l'adolescent et de la famille

Remerciements

Je souhaite remercier toutes les personnes qui m'ont soutenue et qui ont, de près ou de loin, contribué à la réalisation de ce mémoire.

Tout d'abord, un énorme merci à ma co-promotrice, Elise Grimm, pour son encadrement, sa disponibilité, son dynamisme contagieux et son soutien spontané dans les moments de doutes. Un autre grand merci pour ses précieuses relectures et ses encouragements sur toute la période de l'étude.

Ensuite, je tiens à remercier mon promoteur, Stefan Agrigoroaei, pour sa disponibilité tout au long de la réalisation de ce mémoire, ses précieux conseils, son soutien.

Merci aux personnes qui ont participé avec enthousiasme à cette étude. Sans ces derniers ce mémoire n'aurait pu être réalisé.

Je tiens également à remercier ma famille et mes amis qui ont été à mes côtés lors de la réalisation de ce mémoire et qui m'ont soutenue tout au long de mon parcours universitaire. Un tout grand merci à Pauline Mornard avec qui j'ai collaborée pour la réalisation de cette étude. Un énorme merci également à mon père, Jean-Pierre Courtois, qui depuis ma 1^{ère} année a toujours répondu présent pour assurer la correction de mes écrits.

Enfin, je tiens à remercier mes amis les plus proches et l'ensemble de l'équipe pédagogique de la faculté de psychologie pour m'avoir permis de rêver et réaliser mes projets, de confirmer mon orientation professionnelle et de me dépasser tout au long de mon cursus.

Le plagiat

« Je déclare sur l'honneur que ce mémoire a été écrit de ma plume, sans avoir sollicité d'aide extérieure illicite, qu'il n'est pas la reprise d'un travail présenté dans une autre institution pour évaluation, et qu'il n'a jamais été publié, en tout ou en partie. Toutes les informations (idées, phrases, graphes, cartes, tableaux, etc.) empruntées ou faisant référence à des sources primaires ou secondaires sont référencées adéquatement selon la méthode universitaire en vigueur. Je déclare avoir pris connaissance et adhérer au Code de déontologie pour les étudiants en matière d'emprunts, de citations et d'exploitation de sources diverses et savoir que le plagiat constitue une faute grave sanctionnée par l'Université catholique de Louvain ».

Table des matières

I. INTRODUCTION GÉNÉRALE.....	7
I. PARTIE THÉORIQUE.....	9
1. CHAPITRE 1 : LES FONCTIONS EXÉCUTIVES	10
1.1. LOCALISATION CÉRÉBRALE.....	10
1.2. CADRE THÉORIQUE DU FONCTIONNEMENT EXÉCUTIF	10
1.2.1. <i>Le modèle du Système de Supervision Attentionnel (Norman et Shallice, 1986)</i>	11
1.2.2. <i>Le modèle de la mémoire de travail de Baddeley (1986)</i>	11
1.3. DÉFINITIONS DES FONCTIONS EXÉCUTIVES.....	13
1.3.1. <i>Les facettes des fonctions exécutives</i>	14
1.3.1.1. L'inhibition.....	14
1.3.1.2. La mémoire de travail.....	15
1.3.1.3. La mise à jour de la mémoire de travail.....	15
1.3.1.4. La flexibilité cognitive	16
2. CHAPITRE 2 : LE STRESS AIGU	18
2.1. LE CONCEPT DE « STRESS »	18
2.1.1. <i>Modèle transactionnel du stress (Lazarus et Folkman, 1984)</i>	19
2.1.2. <i>Le Syndrome Général d'Adaptation (Seyle, 1946)</i>	20
2.1.2.1. La phase d'alarme.....	20
2.1.2.2. La phase de résistance	20
2.1.2.3. La phase d'épuisement	21
2.1.3. <i>Les caractéristiques de mesure du stress</i>	22
2.1.3.1. La durée d'exposition.....	22
2.1.3.2. La fenêtre d'évaluation.....	22
2.1.4. <i>Le modèle transdisciplinaire du stress (Epel et al., 2018)</i>	23
2.2. L'IMPACT DE LA RÉPONSE AU STRESS SUR LA SANTÉ.....	24
2.3. L'INDUCTION DE STRESS AIGU EN LABORATOIRE	25
2.3.1. <i>Protocoles d'induction du stress en laboratoire</i>	26
2.3.1.1. Le Trier Social Stress Test (Kirschbaum et al., 1993).....	26
2.3.1.2. Le Cold Pressor Test (Schwabe et al., 2008 ; Vonbaeyer et al., 2005).....	26
2.4. LES INDICATEURS DU STRESS AIGU.....	27
2.4.1. <i>Les indicateurs de stress physiologiques</i>	28
2.4.1.1. Le rythme cardiaque	28
2.4.1.2. La variabilité du rythme cardiaque	29
2.4.1.3. La pression artérielle diastolique et systolique	30
2.4.2. <i>Les indicateurs auto-rapportés</i>	31
2.4.2.1. State-Trait Anxiety Inventory (STAIT) (Spielberger, 1983).....	31
2.4.2.2. L'échelle de stress général perçu (Cohen et al., 1983).....	31
3. CHAPITRE 3 : LE RÔLE DES FONCTIONS EXÉCUTIVES DANS LA RÉPONSE AU STRESS AIGU ..32	32
3.1. RELATION ENTRE LA COGNITION ET LE STRESS.....	32
3.2. RELATION ENTRE LES FONCTIONS EXÉCUTIVES DE BASE ET LE STRESS AIGU INDUIT EN LABORATOIRE	33
4. CONCLUSION PARTIE THÉORIQUE	35
III. PARTIE EMPIRIQUE	36
1. QUESTION ET HYPOTHÈSES DE RECHERCHE	38
1.1. HYPOTHÈSES	38
2. MÉTHODOLOGIE	39
2.1. ÉTHIQUE	39
2.2. MÉTHODE DE RECRUTEMENT ET PARTICIPANTS	39
2.3. PROCÉDURE	40
2.3.1. <i>Pré-screening</i>	40
2.3.2. <i>Temps 1 : Tests cognitifs</i>	41

2.3.3.	<i>Temps 2 : Induction du stress aigu en laboratoire</i>	42
2.4.	MESURES	43
2.4.1.	<i>Questionnaire du pré-screening</i>	43
2.4.2.	<i>Checklist Covid19</i>	44
2.4.3.	<i>Questionnaires de mesures auto-rapportées</i>	44
2.4.3.1.	Mesure des critères sociodémographiques	44
2.4.3.2.	Mesure du niveau de stress général perçu	44
2.4.3.3.	Mesure de l’item de stress perçu	44
2.4.3.4.	Mesure du niveau d’anxiété d’état.....	44
2.4.3.5.	Mesure du niveau actuel des symptômes de la dépression	45
2.4.4.	<i>Tâches relatives aux fonctions exécutives</i>	45
2.4.4.1.	Letter-Memory (Friedman & Miyake, 2008)	45
2.4.4.2.	Operation Span (Conway et al., 2005).....	46
2.4.4.3.	Stop Signal Reaction Time (Verbruggen et al., 2019).....	47
2.4.4.4.	Number-Letter (Miyake & Freidman, 2000)	47
2.4.5.	<i>Appareils de mesures électro-physiologiques</i>	48
2.4.6.	<i>Variables dépendantes relatives à nos hypothèses</i>	48
2.4.6.1.	Indices finaux des variables physiologique de la phase d’alarme.....	49
2.4.6.2.	Indices finaux des variables physiologique de la phase de résistance	49
2.4.6.3.	Indices finaux des variables physiologique de la phase d’épuisement	49
3.	ANALYSES STATISTIQUES ET RÉSULTATS	50
3.1.	ANALYSES STATISTIQUES PRÉALABLES	50
3.2.	ANALYSES DESCRIPTIVES	51
3.3.	VÉRIFICATION DE L’INDUCTION DE LA MAST	54
3.3.1.	<i>State-Trait Anxiety Inventory (STAI)</i>	54
3.3.2.	<i>Item de stress général perçu</i>	55
3.3.3.	<i>Rythme cardiaque</i>	55
3.3.4.	<i>Variabilité du rythme cardiaque</i>	56
3.3.5.	<i>Pression artérielle diastolique</i>	57
3.3.6.	<i>Pression artérielle systolique</i>	57
3.4.	ANALYSES STATISTIQUES RELATIVES AUX HYPOTHÈSES	58
3.4.1.	<i>Phase d’alarme</i>	59
3.4.2.	<i>Phase de résistance/MAST</i>	60
3.4.3.	<i>Phase d’épuisement</i>	62
3.5.	VÉRIFICATION DE L’EFFET DE L’EXPÉRIMENTATEUR	63
4.	CHAPITRE 4 : DISCUSSION	64
4.1.	INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS	64
4.1.1.	<i>Résultats des hypothèses</i>	64
4.1.2.	<i>Effet de l’expérimentateur</i>	65
4.2.	FORCES ET LIMITES DE L’ÉTUDE	65
4.3.	PERSPECTIVES D’OUVERTURE	67
IV.	CONCLUSION GÉNÉRALE	68
	BIBLIOGRAPHIE	69
	ANNEXES	75
	<u>ANNEXE 1: QUESTIONNAIRE SOCIO DEMOGRAPHIQUE (AGRIGOROEI & GRIMM, 2022)</u>	76
	<u>ANNEXE 2: ECHELLE DE STRESS GÉNÉRAL PERÇU : PERCIEVED STRESS SCALE (PSS-10) ; (AGRIGOROEI & GRIMM, 2022)</u>	77
	<u>ANNEXE 3: QUESTIONNAIRE D’ANXIÉTÉ-ÉTAT : STRAIT-TRAITE ANXIETY INVERNTRY (STAI) ; (GAUTHIER & BOUCHARD, 1993)</u>	78
	<u>ANNEXE 4 : ECHELLE DE DÉPRESSION : CENTER FOR EPIDEMIOLOGIC STUDIES DEPRESSION SCALE (CES-D) ; (AGRIGOROEI & GRIMM, 2022)</u>	79

LISTE DES FIGURES :

Figure 1 : Modèle de la mémoire de travail de Baddeley (Rossi, 2005 cité dans Bross, 2019)	12
Figure 2 : Modèle transactionnel du stress (Lazarus & Folkman, 1984).....	20
Figure 3 : Modèle transdisciplinaire du stress (Epel et al., 2018).....	23
Figure 4 : Schéma de la structure temporelle de la réponse au stress aigu induit en laboratoire	41
Figure 5: Exemple de matrice de la tâche "Number-Letter".....	47
Figure 6 : Graphique de l'évolution des scores moyens du STAI pour nos deux conditions	54
Figure 7 : Graphique de l'évolution des scores moyens à l'item de stress perçu pour nos deux conditions ..	55
Figure 8 : Graphique de l'évolution des moyennes des mesures du rythme cardiaque pour nos deux conditions..	55
Figure 9 : Graphique de l'évolution des moyennes des mesures de la variabilité du rythme cardiaque pour nos deux conditions..	56
Figure 10 : Graphique de l'évolution des moyennes des mesures de la pression artérielle diastolique pour nos deux conditions..	57

LISTE DES TABLEAUX :

Tableau 1: Statistiques descriptives des variables socio démographiques et des scores aux tâches cognitives, en fonction de la condition des participants.	52
Tableau 2 : Statistiques descriptives des indices finaux physiologiques de la phase d'alarme, en fonction de la conditions des participants.....	52
Tableau 3 : Statistiques descriptives des indices finaux physiologiques de la phase de résistance, en fonction de la condition des participants.	53
Tableau 4 : Statistiques descriptives des indices finaux physiologiques de la phase d'épuisement, en fonction de la condition des participants.	53
Tableau 5: Comparaison entre les moyennes des scores des indices des fonctions exécutives, en fonction de l'expérimentateur.	54
Tableau 6 : **Corrélations entre les indices des fonctions exécutives et les indices finaux de résistance pour les variables physiologiques	59
Tableau 7 : Coefficients de régression linéaire de la relation entre les indices des fonctions exécutives et l'indice final d'alarme pour la pression artérielle diastolique.....	60
Tableau 8 : **Corrélations entre les indices des fonctions exécutives et les indices finaux de résistance pour les variables physiologiques	60
Tableau 9 : Coefficients de régression linéaire de la relation entre les indices des fonctions exécutives et l'indice final de résistance pour le rythme cardiaque	61
Tableau 10 : **Corrélations entre les indices des fonctions exécutives et les indices finaux d'épuisement pour les variables physiologiques.....	62
Tableau 11 : Coefficients de régression linéaire de la relation entre les indices des fonctions exécutives et l'indice final de d'épuisement pour le rythme cardiaque.....	63
Tableau 12 : Comparaison des moyennes des indices des fonctions exécutives en fonction de l'expérimentateur.....	63

I. Introduction générale

Les fonctions exécutives sont multiples (inhibition, flexibilité cognitive, mise à jour, mémoire de travail) et permettent aux individus d'accomplir diverses tâches nouvelles selon les besoins de l'environnement. Elles ont de nombreuses applications dans la vie quotidienne, affectant notamment la façon dont les individus gèrent leur stress. Une mauvaise adaptation aux réponses au stress peut entraîner des répercussions physiologiques et un risque accru de maladie et de problèmes de santé à long terme.

De nos jours, il existe une abondante revue de la littérature démontrant que le fonctionnement exécutif est intégralement lié à la réponse au stress et à l'autorégulation face à un événement stressant (Slattery et al., 2013 ; Stawski et al., 2010 ; Williams et al., 2009). On sait que le stress a un impact important sur la santé et que les différences individuelles en matière de cognition et d'émotion peuvent renforcer ou réduire les effets du stress sur la santé. De nombreuses études explorent l'influence du stress sur les fonctions exécutives, en considérant le stress dans sa globalité. Cependant, il en existe moins qui s'interrogent sur la relation inverse, c'est-à-dire des potentiels avantages d'un fonctionnement exécutif plus élevé pour les réponses au stress aigu. Ainsi, nous constatons un trou dans la littérature sur la spécificité du rôle des fonctions exécutives dans la régulation du stress. De ce fait, nous avons trouvé intéressant de combler cette lacune, en interrogeant cette relation à travers la présente étude.

Au travers de ce mémoire, nous donnerons premièrement la définition du fonctionnement exécutif en tant que construction multidimensionnelle, à laquelle nous ajouterons une description détaillée des différents modèles qui théorisent ce concept. Nous exposerons et commenterons également les apports théorico-pratiques et l'évolution de ces derniers au cours du temps. Ensuite, nous poursuivrons par une définition complète des processus et rôles des fonctions exécutives. A ce sujet, une des questions majeures relevée dans la littérature a été de prendre position quant au caractère unitaire ou multiple des fonctions exécutives. Ainsi, nous commenterons les différentes positions des auteurs face à ce débat. Ensuite, des définitions détaillées seront apportées à chacune des facettes des fonctions exécutives, auxquelles nous ajouterons une description des tâches ou tests permettant leur évaluation. En deuxième lieu, nous aborderons le thème du stress, d'abord dans sa globalité, afin de contextualiser sa définition et d'en préciser les différents types. Nous détaillerons ensuite trois modèles théoriques, le modèle transactionnel du stress, le modèle transdisciplinaire du stress et le syndrome général d'adaptation, desquels sont tirés les caractéristiques et les phases temporelles qui définissent le stress. Enfin, nous détaillerons ces dites phases qui s'identifient à des composantes de la réponse au stress. En troisième lieu, nous ferons un état des lieux des apports théoriques relevés dans la littérature

en lien avec notre question de recherche. Celle-ci interroge le rôle de facteurs protecteurs des fonctions exécutives dans la réponse au stress aigu (physiologique et subjectif) induit en laboratoire. Ensuite, nous réaliserons une synthèse des chapitres précédent afin d'explorer la relation cognition-stress en fonction des indicateurs de stress spécifiques (c'est-à-dire les mesures auto-rapportées et physiologiques) et des phases considérées (l'alarme, la résistance et l'épuisement) .

La deuxième partie de ce mémoire est consacrée au développement de la méthodologie, des analyses et résultats, mais également de la discussion et des pistes d'ouvertures relative à cette étude. Premièrement, mises en lien avec les apports de la partie théorique, nous exposerons notre question et nos hypothèses de recherche. Ensuite, la partie méthodologie sera consacrée au détail de notre échantillon de participants, de la procédure et des instruments de mesures utilisés pour mener à bien notre étude. La partie analyses et résultats comportera l'ensemble des analyses effectuées en lien avec nos hypothèses, ainsi que les résultats obtenus. Pour finir, nous commenterons nos analyses statistiques et résultats obtenus dans la partie discussion. Celle-ci comptera également la description des forces et des limites de l'étude, de même que les pistes d'ouverture sur le sujet.

I. Partie théorique

1. Chapitre 1 : Les fonctions exécutives

Ce premier chapitre a pour objectif de présenter de façon détaillée les fonctions exécutives et leurs rôles dans le fonctionnement cognitif. Pour ce faire, nous débuterons par une mise en contexte historique et anatomique afin de localiser les zones cérébrales en lien avec les fonctions exécutives. Ensuite, nous explorerons le cadre théorique du fonctionnement exécutif et passerons en revue les différents modèles théoriques sur le sujet. Nous verrons qu'une des questions majeures relevée dans la littérature, a été de prendre position quant au caractère unitaire ou multiple des fonctions exécutives. En effet, les fonctions exécutives se réfèrent à une multitude d'habiletés telles que la flexibilité cognitive, l'inhibition, la mémoire de travail, la mise à jour de la mémoire de travail, l'attention divisée, la planification, le raisonnement et les fluences verbales. Nous terminerons donc ce chapitre par une définition complète des fonctions exécutives suivi d'une description détaillée des trois facettes principales de celles-ci, c'est-à-dire, l'inhibition, la mise à jour, et la flexibilité cognitive auquel nous ajouterons le détail de la mémoire de travail, fonction moins illustrée dans la littérature.

1.1. Localisation cérébrale

La recherche sur les fonctions exécutives trouve ses racines historiques dans les études neuropsychologiques de patients souffrant de lésions du lobe frontal, par exemple « l'homme à la barre de fer », décrit par Harlow en 1868 & MacMillan, 1999. Depuis, il a été démontré que les fonctions exécutives sont intimement liées aux lobes frontaux et plus particulièrement, au cortex préfrontal ; cette région du cerveau étant reliée à toutes les aires cérébrales, elle permet un riche échange d'informations (Collette et al., 2005 ; Sylvester et al., 2003). Ces recherches ont fourni une base pour de nombreuses propositions concernant la nature des déficits cognitifs que les patients souffrant de lésions du lobe frontal présentent, et la nature des fonctions de contrôle que les lobes frontaux normaux et intacts semblent effectuer. Ces patients présentent de graves problèmes de contrôle et de régulation de leurs comportements et ne peuvent pas fonctionner correctement dans leur vie quotidienne (Miyake et al., 2000).

1.2. Cadre théorique du fonctionnement exécutif

Le fonctionnement exécutif est une construction multidimensionnelle globale, qui comprend des facettes individuelles communément appelées inhibition, flexibilité cognitive, actualisation, mémoire de travail, contrôle attentionnel et planification (Diamond, 2013 ; Friedman et Miyake, 2017 ; Snyder et al., 2015). La relation entre ces composantes du siège de contrôle exécutif est complexe et un débat sur le sujet de leur nature non-unitaire subsiste au sein de recherches psychologiques et

neuropsychologiques récentes. En effet, la théorie sur le contrôle exécutif de l'attention se base sur deux modèles bien connus et complétés avec le temps.

1.2.1. Le modèle du Système de Supervision Attentionnel (Norman et Shallice, 1986)

Le premier modèle est le Système de Supervision Attentionnel (SAS) de Norman et Shallice (1986). Il s'agit d'un modèle de contrôle attentionnel du comportement, qui démontre que l'action peut être automatique, semi-automatique ou attentionnelle, rendant ce système responsable du contrôle de l'action et de l'attention dont la capacité est néanmoins limitée. C'est dans ce cadre de contrôle et de régulation par le SAS que les fonctions exécutives prennent place. Ce mécanisme est nécessaire à la planification de situations complexes et à l'inhibition de certaines réponses automatiques.

1.2.2. Le modèle de la mémoire de travail de Baddeley (1986)

Le deuxième est le modèle de la mémoire de travail de Baddeley (1986). Il comprend trois composantes dont deux spécialisées dans le maintien des informations phonologiques basées sur la parole (la boucle phonologique) et des informations visuelles et spatiales (le bloc-notes visuo spatial). Ces deux systèmes sont contrôlés par l'Administrateur Central (AC) qui assure la communication et permet l'information entre les systèmes « esclaves ». L'AC est vu comme responsable du contrôle et de la régulation des fonctions exécutives en maintenant actives les informations pertinentes pour l'action en cours (Pradat-Diehl et al., 2006) et est souvent lié au fonctionnement des lobes frontaux.

L'Administrateur Central est associé à quatre grandes fonctions. La première est qu'il assure un rôle de coordination lors de la réalisation de deux tâches de manière simultanée. Ensuite, il a la capacité de d'éviter les réponses automatiques. Il permet la sélection active du stimulus pertinent et inhibe les éléments distracteurs. Enfin, l'AC permet de récupérer les informations en mémoire à long terme en vue de les manipuler (Bailly, 2004; Rossi, 2005). Grâce à ce processus, les informations sont maintenues dans la mémoire de travail et sont continuellement révisées en fonction de la pertinence de la situation (Fig. 1). Baddeley (1986) a également proposé que le Système de Supervision Attentionnel puisse être un modèle candidat du contrôle exécutif.

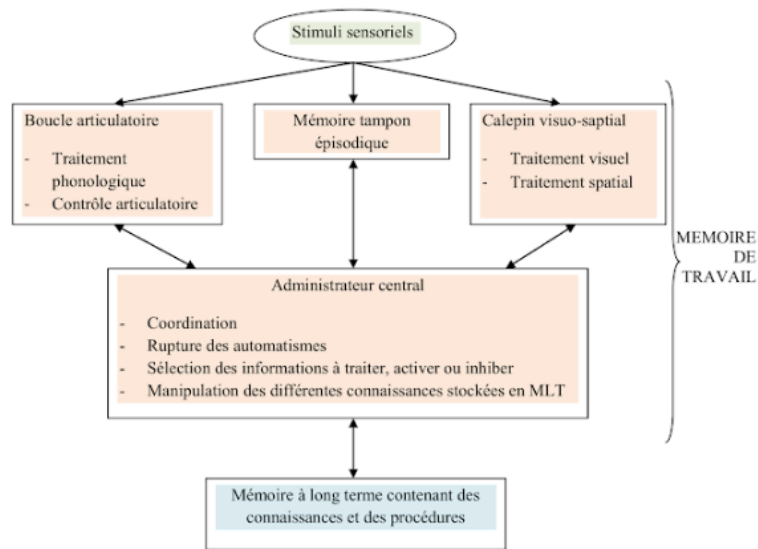


Figure 1 : Modèle de la mémoire de travail de Baddeley (Rossi, 2005 cité dans Bross, 2019)

Le débat de la nature non-unitaire des composantes des fonctions subsiste en ce sens que ces deux modèles ne distinguent pas de sous-composantes et qu'ils sont vus comme des composantes unifiées des fonctions exécutives situées dans le lobe frontal (Chevalier, 2010 ; Miyake et al., 2000). De plus, certaines conceptions récentes des fonctions exécutives suggèrent qu'il existerait une base commune ou un mécanisme unificateur qui peut caractériser la nature des déficits chez les patients souffrant de lésions du lobe frontal ou des fonctions des lobes frontaux (Duncan, Johnson, Swales, & Freer, 1997 cités dans Miyake et al., 2000). A contrario, un groupe d'auteurs plus récents soutient que les fonctions exécutives sont multiformes et que les différents types de fonctions exécutives sont corrélés mais séparables (Miyake et al., 2000). C'est pourquoi, après de nombreuses recherches sur le sujet, ils décident d'ajouter une composante au modèle de Baddeley et divisent le siège de contrôle de fonctions exécutives en trois composantes principales : l'inhibition, la mise à jour/la surveillance et la flexibilité (Diamond, 2013 ; Miyake et al., 2000). Par la suite, des chercheurs (Montette & Bigras, 2008; Monette, Bigras & Lefrenière, 2015) ajoutent les fonctions de planification et de fluidité au contrôle exécutif.

