

note note scientifique & technique scientifique technique

Travail sur écran d'ordinateur : effets des postures de travail et des dispositifs de pointage sur la dépense énergétique, les sollicitations biomécaniques du membre supérieur, la performance de travail et le ressenti

Travail sur écran d'ordinateur : effets des postures de travail et des dispositifs de pointage sur la dépense énergétique, les sollicitations biomécaniques du membre supérieur, la performance de travail et le ressenti

Clarisse Gaudet, Kévin Desbroses, Isabelle Clerc-Urmès

Département Sciences appliquées au travail
et aux organisations (SATO)

Les auteurs remercient Laurent Kérangueven pour les échanges concernant la thématique du travail sur écran, Gilles Reno, Bastien Adam, Olivier Morel et Olivier Remy pour leurs contributions techniques et assistances lors des expérimentations.

NS 393
janvier 2026

Résumé

EXPOSÉ DES MOTIFS ET OBJECTIFS

La posture de travail la plus fréquemment observée, parmi les salariés travaillant sur ordinateur, est assis sur un siège de bureau. Si cette posture est prolongée, elle induit une posture sédentaire, délétère pour la santé. Afin de limiter l'exposition à ce facteur de risques professionnels, différentes postures alternatives ont émergé ces dernières années. Cependant, ces postures, souvent plus dynamiques, pourraient impacter le maniement du dispositif de pointage. La souris standard, placée à côté du clavier, est le dispositif le plus souvent rencontré. Toutefois, son utilisation intensive est à l'origine de facteurs de risque d'inconfort, de douleurs voire de troubles musculosquelettiques (TMS) du cou et des membres supérieurs. Afin de réduire les contraintes biomécaniques liées à son utilisation, de nouveaux dispositifs de pointage ont été développés. Ainsi, l'objet de la présente Note Scientifique et Technique est de présenter une étude de laboratoire dont l'objectif était d'analyser conjointement l'effet de différentes postures de travail et de plusieurs configurations de dispositifs de pointage en considérant divers critères d'évaluation relatifs aux postures sédentaires, à la survenue d'inconfort, de douleurs voire de TMS, à la performance de travail et au ressenti des personnes.

DÉMARCHE

Trente et une participantes droitières ont pris part à cette étude de laboratoire. Vingt conditions ont été analysées : 5 configurations de dispositifs de pointage (souris standard et inclinée placées à côté et devant le clavier et pointeur central) couplées à 4 postures (assis sur un siège de bureau, assis sur un ballon de gymnastique, en pédalant sur un ergocycle et debout). Après une période d'entraînement, les participants ont réalisé une journée expérimentale au cours de laquelle ils ont effectué une tâche de pointage-cliquage-déplacement, d'environ 30 secondes répétée 5 fois dans les 20 conditions, durant lesquelles la dépense énergétique, la fréquence cardiaque, les sollicitations biomécaniques (activités musculaires et angles articulaires), le temps de réalisation de la tâche ainsi que le ressenti des participants ont été évalués.

RÉSULTATS PRINCIPAUX

Par rapport à la posture assis sur un siège de bureau, les 3 postures alternatives ont induit une augmentation de la dépense énergétique ainsi que de la fréquence cardiaque, et ce de manière plus prononcée pour les postures en pédalant et debout. Dans cette courte tâche expérimentale, la posture debout apparaissait à privilégier au regard de l'activité des muscles lombaires, et les postures assis sur un siège de bureau et debout au regard de celle des muscles trapèzes. L'utilisation du pointeur central et le placement des souris devant le clavier ont limité les sollicitations biomécaniques du membre supérieur dominant. Toutefois, quelle que soit la configuration du dispositif de pointage, un risque de survenue de fatigue des muscles extenseurs du poignet était présent. Le temps de réalisation de la tâche était le plus court d'une part dans la posture assis sur un siège de bureau et d'autre part avec la souris standard placée à côté du clavier.

DISCUSSION

Il n'existe ni posture de travail ni dispositif de pointage uniques bénéfiques à l'ensemble des variables investiguées. Toutefois, au regard des sollicitations biomécaniques du membre supérieur dominant, le pointeur central et le placement des souris devant le clavier semblent à privilégier. Par ailleurs, nos résultats montrent que les postures debout et en pédalant seraient les alternatives les plus intéressantes au regard des postures sédentaires.

SOMMAIRE

1. CADRE THEORIQUE ET OBJECTIFS	5
1.1. Contexte général	5
1.2. Etat de l'art	5
1.2.1. Les postures sédentaires.....	5
1.2.2. Les dispositifs de pointage.....	8
1.3. Objectifs de l'étude	11
2. METHODOLOGIE.....	13
2.1. Participants à l'étude.....	13
2.2. Postures de travail.....	13
2.3. Dispositifs de pointage et placements sur le plan de travail.....	15
2.4. Aménagement du poste de travail	16
2.5. Description de la tâche expérimentale	16
2.6. Protocole expérimental	17
2.6.1. Séances d'entraînement	18
2.6.2. Séance de mesures expérimentales.....	18
2.7. Techniques utilisées	19
2.7.1. Dépense énergétique et fréquence cardiaque.....	19
2.7.2. Electromyographie de surface	19
2.7.3. Angles articulaires	21
2.7.4. Performance de réalisation de la tâche.....	21
2.7.5. Ressenti des participantes	21
2.8. Analyse des données	22
3. RESULTATS.....	23
3.1. Dépense énergétique et fréquence cardiaque	23
3.1.1. Consommation de dioxygène ($\dot{V}O_2$).....	23
3.1.2. Fréquence cardiaque (FC).....	25
3.2. Niveaux des sollicitations musculaires	27
3.2.1. Rectus femoris droit.....	27
3.2.2. Rectus femoris gauche.....	29
3.2.3. Erector spinae droit	31
3.2.4. Erector spinae gauche	33
3.2.5. Flexor digitorum superficialis droit.....	35
3.2.6. Flexor digitorum superficialis gauche.....	37
3.2.7. Extensor carpi radialis droit.....	39
3.2.8. Extensor carpi radialis gauche.....	41
3.2.9. Extensor carpi ulnaris droit.....	43
3.2.10. Extensor carpi ulnaris gauche.....	45
3.2.11. Biceps brachii droit	47
3.2.12. Biceps brachii gauche	49
3.2.13. Triceps brachii droit	51
3.2.14. Triceps brachii gauche	53
3.2.15. Trapezius droit.....	55
3.2.16. Trapezius gauche.....	57
3.3. Variation des sollicitations musculaires	59
3.3.1. Rectus femoris droit.....	59
3.3.2. Rectus femoris gauche.....	59
3.3.3. Erector spinae droit	61
3.3.4. Erector spinae gauche	61

3.3.5.	<i>Flexor digitorum superficialis droit</i>	63
3.3.6.	<i>Flexor digitorum superficialis gauche</i>	63
3.3.7.	<i>Extensor carpi radialis droit</i>	65
3.3.8.	<i>Extensor carpi radialis gauche</i>	65
3.3.9.	<i>Extensor carpi ulnaris droit</i>	67
3.3.10.	<i>Extensor carpi ulnaris gauche</i>	67
3.3.11.	<i>Biceps brachii droit</i>	69
3.3.12.	<i>Biceps brachii gauche</i>	69
3.3.13.	<i>Triceps brachii droit</i>	71
3.3.14.	<i>Triceps brachii gauche</i>	71
3.3.15.	<i>Trapezius droit</i>	73
3.3.16.	<i>Trapezius gauche</i>	73
3.4.	Angles articulaires	75
3.4.1.	<i>C7-T1 flexion-extension</i>	75
3.4.2.	<i>Poignet droit flexion-extension</i>	77
3.4.3.	<i>Poignet gauche flexion-extension</i>	79
3.4.4.	<i>Poignet droit abduction-adduction</i>	81
3.4.5.	<i>Poignet gauche abduction-adduction</i>	83
3.4.6.	<i>Avant-bras droit prono-supination</i>	85
3.4.7.	<i>Avant-bras gauche prono-supination</i>	87
3.4.8.	<i>Coude droit flexion-extension</i>	89
3.4.9.	<i>Coude gauche flexion-extension</i>	91
3.4.10.	<i>Epaule droite flexion-extension</i>	93
3.4.11.	<i>Epaule gauche flexion-extension</i>	95
3.4.12.	<i>Epaule droite abduction-adduction</i>	97
3.4.13.	<i>Epaule gauche abduction-adduction</i>	99
3.4.14.	<i>Epaule droite rotation</i>	101
3.4.15.	<i>Epaule gauche rotation</i>	103
3.5.	Performance de réalisation de la tâche	105
3.5.1.	<i>Temps de réalisation</i>	105
3.5.2.	<i>Nombre de clics</i>	107
3.6.	Ressenti des participantes.....	109
3.6.1.	<i>Difficulté de réalisation de la tâche</i>	109
3.6.2.	<i>Préférence</i>	111
4.	DISCUSSION	112
4.1.	Effets des différentes postures de travail	113
4.1.1.	<i>Dépense énergétique et fréquence cardiaque</i>	114
4.1.2.	<i>Activités musculaires</i>	115
4.1.3.	<i>Angles articulaires</i>	118
4.1.4.	<i>Performance de réalisation de la tâche</i>	120
4.1.5.	<i>Ressenti des participantes</i>	121
4.2.	Effets liés aux différentes configurations de dispositifs de pointage.....	121
4.2.1.	<i>Activités musculaires</i>	122
4.2.2.	<i>Angles articulaires</i>	124
4.2.3.	<i>Performance de réalisation de la tâche</i>	126
4.2.4.	<i>Ressenti des participantes</i>	127
4.3.	Conséquences en termes de postures sédentaires.....	127
4.4.	Conséquences en termes de risques de survenue d'inconforts, de douleurs et de TMS ...	128
4.5.	Considérations autour de la performance de réalisation de la tâche et du ressenti des participants.....	131
4.6.	Points forts, limites et perspectives	132
5.	CONCLUSION	135
6.	BIBLIOGRAPHIE	137

7. ANNEXES..... 150

7.1. Annexe 1 : Moyenne des valeurs des variables dépendantes pour chaque condition..... 150

1. CADRE THEORIQUE ET OBJECTIFS

1.1. Contexte général

En 2019, en France, 79 % des salariés déclaraient utiliser, même occasionnellement, un outil informatique à des fins professionnelles. L'ordinateur fixe était l'outil informatique le plus utilisé. En effet, 54 % des salariées déclaraient utiliser, même occasionnellement, un ordinateur fixe à des fins professionnelles, contre 51 % un téléphone portable, 32 % un ordinateur portable et 13 % une tablette ou un PDA. Une disparité entre les hommes et les femmes était présente, puisque 60% des femmes utilisaient, même occasionnellement, un ordinateur fixe contre 49 % des hommes (DARES 2023).

La posture de travail la plus fréquemment observée parmi les salariés travaillant sur ordinateur est assise sur un siège de bureau traditionnel. Lorsque cette posture assise est prolongée et associée à une très faible dépense énergétique, elle est à l'origine d'une posture sédentaire, délétère pour la santé (INRS 2022). Ainsi, diverses initiatives visant à réduire les postures sédentaires liées au travail sur écran ont émergé ces dernières années, certaines d'ordre organisationnel (alternance de tâches avec et sans ordinateur, pauses actives, ...) et d'autres d'ordre technique (bureau à hauteur variable, siège-ballon, tapis de marche, pédalier, etc.).

Parallèlement, la grande majorité des salariés travaillant sur écran interagissent avec l'ordinateur par l'intermédiaire de dispositifs d'entrée (Lee and Bang 2013), et principalement d'un dispositif de pointage. La souris standard est celui le plus souvent utilisé (Dehghan *et al.* 2015). Cependant, son utilisation intensive est à l'origine de multiples facteurs de risque pouvant être à l'origine d'inconforts, de douleurs voire même de l'apparition de troubles musculosquelettiques (TMS) du cou et des membres supérieurs (Jensen *et al.* 1998, Tittiranonda *et al.* 1999, Cook *et al.* 2000, Atkinson *et al.* 2004, Gerr *et al.* 2004, Gerr *et al.* 2006, Griffiths *et al.* 2007, IJmker *et al.* 2007, Lee *et al.* 2008). Afin de réduire les contraintes biomécaniques liées à l'utilisation de cette souris, de nouveaux dispositifs de pointage ont été développés (souris inclinées, pointeur central, ...) et des propositions quant à leur placement sur le plan de travail ont été avancées.

Ainsi, au regard de ces différentes évolutions matérielles, ce travail de recherche a pour objectif d'appréhender les situations de travail sur écran en considérant conjointement différentes postures, visant à réduire les risques liés aux postures sédentaires, et différentes configurations de dispositifs de pointage, visant à limiter les risques de survenue d'inconforts, de douleurs voire de TMS des membres supérieurs et du cou.

1.2. Etat de l'art

1.2.1. *Les postures sédentaires*

1.2.1.1. Définition

Une posture sédentaire est caractérisée par le maintien d'une posture assise ou allongée, en situation d'éveil, avec une dépense énergétique inférieure ou égale à 1,5 fois celle de repos (Sedentary Behaviour Research Network 2012). Ainsi, la définition de postures sédentaires inclut deux composantes concomitantes : la très faible dépense énergétique et le type de posture maintenue. La dépense énergétique est généralement exprimée au moyen de l'équivalent métabolique (MET : Metabolic Equivalent Task) pour lequel la valeur de repos d'une personne correspond à 1 MET (unité de base). Le seuil des postures sédentaires est donc quant à lui inférieur ou égal à 1,5 METs (Pate *et al.* 2008, Owen *et al.* 2010, Tremblay *et al.* 2010, Sedentary Behaviour Research Network 2012). Si une posture assise dite « passive » (sur le plan des sollicitations musculaires) engendre une dépense énergétique inférieure à 1,5 MET, une posture assise « active », par exemple lors de l'exécution d'activités manuelles sur une chaîne de montage ou lors d'un travail d'hôte de caisse, peut engendrer une dépense énergétique supérieure à 1,5 MET (Tremblay *et al.* 2017). Ces dernières activités, bien que réalisées en posture assise, ne sont donc pas des postures sédentaires car

elles induisent une élévation notable de la dépense énergétique. Ainsi, pour des activités effectuées en posture assise, l'évaluation de la dépense énergétique est nécessaire pour caractériser la présence ou non de postures sédentaires. Par ailleurs, certaines activités réalisées en posture debout, telles que rester debout tranquillement, peuvent induire également une dépense énergétique relativement faible (aux alentours de 1,5 MET) (Tremblay *et al.* 2017). Toutefois, ces activités ne sont pas effectuées dans une posture sédentaire puisque seules les postures assises ou allongées sont considérées dans leur définition. En effet, plusieurs mécanismes physiologiques (l'activité du système nerveux autonome, le métabolisme énergétique, le flux sanguin...) diffèrent entre les postures debout, assise ou allongée.

Pour compléter, les postures sédentaires sont à différencier de l'inactivité physique. Cette dernière correspond à la non-atteinte des seuils hebdomadaires d'activité physique recommandés, soit pour un adulte la réalisation de 150 minutes d'activité d'intensité modérée ou 75 minutes d'activité d'intensité élevée, ou une combinaison équivalente d'activité d'intensité modérée et élevée¹ (WHO 2010). Les postures sédentaires et l'inactivité physique sont ainsi des facteurs de risque distincts pour la santé (Hamilton *et al.* 2007, Katzmarzyk *et al.* 2009, Patel *et al.* 2010, Gibbs *et al.* 2017).

1.2.1.2. Atteintes à la santé

Depuis quelques années, les recherches épidémiologiques en santé publique ont mis en avant des liens forts entre le temps passé en postures sédentaires et divers effets sur la santé. Elles mettent clairement en évidence que les postures sédentaires peuvent être un facteur de risque de :

- mortalité (Katzmarzyk *et al.* 2009, van Uffelen *et al.* 2010, Warren *et al.* 2010, Stamatakis *et al.* 2011, Wijndaele *et al.* 2011, Koster *et al.* 2012, Matthews *et al.* 2012, van der Ploeg *et al.* 2012, Wilmut *et al.* 2012, de Rezende *et al.* 2014, Menotti *et al.* 2014, Biswas *et al.* 2015, Schmid *et al.* 2015),
- cancers (Patel *et al.* 2006, Gierach *et al.* 2009, Katzmarzyk *et al.* 2009, Lynch 2010),
- diabète de type 2 (Hu *et al.* 2001, Hu *et al.* 2003, Dunstan *et al.* 2010, Ford *et al.* 2010, Dempsey *et al.* 2014),
- maladies cardiovasculaires (Stamatakis *et al.* 2011, Ford and Caspersen 2012, Dempsey *et al.* 2014, Menotti *et al.* 2014),
- syndrome métabolique² (Proper *et al.* 2011, Edwardson *et al.* 2012),
- prise de poids et d'obésité (Brown *et al.* 2003, Hu *et al.* 2003, Brown *et al.* 2005, Dunstan *et al.* 2010, Healy *et al.* 2011)),
- dépression (Teychenne *et al.* 2010),
- TMS du dos et des membres supérieurs (Lis *et al.* 2007, Mörl and Bradl 2013, Thorp *et al.* 2014a, Dzakpasu *et al.* 2021),
- ...

¹ Une activité d'intensité modérée est une activité dont la dépense énergétique est comprise entre 3 et 6 fois celle de l'organisme au repos (ex. : marche rapide, balade en vélo...). Une activité d'intensité élevée est une activité dont la dépense énergétique est supérieure à 6 fois celle de l'organisme au repos (ex. : course à pied...).

² Un « syndrome métabolique » est un groupe de facteurs de risque métabolique. Il a été défini par la Fédération Internationale du Diabète comme une obésité centrale (tour de taille) et deux des quatre facteurs de risque suivants : pression artérielle systolique ≥ 130 ou diastolique ≥ 85 , triglycémie ≥ 150 mg / dL, cholestérolémie HDL (lipoprotéine de haute densité) < 40 mg / dL chez les hommes et < 50 mg / dL chez les femmes) et glycémie à jeun élevée ≥ 100 mg / dL.

Une relation dose-effet a même été suggérée entre le maintien de la posture assise et certaines des conséquences citées ci-dessus. Ainsi, entre 4 et 8 heures passées en posture assise, le taux de mortalité augmenterait de 2 % par heure, et, au-delà de 8 heures, de 8 % par heure (Chau *et al.* 2013). Aussi, chaque période de 2 heures de travail réalisée en posture assise augmenterait le risque d'obésité de 5 % et le risque de diabète de 7 % (Hu *et al.* 2003).

Les mécanismes physiopathologiques liant les postures sédentaires aux atteintes sus-citées ne sont pas tous clairement élucidés (Pinto *et al.* 2023). Toutefois, une trop faible dépense énergétique semble principalement incriminée. Elle engendrerait différentes perturbations métaboliques, comme un maintien de la glycémie postprandiale à un niveau trop élevé ou une réduction de l'activité de la lipoprotéine lipase. Celles-ci pourraient notamment se traduire par le développement d'un syndrome métabolique, de maladies cardiovasculaires ou de cancers.

Il est nécessaire de noter que les effets délétères des postures sédentaires sont observés indépendamment du niveau d'activité physique. Ainsi, la pratique d'une activité physique de loisir, même si elle est bénéfique pour la santé, ne protégerait pas des effets induits par le temps passé en postures sédentaires.

1.2.1.3. Occurrence des postures sédentaires au travail

Dans les sociétés industrialisées modernes, les postures sédentaires sont omniprésentes (Chau *et al.* 2010, Church *et al.* 2011, Chau *et al.* 2012, Ng and Popkin 2012, Aadahl *et al.* 2013, Owen *et al.* 2014). Selon le métier réalisé, les postures sédentaires d'une personne peuvent être principalement d'origine professionnelle (Parry and Straker 2013, Dutheil *et al.* 2017). C'est notamment le cas des emplois de bureau (McCrady and Levine 2009), où la posture assise peut représenter plus des 2/3 du temps de travail (Thorp *et al.* 2012, Brown *et al.* 2013, Parry and Straker 2013, Clemes *et al.* 2014, Baker *et al.* 2018). En France, selon une étude réalisée auprès de plus de 35 000 adultes en activité professionnelle, le temps passé en posture assise au travail est en moyenne de 4 h 10 ce qui représente 56 % du temps total journalier passé assis (Saidj *et al.* 2015). Pour les salariés estimant exercer un métier comportant majoritairement une posture assise, le temps passé dans cette posture est en moyenne de 6 h 13 (soit 64 % du temps total journalier passé assis) (Saidj *et al.* 2015). Les postures sédentaires sont donc dans certains métiers un facteur de risques professionnels majeur.

1.2.1.4. Prévention des postures sédentaires au travail

Différentes initiatives permettant de réduire les postures sédentaires au travail lors de la réalisation de tâches administratives ou de bureautique ont vu le jour ces dernières années, avec par exemple l'incitation à rompre les périodes assises prolongées par des « pauses actives » (se mettre debout, marcher, s'étirer...) ou l'aménagement de bureaux à hauteur variable, pour alterner des périodes passées assises et debout, ou encore l'intégration de postures de travail plus « dynamiques »³, permettant d'être physiquement actif tout en travaillant devant un écran. Une récente revue de la littérature a permis de mettre en avant l'efficacité de plusieurs de ces initiatives pour réduire le temps passé en postures sédentaires (Escalon 2023). La répercussion sur le métabolisme énergétique de quelques-unes de ces initiatives a également été évaluée. Ainsi, l'interruption de la posture assise prolongée, par de la marche ou par le simple fait de se mettre debout sans se déplacer, permet d'améliorer certains marqueurs métaboliques associés aux pathologies cardiovasculaires et au diabète (Healy *et al.* 2008a, Healy *et al.* 2008b, Dunstan *et al.* 2012, Peddie *et al.* 2013, Buckley *et al.* 2014, Thorp *et al.* 2014b, Bailey and Locke 2015, Henson *et al.* 2016, Zhu *et al.* 2018). En activité réelle de travail, la glycémie postprandiale serait par exemple inférieure d'environ 40 % en posture debout par rapport à la posture assise (Buckley *et al.* 2014).

³ Les « postures de travail dynamiques », parfois appelées « bureaux dynamiques », permettent d'ajouter une activité physique légère à une activité de travail de bureau. Il peut s'agir par exemple de postes de travail intégrant un pédalier ou un tapis roulant, permettant ainsi de mobiliser, de façon dynamique, les muscles des membres inférieurs. L'objectif est de supprimer la posture assise et/ou d'induire un niveau de dépense énergétique supérieur à celui des postures sédentaires.

Même si ces aménagements peuvent avoir un impact positif sur la santé, la performance au travail, notion importante pour l'entreprise, ne doit pas être négligée. Ainsi, plusieurs études ont comparé les performances de travail de bureau, incluant diverses tâches, selon la posture adoptée. Elles n'ont globalement montré aucune différence dans la performance de travail lorsque les participants se trouvaient en posture debout versus en posture assise ou en alternant ces deux postures (Beers *et al.* 2008, Straker *et al.* 2009, Pronk *et al.* 2012, Tudor-Locke *et al.* 2013, Davis and Kotowski 2014, Karakolis and Callaghan 2014, Russell *et al.* 2016, Gibbs *et al.* 2017, Zhu *et al.* 2018). Le temps de réaction et la vitesse de travail ne différaient pas entre la posture assise et l'alternance de postures assise et debout (Schwartz *et al.* 2017). Les performances cognitives, telles que la concentration, l'attention sélective, la mémoire de travail, la prise de décision, les capacités de parole et d'écoute, la compréhension de lecture, la résolution de problèmes et la vitesse de traitement de données, n'apparaissent également pas affectées par la posture qu'elle soit assise, debout, en alternance assis-debout ou dynamique, comme la marche sur un tapis roulant ou le pédalage (Bluedorn *et al.* 1999, John *et al.* 2009, Ohlinger *et al.* 2011, Alderman *et al.* 2014, Carr *et al.* 2014, Commissaris *et al.* 2014, Bantoft *et al.* 2016, Koren *et al.* 2016, Russell *et al.* 2016, Baker *et al.* 2018). Toutefois, une diminution de l'habileté motrice serait présente lors de postures dynamiques par rapport à la posture assise (Straker *et al.* 2009, Ohlinger *et al.* 2011, Commissaris *et al.* 2014, Koren *et al.* 2016).

Ces postures de travail alternatives (au siège de bureau traditionnel) peuvent cependant présenter des inconvénients. Ainsi, le maintien prolongé de la posture debout statique pourrait avoir des répercussions en termes d'insuffisance veineuse, voire d'apparition de varices des membres inférieurs, et d'inconfort ou même de douleurs localisées au niveau du dos et des membres inférieurs (Beebe-Dimmer *et al.* 2005, Leroux *et al.* 2005, Tuchsén *et al.* 2005, Roelen *et al.* 2008, Tissot *et al.* 2009, Antle and Cote 2013, Gallagher *et al.* 2014, Coenen *et al.* 2016, Lin *et al.* 2017, Baker *et al.* 2018). Plus précisément, une fatigue musculaire localisée au niveau du dos et des membres inférieurs pourrait apparaître lors du maintien d'une posture debout pendant plus de 2 heures (Halim *et al.* 2012, Garcia *et al.* 2015, Baker *et al.* 2018). Les postures statiques maintenues, qu'elles soient assise ou debout, génèreraient aussi plus d'inconfort par rapport à l'alternance entre ces deux postures (Karakolis and Callaghan 2014) ou à des postures dynamiques (Seo *et al.* 1996, Balasubramanian *et al.* 2009). Pour ces dernières, la production de transpiration liée à l'intensité de l'activité peut également être un facteur limitant leur intégration dans un espace de travail (Koren *et al.* 2016).

Toutefois, au regard des sévères effets sur la santé associés aux postures sédentaires, ces alternatives au siège de bureau traditionnel sont maintenant de plus en plus présentes au sein des entreprises.

1.2.2. Les dispositifs de pointage

Un dispositif de pointage a pour fonctions principales de déplacer un curseur sur un écran, de sélectionner et déplacer des éléments mais aussi d'ouvrir et exécuter un programme. Il en existe de nombreux mais la souris standard placée à côté du clavier est la configuration la plus souvent rencontrée. L'utilisation prolongée d'un dispositif de pointage peut toutefois être associée à des effets délétères sur le membre supérieur.

1.2.2.1. Inconforts, douleurs et troubles musculosquelettiques

Même si des méta-analyses n'ont pas révélé de relation causale évidente entre le travail sur ordinateur et la survenue de TMS au niveau du cou et des membres supérieurs (Andersen *et al.* 2011, Mediouni *et al.* 2014), l'usage intensif d'un dispositif de pointage implique des mouvements répétitifs et une posture quasi-statique prolongée souvent non neutre (pronation de l'avant-bras, abduction de l'épaule et extension du poignet) du membre supérieur, une activité musculaire maintenue, une augmentation de la pression du canal carpien, des forces appliquées maintenues ainsi que des vitesses et accélérations élevées du poignet et des doigts (Aaras *et al.* 1998, Jensen *et al.* 1998, Karlqvist *et al.* 1998, Sjogaard and Sogaard 1998, Burgess-Limerick *et al.* 1999, Keir *et al.* 1999, Jensen *et al.* 2002, Dennerlein and Johnson 2006a, Lee *et al.* 2008, Bruno Garza *et al.* 2012). Du fait de la présence de ces

facteurs de risque, l'utilisation de la souris a été identifiée dans plusieurs études comme pouvant être à l'origine d'inconforts, de douleurs voire même de TMS du cou et des membres supérieurs (Jensen *et al.* 1998, Tittiranonda *et al.* 1999, Cook *et al.* 2000, Marcus *et al.* 2002, Jensen 2003, Kryger *et al.* 2003, Atkinson *et al.* 2004, Gerr *et al.* 2004, Gerr *et al.* 2006, Griffiths *et al.* 2007, IJmker *et al.* 2007, Lee *et al.* 2008, Waersted *et al.* 2010). Bleecker *et al.* (2011) ont rapporté dans leur étude que le syndrome myofascial de l'épaule et du cou, celui des extenseurs de l'avant-bras, le syndrome du défilé thoracique et le syndrome du canal carpien sont les troubles les plus couramment associés à l'utilisation professionnelle du clavier et de la souris (Bleecker *et al.* 2011). L'apparition de douleurs au niveau du cou et des membres supérieurs a aussi été mise en lien avec la durée d'utilisation de la souris (Marcus *et al.* 2002, Jensen 2003, Kryger *et al.* 2003, Brandt *et al.* 2004, Gerr *et al.* 2004, Lee *et al.* 2008).

Ainsi, dans le but de réduire les effets négatifs de la souris standard en termes de posture et d'activité musculaire du membre supérieur ainsi que de pression du canal carpien, différents dispositifs de pointage ont été développés et commercialisés.

1.2.2.2. Comparaison de différents dispositifs de pointage

Plusieurs études ont comparé différents dispositifs de pointage en termes de sollicitations, de performance ou de ressenti des utilisateurs. Afin de maintenir l'avant-bras dans une position de pronation-supination plus neutre, les souris verticales ou inclinées, avec respectivement une inclinaison de l'ordre de 70° et de 30° par rapport à l'horizontal, ont été développées. Ce sont ces souris qui ont été le plus souvent comparées à la souris standard dans la littérature. Comme attendu, l'utilisation d'une souris verticale ou d'une souris inclinée diminue la pronation du poignet ; elle diminue aussi l'activité musculaire des extenseurs et des fléchisseurs du carpe et des doigts ainsi que des pronateurs de l'avant-bras (Gustafsson and Hagberg 2003, Chen and Leung 2007, Houwink *et al.* 2009, Quemelo and Vieira 2013, Jung 2014, Gaudez and Cail 2016). Cependant, l'extension du poignet apparaît plus élevée lors de l'utilisation des souris verticale et/ou inclinée par rapport à celle de la souris standard (Chen and Leung 2007, Houwink *et al.* 2009, Hedge *et al.* 2010, Gaudez and Cail 2016). Quelle que soit la souris utilisée, standard, inclinée ou verticale, un risque d'apparition de fatigue musculaire de l'extenseur du carpe est présent (Gaudez and Cail 2016). Les résultats concernant la posture du poignet dans le plan abduction - adduction (Gustafsson and Hagberg 2003, Houwink *et al.* 2009, Hedge *et al.* 2010, Gaudez and Cail 2016) ou l'activité du trapèze (Aaras and Ro 1997, Gustafsson and Hagberg 2003, Kotani and Horii 2003, Chen and Leung 2007, Müller *et al.* 2010, Quemelo and Vieira 2013, Gaudez and Cail 2016) diffèrent selon les études. Concernant la posture du poignet, ils pourraient s'expliquer par les différentes formes de souris étudiées ou par la durée d'entraînement des participants avec ces souris (Houwink *et al.* 2009, Gaudez and Cail 2016). Pour l'activité du trapèze, ils seraient liés davantage à la position de l'avant-bras pour manipuler la souris, associée à la présence ou non d'un soutien (Laurson and Jensen 2000, Quemelo and Vieira 2013). La forme de la souris semble par ailleurs avoir peu d'effet sur les sollicitations musculaires et articulaires de la partie proximale (cou et épaule) du membre supérieur (Lee 2005, Lee and Su 2008, Gaudez and Cail 2016). Enfin, les études de Chen and Leung (2007) et de Gaudez and Cail (2016) s'accordent sur le fait que la souris inclinée serait à privilégier par rapport à une souris verticale car elle générerait des sollicitations musculaires et/ou articulaires moindres.

Toujours par rapport à une souris standard, la souris trackball augmenterait l'extension du poignet et réduirait la pronation de l'avant-bras ainsi que l'adduction du poignet (Burgess-Limerick *et al.* 1999, Lin *et al.* 2015). Le pointeur central et le pavé numérique se distinguent des souris (standard, inclinée, verticale ou trackball) du fait de leur conception, de leur maniement et de leur placement sur le plan de travail. En effet, pour ces deux dispositifs, le déplacement du curseur et l'action de cliquage ne se font pas avec un doigt spécifique et ne nécessitent pas de maintenir le dispositif (Lin *et al.* 2015). La manipulation du pointeur central peut se faire avec plusieurs doigts ou même une partie de la main alors que celle du pavé tactile nécessite de travailler avec un seul doigt tout en empêchant les autres doigts de toucher le pavé pour éviter le déplacement involontaire du curseur (Lin *et al.* 2015). La posture de l'épaule serait plus neutre lors de l'utilisation d'un pavé tactile ou du pointeur central, liée à un placement de ces dispositifs dans le plan sagittal médian de l'utilisateur, versus une souris

standard ou un trackball (Lin *et al.* 2015). L'utilisation du pointeur central engendrerait également une posture des doigts plus neutre que la souris, le trackball ou le pavé tactile. Le pavé tactile et le pointeur central seraient aussi associés à une déviation cubitale réduite et à des activités musculaires des extenseurs de l'avant-bras plus faibles par rapport à la souris standard et au trackball (Lin *et al.* 2015).

Plusieurs études ont analysé la différence de performance ou de ressenti entre des dispositifs de pointage nouvellement développés et la souris standard. La plupart des études révèlent de meilleures performances en termes de durée de réalisation de la tâche, de taux d'erreur ou de précision avec la souris standard qu'avec la souris verticale (Gustafsson and Hagberg 2003, Scarlett 2005, Quemelo and Vieira 2013, Jung 2014, Odell and Johnson 2015, Gaudiez and Cail 2016), le pavé tactile (Lee and Su 2008, Hedge *et al.* 2010, Lin *et al.* 2015), le trackball (Lin *et al.* 2015) ou encore la souris stylo (Müller *et al.* 2010). Seuls Hedge *et al.* (2010) ont rapporté un temps de réalisation des tâches de pointage ou de pointage-cliquage-déplacement plus court avec l'utilisation d'une souris verticale qu'avec une souris standard ou inclinée. Concernant spécifiquement la souris inclinée, Jung (2014) ont observé une performance moindre par rapport à une souris standard mais meilleure par rapport à la souris verticale. Gaudiez and Cail (2016) ont, quant à eux, relevé une performance similaire entre la souris inclinée et la souris standard ou la souris verticale. A noter que les tâches réalisées dans ces études étaient différentes ce qui pourrait expliquer la divergence de résultats.

A l'instar de la performance, les utilisateurs ont mentionné majoritairement une préférence pour travailler avec une souris standard plutôt qu'un autre dispositif de pointage, comme la souris verticale (Gustafsson and Hagberg 2003, Hedge *et al.* 2010, Odell and Johnson 2015, Gaudiez and Cail 2016), le trackball (Dehghan *et al.* 2015, Lin *et al.* 2015) ou le pavé tactile (Lin *et al.* 2015). Cependant, si Jung (2014) a observé une préférence des utilisateurs pour la souris standard par rapport à la souris inclinée, Gaudiez and Cail (2016) n'ont pas trouvé de différence entre ces deux dispositifs de pointage. Par contre, dans ces deux études, une préférence a été notée pour la souris inclinée par rapport à la souris verticale. En ce qui concerne le pointeur central, la difficulté d'utilisation apparaissait semblable par rapport à la souris standard, le trackball ou le pavé tactile (Lin *et al.* 2015). Enfin, Müller *et al.* (2010) n'ont pas trouvé de différence de satisfaction entre la souris stylo et la souris standard.

1.2.2.3. Comparaison du placement du dispositif de pointage sur le plan de travail

Les différences entre les dispositifs de pointage mises en évidence dans le paragraphe précédent pourraient aussi être liées à leur placement sur le plan de travail : le pointeur central et le pavé numérique sont placés devant le clavier, dans le plan sagittal médian de l'utilisateur, alors que les souris, standard, inclinée, verticale ou encore le trackball, sont généralement situés à côté du clavier.

Quelques études ont comparé l'effet du placement sur le plan de travail essentiellement de la souris standard en termes de sollicitation, performance et/ou ressenti. Plus la souris se trouvait proche du plan sagittal médian de l'utilisateur, plus les postures de l'épaule et du poignet se trouvaient dans les zones de confort et plus l'activité musculaire de l'avant-bras et de l'épaule diminuait (Harvey and Peper 1997, Cook and Kothiyal 1998, Karlqvist *et al.* 1998, Cook *et al.* 2000, Sommerich *et al.* 2002, Dennerlein and Johnson 2006a, Kumar and Kumar 2008, Lin *et al.* 2015, Gaudiez and Cail 2016). Ainsi, les sollicitations musculaires et posturales diminuaient lorsque la souris était placée à côté du clavier sans pavé numérique par rapport à un clavier avec pavé numérique et plus encore lorsque la souris était placée devant le clavier plutôt qu'à côté. Gaudiez and Cail (2016) ont comparé la performance et le ressenti des utilisateurs pour trois placements de la souris sur le plan de travail (à côté et devant le clavier ainsi que librement c'est à dire sans la présence de clavier) avec trois souris (standard, inclinée et verticale). Quelle que soit la souris, la performance était meilleure lorsqu'elle était placée librement sur le plan de travail plutôt qu'à côté ou devant le clavier. La durée et la difficulté de réalisation des tâches étaient plus élevées lorsqu'elle était placée à côté par rapport à devant le clavier. Les participants avaient préféré le placement de la souris librement sur le plan de travail ou à côté du clavier plutôt que devant le clavier. A noter, que le maniement d'une même souris diffère selon son placement sur le plan de travail. Par exemple, pour une souris standard

placée à côté du clavier, le mouvement du poignet en abduction / adduction est utilisé pour le déplacement horizontal du curseur sur l'écran et le mouvement des doigts pour le déplacement vertical (Lee and Bang 2013). En revanche, lorsque la souris est placée devant le clavier, le déplacement horizontal du curseur est plutôt induit par le mouvement des doigts et le déplacement vertical du curseur par le mouvement du poignet (Gaudez and Cail 2016).

1.2.2.4. Comparaison de postures de travail lors de l'utilisation d'un dispositif de pointage

La majorité des études ayant comparé différentes postures lors de travaux informatiques ont utilisé une souris standard. Toutefois, quel que soit le dispositif de pointage utilisé, le maniement d'un dispositif de pointage est une tâche nécessitant une grande précision dans la coordination œil-main. Leur maniement nécessite de bonnes aptitudes psychomotrices impliquant la main et les doigts demandant une stabilité posturale appropriée. Comme pour tout mouvement, la réalisation de tâches avec un dispositif de pointage est le fruit de l'ensemble de la chaîne corporelle (Gaudez and Aptel 2008). Ainsi, la chaîne posturale, ensemble de segments corporels non directement impliqués dans le maniement du dispositif de pointage, tels que le tronc et les membres inférieurs, est à considérer. De ce fait la posture adoptée par l'utilisateur favorisera ou perturbera la stabilité posturale et, ainsi, sera plus ou moins adaptée au maniement efficace du dispositif de pointage.

La performance, en termes de rapidité ou de nombre d'erreurs, lors de la réalisation d'activités avec un dispositif de pointage serait meilleure en posture assise qu'en posture dynamique comme la marche sur un tapis roulant ou un poste de travail avec pédalage (John *et al.* 2009, Straker *et al.* 2009, Carr *et al.* 2014, Commissaris *et al.* 2014). La performance serait davantage dégradée lors de la marche sur un tapis roulant que lors du pédalage (Straker *et al.* 2009, Commissaris *et al.* 2014) ou encore en posture debout qu'en posture assise (Commissaris *et al.* 2014). Ces résultats pourraient être liés aux mouvements du haut du corps induits par la posture adoptée : plus ils sont importants, plus la stabilité posturale serait perturbée et plus la performance serait dégradée (Straker *et al.* 2009). Par ailleurs, la performance dépendrait aussi du niveau d'habileté nécessaire pour la réalisation de la tâche. Par exemple, Straker *et al.* (2009) n'avaient pas observé de différence de performance entre les deux postures statiques assise et debout, à l'inverse de Commissaris *et al.* (2014). Or, la tâche réalisée dans l'étude de Commissaris *et al.* (2014) demandait une habileté motrice plus importante que celle de Straker *et al.* (2009).

L'attention nécessaire à la réalisation de tâches de bureau peut aussi être perturbée par celle requise par la posture elle-même, plus particulièrement dans le cas d'une posture de travail dynamique (Attridge *et al.* 2015, Barra *et al.* 2015, Koren *et al.* 2016, Moore *et al.* 2017). Cette demande d'attention pourrait engendrer une priorité comportementale et donc conduire à une baisse des performances d'une ou des deux tâches (tâche de bureau - tâche dynamique posturale) réalisées.

La posture de travail adoptée a aussi un effet sur les sollicitations musculaires et articulaires. Ainsi, celles-ci seraient moindres au niveau de l'épaule et plus importantes au niveau du poignet et du carpe en posture debout qu'en posture assise (Lin *et al.* 2017).

1.3. Objectifs de l'étude

Les postures sédentaires sont largement présentes au travail du fait, entre autres, de la part croissante d'activités sur écran. Pour pallier les effets délétères sur la santé qui y sont associés, des alternatives au siège de bureau traditionnel ont été proposées et sont de plus en plus présentes dans les entreprises. Par ailleurs, lors d'activités sur écran réalisées en posture assise sur un siège de bureau traditionnel, il a été mis en évidence que le type de dispositif de pointage et son placement sur le plan de travail pouvaient impacter les sollicitations posturales et musculaires, la performance et le ressenti des opérateurs. Dans une approche plus globale, il est maintenant nécessaire de comprendre quelles sont les conséquences induites par le couplage de la posture de travail et du type de dispositif de pointage ainsi que son placement sur le plan de travail.

Ainsi, dans cette étude de laboratoire, la consommation en dioxygène, la fréquence cardiaque, les activités musculaires des membres supérieurs, du cou, du dos et des cuisses, les sollicitations posturales des membres supérieurs, la performance de réalisation d'une tâche de pointage-cliquage-déplacement ainsi que le ressenti des participants ont été analysés pour plusieurs configurations de dispositifs de pointage (types et placements sur le plan de travail) en fonction de différentes postures de travail.

En se fondant sur les considérations présentées précédemment, cette étude de laboratoire a pour objectif d'apporter aux préventeurs des recommandations concrètes et applicables sur le terrain quant aux dispositifs de pointage à privilégier, ainsi que leurs placements sur le plan de travail, au regard des postures de travail adoptées, dans le but de réduire à la fois l'exposition aux postures sédentaires et la survenue d'inconforts, de douleurs voire de TMS des membres supérieurs.

2. METHODOLOGIE

2.1. Participants à l'étude

L'échantillon était composé de 31 femmes droitières (les données de la littérature indiquant une proportion un peu plus élevée de femmes utilisant un ordinateur au travail par rapport à celle des hommes (DARES 2023)). L'étude de cette population homogène a permis de ne pas introduire les variables 'sexe' et 'latéralité' parmi les variables indépendantes du modèle statistique.

L'âge moyen des participantes était de $22,4 \pm 3,1$ ans (étendue de 18 à 29 ans), leur taille moyenne de $164,9 \pm 6,3$ cm (étendue de 150 à 176 cm) et leur poids moyen de $59,7 \pm 10,7$ kg (étendue de 44 à 106 kg). Leur acuité visuelle, avec correction si nécessaire, a été mesurée en vision binoculaire à l'aide de l'échelle de lecture de Parinaud pour la vision de près et de l'échelle de Monoyer pour la vision de loin. L'échelle de Parinaud est constituée d'un texte dont les paragraphes sont écrits avec des caractères de tailles décroissantes. Elle est chiffrée de Parinaud 14 (P14), taille des plus grands caractères, à Parinaud 1,5 (P1,5), taille des plus petits caractères. Toutes les participantes présentaient un Parinaud $\leq$ à P2. L'échelle de Monoyer est une échelle murale comportant 10 lignes de lettres majuscules de tailles décroissantes. Chaque ligne correspond à $1/10^{\text{ème}}$ d'acuité visuelle. Chaque participante devait se placer à 3 mètres de l'échelle et reconnaître les lettres. Toutes les participantes présentaient une acuité visuelle de loin $\geq$ à $8/10^{\text{ème}}$.

Pour être incluses, les participantes devaient avoir utilisées une souris d'ordinateur au moins 20 heures par semaine l'année précédant la participation à cette étude. Par ailleurs, les critères d'exclusion étaient la présence de douleurs au niveau de l'appareil locomoteur au cours du mois précédant l'expérimentation, la présence d'une pathologie évolutive musculo-tendineuse, neurologique, ostéo-articulaire, métabolique, pulmonaire ou cardiovasculaire, un âge inférieur à 18 ans et supérieur à 40 ans (afin d'éliminer des problèmes de posture liés au port de verres progressifs), les femmes enceintes ou allaitantes, la prise d'un traitement médicamenteux au long cours et la prise une semaine avant l'expérimentation de médicaments pouvant affecter la fréquence cardiaque.

Toutes les participantes étaient volontaires et en mesure de lire et comprendre les informations qui leur ont été dispensées. Elles ont toutes donné leur consentement libre et éclairé par écrit pour la participation à cette expérimentation, laquelle a été autorisée par le Comité de Protection des Personnes Ile de France I (2019-A02705-52).

Il était demandé aux participantes de s'abstenir de prendre de l'alcool et toute boisson incluant de la caféine 24 heures avant l'expérimentation ainsi que de s'abstenir de faire du sport à intensité élevée lors des 2 jours précédant l'expérimentation. Il leur était également demandé de ne pratiquer aucune activité physique d'intensité modérée ou élevée la matinée de l'expérimentation.

2.2. Postures de travail

Quatre postures de travail ont été étudiées (Figure 1) :

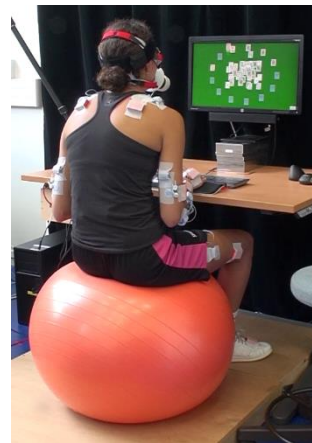
- **assis sur un siège de bureau traditionnel (O, « Office chair »)** : habituellement utilisée lors du travail sur écran, elle représente la posture de référence. Les participantes étaient assises sur un siège de bureau réglable en hauteur avec un dossier contre lequel leur dos prenait appui. Les pieds des participantes, espacés de la largeur de leur bassin, reposaient à plat sur le sol. Leurs cuisses étaient à l'horizontale, leur tronc à la verticale. Ce siège était muni d'accoudoirs permettant un support des avant-bras.
- **assis sur un ballon (B, « Ball »)** : les participantes étaient assises sur un ballon de gymnastique (DOMYOS Gym ball), dont la taille était ajustée afin que leurs pieds, espacés de la largeur de leur bassin, reposent à plat sur le sol et que leurs cuisses soient

à l'horizontale. Leurs jambes ne touchaient pas le ballon. Les participantes devaient maintenir leur tronc à la verticale sans soutien du dos.

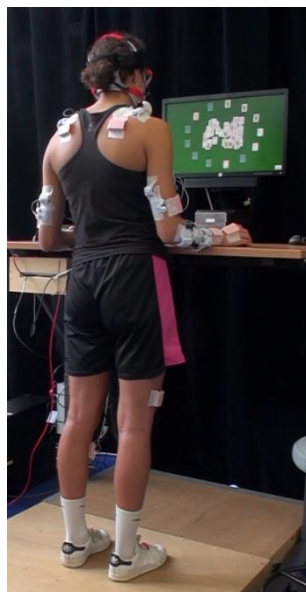
- **debout (S, « *Standing* »)** : les pieds des participantes étaient à plat sur le sol, écartés de la largeur de leur bassin. Ni l'abdomen, ni le torse des participantes ne touchait le plan de travail. Leur tronc était maintenu à la verticale.
- **en pédalant assis sur un ergocycle (C, « *Cycle* »)** : les participantes étaient assises sur un ergocycle (V9B Flexipot). La selle était réglée afin que leurs pieds reposent sur les pédales, tout en n'induisant pas d'hyper-extension des membres inférieurs ni de contact de la cuisse contre le dessous du plan de travail. Les participantes devaient également pouvoir descendre de l'ergocycle avec facilité. L'ergocycle ne présentait pas de dossier, les participantes devaient maintenir leur tronc à la verticale sans soutien du dos. Elles devaient pédaler à une puissance fixée à environ 13 watts (niveau 2 sur les réglages possibles, de 1 à 8), correspondant à un «effort très léger» et considérée comme tolérable par la plupart des individus, sans distraire un travail réalisé pendant une longue période de temps (Carr *et al.* 2014). La fréquence de pédalage était imposée entre 30 et 40 tours/minute.



*Assis sur siège de bureau traditionnel
(O pour Office chair)*



*Assis sur ballon
(B pour Ball)*



*Debout
(S pour Standing)*



*En pédalant assis sur un ergocycle
(C pour Cycle)*

Figure 1. Les 4 postures de travail étudiées (avec la réalisation de la tâche de rangement de cartes de jeux, cf. 2.6.1. Séances d'entraînement)

2.3. Dispositifs de pointage et placements sur le plan de travail

Trois dispositifs de pointage ont été étudiés (Figure 2) :

- une **souris standard** : modèle LOGITECH M560 (L x l x h 112x68x39 mm, poids 104 g, sans fil).
- une **souris inclinée** : modèle TRUST Orbo 23002 présentant une inclinaison de l'ordre de 40° par rapport à l'horizontale (L x l x h 105x67x57 mm, poids 80 g, sans fil).
- un **pointeur central** : modèle CONTOUR rollermouse red plus (longueur de la barre mobile 300 mm, filaire).



Figure 2. Dispositifs de pointage étudiés

La vitesse de déplacement du pointeur a été réglée de manière identique sur les trois appareils, la fonction d'accélération étant désactivée. Pour une distance de déplacement identique de chaque dispositif de pointage, la distance de déplacement du curseur sur l'écran (taille 23 pouces ; résolution 1920 x 1080) était similaire.