Cette nature non-unitaire se justifie notamment par le fait que les fonctions exécutives opèrent sur d'autres processus cognitifs, impliquant qu'une grande partie de la variance d'une tâche spécifique à une fonction exécutive ne mesure pas nécessairement le processus exécutif supposé (McGue et al., 1993; Neisser et al., 1996). De fait, les tâches exécutives complexes ont tendance à souffrir d'une fiabilité interne et/ou test-retest relativement faible (Denckla, 1996 ; Rabbitt, 1997b), et pour cette raison, un score faible à un seul test exécutif ne signifie pas nécessairement un fonctionnement exécutif

inefficace ou altéré (Miyake & Shah, 1999). La raison probable pourrait venir de la variété de stratégies adoptée par les individus à différentes occasions (ou même au cours d'une même session) lorsqu'ils effectuent ces tâches.

De plus, l'implication des fonctions de contrôle exécutif est généralement considérée comme plus forte lorsque la tâche est nouvelle (Rabbitt, 1997b), la répétition de la tâche peut alors réduire son efficacité à capturer réellement le processus exécutif cible, ce qui entraîne une faible fiabilité. Ainsi, les faibles corrélations d'ordre zéro entre les tâches exécutives pourraient être le reflet de cette faible fiabilité des mesures, plutôt que le reflet de l'indépendance des fonctions exécutives sous-jacentes sollicitées par les tâches individuelles. Bien que les détails des résultats diffèrent d'une étude à l'autre, un modèle très cohérent qui se dégage de ces études sur les différences individuelles est que les inter-corrélations entre les différentes tâches exécutives sont généralement faibles et ne sont souvent pas statistiquement significatives. Les résultats de ces études sur les différences individuelles sont souvent utilisés pour soutenir que les fonctions du lobe frontal ne sont pas unitaires et doivent donc être fractionnées (Huteau, 2021).

Enfin, des études récentes de neuro-imagerie démontrent également l'unité et la diversité des fonctions exécutives en termes de localisation cérébrale (Collette et al., 2005 ; Sylvester et al., 2003). Ils ont observé des zones frontales et pariétales communes activées par trois fonctions exécutives, (l'inhibition, la mise à jour et la flexibilité cognitive), ainsi que des zones frontales et/ou postérieures propres à l'actualisation et au déplacement.

1.3. Définitions des fonctions exécutives

Les fonctions exécutives sont au cœur du développement de l'être humain au sens large. Ce sont des processus de contrôle cognitif qui régulent la pensée et l'action, et qui permettent aux individus d'organiser leurs actions, de prendre des décisions afin de s'engager avec souplesse et de s'adapter avec succès à des environnements changeants (Jurado et Rosselli, 2007). « *Elles interviennent dans des situations non routinières qui nécessitent l'élaboration, l'exécution et l'évaluation d'un plan (et éventuellement, sa correction) afin d'atteindre un but particulier* » (Censabella et al., 2007, p.117). Ces processus peuvent contribuer de manière substantielle aux résultats physiologiques et psychologiques (Allan et al., 2016 ; Snyder et al., 2015).

Dans la littérature, les composantes principales des fonctions exécutives sont généralement le trio essentiel composé de l'inhibition, de la mise à jour/la surveillance et de la flexibilité (Diamond, 2013 ; Miyake et al., 2000), mais il en existe d'autres telles que la planification, l'attention divisée, le raisonnement et les fluences verbales, qui ne sont pas analysées dans ce mémoire. Pour notre part, nous nous concentrerons sur le développement des trois facettes principales des fonctions exécutives citées

ci-dessus, en ajoutant la composante de mémoire de travail. Les études citées précédemment illustrent la validité prédictive de ces concepts pour diverses capacités cognitives et problèmes du monde réel, ainsi que le pouvoir offert par leurs mesures avec des variables latentes.

1.3.1. Les facettes des fonctions exécutives

1.3.1.1. *L'inhibition*

L'inhibition se définit par la capacité à supprimer les actions et impulsions non désirées, telles que des réponses dominantes ou automatiques (Verbruggen, 2019). L'inhibition de la réponse est essentielle pour naviguer dans la vie quotidienne. Elle permet de se concentrer sur une tâche en situation de distraction, de persévérer malgré le désir de continuer sur une tâche plus agréable, de retarder les récompenses et de ne pas exprimer la réponse dominante qui vient à l'esprit en premier (Diamond, 2013).

Comme mentionné précédemment, les fonctions exécutives interagissent entre elles en tant que construction multidimensionnelle, en ce sens que l'inhibition intervient auprès d'autres fonctions telles que la mémoire et l'attention (Chevalier, 2010; Miyake et al., 2000). Elle sert notamment la mémoire de travail en limitant la saisie d'informations et en aidant la fonction de mise à jour à éliminer les informations devenues non pertinentes (Joormann, 2010).

Au travers de nos recherches dans la littérature, nous avons relevé plusieurs tâches cognitives utiles pour mesurer la capacité d'inhibition d'un individu, telle que la tâche de « Stroop », la tâche d'anti-saccade (Stroop, 1935 ; Hallett, 1978 ; Hutton & Ettinger, 2006) et la plus connue et choisie pour notre étude, la « Stop-Signal Task » (Verbruggen et al., 2008). Cette dernière est décrite comme étant un outil populaire pour l'étude de l'inhibition de la réponse en psychologie cognitive, en neuroscience cognitive et en psychopathologie. Premièrement instauré par Logan, 1994, et ensuite revu par Verbruggen et ses collègues (2019), le *Stop Signal Task* est une tâche basée sur un choix de temps de réaction de type Go/No Go qui fournit une mesure pour estimer le temps nécessaire pour arrêter l'exécution d'une réponse déjà en cours (Nitz, 2022). D'autres recherches utilisant cette tâche ont révélé des liens entre les capacités de contrôle inhibiteur et un large éventail de problèmes de comportement et de contrôle des impulsions dans la vie quotidienne, notamment en lien avec la toxicomanie et les comportements obsessionnels compulsifs (Smith et al., 2014). Nous développons cette tâche en détails dans la seconde partie de ce mémoire.

1.3.1.2. La mémoire de travail

Cette facette des fonctions exécutives fait référence au modèle de mémoire de travail de Baddeley, 1986, présenté dans le point « fonctionnement exécutif » de ce mémoire. La mémoire de travail s'apparente à un système cognitif à capacité limitée responsable du stockage et du traitement temporaires des informations (Baddeley, 2002). Ce système multi-composants est responsable du maintien actif de l'information face à un traitement en cours et/ou à une distraction. Il s'agit du résultat de processus convergents au domaine spécifique des processus de stockage, et de répétition au domaine plus général de l'attention exécutive. La mesure dans laquelle le maintien dépend des compétences du domaine spécifique ou général varie en fonction de l'aptitude individuelle, du contexte de la tâche et des interactions entre eux (Conway et al., 2005).

La mémoire de travail représente une variable importante des différences individuelles dans les approches différentielles pour comprendre le comportement humain. Les tâches d'empan de la mémoire de travail, telles que l'empan de comptage, l'empan d'opérations et l'empan de lecture, ont été conçues dans la perspective de la théorie de la mémoire de travail de Baddeley et Hitch (1974), qui souligne l'importance fonctionnelle d'un système de mémoire immédiate capable de stocker brièvement une quantité limitée d'informations au service de l'activité mentale en cours. Par soucis de temps et de moyens, pour notre étude, nous nous sommes restreints à administrer la tâche « Operation Span », décrite dans la littérature comme étant un outil valide et fiable pour évaluer la capacité de la mémoire de travail de nos participants (Conway et al., 2005).

1.3.1.3. La mise à jour de la mémoire de travail

La mise à jour de la mémoire de travail se définit par le contrôle constant des informations entrant dans la mémoire de travail et l'élimination du contenu qui n'est plus pertinent pour la tâche (Miyake et al., 2000), puis de les mettre à jour de manière appropriée en remplaçant les anciennes informations par d'autres plus récentes et plus pertinentes.

Plusieurs méta-analyses mettent en évidence l'implication de la mise à jour dans divers processus de stratégies de prises de décision qui dépendent du contrôle cognitif et de la mémoire de travail. Par exemple, il a été démontré au travers d'une étude sur le niveau de contribution des fonctions exécutives dans la capacité d'un enfant à résoudre des problèmes de multiplications (Agostino et al., 2010), que la mise à jour a joué un rôle plus important que l'âge dans la prédiction de la performance pour les problèmes à plusieurs étapes. Elle serait également impliquée dans les problèmes d'application de règles de décision qui nécessitent l'exécution d'opérations mentales (Del Missier et al., 2010). L'un des outils utilisé pour évaluer la capacité de mise à jour de la mémoire de travail de nos participants

est la tâche cognitive de « Letter-Memory », développée par Miyake et al., 2000 et Morris & Jones, 1990. Nous la développons plus amplement dans la deuxième partie de ce mémoire.

1.3.1.4. La flexibilité cognitive

Cette composante est importante pour comprendre à la fois les défaillances du contrôle cognitif chez les patients souffrant de lésions cérébrales et les tâches qui demandent aux individus de passer d'une tâche à l'autre (Monsell, 1996). D'après les modèles de contrôle attentionnel comme le système de supervision attentionnel (Norman & Shallice, 1986), la capacité de passer d'une tâche à l'autre, ou d'un ensemble mental à l'autre, est un aspect important du contrôle exécutif. Dans la littérature, on retrouve cette facette exécutive sous une appellation anglophone populaire, le « shifting », dont l'outil d'évaluation administré dans le cadre de notre étude est la tâche du « Number-Letter » (Miyake et al., 2000).

Des études antérieures ont démontré de façon concluante que le changement d'ensemble de tâches mentales provoque un déficit temporel mesurable (Jersild, 1927 ; Rogers et Monsell, 1995, cités dans Bouquet et al., 2013), particulièrement lorsque le changement doit être dirigé de façon interne plutôt que par des indices externes (Spector et Biederman, 1976). L'explication résiderait dans le fait que le processus de déplacement implique le désengagement d'un ensemble de tâches non pertinentes et l'engagement actif subséquent d'un ensemble de tâches pertinentes. Des travaux récents suggèrent que les différences individuelles dans la capacité de flexibilité cognitive ne reflètent pas nécessairement la capacité d'engager et de désengager des ensembles de tâches appropriés en soi, mais peuvent plutôt impliquer le pouvoir d'effectuer une nouvelle opération face à une interférence proactive ou un amorçage négatif, dû au fait d'avoir précédemment effectué une opération différente. De plus, l'un des principaux symptômes des déficiences des lobes frontaux, de la persévérance ou de la répétition d'une même réponse, même lorsqu'elle n'est manifestement plus appropriée, est souvent interprété en termes de difficulté au niveau du cadre de la flexibilité mentale (Luria, 1966 ; Stuss & Benson, 1986 cités dans Stuss et al., 2019).

Concernant la relation entre la flexibilité cognitive et les autres facettes du contrôle exécutif, Miyake et ses collaborateurs (2000), affirment que le « shifting » est une composante exécutive singulière malgré le fait qu'elle dépende fortement des capacités d'inhibition et de mémoire de travail. La flexibilité cognitive et l'inhibition seraient également plus en lien avec l'intelligence cristallisée, tandis que la mémoire de travail se rapporterait plus au processus de raisonnement propre à l'intelligence fluide (Friedmann, 2006). En conclusion, les fonctions exécutives reprennent tout un ensemble de processus dont la fonction principale est de faciliter l'adaptation de la personne aux exigences et changements soudains de l'environnement et aux situations nouvelles qui se présentent.

Elles interagissent entre elles en tant que construction multidimensionnelle, mais se distinguent tout de même par leur rôle face à une situation donnée, tel que l'inhibition d'une réponse dominante, le changement fluide d'une tâche à l'autre, ou encore le traitement et le contrôle constant des informations stockées dans la mémoire de travail.

2. Chapitre 2 : Le stress aigu

Le terme "stress" est fréquemment utilisé, tant dans les milieux scientifiques que dans le langage courant, pour désigner un certain nombre de processus différents qui sont liés mais distincts. (Mauss et al., 2005 cités dans Epel et al., 2018). Il est également utilisé pour désigner les réactions cognitives, émotionnelles et biologiques que des situations spécifiques suscitent; il s'agit de la "réponse au stress". Ainsi, la définition du stress dépend en partie de la personne à qui vous posez la question et de sa principale discipline. Le terme stress s'identifiant à plusieurs aspects distincts selon le contexte dans lequel il est utilisé, peut avoir une influence sur la santé plus ou moins importante. En effet, « *le "stress" n'est pas un concept monolithique, mais plutôt un processus émergent qui implique des interactions entre les facteurs individuels et environnementaux, les événements historiques et actuels, les états allostatiques et la résistance psychologique et physiologique* » (Epel et al., 2018).

Dans ce chapitre, nous nous intéresserons au stress dans un contexte lié à la santé. Pour ce faire, nous allons d'abord contextualiser la définition du stress global afin d'en spécifier les différents types, qu'on distingue par leurs caractéristiques spécifiques. Ensuite nous définirons en détails les trois phases d'alarme, de résistance et d'épuisement du stress, ainsi que leurs processus et l'impact de la réponse au stress sur la santé. Enfin, nous apporterons des précisions sur les indicateurs psychologiques et physiologiques du stress aigu et présenterons nos recherches théoriques sur les différents outils et méthodes utilisés pour induire un stress aigu en laboratoire.

2.1. Le concept de « stress »

Dans le langage commun, le stress se définit comme « *un état réactionnel de l'organisme soumis à une agression brusque* » (Larousse, 2010). Une définition du stress nous est donnée par Charmandari. E, Tsigos. C et Chrousos. G-P, (2005) : « *Le stress est défini comme un état de menace ou de perception de menace pour l'homéostasie* ». De là en découle la définition des facteurs de stress comme étant, des « *forces adverses, réelles ou perçues, intrinsèques ou extrinsèques qui défient constamment l'homéostasie* ». En effet, tel que rapporté dans la littérature, il existe des preuves fiables que le stress affecte les processus biologiques à action lente dans le cerveau et le corps, provoquant l'accélération des maladies du vieillissement. Il est également associé à un risque accru de maladies, notamment de maladies cardiovasculaires, d'hypertensions et de maladies infectieuses (Cohen et al., 2007).

Le premier modèle qui tente de comprendre le fonctionnement du stress est celui développé par W. B. Cannon. Il explore les modes de réactions face à une menace externe en élaborant une théorie sur les réactions émotionnelles et physiologiques mises en place. Ainsi, il utilise le terme stress dans

un sens physiologique (Cannon, 1914, cité dans Chapelle, 2018). De par ses travaux sur les animaux, il suggère que la réaction de stress permet à l'animal de « fuir ou combattre » (« flight or fight »). Ainsi, le stress est vu comme une réponse adaptative à un facteur de stress permettant à l'individu de surmonter cette épreuve (Cannon, 1932). Ensuite, Seyle (1946), rend plus scientifique le concept de stress par sa théorie sur le « Syndrome d'Adaptation Générale ». Plus tard, Lazarus et Folkman (1984), en développe la composante psychologique, à travers le modèle transactionnel de stress. Bien plus tard, le modèle transdisciplinaire du stress (Epel et al., 2018) permet de concevoir le stress comme « *un ensemble de processus interactifs et émergents.* », dont les facteurs sont à contextualiser dans la vie de l'individu. Ces trois modèles évoluant dans le temps, théorisent ainsi le concept de stress.

2.1.1. Modèle transactionnel du stress (Lazarus et Folkman, 1984)

Lazarus développe en 1984 un concept sur la transaction entre l'individu et son environnement où l'individu évalue initialement l'événement lui-même et où dans un deuxième temps l'individu évalue ses propres capacités d'adaptation face à cet événement (Chapelle, 2018). Ensemble avec Folkman (1984), ils modélisent le stress psychologique, définit telle : « *une relation particulière entre la personne et l'environnement qui est évaluée par la personne comme astreignante ou excédant ses ressources et menaçant son bien-être* » (Lazarus et Folkman, 1984, p.13). Ils parlent de « coping » pour définir le fait que l'individu est capable de faire face ou non à l'événement stressant. Ainsi, face à une situation, ce dernier l'évalue en deux temps. Premièrement, lors de l'évaluation primaire, l'individu évalue si la situation donnée lui est favorable ou non. Elle l'amène à trois cas de figure, la situation peut être non-pertinente, bénigne-positive, ou stressant. Cette évaluation primaire de l'enjeu donne lieu à ce que l'on appelle le « stress perçu » (Bruchon-Schweitzer, 2014). Lorsque la situation est évaluée comme dangereuse ou menaçante, l'individu procède à l'évaluation secondaire qui consiste à évaluer s'il possède les ressources nécessaires pour surmonter cette situation et quelles stratégies de « coping », peut-il mettre en place pour la surmonter. Celles-ci doivent permettre de s'adapter et elles peuvent être centrées sur le problème (chercher à réduire ce problème) ou centrées sur l'émotion (afin de réduire l'émotion déclenchée par la situation) ; (Chapelle, 2018). Suite à la mise en place de ces stratégies, l'individu va effectuer une réévaluation de la situation. Cette évaluation secondaire des ressources disponible donne lieu à ce que l'on appelle le « contrôle perçu » (Bruchon-Schweitzer, 2014). Il est important de préciser que le facteur de stress ici est l'évaluation négative des compétences pour faire face à une situation évaluée comme stressante. La nature subjective du stress psychologique explique donc pourquoi différents individus réagissent de façons différentes face aux mêmes stimuli (Vraie, 2018). Généralement mesuré dans le domaine de la psychologie, le stress perçu intervient « *lorsque la personne perçoit les exigences d'un stimulus environnemental, comme étant plus grandes*

que sa capacité à répondre, à atténuer ou à modifier ces exigences » (Lazarus et al., 1984). Ses mesures reflètent un mélange d'états affectifs et de cognitions en réponse à une situation.

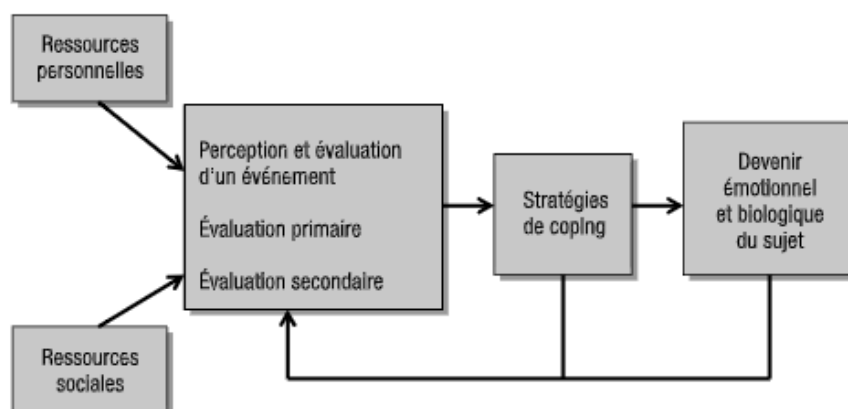


Figure 2 : Modèle transactionnel du stress (Lazarus & Folkman, 1984)

2.1.2. Le Syndrome Général d'Adaptation (Seyle, 1946)

Le stress physique, lui, est développé par Seyle en 1946, et basé sur son modèle nommé « Syndrome Général d'Adaptation », il est divisé en trois phases successives : la phase d'alarme, la phase de résistance et la phase d'épuisement.

2.1.2.1. La phase d'alarme

La première phase, **l'alarme**, prépare à agir après avoir été informé d'une future situation stressante, par l'activation du système nerveux sympathique, appelé aussi le processus de réponse "fight-or-flight". Ce dernier libère des hormones d'adrénaline et norépinéphrine (noradrénaline), ce qui augmente le rythme et la pression cardiaque, mais également le rythme respiratoire et la dilatation des bronches (Seyle, 1946). Il se produit aussi une sécrétion par l'hypothalamus de peptides dérivés de la proopiomélanocortine (POMC ; β -endorphine en particulier) induisant une analgésie par l'intermédiaire de projections vers le cerveau postérieur et la moelle épinière inhibant les stimulus douloureux ascendants (Fresco, 2012).

2.1.2.2. La phase de résistance

Si l'exposition au facteur de stress persiste, survient la phase de **résistance**, qui prépare l'organisme à endurer, par l'activation de l'axe hypothalamo-hypophyso-surrénalien (HPA), permettant la sécrétion de cortisol (l'hormone du stress) par les glandes corticosurrénales (Fulford and Harbuz, 2005; Selye, 1946 cité dans Grimm et al., 2021). Le système neuroendocrinien contrôle les réactions au stress et régule de nombreux processus corporels, notamment la digestion, le système

immunitaire, l'humeur et les émotions, la sexualité, ainsi que le stockage et la dépense d'énergie. Des effets complexes sur le système immunitaire sont également activés, comme une augmentation de certains composants, par exemple les voies inflammatoires et une diminution l'immunité cellulaire et des fonctions inutiles (Chrousos, 2009 ; Morey et al., 2015).

2.1.2.3. *La phase d'épuisement*

Lorsque le stress est passé survient la phase **d'épuisement**. Il s'agit de la période pendant laquelle les systèmes de stress activés reviennent à la ligne de base pour permettre l'homéostasie. Elle se traduit par un épuisement des capacités énergétiques de l'organisme, une chute du glucose circulant, « *une augmentation chronique du taux des glucocorticoïdes avec une perte progressive du rétrocontrôle de ces glucocorticoïdes sur la commande hypothalamo-hypophysaire* » (Fresco, 2012, p.26). Cette phase d'épuisement permet à l'organisme de maintenir l'apport énergétique suffisamment haut, par la consommation du glucose déjà stocké dans l'organisme et ainsi éviter d'en reproduire. Parallèlement, l'individu essayera de mettre en place des adaptations et des stratégies pour réduire les effets du stress engendré lors de la phase précédente (Ogden, 2014) .

Une quatrième phase, non comprise dans le modèle de Seyle, 1946, nommée l'habituation, suit la phase d'épuisement et se caractérise par une activation plus faible des réponses au stress à la suite d'une exposition répétée à des facteurs de stress aigus identiques ou similaires (Grissom and Bhatnagar, 2009; Thompson and Spencer, 1966, cités dans Grimm et al., 2021).

Le passage par ces trois étapes représente la réponse au stress. Elle dépend du système neuroendocrinien du stress, situé à la fois au niveau du système nerveux central et périphérique, c'est-à-dire le système nerveux autonome et les glandes surrénales (Fresco, 2012). Il coordonne les réponses adaptatives de l'organisme aux facteurs de stress de tous types, et celles-ci prennent la forme de réactions qui sont à la fois cognitives (évaluation de la situation), émotionnelles et comportementales (stratégies d'adaptation et régulation des émotions) et qui permettront aux individus de faire face au facteur de stress (Epel et al., 2018). Enfin, les réponses à l'événement passent par des processus conscients, comme les évaluations, mais aussi par des processus inconscients qui exercent des influences sur le cerveau et le corps sans qu'on en ait explicitement conscience (Bechara et al., 1997 ; Blascovich et Mendes, 2000 ; Critchley, 2005, cités dans Epel et al., 2018). Le type de facteur de stress, la façon dont il est géré ou régulé, ainsi que les facteurs contextuels, déterminent la réponse physiologique immédiate, ainsi que les conséquences comportementales et à long terme.

Cependant, il est important de noter que pour mesurer le stress, il faut tenir compte de sa nature multi-niveaux, sous-entendu qu'il dépend du contexte biographique de l'individu (l'âge et le

patrimoine génétique), du contexte socioculturel (le statut socio-économique, les normes culturelles et l'histoire personnelle) ; (Boyce, 2016) et de l'exposition au stress. Ces multiples niveaux sont illustrés dans le modèle transdisciplinaire du stress (Fig. 2) et complétés par des caractéristiques fidèles à la mesure, telles que la temporalité du stress et la fenêtre d'évaluation de l'outil de mesure utilisé. Elles peuvent être enregistrées de manière objective ou auto-rapportées par le participant (Epel et al., 2018).

2.1.3. Les caractéristiques de mesure du stress

2.1.3.1. *La durée d'exposition*

Il existe plusieurs types de stress différents qui dépendent de la durée d'exposition au facteur de stress. Dans le cadre de ce mémoire, nous nous intéressons au stress aigu, caractérisé par une exposition à court terme dans un contexte de conditions naturelles ou induites en laboratoire. En comparaison avec le stress chronique, les modifications biologiques qui suivent l'exposition à un stress aigu sont de courtes durées et les conséquences négatives pour l'organisme sont minimales. Cette réaction accélère le retour à l'état d'homéostasie et l'épisode est retenu en mémoire pour pouvoir adapter la réponse, en cas de futures expositions similaires (Chrousos, 2009 ; Morey et al., 2015). C'est pourquoi, l'influence d'une exposition à un facteur de stress aigu, deviendra moins importante, si celle-ci est répétée.