Au regard de précédents résultats (Gaudez and Cail 2016), les souris standard et inclinée ont été étudiées pour 2 placements sur le plan de travail : **devant le clavier** et **à côté du clavier**. Le pointeur central était quant à lui positionné, de par sa forme, uniquement devant le clavier. Ainsi, 5 configurations de dispositifs de pointage ont été étudiées : souris standard à côté du clavier (**TN**, « *Traditional mouse Next to the keyboard* »), souris standard devant le clavier (**TF**, « *Traditional mouse in Front to the keyboard* »), souris inclinée à côté du clavier (**SN**, « *Slanted mouse Next to the keyboard* »), souris inclinée devant le clavier (**SF**, « *Slanted mouse in Front to the keyboard* »), et pointeur central devant le clavier (**CD**, « *Central Device* ») (Figure 3).



Souris standard à côté du clavier

(TN pour Traditional mouse Next to the keyboard)



Souris inclinée à côté du clavier

(SN pour Slanted mouse Next to the keyboard)



Pointeur central

(CD pour Central Device)



Souris standard devant le clavier

(TF pour Traditional mouse in Front of the keyboard)



Souris inclinée devant le clavier

(SF pour Slanted mouse in Front of the keyboard)

Figure 3. Les 5 configurations de dispositifs de pointage étudiées

2.4. Aménagement du poste de travail

Afin d'adapter individuellement le plan de travail à chacune des postures étudiées, l'anthropométrie des participantes était considérée. Pour chaque posture, le plan de travail était réglé à hauteur du coude de la participante afin que, les épaules relâchées, les bras à la verticale, l'angle des coudes se situe entre 90 et 135°, les avant-bras reposant sur le plan de travail ou sur les accoudoirs pour la posture assise sur un siège de bureau traditionnel. La main gauche était posée à gauche du clavier, lors de l'utilisation des souris standard et inclinée (Figure 3), et sur le support du pointeur central dans le cas de son utilisation. Pour les 5 configurations de dispositif de pointage, le clavier était positionné à 15 cm du bord du plan de travail et son centre se situait dans le plan sagittal médian de la participante. Sur le plan de travail, un écran plat à cristaux liquides (LCD) et à dalle mate était posé face aux participantes à une distance d'environ 60 cm. Le haut de l'écran était placé à hauteur des yeux. L'écran était exempt de reflet et aucune source lumineuse éblouissante n'était présente dans le champ visuel des participantes. L'éclairage du plan de travail était contrôlé entre 300 et 500 lux. La température de la pièce était régulée autour de 22°C.

2.5. Description de la tâche expérimentale

La tâche expérimentale réalisée par les participantes était une tâche standardisée de pointage-cliquage-déplacement multidirectionnelle, basée sur la loi de Fitts (Fitts 1954), inspirée de la norme ISO 9241-420 (ISO 9241-420 2011). Seize cibles, d'un diamètre de 1 cm, étaient positionnées en cercle de 10 cm de diamètre (Figure 4). La tâche consistait à pointer, à cliquer et à déplacer une pastille de cible en cible. Elle débutait lorsque la pastille était placée sur la cible numérotée '1', positionnée en haut du cercle. Ensuite, la participante devait cliquer sur la pastille pour la sélectionner de nouveau et la déplacer sur une seconde cible numérotée

'2', mise en évidence par un jeu de lumière, quasi-diamétralement opposée à la première et ainsi de suite en suivant l'ordre croissant de numérotation des cibles. La tâche se terminait lorsque la pastille était déposée sur la 16^{ème} cible. L'index de difficulté de cette tâche était considéré comme faible (ISO 9241-420 2011). Les participantes avaient pour consigne de réaliser cette tâche le plus rapidement possible.

Avec les souris, le pointage, le cliquage et le déplacement ont été effectués uniquement avec la main droite. Avec le pointeur central, le pointage et le déplacement étaient effectués à l'aide du rouleau central mobilisé avec la main droite, et le cliquage à l'aide du bouton situé au niveau des doigts de la main gauche.

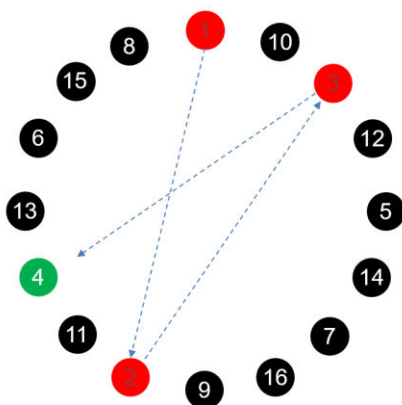


Figure 4. Tâche de pointage-cliquage-déplacement multidirectionnelle

2.6. Protocole expérimental

Les expérimentations se sont déroulées sur une année.

Le protocole, dont le déroulé est présenté figure 5, a permis d'évaluer différentes configurations de dispositifs de pointage (§ 2.3) pour différentes postures de travail (§ 2.1). Deux séances d'entraînement (§ 2.6.1) ont été réalisées en amont de la séance de mesures expérimentales (§ 2.6.2). Les trois séances, entraînements et expérimentation, étaient espacées les unes des autres de 1 à 4 jours.

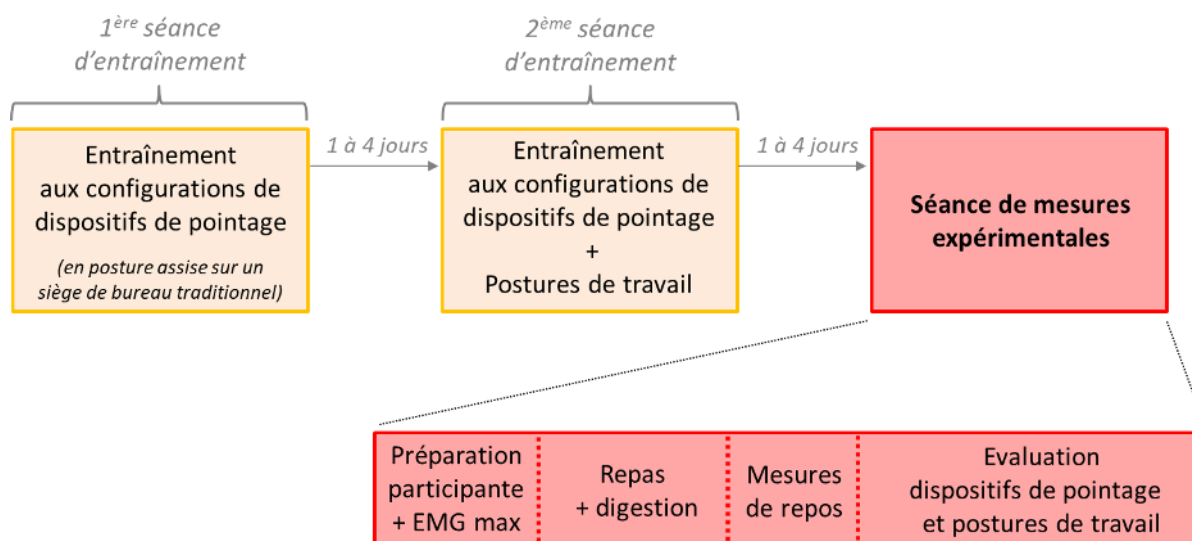


Figure 5. Déroulement général du protocole expérimental

2.6.1. Séances d'entraînement

Afin que les participantes s'entraînent à l'utilisation des dispositifs de pointage, à leurs placements sur le plan de travail et aux postures de travail, elles ont réalisé, avant la séance de mesures expérimentales, deux séances d'entraînement (Figure 5).

Lors de la première séance, les participantes ont été formées aux principes de fonctionnement des trois dispositifs de pointage. Ensuite, elles se sont entraînées, dans un ordre aléatoire, aux cinq configurations de dispositifs de pointage en réalisant trois tâches différentes de pointage-cliquage-déplacement. Deux de ces tâches consistaient à ranger 52 cartes de jeux selon leur symbole et la troisième correspondait à la tâche expérimentale étudiée. Chaque participante a réalisé dans chacune des cinq configurations de dispositifs de pointage 20 minutes de tâches de rangement de cartes puis 30 fois la tâche expérimentale. La consigne donnée était de réaliser ces tâches le plus vite possible. Cette première séance a été effectuée uniquement en posture assise sur un siège de bureau traditionnel.

Lors de la seconde séance, les participantes ont réalisé les trois tâches dans les 20 conditions expérimentales (5 configurations de dispositifs de pointage x 4 postures) présentées dans un ordre aléatoire. Dans chacune des 20 conditions, chaque participante a réalisé 5 minutes de rangement de cartes de jeu puis 20 fois la tâche expérimentale.

Lors de ces deux séances, de nombreuses pauses ont été prises afin d'éviter l'apparition de fatigues visuelle et musculaire. Lors de ces pauses, la participante était invitée à bouger, se déplacer et quitter l'écran des yeux pour regarder au loin.

2.6.2. Séance de mesures expérimentales

La séance de mesures expérimentales (Figure 5) débutait par la pose des électrodes EMG puis la normalisation des activités musculaires (§ 2.7.2). Ensuite, la participante prenait un déjeuner standardisé apportant environ 732 Kcalories (89 grammes de glucide, 21 grammes de lipide et 44 grammes de protéine). Il était suivi d'une période digestive de deux heures, puis de l'évaluation de la dépense énergétique basale, au cours d'une période de repos de 20 minutes couché dans le noir. La pose et la calibration des centrales inertielle étaient ensuite effectuées. Enfin, les 20 conditions expérimentales étaient réalisées.

Pour cela, les 4 postures de travail étaient étudiées successivement dans un ordre aléatoire (Figure 6). Une période de récupération de 10 minutes séparait chaque posture afin d'éviter fatigues visuelle et musculaire. Pendant cette période, la participante devait marcher pendant environ 3 minutes puis, à sa convenance, se mettait assise, restait debout, marchait, s'étirait.

Au cours de chaque posture, les 5 configurations de dispositifs de pointage étaient étudiées successivement dans un ordre aléatoire (Figure 6). Pour chaque configuration, durant la première minute, les participantes maintenaient uniquement la posture de travail, sans réaliser aucune tâche ni utiliser les dispositifs de pointage. Les 2 minutes suivantes, les participantes rangeaient des cartes de jeux selon leur symbole, leur permettant de retrouver les sensations de la configuration du dispositif de pointage étudié. Ensuite, la tâche standardisée de pointage-cliquage-déplacement était réalisée 5 fois de suite, correspondant à 5 essais. Pour chaque essai, les activités musculaires, les angles articulaires et la performance de réalisation de la tâche étaient mesurés. La dépense énergétique et la fréquence cardiaque étaient quant à elles évaluées au cours de l'ensemble des 5 essais réalisés. Le ressenti relatif à la difficulté à réaliser la tâche a été évalué par chaque participante à l'issue de la réalisation de chacune des 20 conditions (Figure 6). A la fin de l'ensemble des conditions expérimentales, les participantes ont également été questionnées sur leur préférence quant aux postures de travail et aux dispositifs de pointage.

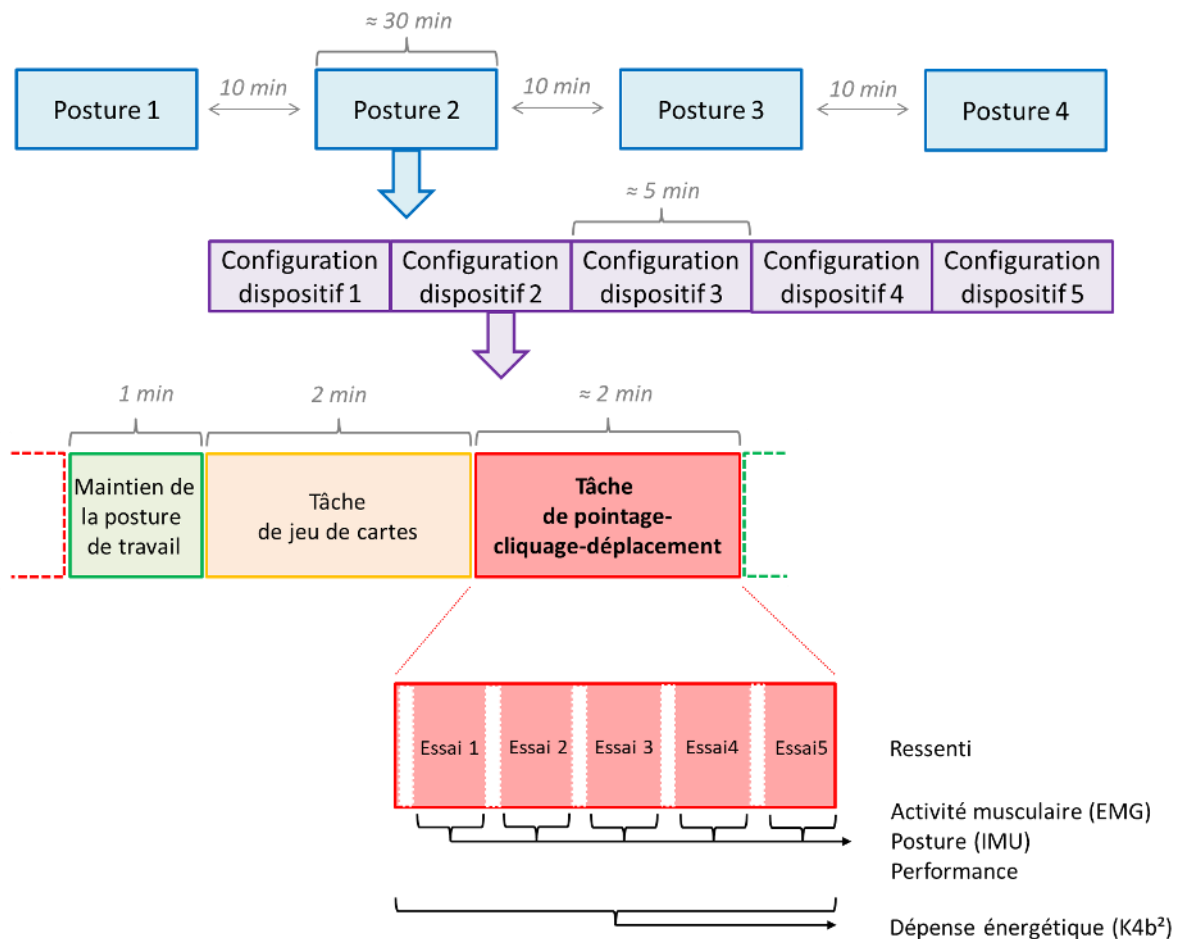


Figure 6. Déroulement de la séance de mesures expérimentales

2.7. Techniques utilisées

2.7.1. Dépense énergétique et fréquence cardiaque

La dépense énergétique a été évaluée par calorimétrie indirecte au moyen d'un analyseur de gaz portable (K4b2, Cosmed, Rome, Italie). Ce système a été validé pour des mesures de dépense énergétique au repos et lors d'activités physiques légères (Howe *et al.* 2014). Il a été étalonné en début d'expérimentation au moyen d'un gaz étalon et d'une seringue dont le volume d'air est standardisé. La fréquence cardiaque a été évaluée au moyen du même système couplé à une ceinture thoracique. Ainsi, les participantes ont porté, au cours du protocole expérimental, une ceinture thoracique et un masque recouvrant la bouche et le nez. Ce dernier était couplé à une turbine numérique bidirectionnelle (28 mm). La consommation de dioxygène ($\dot{V}O_2$, en ml/min/kg) et la fréquence cardiaque (FC, en battements par minute) ont été recueillies en continu lors des 20 minutes de repos et au cours des 20 conditions expérimentales (lors des 5 essais de la tâche de pointage-cliquage-déplacement, soit pour une durée approximative de 2 minutes par condition).

2.7.2. Electromyographie de surface

Un système d'électromyographie de surface (EMG) (Cometa, Wave Plus™, Bareggio, Italie) a été utilisé pour enregistrer l'activité musculaire. Les signaux ont été échantillonnés à 2000Hz, amplifiés (x1000) et filtrés par passe-bande de 10 à 1000 Hz. Tous les signaux EMG ont été traités après recueil. Les valeurs RMS (Root Mean Square = racine carrée de la moyenne d'une grandeur au carré sur un intervalle de temps donné) ont été calculées pour chacun des signaux EMG sur des fenêtres glissantes de 100 ms par pas de 0,5 ms. Les muscles analysés

étaient le Flexor Digitorum Superficialis (FDS), l'Extensor Carpi Ulnaris (ECU), l'Extensor Carpi Radialis (ECR), le Biceps Brachii (BB), le Triceps Brachii (TB), le TRApézius pars descendens (TRA), l'Erector Spinae longissimus (ES) et le Rectus Femoris (RF), bilatéralement (Figure 7). Des électrodes bipolaires (BlueSensor N-00-S, Ambu, Columbia, USA) ont été posées sur la peau nettoyée et abrasée, alignées le long de la direction des fibres musculaires selon les recommandations du SENIAM (Hermens and Freriks 1997) ou de Zipp (1982). La distance inter-électrode était de 2 cm. L'impédance était contrôlée inférieure à 5 k Ω . Pour normaliser les activités des muscles FDS, ECU, ECR, BB, TB, TRA et RF, deux contractions isométriques maximales volontaires (CMV, décrites ci-dessous) d'une durée de 5 secondes chacune ont été effectuées successivement pour chaque muscle, avec une période de repos de 1 minute au minimum entre les deux, afin de recueillir le signal EMG maximal. Chaque participante a reçu des encouragements verbaux lors de la réalisation de ces contractions. L'activité des muscles ES a été normalisée lors de 2 contractions isométriques sous-maximales volontaires (CSM), dans la posture du test de Sorensen, d'une durée de 5 secondes chacune, avec une période de repos de 1 minute au minimum entre les deux. La valeur la plus élevée des 2 contractions, maximales ou sous-maximales, a été retenue pour normaliser les signaux EMG enregistrés lors des 20 conditions expérimentales. L'activité électrique de chaque muscle a ainsi été exprimée en pourcentage de son activité EMG de référence (CMV ou CSM).

Pour recueillir l'activité maximale volontaire des FDS, chaque participante a effectué une flexion maximale des doigts et du poignet et pour celles des ECU et ECR, une extension maximale des doigts et du poignet. Pour cela, elle était assise, son bras à la verticale, avant-bras à l'horizontal reposant à plat sur un support et main ne reposant sur aucun support. Le dos de sa main faisait face au sol pour la contraction du FDS et faisait face au plafond pour la contraction de l'ECU et l'ECR (Delisle *et al.* 2006). Une sangle non élastique était placée autour de la main au niveau des articulations métacarpo-phalangiennes permettant d'effectuer des contractions maximales contre résistance. Pour ces trois muscles, les activités ont été recueillies successivement à droite puis à gauche. Pour le BB et le TB, chaque participante était debout, bras à la verticale, coudes fléchis à 90°, avant-bras horizontaux. Elle devait exercer une force contre une barre fixe placée à hauteur de ses mains en effectuant, avant-bras en supination, une flexion de ses coudes pour recueillir l'activité maximale du BB et avant-bras en pronation, une extension des coudes pour recueillir celle du TB. Concernant le TRA, chaque participante se tenait debout, membres supérieurs tendus avec les épaules en abduction à 90°. Une sangle non élastique fixée au sol était placée autour de chacun de ses bras au niveau du coude (Mathiassen *et al.* 1995). Elle devait lever les deux membres supérieurs contre résistance. L'activité maximale du RF était recueillie en position assise, hanches et genoux fléchis à 90°. Une sangle non élastique associée à un support en mousse dure était placée au niveau des chevilles afin d'effectuer une extension des genoux contre résistance. Pour l'ES, la participante était allongée sur un banc face au sol, maintenue jusqu'au bassin (le buste dépassant du banc), les membres inférieurs tendus et serrés l'un contre l'autre et maintenus au niveau des chevilles afin de ne pas basculer. Elle devait redresser son tronc horizontalement et maintenir cette position. Pour ces cinq muscles, la normalisation a été recueillie simultanément à droite et à gauche.

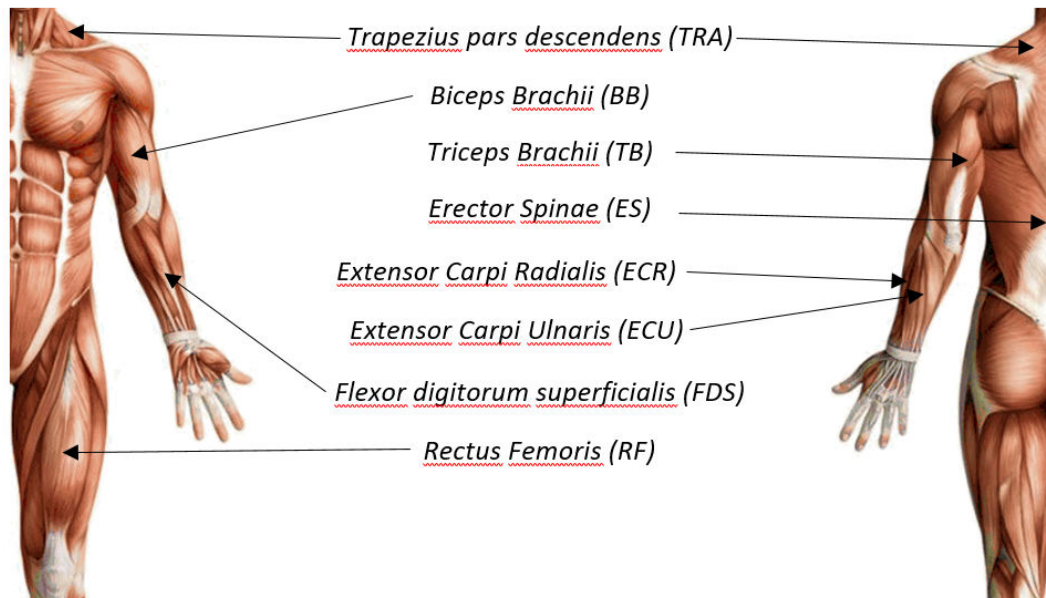


Figure 7. Muscles enregistrés par électromyographie de surface.
Vue côté gauche.

2.7.3. Angles articulaires

Une analyse cinématique des membres supérieurs et du cou a été réalisée au moyen de centrales inertielle (Xsens MTw, Enschede, Pays-Bas) positionnées au niveau des mains, des avant-bras, des bras, des scapulas, du sternum et de la tête. Ces centrales intègrent plusieurs capteurs, un accéléromètre, un gyroscope et un magnétomètre. La fréquence d'acquisition était de 60 Hz. La fusion des données des différents capteurs a fourni l'orientation du segment corporel sur lequel était fixée chaque centrale et a ensuite permis d'obtenir des angles articulaires. Une calibration du système a été réalisée en posture « N-pose » puis en « dynamique », selon les recommandations du constructeur. Pour la calibration « N-pose », la participante était debout, les pieds écartés de la largeur du bassin, le dos droit, les épaules relâchées et les membres supérieurs le long du corps avec les paumes de main en regard du corps. Elle regardait devant elle et devait maintenir cette posture sans bouger pendant 5 secondes. Ensuite, pour la calibration « dynamique », la participante devait marcher de façon habituelle et détendue, en effectuant un aller-retour sur une distance d'environ 5 mètres. Le logiciel fourni (Xsens MVN Analyze 2020.0.2, Enschede, Pays-Bas) a ensuite permis de calculer les angles des articulations de l'épaule en flexion – extension, abduction – adduction et rotations interne – externe, du coude en flexion – extension, de l'avant-bras en pronation – supination, du poignet en flexion – extension et abduction – adduction, bilatéralement, ainsi que du cou (C7-T1) en flexion – extension.

2.7.4. Performance de réalisation de la tâche

Pour chacune des 20 conditions expérimentales, la performance de réalisation de chaque essai de la tâche de pointage-cliquage-déplacement a été appréciée au moyen du temps nécessaire à sa réalisation et du nombre de clics effectués. Le nombre de clics minimal imposé par la tâche était de 16 (1 clic par cible). Un nombre supérieur reflète un mauvais positionnement de la pastille sur une cible (une erreur) et donc le besoin de recliquer sur celle-ci pour la repositionner correctement.

2.7.5. Ressenti des participantes

Chaque participante a évalué la difficulté de réalisation de la tâche de pointage-cliquage-déplacement à l'issue des 5 essais de chacune des 20 conditions expérimentales. Cette

difficulté perçue a été évaluée à l'aide d'une échelle d'autoévaluation, de 10 cm de longueur, allant de « pas du tout difficile » (noté 0) à « extrêmement difficile » (noté 10). En fin de séance d'expérimentation, il a été également demandé aux participantes de classer les configurations des dispositifs de pointage, d'une part, et les postures, d'autre part, selon leur préférence d'utilisation (évaluation globale en termes de confort, performance, ressenti...).

2.8. Analyse des données

Pour chacune des 20 conditions expérimentales (5 configurations de dispositifs de pointage x 4 postures de travail), les variables dépendantes analysées étaient les suivantes :

- La consommation de dioxygène ($\dot{V}O_2$) et la fréquence cardiaque, mesurées pour l'ensemble des 5 essais,
- Les niveaux de sollicitations musculaires relatifs aux niveaux de charge statique (10^{ème} percentile des valeurs de RMS : P10), médian (50^{ème} percentile des valeurs de RMS : P50) et maximale (90^{ème} percentile des valeurs de RMS : P90), calculés à l'aide des fonctions de distribution de probabilité d'amplitude (APDF), de chaque muscle pour chacun des 5 essais,
- Le coefficient de variation ($CV = (\text{écart-type} / \text{moyenne}) * 100$), de chaque muscle pour chacun des 5 essais, fournissant une information sur l'amplitude globale de variation du signal EMG au cours d'un essai, c'est-à-dire la variabilité intra-essai,
- Les angles des articulations des deux membres supérieurs et du cou, pour chacun des 5 essais, par le calcul de leur 10^{ème}, 50^{ème} et 90^{ème} percentiles (P10, P50 et P90),
- La performance de réalisation de la tâche, au moyen du temps nécessaire ainsi que du nombre de clics effectués lors de la réalisation de chaque essai,
- Le ressenti des participantes, relatif à la difficulté de réaliser la tâche dans chacune des 20 conditions, et le ressenti global lié à la préférence de la configuration du dispositif de pointage et de la posture de travail. Cette dernière variable a été analysée uniquement de façon descriptive.

La normalité de distribution des données a été testée à l'aide du test de Shapiro-Wilk. Une transformation logarithmique a été appliquée sur les variables ne suivant pas une loi normale.

Pour déterminer les facteurs influençant les diverses variables dépendantes analysées, un modèle linéaire mixte prenant comme variables explicatives la posture (O, B, S et C) et la configuration du dispositif de pointage (TN, TF, SN, SF et CD) a été utilisé. Les interactions entre ces 2 variables étaient testées et conservées dans la modélisation en cas de significativité. Les hypothèses de normalité résiduelle des modèles ont été vérifiées. Pour déterminer les différences significatives entre les postures, entre les configurations des dispositifs de pointage et leurs interactions, un test post-hoc avec correction de Bonferroni a été utilisé. La magnitude des effets mis en évidence était mesurée par l'intermédiaire du « d » de Cohen (Cohen 1988). Dans les résultats, la magnitude des effets significatifs a été représentée par « ≈ » pour $d \leq 0,2$ (magnitude très faible), « + » pour $0,2 < d \leq 0,5$ (magnitude faible), « ++ » pour $0,5 < d \leq 0,8$ (magnitude moyenne) et « +++ » pour $d > 0,8$ (magnitude élevée). Pour les tableaux reprenant les effets statistiques, ces valeurs de magnitude ont été représentées respectivement par un surlignage mauve, rouge, jaune et vert.

Le seuil de significativité était fixé à 5 %. Les modélisations statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel Stata version 18 (StataCorp, USA).

3. RESULTATS

Pour faciliter la lecture des résultats, pour chaque variable le texte est suivi d'une figure incluant les moyenne et écart-types relatives à chaque posture et chaque configuration de dispositif de pointage et d'un tableau reprenant les résultats des tests statistiques selon l'effet posture, l'effet configuration de dispositif de pointage et l'interaction posture X configuration de dispositif de pointage. L'annexe 1 présente également en tableau les valeurs numériques des moyennes de chaque variable dépendante pour chaque condition.

3.1. Dépense énergétique et fréquence cardiaque

3.1.1. *Consommation de dioxygène ($\dot{V}O_2$)*

3.1.1.1. Effet de la posture

Un effet posture et une interaction posture-configuration du dispositif de pointage ont été observés. Toutes configurations du dispositif de pointage confondues, $\dot{V}O_2$ était plus élevée pour C par rapport à O, S et B (+++), pour B par rapport à O (++) et S (+) et pour S par rapport à O ($\approx$). L'interaction n'a pas apporté d'informations additionnelles majeures par rapport à l'effet principal posture.

3.1.1.2. Effet de la configuration du dispositif de pointage

Un effet de la configuration du dispositif de pointage et une interaction posture-configuration du dispositif de pointage ont été observés. Toutes postures confondues, $\dot{V}O_2$ était plus élevée pour TN par rapport à CD, SF, SN et TF ($\approx$) et pour TF par rapport à CD ($\approx$). Au niveau de l'interaction, des différences entre les configurations du dispositif de pointage ont été observées uniquement pour O et B.

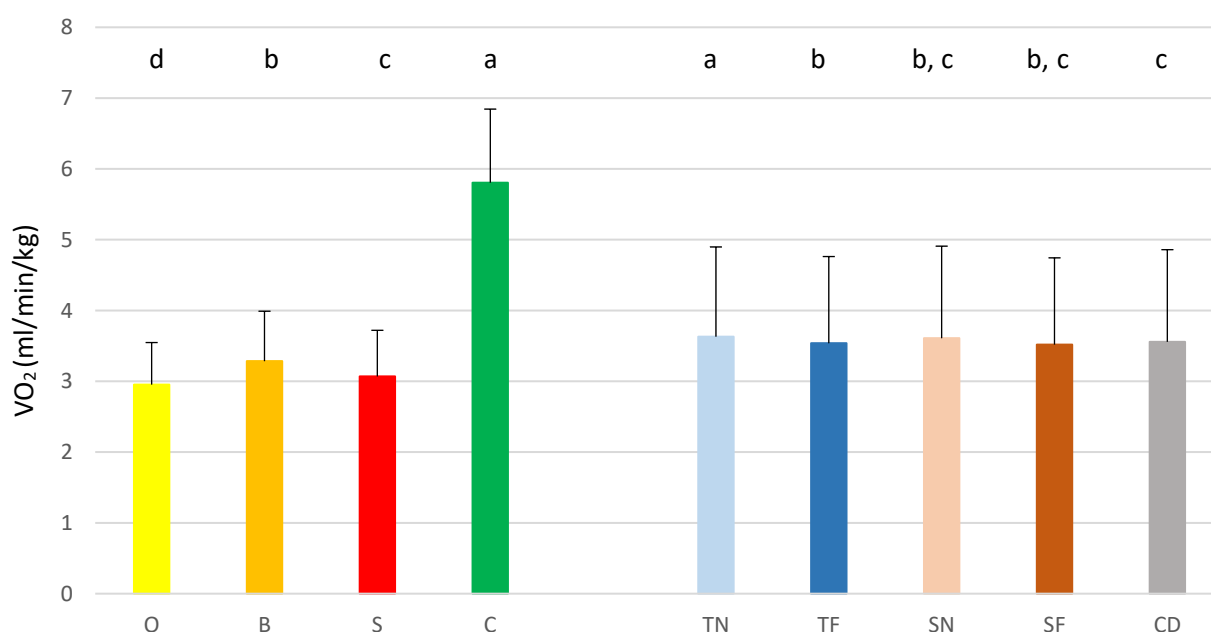


Figure 8. Moyenne et écart-type de la consommation de dioxygène pour chaque posture et chaque configuration de dispositif de pointage.

O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central. En cas d'effet principal ($p < 0,05$), une même lettre au-dessus des histogrammes indique des groupes sans différences significatives.

Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p = 0,003$				
	TN	TF	SN	SF	CD
C > O	C > O	C > O	C > O	C > O	C > O
C > S	C > S	C > S	C > S	C > S	C > S
C > B	C > B	C > B	C > B	C > B	C > B
B > O	B > O	B > O	B > O	B > O	B > O
B > S	B > S		B > S	S > O	B > S
S > O			S > O		S > O

Effet configuration du dispositif de pointage $p < 0,001$	Interaction $p = 0,003$			
	O	B	S	C
TN > CD	TN > CD	TN > SF		
TN > SF	TF > CD	TN > SN		
TN > SN		TN > TF		
TF > CD		TN > CD		
TN > TF				

Tableau 1. Résultats des tests statistiques pour la variable consommation de dioxygène selon l'effet posture, l'effet configuration de dispositif de pointage et l'interaction posture X configuration de dispositif de pointage.

A > B indique que la valeur de « A » est plus grande que celle de « B » avec $p < 0,05$. La magnitude d'effet est exprimée à travers les valeurs des d de Cohen où un surlignage mauve, rouge, jaune et vert indique respectivement $d \leq 0,2$, $0,2 < d \leq 0,5$, $0,5 < d \leq 0,8$ et $d > 0,8$. O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central.

3.1.2. Fréquence cardiaque (FC)

3.1.2.1. Effet de la posture

Un effet posture et une interaction posture-configuration du dispositif de pointage ont été observés. Toutes configurations du dispositif de pointage confondues, FC était plus élevée pour S par rapport à B, O (+++) et C (+), pour C par rapport à O (++) et B (+) et pour B par rapport à O (+). L'interaction n'a pas apporté d'informations additionnelles majeures par rapport à l'effet principal posture.

3.1.2.2. Effet de la configuration du dispositif de pointage

Un effet configuration du dispositif de pointage et une interaction posture-configuration du dispositif de pointage ont été observés. Toutes postures confondues, FC était plus élevée pour SF et TN par rapport à SN ($\approx$). Au niveau de l'interaction, des différences entre les configurations du dispositif de pointage ont été observées uniquement pour S.

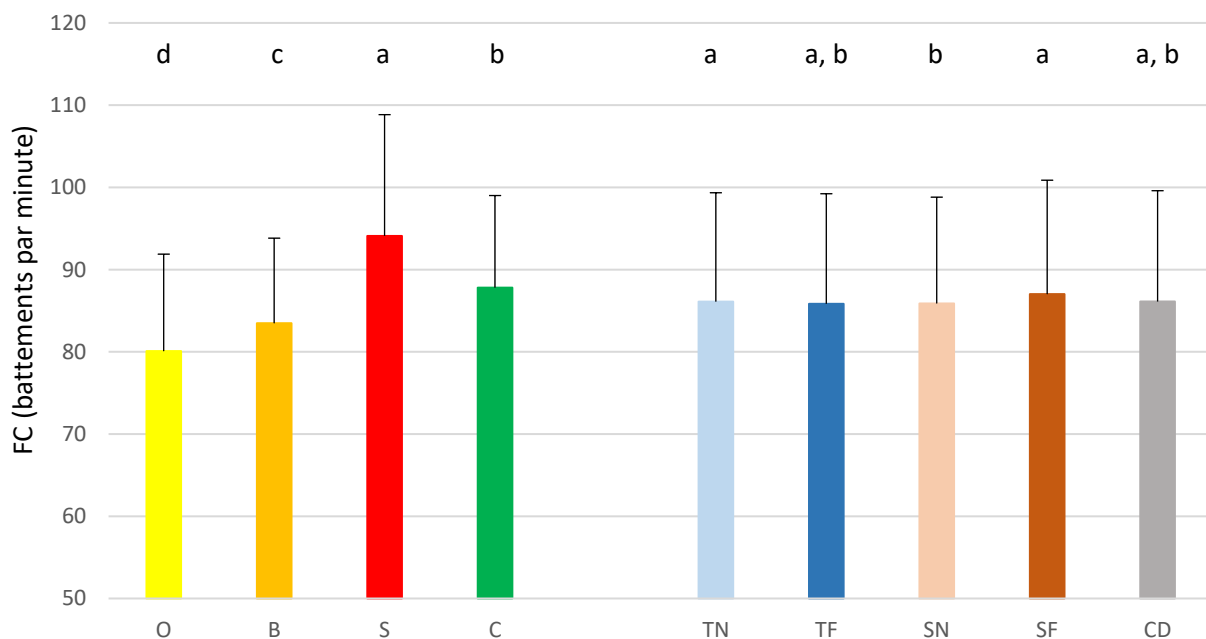


Figure 9. Moyenne et écart-type de la fréquence cardiaque pour chaque posture et chaque configuration de dispositif de pointage.

O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central. En cas d'effet principal ($p < 0,05$), une même lettre au-dessus des histogrammes indique des groupes sans différences significatives.

Effet posture p < 0,001		Interaction p < 0,001				
		TN	TF	SN	SF	CD
S > O		S > O	S > O	S > O	S > O	S > O
S > B		S > B	S > B	S > B	S > B	O > O
C > O		C > O	C > O	C > O	C > O	S > B
C > B		S > C	C > B	C > B	S > C	C > B
S > C		C > B	S > C	S > C	C > B	S > C
B > O		B > O			B > O	B > O

Effet configuration du dispositif de pointage p = 0,002		Interaction p < 0,001			
		O	B	S	C
SF > SN				SF > SN	
TN > SN				SF > TF	

Tableau 2. Résultats des tests statistiques pour la variable fréquence cardiaque selon l'effet posture, l'effet configuration de dispositif de pointage et l'interaction posture X configuration de dispositif de pointage.

A > B indique que la valeur de « A » est plus grande que celle de « B » avec $p < 0,05$. La magnitude d'effet est exprimée à travers les valeurs des d de Cohen où un surlignage mauve, rouge, jaune et vert indique respectivement $d \leq 0,2$, $0,2 < d \leq 0,5$, $0,5 < d \leq 0,8$ et $d > 0,8$. O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central.

3.2. Niveaux des sollicitations musculaires

3.2.1. Rectus femoris droit

3.2.1.1. Effet de la posture

Pour P10, P50 et P90, un effet posture et une interaction posture-configuration du dispositif de pointage ont été observés. Toutes configurations du dispositif de pointage confondues, P10 était plus élevé pour B par rapport à O, C et S (+), pour S et C par rapport à O ($\approx$). P50 était plus élevé pour C par rapport à O et S (++), pour B par rapport à O (++) et S (+), ainsi que pour S par rapport à O ($\approx$). Enfin, P90 était plus élevé pour C par rapport à O, S et B (+++), pour B par rapport à O (++) et S (+) et pour S par rapport à O ($\approx$). Les interactions n'ont pas apporté d'informations additionnelles majeures par rapport à l'effet principal posture.

3.2.1.2. Effet de la configuration du dispositif de pointage

Pour P10, P50 et P90, aucun effet configuration du dispositif de pointage significatif n'a été relevé. Des interactions posture-configuration du dispositif de pointage ont été observées.

Pour P10, des différences entre configurations du dispositif de pointage ont été relevées uniquement pour B. Dans cette posture, P10 était plus élevé pour SF par rapport à SN, TN (+) et TF ($\approx$) et pour CD par rapport à SN, TN (+) et TF ($\approx$). Pour P50, des différences entre configurations du dispositif de pointage ont été relevées uniquement pour B et C. Dans la posture B, P50 était plus élevé pour SF par rapport à SN, TN (+) et TF ($\approx$) et pour CD par rapport à SN, TN et TF (+). Dans la posture C, P50 était plus élevé pour CD par rapport à SN, TN et SF (+). Pour P90, des différences entre configurations du dispositif de pointage ont été relevées uniquement pour C. Ainsi, dans cette posture, P90 était plus élevé pour CD par rapport à SN, SF (+) et TN ($\approx$).

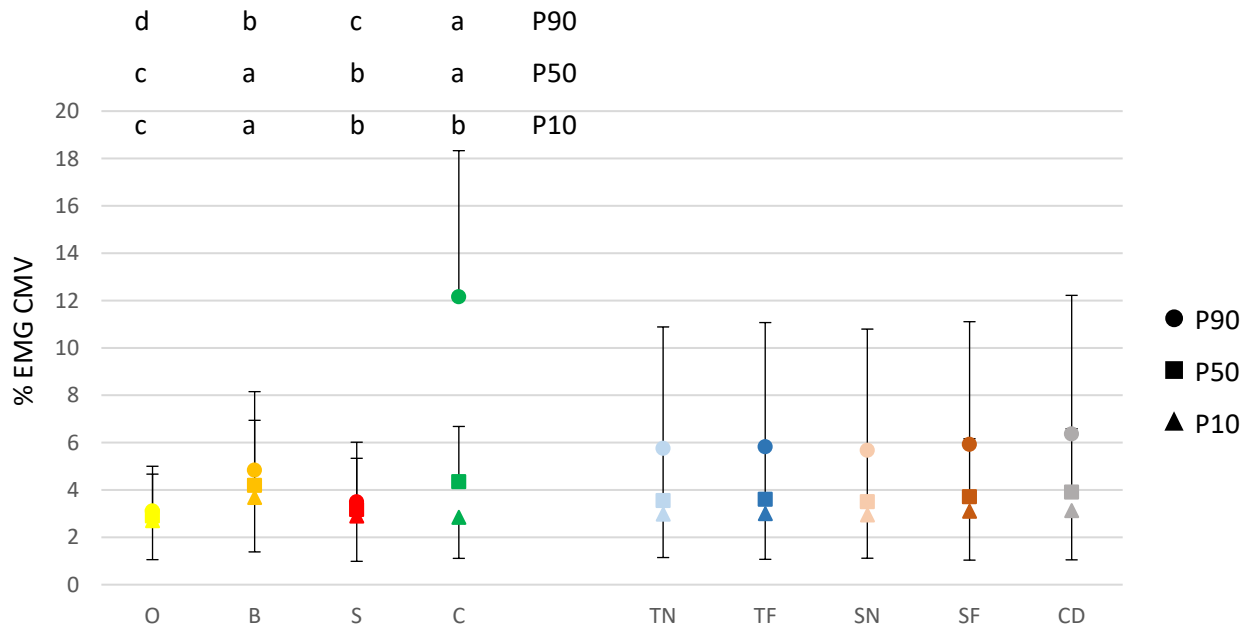


Figure 10. Moyenne et écart-type des P10, P50 et P90 de l'activité du RF droit pour chaque posture et chaque configuration de dispositif de pointage.

O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central. En cas d'effet principal ($p < 0,05$), une même lettre au-dessus des points indique des groupes sans différences significatives pour P10, P50 et P90 séparément.

P10	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		TN	TF	SN	SF	CD
	B > O	B > O	B > O	B > O	B > O	B > O
	B > C	B > C	B > C	B > C	B > C	B > C
	B > S	B > S	B > S	B > S	B > S	B > S
	S > O					
	C > O					
P50	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		TN	TF	SN	SF	CD
	C > O	C > O	C > O	C > O	B > O	C > O
	B > O	C > S	C > S	C > S	B > S	B > O
	C > S	B > O	B > O	B > O	C > O	C > S
	B > S	B > S	B > S	C > S		B > S
	S > O					
P90	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p = 0,021$				
		TN	TF	SN	SF	CD
	C > O	C > O	C > O	C > O	C > O	C > O
	C > S	C > S	C > S	C > S	C > S	C > S
	C > B	C > B	C > B	C > B	C > B	C > B
	B > O	B > O	B > O	B > O	B > O	B > O
	B > S	B > S	B > S	B > S	B > S	B > S
	S > O					
P10	Effet configuration du dispositif de pointage $p = NS$	Interaction $p < 0,001$				
		O	B	S	C	
			SF > SN			
			CD > SN			
			SF > TN			
			CD > TN			
			SF > TF			
			CD > TF			
P50	Effet configuration du dispositif de pointage $p = NS$	Interaction $p < 0,001$				
		O	B	S	C	
			SF > SN		CD > SN	
			CD > SN		CD > TN	
			SF > TN		CD > SF	
			CD > TN			
			CD > TF			
			SF > TF			
P90	Effet configuration du dispositif de pointage $p = NS$	Interaction $p = 0,021$				
		O	B	S	C	
					CD > SN	
					CD > SF	
					CD > TN	

Tableau 3. Résultats des tests statistiques des P10, P50 et P90 de l'activité du RF droit selon l'effet posture, l'effet configuration de dispositif de pointage et l'interaction posture X configuration de dispositif de pointage.

NS = non significatif ; A > B indique que la valeur de « A » est plus grande que celle de « B » avec $p < 0,05$. La magnitude d'effet est exprimée à travers les valeurs des d de Cohen où un surlignage mauve, rouge, jaune et vert indique respectivement $d \leq 0,2$, $0,2 < d \leq 0,5$, $0,5 < d \leq 0,8$ et $d > 0,8$. O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central.

3.2.2. Rectus femoris gauche

3.2.2.1. Effet de la posture

Pour P10, P50 et P90, un effet posture a été observé. Toutes configurations du dispositif de pointage confondues, P10 était plus élevé pour B par rapport à O, S et C (+) et pour C par rapport à O et S ($\approx$). P50 était plus élevé pour C par rapport à O, S (++) et B ($\approx$) et pour B par rapport à O et S (+). Enfin, P90 était plus élevé pour C par rapport à O, S et B (++++) et pour B par rapport à O et S (+).

3.2.2.2. Effet de la configuration du dispositif de pointage

Aucun effet significatif n'a été observé pour P10, P50 et P90.

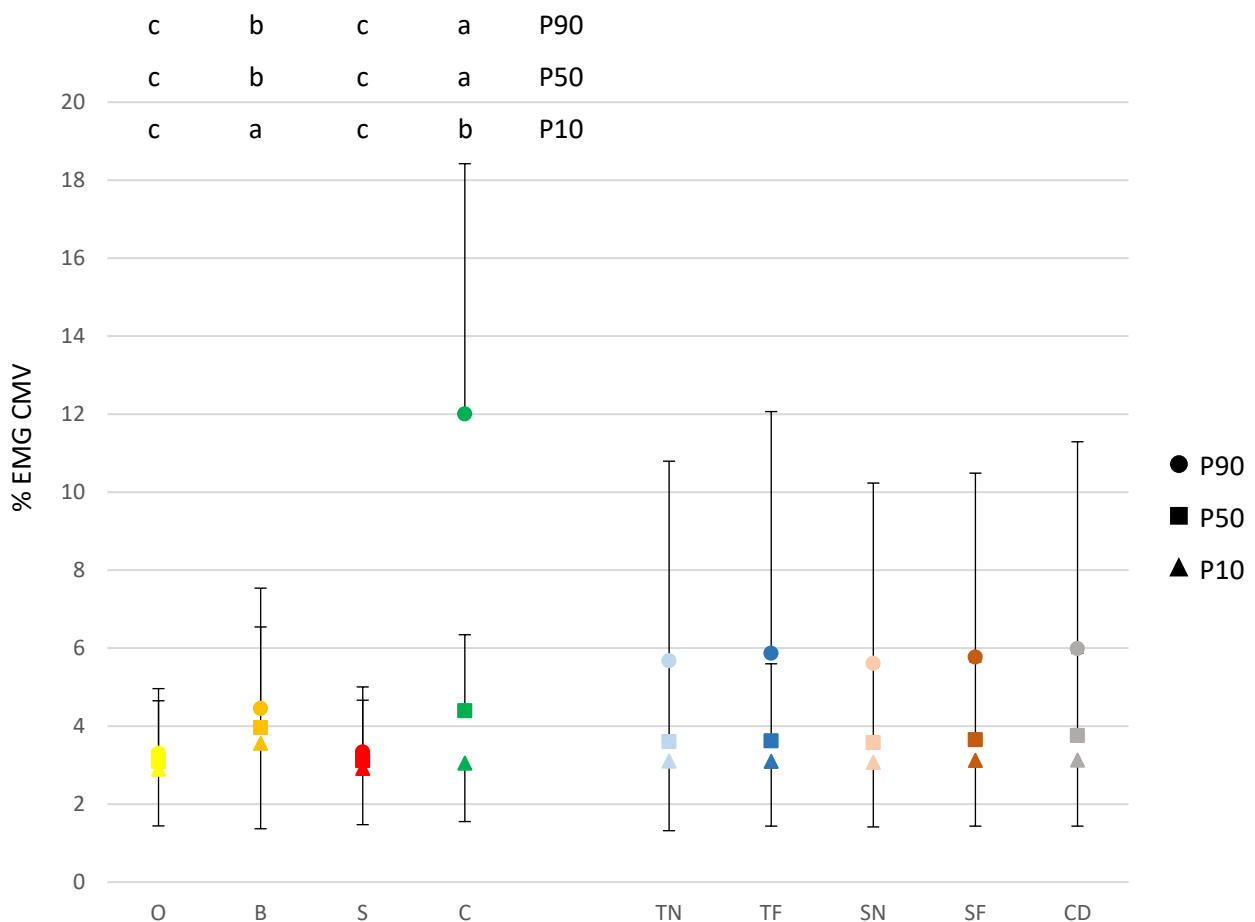


Figure 11. Moyenne et écart-type des P10, P50 et P90 de l'activité du RF gauche pour chaque posture et chaque configuration de dispositif de pointage.

O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central. En cas d'effet principal ($p < 0,05$), une même lettre au-dessus des points indique des groupes sans différences significatives pour P10, P50 et P90 séparément.

P10	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p = \text{NS}$
	B > O B > S B > O C > O C > S	
P50	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p = \text{NS}$
	C > O C > S B > O B > S C > B	
P90	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p = \text{NS}$
	C > O C > S C > B B > O B > S	
P10	Effet configuration du dispositif de pointage $p = \text{NS}$	Interaction $p = \text{NS}$
P50	Effet configuration du dispositif de pointage $p = \text{NS}$	Interaction $p = \text{NS}$
P90	Effet configuration du dispositif de pointage $p = \text{NS}$	Interaction $p = \text{NS}$

Tableau 4. Résultats des tests statistiques des P10, P50 et P90 de l'activité du RF gauche selon l'effet posture, l'effet configuration de dispositif de pointage et l'interaction posture X configuration de dispositif de pointage.

NS = non significatif ; $A > B$ indique que la valeur de « A » est plus grande que celle de « B » avec $p < 0,05$. La magnitude d'effet est exprimée à travers les valeurs des d de Cohen où un surlignage mauve, rouge, jaune et vert indique respectivement $d \leq 0,2$, $0,2 < d \leq 0,5$, $0,5 < d \leq 0,8$ et $d > 0,8$. O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central.

3.2.3. Erector spinae droit

3.2.3.1. Effet de la posture

Pour P10, P50 et P90, un effet posture a été observé. Toutes configurations du dispositif de pointage confondues, P10 était plus élevé pour B par rapport à O, S et C (+). P50 était plus élevé pour B par rapport à O, S (+) et C (≈) et pour C par rapport à O et S (+). Enfin, P90 était plus élevé pour S par rapport à O, B (+) et C (≈), pour C par rapport à O (+) et pour B par rapport à O (≈).

3.2.3.2. Effet de la configuration du dispositif de pointage

Aucun effet significatif n'a été observé pour P10, P50 et P90.

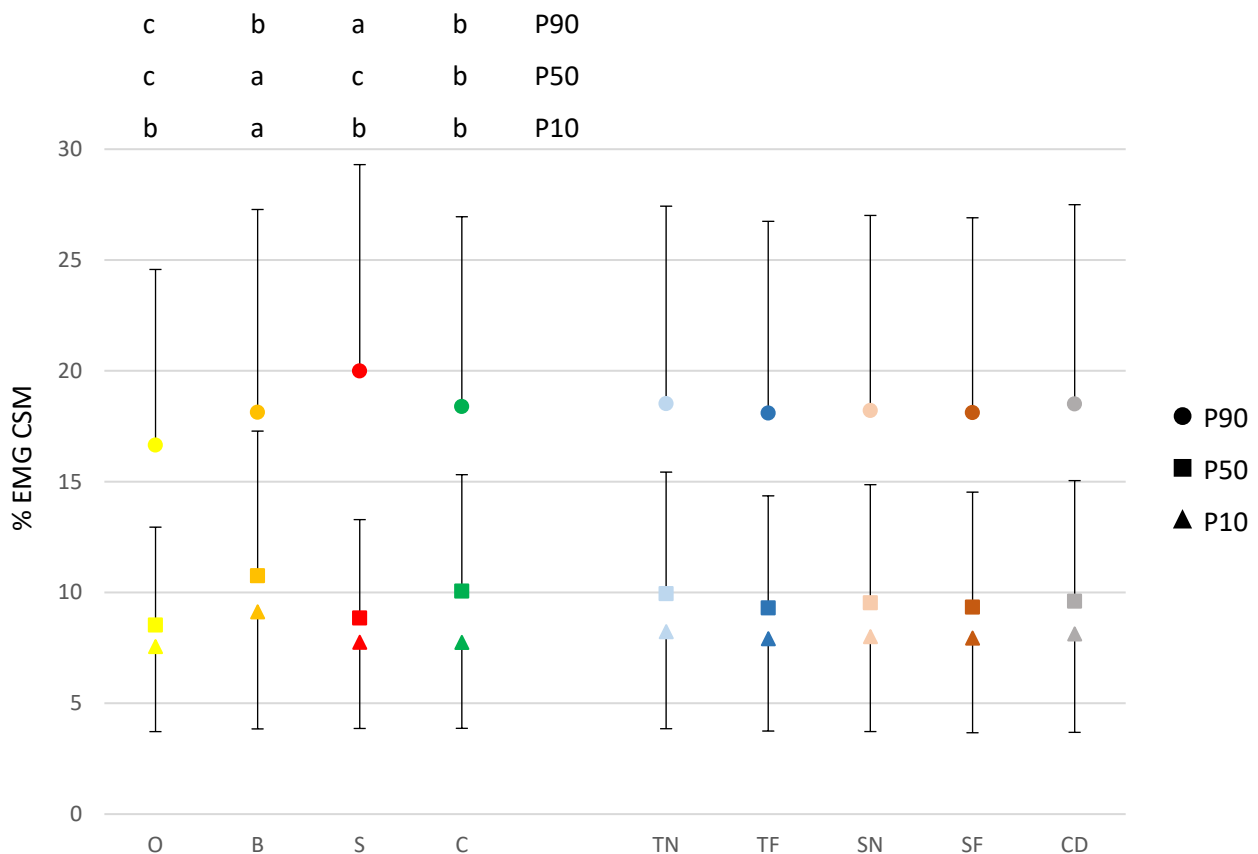


Figure 12. Moyenne et écart-type des P10, P50 et P90 de l'activité de l'ES droit pour chaque posture et chaque configuration de dispositif de pointage.

O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central. En cas d'effet principal ($p < 0,05$), une même lettre au-dessus des points indique des groupes sans différences significatives pour P10, P50 et P90 séparément.

P10	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p = \text{NS}$
	B > O B > S B > S	
P50	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p = \text{NS}$
	B > O B > S C > O C > S B > O	
P90	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p = \text{NS}$
	S > O C > O S > B S > O B > O	
P10	Effet configuration du dispositif de pointage $p = \text{NS}$	Interaction $p = \text{NS}$
P50	Effet configuration du dispositif de pointage $p = \text{NS}$	Interaction $p = \text{NS}$
P90	Effet configuration du dispositif de pointage $p = \text{NS}$	Interaction $p = \text{NS}$

Tableau 5. Résultats des tests statistiques des P10, P50 et P90 de l'activité d'ES droit selon l'effet posture, l'effet configuration de dispositif de pointage et l'interaction posture X configuration de dispositif de pointage.

NS = non significatif ; A > B indique que la valeur de « A » est plus grande que celle de « B » avec $p < 0,05$. La magnitude d'effet est exprimée à travers les valeurs des d de Cohen où un surlignage mauve, rouge, jaune et vert indique respectivement $d \leq 0,2$, $0,2 < d \leq 0,5$, $0,5 < d \leq 0,8$ et $d > 0,8$. O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central.

3.2.4. Erector spinae gauche

3.2.4.1. Effet de la posture

Pour P10 et P50, un effet posture a été observé. Toutes configurations du dispositif de pointage confondues, P10 était plus élevé pour B par rapport à O, S et C (+) et pour C par rapport à O et S ($\approx$), et P50 était plus élevé pour B et C par rapport à O (++) et S (+).

Pour P90, un effet posture et une interaction posture-configuration du dispositif de pointage ont été observés. Toutes configurations du dispositif de pointage confondues, P90 était plus élevé pour C par rapport à O (+), B et S ($\approx$), pour S par rapport à O et B ($\approx$) ainsi que pour B par rapport à O ($\approx$). Au niveau de l'interaction, seulement certaines de ces différences ont été observées pour chaque configuration du dispositif de pointage.

3.2.4.2. Effet de la configuration du dispositif de pointage

L'effet configuration du dispositif de pointage était non significatif pour P10, P50 et P90, Seule une interaction posture-configuration du dispositif de pointage a été observée pour P90, Dans la posture C, P90 était plus élevé pour TF par rapport à CD (+) et SN ($\approx$).

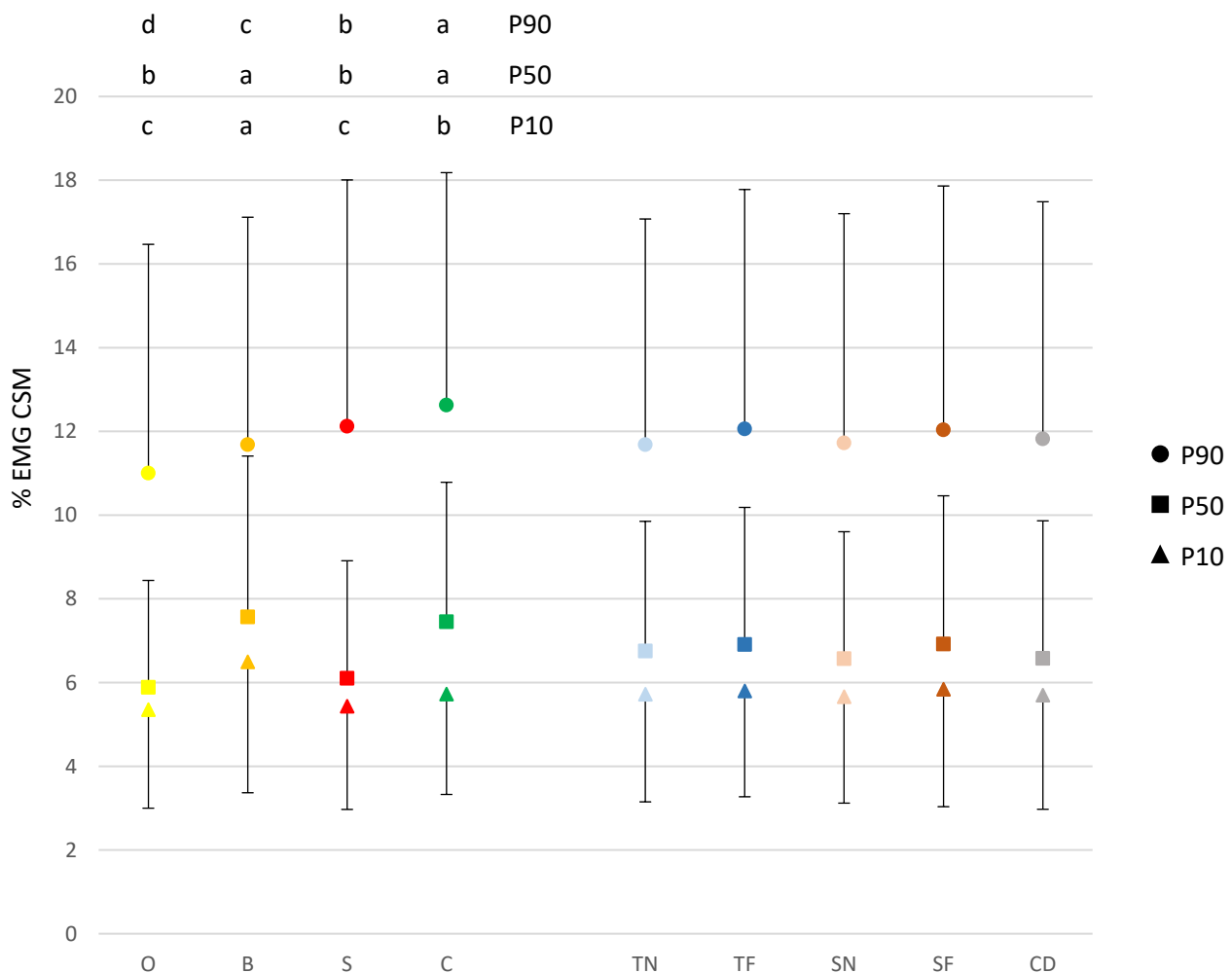


Figure 13. Moyenne et écart-type des P10, P50 et P90 de l'activité de l'ES gauche pour chaque posture et chaque configuration de dispositif de pointage.

O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central. En cas d'effet principal ($p < 0,05$), une même lettre au-dessus des points indique des groupes sans différences significatives pour P10, P50 et P90 séparément.

P10	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p = \text{NS}$				
	B > O B > S B > O C > O C > S					
P50	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p = \text{NS}$				
	B > O C > O B > S C > S					
P90	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p = 0,028$				
		TN	TF	SN	SF	CD
	C > O S > O C > B B > O C > S S > B	C > O C > B	C > O C > B S > O C > S	C > O S > O	C > O S > O	S > O
P10	Effet configuration du dispositif de pointage $p = \text{NS}$	Interaction $p = \text{NS}$				
P50	Effet configuration du dispositif de pointage $p = \text{NS}$	Interaction $p = \text{NS}$				
P90	Effet configuration du dispositif de pointage $p = \text{NS}$	Interaction $p = 0,028$				
		O	B	S	C	
					TF > SN TF > CD	

Tableau 6. Résultats des tests statistiques des P10, P50 et P90 de l'activité de l'ES gauche selon l'effet posture, l'effet configuration de dispositif de pointage et l'interaction posture X configuration de dispositif de pointage.

NS = non significatif ; $A > B$ indique que la valeur de « A » est plus grande que celle de « B » avec $p < 0,05$. La magnitude d'effet est exprimée à travers les valeurs des d de Cohen où un surlignage mauve, rouge, jaune et vert indique respectivement $d \leq 0,2$, $0,2 < d \leq 0,5$, $0,5 < d \leq 0,8$ et $d > 0,8$. O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central.

3.2.5. Flexor digitorum superficialis droit

3.2.5.1. Effet de la posture

Pour P10, P50 et P90, un effet posture a été observé. Toutes configurations du dispositif de pointage confondues, P10, P50 et P90 étaient plus élevés pour C par rapport à O (+ ou ≈), S et B (≈), ainsi que pour B par rapport à O (≈).

3.2.5.2. Effet de la configuration du dispositif de pointage

Pour P10, P50 et P90, un effet configuration du dispositif de pointage a été observé. Toutes postures confondues, P10, P50 et P90 étaient plus élevés pour TN par rapport à CD (+) et SF (≈), pour SN par rapport à CD (+), pour TF par rapport à CD (+) ainsi que pour SF par rapport à CD (+).

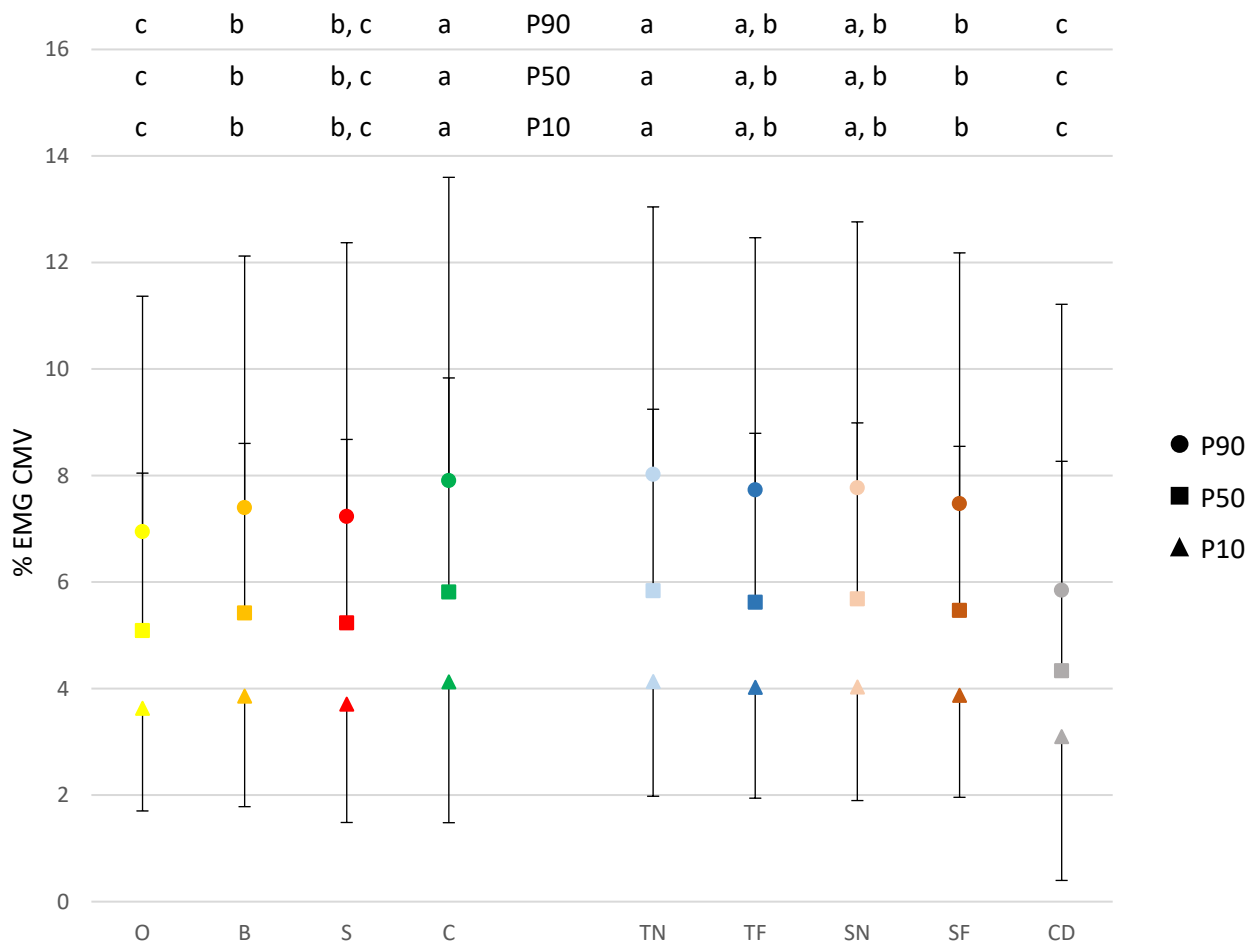


Figure 14. Moyenne et écart-type des P10, P50 et P90 de l'activité du FDS droit pour chaque posture et chaque configuration de dispositif de pointage.

O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central. En cas d'effet principal ($p < 0,05$), une même lettre au-dessus des points indique des groupes sans différences significatives pour P10, P50 et P90 séparément.

P10	Effet posture p = 0,017	Interaction p = NS
	C > O	
	C > S	
	C > B	
	B > O	
P50	Effet posture p = 0,001	Interaction p = NS
	C > O	
	C > S	
	C > B	
	B > O	
P90	Effet posture p = 0,003	Interaction p = NS
	C > O	
	C > S	
	C > B	
	B > O	
P10	Effet configuration du dispositif de pointage p < 0,001	Interaction p = NS
	TN > CD	
	SN > CD	
	TF > CD	
	SF > CD	
	TN > SF	
P50	Effet configuration du dispositif de pointage p < 0,001	Interaction p = NS
	TN > CD	
	SN > CD	
	TF > CD	
	SF > CD	
	TN > SF	
P90	Effet configuration du dispositif de pointage p < 0,001	Interaction p = NS
	TN > CD	
	SN > CD	
	TF > CD	
	SF > CD	
	TN > SF	

Tableau 7. Résultats des tests statistiques des P10, P50 et P90 de l'activité de FDS droit selon l'effet posture, l'effet configuration de dispositif de pointage et l'interaction posture X configuration de dispositif de pointage.

NS = non significatif ; A > B indique que la valeur de « A » est plus grande que celle de « B » avec $p < 0,05$. La magnitude d'effet est exprimée à travers les valeurs des d de Cohen où un surlignage mauve, rouge, jaune et vert indique respectivement $d \leq 0,2$, $0,2 < d \leq 0,5$, $0,5 < d \leq 0,8$ et $d > 0,8$. O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central.

3.2.6. Flexor digitorum superficialis gauche

3.2.6.1. Effet de la posture

Pour P10, P50 et P90, un effet posture a été observé. Toutes configurations du dispositif de pointage confondues, P10, P50 et P90 étaient plus élevés pour C par rapport à S (+ ou ≈), O (+ ou ≈) et B (≈) ainsi que pour B par rapport à S et O (≈).

3.2.6.2. Effet de la configuration du dispositif de pointage

Pour P10, P50 et P90, un effet configuration du dispositif de pointage a été observé. Toutes postures confondues, P10, P50 et P90 étaient plus élevés pour CD par rapport à SN, TN, SF (+++) et TF (+++ ou ++).

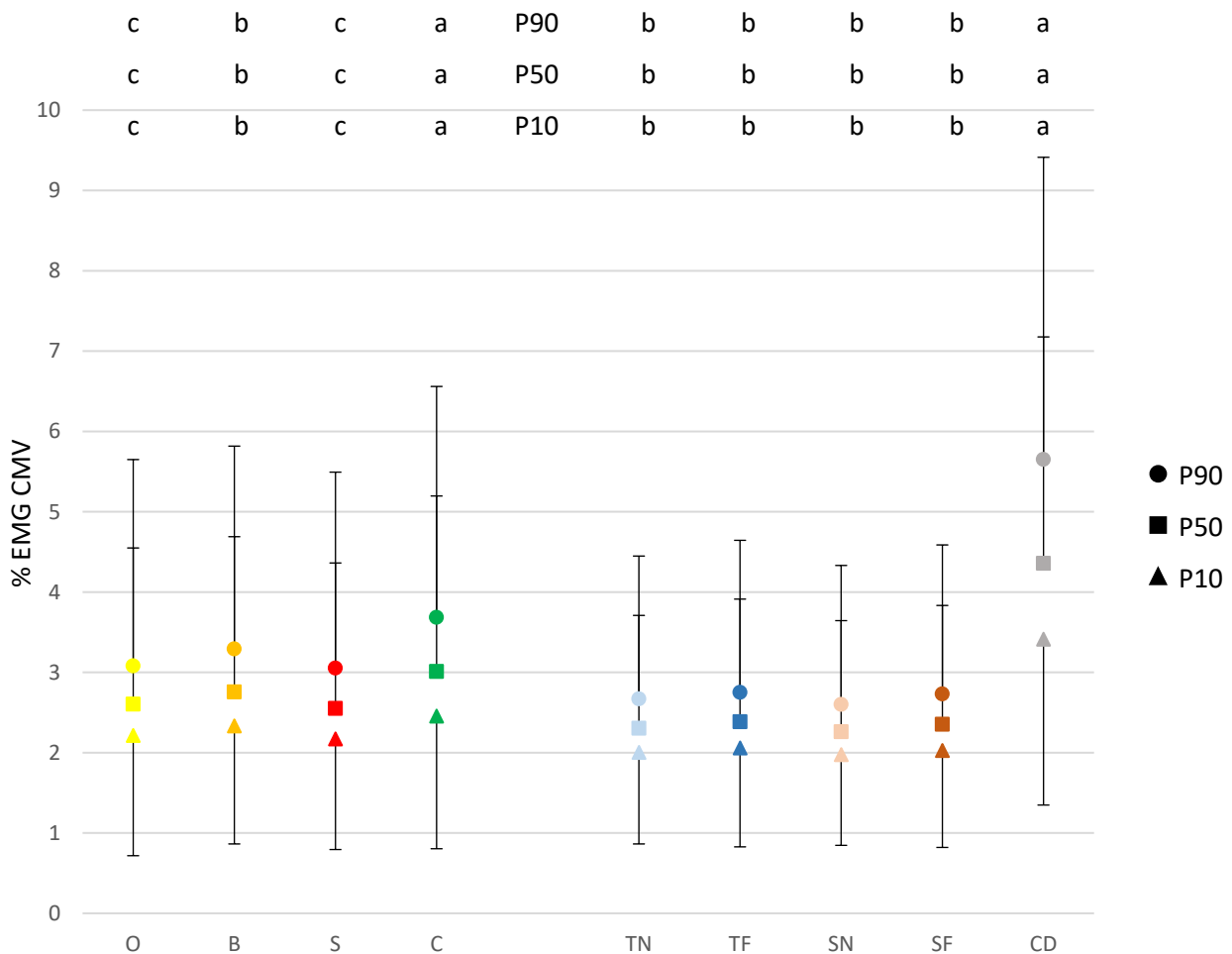


Figure 15. Moyenne et écart-type des P10, P50 et P90 de l'activité du FDS gauche pour chaque posture et chaque configuration de dispositif de pointage.

O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central. En cas d'effet principal ($p < 0,05$), une même lettre au-dessus des points indique des groupes sans différences significatives pour P10, P50 et P90 séparément.

P10	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p = \text{NS}$
	C > S	
	C > O	
	B > S	
	C > B	
	B > O	
P50	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p = \text{NS}$
	C > S	
	C > O	
	C > B	
	B > S	
	B > O	
P90	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p = \text{NS}$
	C > S	
	C > O	
	C > B	
	B > S	
	B > O	
P10	Effet configuration du dispositif de pointage $p < 0,001$	Interaction $p = \text{NS}$
	CD > SN	
	CD > TN	
	CD > SF	
	CD > TF	
P50	Effet configuration du dispositif de pointage $p < 0,001$	Interaction $p = \text{NS}$
	CD > SN	
	CD > TN	
	CD > SF	
	CD > TF	
P90	Effet configuration du dispositif de pointage $p < 0,001$	Interaction $p = \text{NS}$
	CD > SN	
	CD > TN	
	CD > SF	
	CD > TF	

Tableau 8. Résultats des tests statistiques des P10, P50 et P90 de l'activité de FDS gauche selon l'effet posture, l'effet configuration de dispositif de pointage et l'interaction posture X configuration de dispositif de pointage.

NS = non significatif ; A > B indique que la valeur de « A » est plus grande que celle de « B » avec $p < 0,05$. La magnitude d'effet est exprimée à travers les valeurs des d de Cohen où un surlignage mauve, rouge, jaune et vert indique respectivement $d \leq 0,2$, $0,2 < d \leq 0,5$, $0,5 < d \leq 0,8$ et $d > 0,8$. O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central.

3.2.7. Extensor carpi radialis droit

3.2.7.1. Effet de la posture

Pour P10, P50 et P90, aucun effet posture significatif n'a été relevé. Des interactions posture-configuration du dispositif de pointage ont été observées.

Pour P10 et P50, des différences entre postures ont été relevées uniquement pour SN et SF. Ils étaient plus élevés pour C par rapport à S (+) et pour O par rapport à S (+ ou ≈) lors de l'utilisation de SN, et plus élevés pour C par rapport à S (+) lors de l'utilisation de SF.

Pour P90, des différences entre configurations du dispositif de pointage ont été relevées pour SN, SF et TF. Avec SN, P90 était plus élevé pour C par rapport à S (+) et pour O par rapport à S (≈). Avec SF, P90 était plus élevé pour C par rapport à S (+) et B (≈). Avec TF, P90 était plus élevé pour C par rapport à S (≈).

3.2.7.2. Effet de la configuration du dispositif de pointage

Pour P10, P50 et P90, un effet configuration du dispositif de pointage et une interaction posture-configuration du dispositif de pointage ont été observés. Toutes postures confondues, P10, P50 et P90 étaient plus élevés pour TN par rapport à CD (+++), SF, SN (+) et TF (≈), pour TF par rapport à CD (+++), SF (+ ou ≈) et SN (≈), pour SN par rapport à CD (++) et SF (≈) ainsi que pour SF par rapport à CD (++)). Au niveau de l'interaction, seules certaines de ces différences ont été observées pour chaque posture.

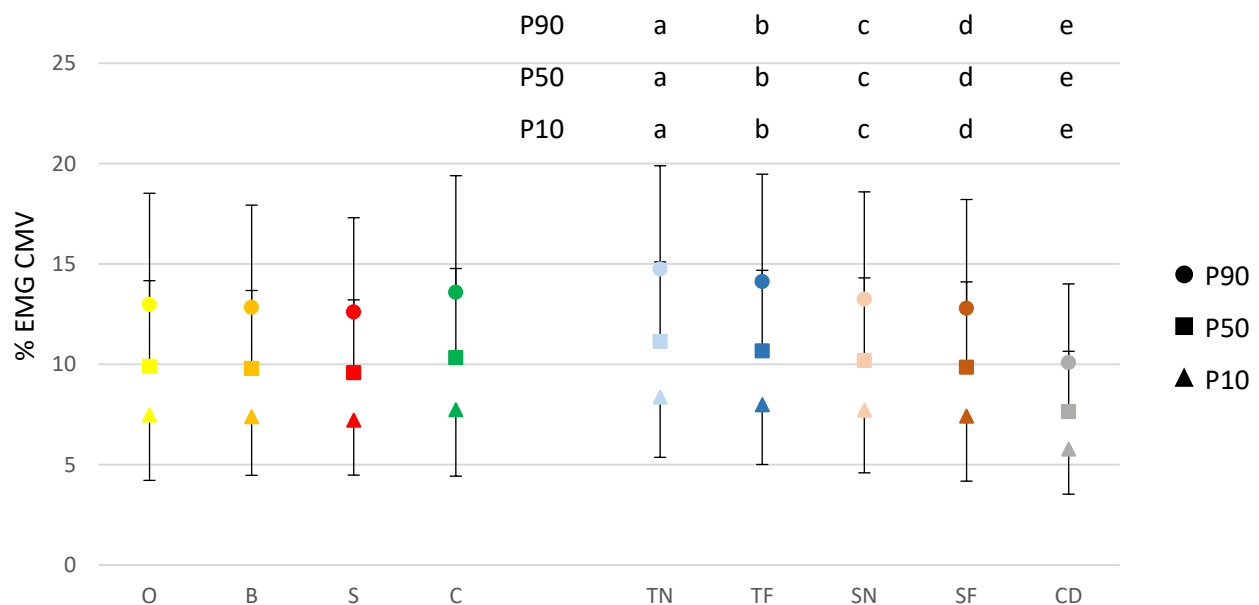


Figure 16. Moyenne et écart-type des P10, P50 et P90 de l'activité de l'ECR droit pour chaque posture et chaque configuration de dispositif de pointage.

O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central. En cas d'effet principal ($p < 0,05$), une même lettre au-dessus des points indique des groupes sans différences significatives pour P10, P50 et P90 séparément.

P10	Effet posture p = NS	Interaction p = 0,005				
		TN	TF	SN	SF	CD
				C > S O > S	C > S	
P50	Effet posture p = NS	Interaction p = 0,013				
		TN	TF	SN	SF	CD
				C > S O > S	C > S	
P90	Effet posture p = NS	Interaction p = 0,045				
		TN	TF	SN	SF	CD
			C > S	C > S O > S	C > S C > B	
P10	Effet configuration du dispositif de pointage p < 0,001	Interaction p = 0,005				
		O	B	S	C	
	TN > CD	TN > CD	TN > CD	TN > CD	TN > CD	
	TF > CD	SN > CD	TF > CD	TF > CD	TF > CD	
	SN > CD	TF > CD	SN > CD	SN > CD	SN > CD	
	SF > CD	SF > CD	SF > CD	SF > CD	SF > CD	
	TN > SF	TN > SF	TN > SF	TN > SF	TN > SF	
	TN > SN	TN > TF	TF > SF	TN > SN		
	TF > SF	TN > SN	TF > SF	TF > SF		
	TN > TF					
	TF > SN					
	SN > SF					
P50	Effet configuration du dispositif de pointage p < 0,001	Interaction p = 0,013				
		O	B	S	C	
	TN > CD	TN > CD	TN > CD	TN > CD	TN > CD	
	TF > CD	TF > CD	TF > CD	TF > CD	TF > CD	
	SN > CD	SN > CD	SN > CD	SN > CD	SN > CD	
	SF > CD	SF > CD	SF > CD	SF > CD	SF > CD	
	TN > SF	TN > SF	TN > SF	TN > SF	TN > SF	
	TN > SN	TN > SN	TF > SF	TN > SN		
	TF > SF	TN > TF	TN > SN	TF > SF		
	TF > SN			TF > SN		
	TN > TF					
	SN > SF					
P90	Effet configuration du dispositif de pointage p < 0,001	Interaction p = 0,045				
		O	B	S	C	
	TN > CD	TN > CD	TN > CD	TN > CD	TN > CD	
	TF > CD	TF > CD	TF > CD	TF > CD	TF > CD	
	SN > CD	SN > CD	SN > CD	SN > CD	SN > CD	
	SF > CD	SF > CD	SF > CD	TN > SF	SF > CD	
	TN > SF	TN > SF	TN > SF	SF > CD	TN > SF	
	TN > SN	TF > SF	TN > SN	TN > SN	TN > SN	
	TF > SF	TN > TF	TN > SN	TF > SF	TF > SF	
	TF > SN		TF > SN	TF > SN		
	TN > TF					
	SN > SF					

Tableau 9. Résultats des tests statistiques des P10, P50 et P90 de l'activité de ECR droit selon l'effet posture, l'effet configuration de dispositif de pointage et l'interaction posture X configuration de dispositif de pointage.

NS = non significatif ; A > B indique que la valeur de « A » est plus grande que celle de « B » avec $p < 0,05$. La magnitude d'effet est exprimée à travers les valeurs des d de Cohen où un surlignage mauve, rouge, jaune et vert indique respectivement $d \leq 0,2$, $0,2 < d \leq 0,5$, $0,5 < d \leq 0,8$ et $d > 0,8$. O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central.

3.2.8. Extensor carpi radialis gauche

3.2.8.1. Effet de la posture

Pour P10, P50 et P90, un effet posture et une interaction posture-configuration du dispositif de pointage ont été observés. Toutes configurations du dispositif de pointage confondues, P10 était plus élevés pour C par rapport à S (+), O et B ($\approx$), pour B et O par rapport à S ($\approx$). P50 et P90 étaient plus élevés pour C par rapport à S, O (+) et B (+ ou $\approx$) ainsi que pour B par rapport à S et O ($\approx$). Au niveau des interactions, seulement certaines de ces différences ont été observées pour chaque configuration du dispositif de pointage.

3.2.8.2. Effet de la configuration du dispositif de pointage

Pour P10, P50 et P90, un effet configuration du dispositif de pointage et une interaction posture-configuration du dispositif de pointage ont été observés. Toutes postures confondues, P10, P50 et P90 étaient plus élevés pour CD par rapport à SN, TN, SF et TF (+++). Des différences similaires ont été observées pour chacun des postures.

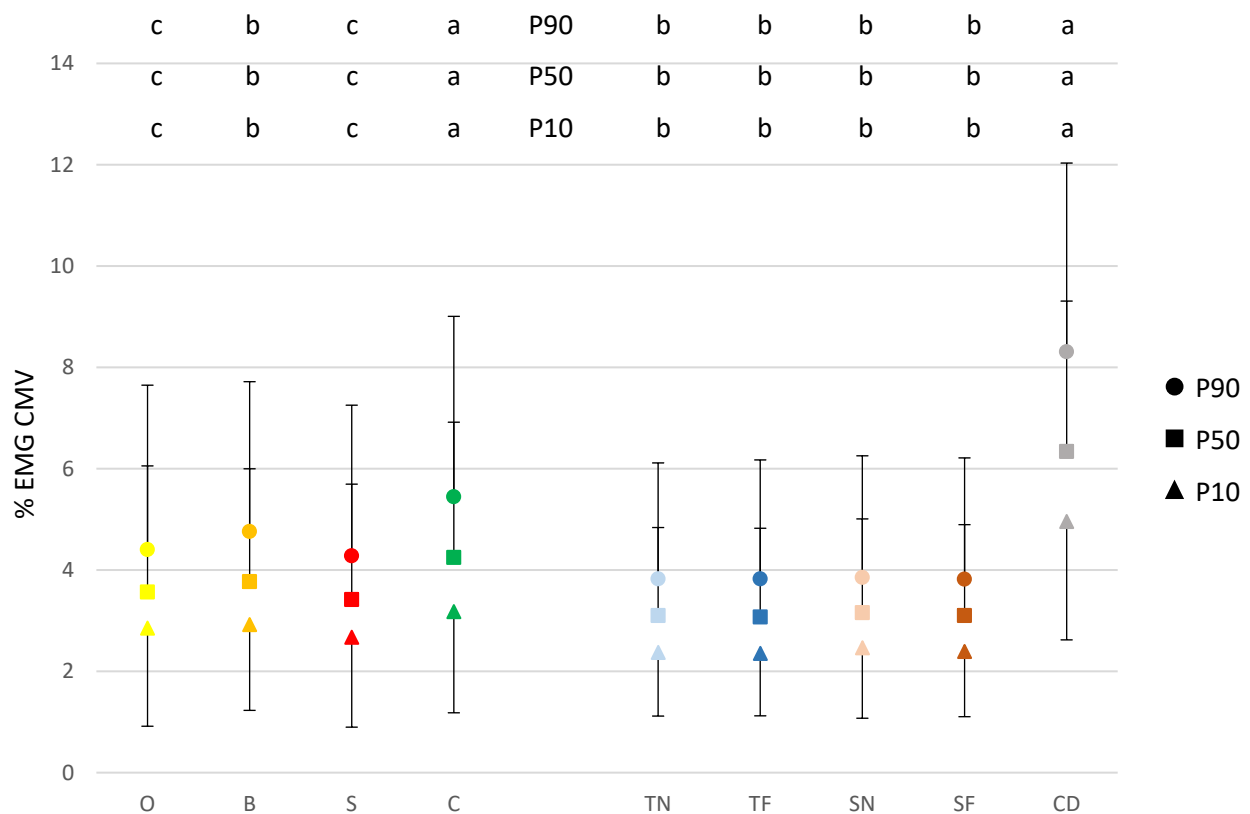


Figure 17. Moyenne et écart-type des P10, P50 et P90 de l'activité de l'ECR gauche pour chaque posture et chaque configuration de dispositif de pointage.

O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central. En cas d'effet principal ($p < 0,05$), une même lettre au-dessus des points indique des groupes sans différences significatives.

P10	Effet posture $p = 0,025$	Interaction = 0,01				
		TN	TF	SN	SF	CD
			C > S	C > S	C > S	C > B
			B > S			
P50	Effet posture $p < 0,001$	Interaction = 0,005				
		TN	TF	SN	SF	CD
		C > S	C > S	C > S	C > S	C > B
		C > O	B > S	C > O	C > O	C > S
			C > O			
P90	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		TN	TF	SN	SF	CD
		C > S	C > S	C > S	C > S	C > B
		C > O	B > S	C > O	C > O	C > S
			C > O		B > O	
			B > O			
P10	Effet configuration du dispositif de pointage $p < 0,001$	Interaction $p = 0,01$				
		O	B	S	C	
		CD > SF	CD > TN	CD > TF	CD > TN	
		CD > TF	CD > SF	CD > SF	CD > TF	
		CD > TN	CD > TF	CD > TN	CD > SF	
		CD > SN	CD > SN	CD > SN	CD > SN	
P50	Effet configuration du dispositif de pointage $p < 0,001$	Interaction $p = 0,005$				
		O	B	S	C	
		CD > SF	CD > TN	CD > TF	CD > TN	
		CD > TF	CD > SN	CD > SF	CD > TF	
		CD > TN	CD > SF	CD > TN	CD > SF	
		CD > SN	CD > TF	CD > SN	CD > SN	
P90	Effet configuration du dispositif de pointage $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		O	B	S	C	
		CD > SF	CD > SN	CD > TF	CD > TF	
		CD > TN	CD > TN	CD > SF	CD > TN	
		CD > TF	CD > SF	CD > TN	CD > SF	
		CD > SN	CD > TF	CD > SN	CD > SN	

Tableau 10. Résultats des tests statistiques des P10, P50 et P90 de l'activité de ECR gauche selon l'effet posture, l'effet configuration de dispositif de pointage et l'interaction posture X configuration de dispositif de pointage.

A > B indique que la valeur de « A » est plus grande que celle de « B » avec $p < 0,05$. La magnitude d'effet est exprimée à travers les valeurs des d de Cohen où un surlignage mauve, rouge, jaune et vert indique respectivement $d \leq 0,2$, $0,2 < d \leq 0,5$, $0,5 < d \leq 0,8$ et $d > 0,8$. O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central.

3.2.9. Extensor carpi ulnaris droit

3.2.9.1. Effet de la posture

Un effet posture a été observé uniquement pour P10 et des interactions posture-configuration du dispositif de pointage ont été observés pour P10, P50 et P90, Toutes configurations du dispositif de pointage confondues, P10 était plus élevé pour O et B par rapport à S ($\approx$). Les interactions n'ont révélé des différences que pour SN. Dans cette condition, P10, P50 et P90 étaient plus élevés pour O par rapport à S ($\approx$).

3.2.9.2. Effet de la configuration du dispositif de pointage

Pour P10, P50 et P90, un effet configuration du dispositif de pointage et une interaction posture-configuration du dispositif de pointage ont été observés. Toutes postures confondues, P10, P50 et P90 étaient plus élevés pour TN par rapport à CD (++), SF, SN (+) et TF ($\approx$), pour TF par rapport à CD (++), SF (+) et SN ($\approx$), pour SN par rapport à CD (++) et SF ($\approx$) ainsi que pour SF par rapport à CD (+). Au niveau de l'interaction, seulement certaines de ces différences ont été observées pour chaque posture.

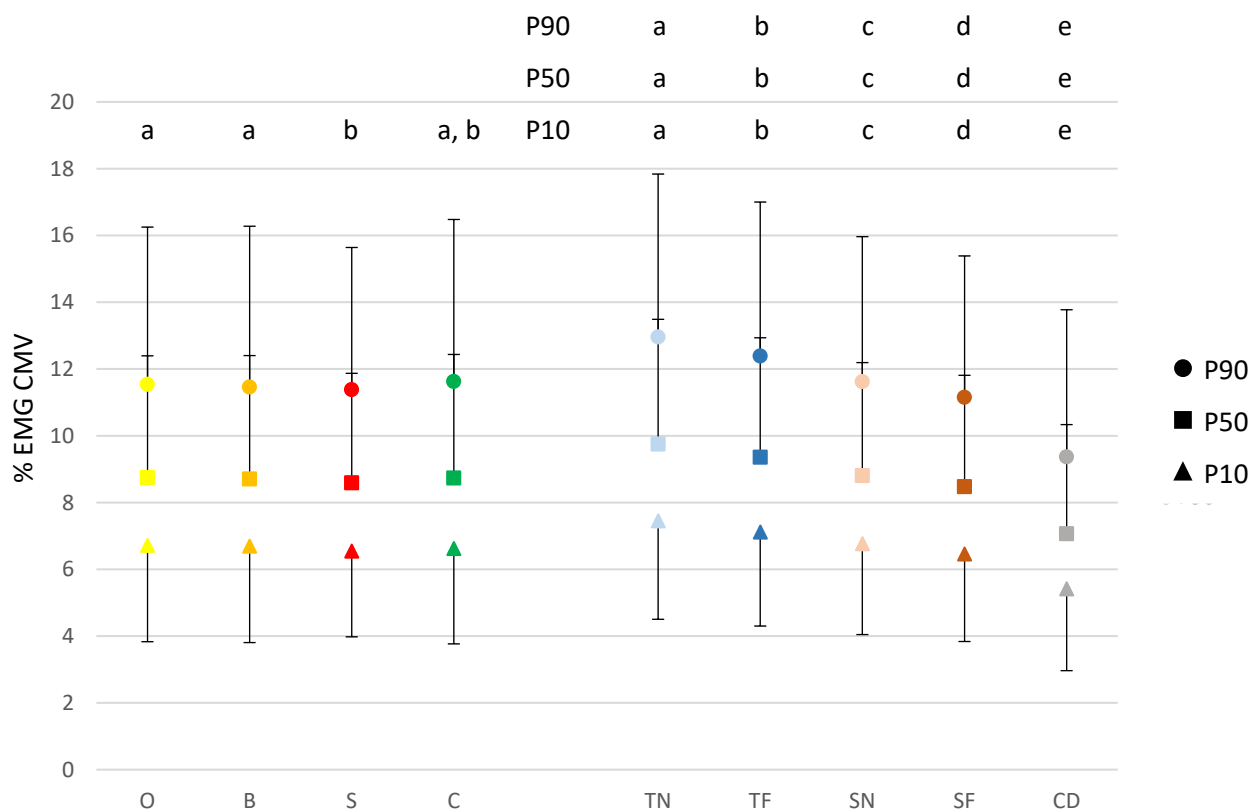


Figure 18. Moyenne et écart-type des P10, P50 et P90 de l'activité de l'ECU droit pour chaque posture et chaque configuration de dispositif de pointage.

O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central. En cas d'effet principal ($p < 0,05$), une même lettre au-dessus des points indique des groupes sans différences significatives pour P10, P50 et P90 séparément.

P10	Effet posture p = 0,017	Interaction p = 0,007				
		TN	TF	SN	SF	CD
	O > S			O > S		
	B > S					
P50	Effet posture p = NS	Interaction p = 0,006				
		TN	TF	SN	SF	CD
				O > S		
P90	Effet posture p = NS	Interaction p = 0,008				
		TN	TF	SN	SF	CD
				O > S		

P10	Effet configuration du dispositif de pointage p < 0,001	Interaction p = 0,007			
		O	B	S	C
	TN > CD	TN > CD	TN > CD	TN > CD	TN > CD
	TF > CD	TF > CD	TF > CD	TF > CD	TF > CD
	SN > CD	SN > CD	SN > CD	SN > CD	SN > CD
	SF > CD	SF > CD	SF > CD	SF > CD	SF > CD
	TN > SF	TN > SF	TN > SF	TN > SF	TN > SF
	TN > SN	TN > SN	TN > SN	TN > SN	TN > SN
	TF > SF	TF > SF	TF > SF	TF > SF	TF > SF
	TF > SN			TF > SN	
	TN > TF				
	SN > SF				
P50	Effet configuration du dispositif de pointage p < 0,001	Interaction p = 0,006			
		O	B	S	C
	TN > CD	TN > CD	TN > CD	TN > CD	TN > CD
	TF > CD	TF > CD	TF > CD	TF > CD	TF > CD
	SN > CD	SN > CD	SN > CD	SN > CD	SN > CD
	SF > CD	SF > CD	SF > CD	SF > CD	SF > CD
	TN > SF	TN > SF	TN > SF	TN > SF	TN > SF
	TN > SN	TN > SN	TN > SN	TN > SN	TN > SN
	TF > SF	TF > SF	TF > SF	TF > SF	TF > SF
	TF > SN		TF > SN	TF > SN	TF > SN
	TN > TF				
	SN > SF				
P90	Effet configuration du dispositif de pointage p < 0,001	Interaction p = 0,008			
		O	B	S	C
	TN > CD	TN > CD	TN > CD	TN > CD	TN > CD
	TF > CD	TF > CD	TF > CD	TF > CD	TF > CD
	SN > CD	SN > CD	SN > CD	SN > CD	SN > CD
	SF > CD	SF > CD	TN > SF	TN > SF	SF > CD
	TN > SF	TN > SF	SF > CD	SF > CD	TN > SF
	TN > SN	TN > SN	TF > SF	TF > SF	TN > SN
	TF > SF	TF > SF	TN > SN	SF > CD	TF > SF
	TF > SN		TF > SN	TF > SN	TF > SN
	TN > TF				
	SN > SF				

Tableau 11. Résultats des tests statistiques des P10, P50 et P90 de l'activité de ECU droit selon l'effet posture, l'effet configuration de dispositif de pointage et l'interaction posture X configuration de dispositif de pointage.

NS = non significatif ; A > B indique que la valeur de « A » est plus grande que celle de « B » avec $p < 0,05$. La magnitude d'effet est exprimée à travers les valeurs des d de Cohen où un surlignage mauve, rouge, jaune et vert indique respectivement $d \leq 0,2$, $0,2 < d \leq 0,5$, $0,5 < d \leq 0,8$ et $d > 0,8$. O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central.

3.2.10. Extensor carpi ulnaris gauche

3.2.10.1. Effet de la posture

Aucun effet significatif n'a été observé pour P10. Pour P50 et P90, un effet posture et une interaction posture-configuration du dispositif de pointage ont été observés. Toutes configurations du dispositif de pointage confondues, P50 et P90 étaient plus élevés pour C par rapport à S (+), B et O ($\approx$), ainsi que pour B et O par rapport à S ($\approx$).

3.2.10.2. Effet de la configuration du dispositif de pointage

Un effet configuration du dispositif de pointage a été observé pour P10, P50 et P90 et une interaction posture-configuration du dispositif de pointage pour P50 et P90. Toutes postures confondues, P10, P50 et P90 étaient plus élevés pour CD par rapport à SN, TN, SF et TF (+++). Des différences similaires ont été observées pour chacun des postures pour P50 et P90.

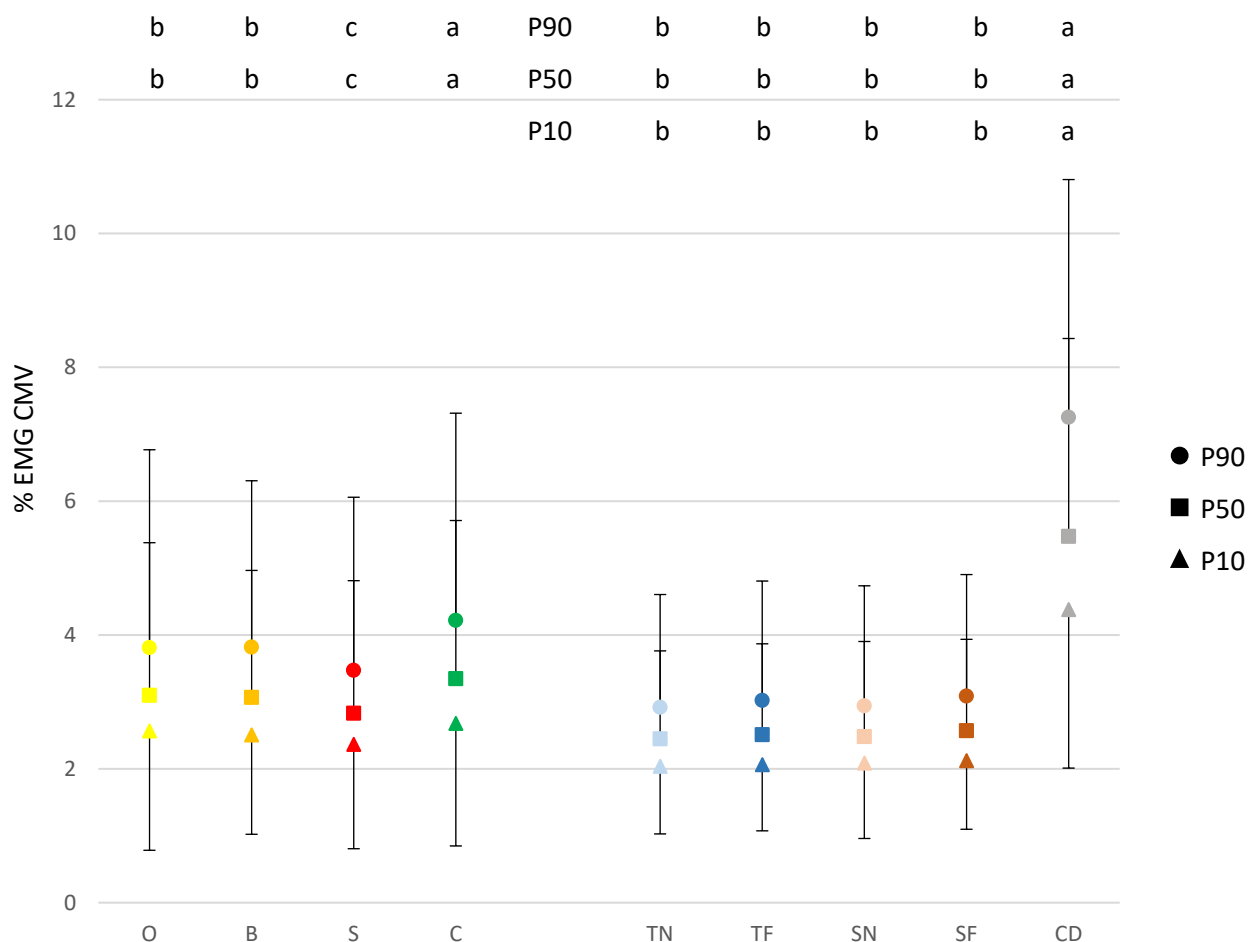


Figure 19. Moyenne et écart-type des P10, P50 et P90 de l'activité de l'ECU gauche pour chaque posture et chaque configuration de dispositif de pointage.