A l'opposé, les facteurs de stress chronique sont identifiés comme étant exigeants, pénibles, continus et s'étendant sur une période de minimum 6 mois (Anisman, 1999). La caractéristique chronique du stress a un impact négatif sur la phase d'épuisement et le retour à un équilibre homéostatique, provoquant une installation permanente des effets négatifs et des lésions dues au stress (Shields, 2020). D'autres types de stress sont liés aux événements du quotidien, et concernent les tracasseries mineures qui se produisent fréquemment (disputes, échéances, contraintes, etc). De même que les événements précis de la vie, qui se distinguent par leur début identifiable, par exemple : un divorce, un deuil, un accident, etc. Les traumatismes font partie de ce type de stress mais restent singuliers par leur caractère de menace de la sécurité physique et/ou psychologique (Epel et al., 2018). Cependant, tous les types de stress sont liés par le facteur de temporalité. Par exemple, un ensemble de stress aigus vécus sur une longue période, s'identifiera alors à un stress chronique.

2.1.3.2. *La fenêtre d'évaluation*

La mesure du stress dépend de la période d'évaluation. Celle-ci peut être prise sur le moment présent, dans un intervalle de temps précis, mais également quotidiennement sous la forme d'un rapport journalier ou rétrospectivement, sur des semaines, des mois, des années, etc (Epel et al., 2018).

La période entre la survenance de l'événement source de stress et l'évaluation de celui-ci constitue également une variable continue de la mesure du stress.

2.1.4. Le modèle transdisciplinaire du stress (Epel et al., 2018)

Cette figure, présente un modèle transdisciplinaire qui décrit le "stress" comme « *un ensemble de processus interactifs et émergents.* ». Les facteurs de stress sont à contextualiser dans la vie d'une personne (facteurs contextuels dans le triangle bleu de la figure 2). Ils comprennent les caractéristiques individuelles, telles que la personnalité et les facteurs démographiques, l'environnement dans lequel on vit, l'exposition actuelle et passée aux facteurs de stress, et les facteurs de protection. Tous ces éléments combinés déterminent l'état d'équilibre de base de la régulation physiologique et la perspective à travers laquelle les facteurs de stress sont perçus et interprétés. De plus, la sévérité des effets induits par le stress peut être liée aux caractéristiques de l'individu et à la nature du facteur de stress. Les caractéristiques pertinentes du facteur de stress étant les suivantes : (1) La contrôlabilité, c'est-à-dire la mesure dans laquelle le stress peut être atténué ou éliminé par une réponse appropriée, (2) la prévisibilité de l'apparition du facteur de stress, (3) la durée ou la chronicité de l'exposition (c'est-à-dire, soit aiguë, soit sur une période relativement longue), et (4) le moment et la fréquence de l'exposition (Anisman et al. 1991 ; Willner, 1997).

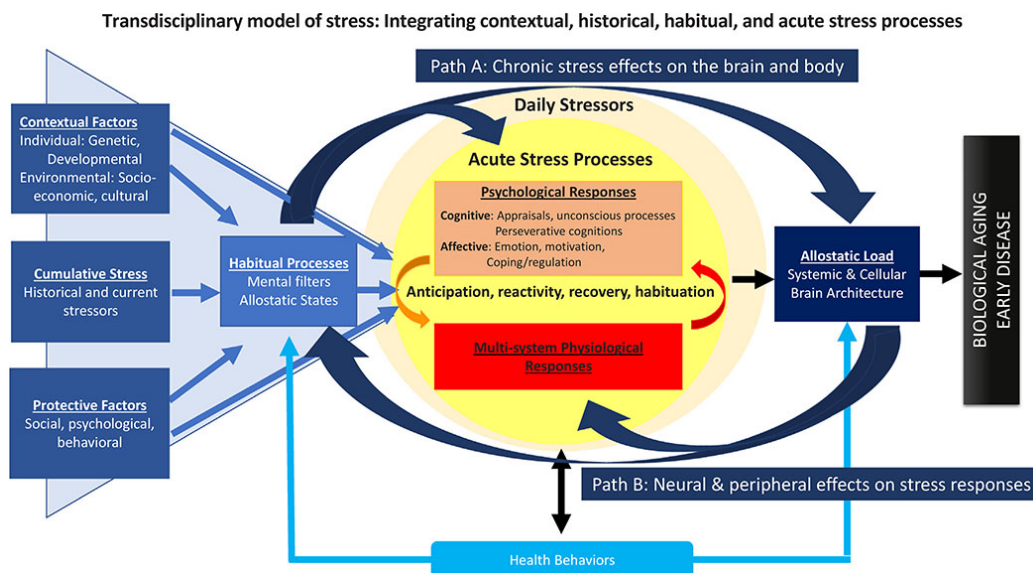


Figure 3 : Modèle transdisciplinaire du stress (Epel et al., 2018)

De plus, des facteurs de protection peuvent favoriser la réponse au stress. Ceux-ci comprennent les structures familiales de soutien et le maintien d'un mode de vie physiquement actif qui permet de résister ou de rebondir face au stress (Cacioppo et al., 2002 cité dans Epel et al., 2018). Par conséquent, les facteurs contextuels et les processus habituels influencent ensemble les réponses psychologiques

et physiologiques aux facteurs de stress aigus et quotidiens. Si ces réponses ne sont pas régulées, l'état d'équilibre est bousculé, provoquant un vieillissement biologique et une prédisposition aux maladies précoces.

2.2. L'impact de la réponse au stress sur la santé

Comme mentionné précédemment, il existe des preuves fiables dans la littérature que l'exposition au stress à long terme, à un impact conséquent sur la santé. Tel que l'avance McEwen, (2007), la théorie dominante sur la façon dont l'exposition au stress impacte la santé à long terme est que la résistance physiologique répétée associée à des réponses inadaptées à ces agressions répétées entraîne une charge allostatique au fil du temps. De fait, l'exposition prolongée au stress répété ou chronique, provoque une accumulation « d'usures du corps » chez l'individu, qui représente un facteur prédisposant à l'apparition de plusieurs maladies cardiovasculaires et immunitaires. Les profils de réponses inadaptées peuvent alors prendre de multiples formes, telle qu'une réaction d'alarme accrue avant un événement, une résistance accrue à un événement, un épuisement prolongé après l'événement et un manque d'habituation (Grimm et al, 2021). Cette-dernière peut être définie comme un manque d'adaptation efficace à l'événement tel qu'il se produit ou un manque d'adaptation efficace au même événement après répétition de ce même événement à différentes occasions. De plus, de nombreux facteurs modulent la réponse au stress et les mécanismes biologiques par lesquels le stress agit. Le stress aigu exerce ses effets, au moins en partie, en altérant le HPA et le système immunitaire (Shields, 2020), qui jouent un rôle primordial dans le système de santé général de l'organisme.

Ainsi, par exemple une réponse exagérée ou prolongée au cortisol peut être néfaste pour la santé, car elle provoque une surexposition aux hormones de stress, une hypertension artérielle et une augmentation des lipides sanguins, favorisant le risque de maladies cardiovasculaires, de diabète de type 2, de dérèglement du système immunitaire et de troubles cognitifs (Lundberg, 2005 ; McEwen, 1998, cités dans Epel et al., 2018). Cependant, certains auteurs démontrent l'ambiguïté de la réponse au stress, et mettent en avant sa caractéristique adaptative. Ils illustrent leurs propos par les effets contradictoires du cortisol sur l'organisme. Le cortisol présent dans le sang favorise la libération des réserves d'énergie essentielles pour faire face au stress. Pourtant, il impacte également négativement le fonctionnement normal du système immunitaire, provoquant ainsi la vulnérabilité de l'organisme face aux maladies infectieuses. Or, la suppression immunitaire induite par le cortisol peut également avoir une fonction protectrice (Munck et al., 1984), en prévenant le développement de maladies caractérisées par une attaque immunitaire contre les propres tissus de l'organisme. Mais la nature adaptative de la réponse a des limites ; si lors de la libération de l'hormone du stress, les niveaux élevés

de cortisol persistent pendant une période prolongée, alors la nature adaptative de la réponse peut disparaître et des effets indésirables peuvent s'ensuivre.

2.3. L'induction de stress aigu en laboratoire

Précédemment, nous avons énoncé que la sévérité des effets du stress dépendait de la nature de ce-dernier. En effet, au travers nos recherches théoriques, nous avons constaté que l'exposition au stress pouvait survenir dans un contexte de conditions dites naturelles (à la maison, en voyage, dans la famille, etc), mais qu'il était également possible d'induire un stress aigu en laboratoire. En effet, dans le cadre d'une étude et par souci de fiabilité et validité des mesures, il est plus avantageux pour les expérimentateurs de mesurer le niveau de stress d'un échantillon, au moyen d'outils d'induction de stress en laboratoire. A ce jour, il existe plusieurs outils théorico-pratiques permettant l'induction du stress en condition expérimentale, et ceux-ci dépendent de trois caractéristiques majeures.

Premièrement, le caractère actif ou passif de l'événement (Blascovich et Tomaka, 1996 ; Lawler et al., 1976 cités dans Epel et al., 2018) est important. Les événements actifs sont définis comme des situations évocatrices qui nécessitent une réponse instrumentale. A contrario, les facteurs de stress passifs ne nécessitent pas de réponses instrumentales. Par exemple, en condition expérimentale, les facteurs de stress actifs comprennent les discours spontanés, les tâches de temps de réaction ou le calcul mental évalué. Les facteurs de stress passifs, eux incluent le visionnage de films perturbants ou l'expérience d'un choc inévitable. Cette distinction est importante pour interpréter les réponses physiologiques découlant de l'événement et pour interpréter les stratégies d'adaptation utilisées. De fait, en termes de mobilisation d'énergie, un caractère actif peut être perçu comme fonctionnel, contrairement à une tâche passive qui serait susceptible d'être défavorable au maintien de la santé.

Ensuite, la contrôlabilité permet de modifier les évaluations de l'événement et les réponses à celui-ci. Une méta-analyse de la réactivité du cortisol, menée par Byron et ses collègues, (2010) a défini l'incontrôlabilité comme une situation type dans lesquelles « *les réponses comportementales n'affectent pas sensiblement les résultats* ». Ainsi, on s'attend à ce qu'un facteur de stress incontrôlable (âge, sexe, origine culturelle, etc) engendre des réponses au stress aigu plus négatives que lorsque les facteurs de stress sont contrôlables.

Enfin, la troisième caractéristique importante est la demande métabolique. Elle peut s'identifier soit en tant que composants, soit en tant que processus (travail mécanique, fonction cardiovasculaire, ventilation, etc) et peut engendrer des changements dans les réponses physiologiques. Cette caractéristique est importante car elle tient compte du fait que d'autres facteurs comme la position du corps, le mouvement physique, l'effort, etc, puissent expliquer ces réponses physiologique. Ainsi, tout changement opéré dans la "physiologie du stress" ne pourra pas être interprété comme étant dû

uniquement à l'état psychologique de stress. Par exemple, un effort cognitif plus important augmente les réponses de la pression sanguine et du rythme cardiaque de manière linéaire et monotone (Wright et Kirby, 2001 cité dans Epel et al., 2018).

2.3.1. Protocoles d'induction du stress en laboratoire

Les outils théorico-pratiques utilisés pour l'induction de stress aigu en laboratoire se distinguent par la nature du facteur de stress associé qui est induit aux participants. Dans ce mémoire, nous allons brièvement décrire les tests les plus présents dans la littérature, ainsi que la nature du facteur de stress relative à chacun d'eux. Ensuite, nous justifierons notre choix pour l'étude, qui s'est porté sur le Maastricht Acute Stress Test (Smeets et al., 2012).

2.3.1.1. *Le Trier Social Stress Test (Kirschbaum et al., 1993)*

Le Trier Social Stress Test (TSST) comprend trois étapes, une période d'alarme (10 minutes) et une période de test (10 minutes) au cours de laquelle les sujets doivent préparer un discours de présentation (factice), qu'ils prononceront devant un jury composé de professionnels, autorisés à les interroger. Ensuite, ils devront répondre à un calcul mental avant de pouvoir se reposer dans une salle isolée. Ce test, dont le facteur de stress est de nature sociale, permet d'induire du stress psychologique et de mesurer ses effets de façon physiologique. Cependant, ce protocole est coûteux en terme de ressources, en ce sens qu'il nécessite un échantillon de participants important pour être utilisé (Allen et al., 2017).

2.3.1.2. *Le Cold Pressor Test (Schwabe et al., 2008 ; Vonbaeyer et al., 2005)*

Le Cold Pressor Test (CPT), ou le test au froid en français, est l'un des tests de stress induit les plus couramment utilisés en laboratoire. Il se déroule en trois étapes. Premièrement, les participants doivent plonger leur main dans l'eau glacée (entre 0 et 4°) pendant maximum trois minutes. Ils sont autorisés à la retirer si la douleur devient insoutenable. Lorsque le temps est écoulé, il leur est demandé de remplir un questionnaire pour évaluer leur niveau de stress perçu. Ici, le facteur de stress du CPT est de nature physiologique, car le froid de l'eau provoque des douleurs ischémiques chez les participants.

2.3.1.3. *Le Paced Auditory Serial Addition Test (Gronwall, 1977)*

A l'origine, l'application du Paced Auditory Serial Addition Test (PASAT) est basée sur des données provenant de patients souffrant d'une simple commotion cérébrale. Cette mesure de la vitesse de traitement de l'information est présentée comme un test pratique pour estimer la performance individuelle des patients pendant l'épuisement. Il reprend des instructions standardisées à indiquer au

patient de type : « *Vous allez entendre une liste de chiffres uniques lus l'un après l'autre. Je veux que vous additionniez les nombres par paires et que vous donniez votre réponse à haute voix. Ajoutez chaque nombre à celui qui le précède, et non à votre réponse. Ajoutez le deuxième chiffre au premier, le troisième au deuxième, et ainsi de suite* ». La tâche comporte plusieurs étapes qui se complexifient. Cependant, la difficulté de ces exercices rendait le test anxiogène pour les participants. C'est pourquoi Lejuez et ses collaborateurs (2003) ont mis en place une version simplifiée de ce test. La nature du facteur de stress du PASAT est cognitive. Il est conçu pour induire du stress psychologique chez les sujets.

2.3.1.4. Le Maastricht Acute Stress Test (Smeets et al., 2012)

Le Maastricht Acute Stress Test (MAST) résulte de la combinaison des caractéristiques stressantes du TSST et du PCT, le but étant de créer un test de stress en laboratoire simple, capable de susciter de fortes réponses de stress autonomes et glucocorticoïdes. Il consiste à demander au participant de placer sa main dans de l'eau froide (entre 2 et 8°) tout en réalisant des calculs mentaux. Le facteur de stress social intervient dans la tâche, car en cas d'erreur, l'examineur présent lui renvoie simultanément un feed-back négatif.

Ce protocole d'induction de stress en laboratoire est intéressant car il combine un facteur de stress social, cognitif et physiologique. De plus, il est présenté dans la littérature comme étant très prometteur pour les recherches futures, par ses caractéristiques de simplicité et efficacité d'action (Grimm et al., 2021). Cependant, l'utilisation du MAST peut également présenter des inconvénients. En effet, les recherches sur les phobiques sociaux (Soravia et al., 2006 cité dans Smeets et al., 2012) dénoncent que le MAST peut ne pas être aussi bien adapté que le TSST lorsque la nature psychosociale d'une situation de stress est considérée comme cruciale (par exemple, la recherche sur les phobiques sociaux ; voir Soravia et al., 2006). De même, le facteur de stress physique du MAST, c'est-à-dire l'apparition des douleurs ischémiques pourrait être trop intense pour certains échantillons, par exemple, des jeunes enfants, ou des groupes cliniques fragiles tels que les patients atteints de fibromyalgie).

2.4. Les indicateurs du stress aigu

L'induction de stress aigu en laboratoire requiert une série de d'indicateurs physiologiques et psychologiques, utilisées pour mesurer le niveau de stress. Ils s'apparentent d'une part, aux mesures de variables physiologiques, telles que le rythme cardiaque, la variabilité du rythme cardiaque, et la pression sanguine diastolique et systolique, et d'autre part, à des mesures de questionnaires auto-rapportés sur le stress perçu et l'anxiété-trait du participant. Nous décrivons plus amplement le

processus d'utilisation des différents indicateurs physiologiques et psychologiques du stress aigu induit en laboratoire, dans la partie « instruments de mesures » de ce mémoire.

2.4.1. Les indicateurs de stress physiologiques

Avant de développer les différents indicateurs du stress physiologiques, il est important de comprendre les notions d'homéostasie, de balance homéostatique et d'allostase. Premièrement, l'homéostasie désigne le résultat de la stabilité des systèmes physiologiques qui permettent le maintien de la vie. Elle s'applique à un ensemble de systèmes strictement limités, dont le niveau la glycémie et la tension artérielle en oxygène (Minarini, 2020). Ensuite, la balance ou équilibre homéostatique concerne le changement d'état compatible avec les situations environnementales réelles. Ainsi, l'allostase désigne le processus qui permet d'obtenir une stabilité par le biais d'une adaptation à des perturbations internes, ou externes, comme par exemple la digestion ou les conditions climatiques (Sterling & Eyer, 1988). Cependant, ces processus se veulent temporaires, c'est-à-dire s'activant en cas de variations de l'état d'homéostasie de l'organisme. Or s'ils restent actifs, se produisent trop fréquemment ou encore pas du tout, le risque de développer des maladies systémiques telles que des maladies cardiovasculaires, le diabète de type II, ou l'obésité augmente sensiblement (Cohen, 2019). Enfin, l'allostase et le contrôle homéostatique sont gérés par le Système Nerveux Autonome (SNA), qui fait partie intégrante du système nerveux central. Un trouble du SNA peut alors entraîner un risque de développer de l'hypertension et mettre en échec le baroréflexe de la régulation de la pression artérielle, mais également affecter le système immunitaire et le processus inflammatoire de l'organisme.

2.4.1.1. *Le rythme cardiaque*

Le rythme cardiaque ou « heart rate (HR) » en anglais est l'un des paramètres psychophysiologiques les plus sensibles et non invasifs. C'est une mesure informative des états physiologiques et psychologiques d'un individu lorsque les autres facteurs susceptibles d'influencer le rythme cardiaque sont contrôlés (Borstel et al., 2017). Les facteurs qui l'influencent, comprennent des facteurs physiques tels que l'exercice (état de conditionnement, durée et intensité de la séance d'exercice), les changements posturaux, la température ambiante et les changements d'altitude et d'humidité (Evans et al., 1977, Myrtek, 2004). Le rythme cardiaque est également un indicateur sensible de l'éveil du système nerveux autonome. Par conséquent, d'autres facteurs psychologiques tels que l'émotion perçue, l'activation mentale, le stress ou les états motivationnels comme la soif, la faim et la douleur (Cannon, 1953) l'affectent. En outre, L'augmentation du rythme cardiaque résulte d'une part d'une augmentation de l'activité sympathique (Hainsworth, 1995), mais d'autre part, d'une

diminution de la stimulation parasympathique ou encore des changements simultanés dans les deux systèmes (von Borell et al., 2007). Généralement, le rythme cardiaque observé relève d'une combinaison des changements de fréquence cardiaque respectifs provoqués par une variété de facteurs de stress (Myrtek et al., 2005 cité dans Borstel et al., 2017). Par conséquent, lorsque tous les facteurs de stress, sauf un, sont maintenus égaux, les différences au niveau du rythme cardiaque peuvent être attribuées au niveau du facteur de stress manipulé.

2.4.1.2. La variabilité du rythme cardiaque

Un des marqueurs les plus fréquents du Système Nerveux Autonome, est la Root Mean Square of the Successive Differences (RMSSD) ou traduit en français, la moyenne quadratique des différences successives du rythme cardiaque. Il s'agit d'une des mesures temporelles de la variabilité du rythme cardiaque (Berntson et al., 2005) qui est évaluée par la distance entre les pics des valeurs R sur l'échocardiogramme. Il en existe d'autres, mais dans cette étude nous intéressons uniquement à la mesure de la RMSSD. Elle mesure les changements spécifiques dans le temps entre des battements cardiaques successifs, à l'aide de capteurs placés sur la peau de l'individu. Le temps entre les battements est mesuré en millisecondes et est appelé « intervalle R-R » ou « intervalle inter-battements » (EliteHRV, 2021).

Ensuite, ce marqueur est également utilisé comme un indice du contrôle cardiaque vagal (Minarini, 2020). En général, une variance faible (RMSSD basse) indique que le corps est soumis à un stress dû à l'exercice, à des événements psychologiques ou à d'autres facteurs de stress internes ou externes. Au contraire, une plus grande variabilité, signifie que le corps a une forte capacité à tolérer le stress ou qu'il est en train de récupérer fortement d'un stress antérieur accumulé. Cependant, une haute variabilité cardiaque n'est pas nécessairement associée à un meilleur état de santé, car de nombreuses maladies font augmenter cette valeur, malgré qu'elles soient liées à un risque de mortalité (Hauschildt et al., 2011).

Enfin, dans la littérature, la variabilité du rythme cardiaque (VRC) présente une structure complexe, impliquant diverses fréquences d'oscillation superposées, liées de manière non linéaire les unes aux autres (Ivanov et al., 1999 ; Pikkujamsa et al., 1999). L'amplitude et la complexité de la variabilité du rythme cardiaque indiquent la capacité d'adaptation aux changements physiologiques, et un VRC faible augmente la vulnérabilité au stress et aux maladies. Elle reflète plusieurs mécanismes qui travaillent de concert pour maintenir un niveau suffisant d'activité cardiovasculaire. Or, lorsque ces systèmes ne fonctionnent pas à un niveau adéquat, la réponse au stress d'un individu peut être plus sévère ou prolongée dans le temps. La conséquence est un effet plus néfaste du stress qui peut conduire à des maladies physiques ou psychologiques, telles que les maladies cardiovasculaires, le syndrome

métabolique, la dépression, l'anxiété, et une altération des fonctions cognitives (McGrady, 2007 ; (Piccirillo et al., 1997 ; Gorman et Sloan, 2000 ; Rozanski et Kubzansky, 2005 cité dans Schubert et al., 2008).

2.4.1.3. La pression artérielle diastolique et systolique

La pression artérielle désigne la pression exercée par le sang sur les parois des vaisseaux sanguins, généralement dans les grandes artères de la circulation systémique. La pression réelle est généralement estimée par la mesure des niveaux de pression systolique et diastolique à l'extérieur du vaisseau. La pression artérielle systolique (PAS) représente la force maximale du sang contre les parois des vaisseaux, lorsque le ventricule gauche du cœur se contracte ("systole"), tandis que la pression artérielle diastolique (PAD) représente la force minimale lorsque le ventricule gauche se relâche ("diastole") (Fischer et al., 2018). Ainsi, un niveau élevé de PAS et PAD, indique que le corps est soumis à un stress. A titre informatif, les niveaux normaux de pression artérielle sont généralement définis comme un maximum de 120 mm Hg pour la pression artérielle systolique et un maximum de 80 mm Hg pour la pression artérielle diastolique. Il existe deux moyens de mesurer la pression artérielle, l'un reprend une pratique clinique populaire et l'autre d'appareils d'auto-mesures automatisés (Pickering et al., 2005). Le premier est la méthode auscultatoire, encore fréquemment appliquée pour mesurer la pression artérielle. Dans ce cas, une personne formée place un brassard sur la partie supérieure du bras (au niveau de l'artère brachiale), le gonfle au-dessus du niveau de la pression artérielle systolique et vérifie la présence de motifs sonores spécifiques lors du dégonflage, qui indiquent la pression artérielle systolique et diastolique. L'autre moyen, est la méthode oscillométrique, elle utilise les oscillations du vaisseau sanguin, au lieu des sons, pour estimer la pression artérielle systolique et diastolique (O'Brien et al., 2001).

De plus, variabilité de la pression artérielle peut être un facteur de risque indépendant de morbidité cardiovasculaire, en raison du fait que les matériaux biologiques sont plus susceptibles d'être endommagés par des changements de pression que par des niveaux stables. Il existe de nombreuses façons d'exprimer la variabilité de la pression artérielle, allant des variations d'un battement à l'autre aux variations à long terme entre les visites au cabinet médical.

Enfin, le réflexe barorécepteur-cardiaque ou baroréflexe est l'un des mécanismes les plus importants pour maintenir des niveaux normaux de la pression artérielle. Il s'agit d'un réflexe médié par des capteurs de pression sanguine dans l'aorte et l'artère carotide qui aident à moduler les fluctuations de la pression sanguine (Eckberg et Sleight, 1992). Concrètement, les barorécepteurs situés dans les parois de ces artères détectent la dilatation des artères lorsque la pression sanguine augmente, ce qui entraîne une diminution immédiate du rythme cardiaque. Lorsque la pression

sanguine diminue, le baroréflexe entraîne une augmentation immédiate du rythme cardiaque, maintenant ainsi un niveau de pression artérielle presque constant. Ainsi, la pression artérielle et le rythme cardiaque interagissent en boucle fermée. De plus, la sensibilité du baroréflexe est souvent évaluée de manière non invasive par l'évaluation de la variabilité cardiaque et de la pression artérielle systolique (Robbe et al., 1987, Tank et al., 2000, Yamazaki et Sone, 2000 cité dans Fischer et al., 2018).

2.4.2. Les indicateurs de stress auto-rapportés

2.4.2.1. *State-Trait Anxiety Inventory (STAIT) (Spielberger, 1983)*

L'anxiété état-trait est évaluée à l'aide du State-Trait Anxiety Inventory. Il s'agit d'une échelle d'auto-évaluation utilisée pour évaluer à la fois la présence et la gravité de la propension à être anxieux (échelle Trait) et les symptômes actuels d'anxiété (échelle State). Elle est couramment utilisée (Walker 1990), ce qui montre une bonne cohérence interne et une fiabilité test-retest à travers les populations (Barnes et al. 2002). Les deux composantes comprennent chacune 20 items d'auto-évaluation mesurés à l'aide d'une échelle de Likert en 4 points allant de 1 ("pas du tout") à 4 ("beaucoup"). Au total, cela donne un score qui varie de 20 à 80 points, pour chacune des composantes. Il existe également une version Franco-Canadienne traduite en français de Bouchard et Gauthier, (1993).

2.4.2.2. *L'échelle de stress général perçu (Cohen et al., 1983)*

Le stress général perçu est mesuré à l'aide au « *Perceived Stress Scale* » (PSS-10). Il s'agit d'une courte échelle d'auto-évaluation qui évalue le niveau de stress général perçu pendant le dernier mois. La personne, estime son niveau de stress perçu au travers de 10 items qui mesurent le degré auquel les situations de la vie d'une personne sont considérées comme stressantes, à l'aide d'une échelle de Likert allant de 0 (=jamais) à 4 (=souvent). Le score total varie de 0 à 40. Concernant l'interprétation des résultats, un score élevé prédit que la personne a davantage perçu du stress lors du dernier mois, signifiant qu' « *elle possède une bonne sensibilité discriminante et une consistance interne satisfaisante* » (Bellingshausen et al., 2009). De plus, comparé à une échelle de symptomatologie dépressive, le PSS s'est avéré mesurer une construction prédictive différente et indépendante. Il existe également une version plus courte à quatre éléments du PSS adéquates pour les entretiens téléphoniques, dont la fiabilité et la validité ont été prouvées (Cohen et al., 1983).

3. Chapitre 3 : Le rôle des fonctions exécutives dans la réponse au stress aigu

Dans ce chapitre, nous allons premièrement faire un état des lieux des apports théoriques qui démontrent la relation unidirectionnelle cognition et stress global. Ensuite, afin de spécifier notre sujet, nous passerons en revue la littérature qui s'intéresse plus spécifiquement à la relation entre les fonctions exécutives de base (inhibition, mémoire de travail, mise à jour et flexibilité cognitive) et le stress aigu. Finalement, en complétant par une synthèse des éléments développés dans les précédents chapitres, nous explorerons la relation fonctions exécutives-stress, en fonction des indicateurs de stress spécifiques (c'est-à-dire les mesures auto déclarées et physiologiques) et des phases (c'est-à-dire l'alarme, la résistance et l'épuisement) considérées. Ce chapitre sera teinté par notre question de recherche, à savoir la potentialité d'un rôle protecteur des fonctions exécutives dans la réponse au stress aigu. Nous explorerons cette question en nous intéressant aux possibles différences d'action des facettes exécutives en fonction de la phase de réponse au stress, relevées dans la littérature et au travers d'autres études.

3.1. Relation entre la cognition et le stress

De récentes études montrent que le fonctionnement exécutif est intégralement lié à la réponse au stress et à l'autorégulation face à un événement stressant (Slattery et al., 2013 ; Stawski et al., 2010 ; Williams et al., 2009). Il peut agir comme un prédicteur des processus d'autorégulation (Hofmann et al., 2012), et Crum et ses collègues (2020) avancent notamment que les fonctions exécutives auraient le potentiel d'optimiser la régulation du stress. Cependant, plusieurs processus seraient impliqués tels que la capacité (a) d'avoir conscience de ses objectifs et d'apprendre à sélectionner les situations stressantes qui y correspondent et à se désengager lorsque ce n'est pas le cas, (b) de détourner son attention des stimuli négatifs pour la diriger vers des informations spécifiques à ses objectifs, et (c) d'utiliser des techniques de réappréciation. De plus, en raison d'une plus faible propension à la rumination, et d'une capacité à réguler les émotions, un meilleur fonctionnement exécutif peut être associé à des réponses au stress plus adaptatives (Ranger, 2016). Ainsi, plusieurs auteurs démontrent aux travers d'études, que certaines facettes du fonctionnement exécutif, notamment l'inhibition, la flexibilité cognitive, la mémoire de travail et la planification jouent un rôle dans les processus de la régulation du stress.

3.2. Relation entre les fonctions exécutives de base et le stress aigu induit en laboratoire

En raison de la croissance rapide de la compréhension de l'influence du stress sur la cognition, le nombre d'études examinant les effets du stress sur divers processus exécutifs a considérablement augmenté. Par exemple, nous savons que le taux de cortisol dans le sang, en tant qu'hormone du stress, est corrélé significativement, négativement ou positivement, à la mémoire de travail, dépendamment du type de réponse (Elzinga et Roelofs 2005, cité dans LeBlanc et Vicky, 2009). De plus, il est intéressant de mettre en avant la revue de littérature de Shields (2020), dans laquelle il recense les résultats d'études sur la relation inverse, à savoir les effets du stress aigu sur les fonctions exécutives les plus connues. Ainsi, en réaction à un stress aigu, la capacité d'inhibition de la réponse se voit augmentée, et à l'inverse, l'habileté de mémoire de travail et de flexibilité cognitive sont amoindries.

Le point de vue théorique le plus répandu sur la façon dont le stress influence les fonctions exécutives et d'autres processus cognitifs soutient que le stress biaise la cognition, pour traiter les informations qui sont le plus directement liées à l'agent stressant actuel (Shields et al, 2016). Cependant, il reste à ce jour encore peu d'études qui démontrent la relation inverse, c'est-à-dire la nature positive ou négative de l'influence des fonctions exécutives sur la réponse au stress, et encore moins quand il s'agit d'un stress aigu induit en laboratoire. Notons tout de même l'étude de (Schmeichel & Tang, 2015) qui démontre l'influence inverse. Selon celle-ci, les fonctions exécutives d'inhibition et de flexibilité cognitive peuvent s'avérer particulièrement pertinentes dans la réponse au stress, d'une part, pour supprimer les réponses émotionnelles négatives aux événements, et d'autre part, pour s'éloigner du matériel négatif. La mise à jour peut aider à modifier les évaluations émotionnelles des événements négatifs dans la mémoire de travail. De plus, il existe tout de même un lien étroit entre les changements dans les mesures de variabilité du rythme cardiaque et les changements dans la performance cognitive, avec une corrélation entre une VRC élevée et une amélioration des fonctions exécutives (Hansen et al. 2003 ; Hansen et al. 2004 cités dans Prinsloo et al., 2013). Ainsi, la probabilité que de meilleures performances aux fonctions exécutives puissent influencer positivement les indicateurs de stress serait un sujet pertinent à explorer.

Concernant le lien entre les fonctions exécutives et les phases de réponse au stress, il a également été démontré comme étant un facteur important à prendre en compte. De fait, les différences dans le fonctionnement exécutif découlant de facteurs génétiques, neuro-anatomiques, physiologiques, cognitifs et environnementaux peuvent représenter une source de résilience pour les différentes phases de stress (Williams et al., 2009). En effet, la revue effectuant une méta-analyse (Grimm et al., 2021) a révélé 26 articles corrélationnels et cinq articles interventionnels contenant des données exploitables sur le rôle du fonctionnement exécutif en relation avec les phases de réponse au stress, l'exposition et

l'accoutumance après l'administration d'un stressueur aigu. De plus, l'effet du stress sur la récupération de la mémoire devient plus nuisible à mesure que le délai entre le stress et la récupération de la mémoire augmente. Ensuite, comme nous l'avons énoncé dans le précédent chapitre, l'exposition à un facteur de stress peut survenir dans un contexte de conditions dites naturelles (à la maison, en voyage, dans la famille, etc), mais qu'il était également possible d'induire un stress aigu en laboratoire. Cette pratique est souvent employée par les chercheurs, afin d'isoler leurs variables. En outre, il est important de vérifier l'efficacité de l'induction (Shields, 2020). En effet, le stress peut être difficile à manipuler, et les caractéristiques de ce dernier, telles que l'incontrôlabilité, et les facteurs clés des situations qui définissent l'importance de la réponse au stress, peuvent être difficiles à recréer en laboratoire. Il est donc primordial de respecter les procédures très précises du MAST pour induire correctement le stress, et de choisir méticuleusement des indicateurs de stress aigu pertinents.

En conclusion, la complexité du stress et de la cognition souligne le fait que les réflexions méthodologiques relatives aux concepts d'indicateurs physiologiques ou psychologique et la période à laquelle survient l'exposition au stress aigu doivent être prises en compte. Les effets biologiques du stress, qui dépendent du temps, impliquent que la durée entre le début/la fin du stress et l'évaluation de la performance cognitive a de l'importance et doit être soigneusement prise en compte pour interpréter le niveau d'influence du stress aigu. Cependant, en raison du peu de revues d'études publiées sur ce sujet, nous ne sommes pas en mesure d'illustrer davantage le rôle protecteur de fonctions exécutives vis-à-vis de la réponse au stress aigu.

4. Conclusion partie théorique

En conclusion, les fonctions exécutives reprennent tout un ensemble de processus dont la fonction principale est de faciliter l'adaptation de la personne aux exigences et changements soudains de l'environnement, et aux situations nouvelles qui se présentent. D'une part, face à une situation nouvelle, les fonctions exécutives sont des ressources nécessaires pour maintenir simultanément actives en mémoire de travail plusieurs stratégies, afin de choisir la plus efficace en réaction au facteur de stress. De plus, elles permettent de retenir en mémoire les stratégies précédemment utilisées si celles-ci se sont avérées efficaces. Ainsi, lorsqu'une situation suscitant un stress similaire se représente, l'individu pourra s'y adapter rapidement. C'est également grâce aux fonctions exécutives que l'individu est capable d'interrompre l'exécution d'une stratégie, s'il s'avère qu'une autre plus efficace est disponible. Il sera ainsi capable d'inhiber cette première stratégie avant la fin de son exécution afin de sélectionner la nouvelle choisie. Enfin, les fonctions exécutives permettent d'alterner de manière flexible d'un item à l'autre, grâce à l'activation d'un nouvel ensemble de stratégies, parmi lesquelles choisir lors de l'encodage du problème suivant.

D'autre part, une abondante littérature montre que le fonctionnement exécutif est intégralement lié à la réponse au stress et à l'autorégulation face à un événement stressant, et la relation significative entre les deux a été et est toujours largement explorée. De nombreuses études ont démontré l'influence du stress sur les différentes facettes du fonctionnement exécutif. Cependant, en raison d'un trou dans la littérature, il est à l'heure actuelle difficile d'identifier et de commenter la relation inverse, à savoir, si les fonctions exécutives ont une influence sur la réaction au stress. En outre, les différences dans le fonctionnement exécutif découlant de facteurs génétiques, neuro-anatomiques, physiologiques, cognitifs et environnementaux peuvent nous porter à croire qu'elles pourraient potentiellement jouer un rôle protecteur dans la régulation de la réponse au stress, si l'individu est exposé à un facteur de stress aigu (Williams et al., 2009, cités dans Grimm et al., 2020).

III. Partie empirique

Rappelons l'objectif de la présente étude, qui était d'établir si parmi les quatre facettes distinctes du fonctionnement exécutif étudiées, (l'inhibition, la flexibilité cognitive, la mise à jour et la mémoire de travail) certaines d'entre-elles influençaient positivement la réponse au stress aigu induit en laboratoire. Nous avons également cherché à relever une éventuelle relation significative cognition-stress en fonction des indicateurs de stress spécifiques, qui reprennent les mesures auto-déclarées et les mesures physiologiques enregistrées au travers des trois phases de réponse au stress (l'alarme, la résistance et l'épuisement).

Par ailleurs, deux objectifs secondaires ont été ajoutés au but initial de l'étude. D'une part, l'effet de l'induction de stress produite par le Maastricht Acute Stress Test (MAST) sur les différentes variables physiologiques liées au stress, sera évaluée pour les participants de la condition expérimentale en comparaison avec le groupe contrôle. D'autre part, la nature de la relation entre chacun des quatre indices des fonctions exécutives et les indices finaux physiologiques et auto-rapportés de chacune des phases sera explorée. Enfin, dans un souci de validité de l'étude, une analyse complémentaire sur l'effet de l'expérimentateur sera effectuée afin d'écarter et/ou justifier tout biais éventuel.

1. Question et hypothèses de recherche

La question de recherche qui guide l'ensemble de ce mémoire est la suivante : ***“Dans quelles mesures les facettes d’inhibition, de mise à jour, de mémoire de travail et de flexibilité cognitive des fonctions exécutives ont-elles un rôle de protection face au stress aigu physiologique et subjectif, induit en laboratoire ?”***

De cette question de recherche liée à nos apports théoriques tirés de la littérature, découle notre hypothèse :

1.1. Hypothèses

Dans la littérature, à l'exception de quelques études énoncées précédemment (Williams et al., 2009). Il y a peu de travaux actuellement réalisés pour permettre l'identification pertinente du rôle protecteur des facettes du fonctionnement exécutif mises en lien avec les phases de stress. Généralement, les écrits traitent le sujet de l'influence de la réponse au stress dans sa globalité ou par sa composante de régulation émotionnelle (Schmeichel et Tang, 2015). Cependant, nous pourrions tout de même nous attendre à ce que les facettes des fonctions exécutives régulent la réponse au stress et aient une influence sur les différentes phases du stress.

Nous formulerons notre première hypothèse comme suit : **Dans un processus de réponse au stress aigu induit en laboratoire, nous émettons l'hypothèse qu'il existerait une relation significative entre les facettes des fonctions exécutives et les indicateurs du stress relatifs aux phases de la réponse au stress aigu induit en laboratoire (Alarme-Résistance-Épuisement).**

De plus, de nombreuses études montrent que le fonctionnement exécutif est intégralement lié à la réponse au stress et à l'autorégulation face à un événement stressant (Slattery et al., 2013 ; Stawski et al., 2010 ; Williams et al., 2009). En outre, les auteurs Delaney & Brodie (2000), attestent que la capacité d'inhibition peut s'avérer particulièrement pertinente pour supprimer les réactions émotionnelles négatives face aux événements donnés. Sur base de ces apports théoriques, on s'attend à un rôle plus important de l'inhibition par rapport aux autres facettes des fonctions exécutives. Ainsi, nous nous attendons à ce que des meilleures capacités de l'inhibition soit associées à moins d'alarme et de résistance, ainsi qu'à un épuisement plus rapide.

2. Méthodologie

2.1. Éthique

Cette recherche a obtenu le consentement du comité d'Éthique de l'Institut de recherche en sciences psychologiques et respecte les règles éthiques et déontologiques relatives à l'expérimentation humaine.

2.2. Méthode de recrutement et participants

Les participants ont été recrutés par le biais d'annonces postées en ligne sur différents réseaux sociaux, d'affiches détaillées, avec un QR code, placées dans des endroits stratégiques sur le campus de Louvain-la-Neuve et dans les villes d'Ottignies et Bruxelles, ainsi que via le pool participants de l'UCLouvain. En outre, le bouche à oreille a également permis le recrutement de nos participants. Dans le but de cibler un public de générations différentes, deux annonces formulées différemment ont été réfléchies. Enfin, pour motiver davantage l'intérêt des participants, une compensation financière de 20 € était prévue.

Un total de 175 participants ont manifesté leur intérêt pour l'étude. Sur ce total, 109 ont été estimés éligibles sur base des critères d'exclusion spécifiques décidés en amont de l'étude. Parmi eux, seuls 106 ont complété les tâches cognitives, et seuls 97 les deux parties de l'étude. Idéalement, la taille attendue de notre échantillon aurait été de 155 participants (groupe Contrôle $n=52$; groupe Expérimental $n=103$). Elle a été déterminée avec G*Power pour une puissance statistique de 0,80, $\alpha = 0,5$ et une taille d'effet moyenne de 0,15 requise pour les modèles de régression multiple avec 7 prédicteurs.

Cependant, lors de l'analyse des données nécessaire à la confirmation de nos hypothèses, nous avons relevés des données manquantes pour huit de nos participants. De fait, pour la partie de pré-test, nous n'avons pas pu utiliser les données de deux participants, un avec les questionnaires à compléter en ligne, un autre, car il a coché l'item "bogus" du questionnaire de la dépression. Cet item de type « veuillez cocher -neutre- pour cet question » nous permet de vérifier la validité des réponses du participant. Nous avons également relevé des données manquantes dans le protocole cognitif pour deux participants, et une également dans le protocole physiologique. Enfin, pour la deuxième partie de l'étude, les données cardiaques manquantes au Ligne de base ($N=1$) et Alarme ($N=2$), nous ont contraints de retirer trois participants de l'échantillon. Pour ces raisons, seules 89 données complètes ont pu être utilisées pour les analyses statistiques effectuées via le programme SPSS. Finalement, notre échantillon regroupe donc 89 participants qui ont été divisés aléatoirement en deux groupes : un groupe contrôle ($n=25$) et le groupe expérimental ($n=64$), chacun composé d'hommes et de femmes âgés entre

18 et 40 ans, exemptés de maladies coronariennes, cardiovasculaires ou endocrinienne, de troubles psychologiques ou psychiatriques et majoritairement non-fumeurs.

2.3. Procédure

L'étude s'est déroulée en plusieurs temps, s'étendant sur une période de neuf mois (septembre 2021 à juin 2022), entrecoupée par un creux où nous avons été contraints d'attendre que la situation de la pandémie sanitaire Covid19 se débloque. En amont de la partie pratique de l'étude, nous avons réalisé des travaux de recherches approfondis sur le domaine du stress et des fonctions exécutives, afin de déterminer et justifier nos critères d'exclusion. Ensuite, une fois nos participants recrutés, nous avons administré un pré-screening standardisé à chacun de nos intéressés.

2.3.1. Pré-screening

Lors du pré-screening, un questionnaire semi-auto rapporté par téléphone est administré aux participants intéressés. Il permet d'exclure les participants présentant un suivi ou des troubles psychiatriques et/ou psychologiques, traversant une période de stress inhabituelle, ou présentant une maladie cardiovasculaire, endocrinienne ou coronarienne quelconque. L'exclusion concerne également tout problème de santé majeur, incluant un indice de masse corporelle au-delà de 30 et en deçà de 18 ainsi qu'une consommation hors normes de substances addictives (cigarettes, alcools et autres drogues confondus).

Pour cette étude, il était également demandé aux participants inclus de signer un document de consentement et de répondre à des questionnaires envoyés en ligne, avant de se présenter au rendez-vous en laboratoire. Ces questionnaires, validés et standardisés, reprennent des questions d'ordre socio démographique et cliniques, évaluant divers critères liés à la dépression, l'anxiété et le stress éprouvé sur le dernier mois (PSS-10 ; Cohen et al., 1983 ; Spielberger et al., 1983).

Ensuite, dans les 24h précédant l'expérience, nous leur avons demandé de respecter leur routine habituelle de sommeil, de ne pas boire de boissons alcoolisées, ni pratiquer d'activités physiques intenses, et éviter, durant 2h minimum avant leur rendez-vous en laboratoire, de manger et de consommer des cigarettes ou autres substances addictives (caféine, théine, etc), l'objectif étant de minimiser le déclin des fonctions cognitives engendré par l'ingestion de telles substances, et de garder à l'état neutre les variables physiologiques précédant l'induction du Maastricht Acute Stress Test (Smeets et al., 2012), programmée pour la deuxième partie de l'étude.

Une fois présents au rendez-vous, les participants restent au laboratoire pour une durée totale de deux heures. Leur visite se déroule en deux temps : un premier temps est consacré à la séance de tests cognitifs, d'une durée de 1h, et un deuxième temps est consacré à l'induction de stress aigu, de

la MAST. Les deux temps de l'étude sont séparés par une pause de dix minutes pour que les réponses physiologiques des participants se stabilisent.

2.3.2. Temps 1 : Tests cognitifs

Lors de la séance dédiée aux tests cognitifs, les participants étaient invités à se désinfecter les mains avant de se placer devant l'ordinateur afin de recevoir les instructions spécifiques données par l'expérimentateur. Par souci de fiabilité des données, les instructions étaient standardisées et partagées de manière similaire à chacun des participants. Concrètement, il leur était expliqué qu'ils allaient être soumis à quatre tests cognitifs, à réaliser sur l'ordinateur à l'aide du clavier et de la souris. Avant de procéder à la suite, un rappel du caractère volontaire de leur participation à l'étude était fait, afin de leur laisser la liberté de décider de poursuivre ou non le processus.

L'expérimentateur veillait à être présent et disponible, pour répondre aux questions du participants pendant la période de temps comprenant les instructions et de l'entraînement. Lorsque la période d'évaluation commençait, il quittait la pièce et laissait le participant réaliser la tâche. Ce procédé était ainsi répété pour chacune des quatre tâches cognitives. A la fin de la séance, l'expérimentateur évaluait le niveau de stress perçu chez le participant pour l'ensemble des tâches cognitive. Ensuite, il accompagnait ce dernier au lieu d'attente où il avait la possibilité de s'hydrater et d'utiliser les toilettes. Pendant ce temps d'attente, les participants remplissaient une liste d'items de filtrage. En effet, le caractère tonique ou phasique du tonus vagal importe. Laborde et ses collaborateurs (2017) conseillent aux chercheurs de prévoir une structure basée sur trois points temporels appelés : ligne de base, événement et post-événement. Ici, le temps de pause s'identifie au 1^{er} point temporel : la ligne de base. De ce fait, les trois phases (alarme – résistance – épuisement) précédemment décrites dans le chapitre sur « Le stress aigu » s'identifient aux périodes de transitions entre les trois points temporels. La figure ci-dessous (Fig.4) représente un schéma alliant la structure des 3R (Laborde et al., 2017) et les trois phases (+ habitude) du Syndrome Général d'Adaptation (Seyle, 1946).

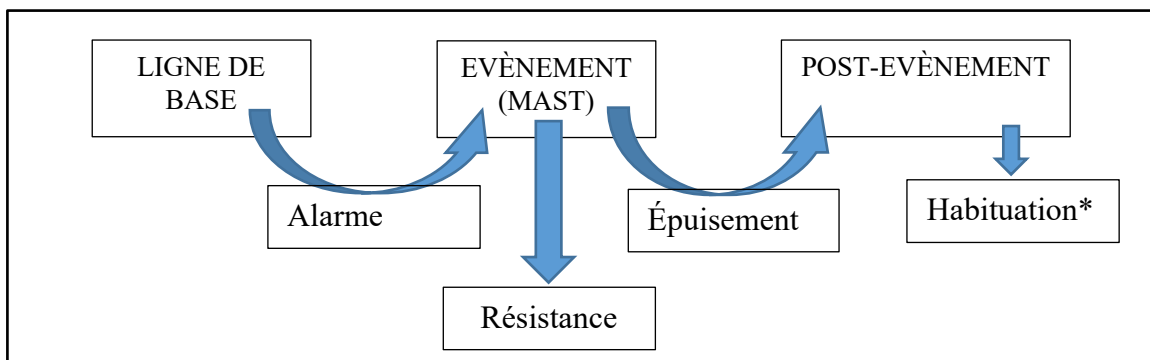


Figure 4 : Schéma de la structure temporelle de la réponse au stress aigu induit en laboratoire

2.3.3. Temps 2 : Induction du stress aigu en laboratoire

Le deuxième temps de l'étude est consacré à l'induction du stress aigu en laboratoire, au moyen du Maastricht Acute Stress Test (Smeets et al., 2012). À leur arrivée dans le laboratoire, le poids et la taille des participants ont été mesurés. Ensuite, il leur a été demandé de se détendre pendant cinq minutes, au cours desquelles le rythme cardiaque, la conductance cutanée et la respiration ont été mesurées en continu. Ensuite, la pression artérielle des participants a été prise tandis qu'ils remplissaient simultanément les items d'état du State Trait Anxiety Inventory (Spielberger, 1983) et un item concernant leur niveau de stress perçu (Becker et al., 2019).