O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central. En cas d'effet principal ($p < 0,05$), une même lettre au-dessus des points indique des groupes sans différences significatives pour P10, P50 et P90 séparément.

P10	Effet posture p = NS	Interaction p = NS				
P50	Effet posture p = 0,014	Interaction p = 0,008				
		TN	TF	SN	SF	CD
	C > S			C > S		C > B
	C > B					C > S
	O > S					
	C > O					
	B > S					
P90	Effet posture p = 0,005	Interaction p = 0,002				
		TN	TF	SN	SF	CD
	C > S		B > S	C > S		C > B
	C > O					C > S
	C > B					
	B > S					
	O > S					
P10	Effet configuration du dispositif de pointage p < 0,001	Interaction p = NS				
	CD > TN					
	CD > TF					
	CD > SN					
	CD > SF					
P50	Effet configuration du dispositif de pointage p < 0,001	Interaction p = 0,008				
		O	B	S	C	
	CD > TN	CD > TN	CD > SN	CD > SN	CD > SF	
	CD > SN	CD > TF	CD > TN	CD > TN	CD > TF	
	CD > TF	CD > SN	CD > TF	CD > TF	CD > TN	
	CD > SF	CD > SF	CD > SF	CD > SF	CD > SN	
P90	Effet configuration du dispositif de pointage p < 0,001	Interaction p = 0,002				
		O	B	S	C	
	CD > TN	CD > TN	CD > SN	CD > SN	CD > SF	
	CD > SN	CD > SN	CD > TN	CD > TN	CD > TF	
	CD > TF	CD > TF	CD > SF	CD > TF	CD > TN	
	CD > SF	CD > SF	CD > TF	CD > SF	CD > SN	

Tableau 12. Résultats des tests statistiques des P10, P50 et P90 de l'activité de ECU gauche selon l'effet posture, l'effet configuration de dispositif de pointage et l'interaction posture X configuration de dispositif de pointage.

NS = non significatif ; A > B indique que la valeur de « A » est plus grande que celle de « B » avec $p < 0,05$. La magnitude d'effet est exprimée à travers les valeurs des d de Cohen où un surlignage mauve, rouge, jaune et vert indique respectivement $d \leq 0,2$, $0,2 < d \leq 0,5$, $0,5 < d \leq 0,8$ et $d > 0,8$. O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central.

3.2.11. Biceps brachii droit

3.2.11.1. Effet de la posture

Aucun effet significatif n'a été observé pour P10 et P90, Une interaction posture-configuration du dispositif de pointage a été mise en évidence pour P50, avec des différences uniquement avec SN. Dans cette condition, P50 était plus élevé pour O par rapport à S ($\approx$).

3.2.11.2. Effet de la configuration du dispositif de pointage

Un effet configuration du dispositif de pointage a été observé pour P10, P50 et P90 et des interactions posture-configuration du dispositif de pointage uniquement pour P50. Toutes postures confondues, P10, P50 et P90 étaient plus élevés pour TN, TF, SN et SF par rapport à CD (+). Au niveau de l'interaction pour P50, des différences similaires ont été observées pour chaque posture.

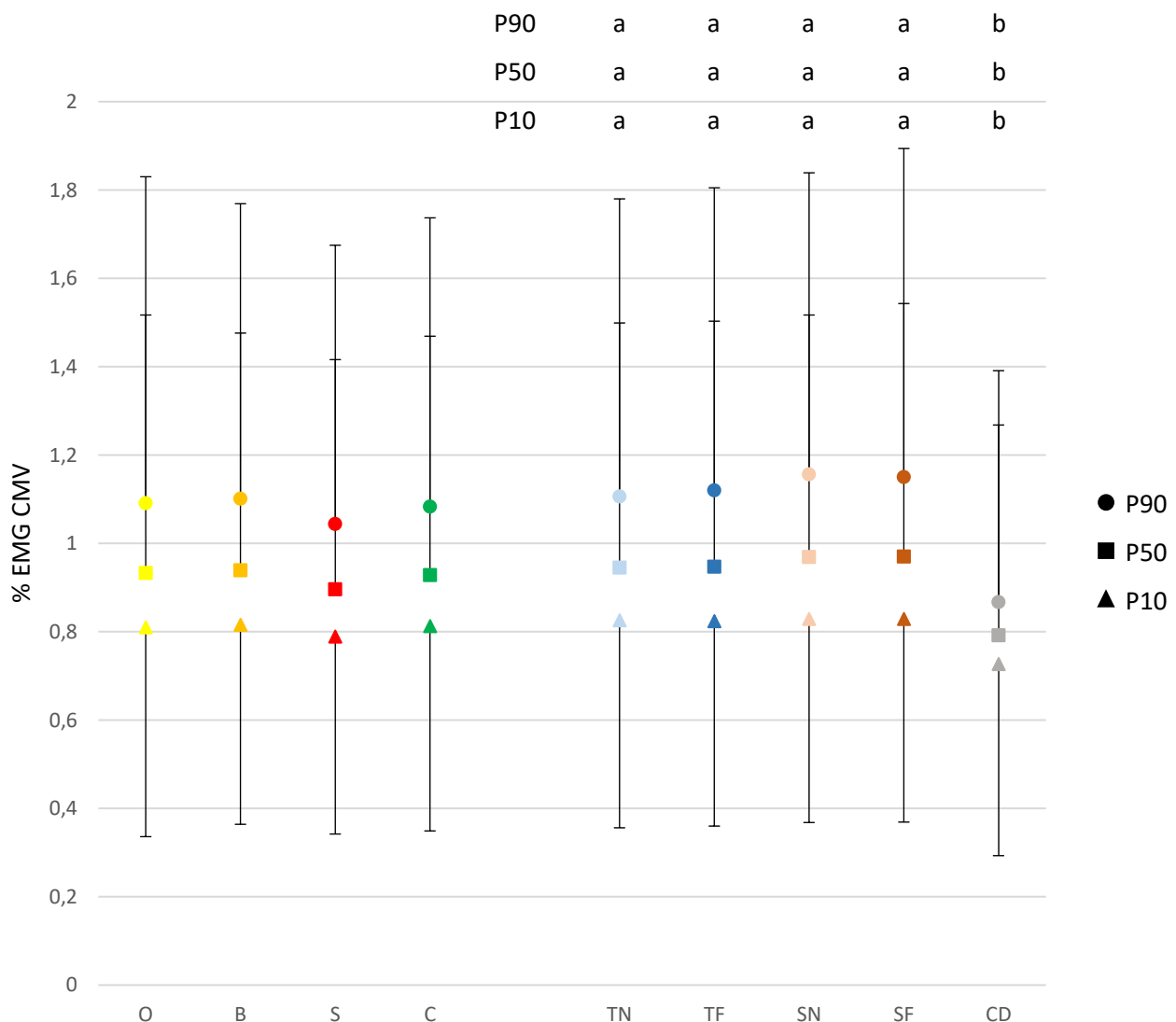


Figure 20. Moyenne et écart-type des P10, P50 et P90 de l'activité du BB droit pour chaque posture et chaque configuration de dispositif de pointage.

O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central. En cas d'effet principal ($p < 0,05$), une même lettre au-dessus des points indique des groupes sans différences significatives pour P10, P50 et P90 séparément.

P10	Effet posture p = NS	Interaction p = NS				
P50	Effet posture p = NS	Interaction p = 0,018				
		TN	TF	SN	SF	CD
				O > S		
P90	Effet posture p = NS	Interaction p = NS				

P10	Effet configuration du dispositif de pointage p < 0,001	Interaction p = NS			
	TN > CD SF > CD SN > CD TF > CD				
P50	Effet configuration du dispositif de pointage p < 0,001	Interaction p = 0,018			
		O	B	S	C
	SF > CD SN > CD TN > CD TF > CD	SF > CD SN > CD TF > CD TN > CD	SN > CD SF > CD TN > CD TF > CD	TN > CD TF > CD SF > CD SN > CD	SN > CD SF > CD TF > CD TN > CD
P90	Effet configuration du dispositif de pointage p < 0,001	Interaction p = NS			
	SN > CD SF > CD TF > CD TN > CD				

Tableau 13. Résultats des tests statistiques des P10, P50 et P90 de l'activité du BB droit selon l'effet posture, l'effet configuration de dispositif de pointage et l'interaction posture X configuration de dispositif de pointage.

NS = non significatif ; A > B indique que la valeur de « A » est plus grande que celle de « B » avec $p < 0,05$. La magnitude d'effet est exprimée à travers les valeurs des d de Cohen où un surlignage mauve, rouge, jaune et vert indique respectivement $d \leq 0,2$, $0,2 < d \leq 0,5$, $0,5 < d \leq 0,8$ et $d > 0,8$. O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central.

3.2.12. Biceps brachii gauche

3.2.12.1. Effet de la posture

Un effet posture a été observé pour P10, P50 et P90 et des interactions posture-configuration du dispositif de pointage pour P50 et P90. Toutes configurations du dispositif de pointage confondues, P10 et P50 étaient plus élevés pour C par rapport à O, S et B ($\approx$), pour B par rapport à O et S ($\approx$), ainsi que pour S par rapport à O ($\approx$). P90 était plus élevé pour C par rapport à O (+), S et B ($\approx$), pour B et S par rapport à O ($\approx$). Au niveau des interactions, seulement certaines de ces différences ont été observées pour chacune des configurations de dispositif, excepté CD pour P90,

3.2.12.2. Effet de la configuration du dispositif de pointage

Un effet configuration du dispositif de pointage a été observé pour P10, P50 et P90 et des interactions posture-configuration du dispositif de pointage pour P50 et P90. Toutes postures confondues, P10, P50 et P90 étaient plus élevés pour CD par rapport à TF, SF et TN ($\approx$) et P10 et P50 étaient également plus élevés pour CD par rapport à SN ($\approx$). Au niveau des interactions, des différences similaires ont été observées uniquement pour O.

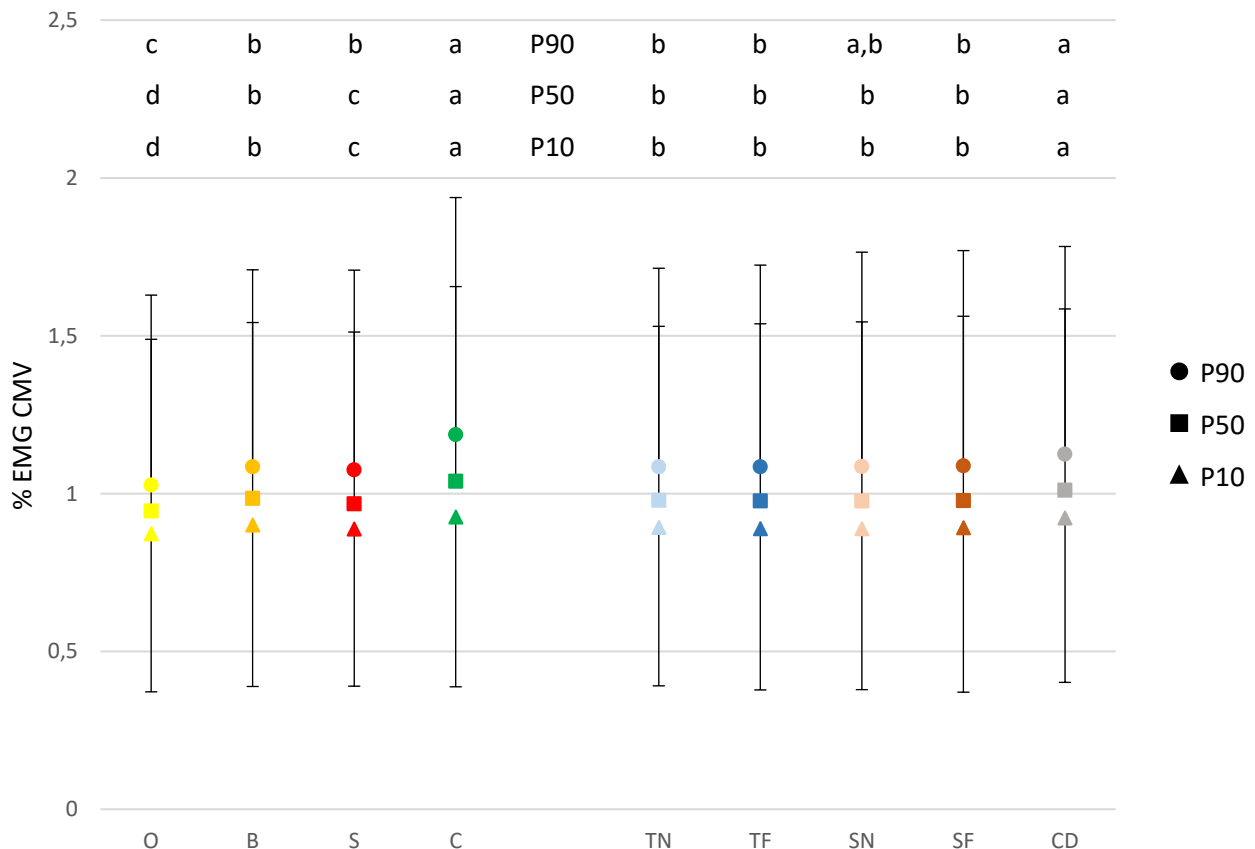


Figure 21. Moyenne et écart-type des P10, P50 et P90 de l'activité du BB gauche pour chaque posture et chaque configuration de dispositif de pointage.

O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central. En cas d'effet principal ($p < 0,05$), une même lettre au-dessus des points indique des groupes sans différences significatives pour P10, P50 et P90 séparément.

P10	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p = \text{NS}$				
	C > O C > S B > O C > B B > S S > O					
P50	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p = 0,008$				
		TN	TF	SN	SF	CD
	C > O C > S C > B B > O B > S S > O	C > O C > S C > B	C > O C > S B > O	C > O C > S C > B B > O	C > S C > B B > O	C > S
P90	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		TN	TF	SN	SF	CD
	C > O C > S C > B B > O S > O	C > O C > S C > B	C > O C > S	C > O C > S C > B	C > O C > S C > B	
P10	Effet configuration du dispositif de pointage $p < 0,001$	Interaction $p = \text{NS}$				
	CD > TF CD > SF CD > TN CD > SN					
P50	Effet configuration du dispositif de pointage $p < 0,001$	Interaction $p = 0,008$				
		O	B	S	C	
	CD > TF CD > SF CD > TN CD > SN	CD > SF CD > SN CD > TF CD > TN				
P90	Effet configuration du dispositif de pointage $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		O	B	S	C	
	CD > TF CD > TN CD > SF	CD > SF CD > TF CD > SN CD > TN				

Tableau 14. Résultats des tests statistiques des P10, P50 et P90 de l'activité du BB gauche selon l'effet posture, l'effet configuration de dispositif de pointage et l'interaction posture X configuration de dispositif de pointage.

NS = non significatif ; $A > B$ indique que la valeur de « A » est plus grande que celle de « B » avec $p < 0,05$. La magnitude d'effet est exprimée à travers les valeurs des d de Cohen où un surlignage mauve, rouge, jaune et vert indique respectivement $d \leq 0,2$, $0,2 < d \leq 0,5$, $0,5 < d \leq 0,8$ et $d > 0,8$. O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central.

3.2.13. Triceps brachii droit

3.2.13.1. Effet de la posture

Pour P10, P50 et P90, un effet posture a été observé. Toutes configurations du dispositif de pointage confondues, P10, P50 et P90 étaient plus élevés pour C par rapport à S, O et B (+), pour B par rapport à S et O ($\approx$), ainsi que pour O par rapport à S ($\approx$).

3.2.13.2. Effet de la configuration du dispositif de pointage

Pour P10, P50 et P90, un effet configuration du dispositif de pointage a été observé. Toutes postures confondues, P10, P50 et P90 étaient plus élevés pour TN par rapport à CD (+++ ou ++), TF et SF (+) pour SN par rapport à CD (+++ ou ++), TF et SF (+), pour TF par rapport à CD (+) ainsi que pour SF par rapport à CD (+). Pour P90, les valeurs étaient également plus élevées pour TN par rapport à SN ($\approx$).

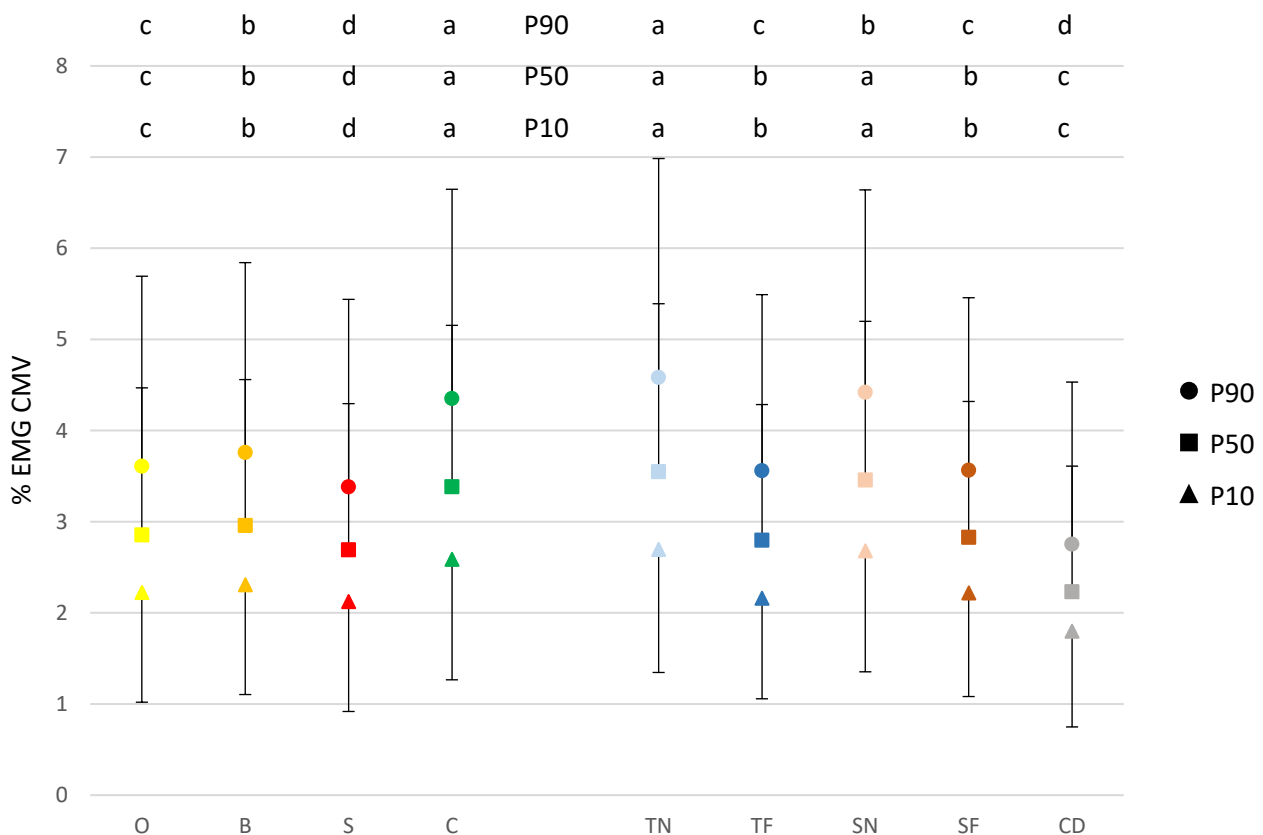


Figure 22. Moyenne et écart-type des P10, P50 et P90 de l'activité du TB droit pour chaque posture et chaque configuration de dispositif de pointage.

O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central. En cas d'effet principal ($p < 0,05$), une même lettre au-dessus des points indique des groupes sans différences significatives pour P10, P50 et P90 séparément.

P10	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p = NS$
	C > S	
	C > O	
	C > B	
	B > S	
	O > S	
	B > O	
P50	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p = NS$
	C > S	
	C > O	
	C > B	
	B > S	
	O > S	
	B > O	
P90	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p = NS$
	C > S	
	C > O	
	C > B	
	B > S	
	O > S	
	B > O	
P10	Effet configuration du dispositif de pointage $p < 0,001$	Interaction $p = NS$
	TN > CD	
	SN > CD	
	TN > TF	
	SN > TF	
	TN > SF	
	SN > SF	
	SF > CD	
	TF > CD	
P50	Effet configuration du dispositif de pointage $p < 0,001$	Interaction $p = NS$
	TN > CD	
	SN > CD	
	TN > TF	
	TN > SF	
	SN > TF	
	SN > SF	
	SF > CD	
	TF > CD	
P90	Effet configuration du dispositif de pointage $p < 0,001$	Interaction $p = NS$
	SN > CD	
	TN > CD	
	TN > TF	
	TN > SF	
	SN > TF	
	SN > SF	
	SF > CD	
	TF > CD	
	TN > SN	

Tableau 15. Résultats des tests statistiques des P10, P50 et P90 de l'activité du TB droit selon l'effet posture, l'effet configuration de dispositif de pointage et l'interaction posture X configuration de dispositif de pointage.

NS = non significatif ; A > B indique que la valeur de « A » est plus grande que celle de « B » avec $p < 0,05$. La magnitude d'effet est exprimée à travers les valeurs des d de Cohen où un surlignage mauve, rouge, jaune et vert indique respectivement $d \leq 0,2$, $0,2 < d \leq 0,5$, $0,5 < d \leq 0,8$ et $d > 0,8$. O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central.

3.2.14. Triceps brachii gauche

3.2.14.1. Effet de la posture

Pour P10, P50 et P90, un effet posture et des interactions posture-configuration du dispositif de pointage ont été observés. Toutes configurations du dispositif de pointage confondues, P10 était plus élevé pour C par rapport à O (++), S (+) et B ($\approx$), pour B par rapport à O (++) et S (+), ainsi que pour S par rapport à O ($\approx$). P50 et P90 étaient plus élevés pour C par rapport à O (+++), S (++) et B (+), pour B par rapport à O (++) et S (+), ainsi que pour S par rapport à O (+). Au niveau des interactions, certaines de ces différences ont pu être observées pour chaque configuration du dispositif de pointage. Il est à noter qu'avec l'utilisation de CD, ces différences étaient moins nombreuses et avec des magnitudes d'effet plus faibles.

3.2.14.2. Effet de la configuration du dispositif de pointage

Pour P10, P50 et P90, aucun effet configuration du dispositif de pointage significatif n'a été relevé. Des interactions posture-configuration du dispositif de pointage ont toutefois été observées, avec des différences entre les configurations uniquement pour certaines postures. Pour B, P10 était plus élevé avec SN par rapport à CD et TF (+) et P50 était plus élevé avec SN par rapport à CD (+). Pour S, P10 était plus élevé avec TN par rapport à SF et TF (+). Enfin, pour C, P50 et P90 étaient plus élevés avec SN par rapport à CD, TF et SF (+) et avec TN par rapport à CD (+).

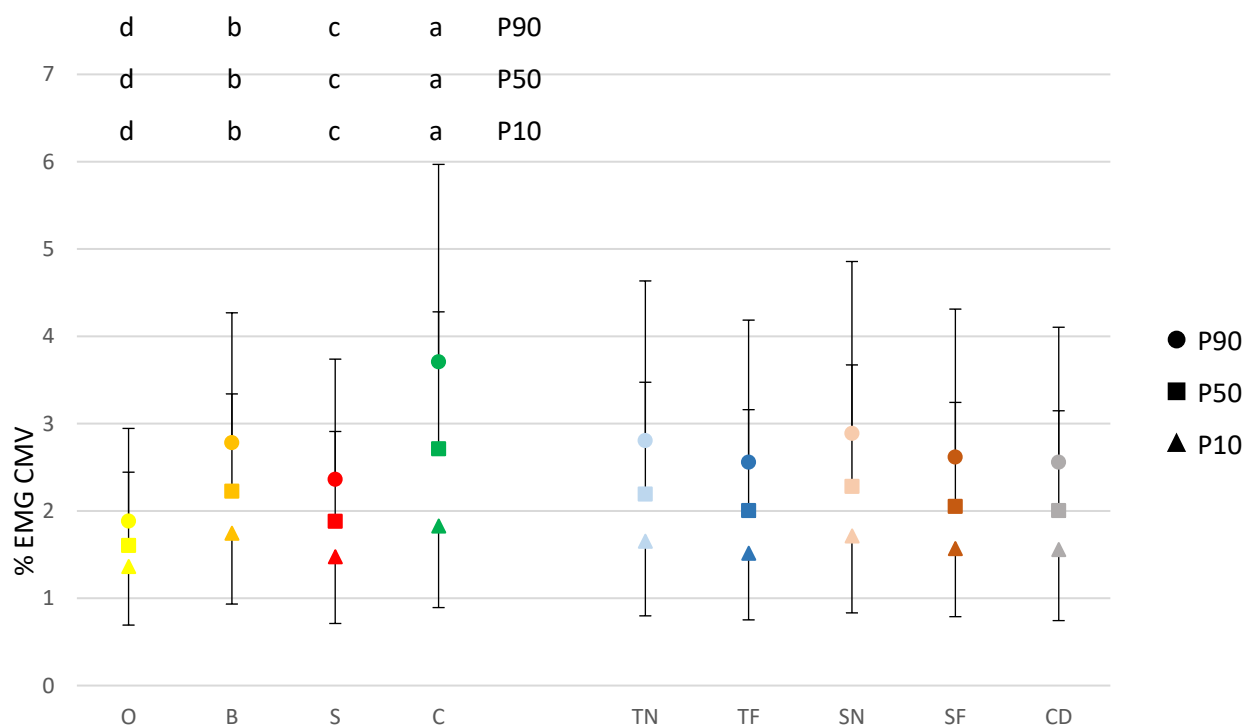


Figure 23. Moyenne et écart-type des P10, P50 et P90 de l'activité du TB gauche pour chaque posture et chaque configuration de dispositif de pointage.

O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central. En cas d'effet principal ($p < 0,05$), une même lettre au-dessus des points indique des groupes sans différences significatives pour P10, P50 et P90 séparément.

P10	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		TN	TF	SN	SF	CD
	C > O	C > O	C > O	C > O	C > O	C > O
	B > O	B > O	B > O	B > O	B > O	B > O
	C > S	C > S	C > S	C > S	C > S	C > S
	B > S	B > S	B > S	B > S	B > S	B > S
	S > O	S > O	S > O	S > O	S > O	S > O
	C > B	C > B	C > B	C > B	C > B	C > B
P50	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		TN	TF	SN	SF	CD
	C > O	C > O	C > O	C > O	C > O	C > O
	C > S	C > S	C > S	C > S	C > S	C > S
	B > O	B > O	B > O	B > O	B > O	B > O
	C > B	C > B	C > B	C > B	C > B	C > B
	B > S	B > S	B > S	B > S	B > S	B > S
	S > O	S > O	S > O	S > O	S > O	S > O
P90	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		TN	TF	SN	SF	CD
	C > O	C > O	C > O	C > O	C > O	C > O
	C > S	C > S	C > S	C > S	C > S	C > S
	B > O	B > O	B > O	B > O	B > O	B > O
	C > B	C > B	C > B	C > B	C > B	C > B
	B > S	B > S	B > S	B > S	B > S	B > S
	S > O	S > O	S > O	S > O	S > O	S > O
P10	Effet configuration du dispositif de pointage $p = NS$	Interaction $p < 0,001$				
		O	B	S	C	
			SN > CD	TN > TF		
			SN > TF	TN > SF		
P50	Effet configuration du dispositif de pointage $p = NS$	Interaction $p < 0,001$				
		O	B	S	C	
			SN > CD		SN > CD	
					SN > TF	
					TN > CD	
					SN > SF	
P90	Effet configuration du dispositif de pointage $p = NS$	Interaction $p < 0,001$				
		O	B	S	C	
					SN > CD	
					TN > CD	
					SN > TF	
					SN > SF	

Tableau 16. Résultats des tests statistiques des P10, P50 et P90 de l'activité du TB gauche selon l'effet posture, l'effet configuration de dispositif de pointage et l'interaction posture X configuration de dispositif de pointage.

NS = non significatif ; $A > B$ indique que la valeur de « A » est plus grande que celle de « B » avec $p < 0,05$. La magnitude d'effet est exprimée à travers les valeurs des d de Cohen où un surlignage mauve, rouge, jaune et vert indique respectivement $d \leq 0,2$, $0,2 < d \leq 0,5$, $0,5 < d \leq 0,8$ et $d > 0,8$. O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central.

3.2.15. Trapezius droit

3.2.15.1. Effet de la posture

Pour P10, P50 et P90, un effet posture et une interaction posture-configuration du dispositif de pointage ont été observés. Toutes configurations du dispositif de pointage confondues, P10 et P50 étaient plus élevés pour B par rapport à O, S (+) et C ($\approx$), pour C par rapport à O (+) et S (+ ou $\approx$) et pour S par rapport à O ($\approx$). P90 était plus élevé pour B par rapport à O (++) et S (+), pour C par rapport à O et S (+) ainsi que pour S par rapport à O ($\approx$). Au niveau des interactions, seulement certaines de ces différences ont été observées pour chaque configuration du dispositif de pointage, en plus grand nombre et avec des magnitudes d'effet plus élevées avec l'utilisation de CD par rapports aux autres configurations.

3.2.15.2. Effet de la configuration du dispositif de pointage

Pour P10, P50 et P90, aucun effet configuration du dispositif de pointage significatif n'a été relevé. Des interactions posture-configuration du dispositif de pointage ont toutefois été observées pour P10, P50 et P90, avec des différences entre configurations uniquement pour B, S et C. Pour C, les valeurs de P10, P50 et P90 étaient plus élevées avec l'utilisation de CD par rapport à SN, SF, TF et TN (++ ou +). Pour B, les valeurs de P10, P50 et P90 étaient plus élevées avec l'utilisation de CD par rapport à TF (+) et celle de TN par rapport à TF (+) ; la valeur de P10 était aussi plus élevée pour CD par rapport à SF (+). Pour S, les valeurs de P10, P50 et P90 étaient plus élevées avec l'utilisation de CD par rapport à SN (+), les valeurs de P10 et P50 étaient plus élevées avec CD par rapport à SF (+) et les valeurs de P90 étaient plus élevées avec TF par rapport à SF et SN (+).

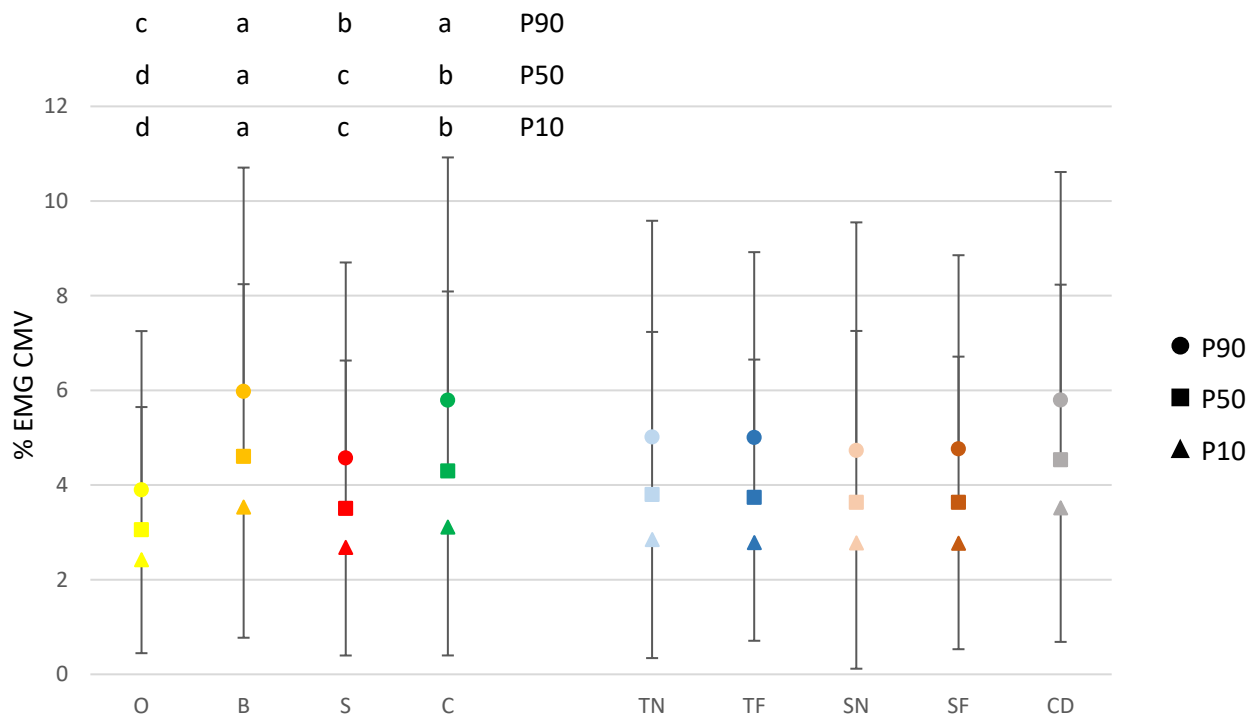


Figure 24. Moyenne et écart-type des P10, P50 et P90 de l'activité du TRA droit pour chaque posture et chaque configuration de dispositif de pointage.

O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central. En cas d'effet principal ($p < 0,05$), une même lettre au-dessus des points indique des groupes sans différences significatives pour P10, P50 et P90 séparément.

P10	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		TN	TF	SN	SF	CD
	B > O	B > O	B > O	B > O	B > S	C > O
	B > S	B > S	B > S	B > S	B > O	B > O
	C > O	B > C		B > C	B > O	C > S
	C > S					B > S
	B > C					
	S > O					
P50	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		TN	TF	SN	SF	CD
	B > O	B > O	B > O	B > O	B > O	C > O
	C > O	B > S	C > O	B > S	B > S	B > O
	B > S	C > O	S > O	C > O	C > O	C > S
	C > S	B > C		C > S		B > S
	S > O					S > O
	B > C					C > B
P90	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		TN	TF	SN	SF	CD
	B > O	B > O	C > O	B > O	B > O	C > O
	C > O	B > S	B > O	B > S	B > S	C > S
	B > S	C > O	S > O	C > O	C > O	B > O
	C > S	C > S		C > S	C > S	B > S
	S > O					S > O
						C > B
P10	Effet configuration du dispositif de pointage $p = NS$	Interaction $p < 0,001$				
		O	B	S	C	
			CD > TF	CD > SF	CD > SN	
			TN > TF	CD > SN	CD > SF	
			CD > SF		CD > TN	
P50	Effet configuration du dispositif de pointage $p = NS$	Interaction $p < 0,001$				
		O	B	S	C	
			CD > TF	CD > SN	CD > SF	
			TN > TF	CD > SF	CD > SN	
					CD > TN	
					CD > TF	
P90	Effet configuration du dispositif de pointage $p = NS$	Interaction $p < 0,001$				
		O	B	S	C	
			CD > TF	TF > SN	CD > SF	
			TN > TF	CD > SN	CD > SN	
				TF > SF	CD > TN	
					CD > TF	

Tableau 17. Résultats des tests statistiques des P10, P50 et P90 de l'activité du TRA droit selon l'effet posture, l'effet configuration de dispositif de pointage et l'interaction posture X configuration de dispositif de pointage.

NS = non significatif ; A > B indique que la valeur de « A » est plus grande que celle de « B » avec $p < 0,05$. La magnitude d'effet est exprimée à travers les valeurs des d de Cohen où un surlignage mauve, rouge, jaune et vert indique respectivement $d \leq 0,2$, $0,2 < d \leq 0,5$, $0,5 < d \leq 0,8$ et $d > 0,8$. O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central.

3.2.16. Trapezius gauche

3.2.16.1. Effet de la posture

Pour P10, P50 et P90, un effet posture et une interaction posture-configuration du dispositif de pointage ont été observés. Toutes configurations du dispositif de pointage confondues, P10 était plus élevé pour B par rapport à O, S et C ($\approx$) ainsi que pour C par rapport à O ($\approx$). P50 et P90 étaient plus élevés pour B par rapport à O (+), S et C ($\approx$), ainsi que pour C par rapport à O et S ($\approx$). Au niveau des interactions, seules certaines de ces différences ont été observées pour chaque configuration du dispositif de pointage, en plus grand nombre et avec des magnitudes d'effet plus élevées avec l'utilisation de CD par rapports aux autres configurations.

3.2.16.2. Effet de la configuration du dispositif de pointage

Pour P10, P50 et P90, aucun effet configuration du dispositif de pointage significatif n'a été relevé. Des interactions posture-configuration du dispositif de pointage ont toutefois été observées, avec des différences entre configurations uniquement pour B, S et C. Pour C, les valeurs de P10, P50 et P90 étaient plus élevées avec l'utilisation de CD par rapport à SN, SF, TF et TN (+). Pour B et S, seulement certaines de ces différences ont été observées et avec des magnitudes d'effet souvent plus faibles.

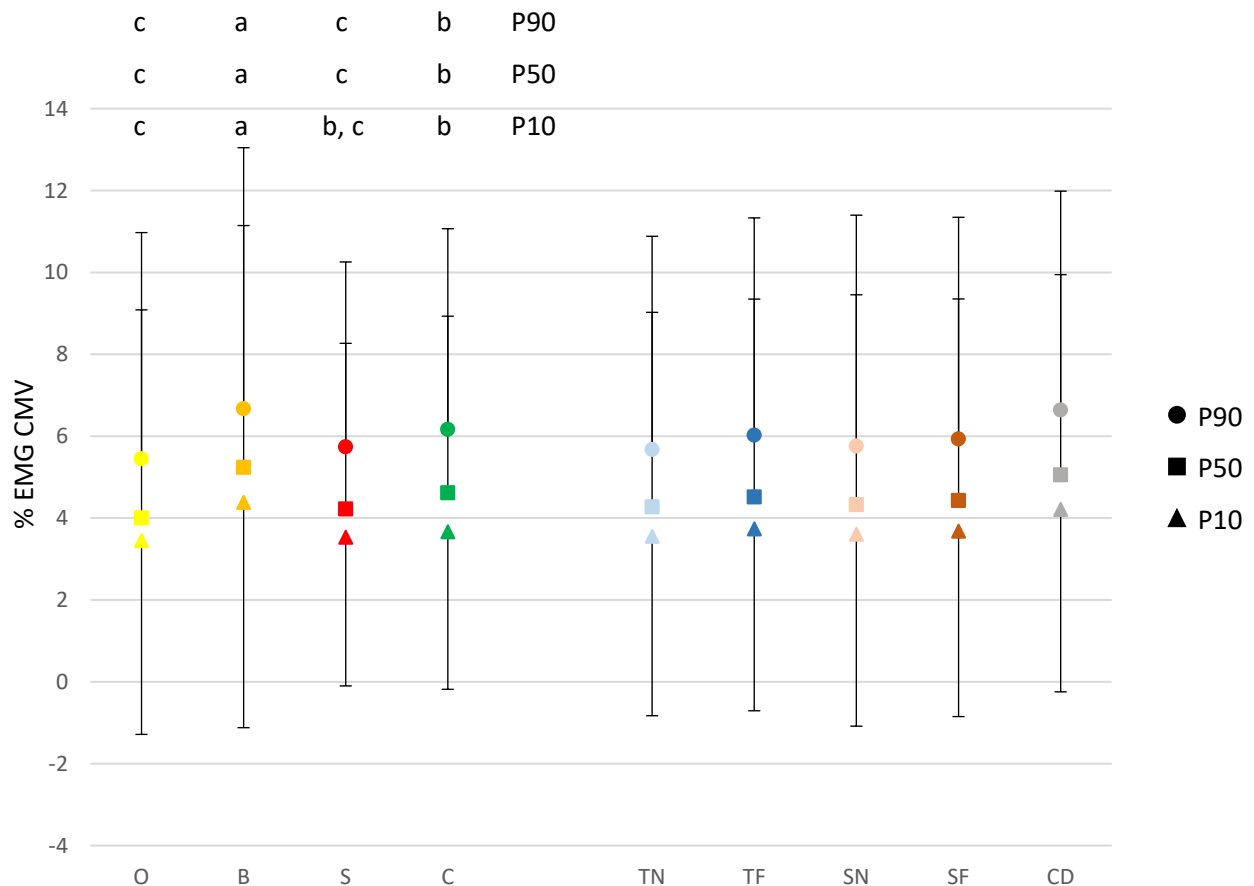


Figure 25. Moyenne et écart-type des P10, P50 et P90 de l'activité du TRA gauche pour chaque posture et chaque configuration de dispositif de pointage.

O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central. En cas d'effet principal ($p < 0,05$), une même lettre au-dessus des points indique des groupes sans différences significatives pour P10, P50 et P90 séparément.

P10	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		TN	TF	SN	SF	CD
	B > O	B > C	B > C	B > S	B > S	B > O
	B > S	B > S	B > O	B > C	B > C	C > O
	B > C	B > O	B > S	B > O	B > O	B > S
	C > O					S > O
P50	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		TN	TF	SN	SF	CD
	B > O	B > O	B > O	B > O	B > S	B > O
	B > S	B > S	B > S	B > S	B > O	C > O
	C > O					B > S
	B > C					S > O
	C > S					C > S
P90	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		TN	TF	SN	SF	CD
	B > O	B > O		B > O	B > S	B > O
	B > S	B > S			B > O	C > O
	C > O					S > O
	B > C					B > S
	C > S					
P10	Effet configuration du dispositif de pointage $p = NS$	Interaction $p < 0,001$				
		O	B	S	C	
			CD > SN	CD > SF	CD > TN	
			CD > TF	CD > TN	CD > SN	
					CD > SF	
					CD > TF	
P50	Effet configuration du dispositif de pointage $p = NS$	Interaction $p < 0,001$				
		O	B	S	C	
			CD > SN	CD > SF	CD > TN	
				CD > TN	CD > SN	
					CD > SF	
					CD > TF	
P90	Effet configuration du dispositif de pointage $p = NS$	Interaction $p < 0,001$				
		O	B	S	C	
			CD > SN	CD > SF	CD > TN	
			CD > TN	CD > TN	CD > SN	
			CD > TF	CD > SN	CD > SF	
			CD > SF		CD > TF	

Tableau 18. Résultats des tests statistiques des P10, P50 et P90 de l'activité du TRA gauche selon l'effet posture, l'effet configuration de dispositif de pointage et l'interaction posture X configuration de dispositif de pointage.

NS = non significatif ; A > B indique que la valeur de « A » est plus grande que celle de « B » avec $p < 0,05$. La magnitude d'effet est exprimée à travers les valeurs des d de Cohen où un surlignage mauve, rouge, jaune et vert indique respectivement $d \leq 0,2$, $0,2 < d \leq 0,5$, $0,5 < d \leq 0,8$ et $d > 0,8$. O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central.

3.3. Variation des sollicitations musculaires

3.3.1. *Rectus femoris droit*

3.3.1.1. Effet de la posture

Un effet posture a été observé. Toutes configurations du dispositif de pointage confondues, CV était plus élevé pour C par rapport à O, S et B (+++), pour B par rapport à O (++) et S (+) et pour S par rapport à O (+).

3.3.1.2. Effet de la configuration du dispositif de pointage

Aucun effet significatif n'a été observé.

3.3.2. *Rectus femoris gauche*

3.3.2.1. Effet de la posture

Un effet posture a été observé. Toutes configurations du dispositif de pointage confondues, CV était plus élevé pour C par rapport à O, S et B (+++) et pour B par rapport à O et S (++).

3.3.2.2. Effet de la configuration du dispositif de pointage

Aucun effet significatif n'a été observé.

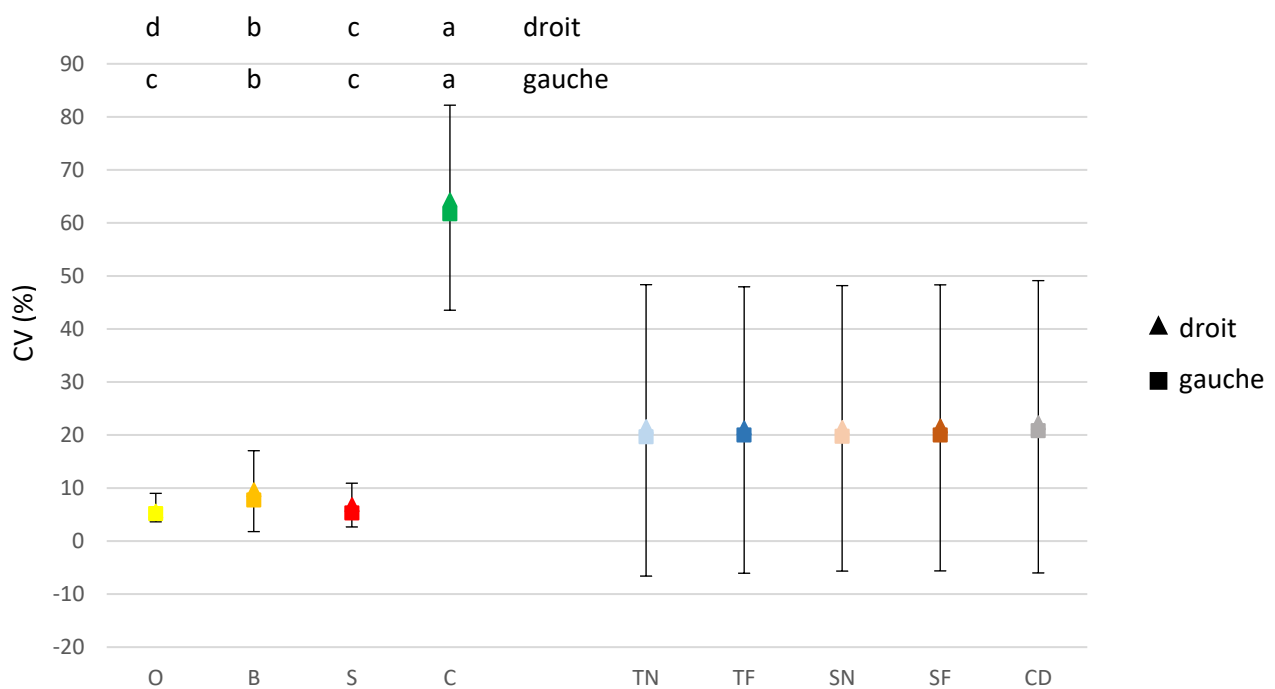


Figure 26. Moyenne et écart-type du CV de l'activité des RF droit et gauche pour chaque posture et chaque configuration de dispositif de pointage.

O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central. En cas d'effet principal ($p < 0,05$), une même lettre au-dessus des points indique des groupes sans différences significatives pour RF droit et gauche séparément.

Droit	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p = \text{NS}$
	C > O C > S C > B B > O B > S S > O	
Droit	Effet configuration du dispositif de pointage $p = \text{NS}$	Interaction $p = \text{NS}$
Gauche	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p = \text{NS}$
	C > O C > S C > B B > O B > S	
Gauche	Effet configuration du dispositif de pointage $p = \text{NS}$	Interaction $p = \text{NS}$

Tableau 19. Résultats des tests statistiques des CV de l'activité des RF droit et gauche selon l'effet posture, l'effet configuration de dispositif de pointage et l'interaction posture X configuration de dispositif de pointage.

NS = non significatif ; $A > B$ indique que la valeur de « A » est plus grande que celle de « B » avec $p < 0,05$. La magnitude d'effet est exprimée à travers les valeurs des d de Cohen où un surlignage mauve, rouge, jaune et vert indique respectivement $d \leq 0,2$, $0,2 < d \leq 0,5$, $0,5 < d \leq 0,8$ et $d > 0,8$. O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central.

3.3.3. Erector spinae droit

3.3.3.1. Effet de la posture

Un effet posture et une interaction posture-configuration du dispositif de pointage ont été observés. Toutes configurations du dispositif de pointage confondues, CV était plus élevé pour S par rapport à B (+++), C (++) et O (+), pour C par rapport à B (++), ainsi que pour O par rapport à B (+). L'interaction n'a pas apporté d'informations additionnelles majeures par rapport à l'effet principal posture.

3.3.3.2. Effet de la configuration du dispositif de pointage

Un effet configuration du dispositif de pointage et une interaction posture-configuration du dispositif de pointage ont été observés. Toutes postures confondues, CV était plus élevé pour CD par rapport à TN ($\approx$). Au niveau de l'interaction, des différences entre configurations du dispositif de pointage ont été observées uniquement pour O, dans laquelle CV était plus élevé pour CD par rapport à TN ($\approx$).