Au cours de la phase d'**alarme**, les participants ont été invités à lire les instructions MAST exposées dans un PowerPoint préalablement fourni (Smeets et al, 2012). Ils pouvaient parcourir les instructions à leur rythme et poser toutes les questions qu'ils souhaitaient. Après les instructions, les participants devaient répondre à nouveau à la précédente question sur le stress. En parallèle, ils répondaient à d'autres questionnaires qui ne relèvent pas de la présente étude, et qui ne seront donc pas définis davantage.

Pendant la phase d'induction du stress aigu via le Maastricht Acute Stress Test, les participants de la condition expérimentale (N=64) devaient alterner entre deux tâches : placer leur main dans de l'eau glacée dont la température moyenne était de 5,3 degrés avec un écart-type de 7.8 degrés, et soustraire 17 de 2043, en série, aussi rapidement et précisément que possible. Les tâches alternaient et les participants étaient amenés à croire qu'il n'y avait pas de durée déterminée pour la procédure dans l'eau glacée, tandis que la tâche d'arithmétique serait, elle, limitée à 45 secondes. En réalité, il était prévu que les deux tâches, de la main dans l'eau et de la soustraction en série, durent exactement 90 et 45 secondes, respectivement. Afin d'inclure des éléments socialement évalués, l'expérimentateur était vêtu d'une blouse blanche et les participants étaient informés qu'ils seraient filmés afin que leurs expressions du visage soient analysées par une équipe de chercheurs.

Dans le but de vérifier notre manipulation, un groupe témoin était inclus. Les participants (N=25) ont placé leur main dans de l'eau tiède cette fois-ci, dont la température moyenne était de 32,3 degrés à 8,9 degrés d'écart-type, et ont compté de 1 à 25 à la vitesse de leur choix. De plus, en comparaison avec le groupe expérimental, tout élément d'évaluation (blouse blanche, caméra, retour négatif) a été supprimé. Après les 12 minutes prévue pour la MAST en condition de contrôle, les participants étaient amenés à croire qu'il y aurait une courte pause avant le début de la deuxième partie de la tâche. Lors de cette pause, ils remplissaient les mêmes questionnaires que ceux dans la condition expérimentale (le STAI, l'item sur le stress perçu, la régulation des émotions et les pensées répétitives), tandis que leur tension artérielle était continuellement mesurée en parallèle.

Une fois les différentes échelles complétées, l'expérimentateur informait les participants de la fin de la tâche, et les invitait à se détendre pendant dix minutes. Le STAI et l'item de stress ont été mesurés une dernière fois après cette période d'épuisement, de même que leur tension artérielle. Par la suite, les participants recevaient un compte-rendu complet de l'étude et la compensation financière mentionnée dans l'annonce.

2.4. Mesures

2.4.1. Questionnaire du pré-screening

Afin de pouvoir vérifier l'éligibilité de nos participants, nous avons créé un questionnaire standardisé basé sur nos recherches théoriques concernant les critères d'exclusion choisis ; celui-ci est à remplir lors de l'appel avec l'intéressé. Ensuite, pour optimiser nos chances d'inclusion, nous nous sommes attribués des jours de permanence d'appel fixes.

Lors de l'appel, nous suivions chacun une série d'étapes préalablement réfléchies, détaillées ci-après :

- Première étape, noter le numéro de participant attribué en amont, avant de poursuivre avec une brève présentation du déroulement de l'étude en mettant l'accent sur le respect de la confidentialité des données récoltées.
- Deuxième étape, dès que nous avons l'accord du participant pour poursuivre, administrer le questionnaire.

Une fois terminé et selon ses réponses, le participant se voyait attribuer une des trois finalités décrites ci-dessous :

Il pouvait être **inclus** dans l'étude. S'ensuivait alors une prise de rendez-vous pour les deux parties de l'étude, la partie 1 portant sur l'évaluation des fonctions cognitives et la partie 2 sur l'induction du stress à l'aide de la MAST. Ensuite, la responsable principale de l'étude, envoyait un e-mail spécifique à la condition du participant (dont elle seule a connaissance), afin de l'informer de la poursuite de l'étude. Cet e-mail comprenait le document de consentement et les questionnaires en ligne, ainsi qu'un rappel du lieu, des dates et heures de rendez-vous et des instructions à respecter.

Il pouvait être **exclus** de l'étude. Dès lors, nous lui envoyions un e-mail standardisé de refus, expliquant brièvement la raison de l'exclusion, en se référant au non-respect des critères d'exclusion spécifiques à la recherche.

Il pouvait être catégorisé dans « **à discuter en équipe** ». Dès lors, une rencontre en équipe était programmée afin de discuter et débattre, pour finalement décider d'accepter ou non l'inclusion de ces cas spécifiques.

2.4.2. Checklist Covid19

En raison de la pandémie sanitaire, avant chaque passation et à l'aide de la checklist préparée en amont, nous vérifions l'absence de symptômes de la Covid19 chez nos participants.

2.4.3. Questionnaires de mesures auto-rapportées

2.4.3.1. *Mesure des critères sociodémographiques*

Les mesures des critères sociodémographique sont relevées à l'aide de critères de questionnaires auto-rapportés portant sur le genre, l'âge, le nombre d'années d'éducation, la latéralité, et le sentiment d'estime de soi-même du participant. (Annexe 1)¹

2.4.3.2. *Mesure du niveau de stress général perçu*

Le stress général perçu est mesuré à l'aide du « Perceived Stress Scale » (PSS-10) (Cohen et al., 1983). Cette courte échelle d'auto-évaluation calcule le niveau de stress général perçu pendant le dernier mois. Il est mesuré à travers 10 items conçus pour évaluer le degré auquel les situations de la vie d'une personne sont considérées comme stressantes, à l'aide d'une échelle de Likert allant de 0 (=jamais) à 4 (=souvent). Le score total varie de 0 à 40 points. (Annexe 2)²

Pour cette étude, le coefficient alpha de Cronbrach du PSS-10 est calculé à 0.894 pour l'ensemble de l'échantillon et à 0,88 pour l'échantillon de la condition expérimentale. Ces valeurs attestent de la fiabilité de notre questionnaire.

2.4.3.3. *Mesure de l'item de stress perçu*

Sur la base de recherches théoriques, l'item de stress perçu, formulé comme suit : « *En ce moment-même, à quel point vous sentez-vous stressé-e ?* » (Becker et al., 2019 ; Lesage & Berjot, 2011) a été administré à nos participants. Cet item est mesuré sur une échelle visuelle analogique allant de 0 ("pas du tout stressé") à 10 ("extrêmement stressé"), et a été présenté simultanément après chacun des quatre points temporels, c'est-à-dire la phase de la ligne de base, de l'alarme, de la résistance ou du MAST et de l'épuisement.

2.4.3.4. *Mesure du niveau d'anxiété d'état*

L'anxiété d'état est mesurée à l'aide du State-Trait Anxiety Inventory (STAI) ; (Spielberger, 1983). Ce questionnaire évalue la présence et la gravité de la propension à être anxieux (échelle Trait) et les symptômes actuels d'anxiété (échelle State). Dans cette étude, nous avons utilisé la version francophone (Gauthier & Bouchard, 1993), et nous nous sommes intéressés à la composante « anxiété

¹ Voir Annexe 1 : Questionnaires de mesures sociodémographiques

² Voir Annexe 2 : Percieved Stress Scale (PSS-10)

d'état », l'autre n'étant pas utile pour nos analyses. Cette composante utilise 20 items d'auto-évaluation mesurés à l'aide d'une échelle de Likert en 4 points allant de 1 ("pas du tout") à 4 ("beaucoup"). Au total, cela donne un score qui varie de 20 à 80 points. (Annexe 3)³

Dans la littérature, les coefficients de consistance interne de l'échelle STAI varient de 0,86 à 0,95 (Spielberger et al., 1983). Pour cette étude, nous avons calculé le coefficient alpha de Cronbach, celui-ci étant de 0,877 pour l'ensemble de l'échantillon et de 0,844 pour l'échantillon de la condition expérimentale. Ces valeurs nous permettent d'attester la fiabilité de notre questionnaire.

2.4.3.5. Mesure du niveau actuel des symptômes de la dépression

Le niveau actuel des symptômes de la dépression est évalué à l'aide du « Center For Epidemiologic Studies Depression Scale » (CES-D) (Radloff, 1977). Cette échelle d'auto-évaluation utilise 20 items mesurés à l'aide d'une échelle de Likert allant de 0 (=jamais/très rarement) à 3 (=fréquemment/tout le temps). Le score total varie de 0 à 60 points. (Annexe 4)⁴

2.4.4. Tâches relatives aux fonctions exécutives

Dans le but d'évaluer les fonctions exécutives de nos participants, quatre tâches standardisées et validées sont présentées sur l'ordinateur. Suivant le protocole standardisé spécifique à l'étude de Agrigoroaei et Grimm (2022), chaque tâche est introduite par l'inscription du numéro de participant, suivi par une brève description et les instructions liées à celle-ci. Elles sont contrebalancées et randomisées de manière appropriée afin d'éviter tout effet de fatigue et de minimiser tout biais de mesures due à l'interaction entre les participants et l'ordre des tâches. Chacune d'elles comprend des essais d'entraînement supplémentaires afin de s'assurer que les participants comprennent parfaitement les instructions et qu'ils se familiarisent avec les associations bouton-réponse.

2.4.4.1. Letter-Memory (Friedman & Miyake, 2008)

Dans cette tâche, les participants voient apparaître à l'écran des séries de lettres, une à la fois au milieu de l'écran de l'ordinateur. Chaque fois qu'une nouvelle lettre apparaît à l'écran, ils doivent répéter à haute voix les trois dernières lettres aperçues de la série. Le nombre de lettres présentées (5, 7 ou 9) variait aléatoirement d'un essai à l'autre, avec la contrainte que chaque longueur de liste soit utilisée une fois tous les trois essais. Après la disparition de la dernière lettre, les participants doivent sélectionner, à l'aide de la souris, les 3 dernières lettres aperçues parmi une matrice de lettres fournie (Friedman et al., 2008). Pour se familiariser avec la tâche, le sujet commence par un entraînement :

³ Voir Annexe 3 : Strait-Traite Anxiety Inventory (STAI)

⁴ Voir Annexe 4 : Center For Epidemiologic Studies Depression Scale (CES-D)

trois essais avant de passer à la partie test qui comprend 12 niveaux (Borchert, 2022). Par défaut, les lettres restent exposées pendant 1000 ms, et l'ordre de la taille des séries est aléatoire. L'ensemble de la tâche dure +/- 10 minutes.

Cette tâche permet d'évaluer la capacité de mise à jour de la mémoire de travail. Pour ce faire, lors de la passation, le logiciel enregistre des scores basés sur la durée d'exposition de l'écran de rappel, c'est-à-dire la différence entre l'heure de début et de fin de l'écran de rappel, l'exactitude de la réponse, où 1 = correct (toutes les lettres ont été rappelées correctement ; l'ordre n'est pas important) et 0 = autrement, et le nombre de lettres correctement rappelées pour l'essai en cours (min : 0 - max : 3). En ce sens, un score élevé à la tâche « Letter-Memory » indique de bonnes capacités de mise à jour de la mémoire de travail, c'est-à-dire un contrôle constant des informations entrantes dans la mémoire de travail (Baddeley, 2002).

2.4.4.2. Operation Span (Conway et al., 2005)

Dans cette tâche, les participants se voient présenter une séquence visuelle de lettres allant de trois à sept lettres qui doit être rappelée à la fin. Chaque lettre de la séquence est précédée d'un problème mathématique de type calcul mental simple, par exemple (" $(8*2) - 8 = ?$ ") suivi d'une solution aléatoire proposée par le logiciel. Les participants doivent alors décider si la solution proposée est correcte ou non, et sélectionner « vrai » ou « faux » à l'écran, à l'aide de la souris. A la fin de l'exercice, le rappel de lettres est testé en demandant aux participants de sélectionner la série de lettres vues dans l'ordre dans une matrice de lettres fournie. Afin de se familiariser avec la tâche, celle-ci est décomposée. Premièrement, le participant s'entraîne au rappel de lettres aperçues à l'écran. S'en suivent les problèmes mathématiques à résoudre le plus rapidement et précisément possible. La durée nécessaire pour répondre à la phase d'entraînement est enregistrée, car le participant se verra mis en échec à l'essai s'il dépasse cette durée lors de la phase de test, où les parties « lettres » et « problèmes mathématiques » sont combinées. L'ensemble de la tâche dure +/- 20 minutes.

La tâche est conçue pour évaluer la capacité de stockage de la mémoire de travail face au traitement, afin d'engager les processus d'attention exécutive (Conway et al, 2005). Pour ce faire, le logiciel enregistre des scores basés sur le nombre de lettres correctement rappelées, le nombre d'erreurs (de vitesse ou de précision) commises et le nombre de fois où le participant a manqué de temps lors de la résolution des problèmes de mathématiques, et la durée après laquelle le problème mathématique disparaît. Un score élevé à la tâche « Operation Span » indique une bonne capacité de stockage de la mémoire de travail.

2.4.4.3. *Stop Signal Reaction Time (Verbruggen et al., 2019)*

Dans cette tâche, les participants voient une flèche dans un cercle à l'écran qui pointe soit vers la droite, soit vers la gauche. La tâche consiste à appuyer sur la touche de réponse gauche (ici « d ») si la flèche pointe vers la gauche et sur la touche de réponse droite (ici « k ») si la flèche pointe vers la droite. Mais dans une minorité d'essais, un signal d'arrêt sonore (ici un son dans le casque) retentit après un délai variable de l'apparition de la flèche, indiquant aux participants d'empêcher la réponse imminente de go. Le délai entre la présentation de la flèche et le signal sonore (qui commence à 250 ms) peut être augmenté ou diminué (de 50 ms) en fonction de la performance. Le délai s'allonge si l'arrêt du signal précédent a réussi (jusqu'à 1150ms) et il diminue si l'arrêt du signal précédent n'a pas réussi (jusqu'à 50ms). Afin de se familiariser avec l'exercice, le participant commence par un entraînement (32 essais) et poursuit avec la partie test (3 bloc de 72 essais). Tous les blocs d'entraînement et de test comprennent 1/3 d'essais avec signal d'arrêt sonore. L'ensemble de la tâche dure +/- 15 minutes.

Il s'agit d'un outil essentiel pour déterminer la rapidité avec laquelle l'inhibition de la réponse est mise en œuvre. Pour ce faire, le logiciel enregistre des scores basés sur le temps de réaction pour déterminer le sens de la flèche et le nombre d'erreurs commises (indication du mauvais sens de la flèche ou réponse non-arrêtée après le signal sonore d'arrêt). Le score obtenu au Stop Signal Task est inversement proportionnel à la capacité d'inhibition.

2.4.4.4. *Number-Letter (Miyake & Freidman, 2000)*

Dans cette tâche, les participants voient à l'écran une matrice 2x2 (Fig.3) dans laquelle une paire composée d'un chiffre et d'une lettre (par exemple 4F) apparaît dans une case. Pour chaque nouvel essai, la paire de caractères présentée se déplace dans le sens des aiguilles d'une montre vers la case suivante, de sorte qu'il est toujours possible de prévoir où apparaîtra la prochaine paire de caractères différente de la précédente. La tâche à accomplir dépend de la case dans laquelle la paire de caractères apparaît.

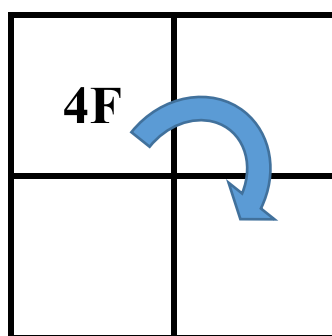


Figure 5: Exemple de matrice de la tâche "Number-Letter"

Lorsque la paire se situe dans les cases du haut de la matrice, le participant choisit le caractère de la lettre grâce aux combinaisons de touches suivantes sur le clavier : « E » lorsque la lettre de la paire est une consonne ou « I » lorsque celle-ci est une voyelle. Parallèlement, lorsque la paire se situe dans les cases du bas de la matrice, le participant choisit le caractère du chiffre grâce aux mêmes combinaisons : « E » lorsqu'il s'agit d'un chiffre pair ou « I » s'il s'agit d'un chiffre impair. Afin de se familiariser avec la tâche, le participant commence par deux entraînements où il s'occupe d'un seul caractère à la fois. Ensuite, lors de la partie test, les sous-tâches « lettre » et « chiffre » sont combinées.

Cette tâche permet d'évaluer la flexibilité cognitive, c'est-à-dire la capacité de l'individu de passer d'une tâche, d'une opération ou d'un ensemble mental à l'autre (Monsell, 1996). Pour ce faire, le logiciel enregistre des scores basés sur la latence de la réponse (en ms), mesurée à partir de l'apparition de la paire, la vitesse de réponse et le nombre d'erreurs commises. En ce sens, un score élevé à la tâche « Number-Letter » indique une mauvaise capacité de flexibilité cognitive.

2.4.5. Appareils de mesures électro-physiologiques

Le rythme cardiaque, la conductance de la peau et la respiration ont été mesurées à l'aide de l'appareil Mindware. Pour ce faire, trois électrodes cardiaques ont été placées selon le protocole Mindware : une sur la clavicule droite et deux autres sur les deux dernières côtes du participant. Ensuite, une ceinture respiratoire a enregistré la respiration, et deux électrodes ont été placées sur le majeur et l'index gauche pour mesurer l'activité électrodermale. Ces mesures ont été recueillies à l'aide du logiciel d'acquisition BioLab (V3.4.1). Enfin, la pression artérielle a été mesurée en fonction des événements, à l'aide d'un appareil Omron. Les résultats considérés comme variables dépendantes étaient la pression artérielle systolique et diastolique.

2.4.6. Variables dépendantes relatives à nos hypothèses

Afin de poursuivre les analyses statistiques relatives à nos hypothèses, il a été nécessaire de calculer les variables physiologiques et psychologiques dépendantes. De fait, pour chacune d'elles, elles nous rapportent la variabilité de la moyenne des mesures à travers les quatre points temporels (cfr Fi.3). Ainsi, nous obtenons les indices finaux de chacune de variables physiologiques et psychologiques, indicatrice de la réponse au stress, relatifs à chacune des phases du stress. Nous utiliserons ces nouvelles variables, afin d'explorer les éventuelles corrélations entre les indices des différentes tâches cognitives (relatives aux fonctions exécutives) et les indices finaux des indicateurs physiologiques et psychologique du stress de chacune des phases du Syndrome Général d'Adaptation (Seyle, 1946).

2.4.6.1. Indices finaux des variables physiologique de la phase d'alarme

Concernant les indices finaux relatifs à la phase d'alarme, le calcul des différentes variables dépendantes, se traduit en « français » comme suit :

La variable dépendante de l'indice final de l'item de stress perçu, du rythme cardiaque, de la variabilité du rythme cardiaque et de la pression artérielle systolique et diastolique relatif à la phase d'alarme, correspondent à la variation de la moyenne de sa mesure de l'indicateur de stress considéré, entre le temps 2 (=alarme) et le temps 1 (=ligne de base).

2.4.6.2. Indices finaux des variables physiologique de la phase de résistance

Concernant les indices finaux relatifs à la phase de résistance, le calcul des différentes variables dépendantes, se traduit en « français » comme suit :

La variable dépendante de l'indice final du score moyen au STAI, de l'item de stress perçu, du rythme cardiaque, de la variabilité du rythme cardiaque et de la pression artérielle systolique et diastolique relatif à la phase de résistance, correspond à la variation de la moyenne de sa mesure de l'indicateur de stress considéré, entre le temps 3 (=résistance) et le temps 1 (=ligne de base).

2.4.6.3. Indices finaux des variables physiologique de la phase d'épuisement

Concernant les indices finaux relatifs à la phase d'épuisement, le calcul des différentes variables dépendantes, se traduit en « français » comme suit :

La variable dépendante de l'indice final du score moyen au STAI, de l'item de stress perçu, du rythme cardiaque, de la variabilité du rythme cardiaque et de la pression artérielle systolique et diastolique relatif à la phase d'épuisement, correspond à la variation de la moyenne de la mesure de l'indicateur de stress considéré, entre le temps 4 (=épuisement) et le temps 3 (=résistance).

3. Analyses statistiques et résultats

Dans ce chapitre, nous énoncerons dans un premier temps les analyses statistiques préalables, qui nous ont permis de vérifier la normalité des données et de les nettoyer suivant les recommandations et critères relevés dans la littérature. Ensuite, nous présenterons les statistiques descriptives, afin d'apporter une vue d'ensemble sur les données de l'étude. Nous déterminerons également si l'induction du stress aigu en laboratoire a fonctionné, et dans quelle mesure elle a eu un impact sur les moyennes de nos deux échantillons. De plus, nous analyserons les mesures de nos indicateurs physiologiques et psychologiques du stress, et dans quelle mesure celles-ci diffèrent d'une condition à l'autre, avant et après l'induction du stress aigu en laboratoire. Ensuite, nous aborderons les analyses statistiques en lien avec nos différentes hypothèses. Ainsi, nous exposerons les corrélations entre les différentes variables, dans la perspective de dégager d'éventuels liens significatifs entre les indices des fonctions exécutives, et les mesures physiologiques et psychologiques indicatrices du stress. Pour finir, nous analyserons à l'aide d'une analyse complémentaire, l'effet de l'expérimentateur.

3.1. Analyses statistiques préalables

Avant d'effectuer nos analyses statistiques, nous avons procédé au nettoyage de nos données pour les tâches de fonctionnement exécutif. Basé sur les recommandations relevées dans la littérature, les essais dont le temps de réponse était inférieur à 200 ms et les essais comprenant des erreurs ont été supprimés pour la tâche de flexibilité cognitive (Friedman et al., 2008). De plus, une procédure d'ajustement intra-sujet a été appliquée pour exclure de l'analyse, les observations qui s'écartaient de la médiane de plus de 3,32 fois la déviation absolue, dans chaque condition.

De plus, les données ont été transformées à l'aide de la fonction d'arcsin comme suggérée par Friedman et ses collègues (2008). Les observations qui s'écartaient de plus de trois écarts types de la moyenne du groupe ont été remplacées par la valeur correspondante qui se situait en dessous ou au-dessus de trois écarts types de la moyenne. A la suite du nettoyage des données, nous avons réalisé des analyses descriptives sur l'ensemble de nos variables restantes. Il en est ressorti que les variables de l'âge, du genre des participants, du score obtenu au test perçu, ainsi que les variables dépendantes physiologiques de chacune des phases du stress (alarme, résistance et épuisement) et les quatre indices finaux des fonctions exécutives ont été retenus comme étant statistiquement valides pour nos analyses.

Enfin, toutes les analyses statistiques ont été réalisées au moyen du logiciel IBM SPSS Statistics 23. La limite de la prise de décision d'un lien significatif est fixée à $p < 0,05$.

3.2. Analyses descriptives

Les différents tableaux qui vont suivre, présentent une description de notre échantillon de participants (N=89), divisé en deux conditions, expérimentale (N=64) et de contrôle (N=25). Ainsi, dans le tableau 1, nous retrouvons le détails des variables dépendantes relatives au scores moyens des différentes tâches des fonctions exécutives selon la condition et le genre des participants. Ensuite, dans le tableau 2, 3 et 4, nous décrivons les moyennes des indices finaux de scores et mesures des indicateurs de stress auto-rapportés et physiologique de relatifs à chaque phases de réponse au stress. Ces indices finaux, correspondent à la variabilité des moyennes des indices considérés, entre les trois phases de réponses au stress (alarme, résistance, épuisement).

Ensuite, dans le tableau 5, nous détaillons les différentes moyennes des scores des tâches relatives aux fonctions exécutives en fonction de l'expérimentateur qui les a administré au temps 1 de l'étude.