3.3.4. Erector spinae gauche

3.3.4.1. Effet de la posture

Aucun effet significatif n'a été observé.

3.3.4.2. Effet de la configuration du dispositif de pointage

Aucun effet significatif n'a été observé.

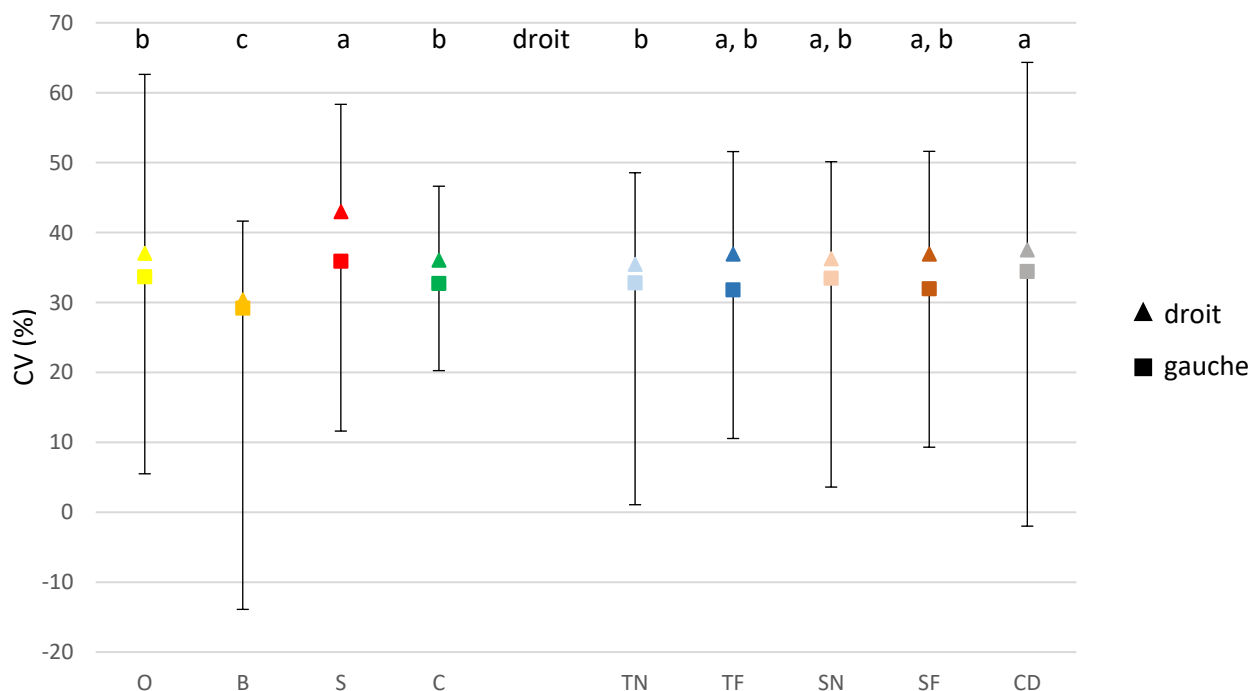


Figure 27. Moyenne et écart-type du CV de l'activité des ES droit et gauche pour chaque posture et chaque configuration de dispositif de pointage.

O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central. En cas d'effet principal ($p < 0,05$), une même lettre au-dessus des points indique des groupes sans différences significatives pour ES droit et gauche séparément.

Droit	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p = 0,044$				
		TN	TF	SN	SF	CD
	S > B	S > B	S > B	S > B	S > B	S > B
	S > C	C > B	S > C	S > C	S > C	S > C
	C > B	O > B	S > O	O > B	S > O	C > B
	O > B	S > O	O > B	O > B	O > B	O > B
	S > O		C > B	S > O	C > B	
Droit	Effet configuration du dispositif de pointage $p = 0,003$	Interaction $p = 0,044$				
		O	B	S	C	
	CD > TN	CD > TN				
Gauche	Effet posture $p = NS$	Interaction $p = NS$				
Gauche	Effet configuration du dispositif de pointage $p = NS$	Interaction $p = NS$				

Tableau 20. Résultats des tests statistiques des CV de l'activité des ES droit et gauche selon l'effet posture, l'effet configuration de dispositif de pointage et l'interaction posture X configuration de dispositif de pointage.

NS = non significatif ; $A > B$ indique que la valeur de « A » est plus grande que celle de « B » avec $p < 0,05$. La magnitude d'effet est exprimée à travers les valeurs des d de Cohen où un surlignage mauve, rouge, jaune et vert indique respectivement $d \leq 0,2$, $0,2 < d \leq 0,5$, $0,5 < d \leq 0,8$ et $d > 0,8$. O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central.

3.3.5. *Flexor digitorum superficialis droit*

3.3.5.1. Effet de la posture

Aucun effet significatif n'a été observé.

3.3.5.2. Effet de la configuration du dispositif de pointage

Aucun effet significatif n'a été observé.

3.3.6. *Flexor digitorum superficialis gauche*

3.3.6.1. Effet de la posture

Un effet posture et une interaction posture-configuration du dispositif de pointage ont été observés. Toutes configurations du dispositif de pointage confondues, CV était plus élevé pour C par rapport à O, S (+) et B ($\approx$) et pour B par rapport à O ($\approx$). Au niveau de l'interaction, des différences entre postures ont été observées uniquement pour SF, dans laquelle CV était plus élevé pour C par rapport à O (++).

3.3.6.2. Effet de la configuration du dispositif de pointage

Un effet configuration du dispositif de pointage et une interaction posture-configuration du dispositif de pointage ont été observés. Toutes postures confondues, CV était plus élevé pour CD par rapport à TF, TN, SF (++) et SN (++). L'interaction n'a pas apporté d'informations additionnelles majeures par rapport à l'effet principal configuration du dispositif de pointage.

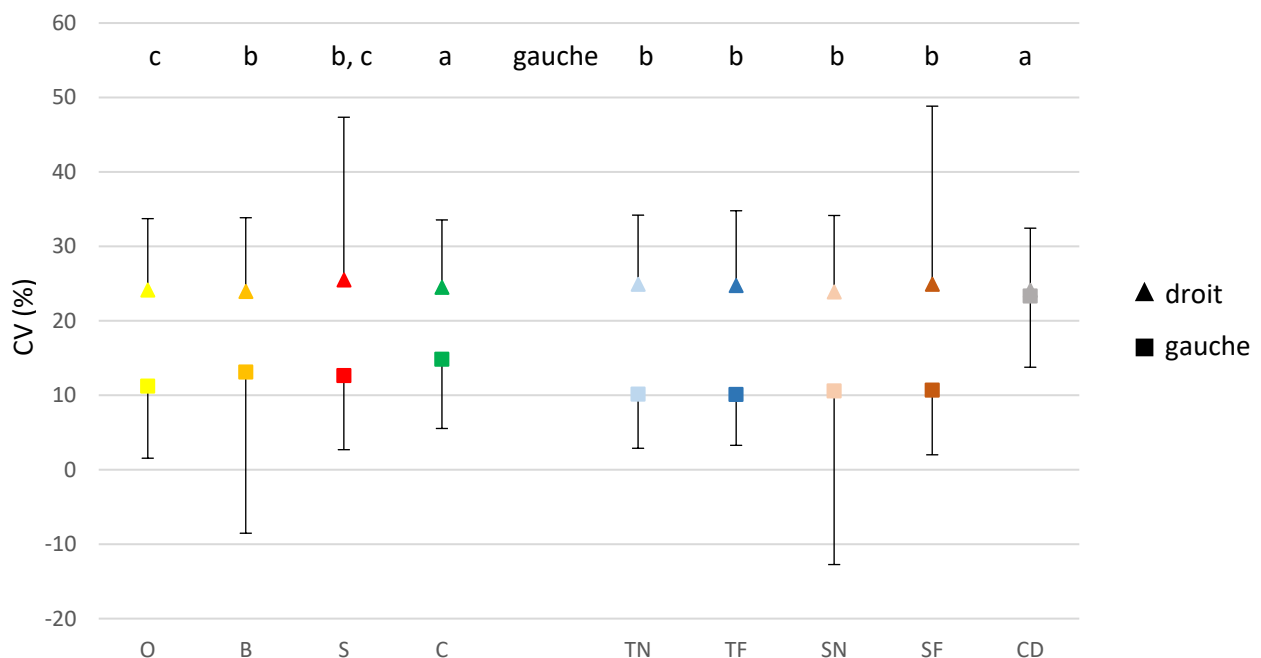


Figure 28. Moyenne et écart-type du CV de l'activité des FDS droit et gauche pour chaque posture et chaque configuration de dispositif de pointage.

O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central. En cas d'effet principal ($p < 0,05$), une même lettre au-dessus des points indique des groupes sans différences significatives pour FDS droit et gauche séparément.

Droit	Effet posture p = NS	Interaction p = NS
Droit	Effet configuration du dispositif de pointage p = NS	Interaction p = NS

Gauche	Effet posture p = 0,003	Interaction p = 0,003				
		TN	TF	SN	SF	CD
	C > O				C > O	
	C > S					
	B > O					
	C > B					
Gauche	Effet configuration du dispositif de pointage p < 0,001	Interaction p = 0,003				
		O	B	S	C	
	CD > TF	CD > SF	CD > TN	CD > SN	CD > SN	
	CD > TN	CD > TF	CD > TF	CD > TN	CD > TF	
	CD > SF	CD > TN	CD > SF	CD > TF	CD > TN	
	CD > SN	CD > SN	CD > SN	CD > SF	CD > SF	

Tableau 21. Résultats des tests statistiques des CV de l'activité des FDS droit et gauche selon l'effet posture, l'effet configuration de dispositif de pointage et l'interaction posture X configuration de dispositif de pointage.

NS = non significatif ; A > B indique que la valeur de « A » est plus grande que celle de « B » avec $p < 0,05$. La magnitude d'effet est exprimée à travers les valeurs des d de Cohen où un surlignage mauve, rouge, jaune et vert indique respectivement $d \leq 0,2$, $0,2 < d \leq 0,5$, $0,5 < d \leq 0,8$ et $d > 0,8$. O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central.

3.3.7. Extensor carpi radialis droit

3.3.7.1. Effet de la posture

Un effet posture a été observé. Toutes configurations du dispositif de pointage confondues, CV était plus élevé pour C par rapport à O ($\approx$).

3.3.7.2. Effet de la configuration du dispositif de pointage

Un effet configuration du dispositif de pointage a été observé. Toutes postures confondues, CV était plus élevé pour CD par rapport à SN et SF (+), pour TF par rapport à SN et SF (+) ainsi que pour TN par rapport à SN (+) et SF ($\approx$).

3.3.8. Extensor carpi radialis gauche

3.3.8.1. Effet de la posture

Un effet posture et une interaction posture-configuration du dispositif de pointage ont été observés. Toutes configurations du dispositif de pointage confondues, CV était plus élevé pour C par rapport à O, S (+) et B ($\approx$), pour B et S par rapport à O (+). Au niveau de l'interaction, certaines de ces différences entre postures ont été observées pour TN, TF, SN et SF.

3.3.8.2. Effet de la configuration du dispositif de pointage

Un effet configuration du dispositif de pointage et une interaction posture-configuration du dispositif de pointage ont été observés. Toutes postures confondues, CV était plus élevé pour CD par rapport à SN, TN, SF et TF (++). L'interaction a mis en évidence ces mêmes différences mais à des magnitudes d'effet plus ou moins importantes selon la posture. Celles-ci étaient les plus élevées pour O et les plus faibles pour B.

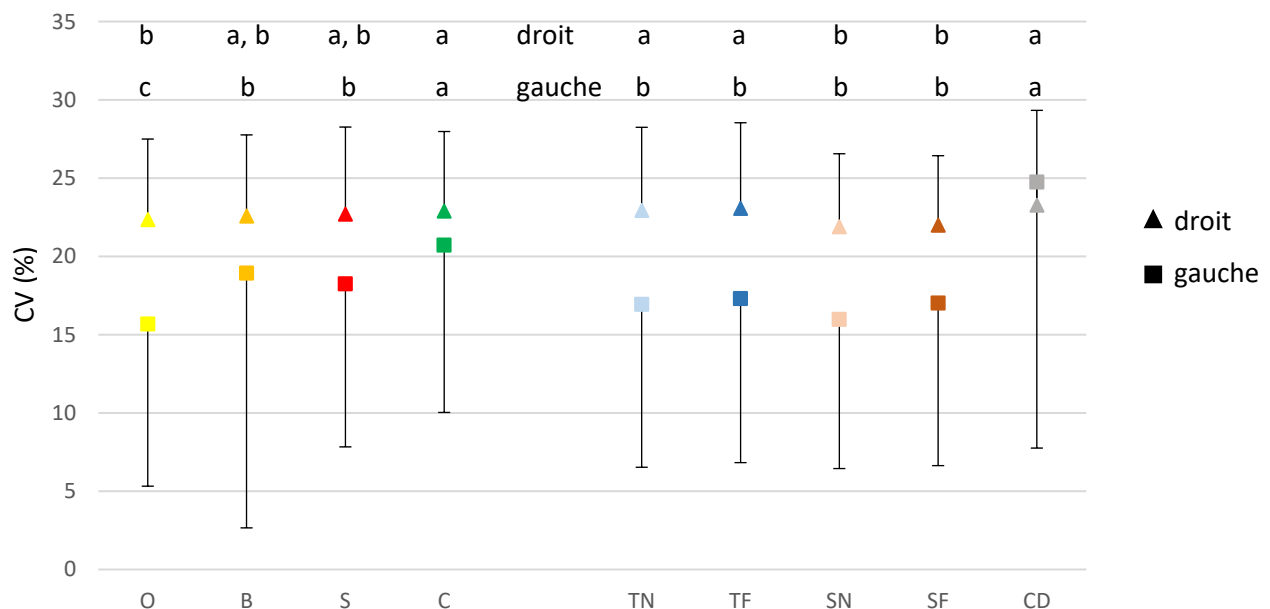


Figure 29. Moyenne et écart-type du CV de l'activité des ECR droit et gauche pour chaque posture et chaque configuration de dispositif de pointage.

O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central. En cas d'effet principal ($p < 0,05$), une même lettre au-dessus des points indique des groupes sans différences significatives pour ECR droit et gauche séparément.

Droit	Effet posture p = 0,039	Interaction p = NS				
	C > O					
Droit	Effet configuration du dispositif de pointage p = 0,001	Interaction p = NS				
	CD > SN					
	CD > SF					
	TF > SN					
	TF > SF					
	TN > SN					
	TN > SF					
Gauche	Effet posture p < 0,001	Interaction p < 0,001				
		TN	TF	SN	SF	CD
	C > O	C > O	B > O	C > O	C > O	
	B > O	C > S	C > O		S > O	
	S > O		S > O		B > O	
	C > S					
	C > B					
Gauche	Effet configuration du dispositif de pointage p < 0,001	Interaction p < 0,001				
		O	B	S	C	
	CD > SN	CD > SF	CD > SN	CD > TN	CD > TF	
	CD > TN	CD > SN	CD > TN	CD > SN	CD > SN	
	CD > SF	CD > TF	CD > SF	CD > TF	CD > SF	
	CD > TF	CD > TN	CD > TF	CD > SF	CD > TN	

Tableau 22. Résultats des tests statistiques des CV de l'activité des ECR droit et gauche selon l'effet posture, l'effet configuration de dispositif de pointage et l'interaction posture X configuration de dispositif de pointage.

NS = non significatif ; A > B indique que la valeur de « A » est plus grande que celle de « B » avec $p < 0,05$. La magnitude d'effet est exprimée à travers les valeurs des d de Cohen où un surlignage mauve, rouge, jaune et vert indique respectivement $d \leq 0,2$, $0,2 < d \leq 0,5$, $0,5 < d \leq 0,8$ et $d > 0,8$. O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central.

3.3.9. Extensor carpi ulnaris droit

3.3.9.1. Effet de la posture

Un effet posture a été observé. Toutes configurations du dispositif de pointage confondues, CV était plus élevé pour C par rapport à B et O ($\approx$).

3.3.9.2. Effet de la configuration du dispositif de pointage

Aucun effet significatif n'a été observé.

3.3.10. Extensor carpi ulnaris gauche

3.3.10.1. Effet de la posture

Un effet posture et une interaction posture-configuration du dispositif de pointage ont été observés. Toutes configurations du dispositif de pointage confondues, CV était plus élevé pour C par rapport à O, S (+) et B ($\approx$), ainsi que pour B par rapport à O ($\approx$). Au niveau de l'interaction, certaines de ces différences ont été observées uniquement pour TN et SN.

3.3.10.2. Effet de la configuration du dispositif de pointage

Un effet configuration du dispositif de pointage et une interaction posture-configuration du dispositif de pointage ont été observés. Toutes postures confondues, CV était plus élevé pour CD par rapport à SN, TN, SF et TF (+++). L'interaction n'a pas apporté d'informations additionnelles majeures par rapport à l'effet principal configuration du dispositif de pointage.

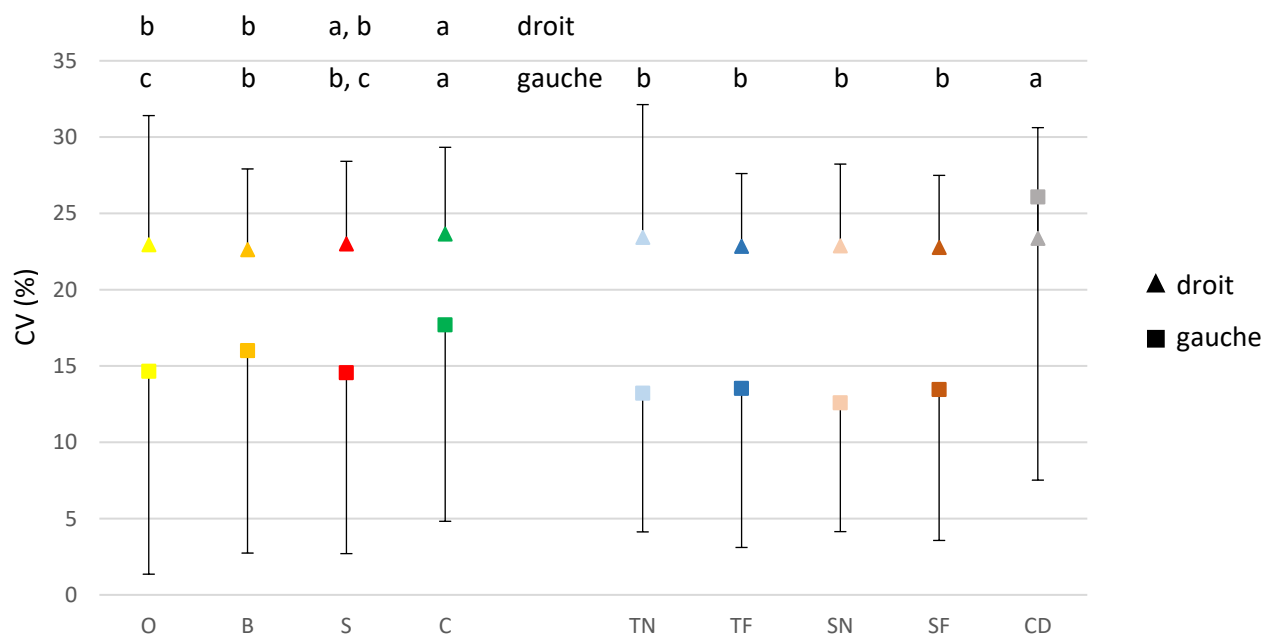


Figure 30. Moyenne et écart-type du CV de l'activité des ECU droit et gauche pour chaque posture et chaque configuration de dispositif de pointage.

O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central. En cas d'effet principal ($p < 0,05$), une même lettre au-dessus des points indique des groupes sans différences significatives pour ECU droit et gauche séparément.

Droit	Effet posture $p = 0,045$	Interaction $p = \text{NS}$				
		TN	TF	SN	SF	CD
	C > B					
	C > O					
Droit	Effet configuration du dispositif de pointage $p = 0,016$	Interaction $p = \text{NS}$				
Gauche	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p = 0,005$				
		TN	TF	SN	SF	CD
	C > O	C > O		C > O		
	C > S	C > S		C > B		
	C > B					
	B > O					
Gauche	Effet configuration du dispositif de pointage $p < 0,001$	Interaction $p = 0,005$				
		O	B	S	C	
	CD > SN	CD > SN	CD > SN	CD > TN	CD > TF	
	CD > TN	CD > TN	CD > TN	CD > TF	CD > SF	
	CD > SF	CD > SF	CD > SF	CD > SN	CD > SN	
	CD > TF	CD > TF	TF > SN	CD > SF	CD > TN	

Tableau 23. Résultats des tests statistiques des CV de l'activité des ECU droit et gauche selon l'effet posture, l'effet configuration de dispositif de pointage et l'interaction posture X configuration de dispositif de pointage.

NS = non significatif ; $A > B$ indique que la valeur de « A » est plus grande que celle de « B » avec $p < 0,05$. La magnitude d'effet est exprimée à travers les valeurs des d de Cohen où un surlignage mauve, rouge, jaune et vert indique respectivement $d \leq 0,2$, $0,2 < d \leq 0,5$, $0,5 < d \leq 0,8$ et $d > 0,8$. O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central.

3.3.11. Biceps brachii droit

3.3.11.1. Effet de la posture

Aucun effet significatif n'a été observé.

3.3.11.2. Effet de la configuration du dispositif de pointage

Un effet configuration du dispositif de pointage a été observé. Toutes postures confondues, CV était plus élevé pour TF par rapport à CD (++), ainsi que pour SN, SF et TN par rapport à CD (+).

3.3.12. Biceps brachii gauche

3.3.12.1. Effet de la posture

Aucun effet significatif n'a été observé.

3.3.12.2. Effet de la configuration du dispositif de pointage

Aucun effet significatif n'a été observé.

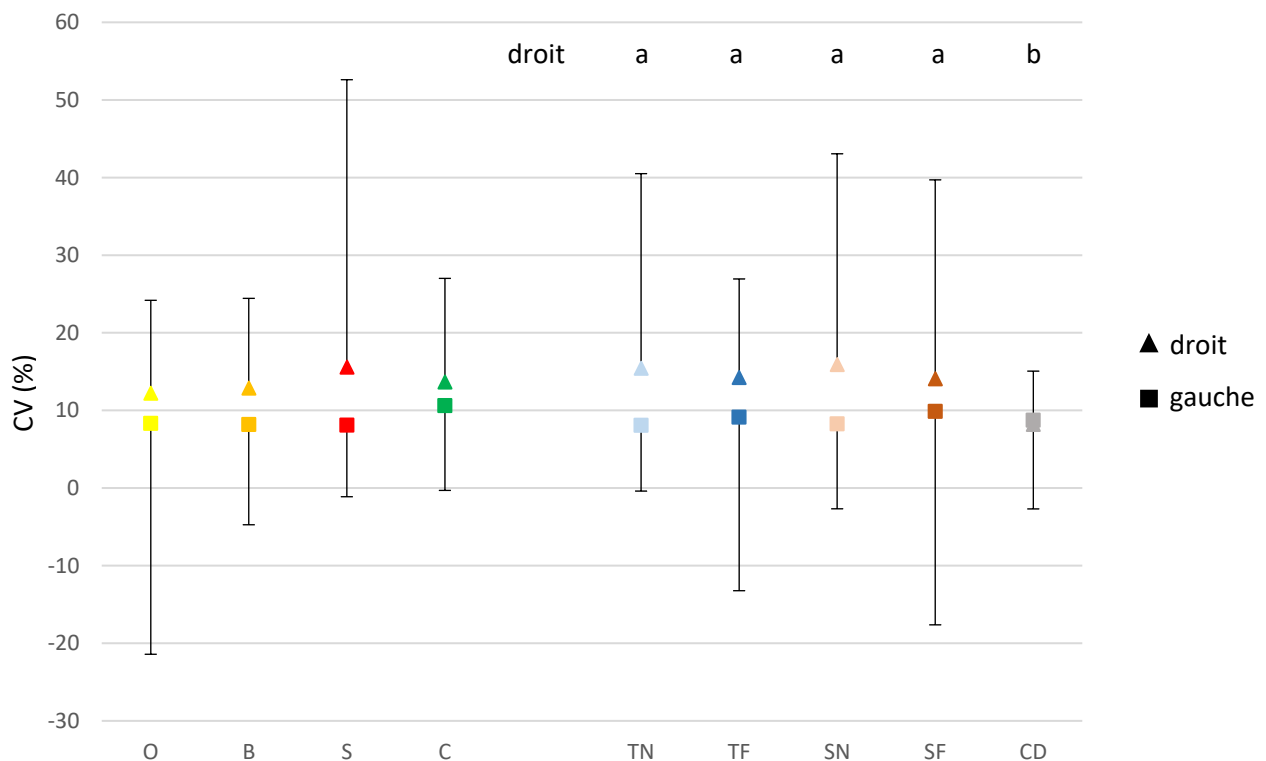


Figure 31. Moyenne et écart-type du CV de l'activité des BB droit et gauche pour chaque posture et chaque configuration de dispositif de pointage.

O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central. En cas d'effet principal ($p < 0,05$), une même lettre au-dessus des points indique des groupes sans différences significatives pour BB droit et gauche séparément.

Droit	Effet posture p = NS	Interaction p = NS
Droit	Effet configuration du dispositif de pointage p = 0,002	Interaction p = NS
	TF > CD	
	SN > CD	
	TN > CD	
	SF > CD	
Gauche	Effet posture p = NS	Interaction p = NS
Gauche	Effet configuration du dispositif de pointage p = NS	Interaction p = NS

Tableau 24. Résultats des tests statistiques des CV de l'activité des BB droit et gauche selon l'effet posture, l'effet configuration de dispositif de pointage et l'interaction posture X configuration de dispositif de pointage.

NS = non significatif ; A > B indique que la valeur de « A » est plus grande que celle de « B » avec $p < 0,05$. La magnitude d'effet est exprimée à travers les valeurs des d de Cohen où un surlignage mauve, rouge, jaune et vert indique respectivement $d \leq 0,2$, $0,2 < d \leq 0,5$, $0,5 < d \leq 0,8$ et $d > 0,8$. O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central.

3.3.13. Triceps brachii droit

3.3.13.1. Effet de la posture

Un effet posture a été observé. Toutes configurations du dispositif de pointage confondues, CV était plus élevé pour C par rapport à S, O (+) et B ($\approx$), ainsi que pour B par rapport à S ($\approx$).

3.3.13.2. Effet de la configuration du dispositif de pointage

Un effet configuration du dispositif de pointage a été observé. Toutes postures confondues, CV était plus élevé pour TN par rapport à CD (+++), SF et TF (+), pour TF par rapport à CD (++), pour SN par rapport à CD (+) et SF ($\approx$), ainsi que pour SF par rapport à CD (+).

3.3.14. Triceps brachii gauche

3.3.14.1. Effet de la posture

Un effet posture et une interaction posture-configuration du dispositif de pointage ont été observés. Toutes configurations du dispositif de pointage confondues, CV était plus élevé pour C par rapport à O, B (++++) et S (+), pour S par rapport à O (+), ainsi que pour B par rapport à O (+). L'interaction n'a pas apporté d'informations additionnelles majeures par rapport à l'effet principal posture.

3.3.14.2. Effet de la configuration du dispositif de pointage

Aucun effet significatif n'a été observé.

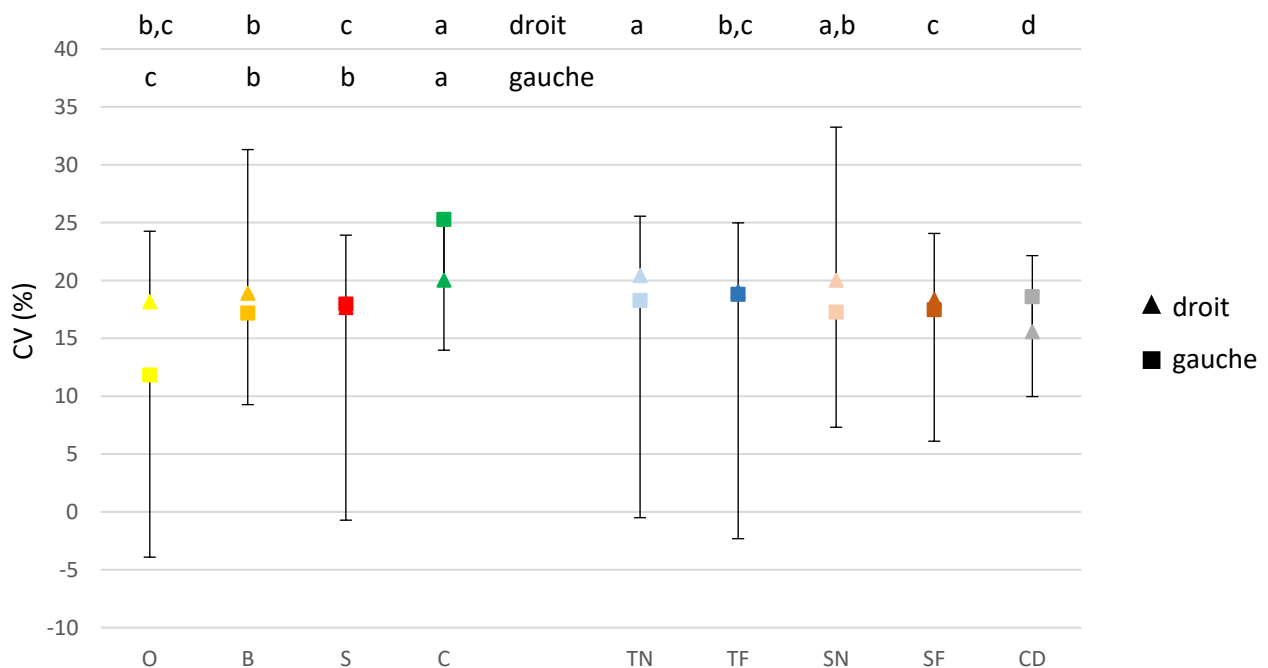


Figure 32. Moyenne et écart-type du CV de l'activité des TB droit et gauche pour chaque posture et chaque configuration de dispositif de pointage.

O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central. En cas d'effet principal ($p < 0,05$), une même lettre au-dessus des points indique des groupes sans différences significatives pour TB droit et gauche séparément.

Droit	Effet posture p = 0,015	Interaction p = NS				
		C > S				
		C > O				
		B > S				
Droit	Effet configuration du dispositif de pointage p < 0,001	Interaction p = NS				
		TN > CD				
		TF > CD				
		SN > CD				
		SF > CD				
		TN > SF				
		TN > TF				
		SN > SF				
Gauche	Effet posture p < 0,001	Interaction p = 0,006				
			TN	TF	SN	SF
		C > O	C > B	C > O	C > O	C > O
		C > B	C > S	B > O	C > S	C > B
		C > S	C > O	C > B	C > B	S > O
		S > O	C > B	S > O	B > O	B > O
		B > O	C > S	S > O	C > S	C > S
Gauche	Effet configuration du dispositif de pointage p = 0,006	Interaction p = 0,006				
			O	B	S	C

Tableau 25. Résultats des tests statistiques des CV de l'activité des TB droit et gauche selon l'effet posture, l'effet configuration de dispositif de pointage et l'interaction posture X configuration de dispositif de pointage.

NS = non significatif ; A > B indique que la valeur de « A » est plus grande que celle de « B » avec $p < 0,05$. La magnitude d'effet est exprimée à travers les valeurs des d de Cohen où un surlignage mauve, rouge, jaune et vert indique respectivement $d \leq 0,2$, $0,2 < d \leq 0,5$, $0,5 < d \leq 0,8$ et $d > 0,8$. O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central.

3.3.15. Trapezius droit

3.3.15.1. Effet de la posture

Un effet posture a été observé. Toutes configurations du dispositif de pointage confondues, CV était plus élevé pour C par rapport à O (++), B (+) et S ($\approx$), pour B par rapport à O (+), ainsi que pour S par rapport à O ($\approx$).

3.3.15.2. Effet de la configuration du dispositif de pointage

Un effet configuration du dispositif de pointage a été observé. Toutes postures confondues, CV était plus élevé pour TF par rapport à CD (+), SN et SF ($\approx$), pour TN par rapport à CD (+) et SN ($\approx$), pour SF par rapport à CD (+), ainsi que pour SN par rapport à CD (+).

3.3.16. Trapezius gauche

3.3.16.1. Effet de la posture

Un effet posture et une interaction posture-configuration du dispositif de pointage ont été observés. Toutes configurations du dispositif de pointage confondues, CV était plus élevé pour C par rapport à B (++), S et O ($\approx$), pour O par rapport à B (+), ainsi que pour S par rapport à B (+). L'interaction n'a pas apporté d'informations additionnelles majeures par rapport à l'effet principal posture.

3.3.16.2. Effet de la configuration du dispositif de pointage

Un effet configuration du dispositif de pointage et une interaction posture-configuration du dispositif de pointage ont été observés. Toutes postures confondues, CV était plus élevé pour SN, TN, SF et TF par rapport à CD (+ et $\approx$). L'interaction a mis en évidence des différences entre configurations du dispositif de pointage uniquement pour O et C. Celles-ci étaient plus nombreuses et avec des magnitudes d'effet plus élevées pour la posture C.

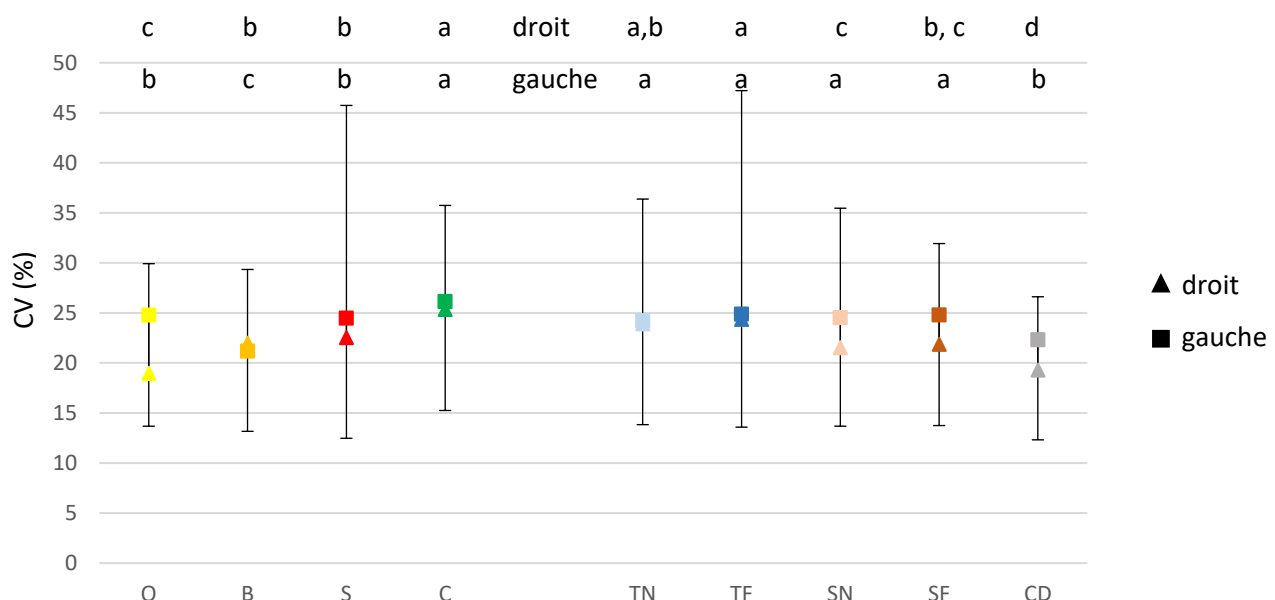


Figure 33. Moyenne et écart-type du CV de l'activité des TRA droit et gauche pour chaque posture et chaque configuration de dispositif de pointage.

O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central. En cas d'effet principal ($p < 0,05$), une même lettre au-dessus des points indique des groupes sans différences significatives pour TRA droit et gauche séparément.

Droit	Effet posture $p < 0,001$		interaction $p = NS$				
	C > O						
	C > B						
	B > O						
	S > O						
	C > S						
Droit	Effet configuration du dispositif de pointage $p < 0,001$		Interaction $p = NS$				
	TF > CD						
	TN > CD						
	SF > CD						
	SN > CD						
	TF > SN						
	TF > SF						
	TN > SN						
Gauche	Effet posture $p < 0,001$		interaction $p < 0,001$				
			TN	TF	SN	SF	CD
	C > B		C > B	C > B	C > B	C > B	O > C
	O > B		C > O	O > B	S > B	S > B	O > B
	S > B		C > S	C > S	O > B	O > B	
	C > S			S > B	C > O		
	C > O						
Gauche	Effet configuration du dispositif de pointage $p = 0,001$		Interaction				
			O	B	S	C	
	TF > CD		TF > TN			TN > CD	
	SF > CD					SF > CD	
	SN > CD					TF > CD	
	TN > CD					SN > CD	

Tableau 26. Résultats des tests statistiques des CV de l'activité des TRA droit et gauche selon l'effet posture, l'effet configuration de dispositif de pointage et l'interaction posture X configuration de dispositif de pointage.

NS = non significatif ; $A > B$ indique que la valeur de « A » est plus grande que celle de « B » avec $p < 0,05$. La magnitude d'effet est exprimée à travers les valeurs des d de Cohen où un surlignage mauve, rouge, jaune et vert indique respectivement $d \leq 0,2$, $0,2 < d \leq 0,5$, $0,5 < d \leq 0,8$ et $d > 0,8$. O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central.

3.4. Angles articulaires

3.4.1. C7-T1 flexion-extension

Quelles que soient la posture et la configuration du dispositif de pointage, les valeurs moyennes de P10, P50 et P90 de l'angle C7-T1 étaient en flexion.

3.4.1.1. Effet de la posture

Un effet posture a été observé ainsi qu'une interaction posture-configuration du dispositif de pointage pour P10, P50 et P90. Toutes configurations de dispositif de pointage confondues, P10, P50 et P90 étaient plus élevés en posture O qu'en posture S, C et B (++ et +++) ainsi que pour B et S par rapport à C ($\approx$). L'interaction n'a pas apporté d'informations additionnelles majeures par rapport à l'effet principal posture : les différences de O par rapport à S, C et B ont été observées pour chaque configuration du dispositif de pointage, avec des magnitudes d'effet plus ou moins importantes.

3.4.1.2. Effet de la configuration du dispositif de pointage

Aucun effet configuration du dispositif de pointage n'a été mis en évidence pour P10, P50 et P90. Seule, une interaction posture-configuration du dispositif de pointage a été observée pour P90 en posture C où la flexion de C7-T1 était plus élevée pour P90 avec l'utilisation de CD par rapport à TF et TN (+).

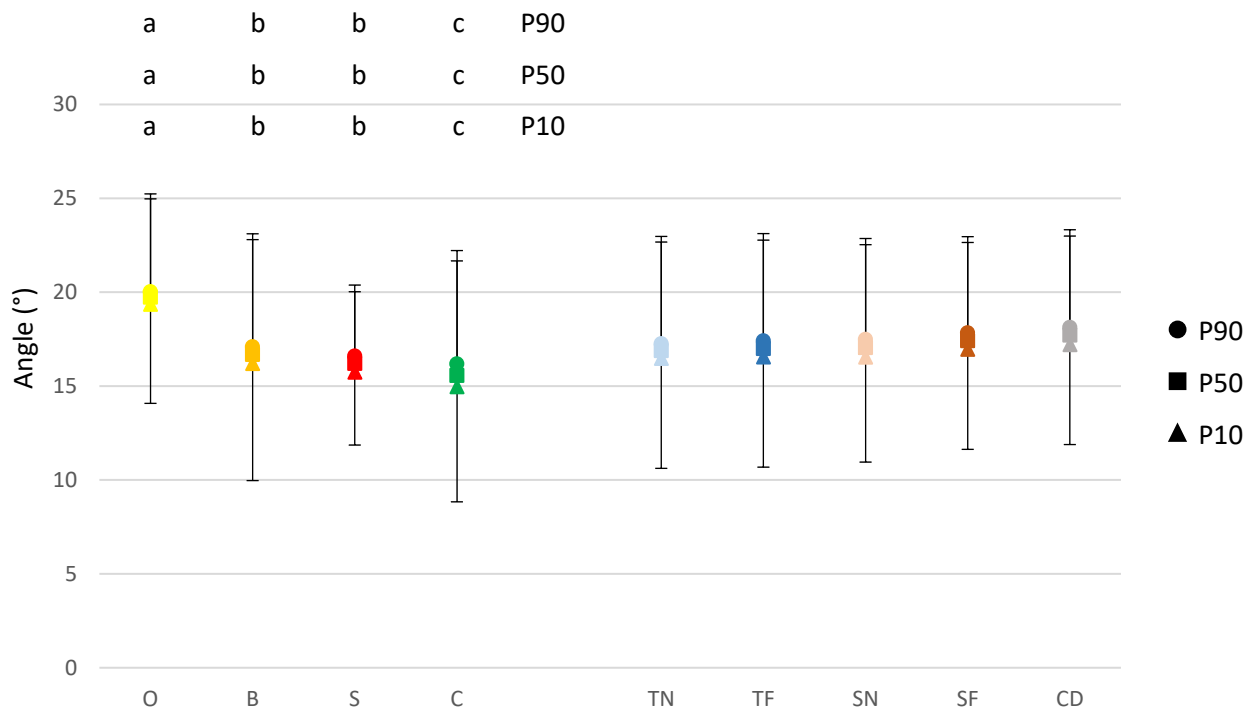


Figure 34. Moyenne et écart-type des P10, P50 et P90 de C7-T1 en flexion (+) pour chaque posture et chaque configuration de dispositif de pointage.

O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central. En cas d'effet principal ($p < 0,05$), une même lettre au-dessus des points indique des groupes sans différences significatives pour P10, P50 et P90 séparément.

P10	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p = 0,040$				
		TN	TF	SN	SF	CD
	O > S	O > C	O > S	O > S	O > S	O > S
	O > C	O > S	O > C	O > C	O > C	O > B
	O > B	O > B	O > B	O > B	O > B	O > C
	B > S			B > S		C > S
	C > S					
P50	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p = 0,022$				
		TN	TF	SN	SF	CD
	O > S	O > S	O > S	O > S	O > S	O > S
	O > C	O > C	O > B	O > C	O > B	O > B
	O > B	O > B	O > C	O > B	O > C	O > C
	C > S			B > S		C > S
	B > S					
P90	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p = 0,003$				
		TN	TF	SN	SF	CD
	O > S	O > S	O > C	O > S	O > S	O > S
	O > B	O > C	O > S	O > B	O > B	O > C
	O > C	O > B	O > C	O > C	O > C	O > B
	C > S			B > S		C > S
	B > S					
P10	Effet configuration du dispositif de pointage $p = NS$	Interaction $p = 0,040$				
		O	B	S	C	
P50	Effet configuration du dispositif de pointage $p = NS$	Interaction $p = 0,022$				
		O	B	S	C	
P90	Effet configuration du dispositif de pointage $p = NS$	Interaction $p = 0,003$				
		O	B	S	C	
					CD > TF	
					CD > TN	

Tableau 27. Résultats des tests statistiques pour la variable P10, P50 et P90 de C7–T1 en flexion selon l'effet posture, l'effet configuration de dispositif de pointage et l'interaction posture X configuration de dispositif de pointage.

A > B indique que la valeur de « A » est plus grande que celle de « B » avec $p < 0,05$. La magnitude d'effet est exprimée à travers les valeurs des d de Cohen où un surlignage mauve, rouge, jaune et vert indique respectivement $d \leq 0,2$, $0,2 < d \leq 0,5$, $0,5 < d \leq 0,8$ et $d > 0,8$. NS = non significatif, O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central.

3.4.2. Poignet droit flexion-extension

Quelles que soient la posture et la configuration du dispositif de pointage, les valeurs moyennes de P10, P50 et P90 du poignet droit se trouvaient en extension.

3.4.2.1. Effet de la posture

Un effet posture et une interaction posture-configuration du dispositif de pointage ont été observés pour P10, P50 et P90. Toutes configurations de dispositif de pointage confondues, P10, P50 et P90 étaient plus élevés pour B par rapport S (++ et +), C (+) et O ($\approx$), pour O par rapport à S (+) ainsi que pour C par rapport à S ($\approx$). Les P10 et P50 de l'extension du poignet étaient aussi plus élevés pour O par rapport à C (+).

Au niveau de l'interaction, des différences entre postures ont été observées pour TF, SF et CD. Avec l'utilisation de TF, P10, P50 et P90 étaient plus élevés pour B par rapport à S (+) et P10 et P50 plus élevés pour O par rapport à S (+) Avec l'utilisation de SF, P10, P50 et P90 étaient plus élevés pour B par rapport à S et C (++) ainsi que pour O par rapport à S (++ et +). Avec l'utilisation de CD, P10, P50 et P90 étaient plus élevés pour B par rapport à S et C (++) ainsi que pour O par rapport à S (++ et +).

3.4.2.2. Effet de la configuration du dispositif de pointage

Un effet configuration du dispositif de pointage et une interaction posture-configuration du dispositif de pointage ont été observés pour P10, P50 et P90. Toutes postures confondues P10, P50 et P90 étaient plus élevés pour CD par rapport à TN (++) , SN (++ et +), TF (+) et SF ($\approx$), pour SF par rapport à TN et SN (+), pour TF par rapport à TN (+) et SN (+ et $\approx$). P10 et P50 étaient plus élevés pour SN par rapport à TN ($\approx$).

Au niveau de l'interaction, des différences entre configuration du dispositif de pointage ont été observées pour toutes les postures. Toutefois, ces différences étaient, pour P10, P50 et P90, les plus nombreuses et avec des magnitudes d'effet les plus élevées pour B. Pour S, seul CD était plus élevé que TN (+).

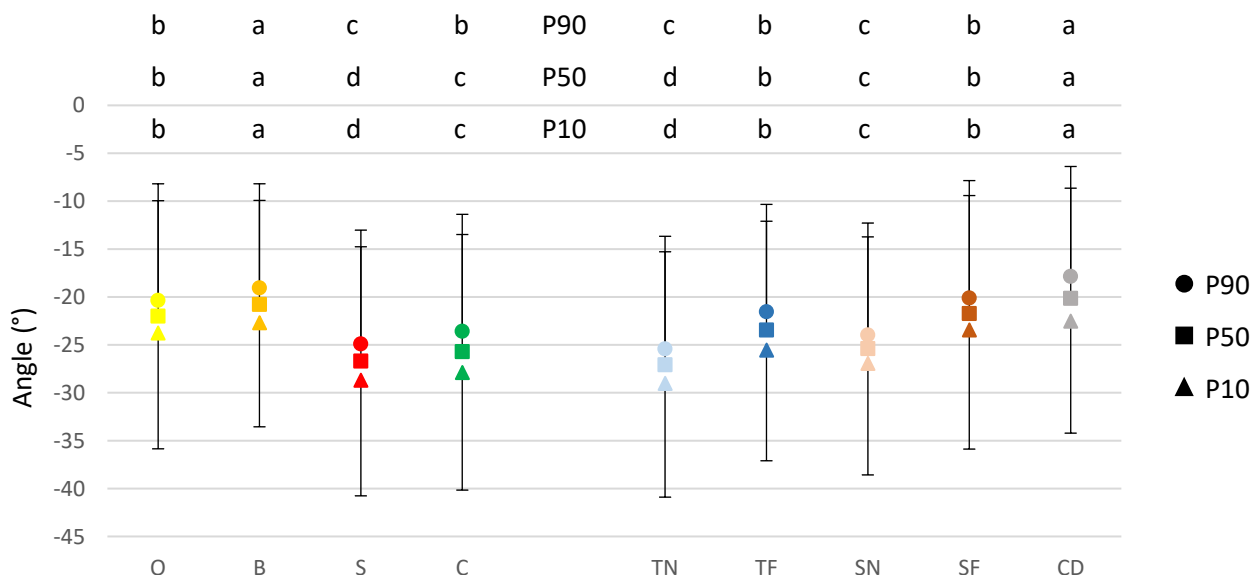


Figure 35. Moyenne et écart-type des P10, P50 et P90 du poignet droit en extension (-) pour chaque posture et chaque configuration de dispositif de pointage.

O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central. En cas d'effet principal ($p < 0,05$), une même lettre au-dessus des points indique des groupes sans différences significatives pour P10, P50 et P90 séparément.

P10	Effet posture p = 0,001	Interaction p < 0,001				
		TN	TF	SN	SF	CD
	B > S		B > S		B > S	B > S
	O > S		O > S		B > C	O > S
	B > O				O > S	C > S
	O > O					
	C > S					
	B > O					
P50	Effet posture p = 0,003	Interaction p < 0,001				
		TN	TF	SN	SF	CD
	B > S		B > S		B > S	B > S
	O > S		O > S		B > C	O > S
	B > O				O > S	C > S
	O > O					
	C > S					
	B > O					
P90	Effet posture p = 0,006	Interaction p < 0,001				
		TN	TF	SN	SF	CD
	B > S		B > S		B > S	B > S
	O > S				B > C	O > S
	B > O				O > S	C > S
	C > S					
	B > O					
P10	Effet configuration du dispositif de pointage p < 0,001	Interaction p < 0,001				
		O	B	S	C	
	CD > TN	CD > TN	CD > TN	CD > TN	CD > TN	
	CD > SN	CD > SN	SF > TN		TF > TN	
	SF > TN	SF > TN	CD > SN		SF > TN	
	TF > TN	SF > SN	SF > SN		CD > SN	
	SF > SN	CD > TF	CD > TF			
	CD > TF	TF > TN	TF > TN			
	TF > SN	TF > SN	TF > SN			
	CD > SF					
	SN > TN					
P50	Effet configuration du dispositif de pointage p < 0,001	Interaction p < 0,001				
		O	B	S	C	
	CD > TN	CD > TN	CD > TN	CD > TN	CD > TN	
	CD > SN	CD > SN	CD > SN		CD > SN	
	SF > TN	SF > TN	SF > TN		TF > TN	
	TF > TN	SF > SN	SF > SN		SF > TN	
	SF > SN	CD > TF	CD > TF		CD > SF	
	CD > TF	TF > TN	TF > TN		CD > TF	
	TF > SN	TF > SN	TF > SN			
	CD > SF					
	SN > TN					
P90	Effet configuration du dispositif de pointage p < 0,001	Interaction p < 0,001				
		O	B	S	C	
	CD > TN	CD > TN	CD > TN	CD > TN	CD > TN	
	CD > SN	CD > SN	CD > SN		CD > SN	
	SF > TN	SF > TN	SF > TN		TF > TN	
	TF > TN	SF > SN	SF > SN		CD > SF	
	SF > SN	CD > TF	TF > TN		SF > TN	
	CD > TF	TF > TN	TF > SN		CD > TF	
	TF > SN	TF > SN	CD > SF			
	CD > SF					
	SN > TN					

Tableau 28. Résultats des tests statistiques pour la variable P10, P50 et P90 du poignet droit en extension selon l'effet posture, l'effet configuration de dispositif de pointage et l'interaction posture X configuration de dispositif de pointage.

A > B indique que la valeur de « A » est plus grande que celle de « B » avec $p < 0,05$. La magnitude d'effet est exprimée à travers les valeurs des d de Cohen où un surlignage mauve, rouge, jaune et vert indique respectivement $d \leq 0,2$, $0,2 < d \leq 0,5$, $0,5 < d \leq 0,8$ et $d > 0,8$. O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central

3.4.3. Poignet gauche flexion-extension

Quelles que soient la posture et la configuration du dispositif de pointage, les valeurs moyennes de P10, P50 et P90 du poignet gauche se trouvaient en extension.

3.4.3.1. Effet de la posture

Un effet posture a été observé pour P10, P50 et P90. Toutes configurations de dispositif de pointage confondues, P10 était plus élevé pour B par rapport S et C (++), pour O par rapport à S (++) et C (+) ainsi que pour C par rapport à S (+). P50 et P90 étaient plus élevés pour B par rapport S (++), C (+) et O (≈), pour O par rapport à S (++) et C (+) ainsi que pour C par rapport à S (+).

3.4.3.2. Effet de la configuration du dispositif de pointage

Un effet configuration du dispositif de pointage a été observé pour P10, P50 et P90, Toutes postures confondues, P10, P50 et P90 étaient plus élevés pour TN, TF, SN et SF par rapport à CD (+++).

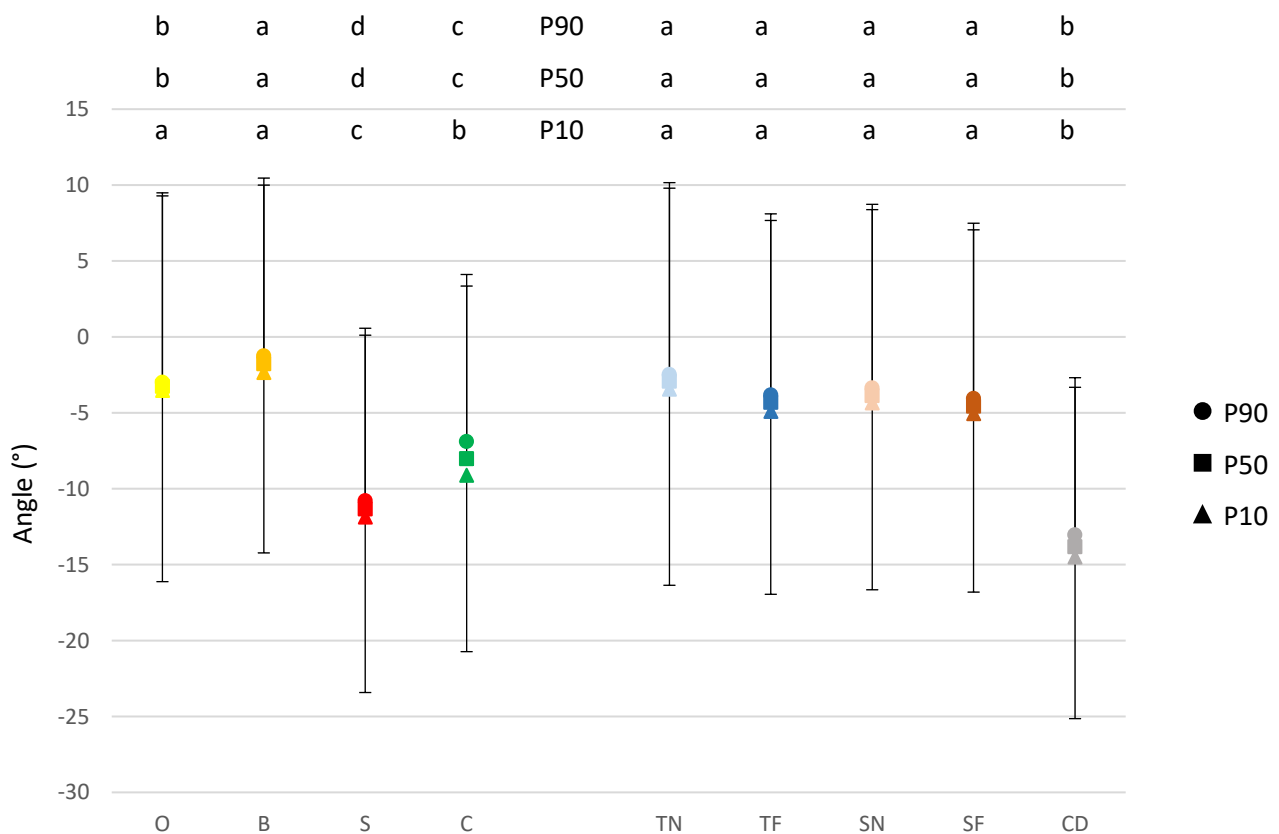


Figure 36. Moyenne et écart-type des P10, P50 et P90 du poignet gauche en extension (-) pour chaque posture et chaque configuration de dispositif de pointage.

O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central. En cas d'effet principal ($p < 0,05$), une même lettre au-dessus des points indique des groupes sans différences significatives pour P10, P50 et P90 séparément.

P10	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p = \text{NS}$
	B > S O > S B > C O > C C > S	
P50	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p = \text{NS}$
	B > S O > S B > C O > C C > S B > O	
P90	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p = \text{NS}$
	B > S O > S B > C O > C C > S B > O	
P10	Effet configuration du dispositif de pointage $p < 0,001$	Interaction $p = \text{NS}$
	TN > CD TF > CD SN > CD SF > CD	
P50	Effet configuration du dispositif de pointage $p < 0,001$	Interaction $p = \text{NS}$
	TN > CD TF > CD SN > CD SF > CD	
P90	Effet configuration du dispositif de pointage $p < 0,001$	Interaction $p = \text{NS}$
	TN > CD TF > CD SN > CD SF > CD	

Tableau 29. Résultats des tests statistiques pour la variable P10, P50 et P90 du poignet gauche en extension selon l'effet posture, l'effet configuration de dispositif de pointage et l'interaction posture X configuration de dispositif de pointage.

A > B indique que la valeur de « A » est plus grande que celle de « B » avec $p < 0,05$. La magnitude d'effet est exprimée à travers les valeurs des d de Cohen où un surlignage mauve, rouge, jaune et vert indique respectivement $d \leq 0,2$, $0,2 < d \leq 0,5$, $0,5 < d \leq 0,8$ et $d > 0,8$. NS = non significatif, O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central.

3.4.4. Poignet droit abduction-adduction

La valeur moyenne de P10 avec le pointeur central, toutes postures confondues, était en adduction. Toutes les autres valeurs moyennes se trouvaient en abduction.

3.4.4.1. Effet de la posture

Un effet posture et une interaction posture-configuration du dispositif de pointage ont été observés pour P10, P50 et P90. Toutes configurations de dispositif de pointage confondues, P10, P50 et P90 étaient plus élevés pour S par rapport O (++), B (++) et C (+), pour C par rapport à O et B (+) ainsi que pour B par rapport à O (≈).

Au niveau de l'interaction, la plupart de ces différences entre postures ont été observées pour chaque configuration du dispositif de pointage.

3.4.4.2. Effet de la configuration du dispositif de pointage

Un effet configuration du dispositif de pointage et une interaction posture-configuration du dispositif de pointage ont été observés pour P10, P50 et P90. Toutes postures confondues, P10 était plus élevé pour SF par rapport à CD (+++), TN, TF (+) et SN (≈), pour SN par rapport à CD (++) et TN (+), pour TF par rapport à CD (++) ainsi que pour TN par rapport à CD (+). P50 était plus élevé pour SF par rapport à CD (++) et TN (+), TF et SN (≈), pour SN par rapport à CD (++) et TN (≈), pour TF par rapport à CD (++) ainsi que pour TN par rapport à CD (+). P90 était plus élevé pour SF par rapport à CD (++) et SN (≈), pour SN par rapport à CD (++) et TF par rapport à CD (++) ainsi que pour TN par rapport à CD (++).

Au niveau de l'interaction, des différences entre configuration du dispositif de pointage ont été observées pour toutes les postures pour P10, P50 et P90. Toutefois, si la plupart des différences étaient observées pour O, B et S, la posture C a induit des valeurs de P10, P50 et P90 plus élevées uniquement lors de l'utilisation de SF par rapport à CD (++).

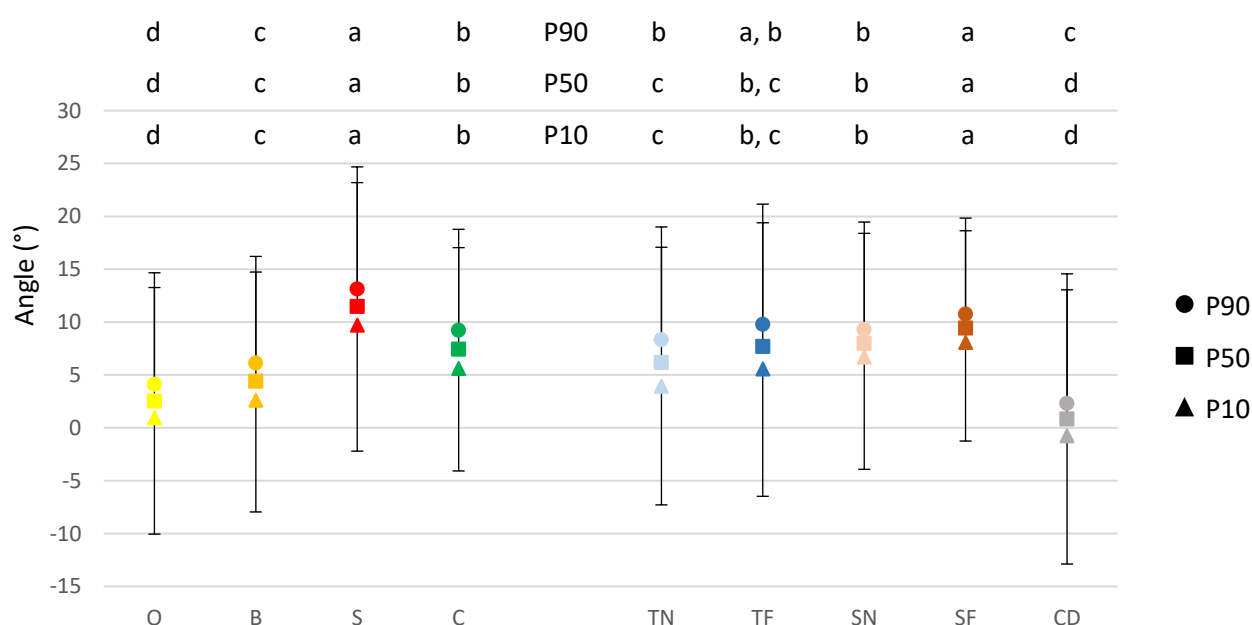


Figure 37. Moyenne et écart-type des P10, P50 et P90 du poignet droit en abduction (+) et adduction (-) pour chaque posture et chaque configuration de dispositif de pointage.

O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central. En cas d'effet principal ($p < 0,05$), une même lettre au-dessus des points indique des groupes sans différences significatives pour P10, P50 et P90 séparément.

P10	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		TN	TF	SN	SF	CD
	S > O	S > O	S > O	S > O	S > O	C > O
	S > B	C > O	S > B	S > B	S > B	S > O
	C > O	S > B	C > O	C > O	C > O	S > B
	C > B	C > B	C > B	C > B	C > B	C > B
	S > C					
	B > O					
P50	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		TN	TF	SN	SF	CD
	S > O	S > O	S > O	S > O	S > O	S > O
	S > B	C > O	S > B	S > B	S > B	C > O
	C > O	S > B	C > O	C > O	C > O	S > B
	C > B	C > B	C > B	C > B	C > B	C > B
	S > C					
	B > O					
P90	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		TN	TF	SN	SF	CD
	S > O	S > O	S > O	S > O	S > O	S > O
	S > B	C > O	S > B	S > B	S > B	C > O
	C > O	S > B	C > O	C > O	C > O	S > B
	C > B	C > B	C > B	C > B	C > B	C > B
	S > C					
	B > O					
P10	Effet configuration du dispositif de pointage $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		O	B	S	C	
	SF > CD	SF > CD	SF > CD	SF > CD	SF > CD	
	SN > CD	SN > CD	SN > CD	SN > CD		
	TF > CD	TF > CD	SF > TN	TF > CD		
	SF > TN	TN > CD	SF > TF	SF > TN		
	TN > CD	SF > TN	TF > CD	SN > TN		
	SF > TF	TN > CD	TN > CD	TN > CD		
	SN > TN			TF > TN		
	SF > SN					
P50	Effet configuration du dispositif de pointage $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		O	B	S	C	
	SF > CD	SF > CD	SF > CD	SF > CD	SF > CD	
	SN > CD	SN > CD	SN > CD	SN > CD		
	TF > CD	TF > CD	TF > CD	TF > CD		
	TN > CD	TN > CD	TN > CD	TN > CD		
	SF > TN	SF > TN	SF > TN	SF > TN		
	SF > TF	SF > TF	SF > TF	SN > TN		
	SF > SN					
	SN > TN					
P90	Effet configuration du dispositif de pointage $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		O	B	S	C	
	SF > CD	SF > CD	SF > CD	TF > CD	SF > CD	
	TF > CD	TF > CD	SN > CD	SF > CD		
	SN > CD	SN > CD	TF > CD	SN > CD		
	TN > CD	TN > CD	TN > CD	TN > CD		
	SF > TN	SF > TN	SF > TN			
	SF > SN	SF > SN	SF > TF			

Tableau 30. Résultats des tests statistiques pour la variable P10, P50 et P90 du poignet droit en abduction-adduction selon l'effet posture, l'effet configuration de dispositif de pointage et l'interaction posture X configuration de dispositif de pointage.

A > B indique que la valeur de « A » est plus grande que celle de « B » avec $p < 0,05$. La magnitude d'effet est exprimée à travers les valeurs des d de Cohen où un surlignage mauve, rouge, jaune et vert indique respectivement $d \leq 0,2$, $0,2 < d \leq 0,5$, $0,5 < d \leq 0,8$ et $d > 0,8$. O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central.

3.4.5. Poignet gauche abduction-adduction

Quelles que soient la posture et la configuration du dispositif de pointage, les valeurs moyennes de P10, P50 et P90 du poignet gauche se trouvaient en abduction.

3.4.5.1. Effet de la posture

Un effet posture et une interaction posture-configuration du dispositif de pointage ont été observés pour P10, P50 et P90. Toutes configurations de dispositif de pointage confondues, P10 et P50 étaient plus élevés pour S par rapport B, O (++) et C (+), pour C par rapport à B et O (+) ainsi que pour O par rapport à B (≈). P90 était plus élevé pour S par rapport B et O (++) , pour C par rapport à B et O (+).

L'interaction n'a pas apporté d'informations additionnelles majeures par rapport à l'effet principal posture.

3.4.5.2. Effet de la configuration du dispositif de pointage

Un effet configuration du dispositif de pointage et une interaction posture-configuration du dispositif de pointage ont été observés pour P10, P50 et P90. Toutes postures confondues, P10, P50 et P90 étaient plus élevés pour CD par rapport à SF, TF, SN et TN (++) et +).

L'interaction n'a pas apporté d'informations additionnelles majeures par rapport à l'effet principal configuration du dispositif de pointage pour B, S et C. La posture O a induit des valeurs de P10, P50 et P90 plus élevées uniquement lors de l'utilisation de CD par rapport à SN (≈).

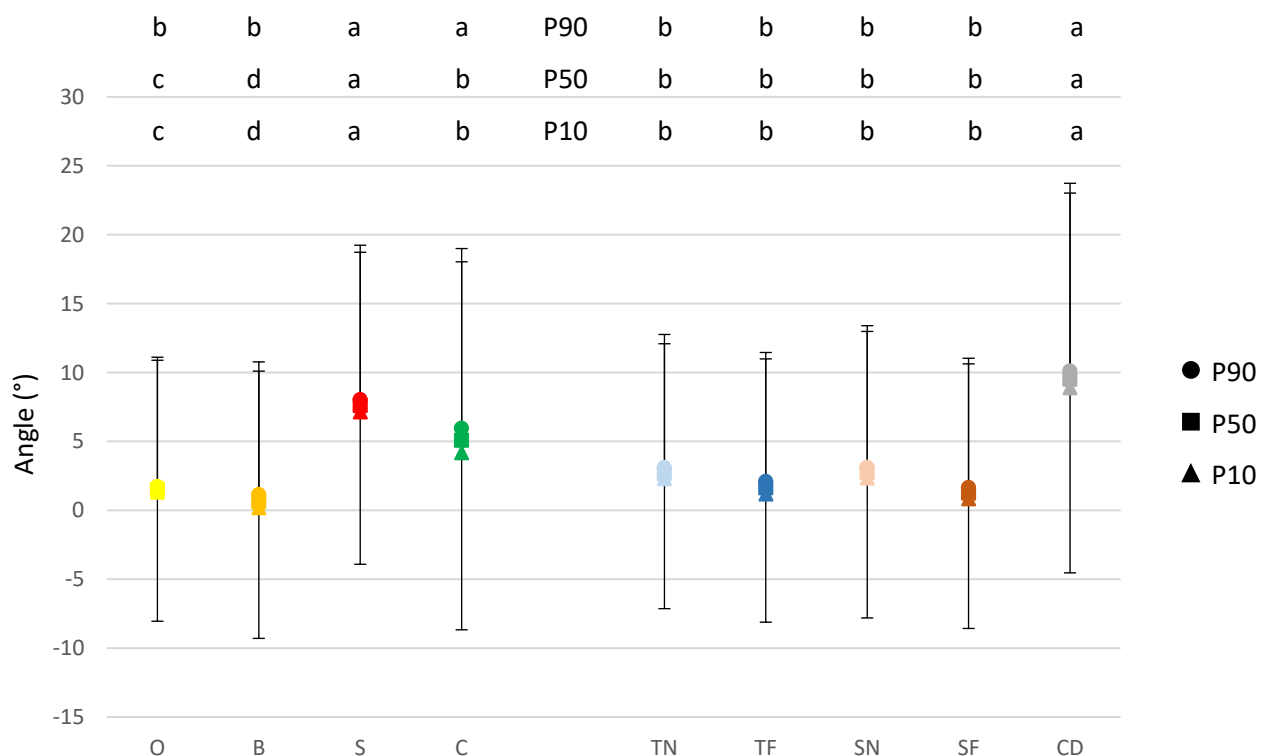


Figure 38. Moyenne et écart-type des P10, P50 et P90 du poignet gauche en abduction (+) et adduction (-) pour chaque posture et chaque configuration de dispositif de pointage.

O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central. En cas d'effet principal ($p < 0,05$), une même lettre au-dessus des points indique des groupes sans différences significatives pour P10, P50 et P90 séparément.

P10	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		TN	TF	SN	SF	CD
	S > B	S > B	S > B	S > B	S > B	S > O
	S > O	S > O	C > B	S > O	C > B	S > B
	C > B	C > B	O > B			C > O
	C > O					
	S > C					
	O > B					
P50	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		TN	TF	SN	SF	CD
	S > B	S > B	S > B	S > B	S > B	S > O
	S > O	S > O	C > B	S > O	C > B	S > B
	C > B	C > B	S > O			C > O
	C > O		O > B			C > B
	S > C					
	O > B					
P90	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		TN	TF	SN	SF	CD
	S > B	S > B	S > B	S > B	S > B	S > O
	S > O	S > O	C > B	S > O	C > B	S > B
	C > B	C > O	S > O			C > O
	C > O	C > B	O > B			C > B
P10	Effet configuration du dispositif de pointage $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		O	B	S	C	
	CD > SF	CD > SN	CD > TF	CD > SF	CD > SF	
	CD > TF		CD > SF	CD > TF	CD > SN	
	CD > SN		CD > SN	CD > TN	CD > TF	
	CD > TN		CD > TN	CD > SN	CD > TN	
				SN > SF		
P50	Effet configuration du dispositif de pointage $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		O	B	S	C	
	CD > SF	CD > SN	CD > TF	CD > SF	CD > SF	
	CD > TF		CD > SF	CD > TF	CD > SN	
	CD > TN		CD > SN	CD > TN	CD > TF	
	CD > SN		CD > TN	CD > SN	CD > TN	
				SN > SF		
P90	Effet configuration du dispositif de pointage $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		O	B	S	C	
	CD > SF	CD > SN	CD > TF	CD > SF	CD > SF	
	CD > TF		CD > SF	CD > TF	CD > SN	
	CD > TN		CD > SN	CD > TN	CD > TF	
	CD > SN		CD > TN	CD > SN	CD > TN	

Tableau 31. Résultats des tests statistiques pour la variable P10, P50 et P90 du poignet gauche en abduction-adduction selon l'effet posture, l'effet configuration de dispositif de pointage et l'interaction posture X configuration de dispositif de pointage.

A > B indique que la valeur de « A » est plus grande que celle de « B » avec $p < 0,05$. La magnitude d'effet est exprimée à travers les valeurs des d de Cohen où un surlignage mauve, rouge, jaune et vert indique respectivement $d \leq 0,2$, $0,2 < d \leq 0,5$, $0,5 < d \leq 0,8$ et $d > 0,8$. O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central.

3.4.6. Avant-bras droit prono-supination

Quelles que soient la posture et la configuration du dispositif de pointage, les valeurs moyennes de P10, P50 et P90 de l'avant-bras droit se trouvaient en pronation.

3.4.6.1. Effet de la posture

Un effet posture et une interaction posture-configuration du dispositif de pointage ont été observés pour P10, P50 et P90. Toutes configurations de dispositif de pointage confondues, P10 était plus élevé pour S par rapport O (++), B et C (+), pour C par rapport à O (+) ainsi que pour B par rapport à O (≈). P50 et P90 étaient plus élevés pour S par rapport O (++), B et C (+), pour C par rapport à O (+) et B (+ et ≈) ainsi que pour B par rapport à O (≈).

L'interaction n'a pas apporté d'informations additionnelles majeures par rapport à l'effet principal posture.

3.4.6.2. Effet de la configuration du dispositif de pointage

Un effet configuration du dispositif de pointage et une interaction posture-configuration du dispositif de pointage ont été observés pour P10, P50 et P90. Toutes postures confondues, P10, P50 et P90 étaient plus élevés pour CD par rapport à SN, TN, SF (++++) et TF (+), pour TF par rapport à SN (++), TN et SF (+), pour SF par rapport à SN (+) et TN (≈) ainsi que pour TN par rapport à SN (+).

L'interaction n'a pas apporté d'informations additionnelles majeures par rapport à l'effet principal configuration du dispositif de pointage.

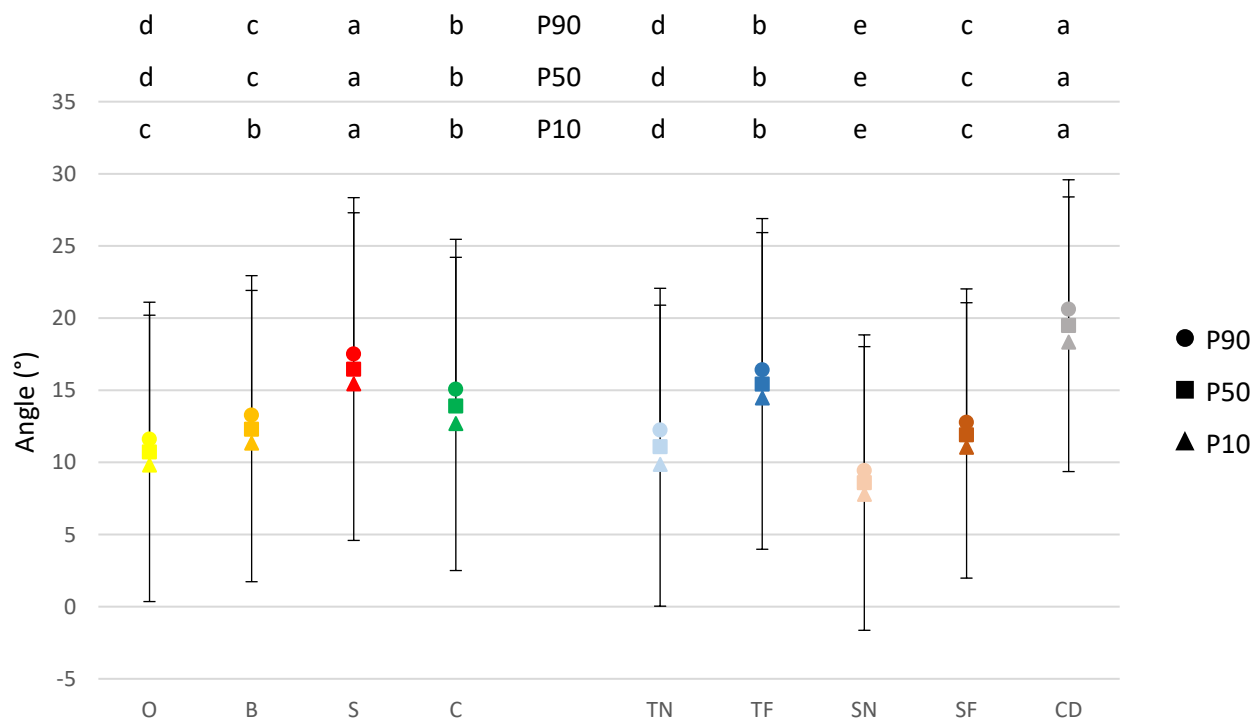


Figure 39. Moyenne et écart-type des P10, P50 et P90 de l'avant-bras droit en pronation (+) et supination (-) pour chaque posture et chaque configuration de dispositif de pointage.

O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central. En cas d'effet principal ($p < 0,05$), une même lettre au-dessus des points indique des groupes sans différences significatives pour P10, P50 et P90 séparément.

P10	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		TN	TF	SN	SF	CD
	S > O S > B S > C C > O B > O	S > O S > B S > C	S > O C > O C > B S > B	S > O S > B S > C C > O B > O	S > O S > B S > C B > O C > O	S > O S > C B > O S > B C > O
P50	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		TN	TF	SN	SF	CD
	S > O S > B S > C C > O B > O C > B	S > O S > B S > C	S > O C > O C > B S > B	S > O S > B S > C C > O B > O	S > O S > B S > C B > O C > O	S > O S > C S > B S > B C > O
P90	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		TN	TF	SN	SF	CD
	S > O S > B C > O S > C C > B B > O	S > O S > B S > C	C > O S > O C > B S > B	S > O S > B S > C C > O B > O	S > O S > B S > C B > O C > O	S > O B > O S > C S > B C > O
P10	Effet configuration du dispositif de pointage $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		O	B	S	C	
	CD > SN CD > TN CD > SF TF > SN TF > TN CD > TF TF > SF SF > SN TN > SN SF > TN	CD > SN CD > TN CD > SF TF > SN CD > TF TF > TN SF > SN TN > SN TF > SF	CD > SN CD > TN CD > SF TF > SN CD > TF TF > TN SF > SN TF > SF SF > TN	CD > SN CD > SF CD > TN TF > SN CD > TF TF > SF TF > TN SF > SN TN > SN	CD > SN CD > TN TF > SN CD > SF TF > SF SF > SN	
P50	Effet configuration du dispositif de pointage $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		O	B	S	C	
	CD > SN CD > TN CD > SF TF > SN TF > TN CD > TF TF > SF SF > SN TN > SN SF > TN	CD > SN CD > TN CD > SF TF > SN CD > TF SF > SN TF > TN TF > SF TN > SN	CD > SN CD > TN CD > SF TF > SN CD > TF TF > TN SF > SN TF > SF SF > TN	CD > SN CD > SF CD > TN TF > SN CD > TF TF > SF TF > TN TN > SN SF > SN	CD > SN CD > TN TF > SN CD > SF TF > SF SF > SN	
P90	Effet configuration du dispositif de pointage $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		O	B	S	C	
	CD > SN CD > TN CD > SF TF > SN TF > TN CD > TF SF > SN TF > TN TF > SF TN > SN SF > TN	CD > SN CD > SF CD > TN TF > SN CD > TF SF > SN TF > TN TF > SF TN > SN	CD > SN CD > TN CD > SF TF > SN CD > TF TF > TN SF > SN TF > SF SF > TN	CD > SN CD > SF CD > TN TF > SN CD > TF TF > SF TF > TN TN > SN SF > SN	CD > SN CD > TN TF > SN CD > SF TF > SF TF > TN SF > SN CD > TF	

Tableau 32. Résultats des tests statistiques pour la variable P10, P50 et P90 de l'avant-bras droit en prono-supination selon l'effet posture, l'effet configuration de dispositif de pointage et l'interaction posture X configuration de dispositif de pointage.

A > B indique que la valeur de « A » est plus grande que celle de « B » avec $p < 0,05$. La magnitude d'effet est exprimée à travers les valeurs des d de Cohen où un surlignage mauve, rouge, jaune et vert indique respectivement $d \leq 0,2$, $0,2 < d \leq 0,5$, $0,5 < d \leq 0,8$ et $d > 0,8$. O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central.

3.4.7. Avant-bras gauche prono-supination

Quelles que soient la posture et la configuration du dispositif de pointage, les valeurs moyennes de P10, P50 et P90 de l'avant-bras gauche se trouvaient en pronation.

3.4.7.1. Effet de la posture

Un effet posture a été observé pour P10, P50 et P90. Toutes configurations de dispositif de pointage confondues, P10 était plus élevé pour S par rapport O, B et C (+) ainsi que pour C par rapport à O ($\approx$). P50 était plus élevé pour S par rapport O, B (+) et C ($\approx$) ainsi que pour C par rapport à O (+) et B ($\approx$). P90 était plus élevé pour S par rapport O, B (+) et C ($\approx$), pour C par rapport à O (+) et B ($\approx$) ainsi que pour B par rapport à O ($\approx$).

3.4.7.2. Effet de la configuration du dispositif de pointage

Un effet configuration du dispositif de pointage a été observé pour P10, P50 et P90. Toutes postures confondues, P10, P50 et P90 étaient plus élevés pour CD par rapport à SF et SN (+), TN (+ et $\approx$) et TF ($\approx$).

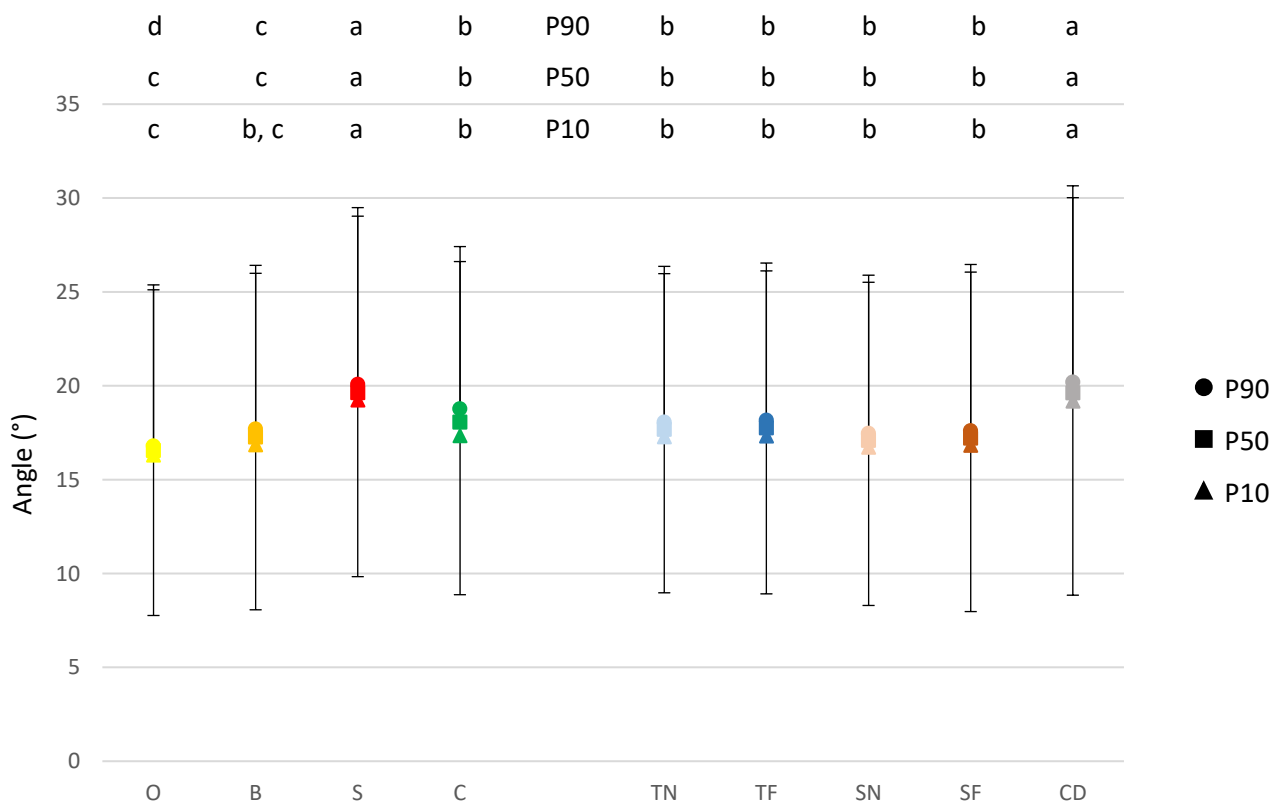


Figure 40. Moyenne et écart-type des P10, P50 et P90 de l'avant-bras gauche en pronation pour chaque posture et chaque configuration de dispositif de pointage.

O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central. En cas d'effet principal ($p < 0,05$), une même lettre au-dessus des points indique des groupes sans différences significatives pour P10, P50 et P90 séparément.

P10	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p = \text{NS}$
	S > O	
	S > B	
	S > C	
	C > O	
P50	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p = \text{NS}$
	S > O	
	S > B	
	C > O	
	S > C	
	C > B	
P90	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p = \text{NS}$
	S > O	
	S > B	
	C > O	
	S > C	
	C > B	
	B > O	

P10	Effet configuration du dispositif de pointage $p < 0,001$	Interaction $p = \text{NS}$
	CD > SF	
	CD > SN	
	CD > TN	
	CD > TF	
P50	Effet configuration du dispositif de pointage $p < 0,001$	Interaction $p = \text{NS}$
	CD > SF	
	CD > SN	
	CD > TN	
	CD > TF	
P90	Effet configuration du dispositif de pointage $p < 0,001$	Interaction $p = \text{NS}$
	CD > SF	
	CD > SN	
	CD > TN	
	CD > TF	

Tableau 33. Résultats des tests statistiques pour la variable P10, P50 et P90 de l'avant-bras gauche en prono-supination selon l'effet posture, l'effet configuration de dispositif de pointage et l'interaction posture X configuration de dispositif de pointage.

A > B indique que la valeur de « A » est plus grande que celle de « B » avec $p < 0,05$. La magnitude d'effet est exprimée à travers les valeurs des d de Cohen où un surlignage mauve, rouge, jaune et vert indique respectivement $d \leq 0,2$, $0,2 < d \leq 0,5$, $0,5 < d \leq 0,8$ et $d > 0,8$. NS = non significatif, O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central.

3.4.8. Coude droit flexion-extension

Quelles que soient la posture et la configuration du dispositif de pointage, les valeurs moyennes de P10, P50 et P90 du coude droit se trouvaient en flexion.

3.4.8.1. Effet de la posture

Un effet posture et une interaction posture-configuration du dispositif de pointage ont été observés pour P10, P50 et P90. Toutes configurations de dispositif de pointage confondues, P10, P50 et P90 étaient plus élevés pour B par rapport S, O (+) et C ($\approx$), pour C par rapport à S (+) ainsi que pour O par rapport à S ($\approx$).

L'interaction a mis en avant que P10, P50 et P90 étaient plus élevés pour B par rapport S (++) uniquement pour TF, SF et CD, pour B par rapport à O (+) uniquement pour TN, TF et SF et par rapport à C (+) uniquement pour TF, pour O par rapport à S (+) uniquement pour TF et CD ainsi que pour C par rapport à O (+) uniquement pour SN.

3.4.8.2. Effet de la configuration du dispositif de pointage

Un effet configuration du dispositif de pointage et une interaction posture-configuration du dispositif de pointage ont été observés pour P10, P50 et P90. Toutes postures confondues, P10, P50 et P90 étaient plus élevés pour TF par rapport à SN, TN (++++) et SF ($\approx$), pour CD par rapport à SN et TN (+++), ainsi que pour SF par rapport à SN (+++) et TN (++)

L'interaction n'a pas apporté d'informations additionnelles majeures par rapport à l'effet principal configuration du dispositif de pointage.

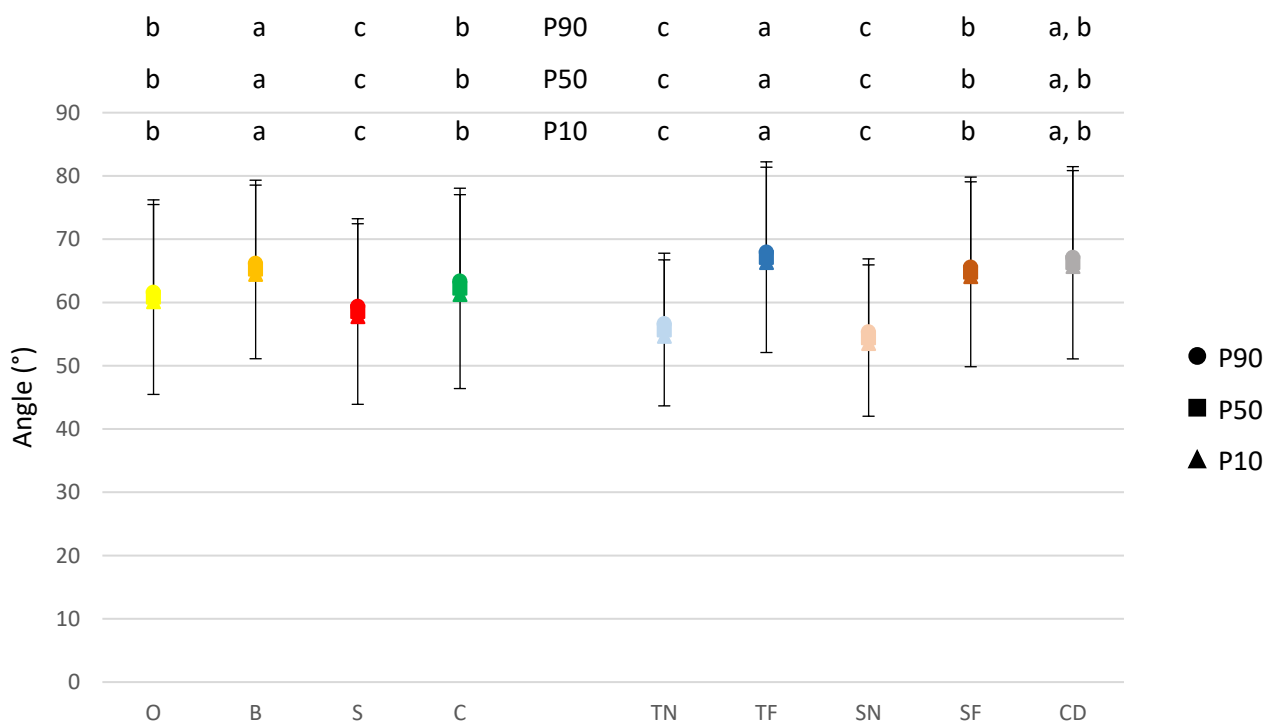


Figure 41. Moyenne et écart-type des P10, P50 et P90 du coude droit en flexion pour chaque posture et chaque configuration de dispositif de pointage.

O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central. En cas d'effet principal ($p < 0,05$), une même lettre au-dessus des points indique des groupes sans différences significatives pour P10, P50 et P90 séparément.

P10	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		TN	TF	SN	SF	CD
	B > S	B > O	B > S	C > O	B > S	B > S
	B > O	B > O	B > O	B > O		O > S
	C > S					
	B > C					
	O > S					
P50	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		TN	TF	SN	SF	CD
	B > S	B > O	B > S	C > O	B > S	B > S
	B > O		B > O	B > O		O > S
	C > S					
	B > C					
	O > S					
P90	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		TN	TF	SN	SF	CD
	B > S	B > O	B > S	C > O	B > S	B > S
	B > O		B > O	B > O		O > S
	C > S					
	B > C					
	O > S					
P10	Effet configuration du dispositif de pointage $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		O	B	S	C	
	TF > SN	CD > SN	TF > SN	TF > SN	CD > TN	
	CD > SN	TF > SN	TF > TN	CD > SN	TF > TN	
	TF > TN	CD > TN	CD > SN	SF > SN	CD > SN	
	CD > TN	TF > TN	SF > SN	TF > TN	SF > TN	
	SF > SN	SF > SN	CD > TN	CD > TN	TF > SN	
	SF > TN	SF > TN	SF > TN	SF > TN	SF > SN	
	TF > SF					
P50	Effet configuration du dispositif de pointage $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		O	B	S	C	
	TF > SN	TF > SN	TF > SN	TF > SN	CD > TN	
	CD > SN	CD > SN	TF > TN	CD > SN	TF > TN	
	TF > TN	CD > TN	CD > SN	SF > SN	CD > SN	
	CD > TN	TF > TN	SF > SN	TF > TN	SF > TN	
	SF > SN	SF > SN	CD > TN	CD > TN	TF > SN	
	SF > TN	SF > TN	SF > TN	SF > TN	SF > SN	
	TF > SF					
P90	Effet configuration du dispositif de pointage $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		O	B	S	C	
	TF > SN	TF > SN	TF > SN	TF > SN	CD > TN	
	CD > SN	CD > SN	TF > TN	CD > SN	CD > SN	
	TF > TN	CD > TN	CD > SN	SF > SN	TF > TN	
	CD > TN	SF > SN	SF > SN	TF > TN	SF > TN	
	SF > SN	CD > TN	CD > TN	CD > TN	TF > SN	
	SF > TN	SF > TN	SF > TN	SF > TN	SF > SN	
	TF > SF					

Tableau 34. Résultats des tests statistiques pour la variable P10, P50 et P90 du coude droit en flexion selon l'effet posture, l'effet configuration de dispositif de pointage et l'interaction posture X configuration de dispositif de pointage.

A > B indique que la valeur de « A » est plus grande que celle de « B » avec $p < 0,05$. La magnitude d'effet est exprimée à travers les valeurs des d de Cohen où un surlignage mauve, rouge, jaune et vert indique respectivement $d \leq 0,2$, $0,2 < d \leq 0,5$, $0,5 < d \leq 0,8$ et $d > 0,8$. O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central.

3.4.9. Coude gauche flexion-extension

Quelles que soient la posture et la configuration du dispositif de pointage, les valeurs moyennes de P10, P50 et P90 du coude gauche se trouvaient en flexion.

3.4.9.1. Effet de la posture

Un effet posture et une interaction posture-configuration du dispositif de pointage ont été observés pour P10, P50 et P90. Toutes configurations de dispositif de pointage confondues, P10 était plus élevé pour B par rapport C, S et O (+), pour O par rapport à C ($\approx$) ainsi que pour S par rapport à C ($\approx$). P50 et P90 étaient plus élevés pour B par rapport C, S et O (+).

L'interaction a mis en avant que P10, P50 et P90 étaient plus élevés pour B par rapport C (+) uniquement pour TN, TF, SN et SF, par rapport à S (++) ou +) uniquement pour TN, SN et CD, par rapport à O (++) ou +) uniquement pour TN, TF et SF et pour S par rapport à C (+) uniquement pour TF. P50 et P90 étaient également plus élevés pour B par rapport à O (+) uniquement pour SN. P90 était plus élevé pour C par rapport à S (++) uniquement pour CD.

3.4.9.2. Effet de la configuration du dispositif de pointage

Un effet configuration du dispositif de pointage et une interaction posture-configuration du dispositif de pointage ont été observés pour P10, P50 et P90. Toutes postures confondues, P10, P50 et P90 étaient plus élevés pour CD par rapport à SF, TF, TN et SN (+++).

L'interaction n'a pas apporté d'informations additionnelles majeures par rapport à l'effet principal configuration du dispositif de pointage.

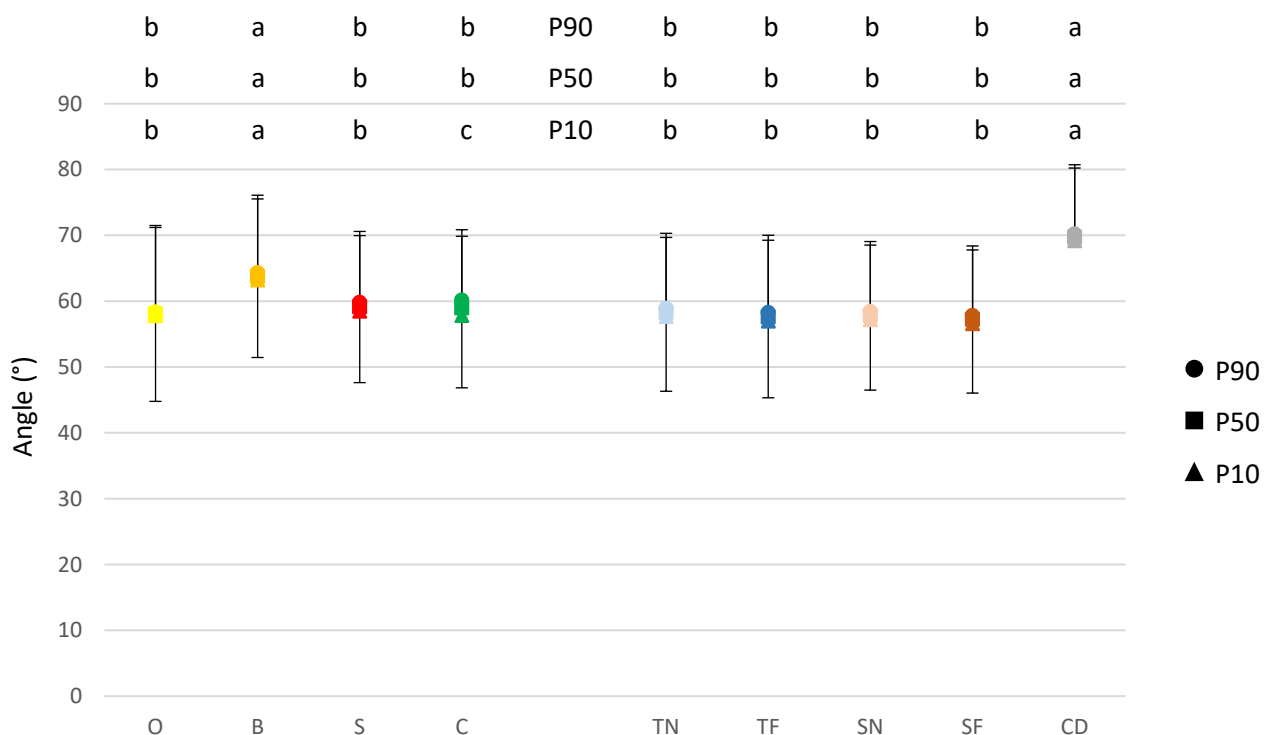


Figure 42. Moyenne et écart-type des P10, P50 et P90 du coude gauche en flexion pour chaque posture et chaque configuration de dispositif de pointage.

O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central. En cas d'effet principal ($p < 0,05$), une même lettre au-dessus des points indique des groupes sans différences significatives pour P10, P50 et P90 séparément.

P10	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		TN	TF	SN	SF	CD
	B > C B > S B > O O > C S > C	B > C B > S B > O	B > C B > O S > C	B > C B > S	B > C B > O	B > S
P50	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		TN	TF	SN	SF	CD
	B > C B > O B > S	B > C B > S B > O	B > C B > O S > C	B > C B > O B > S	B > C B > O	B > S
P90	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		TN	TF	SN	SF	CD
	B > C B > O B > S	B > C B > O B > S	B > C B > O S > C	B > C B > O B > S	B > C B > O	C > S B > S
P10	Effet configuration du dispositif de pointage $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		O	B	S	C	
	CD > SF CD > TF CD > TN CD > SN	CD > SF CD > TF CD > SN CD > TN	CD > SF CD > TF CD > TN CD > SN	CD > SF CD > SN CD > TN CD > TF	CD > TF CD > SF CD > TN CD > SN	
P50	Effet configuration du dispositif de pointage $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		O	B	S	C	
	CD > TF CD > SF CD > SN CD > TN	CD > SF CD > TF CD > SN CD > TN	CD > SF CD > TF CD > TN CD > SN	CD > SN CD > SF CD > TN CD > TF	CD > TF CD > SF CD > TN CD > SN	
P90	Effet configuration du dispositif de pointage $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		O	B	S	C	
	CD > TF CD > SF CD > SN CD > TN	CD > SF CD > TF CD > SN CD > TN	CD > SF CD > SN CD > TN CD > TF	CD > SN CD > TN CD > TF CD > SF	CD > TF CD > SF CD > TN CD > SN	

Tableau 35. Résultats des tests statistiques pour la variable P10, P50 et P90 du coude gauche flexion selon l'effet posture, l'effet configuration de dispositif de pointage et l'interaction posture X configuration de dispositif de pointage.