En outre, dans le but de vérifier l'efficacité de l'induction du stress aigu en laboratoire, nous avons effectué quatre analyses répétées du modèle générale linéaire, implémentées pour nos variables dépendantes, calculées précédemment. Ces modèles mixtes ont chacun deux variables, une variable inter individuelle à deux modalités (condition expérimentale et de contrôle) et une variable intra individuelle, la période de prises de mesures. Cette-dernière faisant référence aux trois phases de la réponse au stress, avec la ligne de base.

Enfin, les indices finaux sont relatifs aux indicateurs de stress du rythme cardiaque, de la variabilité du rythme cardiaque, de la pression artérielle diastolique et systolique et de l'item de stress. Afin de faciliter la compréhension des graphiques qui vont suivre, nous précisons que les points temporels développés précédemment, se retrouvent simplifiés dans nos développements sous les appellations suivantes : Temps 1 = Ligne de base, Temps 2 = Alarme, Temps 3 = Résistance/MAST, et Temps 4 = Épuisement. Ces analyses nous permettent d'observer l'impact de l'induction du stress aigu du Maastricht Acute Stress Test sur nos participants de la condition expérimentale.

Finalement, nous réalisons des régressions linéaires afin de d'explorer les corrélations entre nos indices relatifs aux fonctions exécutives et les variables dépendantes relatives aux indicateurs de stress, selon la phase de réponse au stress. Une intention particulière est portée à l'indice d'inhibition.

Sur base des analyses du tableau 1, nous pouvons préciser que dans les conditions de contrôle (N=25) et expérimentale (N=64), les participants semblent avoir en moyenne le même âge. (M=22.7 ; SD =4.5) et (M=22,3 ; SD=4,72). De plus, les moyennes de scores aux indices relatifs aux fonctions exécutives semblent toutes plus élevées que celles de la condition de contrôle.

Tableau 1: Statistiques descriptives des variables socio démographiques et des scores aux tâches cognitives, en fonction de la condition des participants.

CONDITION		Age du participant	Score à la tâche Letter-Memory	Score à la tâche Number-Letter	Score à la tâche Operation Span	Score à la tâche Stop Signal Task
Contrôle	Mean	22,72	0,90	534,69	41,84	180,07
	SD.	4,560	0,10	240,43	16,14	39,02
	N	25	25	25	25	25
Expérimentale	Mean	22,34	0,92	567,18	47,33	184,95
	SD	4,72	0,11	286,45	13,54	36,67
	N	64	64	64	64	64
Total	Mean	22,45	0,92	558,05	45,79	183,58
	SD	4,65	0,11	273,35	14,44	37,19
	N	89	89	89	89	89

Ensuite, sur base du tableau 2, nous pouvons préciser que les moyennes des mesures au indicateurs de stress physiologique de la phase d'alarme, semble légèrement supérieur pour la condition expérimentale.

Tableau 2 : Statistiques descriptives des indices finaux physiologiques de la phase d'alarme, en fonction de la conditions des participants.

CONDITION		Indice final d'alarme pour l'item de stress ^a	Indice final d'alarme pour le rythme cardiaque	Indice final d'alarme pour le RMSSD ^b	Indice final d'alarme pour la pression systolique	Indice final d'alarme pour la pression diastolique
Contrôle (N=25)	Mean	0,12	4,04	-2,89	-0,84	-0,24
	SD	0,78	3,83	11,32	3,89	3,22
Expérimentale (N=64)	Mean	1,09	4,04	-3,88	1,69	0,75
	SD	1,18	4,08	18,64	5,31	5,29
Total (N=89)	Mean	0,82	4,04	-3,60	0,98	0,47
	SD	1,16	3,99	16,85	5,06	4,81

a. STRESS = Questionnaires du stress perçu

b. RMSSD = Variabilité du rythme cardiaque

Ensuite, sur base du tableau 3, nous pouvons préciser que les moyennes des mesures au indicateurs de stress physiologique de la phase d'alarme, semble largement supérieur pour la condition expérimentale.

Tableau 3 : Statistiques descriptives des indices finaux physiologiques de la phase de résistance, en fonction de la condition des participants.

CONDITION		Indice final de résistance pour la STAI ^a	Indice final de résistance pour l'item de stress ^b	Indice final de résistance pour la pression systolique	Indice final de résistance pour la pression diastolique	Indice final de résistance pour le rythme cardiaque	Indice final de résistance pour le RMSSD ^c
Contrôle (N=25)	Mean	0,12	-0,20	-2,36	-0,76	2,66	-1,73
	SD	3,32	0,71	5,27	4,87	3,73	7,96
Expérimentale (N=64)	Mean	14,39	1,73	9,83	8,09	6,71	-5,45
	SD	10,18	1,56	11,19	11,80	6,72	18,60
Total (N=89)	Mean	10,38	1,19	6,40	5,61	5,57	-4,40
	SD	10,90	1,62	11,29	11,06	6,28	16,37

a. STAI = L'inventaire d'anxiété état-trait de Spielberger

b. STRESS = Questionnaires du stress perçu

c. RMSSD = Variabilité du rythme cardiaque

Ensuite, sur base du tableau 4, nous pouvons préciser que les moyennes des mesures au indicateurs de stress physiologique de la phase d'alarme, semble supérieur pour la condition expérimentale.

Tableau 4 : Statistiques descriptives des indices finaux physiologiques de la phase d'épuisement, en fonction de la condition des participants.

CONDITION		Indice final épuisement pour la STAI ^a	Indice final épuisement pour l'item de stress ^b	Indice final épuisement pour la pression systolique	Indice final épuisement pour la pression diastolique	Indice final épuisement pour le rythme cardiaque	Indice final épuisement pour le RMSSD ^c
Contrôle (N=25)	Mean	-0,76	-0,44	-0,80	-0,36	-2,13	0,85
	SD	4,99	0,87	6,14	4,73	5,08	14,27
Expérimentale (N=64)	Mean	-12,88	-1,98	-9,33	-6,92	-8,83	10,46
	SD	8,71	1,39	9,39	10,16	5,47	16,84
Total (N=89)	Mean	-9,47	-1,55	-6,93	-5,08	-6,95	7,76
	SD	9,54	1,44	9,40	9,42	6,13	16,66

a. STAI = L'inventaire d'anxiété état-trait de Spielberger

b. STRESS = Questionnaires du stress perçu

c. RMSSD = Variabilité du rythme cardiaque

Enfin, concernant le tableau 5, nous pouvons constater que les moyennes aux scores des indices des fonctions exécutives semblent supérieur pour l'expérimentateur 1 au tâches de Operation Span et Letter-Memory, et inversement pour les tâches de Number-Letter et Stop Signal Task.

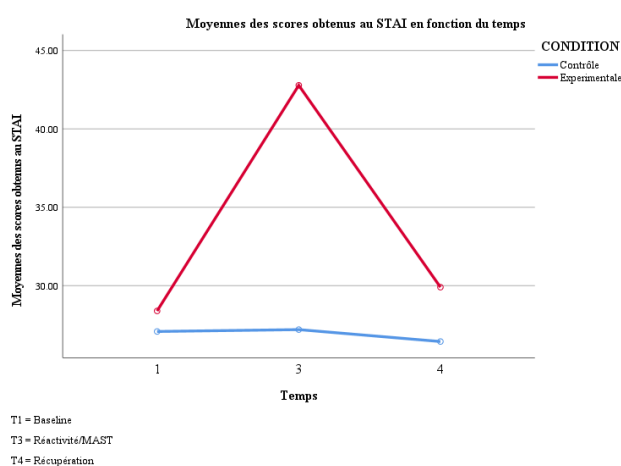
Tableau 5: Comparaison entre les moyennes des scores des indices des fonctions exécutives, en fonction de l'expérimentateur.

Expérimentateurs	N	Mean	SD
Scores à la tâche Operation Span	1 2	52 37	43,98 48,32
Scores à la tâche Letter-Memory	1 2	52 37	0,91 0,93
Scores à la tâche Number-Letter	1 2	52 37	566,66 545,96
Scores à la tâche Stop Signal Task	1 2	52 37	184,84 181,80

3.3. Vérification de l'induction de la MAST

3.3.1. State-Trait Anxiety Inventory (STAI)

Concernant les mesures relatives au STAI, nous pouvons observer sur le graphique ci-dessous (Fig.5)⁵, qu'il semble y avoir une différence entre les moyennes de nos conditions au temps 3 et 4 de l'étude. En effet, des analyses statistiques nous ont permis de noter une différence significative entre les moyennes globales de nos deux conditions $F(1 ; 87) = 18,4 ; p < 0,001$. Une comparaison par pair post hoc test



utilisant la correction de Bonferroni, nous a permis de préciser que ces différences s'observent à deux périodes. L'une au temps 3, où nous relevons un écart significatif de 15,58 supérieur pour la moyenne du groupe expérimental à $p < 0,001$ ($M=42,78 ; SD=11,53$). Même constat au temps 4, avec une différence significative moindre de 3,46 unités supérieur à $p = 0,038$ ($M=29,9 ; SD=6,58$). De plus, nos analyses ont déterminé que les scores moyens du STAI, mesurés aux trois points temporels, différaient significativement entre eux $F(1,502 ; 130,64) = 43,42$ avec $p < 0,001$. Nous notons également une interaction significative entre ces scores moyens et les conditions de l'étude $F(1,502 ;$

⁵ Figure **Erreur ! Document principal seulement.** : Graphique de l'évolution des scores moyens du STAI pour nos deux conditions

130,64) = 38,81, $p < 0,001$. Concernant nos observations au temps 1, il n'y a pas de différence significative entre les conditions, ce qui est logique car l'induction n'a pas encore eu lieu.

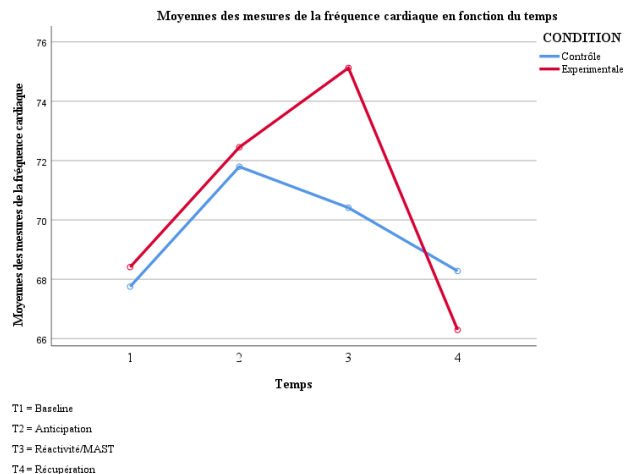
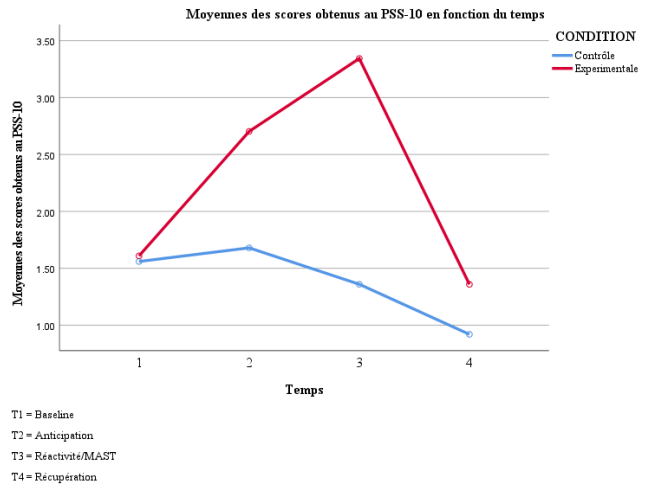
3.3.2. Item de stress général perçu

Concernant les mesures relatives à l'item de stress perçu, nous pouvons observer sur le graphique ci-dessous (Fig.6)⁶, qu'il semble y avoir une différence entre les moyennes de nos conditions au temps 2 et 3 de l'étude. En effet, des analyses statistiques nous ont permis de noter une différence significative entre les moyennes globales de nos deux conditions $F(1 ; 87) = 6,28$, $p = 0,01$. Une comparaison par pair post hoc test utilisant la correction de Bonferroni, nous a

permis de préciser que ces différences s'observent à deux périodes. L'une au temps 2 où nous relevons un écart significatif de 1,023 unités supérieur pour la condition expérimentale à $p = 0,02$ ($M=2,7$; $SD=1,93$), et un plus important au T3 de 1,98, $p < 0,001$ ($M=3,34$; $SD=2,08$). De plus, nos analyses ont déterminés que les scores moyens du STAI, mesurés aux quatre points temporels, différaient significativement entre eux $F(2,801 ; 243,68) = 30,9$, $p < 0,001$. Une interaction significative entre ces scores moyens et les conditions de l'étude a également été affirmée, $F(2,801 ; 243,68) = 17,46$ avec $p < 0,001$.

3.3.3. Rythme cardiaque

Concernant les mesures relatives au rythme cardiaque, nous pouvons observer sur le graphique ci-dessous (Fig.7)⁷, qu'il semble y avoir une différence entre les moyennes de nos conditions au temps 3 de l'étude. Or lorsqu'on observe nos analyses statistiques, il n'y a pas de différence significative entre les moyennes globales de nos deux conditions $F(1 ; 87) = 0,242$, $p = 0,62$. Cependant l'analyse démontre tout



⁶ Figure 7 : Graphique de l'évolution des scores moyens à l'item de stress perçu pour nos deux conditions

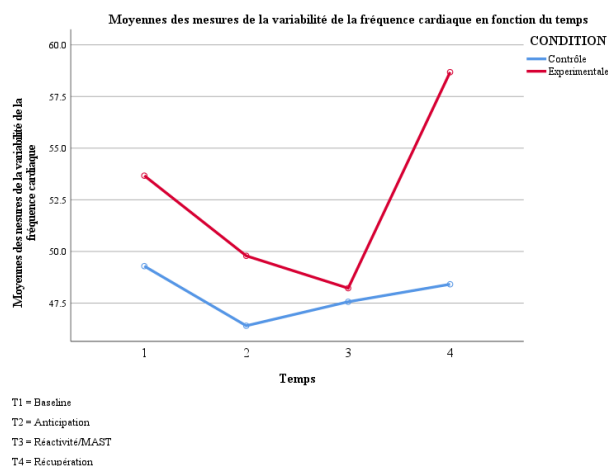
⁷ Figure 8 : Graphique de l'évolution des moyennes des mesures du rythme cardiaque pour nos deux conditions

même la significativité de l'interaction entre les mesures moyennes du rythme cardiaque et les conditions de l'étude $F(2,54 ; 220,97) = 11,59, p < 0,001$. De plus, une comparaison par pair post hoc test utilisant la correction de Bonferroni, nous a permis de préciser que ces différences s'observent à deux périodes. L'une au temps 2 où nous relevons un écart significatif de 4,71 supérieur pour la condition expérimentale à $p = 0,03$ ($M=75,12 ; SD=1,18$). Ce décalage entre la non significativité de la différence des moyennes globales des conditions, malgré la significativité de l'interaction entre nos variables au temps 3, démontre l'action de l'induction du stress aigu du MAST sur la condition expérimentale, pour la variable du rythme cardiaque. Enfin, nous constatons une chute significative de 5,48 unités ($p < 0,001$) de la moyenne globale du rythme cardiaque, à la suite de l'induction du MAST. De fait, la moyenne de la condition expérimentale passe de 75,1 ($SD=1,18$) au temps 3 à 66,3 ($SD=1,07$) au temps 4.

3.3.4. Variabilité du rythme cardiaque

Concernant les mesures relatives à la variabilité du rythme cardiaque, nous pouvons observer sur le graphique ci-dessous (Fig.8)⁸, qu'il ne semble pas y avoir une différence significative entre les moyennes globales de nos conditions au temps 3 de l'étude. Ce qui est confirmé par nos analyses statistiques, $F(1 ; 87) = 0,68, p = 0,411$. Il n'y a pas non plus d'interaction significative entre nos variables $F(2,89 ; 251,77) = 2,39, p = 0,07$.

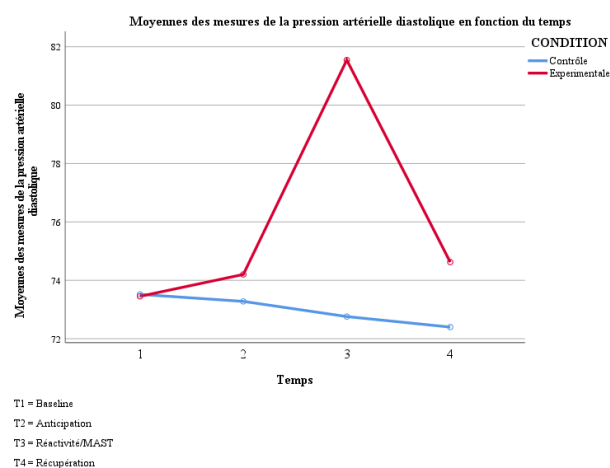
Cette observation démontre l'inaction de l'induction de stress du MAST sur la variabilité du rythme cardiaque. Cependant l'analyse démontre tout même que les mesures moyennes de la variabilité du rythme cardiaque, mesurées aux quatre points temporels, diffèrent significativement entre eux $F(2,89 ; 251,77) = 4,39, p = 0,005$.



⁸ Figure 9 : Graphique de l'évolution des moyennes des mesures de la variabilité du rythme cardiaque pour nos deux conditions

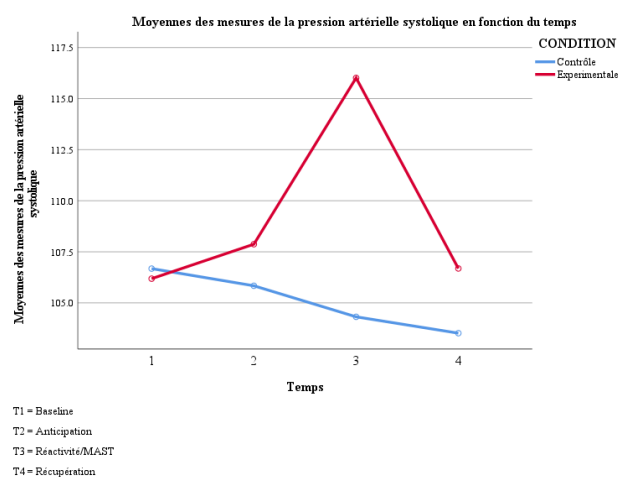
3.3.5. Pression artérielle diastolique

Concernant les mesures relatives à la pression artérielle diastolique, nous pouvons observer sur le graphique ci-dessous (Fig.9)⁹, qu'il semble y avoir une différence entre les moyennes de nos conditions au temps 3 de l'étude. Or lorsqu'on observe nos analyses statistiques, il n'y a pas différence significative entre les moyennes globales de nos deux conditions $F(1 ; 87) = 2,87$, $p=0,09$. Cependant l'analyse démontre tout même la significativité de l'interaction entre nos les mesures moyennes de la pression artérielle diastolique et les conditions de l'étude $F(1,71 ; 149,1) = 9,66$, $p < 0,001$. De plus, une comparaison par pair post hoc test utilisant la correction de Bonferroni, nous a permis de préciser que cette différence s'observe au temps 3 où nous relevons un écart significatif de 8,79 unités supérieure pour la condition expérimentale à $p = 0,03$ ($M=81,54$; $SD=1,49$). L'analyse a également déterminé que les mesures moyennes de les pressions artérielle diastolique, prises aux quatre points temporels différaient significativement entre elles $F(1,71 ; 149,1) = 7,77$, $p < 0,001$. Ainsi, nous constatons une chute significative de 3,6 unités ($p=0,006$) de la moyenne globale de la pression artérielle diastolique, à la suite de l'induction du MAST. La moyenne de la condition expérimentale entre le temps 3 et le temps 4 passe de 81,5 ($SD=1,49$) à 74,6 ($SD=0,94$).



3.3.6. Pression artérielle systolique

Concernant les mesures relatives à la pression artérielle systolique, nous pouvons observer sur le graphique ci-dessous (Fig.10), qu'il semble y avoir une différence entre les moyennes de nos conditions au temps 3 de l'étude. Or lorsqu'on observe nos analyses statistiques, il n'y a pas différence significative entre les moyennes globales de nos deux conditions $F(1 ; 87) = 2,23$, $p = 0,139$. Cependant l'analyse démontre tout même la significativité de l'interaction entre nos les mesures moyennes de la pression artérielle systolique et



⁹ Figure 10 : Graphique de l'évolution des moyennes des mesures de la pression artérielle diastolique pour nos deux conditions

les conditions de l'étude $F(1,86 ; 162,1) = 17,57, p < 0,001$. De plus, une comparaison par pair post hoc test utilisant la correction de Bonferroni, nous a permis de préciser que cette différence s'observe au temps 3 où nous relevons un écart significatif de 11,69 unités supérieure pour la condition expérimentale à $p = 0,002$ ($M = 116,01$). L'analyse a également déterminé que les mesures moyennes de la pression artérielle diastolique, prises aux quatre points temporels différaient significativement entre elles $F(1,86 ; 162,1) = 11,63, p < 0,001$. Ainsi, nous constatons une chute significative de 5,06 unités ($p < 0,001$) de la moyenne globale de la pression artérielle diastolique, à la suite de l'induction du MAST. La moyenne de la condition expérimentale entre le temps 3 et le temps 4 passe de 116,01 ($SD = 1,9$) à 106,68 ($SD = 1,34$).

3.4. Analyses statistiques relatives aux hypothèses

Pour ce point, il est important de préciser que nous avons réalisé les analyses statistiques qui vont suivre avec l'échantillon de participants de la condition expérimentale ($N = 64$) uniquement, ceci pour la raison que le groupe placebo n'a pas été soumis à l'induction de stress lors de la passation de la MAST. Ces analyses reflètent les résultats de modèles de régression linéaire, exposant les corrélations individuelles entre les indicateurs de stress relatifs à la phase de stress et les scores des tâches évaluant les facettes du fonctionnement exécutif. Dans les différentes sous-hypothèses qui vont suivre, nous utiliserons des données continues. De ce fait, les variables devraient suivre une distribution normale. Auquel cas, nous appliquerons des corrélations de Pearson (r).

L'hypothèse et sous-hypothèses qui dirigent nos analyses statistiques sont les suivantes :

Dans un processus de réponse au stress aigu induit en laboratoire, nous émettons l'hypothèse qu'il existerait une relation significative entre les facettes des fonctions exécutives et les indicateurs du stress relatifs aux phases de la réponse au stress aigu induit en laboratoire (Alarme-Résistance-Épuisement). Sur base des apports théoriques précédents, on s'attend à un rôle plus important de l'inhibition par rapport aux autres facettes des fonctions exécutives. Ainsi, nous nous attendons à ce que des meilleures capacités de l'inhibition soit associées à moins d'alarme et de résistance, ainsi qu'à un épuisement plus rapide.

Concernant nos résultats, sur base des analyses corrélationnelles effectuées entre les indices des fonctions exécutives et les indices finaux physiologiques et psychologiques, indicateurs du stress aigu induit en laboratoire, nous avons observé que seul l'indice de l'inhibition, mesuré à l'aide de la « Stop Signal Task », montrait une corrélation positive avec l'un des indices finaux du stress aigu, parmi l'ensemble des indices des fonctions exécutives, et ce pour chacune des phases de réponse au stress. Dans les points suivants, nous analyserons et commenterons le détail de ces corrélations pour chacune des trois phases du stress.

3.4.1. Phase d'alarme

Selon l'hypothèse formulée précédemment, une analyse des mesures de performance des fonctions exécutives et des phases du stress physiologique et psychologique, auprès de nos 64 participants de la condition expérimentale, devrait révéler une relation entre l'indice d'inhibition « Stop Signal Task » et un des indices finaux pour une phase quelconque du stress d'une des variables physiologiques. L'utilisation du coefficient de corrélation de Pearson confirme cette observation pour l'indice final d'alarme pour la pression diastolique, $r(63) = 0,258, p = 0,04$.

Tableau 6 : **Corrélations entre les indices des fonctions exécutives et les indices finaux de résistance pour les variables physiologiques

		Indice final alarme pour l'item de stress ^b	Indice final alarme pour le rythme cardiaque	Indice final alarme pour le RMSSD ^c	Indice final alarme pour la pression systolique	Indice final alarme pour la pression diastolique
Score à la tâche Operation Span	Pearson	0,117	0,094	-0,079	0,29	0,176
	Correlation Sig	0,355	0,460	0,535	0,82	0,164
Score à la tâche Letter- Memory	Pearson	0,206	0,006	-0,122	0,27	0,165
	Correlation Sig	0,102	0,964	0,339	0,832	0,193
Score à la tâche Number- Letter	Pearson	0,22	0,26	-0,019	0,212	-0,075
	Correlation Sig	0,081	0,836	0,883	0,093	0,556
Score à la tâche Stop Signal Task	Pearson	0,168	0,192	-0,23	0,81	0,258*
	Correlation Sig	0,185	0,129	0,855	0,527	0,04

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

** Pour l'ensemble des corrélations N=64

a. STAI = L'inventaire d'anxiété état-trait de Spielberger

b. STRESS = Questionnaires du stress perçu

c. RMSSD = Variabilité du rythme cardiaque

Cependant, lorsqu'on soumet notre relation à un test de régression linéaire, il se révèle non-significatif, $F(7 ; 56) = 1,03, p = 0,418$. De plus, nous observons que combinée avec les covariables du genre, de l'âge et du niveau de stress des participants, ainsi que les scores obtenus aux trois autres indices des fonctions exécutives (Operation Span, Letter-Memory et Number-Letter), l'indice d'inhibition perd sa relation significativement positive avec l'indice final d'alarme pour la pression artérielle diastolique ($\beta = 0,24, p = 0,07$).

Tableau 7 : Coefficients de régression linéaire de la relation entre les indices des fonctions exécutives et l'indice final d'alarme pour la pression artérielle diastolique

Model	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	B	Std. Error	Beta		
1 (Constant)	-15,22	8,92		-1,71	0,09
Score à la tâche Operation Span	0,03	0,06	0,08	0,57	0,57
Score à la tâche Letter-Memory	6,63	7,06	0,13	0,94	0,35
Score à la tâche Number-Letter	-0,002	0,002	-0,08	-0,65	0,52
Score à la tâche Stop Signal Task	0,03	0,02	0,24	1,85	0,07
Genre	0,65	1,39	0,06	0,47	0,64
Age du participant	0,09	0,15	0,08	0,61	0,54
Item Stress	-0,004	0,11	-0,01	-0,04	0,97

a. Variable dépendante : Indice final d'alarme pour la pression artérielle diastolique

3.4.2. Phase de résistance/MAST

Selon l'hypothèse formulée précédemment, une analyse des mesures de performance des fonctions exécutives et des phases du stress physiologique et psychologique, auprès de nos 64 participants de la condition expérimentale, devrait révéler une relation entre l'indice d'inhibition « Stop Signal Task » et un des indices finaux pour une phase quelconque du stress d'une des variables physiologiques. L'utilisation du coefficient de corrélation de Pearson confirme cette observation pour l'indice final de résistance pour le rythme cardiaque, $r(63) = 0,247, p = 0,05$.

Tableau 8 : **Corrélations entre les indices des fonctions exécutives et les indices finaux de résistance pour les variables physiologiques

		Indice final de résistance pour la STAI ^a	Indice final de résistance pour l'item de stress ^b	Indice final de résistance pour le rythme cardiaque	Indice final de résistance pour le RMSSD ^c	Indice final de résistance pour la pression systolique	Indice final de résistance pour la pression diastolique
Score à la tâche	Pearson	-0,06	0,06	-0,05	-0,03	-0,17	-0,09
Operation Span	Correlation						
	Sig	0,64	0,61	0,69	0,79	0,17	0,50
Score à la tâche	Pearson	-0,01	0,19	0,06	-0,09	0,09	0,15
Letter-Memory	Correlation						
	Sig	0,92	0,14	0,66	0,49	0,49	0,23

Score à la tâche	Pearson Correlation	0,10	0,22	0,03	-0,05	0,11	-0,07
Number-Letter	Sig	0,45	0,08	0,83	0,70	0,41	0,59
Score à la tâche Stop Signal Task	Pearson Correlation	0,11	0,22	.247*	-0,14	-0,10	-0,01
	Sig	0,41	0,08	0,05	0,26	0,41	0,95

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**Pour l'ensemble des correlation N=64

a. STAI = L'inventaire d'anxiété état-trait de Spielberger

b. STRESS = Questionnaires du stress perçu

c. RMSSD = Variabilité du rythme cardiaque

Cependant, lorsqu'on soumet notre relation à un test de régression linéaire, celui-ci se révèle non-significatif $F(7 ; 56) = 1,45, p = 0,205$. De plus, nous observons que, combinée avec les covariables du genre, de l'âge et du niveau de stress des participants, ainsi que les scores obtenus aux trois autres indices des fonctions exécutives (Operation Span, Letter-Memory et Number-Letter), l'indice d'inhibition perd sa relation significativement positive avec l'indice final de résistance pour le rythme cardiaque ($\beta = 0,23, p = 0,07$).

Tableau 9 : Coefficients de régression linéaire de la relation entre les indices des fonctions exécutives et l'indice final de résistance pour le rythme cardiaque

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients		Sig.
		B	Std. Error	Beta	t	
1	(Constant)	-5,36	11,06		-0,48	0,63
	Score à la tâche Operation Span	-0,08	0,07	-0,17	-1,19	0,24
	Score à la tâche Letter-Memory	5,51	8,75	0,09	0,63	0,53
	Score à la tâche Number-Letter	0,0005	0,003	0,02	0,16	0,87
	Score à la tâche Stop Signal Task	0,043	0,023	0,23	1,84	0,07
	Genre	2,87	1,72	0,22	1,67	0,1
	Age du participant	-0,17	0,18	-0,12	-0,92	0,36
	Item Stress	0,19	0,14	0,18	1,37	0,18

a. Variable dépendante : Indice final de résistance pour le rythme cardiaque

3.4.3. Phase d'épuisement

Selon l'hypothèse formulée précédemment, une analyse des mesures de performance des fonctions exécutives et des phases du stress physiologique et psychologique, auprès de nos 64 participants de la condition expérimentale, devrait révéler une relation entre l'indice d'inhibition « Stop Signal Task » et un des indices finaux pour une phase quelconque du stress d'une des variables physiologiques. L'utilisation du coefficient de corrélation de Pearson confirme cette observation pour l'indice final d'épuisement pour le rythme cardiaque, $r(63) = -0,294, p = 0,02$.

Tableau 10 : ****Corrélations entre les indices des fonctions exécutives et les indices finaux d'épuisement pour les variables physiologiques**

		Indice final épuisement pour le rythme cardiaque	Indice final épuisement pour le RMSSD ^a	Indice final épuisement pour la STAI ^b	Indice final épuisement pour l'item de stress ^c	Indice final épuisement pour la pression systolique	Indice final épuisement pour la pression diastolique
Score à la tâche	Pearson	0,09	0,04	0,10	0,12	0,16	0,12
Operation Span	Correlation						
	Sig.	0,50	0,78	0,43	0,33	0,21	0,33
Score à la tâche	Pearson	-0,07	0,11	-0,02	-0,23	-0,07	-0,17
Letter-Memory	Correlation						
	Sig.	0,58	0,41	0,85	0,07	0,59	0,17
Score à la tâche	Pearson	0,02	-0,03	0,06	0,05	0,05	0,12
Number-Letter	Correlation						
	Sig.	0,86	0,83	0,62	0,71	0,71	0,36
Score à la tâche	Pearson	-.294*	0,14	-0,12	-0,16	0,08	0,01
Stop Signal Task	Correlation						
	Sig.	0,02	0,26	0,35	0,20	0,53	0,93

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed)

** Pour l'ensemble des correlation N=64.

a. RMSSD = Variabilité du rythme cardiaque

b. STAI = L'inventaire d'anxiété état-trait de Spielberger

c. STRESS = Questionnaires du stress perçu

Cependant, lorsqu'on soumet notre relation à un test de régression linéaire, celui-ci se révèle non-significatif $F(7 ; 56) = 1,37, p = 0,235$ nous observons que, combinée avec les covariables du genre, de l'âge et du niveau de stress des participants, ainsi que les scores obtenus aux trois autres indices des fonctions exécutives (Operation Span, Letter-Memory et Number-Letter), l'indice d'inhibition perd sa relation significativement positive avec l'indice final d'épuisement pour le rythme cardiaque ($\beta = -0,29, p = 0,03$).

Tableau 11 : Coefficients de régression linéaire de la relation entre les indices des fonctions exécutives et l'indice final de d'épuisement pour le rythme cardiaque

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	0,54	9,05		0,06	0,95
	Score à la tâche Operation Span	0,08	0,06	0,19	1,34	0,18
	Score à la tâche Letter-Memory	-5,27	7,16	-0,10	-0,74	0,46
	Score à la tâche Number-Letter	0,001	0,002	0,03	0,26	0,80
	Score à la tâche Stop Signal Task	-0,04	0,02	-0,29	-2,28	0,03
	Genre	-1,49	1,41	-0,14	-1,06	0,29
	Age du participant	0,12	0,15	0,10	0,79	0,43
	Item Stress	-0,08	0,11	-0,09	-0,72	0,47

a. Variable dépendante : Indice final épuisement pour le rythme cardiaque

Nous pouvons donc en conclure qu'aucune des corrélations relevées ne persiste lorsque l'indice d'inhibition est confronté aux covariables. En outre, la perte de la relation significative positive ou négative concerne respectivement l'indice final de la pression artérielle diastolique pour l'alarme, et les indices finaux du rythme cardiaque pour la phase de la résistance et de l'épuisement.

3.5. Vérification de l'effet de l'expérimentateur

A l'aide d'une analyse T-test pour échantillons indépendants, nous avons relevé qu'il n'y avait pas de différences significatives entre les moyennes des deux expérimentateurs de l'étude, pour les quatre indices des fonctions exécutives : Opération Span, Letter-Memory, Number-Letter, Stop Signal Task). Cette analyse est réalisé sur l'ensemble de nos participants (N=89).

Tableau 12 : Comparaison des moyennes des indices des fonctions exécutives en fonction de l'expérimentateur

	Levene's Test for Equality of Variances*		t-test for Equality of Means			
	F	Sig.	t	df	Std. Error Difference	Mean Difference
Score à la tâche Operation Span	1,14	0,29	-1,41	87	3,09	-4,34
Score à la tâche Letter-Memory	1,33	0,25	-1,02	87	0,02	-0,02
Score à la tâche Number-Letter	0,06	0,80	0,35	87	59,09	20,7
Score à la tâche Stop Signal Task	2,45	0,12	0,38	87	8,04	3,05

* Equal variances not assumed

4. Chapitre 4 : Discussion

La discussion de notre partie empirique se compose de quatre points principaux. Tout d'abord, nous rappellerons brièvement notre question de recherche, ainsi que l'objectif visé à travers cette étude. Ensuite, nous interpréterons nos résultats significatifs à la lumière des apports théoriques relevés dans la littérature. Dans cette section nous procéderons à la discussion des résultats qui vérifient, ou non, nos hypothèses. Nous énumérerons également les forces et les limites de toute la présente étude. Enfin, à la suite de nos critiques, nous suggérerons certaines pistes pour des recherches futures.

Avant de débiter l'interprétation des résultats, nous allons brièvement rappeler l'objectif visé à travers l'élaboration de cette étude. D'une part, nous explorons, d'abord, la relation entre les facettes des fonctions exécutives et la réponse au stress aigu induit en laboratoire, et ensuite, la probabilité d'observer une variance de leurs effets au niveau des phases de réponse au stress. De plus, notre hypothèse souligne l'éventualité d'une relation significative et positive pour l'indice d'inhibition. De là, nous nous interrogeons sur le potentiel rôle de facteurs de protection des fonctions exécutifs dans la réponse à ce type de stress aigu. D'autre part, nous voulons vérifier l'efficacité de l'induction du facteur de stress du Maastricht Acute Stress Test sur nos participants de la condition expérimentale, ceci par le biais d'une comparaison des mesures des différents indicateurs de stress (auto-rapportés et physiologiques) entre les deux groupes, effectuée pendant et après la phase d'induction.

4.1. Interprétation des résultats

4.1.1. Résultats des hypothèses

Sur base des analyses des résultats de nos hypothèses, nous pouvons conclure que nos hypothèses ne sont, en partie, pas confirmées.

Concernant la relation entre les fonctions exécutives et la réponse au stress aigu, évaluée par les différents indicateurs de stress (auto-rapportés et physiologiques), nous avons pu observer que seul l'indice de la « Stop Signal Task » relatif à la l'inhibition est corrélé significativement, positivement et négativement aux indicateurs de stress suivants, lorsqu'il n'est pas confronté aux autres covariables.

Afin de faciliter l'interprétation qui suit, rappelons qu'un haut score obtenu à la tâche SSRT signifie une mauvaise capacité d'inhibition du participant (Verbruggen et al., 2008).

- Pour la phase d'alarme, il présente une corrélation significative et positive avec l'indicateur de la pression artérielle diastolique, indiquant une relation entre la faible capacité d'inhibition et l'augmentation de la pression artérielle diastolique (indicatrice d'une réaction au stress aigu).

- Pour la phase de résistance, il présente une corrélation significative et positive avec l'indicateur du rythme cardiaque, indiquant une relation entre la faible capacité d'inhibition et l'augmentation du rythme cardiaque (indicatrice d'une réaction au stress aigu).
- Pour l'épuisement, il présente une corrélation significative et négative pour l'indice du rythme cardiaque, indiquant une relation entre la faible capacité d'inhibition et la diminution du rythme cardiaque (indicatrice d'une réaction de régulation suite à l'exposition au facteur de stress aigu).

Cependant, aucuns des modèles de régressions linéaires ne sont relevés significatifs. De fait, lorsqu'on confronte l'indice de d'inhibition aux covariables de genre et les autres indicateurs de stress auto-rapportés et physiologiques, nous observons que l'ensemble des corrélations significatives citées ci-dessus ne sont pas suffisamment fortes pour perdurer. Ainsi, nous ne sommes pas en mesure de confirmer un rôle des facteurs de protection de la fonction exécutive d'inhibition sur les indicateurs de stress du rythme cardiaque et pression artérielle diastolique pour les trois phases de la réponse au stress.

Cette interprétation nous permet également de dire que nous ne sommes pas en mesure de confirmer la variabilité de l'effet des fonctions exécutives en fonction de ces-dites phases. Ces modèles de régression linéaire non-significatifs peuvent s'expliquer par le fait que nous avons un échantillon de participants plus petit que ce celui idéalement attendu, et par conséquent un pouvoir statistique insatisfaisant.

4.1.2. Effet de l'expérimentateur

Étant donné qu'aucunes différences de moyennes des scores des indices des fonctions exécutives, entre les deux expérimentateurs, ne sont significatives. Nous pouvons conclure qu'il n'y a pas de biais d'effet de l'expérimentateur.

4.2. Forces et limites de l'étude

Malgré l'impossibilité de confirmer nos hypothèses, notre étude est innovante par l'exploration de l'association entre les compétences de contrôle exécutif, et plus particulièrement les capacités d'inhibition et les indicateurs de stress aigu induit en laboratoire. Malgré une littérature abondante sur l'influence du stress sur les cognitions, la relation inverse à peu été étudiée. D'un point de vue théorique, notre interrogation sur la potentialité d'une influence positive du rôle des fonctions exécutives sur la réponse au stress aigu est donc pertinente.

Ensuite, une autre force réside dans l'efficacité des recherches que nous avons effectuées en amont de l'étude, afin de garantir au maximum la validité de notre étude. Nous avons également veillés à inclure plusieurs fonctions exécutives à l'étude. En effet, Shields (2020) nous mets en garde sur l'importance dans le choix des critères d'exclusion et la pertinence des instruments de mesures utilisés, c'est-à-dire le protocole d'induction du stress aigu, les indicateurs de stress auto-rapportés et physiologiques, et le matériel de mesure.

Enfin, notre force réside dans le fait que nous avons vérifié l'induction du MAST. Ainsi les résultats des différents modèles généraux linéaires sont les suivant :

Concernant la vérification de l'induction du facteur de stress du MAST sur nos participants de la condition expérimentale, sur base de l'analyse de nos résultats, nous pouvons confirmer que celle-ci fonctionne pour tous nos indicateurs de stress auto-rapportés et physiologiques (STAI, item de stress perçu, rythme cardiaque et pression artérielle diastolique et systolique), à l'exception de celui de la variabilité du rythme cardiaque. De fait, nous constatons une différence positive et significative entre les moyennes des scores et mesures des différents indicateurs de stress de nos deux conditions (expérimentale et de contrôle), et ce pendant et après la phase de résistance. De plus, ce décalage entre la non-significativité de la différence des moyennes globales des conditions, et la significativité de l'interaction entre les variables au temps 3, démontre l'action de l'induction du stress aigu du MAST sur la condition expérimentale pour la variable du rythme cardiaque, et celle de la pression artérielle diastolique et systolique. Cependant, nous observons tout de même une différence de moyennes pour l'indice de la variabilité du rythme cardiaque, mais celle-ci n'est pas significative. Cette conclusion peut être argumentée par la réflexion de Shields, (2020), sur la pertinence du choix des indicateurs de stress aigu induit en laboratoire. De fait, il nous invite à rester attentif à la difficulté à induire un stress aigu en laboratoire, et par conséquent à interpréter avec prudence les mesures obtenues par les indicateurs de stress choisis. Dans cette situation, il est difficile de savoir si cette absence de différence significative entre les moyennes des mesures pour l'indicateur de la variabilité du rythme cardiaque, des deux conditions, est due à l'échec de l'induction de stress ou à la faiblesse de validité de l'indicateur de stress choisi.

Concernant la méthodologie, nous pouvons pointer une première limite au niveau de la taille l'échantillon de l'étude. En comparaison avec la taille d'échantillon attendu, celui-ci est plus petit et concède une puissance statistique moindre. En effet, idéalement, la taille attendue de notre échantillon aurait été de 155 participants (groupe Contrôle n=52 ; groupe Expérimental n=103). Elle a été déterminée avec G*Power pour une puissance statistique de 0,80, $\alpha = 0,5$ et une taille d'effet moyenne de 0,15 requise pour les modèles de régression multiple avec 7 prédicteurs.

Initialement, notre étude nous permet de recruter 175 individus âgés de 18 à 40 ans, sur participation volontaire, nombre auquel nous devons soustraire les participants exclus, qui n'ont pas répondu correctement aux questionnaires en ligne ou omis de signer le document de consentement. Nous devons également en soustraire le nombre de participants dont les données se sont révélées, après analyse, manquantes ou inutilisables. De ce fait, la taille finale de notre échantillon est en réalité de 89 participants (N=25 pour la condition contrôle et N=64 pour la condition expérimentale). De plus, cet échantillon est en réalité composé en majorité d'étudiants, (M=22 ans), ayant en moyenne un niveau d'éducation universitaire. La période de l'étude se déroulant du mois de mars à juin, nous pouvons mettre en avant notre difficulté à recruter des participants volontaires durant la période d'examens. S'ajoutent à cela les contraintes liées à la situation sanitaire du Covid19, lors de la réalisation de notre étude. Cette limite peut être solutionnée au moyen d'une évaluation de la situation en cours, en amont et une réflexion de la mise en place de l'étude sur base d'un rétro planning. Ainsi, nous aurions une vue d'ensemble de la période nécessaire pour récolter nos résultats, tout en tenant compte des contraintes imprévues.

Une deuxième limite proviendrait de l'outil d'évaluation des fonctions exécutives. A ce sujet, Roy (2005) en critique le caractère minimaliste, voir réductionniste, ainsi que l'absence de confrontation avec des indicateurs de la vie quotidienne. Il remet en question la pertinence de l'évaluation des fonctions exécutives par le caractère restreint de « *l'administration hasardeuse et indifférenciée d'épreuves ou de batteries de tests dont on suppose arbitrairement qu'elles appréhendent globalement les fonctions exécutives* ». Celles-ci étant « *quelques tests isolés, comportant des scores composites trop grossiers, interprétés comme s'ils étaient purs et reflétant nécessairement ce qu'on recherche* » (Roy, 2005, p246).

4.3. Perspectives d'ouverture

En terme de suggestion de pistes d'ouverture, nous pensons que cette étude a permis de mettre en avant le manque d'apports théoriques sur la relation unidirectionnelle entre les fonctions exécutives et le stress. C'est pourquoi cette présente étude constitue une porte ouverte à la question de l'influence des rôles des fonctions exécutives sur la réponse au stress aigu.

IV. Conclusion générale

Pour conclure, nous avons appris à travers ce mémoire que les fonctions exécutives (inhibition, flexibilité cognitive, mise à jour, mémoire de travail) permettent aux individus d'accomplir diverses tâches nouvelles selon les besoins de l'environnement. Elles constituent un facteur essentiel au bon fonctionnement de l'individu, et ont de nombreuses applications dans la vie quotidienne. C'est également grâce à ces habilités que lorsqu'une situation suscitant un stress similaire se représente, l'individu pourra s'y adapter rapidement. Ensuite, l'évaluation des fonctions exécutives est rendue possible au moyen de batteries de tests et multiples tâches, étudiées pour mesurer les capacités des individus. Nous avons également appris que le stress, très largement étudié de nos jours, comptait différentes caractéristiques qui permettaient de le contextualiser dans la vie de l'individu et ainsi mieux l'appréhender. Ensuite, nous avons pris connaissance des différents modèles qui théorisent ce concept, de même que les protocoles existant, permettant d'induire un stress aigu en laboratoire, ainsi que les indicateurs permettant son évaluation. Sur base de ces acquis, nous avons passé en revue les apports théoriques qui faisaient le lien entre les fonctions exécutives et la réponse au stress. Nous nous sommes aperçus qu'il y avait une réelle lacune théorique sur le sujet de l'influence du rôle des fonctions exécutives sur le stress. C'est pourquoi, dans la présente étude, nous nous sommes focalisés sur cette association fonctions exécutives-stress, en interrogeant la potentialité qu'elles puissent avoir un rôle de facteur de protection dans le processus de réponse au stress aigu. En outre, une attention particulière était portée sur l'influence de la facette d'inhibition. Cette étude a été réalisée auprès de 89 individus, pour la grande majorité étudiants, divisés en deux groupes, l'un de contrôle, l'autre expérimental. Ils ont été soumis dans un premier temps à quatre tâches à réaliser sur l'ordinateur en laboratoire, évaluant les fonctions exécutives d'inhibition, de mémoire de travail, de mise à jour et de flexibilité cognitives. Dans un deuxième temps, ils ont été soumis à l'induction d'un facteur de stress aigu au moyen du Maastricht Stress Test. Parallèlement et de manière continue, nous avons mesurés leurs variables de rythme cardiaque, variabilité du rythme cardiaque et pression artérielle systolique et diastolique, de même que leur niveau d'anxiété et de stress perçu. Cependant, seuls les participants de la condition expérimentale s'exposaient à l'induction. Dans un troisième temps, ils étaient invités à se détendre pendant que nous procédions à un compte-rendu complet de l'étude, avant de leur remettre la compensation financière prévue. Les résultats des analyses qui ont suivi, ont permis d'attester que nous n'étions pas en mesure de confirmer le rôle de facteurs de protection des fonctions exécutives dans la réponse au stress. De plus, les corrélations significatives observées pour l'indice d'inhibition, n'ont pas perduré, lorsqu'elles étaient confrontées aux covariables de genre, de même que les autres indicateurs de stress auto-rapportés et physiologiques.