A > B indique que la valeur de « A » est plus grande que celle de « B » avec $p < 0,05$. La magnitude d'effet est exprimée à travers les valeurs des d de Cohen où un surlignage mauve, rouge, jaune et vert indique respectivement $d \leq 0,2$, $0,2 < d \leq 0,5$, $0,5 < d \leq 0,8$ et $d > 0,8$. O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central.

3.4.10. Epaule droite flexion-extension

Quelles que soient la posture et la configuration du dispositif de pointage, les valeurs moyennes de P10, P50 et P90 de l'épaule droite se trouvaient en flexion.

3.4.10.1. Effet de la posture

Un effet posture et une interaction posture-configuration du dispositif de pointage ont été observés pour P10, P50 et P90. Toutes configurations de dispositif de pointage confondues, P10 étaient plus élevés pour B par rapport S (++), O (+) et C (≈) ainsi que pour C par rapport à O et S (+). P50 et P90 étaient plus élevés pour B et C par rapport S (++) et O (+).

L'interaction a mis en avant que P10, P50 et P90 étaient plus élevés pour B par rapport S (+++ ou ++) t pour TF, SN, SF et CD, par rapport à O (++) ou (+) pour TN, TF et CD, pour C par rapport à S (+++ ou ++) pour TN et TF., par rapport à O (++) ou (+) pour TN et TF.

3.4.10.2. Effet de la configuration du dispositif de pointage

Un effet configuration du dispositif de pointage et une interaction posture-configuration du dispositif de pointage ont été observés pour P10, P50 et P90. Toutes postures confondues, P10, P50 et P90 étaient plus élevés pour SN par rapport à TF (++), SF et CD (+), pour TN par rapport à TF (+) et CD (≈). P10 étaient plus élevés pour SF par rapport à TF (≈). P10 et P50 étaient plus élevés pour SN par rapport à TN (+). P50 et P90 étaient plus élevés pour TN par rapport à SF (≈).

L'interaction a mis en avant que P10, P50 et P90 étaient plus élevés pour SN par rapport à TF (+++ ou ++) pour O et S, pour SN par rapport à TN (++) ou (+), à CD (++) ou (+) et pour SF par rapport à TF (+) pour O, pour TN par rapport à TF (++) pour S et C, pour SN par rapport à SF (++) pour S ainsi que pour TN par rapport à CD (++) et à SF (++) uniquement pour C. P10 et P50 sont aussi plus élevés pour CD par rapport à TF (+) pour O. P90 était aussi plus élevé pour SN par rapport à CD (+) pour S.

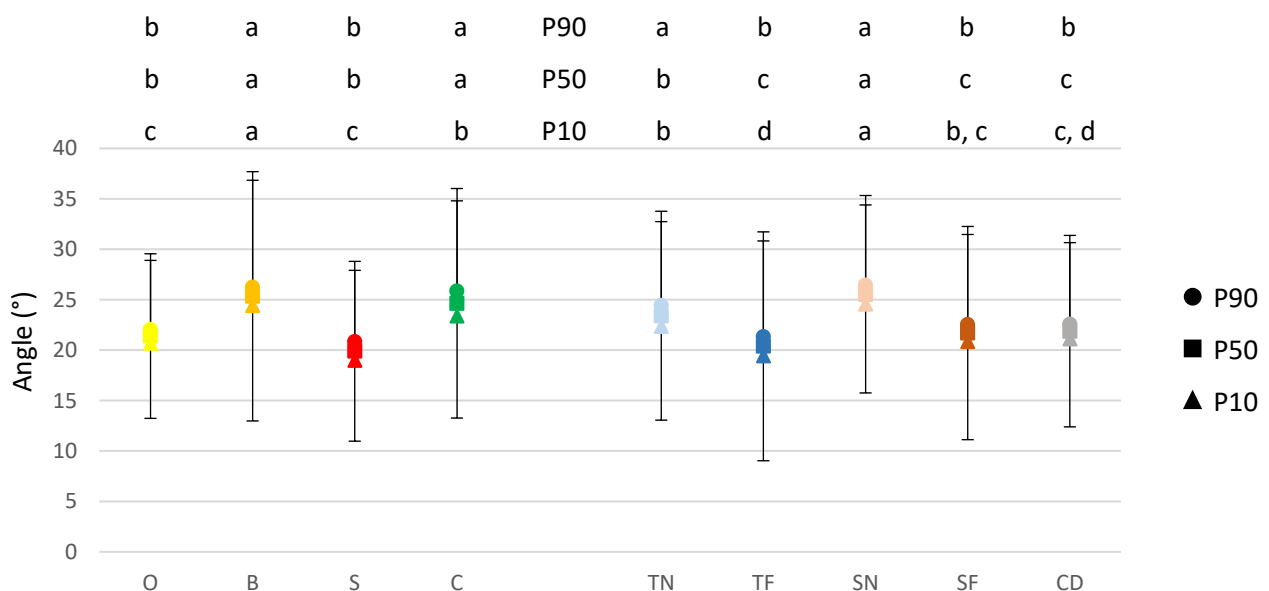


Figure 43. Moyenne et écart-type des P10, P50 et P90 de l'épaule droite en flexion pour chaque posture et chaque configuration de dispositif de pointage.

O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central. En cas d'effet principal ($p < 0,05$), une même lettre au-dessus des points indique des groupes sans différences significatives pour P10, P50 et P90 séparément.

P10	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		TN	TF	SN	SF	CD
	B > S	C > S	B > S	B > S	B > S	B > S
	C > S	C > O	C > S			B > O
	B > O	B > O	B > O			
	C > O		C > O			
	B > C					
P50	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		TN	TF	SN	SF	CD
	B > S	C > S	B > S	B > S	B > S	B > S
	C > S	C > O	C > S			B > O
	B > O	B > O	B > O			
	C > O		C > O			
P90	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		TN	TF	SN	SF	CD
	B > S	C > S	B > S	B > S	B > S	B > S
	C > S	C > O	C > S			B > O
	B > O	B > O	B > O			
	C > O		C > O			
P10	Effet configuration du dispositif de pointage $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		O	B	S	C	
	SN > TF	SN > TF		SN > TF	TN > CD	
	SN > CD	SN > TN		TN > TF	TN > SF	
	SN > SF	SF > TF		SN > SF	TN > TF	
	TN > TF	SN > CD				
	SN > TN	CD > TF				
	TN > CD					
	SF > TF					
P50	Effet configuration du dispositif de pointage $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		O	B	S	C	
	SN > TF	SN > TF		SN > TF	TN > CD	
	SN > CD	SN > TN		TN > TF	TN > SF	
	SN > SF	SF > TF		SN > SF	TN > TF	
	TN > TF	SN > CD				
	SN > TN	CD > TF				
	TN > CD					
	TN > SF					
P90	Effet configuration du dispositif de pointage $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		O	B	S	C	
	SN > TF	SN > TF		SN > TF	TN > CD	
	SN > CD	SN > TN		TN > TF	TN > SF	
	TN > TF	SN > TN		SN > SF	TN > TF	
	SN > SF	SF > TF				
	TN > CD					
	TN > SF					

Tableau 36. Résultats des tests statistiques pour la variable P10, P50 et P90 de l'épaule droite en flexion selon l'effet posture, l'effet configuration de dispositif de pointage et l'interaction posture X configuration de dispositif de pointage.

A > B indique que la valeur de « A » est plus grande que celle de « B » avec $p < 0,05$. La magnitude d'effet est exprimée à travers les valeurs des d de Cohen où un surlignage mauve, rouge, jaune et vert indique respectivement $d \leq 0,2$, $0,2 < d \leq 0,5$, $0,5 < d \leq 0,8$ et $d > 0,8$. O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central.

3.4.11. Epaule gauche flexion-extension

Quelles que soient la posture et la configuration du dispositif de pointage, les valeurs moyennes de P10, P50 et P90 de l'épaule gauche se trouvaient en flexion.

3.4.11.1. Effet de la posture

Un effet posture et une interaction posture-configuration du dispositif de pointage ont été observés pour P10, P50 et P90. Toutes configurations de dispositif de pointage confondues, P10 était plus élevé pour B par rapport à S (+++), O (+) et C ($\approx$), pour C par rapport à S (+++) et O (+), ainsi que pour O par rapport à S (+). P50 et P90 étaient plus élevés pour B par rapport à S (+++) et O (++), pour C par rapport à S (+++) et O (++), ainsi que pour O par rapport à S (+).

L'interaction n'a pas apporté d'informations additionnelles majeures par rapport à l'effet principal configuration du dispositif de pointage, si ce n'est que la magnitude des effets était plus faible pour CD.

3.4.11.2. Effet de la configuration du dispositif de pointage

Un effet configuration du dispositif de pointage et une interaction posture-configuration du dispositif de pointage ont été observés pour P10, P50 et P90. Toutes postures confondues, P10, P50 et P90 étaient plus élevés pour TF par rapport à CD (+++) et SN ($\approx$), pour SF par rapport à CD (+++) et SN ($\approx$), pour TN par rapport à CD (+++) ainsi que pour SN par rapport à CD (+++).

L'interaction montre pour chacune des 4 postures, P10, P50 et P90 plus élevés pour SF, TF, SN et TN par rapport à CD (+++).

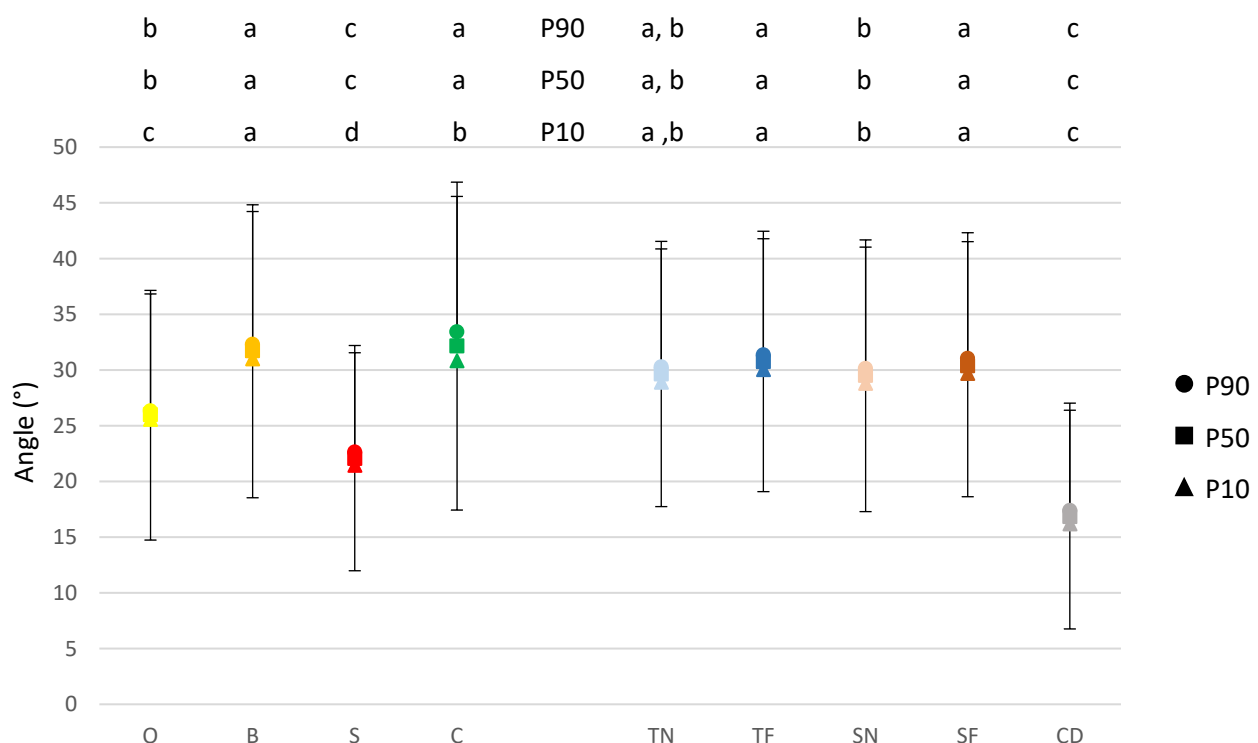


Figure 44. Moyenne et écart-type des P10, P50 et P90 de l'épaule gauche en flexion pour chaque posture et chaque configuration de dispositif de pointage.

O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central. En cas d'effet principal ($p < 0,05$), une même lettre au-dessus des points indique des groupes sans différences significatives pour P10, P50 et P90 séparément.

P10	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		TN	TF	SN	SF	CD
		B > S	B > S	B > S	B > S	B > S
		C > S	C > S	C > S	C > S	B > O
		B > O	C > O	O > S	B > O	
		C > O	B > O	B > O	C > O	
		O > S	O > S		O > S	
P50	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		TN	TF	SN	SF	CD
		B > S	C > S	B > S	B > S	C > S
		C > S	B > S	C > S	C > S	B > S
		C > O	C > O	O > S	C > O	B > O
		B > O	B > O	B > O	B > O	
		O > S	O > S	C > O	O > S	
P90	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		TN	TF	SN	SF	CD
		B > S	C > S	B > S	B > S	C > S
		C > S	B > S	C > S	C > S	B > S
		B > O	C > O	B > O	C > O	B > O
		C > O	B > O	C > O	B > O	C > O
		O > S	O > S	O > S	O > S	
P10	Effet configuration du dispositif de pointage $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		O	B	S	C	
		TF > CD	SF > CD	SF > CD	TF > CD	
		SF > CD	TF > CD	TF > CD	SF > CD	
		TN > CD	TN > CD	TN > CD	TN > CD	
		SN > CD	SN > CD	SN > CD	SN > CD	
		TF > SN				
P50	Effet configuration du dispositif de pointage $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		O	B	S	C	
		TF > CD	SF > CD	SF > CD	TF > CD	
		SF > CD	TF > CD	TN > CD	SF > CD	
		TN > CD	TN > CD	TF > CD	TN > CD	
		SN > CD	SN > CD	SN > CD	SN > CD	
		TF > SN				
P90	Effet configuration du dispositif de pointage $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		O	B	S	C	
		TF > CD	SF > CD	SF > CD	TF > CD	
		SF > CD	TF > CD	TN > CD	SF > CD	
		TN > CD	TN > CD	TF > CD	TN > CD	
		SN > CD	SN > CD	SN > CD	SN > CD	
		TF > SN				

Tableau 37. Résultats des tests statistiques pour la variable P10, P50 et P90 de l'épaule gauche en flexion selon l'effet posture, l'effet configuration de dispositif de pointage et l'interaction posture X configuration de dispositif de pointage.

A > B indique que la valeur de « A » est plus grande que celle de « B » avec $p < 0,05$. La magnitude d'effet est exprimée à travers les valeurs des d de Cohen où un surlignage mauve, rouge, jaune et vert indique respectivement $d \leq 0,2$, $0,2 < d \leq 0,5$, $0,5 < d \leq 0,8$ et $d > 0,8$. O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central.

3.4.12. Epaule droite abduction-adduction

Quelles que soient la posture et la configuration du dispositif de pointage, les valeurs moyennes de P10, P50 et P90 de l'épaule droite se trouvaient en abduction.

3.4.12.1. Effet de la posture

Un effet posture et une interaction posture-configuration du dispositif de pointage ont été observés pour P10, P50 et P90. Toutes configurations de dispositif de pointage confondues, P10, P50 et P90 étaient plus élevés pour B par rapport à S (++), pour C par rapport à S (++), ainsi que pour O par rapport à S (+). P90 était également plus élevé pour B par rapport à O (≈).

Au niveau de l'interaction, certaines de ces différences entre postures ont été observées pour P10, P50 et P90 pour chacune des configurations de dispositif de pointage, exceptées lors de l'utilisation de CD.

3.4.12.2. Effet de la configuration du dispositif de pointage

Un effet configuration du dispositif de pointage et une interaction posture-configuration du dispositif de pointage ont été observés pour P10, P50 et P90. Toutes postures confondues, P10, P50 et P90 étaient plus élevés pour TN par rapport à CD, SF et TF (+++), pour SN par rapport à CD, SF et TF (+++), pour TF par rapport à CD (+) et SF (+ ou ≈), ainsi que pour SF par rapport à CD (≈).

L'interaction n'a pas apporté d'informations additionnelles majeures par rapport à l'effet principal configuration du dispositif de pointage.

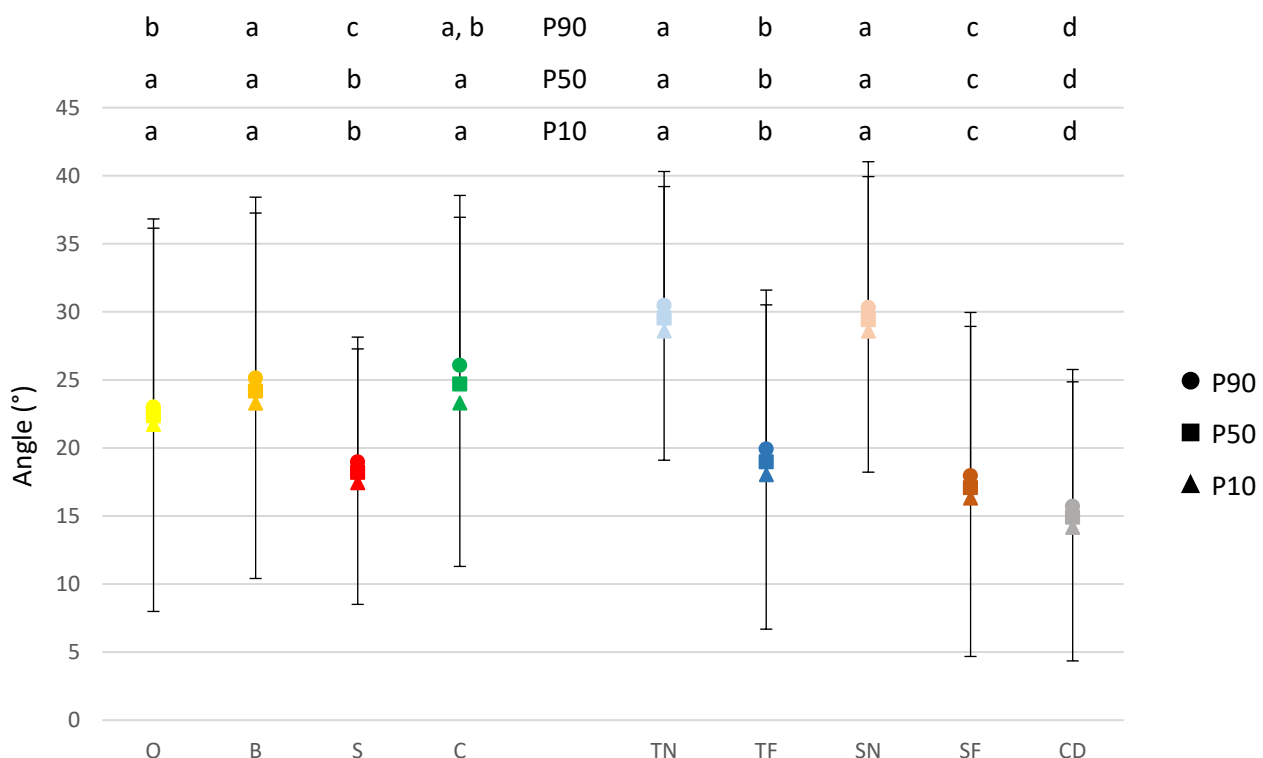


Figure 45. Moyenne et écart-type des P10, P50 et P90 de l'épaule droite en abduction pour chaque posture et chaque configuration de dispositif de pointage.

O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central. En cas d'effet principal ($p < 0,05$), une même lettre au-dessus des points indique des groupes sans différences significatives pour P10, P50 et P90 séparément.

P10	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		TN	TF	SN	SF	CD
	B > S	B > S	O > S	B > S	C > S	
	C > S	C > S	B > S	O > S	B > S	
	O > S	O > S		B > C		
P50	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		TN	TF	SN	SF	CD
	B > S	B > S	O > S	B > S	C > S	
	C > S	C > S	B > S	B > C	B > S	
	O > S	O > S		O > S		
				B > O		
P90	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		TN	TF	SN	SF	CD
	B > S	B > S	C > S	B > S	C > S	
	C > S	C > S	B > S	B > C	B > S	
	O > S	O > S	O > S	O > S		
	B > O			B > O		
P10	Effet configuration du dispositif de pointage $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		O	B	S	C	
	TN > CD	TN > CD	SN > CD	TN > CD	TN > CD	
	SN > CD	SN > CD	TN > CD	SN > CD	SN > CD	
	TN > SF	TN > SF	SN > SF	TN > SF	TN > TF	
	SN > SF	SN > SF	TN > SF	SN > SF	SN > TF	
	TN > TF	TN > TF	SN > TF	TN > TF	TN > SF	
	SN > TF	SN > TF	TN > TF	SN > TF	SN > SF	
	TF > CD	TF > CD	TF > CD			
	SF > CD					
	TF > SF					
P50	Effet configuration du dispositif de pointage $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		O	B	S	C	
	TN > CD	TN > CD	SN > CD	TN > CD	TN > CD	
	SN > CD	SN > CD	TN > CD	TN > SF	SN > CD	
	TN > SF	TN > SF	SN > SF	SN > CD	TN > TF	
	SN > SF	SN > SF	TN > SF	SN > SF	SN > TF	
	TN > TF	TN > TF	SN > TF	TN > TF	TN > SF	
	SN > TF	SN > TF	TN > TF	SN > TF	SN > SF	
	TF > CD	TF > CD	TF > CD			
	TF > SF	TF > SF				
	SF > CD					
P90	Effet configuration du dispositif de pointage $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		O	B	S	C	
	TN > CD	TN > CD	SN > CD	TN > CD	TN > CD	
	SN > CD	SN > CD	TN > CD	TN > SF	SN > CD	
	TN > SF	TN > SF	SN > SF	SN > CD	TN > TF	
	SN > SF	SN > SF	TN > SF	SN > SF	SN > TF	
	TN > TF	TN > TF	SN > TF	TN > TF	TN > SF	
	SN > TF	SN > TF	TN > TF	SN > TF	SN > SF	
	TF > CD	TF > CD	TF > CD			
	TF > SF	TF > SF				
	SF > CD					

Tableau 38. Résultats des tests statistiques pour la variable P10, P50 et P90 de l'épaule droite en abduction selon l'effet posture, l'effet configuration de dispositif de pointage et l'interaction posture X configuration de dispositif de pointage.

A > B indique que la valeur de « A » est plus grande que celle de « B » avec $p < 0,05$. La magnitude d'effet est exprimée à travers les valeurs des d de Cohen où un surlignage mauve, rouge, jaune et vert indique respectivement $d \leq 0,2$, $0,2 < d \leq 0,5$, $0,5 < d \leq 0,8$ et $d > 0,8$. O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central.

3.4.13. Epaule gauche abduction-adduction

Quelles que soient la posture et la configuration du dispositif de pointage, les valeurs moyennes de P10, P50 et P90 de l'épaule gauche se trouvaient en abduction.

3.4.13.1. Effet de la posture

Un effet posture et une interaction posture-configuration du dispositif de pointage ont été observés pour P10, P50 et P90. Toutes configurations de dispositif de pointage confondues, P10, P50 étaient plus élevés pour C par rapport à S (++) ou +), pour B par rapport à S (+) et C ($\approx$), ainsi que pour O par rapport à S (+). P10 et P50 étaient plus élevés pour O par rapport à C ($\approx$). P90 était plus élevé pour B par rapport à O ($\approx$).

Au niveau de l'interaction, certaines de ces différences entre postures ont été observées pour P10, P50 et P90 pour chacune des configurations de dispositif de pointage. A noter que TN et TF présentent des magnitudes d'effet plus importantes que SN, SF et CD.

3.4.13.2. Effet de la configuration du dispositif de pointage

Un effet configuration du dispositif de pointage et une interaction posture-configuration du dispositif de pointage ont été observés pour P10, P50 et P90. Toutes postures confondues, P10, P50 et P90 étaient plus élevés pour TN par rapport à CD (++) , SF ($\approx$) et SN ($\approx$), pour TF par rapport à CD (++) , SN et SF ($\approx$), pour SF par rapport à CD (++) , ainsi que pour SN par rapport à CD (++)).

L'interaction n'a pas apporté d'informations additionnelles majeures par rapport à l'effet principal configuration du dispositif de pointage, exception faites des magnitudes d'effets plus faibles en posture O que pour les trois autres postures.

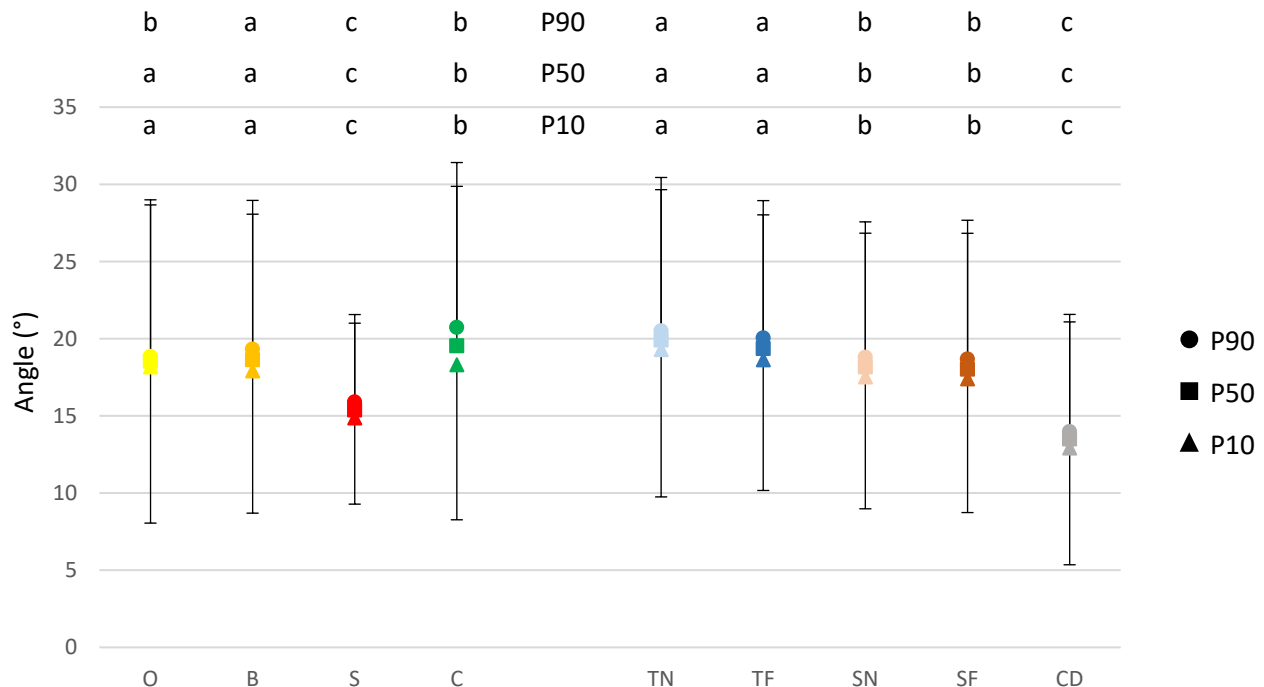


Figure 46. Moyenne et écart-type des P10, P50 et P90 de l'épaule gauche en abduction pour chaque posture et chaque configuration de dispositif de pointage.

O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central. En cas d'effet principal ($p < 0,05$), une même lettre au-dessus des points indique des groupes sans différences significatives pour P10, P50 et P90 séparément.

P10	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		TN	TF	SN	SF	CD
	B > S	C > S	C > S	B > S	B > S	O > C
	O > S	B > S	B > S	O > S	O > S	B > C
	C > S	O > S	O > S	B > C		O > S
	B > C					
	O > C					
P50	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		TN	TF	SN	SF	CD
	C > S	C > S	C > S	B > S	B > S	O > C
	B > S	B > S	B > S	O > S		B > C
	O > S	O > S	O > S	B > C		O > S
	B > C					
	O > C					
P90	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		TN	TF	SN	SF	CD
	C > S	C > S	C > S	B > S	B > S	O > C
	B > S	B > S	B > S	O > S		B > C
	O > S	O > S	O > S			O > S
	B > C					
	B > O					
P10	Effet configuration du dispositif de pointage $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		O	B	S	C	
	TN > CD	TN > CD	TN > CD	TF > CD	TN > CD	
	TF > CD	TF > CD	TF > CD	TN > CD	TF > CD	
	SF > CD	SN > CD	SN > CD	SF > CD	SF > CD	
	SN > CD	SF > CD	SF > CD	SN > CD	SN > CD	
	TN > SF				TN > SN	
	TN > SN				TF > SN	
	TF > SN					
	TF > SF					
P50	Effet configuration du dispositif de pointage $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		O	B	S	C	
	TN > CD	TN > CD	TN > CD	TF > CD	TN > CD	
	TF > CD	TF > CD	TF > CD	TN > CD	TF > CD	
	SF > CD	SN > CD	SN > CD	SF > CD	SF > CD	
	SN > CD	SN > CD	SF > CD	SN > CD	SN > CD	
	TN > SF				TN > SN	
	TN > SN				TF > SN	
	TF > SN					
	TF > SF					
P90	Effet configuration du dispositif de pointage $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		O	B	S	C	
	TN > CD	TN > CD	TN > CD	TF > CD	TF > CD	
	TF > CD	TF > CD	TF > CD	SF > CD	TN > CD	
	SF > CD	SN > CD	SN > CD	TN > CD	SF > CD	
	SN > CD	SN > CD	SF > CD	SN > CD	SN > CD	
	TN > SN				TF > SN	
	TN > SF				TN > SN	
	TF > SN					
	TF > SF					

Tableau 39. Résultats des tests statistiques pour la variable P10, P50 et P90 de l'épaule gauche en abduction selon l'effet posture, l'effet configuration de dispositif de pointage et l'interaction posture X configuration de dispositif de pointage.

A > B indique que la valeur de « A » est plus grande que celle de « B » avec $p < 0,05$. La magnitude d'effet est exprimée à travers les valeurs des d de Cohen où un surlignage mauve, rouge, jaune et vert indique respectivement $d \leq 0,2$, $0,2 < d \leq 0,5$, $0,5 < d \leq 0,8$ et $d > 0,8$. O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central.

3.4.14. Epaule droite rotation

Les valeurs moyennes de P10, P50 et P90 pour les postures O, B et S ainsi que P50 et P90 de l'épaule droite se trouvaient en rotation interne. Les valeurs moyennes de P10, P50 et P90 de TF, SF et CD de l'épaule droite se trouvaient en rotation interne alors que TN et SN étaient en rotation externe.

3.4.14.1. Effet de la posture

Un effet posture et une interaction posture-configuration du dispositif de pointage ont été observés pour P10, P50 et P90. Toutes configurations de dispositif de pointage confondues, P10, P50 et P90 étaient plus élevés pour O par rapport à C (+), B et S ($\approx$), pour S par rapport à C (+). P10 et P50 étaient plus élevés pour B par rapport à C (+ ou $\approx$).

Au niveau de l'interaction, ces différences entre postures étaient moins nombreuses. Aucune différence n'a été observée pour P10, P50 et P90 lors de l'utilisation de TF, ni pour P50 et P90 lors de l'utilisation de CD ou encore de P90 pour SF. Les différences concernaient essentiellement SN et SF.

3.4.14.2. Effet de la configuration du dispositif de pointage

Un effet configuration du dispositif de pointage et une interaction posture-configuration du dispositif de pointage ont été observés pour P10, P50 et P90. Toutes postures confondues, P10, P50 et P90 étaient plus élevés pour TF par rapport à SN, TN (+++), CD (+) et SF ($\approx$), pour SF par rapport à SN, TN (+++) et CD ($\approx$), pour CD par rapport à SN et TN (+++) ainsi que pour TN par rapport à SN ($\approx$).

L'interaction n'a pas apporté d'informations additionnelles majeures par rapport à l'effet principal configuration du dispositif de pointage.

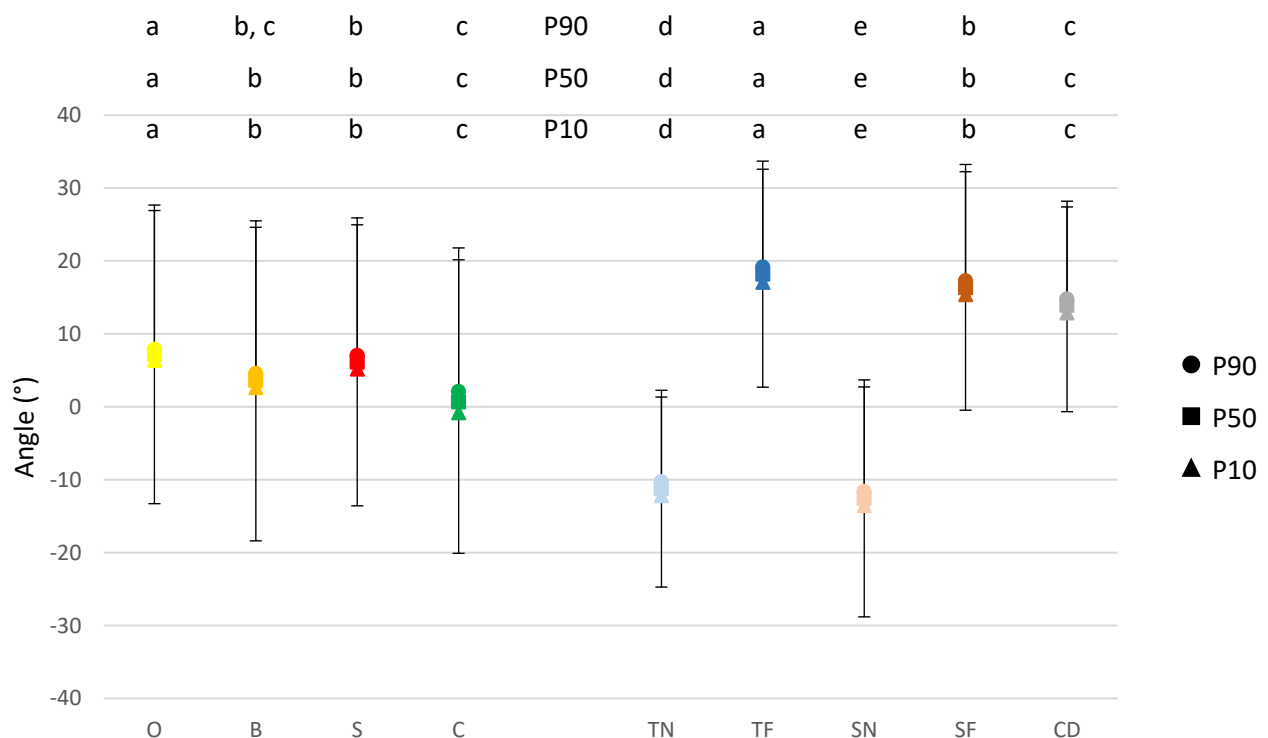


Figure 47. Moyenne et écart-type des P10, P50 et P90 de l'épaule droite en rotation interne (+) et externe (-) pour chaque posture et chaque configuration de dispositif de pointage.

O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central. En cas d'effet principal ($p < 0,05$), une même lettre au-dessus des points indique des groupes sans différences significatives pour P10, P50 et P90 séparément.

P10	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		TN	TF	SN	SF	CD
	O > C	O > B		O > C	O > C	O > C
	S > C	O > C		O > B		
	B > C	O > S		O > S		
	O > B					
	O > S					
P50	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		TN	TF	SN	SF	CD
	O > C	O > B		O > C	O > C	
	S > C	O > C		O > B		
	O > B	O > S		O > S		
	B > C					
	O > S					
P90	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		TN	TF	SN	SF	CD
	O > C	O > B		O > C		
	S > C	O > C		O > B		
	O > B	O > S		O > S		
	O > S					
P10	Effet configuration du dispositif de pointage $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		O	B	S	C	
	TF > SN	SF > TN	TF > SN	TF > SN	TF > SN	
	TF > TN	TF > TN	TF > TN	SF > SN	SF > SN	
	SF > SN	CD > TN	SF > TN	TF > TN	TF > TN	
	SF > TN	SF > SN	SF > SN	SF > TN	CD > SN	
	CD > SN	TF > SN	CD > SN	CD > SN	SF > TN	
	CD > TN	CD > SN	CD > TN	CD > TN	CD > TN	
	TF > CD	TF > CD	TF > CD			
	SF > CD					
	TF > SF					
	TN > SN					
P50	Effet configuration du dispositif de pointage $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		O	B	S	C	
	TF > SN	SF > TN	TF > SN	TF > SN	TF > SN	
	TF > TN	TF > TN	TF > TN	SF > SN	SF > SN	
	SF > SN	SF > SN	CD > SN	TF > TN	TF > TN	
	SF > TN	TF > SN	SF > SN	SF > TN	CD > SN	
	CD > SN	CD > TN	CD > TN	CD > SN	SF > TN	
	CD > TN	CD > SN	SF > TN	CD > TN	CD > TN	
	TF > CD	TF > CD	TF > CD			
	TF > SF					
	SF > CD					
	TN > SN					
P90	Effet configuration du dispositif de pointage $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		O	B	S	C	
	TF > SN	SF > TN	TF > SN	TF > SN	TF > SN	
	TF > TN	TF > TN	TF > TN	SF > SN	SF > SN	
	SF > SN	SF > SN	CD > SN	TF > TN	TF > TN	
	SF > TN	TF > SN	SF > SN	SF > TN	CD > SN	
	CD > SN	CD > TN	CD > TN	CD > SN	SF > TN	
	CD > TN	CD > SN	SF > TN	CD > TN	CD > TN	
	TF > CD	TF > CD	TF > CD			
	TF > SF					
	SF > CD					
	TN > SN					

Tableau 40. Résultats des tests statistiques pour la variable P10, P50 et P90 de l'épaule droite en rotation interne et externe selon l'effet posture, l'effet configuration de dispositif de pointage et l'interaction posture X configuration de dispositif de pointage.

A > B indique que la valeur de « A » est plus grande que celle de « B » avec $p < 0,05$. La magnitude d'effet est exprimée à travers les valeurs des d de Cohen où un surlignage mauve, rouge, jaune et vert indique respectivement $d \leq 0,2$, $0,2 < d \leq 0,5$, $0,5 < d \leq 0,8$ et $d > 0,8$. O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central.

3.4.15. Epaule gauche rotation

Les valeurs moyennes de P10, P50 et P90 pour les configurations des dispositifs TN, TF, SN et SF ainsi que pour P10 de la posture S et P10 et P50 de la posture C l'épaule gauche se trouvaient en rotation externe. Les valeurs moyennes de P10, P50 et P90 des postures O et B et de la configuration CD se trouvaient en rotation interne.

3.4.15.1. Effet de la posture

Un effet posture a été observé pour P10 et P50 et une interaction posture-configuration du dispositif de pointage pour P10, P50 et P90. Toutes configurations de dispositif de pointage confondues, P10 et P50 étaient plus élevés pour O par rapport à S, C (+) et B ($\approx$) ainsi que pour B par rapport à S (+ ou $\approx$). P50 était plus élevé pour C par rapport à S ($\approx$).

Au niveau de l'interaction, des différences entre postures ont été observées uniquement pour P10, P50 et P90 de SN et CD avec principalement O supérieur à S et P10 de TN et SF.

3.4.15.2. Effet de la configuration du dispositif de pointage

Un effet configuration du dispositif de pointage et une interaction posture-configuration du dispositif de pointage ont été observés pour P10, P50 et P90. Toutes postures confondues, P10, P50 et P90 étaient plus élevés pour CD par rapport à TN, TF, SN et SF (+++), ainsi que pour SF par rapport à TN ($\approx$).

L'interaction n'a pas apporté d'informations additionnelles majeures par rapport à l'effet principal configuration du dispositif de pointage.

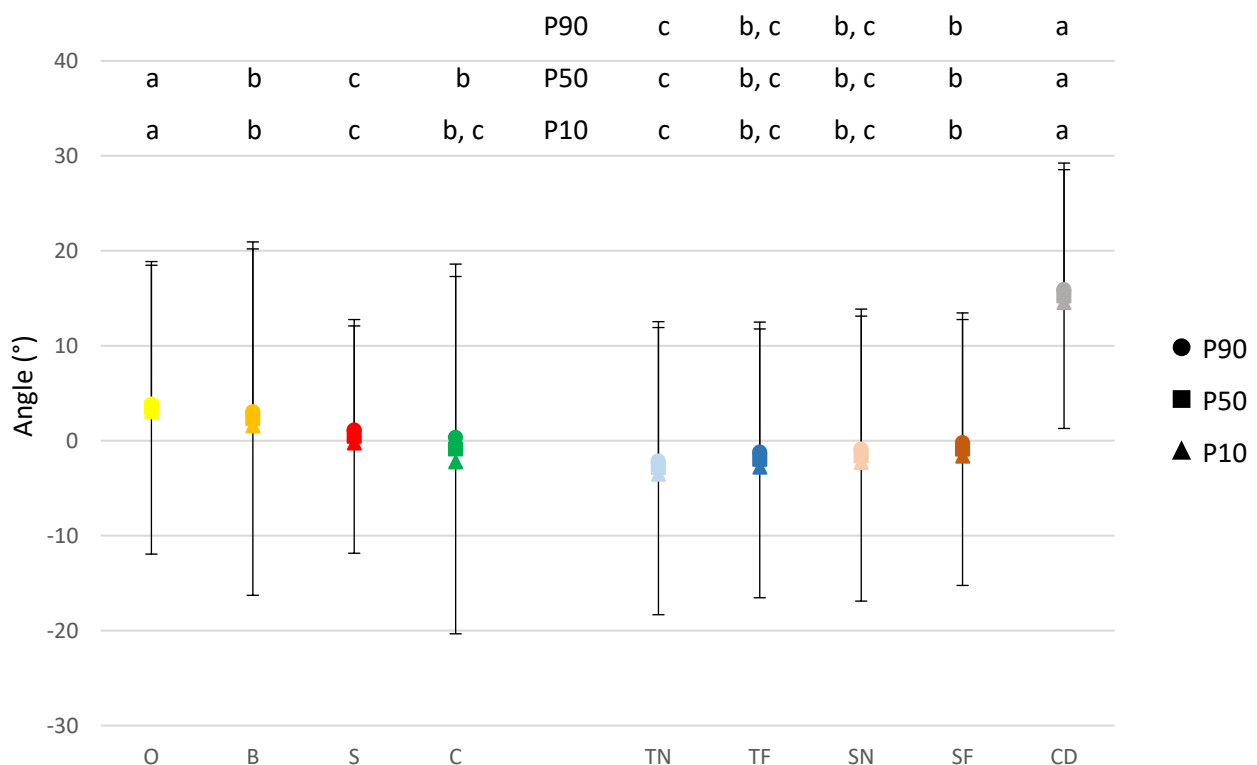


Figure 48. Moyenne et écart-type des P10, P50 et P90 de l'épaule gauche en rotation interne (+) et externe (-) pour chaque posture et chaque configuration de dispositif de pointage.

O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central. En cas d'effet principal ($p < 0,05$), une même lettre au-dessus des points indique des groupes sans différences significatives pour P10, P50 et P90 séparément.

P10	Effet posture $p = 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		TN	TF	SN	SF	CD
	O > S	O > C		O > S	O > S	O > S
	O > C					O > B
	B > S					O > C
	O > B					
P50	Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		TN	TF	SN	SF	CD
	O > S			O > S		O > S
	O > C					O > B
	O > B					O > C
	C > S					C > B
	B > S					
P90	Effet posture $p = \text{NS}$	Interaction $p < 0,001$				
		TN	TF	SN	SF	CD
				C > S		O > S
						O > B
						C > B
						C > C
P10	Effet configuration du dispositif de pointage $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		O	B	S	C	
	CD > TN	CD > TN	CD > TN	CD > SN	CD > TN	
	CD > TF	CD > SN	CD > TF	CD > TN	CD > TF	
	CD > SN	CD > TF	CD > SN	CD > TF	CD > SN	
	CD > SF	CD > SF	CD > SF	CD > SF	CD > SF	
	SF > TN					
P50	Effet configuration du dispositif de pointage $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		O	B	S	C	
	CD > TN	CD > TN	CD > TN	CD > SN	CD > TN	
	CD > SN	CD > SN	CD > TF	CD > TN	CD > TF	
	CD > TF	CD > TF	CD > SN	CD > TF	CD > SN	
	CD > SF	CD > SF	CD > SF	CD > SF	CD > SF	
	SF > TN					
P90	Effet configuration du dispositif de pointage $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
		O	B	S	C	
	CD > TN	CD > TN	CD > TN	CD > SN	CD > TN	
	CD > TF	CD > SN	CD > TF	CD > TN	CD > TF	
	CD > SN	CD > TF	CD > SN	CD > TF	CD > SN	
	CD > SF	CD > SF	CD > SF	CD > SF	CD > SF	
	SF > TN					

Tableau 41. Résultats des tests statistiques pour la variable P10, P50 et P90 de l'épaule gauche en rotation interne et externe selon l'effet posture, l'effet configuration de dispositif de pointage et l'interaction posture X configuration de dispositif de pointage.

$A > B$ indique que la valeur de « A » est plus grande que celle de « B » avec $p < 0,05$. La magnitude d'effet est exprimée à travers les valeurs des d de Cohen où un surlignage mauve, rouge, jaune et vert indique respectivement $d \leq 0,2$, $0,2 < d \leq 0,5$, $0,5 < d \leq 0,8$ et $d > 0,8$. NS = non significatif, O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central.

3.5. Performance de réalisation de la tâche

3.5.1. Temps de réalisation

3.5.1.1. Effet de la posture

Un effet posture et une interaction posture-configuration du dispositif de pointage ont été observés. Toutes configurations du dispositif de pointage confondues, le temps de réalisation de la tâche de pointage-cliquage-déplacement était plus élevé pour C par rapport à O, B et S (++), pour B et S par rapport à O (≈).

L'interaction n'a pas apporté d'informations additionnelles majeures par rapport à l'effet principal posture.

3.5.1.2. Effet de la configuration du dispositif de pointage

Un effet configuration du dispositif de pointage et une interaction posture-configuration du dispositif de pointage ont été observés. Toutes postures confondues, le temps de réalisation de la tâche était plus élevé pour CD par rapport à TN, TF (+++), SN (++) et SF (+), pour SF par rapport à TN, TF (+++) et SN (+), pour SN par rapport à TN (+++) et TF (++) et pour TF par rapport à TN (+).

L'interaction n'a pas apporté d'informations additionnelles majeures par rapport à l'effet principal posture.

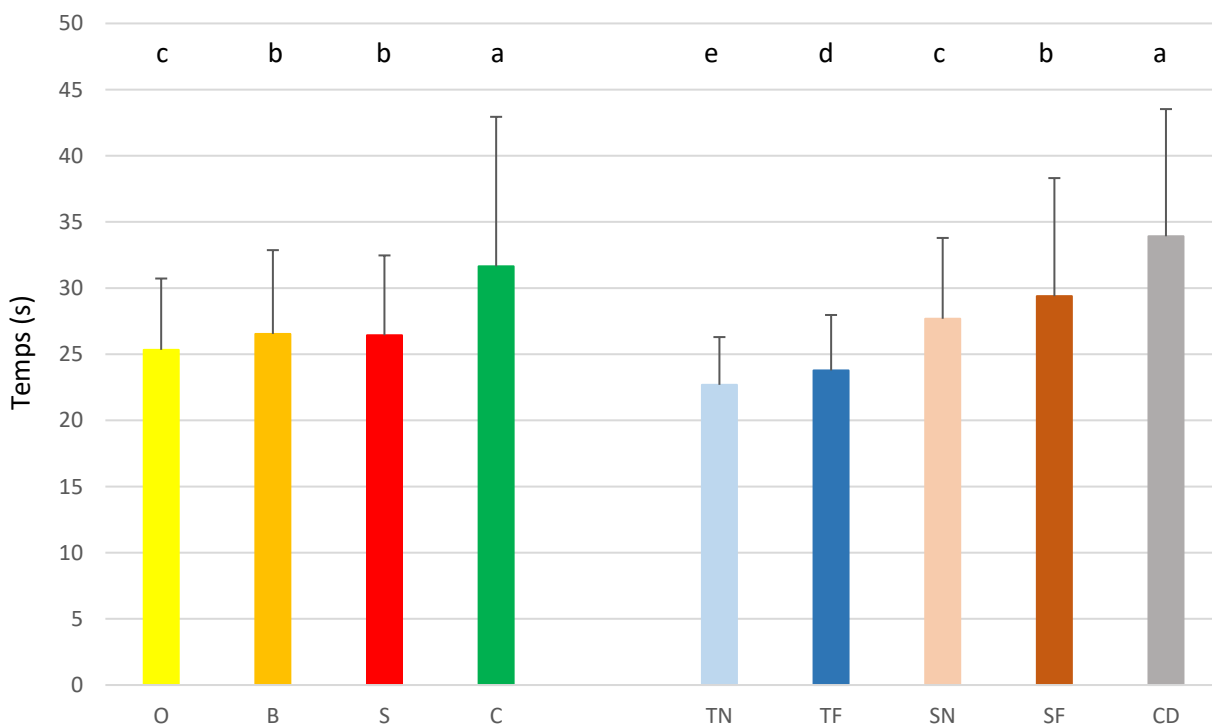


Figure 49. Moyenne et écart-type du temps de réalisation de la tâche pour chaque posture et chaque configuration de dispositif de pointage.