Bibliographie

- Allen, A. P., Kennedy, P. J., Dockray, S., Cryan, J. F., Dinan, T. G., & Clarke, G. (2017). The trier social stress test: principles and practice. *Neurobiology of stress*, 6, 113-126. <https://doi.org/10.1016/j.ynstr.2016.11.001>
- Agostino, A., Johnson, J., Leone, J-P. (2010). Executive functions underlying multiplicative reasoning: Problem type matters. *Journal of Experimental Child Psychology*, 105(4), 286-305 <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2009.09.006>
- Anisman, H., & Merali, Z. (1999). Understanding stress: characteristics and caveats. *Alcohol research & health: the journal of the National Institute on Alcohol Abuse and Alcoholism*, 23(4), 241-249.
- Aslanidis, T. (Ed.). (2020). *Autonomic Nervous System Monitoring: Heart Rate Variability*. BoD-Books on Demand.
- Baddeley, A.D., 2002. Is working memory still working? *European. Psychology*. 7 (2), 85-97. <https://doi.org/10.1027/1016-9040.7.2.85>
- Berntson, G. G., Lozano, D. L., & Chen, Y. J. (2005). Filter properties of root mean square successive difference (RMSSD) for heart rate. *Psychophysiology*, 42(2), 246-252. DOI:10.1111/psyp.13287
- Borstel, U. K. V., Visser, E. K., & Hall, C. (2017). Indicators of stress in equitation. *Applied Animal Behaviour Science*, 190, 43-56.
- Bouchard, S., Gauthier, J. (1993). A French-Canadian adaptation of the revised version of Spielberger's State-Trait Anxiety Inventory. *Canadian Journal of Behavioural Science*, 25(4), 559-578. <https://doi.org/10.1037/h0078881>
- Bouquet, C., Bonnin, C. & Gaonac'h, D. (2013). Approche intégrative du contrôle exécutif dans le paradigme de permutation de tâche. *L'Année psychologique*, 113, 123-155. <https://doi.org/10.3917/anpsy.131.0123>
- Bruchon-Schweitzer, M. & Boujut, É. (2014). Les processus transactionnels : stress, contrôle, soutien social, et coping. Dans : , M. Bruchon-Schweitzer & É. Boujut (Dir), *Psychologie de la santé: Concepts, méthodes et modèles* (pp. 433-523). Paris: Dunod. <https://doi.org/10.3917/dunod.bruch.2014.01.0433>
- Bruning, N. S., & Frew, D. R. (1987). Effects of exercise, relaxation, and management skills training on physiological stress indicators: A field experiment. *Journal of Applied Psychology*, 72(4), 515-521. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.72.4.515>
- Carroll, D., Ginty, A. T., Der, G., Hunt, K., Benzeval, M., & Phillips, A. C. (2012). Increased blood pressure reactions to acute mental stress are associated with 16-year cardiovascular disease mortality. *Psychophysiology*, 49(10), 1444-1448. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8986.2012.01463.x>

- Carroll, D., Smith, G. D., Shipley, M. J., Steptoe, A., Brunner, E. J., & Marmot, M. G. (2001). Blood pressure reactions to acute psychological stress and future blood pressure status: a 10-year follow-up of men in the Whitehall II study. *Psychosomatic medicine*, 63(5), 737–743. <https://doi.org/10.1097/00006842-200109000-00006>
- Censabella, S. (2007). Chapitre 5 : les fonctions exécutives. Dans : Marie-Pascale Noël éd., *Bilan neuropsychologique de l'enfant* (pp. 117-137). Wavre: Mardaga.
- Chapelle, F. (2018). *Risques psychosociaux et Qualité de Vie au Travail: en 36 notions*. Dunod. <https://doi.org/10.3917/dunod.chape.2018.01>
- Cohen, S., Kamarck, T., & Mermelstein, R. (1983). A Global Measure of Perceived Stress. *Journal of Health and Social Behavior*, 24(4), 385. <https://doi.org/10.2307/2136404>
- Conway, A. R., Kane, M. J., Bunting, M. F., Hambrick, D. Z., Wilhelm, O., & Engle, R. W. (2005). Working memory span tasks: A methodological review and user's guide. *Psychonomic bulletin & review*, 12(5), 769–786. <https://doi.org/10.3758/bf03196772>
- Del Missier, F., Mäntylä, T., & Bruine de Bruin, W. (2010). Executive functions in decision making: An individual differences approach. *Thinking & Reasoning*, 16:2, 69-97, DOI: 10.1080/13546781003630117
- Delaney, J. P., & Brodie, D. A. (2000). Effects of short-term psychological stress on the time and frequency domains of heart-rate variability. *Perceptual and motor skills*, 91(2), 515–524. <https://doi.org/10.2466/pms.2000.91.2.515>
- Diamond, A. (2013). Executive Fonctions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135-168. Doi: 10.1146/annurev-psych-113011-143750.
- Duncan, J., Schramm, M., Thompson, R., & Dumontheil, I. (2012). Task rules, working memory, and fluid intelligence. *Psychonomic Bulletin & Review*, 19(5), 864-870. <https://doi.org/10.3758/s13423-012-0225-y>
- Epel, E. S., Crosswell, A. D., Mayer, S. E., Prather, A. A., Slavich, G. M., Puterman, E., & Mendes, W. B. (2018). More than a feeling: A unified view of stress measurement for population science. *Frontiers in neuroendocrinology*, 49, 146–169. <https://doi.org/10.1016/j.yfrne.2018.03.001>
- Fischer, T., Halmerbauer, G., Meyr, E., Riedl, R. (2018). Blood Pressure Measurement: A Classic of Stress Measurement and Its Role in Technostress Research. In: Davis, F., Riedl, R., vom Brocke, J., Léger, PM., Randolph, A. (eds) *Information Systems and Neuroscience. Lecture Notes in Information Systems and Organisation*. 25. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-67431-5_4
- Fresco, J. (2012). Chapitre 1 - Physiologie et physiopathologie du stress. Dans : J. Fresco, *Stress, traumatismes et insomnies*, 7-30. Les Ulis: EDP Sciences.
- Friedman, N. P., Miyake, A., Corley, R. P., Young, S. E., Defries, J. C., & Hewitt, J. K. (2006). Not all executive functions are related to intelligence. *Psychological science*, 17(2), 172–179. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2006.01681.x>

- Friedman, N. P., Miyake, A., Young, S. E., DeFries, J. C., Corley, R. P., & Hewitt, J. K. (2008). Individual differences in executive functions are almost entirely genetic in origin. *Journal of experimental psychology. General*, *137*(2), 201–225. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.137.2.201>
- Grégoire, J. (2010). Qu'est-ce que l'intelligence ? Est-elle quantifiable ? *A.N.A.E*, *110*, 353-359. Université catholique de Louvain, Louvain-la-Neuve, Belgique
- Grimm, E., Agrigoroaei, S., Rohleder, N., & Becker, L. (2021). Executive functioning as a predictor of physiological and subjective acute stress responses in non-clinical adult populations: A systematic literature review and meta-analysis. *Neuroscience and biobehavioral reviews*, *131*, 1096–1115. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2021.09.037>
- Gronwall, D. M. A. (1977). Paced Auditory Serial-Addition Task: A Measure of Recovery from Concussion. *Perceptual and Motor Skills*, *44*(2), 367–373. <https://doi.org/10.2466/pms.1977.44.2.367>
- Guevara, J & Murdock, K. (2019). Executive functioning and rumination as they relate to stress-induced cortisol curves. *J Behav Med*. <https://doi.org/10.1007/s10865-019-00119-z>
- Hainsworth, R. (1995). The control and physiological importance of heart rate. *Heart rate variability*, 3-9.
- Hauschildt, M., Peters, M. J., Moritz, S., & Jelinek, L. (2011). Heart rate variability in response to affective scenes in posttraumatic stress disorder. *Biological psychology*, *88*(2-3), 215–222. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2011.08.004>
- 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>
- Huteau, M. (2021). Chapitre 3. Les différences individuelles dans le domaine de la personnalité. Dans : , M. Huteau, *Psychologie différentielle: Cours, exercices et QCM corrigés* (pp. 181-278). Paris: Dunod. <https://doi.org/10.3917/dunod.hutea.2021.01.0181>
- Kelly, A., Knowles, B., O, Olatunji. (2020). Specificity of trait anxiety in anxiety and depression: Meta-analysis of the State-Trait Anxiety Inventory. *Clinical Psychology Review* (82).
- Kirschbaum, C., Pirke, K. M., & Hellhammer, D. H. (1993). The “Trier Social Stress Test” a tool for investigating psychobiological stress responses in a laboratory setting. *Neuropsychobiology*, *28*(1-2), 76–81. <https://doi.org/10.1159/000119004>
- Laborde, S., Mosley, E., & Thayer, J. F. (2017). Heart Rate Variability and Cardiac Vagal Tone in Psychophysiological Research - Recommendations for Experiment Planning, Data Analysis, and Data Reporting. *Frontiers in psychology*, *8*, 213. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.00213>
- Lazarus, R. S., & Folkman, S. (1984). *Stress, appraisal, and coping*. Springer publishing company. (En ligne). [https://books.google.be/books?hl=fr&lr=&id=i-ySQQuUpr8C&oi=fnd&pg=PR5&dq=LAZARUS,+R.+S.,+%26+FOLKMAN,+S.+\(1984\).Stress,appraisal+and+coping.New](https://books.google.be/books?hl=fr&lr=&id=i-ySQQuUpr8C&oi=fnd&pg=PR5&dq=LAZARUS,+R.+S.,+%26+FOLKMAN,+S.+(1984).Stress,appraisal+and+coping.New)

- Lehrer, P., Eddie, D. Dynamic Processes in Regulation and Some Implications for Biofeedback and Biobehavioral Interventions. *Appl Psychophysiol Biofeedback* 38, 143–155 (2013). <https://doi.org/10.1007/s10484-013-9217-6>
- LeBlanc, & Vicki, R. (2009). The Effects of Acute Stress on Performance: Implications for Health Professions Education. *Academic Medicine*, 84 (10), S25-S33 doi: 10.1097/ACM.0b013e3181b37b8f
- Liston, C., McEwen, B. S., & Casey, B. J. (2009). Psychosocial stress reversibly disrupts prefrontal processing and attentional control. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106 (3), 912-917. DOI:10.1073/pnas.0807041106
- Logan, G. D. (1994). On the ability to inhibit thought and action: A user's guide to the stop signal paradigm. In D. Dagenbach & T. H. Carr, *Inhibitory processes in attention, memory, and language*. 189-239. San Diego: Academic Press
- Logan, G. D., Van Zandt, T., Verbruggen, F., & Wagenmakers, E.-J. (2014). On the ability to inhibit thought and action: General and special theories of an act of control. *Psychological Review*, 121(1), 66–95. <https://doi.org/10.1037/a0035230>
- McEwen, B. S. (2007). Physiology and neurobiology of stress and adaptation: central role of the brain. *Physiological reviews*, 87(3), 873-904. <https://doi.org/10.1152/physrev.00041.2006>
- McGue M, Bouchard TJ, Jr, Iacono WG, Lykken DT. Behavioral genetics of cognitive abilities: A life-span perspective. In: Plomin R, McClearn GE, editors. *Nature, nurture, and psychology*. Washington, DC: APA; 1993. pp. 59–76.
- Minarini, G. dans Aslanidis, T. (Ed.). (2020). *Autonomic Nervous System Monitoring: Heart Rate Variability*. BoD–Books on Demand.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "Frontal Lobe" tasks: a latent variable analysis. *Cognitive psychology*, 41(1), 49–100. <https://doi.org/10.1006/cogp.1999.0734>
- Myrtek, M. (2004). *Heart and emotion: Ambulatory monitoring studies in everyday life*. Hogrefe & Huber Publishers.
- Niesser, U., Boodoo, G., Bouchard, TJ., Jr, Boykin, et al. (1996).-Intelligence: Knowns and unknowns. *American Psychologist*, 51,77–101.
- O'Brien, E., Waeber, B., Parati, G., Staessen, J., & Myers, M. G. (2001). Blood pressure measuring devices: recommendations of the European Society of Hypertension. *BMJ (Clinical research ed.)*, 322(7285), 531–536. <https://doi.org/10.1136/bmj.322.7285.531>
- Perceived Stress Scale (PSS-10). (s.d.). *The Child Outcomes Research Consortium* <https://www.corc.uk.net/outcome-experience-measures/perceived-stress-scale-pss-10/>

- Pickering, T.G., Hall, J.E., Appel, L.J., Falkner, B.E., Graves, J., Hill, M.N., Jones, D.W., Kurtz, T., Sheps, S.G., Roccella, E.J. (2005). Recommendations for blood pressure measurement in humans and experimental animals. Part 1: blood pressure measurement in humans. a statement for professionals from the subcommittee of professional and public education of the american heart association council on high blood pressure research. *Circulation* 111, 697–716
- Pradat-Diehl, P., Azouvi, P., & Brun, V. (Éd.). (2006). *Fonctions exécutives et rééducation*. Paris: Masson.
- Prinsloo, G.E., Derman, W.E., Lambert, M.I. et al. The Effect of a Single Session of Short Duration Biofeedback-Induced Deep Breathing on Measures of Heart Rate Variability During Laboratory-Induced Cognitive Stress: A Pilot Study. *Appl Psychophysiol Biofeedback* 38, 81–90 (2013). <https://doi.org/10.1007/s10484-013-9210-0>
- Radloff, L. S. (1977). The CES-D scale: A self-report depression scale for research in the general population. *Applied psychological measurement*, 1(3), 385-401.
- Ranger, L. (2016). *Exploration du rôle modérateur des stratégies d'adaptation sur la relation entre les mauvais traitements perçus et les problèmes psychologiques d'adolescents à risque*. (thèse de doctorat non-publiée, Université de Montréal). https://papyrus.bib.umontreal.ca/xmlui/bitstream/handle/1866/16053/Ranger_Luce_2015_these.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Roy, A. (2015). Approche neuropsychologique des fonctions exécutives de l'enfant : état des lieux et éléments de prospective. *Revue de neuropsychologie*, 7, 245-256. <https://doi.org/10.3917/rne.074.0245>
- Schmit, Sophie. *Les liens entre les capacités de contrôle exécutif de l'attention, au niveau des processus d'inhibition, le mode de traitement des pensées répétitives et le niveau de symptomatologie dépressive chez les adolescents*. Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation, Université catholique de Louvain, 2016. Prom. : Lahaye, Magali ; Franckx, Anne-Charlotte. <http://hdl.handle.net/2078.1/thesis:7477>
- Schubert, C., Lambertz, M., Nelesen, R. A., Bardwell, W., Choi, J. B., & Dimsdale, J. E. (2009). Effects of stress on heart rate complexity--a comparison between short-term and chronic stress. *Biological psychology*, 80(3), 325–332. <https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2008.11.005>
- Schwabe, L., Haddad, L., & Schachinger, H. (2008). HPA axis activation by a socially evaluated cold-pressor test. *Psychoneuroendocrinology*, 33(6), 890–895. <https://doi.org/10.1016/j.psyneuen.2008.03.001>
- Shields, G. S. (2020). Stress and cognition: A user's guide to designing and interpreting studies. *Psychoneuroendocrinology*, 112, 104475.
- Shields, G. S., Sazma, M. A., & Yonelinas, A. P. (2016). The effects of acute stress on core executive functions: A meta-analysis and comparison with cortisol. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 68, 651-668.

- Smarr, K. L., & Keefer, A. L. (2011). Measures of depression and depressive symptoms: Beck depression Inventory-II (BDI-II), center for epidemiologic studies depression scale (CES-D), geriatric depression scale (GDS), hospital anxiety and depression scale (HADS), and patient health Questionnaire-9 (PHQ-9). *Arthritis care & research*, 63(S11), S454-S466.
- Smeets, T., Cornelisse, S., Quaedflieg, C. W., Meyer, T., Jelicic, M., & Merckelbach, H. (2012). Introducing the Maastricht Acute Stress Test (MAST): A quick and non-invasive approach to elicit robust autonomic and glucocorticoid stress responses. *Psychoneuroendocrinology*, 37(12), 1998–2008.
- Spector, A., & Biederman, I. (1976). Mental Set and Mental Shift Revisited. *The American Journal of Psychology*, 89(4), 669–679. <https://doi.org/10.2307/1421465>
- Stuss, D. T., & Benson, D. F. (2019). The frontal lobes and control of cognition and memory. *In The frontal lobes revisited*, 141-158. Psychology Press.
- The State-Trait Anxiety Inventory (STAI). (2011). *American Psychological Association* <https://www.apa.org/pi/about/publications/caregivers/practice-settings/assessment/tools/trait-state>
- Uittenhove, K. & Lemaire, P. (2012). Fonctions exécutives, variations stratégiques et vieillissement. *Revue de neuropsychologie*, 4, 298-305. <https://doi.org/10.3917/rne.044.0298>
- Verbruggen, F., Aron, A. R., Band, G. P., Beste, et al. (2019). A consensus guide to capturing the ability to inhibit actions and impulsive behaviors in the stop-signal task. *eLife*, (8), e46323. <https://doi.org/10.7554/eLife.46323>
- Verbruggen, F., Logan, G. D., & Stevens, M. A. (2008). STOP-IT: Windows executable software for the stop-signal paradigm. *Behavior research methods*, 40(2), 479–483. <https://doi.org/10.3758/brm.40.2.479>
- Vrai, B., Crocq, L. (2018). *Stress aigu en situation de crise*. (1^{ère} édition). Manager RH, De Boeck Supérieur
- Weber J, Angerer P, Apolinário-Hagen J (2022) Physiological reactions to acute stressors and subjective stress during daily life: A systematic review on ecological momentary assessment (EMA) studies. *PLoS ONE* 17(7): e0271996. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0271996>
- Wheat, A.L., Larkin, K.T. (2010). Biofeedback of Heart Rate Variability and Related Physiology: A Critical Review. *Appl Psychophysiol Biofeedback* 35, 229–242. <https://doi.org/10.1007/s10484-010-9133-y>
- Willner P. (1997). Validity, reliability and utility of the chronic mild stress model of depression: A 10-year review and evaluation. *Psychopharmacology*, 134. 319–329.

ANNEXES

Annexe 1: Questionnaire socio démographique (Agrigoroaei & Grimm, 2022)

QUESTIONNAIRE SOCIODÉMOGRAPHIQUE

1. Numéro de participant (envoyé par mail) : _____

2. **DIPLOMA_EDUC**

Quel est le plus haut niveau d'enseignement que vous avez achevé avec succès, en cours du jour ou en cours du soir ?

- Enseignement primaire
- Enseignement secondaire inférieur
- Enseignement secondaire supérieur
- Enseignement supérieur non-universitaire de type court (bachelier)
- Enseignement supérieur universitaire de type court (bachelier)
- Enseignement supérieur non-universitaire de type long (master)
- Enseignement supérieur universitaire de type long (master)
- Enseignement université de troisième cycle (doctorat)

3. **YRS_EDUC**

Combien d'années d'éducation avez-vous eu au total en commençant par la primaire ?
(p. ex.: Avoir terminé la sixième secondaire sans doubler revient à 12 années d'éducation)

4. **HANDEDNESS**

Vous vous considérez :

1. Droitier
2. Gaucher
3. Ambidextre

5. **SELFESTEEM_ITEM**

Dans quelle mesure êtes-vous d'accord avec l'énoncé suivant : « J'ai une bonne estime de moi-même? »

Fortement en désaccord	2	3	4	5	6	Fortement d'accord
1	2	3	4	5	6	7

Annexe 2: Echelle de stress général perçu : Percieved Stress Scale (PSS-10); (Agrigoroaei & Grimm, 2022)

3. Stress sur le dernier mois : PSS

Veillez lire les phrases suivantes et, sur base d'une échelle à 5 niveaux, cocher la réponse qui correspond le mieux à vos sensations et pensées pendant le mois qui vient de s'écouler.

Au cours du dernier mois, combien de fois...

Jamais **0** Presque jamais **1** Parfois **2** Assez Souvent **3** Très Souvent **4**

T1_PSS_1	...avez-vous été dérangé(e) par un événement inattendu ?
T1_PSS_2	...vous a-t-il semblé difficile de contrôler les choses importantes de votre vie ?
T1_PSS_3	...vous êtes-vous senti(e) nerveux (nerveuse) et stressé(e) ?
T1_PSS_4	...vous êtes-vous senti(e) confiant(e) dans vos capacités à prendre en main vos problèmes personnels ?
T1_PSS_5	...avez-vous senti que les choses allaient comme vous le vouliez ?
T1_PSS_6	...avez-vous pensé que vous ne pouviez pas assumer toutes les choses que vous deviez faire ?
T1_PSS_7	...avez-vous été capable de maîtriser votre énervement ?
T1_PSS_8	...avez-vous senti que vous dominiez la situation ?
T1_PSS_9	...vous êtes-vous senti(e) irrité(e) parce que les événements échappaient à votre contrôle ?
T1_PSS_10	...avez-vous trouvé que les difficultés s'accumulaient à un tel point que vous ne pouviez les contrôler ?

Modifications :

Les items suivants sont les versions recodées (inversées) des items auxquels ils se réfèrent : **T1_PSS_4r** ; **T1_PSS_5r** ; **T1_PSS_7r** ; **T1_PSS_8r**

Formule = 4 - X

Scores :

T1_PSS: somme de tous les items (en prenant la version inversée des items lorsque d'application)

Annexe 3: Questionnaire d'anxiété-état : Strait-Traite Anxiety Inverntory (STAI) ;
(Gauthier & Bouchard, 1993)

QUESTIONNAIRE D'ÉVALUATION PERSONNELLE

Développé par Charles D. Spielberger
en collaboration avec
R.L. Gorsuch, R. Lushene, P.R. Vagg, et G. A. Jacobs
Traduit et adapté par Janel G. Gauthier
en collaboration avec Stéphane Bouchard
IASTA (Forme Y-1)

Nom _____ Date _____ S _____
Age _____ Sexe: M ____ F ____ T _____

CONSIGNES: Vous trouverez ci-dessous un certain nombre d'énoncés que les gens ont déjà utilisés pour se décrire. Lisez chaque énoncé, puis en encerclant le chiffre approprié à droite de l'énoncé, indiquez comment vous vous sentez maintenant, c'est-à-dire à ce moment précis. Il n'y a pas de bonnes ou de mauvaises réponses. Ne vous attardez pas trop longtemps sur un énoncé ou l'autre mais donnez la réponse qui vous semble décrire le mieux les sentiments que vous éprouvez présentement.

	PAS DU TOUT	UN PEU	MODÉRÉMENT	BEAUCOUP
1. Je me sens calme	1	2	3	4
2. Je me sens en sécurité	1	2	3	4
3. Je suis tendu(e)	1	2	3	4
4. Je me sens surmené(e)	1	2	3	4
5. Je me sens tranquille	1	2	3	4
6. Je me sens bouleversé(e)	1	2	3	4
7. Je suis préoccupé(e) actuellement par des malheurs possibles	1	2	3	4
8. Je me sens comblé(e)	1	2	3	4
9. Je me sens effrayé(e)	1	2	3	4
10. Je me sens à l'aise	1	2	3	4
11. Je me sens sûr(e) de moi	1	2	3	4
12. Je me sens nerveux(se)	1	2	3	4
13. Je suis affolé(e)	1	2	3	4
14. Je me sens indécis(e)	1	2	3	4
15. Je suis détendu(e)	1	2	3	4
16. Je me sens satisfait(e)	1	2	3	4
17. Je suis préoccupé(e)	1	2	3	4
18. Je me sens tout mêlé(e)	1	2	3	4
19. Je sens que j'ai les nerfs solides	1	2	3	4
20. Je me sens bien	1	2	3	4

Les fonctions exécutives sont multiples (inhibition, flexibilité cognitive, mise à jour, mémoire de travail, ...) et permettent aux individus d'accomplir diverses tâches nouvelles selon les besoins de l'environnement. Elles ont de nombreuses applications dans la vie quotidienne, affectant notamment la façon dont les individus gèrent leur stress. Une mauvaise adaptation aux réponses au stress peut entraîner des répercussions physiologiques et un risque accru de maladie et de problèmes de santé à long terme.

Une abondante littérature montre que le stress influence le fonctionnement exécutif, et la relation significative entre les deux a été et est toujours largement explorée. Cependant, en raison d'un trou dans la littérature, il est à l'heure actuelle difficile d'identifier et de commenter la relation inverse, à savoir, si les fonctions exécutives ont une influence sur la réaction au stress. C'est donc par cette présente étude, que nous nous sommes focalisés sur cette association fonctions exécutives-stress, en interrogeant la potentialité qu'elles puissent avoir un rôle de protection dans le processus de réponse au stress aigu. En outre, une attention particulière était portée sur l'influence de la facette d'inhibition. Cette étude a été réalisée auprès de 89 individus, hommes et femmes âgés de 18 à 40 ans, soumis à quatre tâches d'évaluation des fonctions exécutives et par la suite à au test d'induction de stress aigu en laboratoire (Maastricht Stress Test). Les résultats des analyses qui ont suivi, ont permis d'attester que nous n'étions pas en mesure de confirmer le rôle de facteurs de protection des fonctions exécutives dans la réponse au stress. De plus, les corrélations significatives observées pour l'indice d'inhibition, n'ont pas perduré, lorsqu'elles étaient confrontées aux covariables de genre et des indicateurs de stress auto-rapportés et physiologiques.

Mots clés : Fonctions exécutives – Inhibition - Mémoire de travail- Mise à jour - Flexibilité cognitive - Stress aigu – Relation/Influence – Maastricht Stress Test – Alarme-Résistance - Épuisement – Stress perçu -