O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central. En cas d'effet principal ($p < 0,05$), une même lettre au-dessus des histogrammes indique des conditions sans différences significatives.

Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
	TN	TF	SN	SF	CD
C > O	C > O	C > O	C > O	C > O	C > O
C > B	C > B	C > S	C > B	C > S	O > S
C > S		C > B	C > S	C > B	C > B
B > O				B > O	
S > O					

Effet configuration du dispositif de pointage $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$			
	O	B	S	C
CD > TN	CD > TN	CD > TN	CD > TN	CD > TN
CD > TF	CD > TF	CD > TF	CD > TF	CD > TF
SF > TN	SF > TN	SF > TN	SF > TN	CD > SN
SN > TN	SN > TN	SF > TF	SF > TF	SF > TN
SF > TF	CD > SN	CD > SN	SN > TN	SF > TF
CD > SN	CD > SF	SN > TN	SN > TF	SN > TN
SN > TF	SF > TF	SN > TF	CD > SN	CD > SF
CD > SF	SN > TF	CD > SF	CD > SF	SN > TF
SF > SN				SF > SN
TF > TN				

Tableau 42. Résultats des tests statistiques du temps de réalisation de la tâche selon l'effet posture, l'effet configuration de dispositif de pointage et l'interaction posture X configuration de dispositif de pointage.

A > B indique que la valeur de « A » est plus grande que celle de « B » avec $p < 0,05$. La magnitude d'effet est exprimée à travers les valeurs des d de Cohen où un surlignage mauve, rouge, jaune et vert indique respectivement $d \leq 0,2$, $0,2 < d \leq 0,5$, $0,5 < d \leq 0,8$ et $d > 0,8$. O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central.

3.5.2. Nombre de clics

3.5.2.1. Effet de la posture

Aucun effet posture significatif n'a été mis en évidence. Une interaction posture-configuration du dispositif de pointage a été observée. Des différences entre postures ont été observées uniquement pour SN, SF et CD. Pour SN, le nombre de clics était plus élevé pour C par rapport à B et O (+). Pour SF, le nombre de clics était plus élevé pour C par rapport à O et S (+). Pour CD, le nombre de clics était plus élevé pour C par rapport à O, S et B (++).

3.5.2.2. Effet de la configuration du dispositif de pointage

Un effet de la configuration du dispositif de pointage et une interaction posture-configuration du dispositif de pointage ont été observés. Toutes postures confondues, le nombre de clics était plus élevé pour CD par rapport à TN, TF (++), SN et SF ($\approx$), pour SF et SN par rapport à TN et TF (+).

Par rapport à l'effet principal, des différences selon les postures ont été mises en évidence. Le nombre de clics était plus élevé avec O uniquement pour CD par rapport à TN (+). Les magnitudes d'effet étaient plus élevées avec C pour l'ensemble des différences entre configurations du dispositif de pointage.

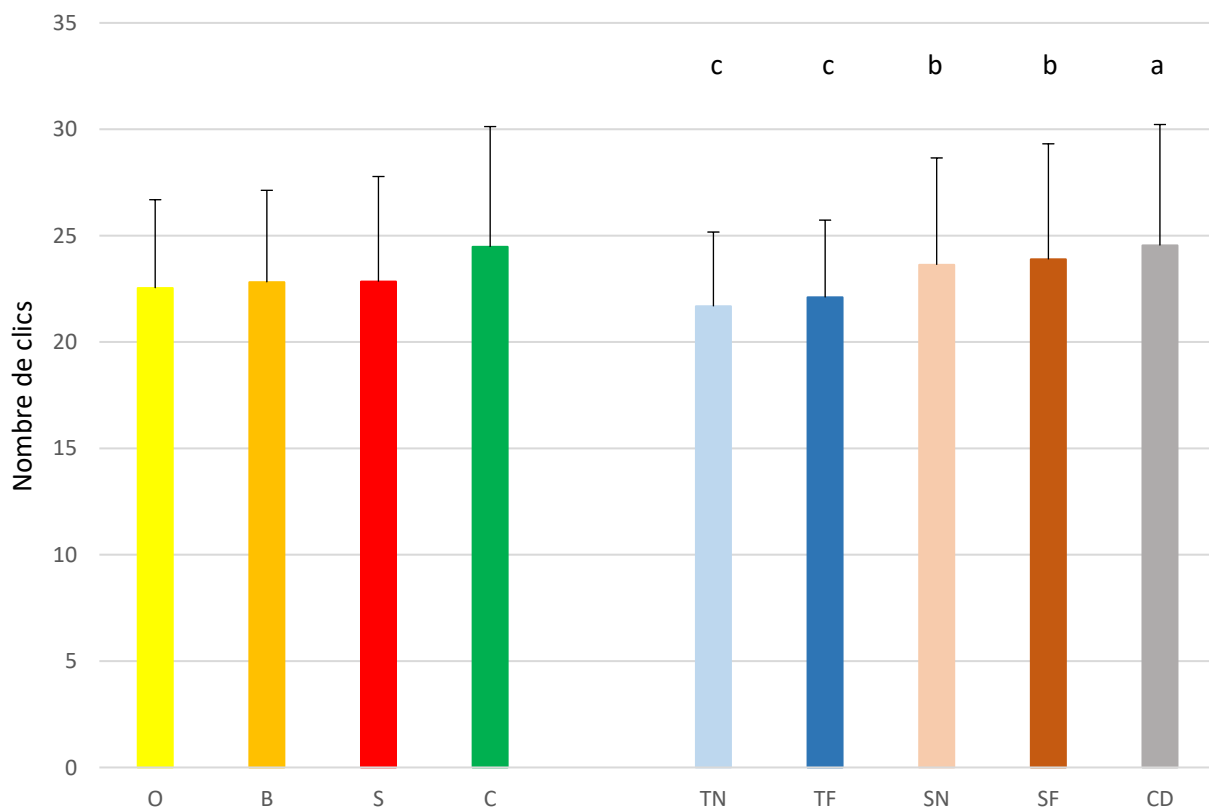


Figure 50. Moyenne et écart-type du nombre de clics effectués pour réaliser la tâche pour chaque posture et chaque configuration de dispositif de pointage.

O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central. En cas d'effet principal ($p < 0,05$), une même lettre au-dessus des histogrammes indique des groupes sans différences significatives.

Effet posture p = NS	Interaction p < 0,001				
	TN	TF	SN	SF	CD
			C > B C > O	C > O C > S	C > O C > S C > B

Effet configuration du dispositif de pointage p = 0,001	Interaction p < 0,001			
	O	B	S	C
CD > TN	CD > TN	SF > TN	CD > TN	CD > TN
CD > TF		CD > TN	SN > TN	CD > TF
SF > TN		SF > TF	SF > TN	SF > TN
SN > TN		CD > TF	CD > TF	SF > TF
SF > TF		SN > TN	SN > TF	SN > TN
SN > TF				SN > TF
CD > SN				CD > SN
CD > SF				CD > SF

Tableau 43. Résultats des tests statistiques du nombre de clics effectués pour réaliser la tâche selon l'effet posture, l'effet configuration de dispositif de pointage et l'interaction posture X configuration de dispositif de pointage.

NS = non significatif ; A > B indique que la valeur de « A » est plus grande que celle de « B » avec $p < 0,05$. La magnitude d'effet est exprimée à travers les valeurs des d de Cohen où un surlignage mauve, rouge, jaune et vert indique respectivement $d \leq 0,2$, $0,2 < d \leq 0,5$, $0,5 < d \leq 0,8$ et $d > 0,8$. O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central.

3.6. Ressenti des participants

3.6.1. Difficulté de réalisation de la tâche

3.6.1.1. Effet de la posture

Un effet posture et une interaction posture-configuration du dispositif de pointage ont été observés. Toutes configurations de dispositif de pointage confondues, la difficulté perçue de réalisation de la tâche était plus élevée pour C par rapport à O (+++), B et S (++) , pour S et B par rapport à O (+).

L'interaction n'a pas apporté d'informations additionnelles majeures par rapport à l'effet principal posture.

3.6.1.2. Effet de la configuration du dispositif de pointage

Un effet configuration du dispositif de pointage et une interaction posture-configuration du dispositif de pointage ont été observés. Toutes postures confondues, la difficulté perçue de réalisation de la tâche était plus élevée pour CD par rapport à TN, TF (+++), SN (+) et SF (≈), pour SF par rapport à TN, TF (++) et SN (≈), pour SN par rapport à TN (++) et TF (+), ainsi que pour TF par rapport à TN (≈).

L'interaction n'a pas apporté d'informations additionnelles majeures par rapport à l'effet principal configuration du dispositif de pointage.

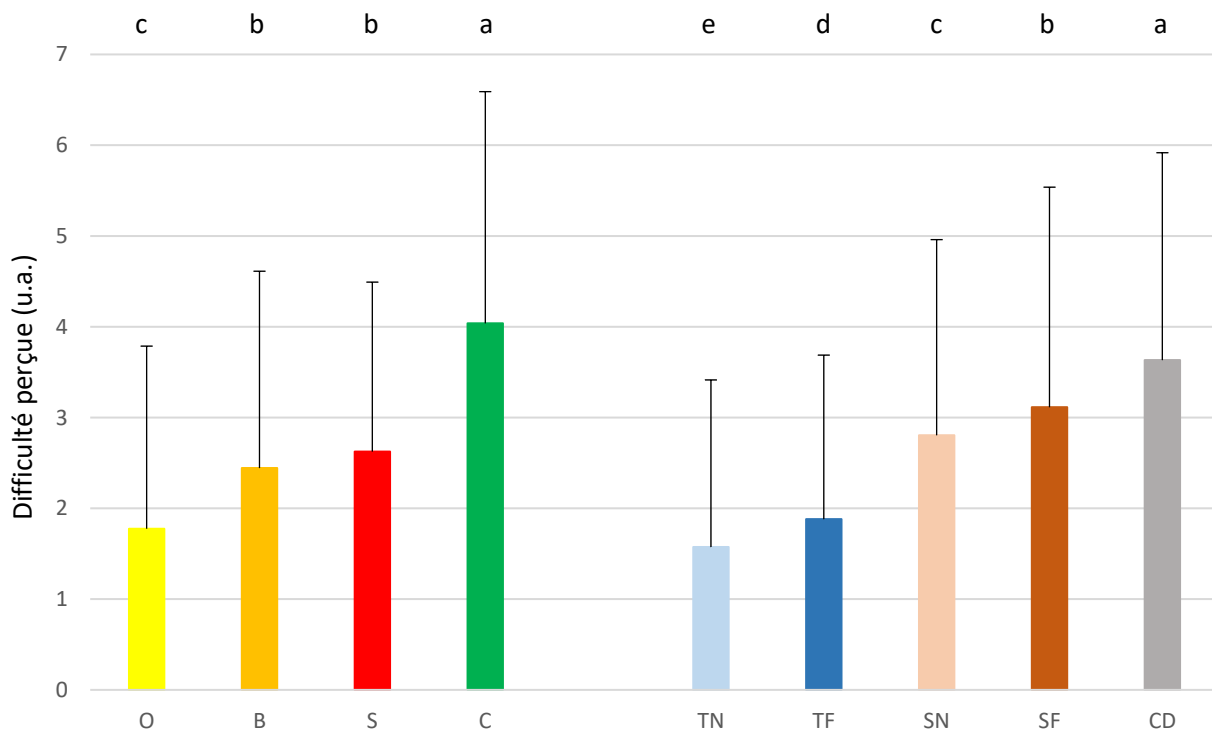


Figure 51. Moyenne et écart-type du ressenti relatif à la difficulté de réaliser la tâche pour chaque posture et chaque configuration de dispositif de pointage.

O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central. En cas d'effet principal ($p < 0,05$), une même lettre au-dessus des histogrammes indique des groupes sans différences significatives pour P10, P50 et P90 séparément.

Effet posture $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$				
	TN	TF	SN	SF	CD
C > O	C > O	C > O	C > O	C > O	C > O
C > B	C > B	C > B	C > B	C > B	C > S
C > S	C > S	C > S	C > S	C > S	C > B
S > O	S > O	S > O	S > O	S > O	B > O
B > O			B > O	B > O	

Effet configuration du dispositif de pointage $p < 0,001$	Interaction $p < 0,001$			
	O	B	S	C
CD > TN	CD > TN	CD > TN	CD > TN	CD > TN
CD > TF	CD > TF	CD > TF	SF > TN	CD > TF
SF > TN	SF > TN	SF > TN	CD > TF	SF > TN
SF > TF	SF > TF	SN > TN	SF > TF	SF > TF
SN > TN	SN > TN	SF > TF	SN > TN	CD > SN
CD > SN	SN > TF	SN > TF	SN > TF	SN > TN
SN > TF		CD > SN		SN > TF
SF > SN				CD > SF
CD > SF				
TF > TN				

Tableau 44. Résultats des tests statistiques du ressenti relatif à la difficulté de réaliser la tâche selon l'effet posture, l'effet configuration de dispositif de pointage et l'interaction posture X configuration de dispositif de pointage.

A > B indique que la valeur de « A » est plus grande que celle de « B » avec $p < 0,05$. La magnitude d'effet est exprimée à travers les valeurs des d de Cohen où un surlignage mauve, rouge, jaune et vert indique respectivement $d \leq 0,2$, $0,2 < d \leq 0,5$, $0,5 < d \leq 0,8$ et $d > 0,8$. O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle, TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central.

3.6.2. Préférence

La préférence des participantes relative aux postures de travail et aux configurations de dispositifs de pointage a été analysée de façon descriptive uniquement.

3.6.2.1. Effet de la posture

La posture préférée (note de 1) par une grande majorité des participantes est O (23 participantes sur 31 la préfère). Vient ensuite la posture B (8 sur 31), posture qui se place également à la deuxième place (17 sur 31). Les deux postures les moins préférées (note de 4) sont S et C.

Posture	Ordre de préférence : de préféré (1) à moins préféré (4)			
	1	2	3	4
O	23	7	1	0
B	8	17	6	0
S	0	3	11	17
C	0	4	13	14

Tableau 45. Effectif des participantes en fonction du classement de préférence des postures.

O = assis sur un siège de bureau, B = assis sur un ballon, S = debout, C = en pédalant assis sur un ergocycle.

3.6.2.2. Effet de la configuration du dispositif de pointage

La configuration préférée (note de 1) par une grande majorité des participantes est TN (25 participantes sur 31). En deuxième place, se positionne TF (14 sur 31). Arrive ensuite SN puis SF. Les configurations les moins préférées (note de 5) sont SF et CD.

Configuration des dispositifs de pointage	Ordre de préférence : de préféré (1) à moins préféré (5)				
	1	2	3	4	5
TN	25	5	1	0	0
TF	4	14	8	3	2
SN	0	7	13	8	3
SF	0	1	5	13	12
CD	2	4	4	7	14

Tableau 46. Effectif des participantes en fonction du classement de préférence des dispositifs de pointage.

TN = souris standard placée à côté du clavier, TF = souris standard placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central.

4. DISCUSSION

L'objectif de cette étude de laboratoire était d'apporter des éléments de connaissance relatifs à la posture à adopter et à la configuration de dispositif de pointage à privilégier dans le but de limiter les risques liés aux postures sédentaires et les risques de survenue d'inconforts, de douleurs voire de TMS, des membres supérieurs et du cou lors de la réalisation d'une activité de travail sur écran. Pour cela, la consommation de dioxygène, la fréquence cardiaque, l'activité musculaire, les sollicitations posturales, la performance de réalisation de la tâche et le ressenti des participantes ont été évalués lors de 20 conditions expérimentales, combinant 4 postures de travail (assis sur un siège de bureau traditionnel, assis sur un ballon, debout et en pédalant assis sur un ergocycle) et 5 configurations de dispositifs de pointage (une souris standard et une souris inclinée placées à côté et devant le clavier ainsi qu'un pointeur central).

Au regard de la littérature, cette étude présente l'originalité d'analyser conjointement des postures de travail et des configurations de dispositifs de pointage, incluant différents types et placements sur le plan de travail. Pour donner lieu à une approche plus globale, plusieurs critères d'évaluation, objectifs et subjectifs, relatifs entre autres aux postures sédentaires et aux TMS, ont été considérés.

A noter que dans les précédentes études, les postures de travail alternatives sont classiquement comparées à la posture assis sur un siège de bureau et les configurations de dispositifs de pointage à une souris standard placée à côté du clavier. Pour permettre une comparaison de nos résultats à ceux de la littérature, la présente étude considère également ces modalités comme conditions de référence.

Par ailleurs, les effets statistiques mettant en évidence des différences significatives entre conditions sont ici pondérés en fonction de leur magnitude d'effet, mesurée à l'aide du d de Cohen. Ainsi, des effets significatifs pour lesquels le d de Cohen est faible ou très faible peuvent, dans certains cas, être peu ou pas commentés, s'ils ne peuvent être expliqués de façon rationnelle. C'est par exemple le cas de l'effet des configurations des dispositifs de pointage sur la consommation en dioxygène ou la fréquence cardiaque. Dans d'autres cas, ils peuvent être commentés au regard de la littérature qui a précédemment évoqué de tels résultats. L'effet du placement des souris sur les niveaux de sollicitations des muscles extenseurs du carpe en est un exemple, il sera ainsi détaillé dans la discussion.

Enfin, les résultats ont mis en évidence un effet principal concernant à la fois la posture de travail et la configuration de dispositifs de pointage, ainsi qu'une interaction entre ces deux effets principaux pour quasiment toutes les variables dépendantes analysées. Ces interactions ont fait l'objet d'une interprétation uniquement lorsqu'elles apportaient des informations additionnelles majeures par rapport aux effets principaux.

Ces considérations étant posées, de façon synthétique, les résultats de cette étude font ressortir les éléments suivants :

- **Concernant les postures de travail,**

- Au regard des conséquences sur la santé associées aux postures sédentaires :
 - la posture assis sur un siège de bureau traditionnel devrait être limitée et les postures debout et en pédalant assis sur un ergocycle seraient à privilégier,
- Au regard des contraintes au niveau des épaules :
 - la posture assis sur un ballon serait à éviter,
- Au regard des contraintes au niveau du bas du dos :
 - la posture debout serait à privilégier et la posture assis sur un ballon à éviter,
- Au regard de la performance de réalisation de la tâche et du ressenti des participantes :

- la posture assis sur un siège de bureau traditionnel serait à privilégier et la posture en pédalant assis sur un ergocycle à éviter.
- **Concernant les configurations des dispositifs de pointage,**
 - Au regard des contraintes au niveau du coude du membre dominant :
 - un risque de survenue de fatigue des muscles extenseurs du carpe est présent pour chacune des conditions analysées,
 - le pointeur central est à privilégier par rapport aux souris standard et inclinée,
 - la souris inclinée est à privilégier par rapport à la souris standard,
 - le placement de la souris devant le clavier est à privilégier par rapport au placement de la souris à côté du clavier,
 - Au regard des contraintes au niveau du coude du membre non dominant :
 - un risque de survenue de fatigue des muscles extenseurs du carpe est présent lors de l'utilisation du pointeur central,
 - le pointeur central serait à éviter par rapport aux 4 autres configurations de dispositifs de pointage,
 - Au regard des contraintes au niveau des épaules :
 - les souris, standard et inclinée, placées devant le clavier seraient à privilégier,
 - Au regard de la performance de réalisation de la tâche et du ressenti des participantes :
 - les souris, standard et inclinée, sont à privilégier par rapport au pointeur central,
 - la souris standard est à privilégier par rapport à la souris inclinée,
 - le placement de la souris à côté du clavier est à privilégier par rapport au placement de la souris devant du clavier.
- **Concernant l'interaction postures X configurations des dispositifs de pointage,** le résultat majeur est une performance dégradée de la réalisation de la tâche avec une sollicitation des muscles des épaules plus élevées pour la combinaison posture en pédalant assis sur un ergocycle X pointeur central. Celle-ci serait donc à éviter.

4.1. Effets des différentes postures de travail

Les résultats de cette étude mettent en évidence des effets marqués liés aux postures de travail sur la dépense énergétique, la fréquence cardiaque, les activités musculaires des cuisses, du dos et celles de muscles proximaux des membres supérieurs (TB et TRA), les amplitudes articulaires du cou et des membres supérieurs, la performance de réalisation de la tâche, ainsi que le ressenti des participantes. Les postures ont également un effet sur les activités des muscles distaux des membres supérieurs (FDS, ECR, ECU et BB), mais de façon moins marquée.

Globalement, la consommation en dioxygène et la fréquence cardiaque sont plus faibles pour la posture assis sur un siège de bureau traditionnel que pour les 3 autres postures. La posture en pédalant assis sur un ergocycle présente la consommation en dioxygène la plus importante et la posture debout la fréquence cardiaque la plus élevée.

Concernant les activités musculaires, les deux postures apparaissant comme les plus instables, en pédalant assis sur un ergocycle et assis sur un ballon, présentent globalement des niveaux de sollicitation plus élevés pour les muscles des cuisses, du dos et des membres supérieurs que les deux postures, assis sur un siège de bureau traditionnel et debout. La variabilité intra-essai de l'activité des muscles des cuisses, du dos et des membres supérieurs

est, quant à elle, principalement plus élevée pour la posture en pédalant assis sur un ergocycle que pour les trois autres postures.

En ce qui concerne les angles articulaires, les deux postures les plus statiques, assis sur un siège de bureau traditionnel et debout, entraînent une position plus neutre de la flexion-extension et de l'abduction-adduction des poignets, ainsi que de la prono-supination des avant-bras par rapport aux deux autres postures. Les épaules, dans les plans de flexion-extension et abduction-adduction, se trouvent, quant à elles, davantage en position neutre pour la posture debout que pour les deux postures les plus instables, en pédalant assis sur un ergocycle et assis sur un ballon. En rotation, les épaules ont une position plus neutre pour la posture en pédalant assis sur un ergocycle.

Les participantes sont par ailleurs les plus rapides à réaliser la tâche pour la posture assis sur un siège de bureau traditionnel et les plus lentes pour la posture en pédalant assis sur un ergocycle. La réalisation de la tâche est également perçue comme la plus facile assis sur un siège de bureau traditionnel et la plus difficile en pédalant assis sur un ergocycle. La majorité des participantes indique aussi préférer travailler en posture assis sur un siège de bureau traditionnel. Les postures debout et en pédalant assis sur un ergocycle sont les moins appréciées.

Le détail de chacune des variables dépendantes est décrit ci-après et permet de faire ressortir des effets spécifiques associés aux différentes postures de travail. La comparaison des postures alternatives à la posture la plus classiquement observée lors du travail sur écran, assis sur un siège de bureau traditionnel, est spécifiquement discutée.

4.1.1. Dépense énergétique et fréquence cardiaque

Chaque posture de travail diffère des autres au niveau de la consommation de dioxygène et de la fréquence cardiaque, avec des magnitudes d'effet variant d'élevées à très faibles.

Toutes configurations de dispositifs de pointage confondues, la consommation de dioxygène est la plus élevée en pédalant assis sur un ergocycle et la plus faible assis sur un siège de bureau traditionnel. La posture en pédalant assis sur un ergocycle diffère des 3 autres postures, avec des magnitudes d'effet élevées. Botter *et al.* (2016) ont également constaté une dépense énergétique plus importante en pédalant par rapport à assis sur un siège de bureau. La posture assis sur un ballon engendre aussi une consommation de dioxygène plus élevée que la posture assis sur un siège de bureau traditionnel et debout avec des magnitudes d'effet respectivement moyenne et faible. Dickin *et al.* (2017) ont également observé une consommation de dioxygène plus élevée dans la posture assis sur un ballon qu'assis sur une surface plane et ferme. Par contre, Snarr *et al.* (2019) n'ont pas constaté de différence entre les postures assis sur un ballon et sur une chaise standard. Nos résultats indiquent enfin que travailler debout engendre une consommation de dioxygène plus importante qu'assis sur un siège de bureau traditionnel, avec toutefois une magnitude d'effet très faible. Cette différence a précédemment été observée par Gao *et al.* (2017) mais n'a pas été mise en évidence par Ellegast *et al.* (2012) et Botter *et al.* (2016).

Toutes configurations de dispositifs de pointage confondues, la fréquence cardiaque est quant à elle la plus élevée pour la posture debout et la plus faible pour la posture assis sur un siège de bureau traditionnel. La posture debout diffère notamment des postures assis sur un ballon et assis sur un siège de bureau traditionnel, avec des magnitudes d'effet élevées, et la posture assis sur un siège de bureau traditionnel de la posture en pédalant assis sur un ergocycle, avec une magnitude d'effet moyenne. Précédemment, Straker *et al.* (2009) ont aussi évalué une fréquence cardiaque plus faible pour la posture assis sur un siège de bureau que pour la posture debout ou en pédalant assis sur un ergocycle. Dans leur étude, la fréquence cardiaque était également plus élevée pour la posture debout que pour la posture en pédalant assis sur un ergocycle, corroborant nos résultats. En revanche, Botter *et al.* (2016) n'ont pas observé de différence entre les postures debout et assis sur un siège de bureau. Ils ont par contre mis

en évidence une fréquence plus élevée pour la posture en pédalant assis sur un ergocycle que pour la posture assis sur un siège de bureau, comme observé dans notre étude.

Il est à noter une absence de corrélation entre l'évolution de la consommation en dioxygène et celle de la fréquence cardiaque. En effet, la consommation en dioxygène est la plus élevée pour la posture en pédalant assis sur un ergocycle alors que la fréquence cardiaque est la plus élevée pour la posture debout. La distance verticale cœur-pied est un paramètre qui peut influencer la fréquence cardiaque mais pas la consommation d'O₂, comme évoqué par Taillefer *et al.* (2011). En posture debout, cette distance est plus grande qu'en posture assis imposant donc au cœur un travail supplémentaire pour assurer une circulation sanguine optimale. Même en l'absence d'un effort physique, la fréquence cardiaque est ainsi naturellement plus élevée debout qu'assis. La fréquence cardiaque étant également dépendante de l'effort physique exercé, tout comme la consommation en oxygène, ces deux paramètres sont augmentés pour la posture en pédalant assis sur un ergocycle.

4.1.2. Activités musculaires

Toutes configurations de dispositifs de pointage confondues, les effets des postures sur l'activité des muscles du dos (ES) et des cuisses (RF), ainsi que de muscles proximaux des membres supérieurs (TRA et TB) présentent des magnitudes d'effet allant d'élevées à très faibles, alors que pour d'autres muscles des membres supérieurs les magnitudes d'effet sont faibles ou très faibles. A noter, pour les muscles ECU, ES et RF, les différences entre postures varient suivant le percentile analysé (P10, P50 ou P90).

4.1.2.1. Posture assis sur un siège de bureau traditionnel

Toutes configurations de dispositifs de pointage confondues, pour la posture assis sur un siège de bureau traditionnel, les 3 niveaux de sollicitation (P10, P50 et P90) des muscles RF et TRA droits, de BB et TB gauches ainsi que la variabilité intra-essai des muscles RF et TRA droits, ECR et TB gauches sont moindres que pour les trois autres postures, avec des magnitudes d'effet variant d'élevées à très faibles. De plus, les 3 niveaux de sollicitations de FDS et TB droits, de RF, ES, FDS, ECR et TRA gauches ainsi que la variabilité des muscles RF et FDS gauches sont moindres pour la posture assis sur un siège de bureau traditionnel comparée aux deux postures les plus instables, en pédalant assis sur un ergocycle et assis sur un ballon, avec des magnitudes d'effet variant d'élevées à très faibles. Par conséquent, cette posture se distingue clairement des deux postures les plus instables et de façon un peu moins marquée de la posture debout.

En ce qui concerne plus spécifiquement les niveaux de sollicitation des muscles trapèzes, les différences entre les postures pourraient notamment être liées à la présence d'accoudoirs. Cet équipement est présent, dans notre étude, uniquement pour la posture assis sur un siège de bureau traditionnel. En effet, Hasegawa and Kumashiro (1998) ont rapporté que la présence d'accoudoirs sur un siège de bureau pouvait réduire les sollicitations des muscles trapèze.

4.1.2.2. Posture assis sur un ballon

Toutes configurations de dispositifs de pointage confondues, les P10 et P50 d'ES et TRA droits, les P10 de RF droit, d'ES et RF gauches ainsi que les 3 niveaux de sollicitations de TRA gauche sont plus importants pour la posture assis sur un ballon que pour les 3 autres postures, avec des magnitudes d'effet variant de moyennes à très faibles. La variabilité intra-essai des muscles ES droit et TRA gauche est la plus faible dans cette posture par rapport aux 3 autres.

Comparée à la posture assis sur un siège de bureau traditionnel, toujours toutes configurations de dispositifs de pointage confondues, la posture assis sur un ballon induit des sollicitations musculaires plus importantes pour les 3 niveaux de sollicitations de FDS, TB, TRA, ES et RF droits, ainsi que de FDS, ECR, BB, TB, TRA, ES et RF gauches, avec des magnitudes d'effet

variant de moyennes à très faibles, mais aussi une variabilité plus importante de RF et TRA droits ainsi que de FDS, ECR, ECU, TB et RF gauches, avec des magnitudes d'effet variant de moyennes à très faibles.

Gregory *et al.* (2006) ont suggéré, à partir des résultats de leur étude, que les muscles des membres inférieurs, plus actifs pour la posture assis sur un ballon que pour la posture assis sur un siège de bureau, pourraient jouer un rôle majeur pour contrecarrer l'instabilité associée à cette posture. Cette même équipe a aussi observé, lors de diverses tâches informatiques nécessitant l'utilisation du clavier et de la souris, un niveau moyen de sollicitation plus élevé de l'erector spinae thoracique gauche pour la posture assis sur un ballon que pour la posture assis sur un siège de bureau sans accoudoir. Ces auteurs n'ont pas mis en évidence de différence d'activité du muscle erector spinae thoracique droit et des erector spinae lombaires droit et gauche entre ces deux postures. En revanche, Kingma and van Dieen (2009), lors d'une tâche de frappe sur clavier, avaient observé des sollicitations (5^{ème} percentile et moyenne) plus importantes des erector spinae lombaires pour la posture assis sur un ballon que pour la posture assis sur un siège de bureau avec accoudoirs. Ils n'avaient pas noté de différence au niveau des érecteurs thoraciques. Comme mentionné ci-dessus, nos résultats montrent, toutes configurations de dispositifs de pointage confondues, que les 3 niveaux de sollicitations des ES sont plus importants pour la posture assis sur le ballon que pour la posture assis sur un siège de bureau traditionnel. Par contre, quand est considéré uniquement la configuration souris standard placée à côté du clavier, nos résultats ne montrent pas de différence de niveaux de sollicitation d'ES entre ces deux postures. Concernant les muscles trapèze, Kingma and van Dieen (2009) n'ont, de leur côté, pas mis en évidence de différence de sollicitations entre la posture assis sur un ballon et la posture assis sur un siège de bureau avec des accoudoirs.

4.1.2.3. Posture debout

Toutes configurations de dispositifs de pointage confondues, le P90 et la variabilité intra-essai du muscle ES droit sont plus élevés alors que les 3 niveaux de sollicitation de TB droit ainsi que les P50 et P90 de ECU gauche sont moindres pour la posture debout que pour les 3 autres postures, avec des magnitudes d'effet faibles ou très faibles. De plus, toutes configurations de dispositifs de pointage confondues, la posture debout se distingue nettement des deux postures les plus instables. En effet, les P50 et P90 de RF droit et TRA gauche, les P10 et P50 d'ES et BB gauches ainsi que les 3 niveaux de sollicitation de TB et TRA droits, de RF, FDS, ECR et TB gauches sont moindres pour la posture debout que pour les deux postures les plus instables, avec des magnitudes d'effet allant d'élévées à très faibles. La variabilité intra-essai des muscles RF est moindre pour la posture debout que pour les deux postures les plus instables, avec des magnitudes d'effet allant d'élévées à faibles.

Par rapport à la posture de référence assis sur un siège de bureau traditionnel, toutes configurations de dispositifs de pointage confondues, les P90 des muscles ES droit et gauche, les 3 niveaux de sollicitation de RF et de TRA droits ainsi que ceux de BB et TB gauches sont plus élevés pour la posture debout, avec des magnitudes d'effet variant de moyennes à très faibles. En revanche, le P10 d'ECU droit, les 3 niveaux de sollicitations de TB droit ainsi que les P50 et P90 d'ECU gauche sont moindres pour la posture debout que pour la posture assis sur un siège de bureau traditionnel, avec des magnitudes d'effet faibles ou très faibles. La variabilité intra-essai est quant à elle plus élevée pour la posture debout que pour la posture assis sur un siège de bureau traditionnel pour RF, ES et TRA droits ainsi que ECR et TB gauches, avec des magnitudes d'effet faibles ou très faible. Par conséquent, la posture debout se distingue clairement des deux postures les plus instables et de façon moins marquée de la posture assis sur un siège de bureau traditionnel.

Lors de l'utilisation d'une souris standard placée à côté du clavier, Choi *et al.* (2022) n'ont pas mis en évidence de différence des valeurs moyennes des sollicitations des muscles biceps et triceps du membre dominant entre une posture assis sur un siège de bureau sans accoudoir et une posture debout lors de la réalisation de tâches de déplacement de cibles et de cliquage.

Ces auteurs ont aussi observé une sollicitation du trapèze dominant plus élevée pour cette posture assis, sur un siège de bureau sans accoudoir, que pour la posture debout, mais uniquement pour la tâche de déplacement de cibles. Botter *et al.* (2016) n'ont quant à eux pas observé de différence de sollicitation (50^{ème} et 95^{ème} percentiles) des muscles trapezius pars descendens entre la posture assis sur un siège traditionnel avec accoudoir et la posture debout, lors de la réalisation de diverses tâches de bureautique, incluant l'utilisation d'une souris informatique et de la frappe sur le clavier. Lors de l'utilisation de la souris standard placée à côté du clavier, nos résultats ne montrent pas de différence de sollicitations des muscles BB, TB et TRA droits entre les postures assis sur un siège de bureau traditionnel et debout. Ainsi, globalement, ils vont dans le même sens que ceux de Choi *et al.* (2022) et Botter *et al.* (2016). Par contre, Lin *et al.* (2017) ont observé, chez des participants réglant eux-mêmes leur poste de travail et réalisant diverses tâches avec un clavier et une souris standard, une sollicitation du muscle extensor carpi radialis droit (P10, P50 et P90) plus importante pour la posture debout que pour la posture assise ; aucune différence n'a été mise en évidence pour ECR gauche. Nos résultats ne montrent pas de différence de sollicitations des muscles ECR droit et gauche entre la posture assise et la posture debout, lors de l'utilisation de la souris standard placée à côté du clavier. Enfin, en ce qui concerne les muscles du dos, toujours lors de l'utilisation de la souris standard placée à côté du clavier, nos résultats ne mettent pas en évidence de différence de sollicitation d'ES droit et gauche entre la posture debout et la posture assis sur un siège de bureau. Ces résultats vont dans le même sens que ceux de Botter *et al.* (2016) qui n'ont pas mis en évidence de différence de sollicitation de l'erector spinae longissimus (50^{ème} et 95^{ème} percentiles) entre la posture debout et assis sur un siège traditionnel.

4.1.2.4. Posture en pédalant assis sur un ergocycle

Toutes configurations de dispositifs de pointage confondues, la posture en pédalant assis sur un ergocycle est celle des 4 postures étudiées qui induit l'activité la plus élevée de la plupart des muscles. En effet, les 3 niveaux de sollicitations des muscles FDS et TB droits, FDS, ECR, BB et TB gauches ainsi que le P90 de RF droit et d'ES gauche et les P50 et P90 de ECU et RF gauches sont plus élevés pour la posture en pédalant assis sur un ergocycle que pour les 3 autres postures, avec des magnitudes d'effet allant d'élévées à très faibles. Par rapport aux 3 autres postures, cette posture présente également la variabilité intra-essai la plus élevée pour TB, TRA et RF droits ainsi que pour FDS, ECR, ECU, TB, TRA et RF gauches, avec des magnitudes d'effet variant d'élévées à très faibles.

De plus, toujours toutes configurations de dispositifs de pointage confondues, les P50 et P90 d'ES droit, les 3 niveaux de sollicitations de TRA droit ainsi que de TRA et ES gauches sont plus élevées pour la posture en pédalant assis sur un ergocycle que pour la posture assis sur un siège de bureau traditionnel, tout comme la variabilité intra-essai de ECR et ECU droits, avec des magnitudes d'effet allant de moyennes à très faibles. En conséquence, la posture en pédalant assis sur un ergocycle est la posture qui se démarque le plus de la posture assis sur un siège de bureau traditionnel aussi bien du point de vue des niveaux de sollicitation que de la variabilité intra-essai.

En comparaison à la posture de référence assis sur un siège de bureau traditionnel, lors de l'utilisation de la souris standard placée à côté du clavier, les P50 et P90 de TRA droit et le P90 d'ES gauche sont plus importants pour la posture en pédalant assis sur un ergocycle, avec des magnitudes d'effet faibles. Ces résultats diffèrent de ceux de Botter *et al.* (2016) qui ont étudié diverses tâches de bureautique, incluant l'utilisation d'une souris informatique et du clavier. En effet, cette équipe n'a pas mis en évidence de différence des 50^{ème} et 95^{ème} percentiles des erector spinae longissimus et des trapezius pars descendens entre une posture assis sur un siège et en pédalant assis sur un ergocycle. Ces différences de résultats entre études pourraient être liées aux diverses tâches réalisées.

4.1.3. Angles articulaires

Toutes configurations de dispositifs de pointage confondues, il existe un effet des postures de travail sur les 3 niveaux (P10, P50 et P90) d'angles articulaires de flexion-extension du cou, de flexion-extension et d'abduction-adduction des poignets, de prono-supination des avant-bras, de flexion des coudes, de flexion-extension, d'abduction-adduction et de rotations des épaules, avec des magnitudes d'effet allant d'élévées à très faibles. Toutes configurations de dispositifs de pointage confondues, les valeurs moyennes des 4 postures indiquent, pour les 3 niveaux d'angles, que les participantes étaient dans des postures induisant une flexion de C7-T1, une extension et une abduction des poignets, une pronation des avant-bras, une flexion des coudes, une flexion et une abduction des épaules. Les valeurs moyennes des 3 niveaux de la rotation de l'épaule droite signalent une rotation interne pour les postures assis sur un siège de bureau traditionnel, assis sur un ballon et debout ; celles de l'épaule gauche montrent une rotation interne pour les postures assis sur un siège de bureau traditionnel et assis sur un ballon. Concernant la rotation de l'épaule droite pour la posture en pédalant assis sur un ergocycle et celle de l'épaule gauche pour les postures debout et en pédalant assis sur un ergocycle, les valeurs moyennes des percentiles indiquent soit une rotation externe, soit une rotation interne. Pour chaque angle articulaire, toutes configurations de dispositifs de pointage confondues, les valeurs moyennes des 3 niveaux (P10, P50 et P90) sont proches, révélant une amplitude de mouvement réduite.

4.1.3.1. Posture assis sur un siège de bureau traditionnel

Toutes configurations de dispositifs de pointage confondues, les 3 niveaux de la flexion de C7-T1, de la rotation de l'épaule droite ainsi que les P10 et P50 de la rotation de l'épaule gauche sont plus importants, avec des magnitudes d'effet allant d'élévées à très faibles, pour la posture assis sur un siège de bureau traditionnel que pour les 3 autres postures. A l'inverse, les 3 niveaux de l'abduction du poignet droit et de la pronation de l'avant-bras droit sont moindres, avec des magnitudes d'effet allant de modérées à très faibles, pour la posture assis sur un siège de bureau traditionnel que pour les 3 autres postures. Outre ces résultats, les 3 niveaux de flexion des épaules sont moindres pour la posture assis sur un siège de bureau traditionnel que pour les deux postures les plus instables, assis sur un ballon et en pédalant assis sur un ergocycle, avec des magnitudes d'effet moyennes ou faibles.

4.1.3.2. Posture assis sur un ballon

Toutes configurations de dispositifs de pointage confondues, les 3 niveaux de la flexion du coude droit et le P10 de la flexion de l'épaule droite, ainsi que les 3 niveaux de la flexion du coude gauche, le P10 de la flexion et le P90 de l'abduction de l'épaule gauche sont plus importants pour la posture assis sur un ballon que pour les 3 autres postures, avec des magnitudes d'effet allant d'élévées à très faibles. Les 3 niveaux de l'extension du poignet droit, les P50 et P90 de l'extension du poignet gauche ainsi que les P10 et P50 de l'abduction du poignet gauche sont moindres pour la posture assis sur un ballon que pour les 3 autres postures.

De plus, les 3 niveaux de l'abduction du poignet droit, de la pronation de l'avant-bras droit, les P50 et P90 de la flexion et le P90 de l'abduction de l'épaule droite, ainsi que le P90 de la pronation de l'avant-bras gauche et les P50 et P90 de flexion de l'épaule gauche sont plus importants pour la posture assis sur un ballon qu'assis sur un siège de bureau traditionnel, avec des magnitudes d'effet variant de moyennes à très faibles. Les 3 niveaux de flexion de T1-C7 et de rotation interne de l'épaule droite, ainsi que des P10 et P50 de rotation interne de l'épaule gauche sont moindres pour la posture assis sur un ballon que pour la posture assis sur un siège de bureau traditionnel, avec des magnitudes d'effet moyennes ou très faibles. Par conséquent, hormis pour la flexion de C7-T1 et la flexion de l'épaule gauche, la distinction entre ces deux postures est peu marquée. Ainsi, ces deux postures, assis sur un ballon et assis sur un siège de bureau traditionnel, entraînent une position plus neutre des poignets, en

flexion – extension et abduction – adduction, ainsi que des avant-bras en prono-supination que les deux autres postures.

4.1.3.3. Posture debout

Toutes configurations de dispositifs de pointage confondues, les 3 niveaux de l'extension et de l'abduction du poignet droit, de la pronation de l'avant-bras droit ainsi que de l'extension du poignet gauche, de la pronation de l'avant-bras gauche et les P10 et P50 de l'abduction du poignet gauche sont plus importants pour la posture debout que pour les trois autres postures, avec des magnitudes d'effet variant de moyennes à très faibles. En revanche, les 3 niveaux de la flexion de C7-T1, de la flexion du coude droit, de l'abduction de l'épaule droite, de la flexion et de l'abduction de l'épaule gauche ainsi que le P50 de la rotation de l'épaule gauche sont moindres pour la posture debout que pour les trois autres postures, avec des magnitudes d'effet variant d'élevées à faibles. Ainsi, la posture debout est la posture parmi les 4 qui se distingue le plus en ce qui concerne les angles articulaires étudiés et souvent de façon marquée. Les épaules, dans les plans de flexion – extension et d'abduction – adduction, se trouvent davantage en posture neutre pour cette posture que pour les postures les plus instables, en pédalant assis sur un ergocycle et assis sur un ballon.

Par ailleurs, le P90 de l'abduction de l'épaule gauche est plus important alors que les 3 niveaux de la rotation interne de l'épaule droite et le P10 de la rotation interne de l'épaule gauche sont moindres pour la posture debout que pour la posture assis sur un siège de bureau traditionnel.

Lin *et al.* (2017) ont observé chez des participants réglant eux-mêmes leur poste de travail et réalisant diverses tâches avec un clavier et une souris standard, un angle d'extension du poignet droit plus important et des angles d'abduction, de flexion et de rotation externe de l'épaule droite, mais aussi d'extension du cou moindres pour la posture debout que pour la posture assis sur un siège de bureau sans accoudoir. Les angles d'abduction – adduction du poignet, de flexion du coude et de prono-supination de l'avant-bras droits ne présentaient pas de différence selon ces postures. La comparaison avec nos résultats, obtenus lors de l'utilisation de la souris standard positionnée à côté du clavier, montre des similarités en ce qui concerne l'abduction de l'épaule droite et l'inclinaison du cou avec des magnitudes d'effet moyennes. En revanche, nos résultats révèlent aussi une abduction du poignet droit, une pronation de l'avant-bras droit et une rotation externe de l'épaule droite plus importantes pour la posture debout que pour la posture assis sur un siège de bureau, avec des magnitudes d'effet moyennes ou faibles. Ils ne présentent pas de différence entre ces deux postures pour l'extension du poignet droit ainsi que la flexion de l'épaule droite.

4.1.3.4. Posture en pédalant assis sur un ergocycle

Toutes configurations de dispositifs de pointage confondues, la posture en pédalant assis sur un ergocycle est la posture qui se distingue le moins nettement des 3 autres postures en ce qui concerne les angles articulaires étudiés. En effet, seules les P10 et P90 de la rotation externe de l'épaule droite sont plus importants et le P10 de la flexion du coude gauche est moindre que les trois autres postures, avec des magnitudes d'effet faibles ou très faibles.

Par ailleurs, la posture en pédalant assis sur un ergocycle diffère de la posture assis sur un siège de bureau traditionnel avec des magnitudes d'effet variant d'élevées à très faibles. En effet, les P10 et P50 de l'extension du poignet droit, les 3 niveaux de l'abduction du poignet droit, de la pronation de l'avant-bras droit, de la flexion de l'épaule droite, de l'extension et de l'abduction du poignet gauche, de la pronation de l'avant-bras gauche, de la flexion de l'épaule gauche sont plus importants, alors que les 3 niveaux de la flexion de C7-T1, les P10 et P50 de l'abduction de l'épaule gauche sont moindres pour la posture en pédalant assis sur un ergocycle que pour la posture assis sur un siège de bureau traditionnel. Par ailleurs, le P90 de l'épaule droite et les P10 et P50 de l'épaule gauche sont davantage en position neutre pour la posture en pédalant assis sur un ergocycle que pour la posture assis sur un siège de bureau traditionnel.

4.1.4. Performance de réalisation de la tâche

Toutes configurations de dispositifs de pointage confondues, le temps de réalisation de la tâche est le plus long pour la posture en pédalant assis sur un ergocycle par rapport aux trois autres postures, avec des magnitudes d'effet moyennes, et le plus court pour la posture assis sur un siège de bureau traditionnel, avec des magnitudes d'effet allant de moyennes à faibles. Les postures debout et assis sur un ballon ne se distinguent pas l'une de l'autre. Concernant le nombre de clics, toutes configurations de dispositifs de pointage confondues, aucun effet posture n'est relevé.

Une interaction posture X configuration de dispositif de pointage est mise en évidence pour les deux variables de performance. En effet, les magnitudes d'effet relatives au temps de réalisation de la tâche entre la posture en pédalant assis sur un ergocycle et les 3 autres postures sont plus marquées lors de l'utilisation du pointeur central que lors de l'utilisation des 4 autres configurations de dispositifs de pointage. De plus, pour les configurations de dispositifs de pointage souris inclinée, placée devant ou à côté du clavier, et pointeur central, le nombre de clics est plus important pour la posture en pédalant sur un ergocycle que pour certaines des 3 autres postures, avec des magnitudes d'effet moyennes ou faibles.

Commissaris *et al.* (2014) ont observé une détérioration des performances (temps de réaction et cibles manquées) lors de la réalisation de tâches de cliquages multidirectionnels de cibles effectuées avec une souris standard pour les postures en pédalant assis sur un ergocycle ou debout par rapport à la posture assis sur un siège de bureau. A noter que les tâches de frappe sur le clavier ou de lecture n'ont pas engendré de différence de performance entre les postures. De leur côté, Choi *et al.* (2022) n'ont pas observé de différence du taux de réussite, pour des tâches de pointage-cliquage et de pointage-cliquage-déplacement effectuées avec une souris standard, entre la posture debout et la posture assis sur un siège de bureau. Enfin, Straker *et al.* (2009) n'ont pas mis en évidence de différence concernant la précision d'une tâche de pointage-cliquage multidirectionnelle réalisée avec une souris standard entre les postures assis sur un siège de bureau, en pédalant sur un ergocycle et debout, ni de différence concernant la vitesse de réalisation de la tâche entre les postures assis sur un siège standard et debout. Par contre, ces auteurs ont observé une vitesse de réalisation de la tâche plus importante pour ces deux postures que pour la posture en pédalant assis sur un ergocycle. Globalement, ces résultats issus de la littérature sont en adéquation avec les nôtres quand est considéré uniquement l'utilisation de la souris standard placée à côté du clavier, condition pour laquelle dans notre étude le nombre de clics ne diffère pas selon les postures et le temps de réalisation de la tâche est plus long pour la posture en pédalant assis sur un ergocycle qu'assis sur un ballon ou sur un siège de bureau traditionnel, sans différence entre la posture debout et ces 3 postures. Straker *et al.* (2009) ont suggéré que la baisse de la vitesse de réalisation des tâches pouvait résulter d'une interférence des mouvements du tronc sur la stabilité des membres supérieurs, laquelle est nécessaire lors de tâches de motricité fine telle que l'utilisation d'un dispositif de pointage. Ojo *et al.* (2018) ont indiqué que la baisse de performance dans certaines postures serait aussi liée à l'intensité de l'activité. Nos résultats semblent corroborer ces hypothèses. En effet, comme l'indique la variabilité intra-essai des muscles des membres supérieurs, la posture en pédalant assis sur un ergocycle, pour laquelle le temps de réalisation de la tâche est le plus long par rapport aux 3 autres postures, entraîne davantage de mouvements du haut du corps que les trois autres postures. Comme suggéré par Commissaris *et al.* (2014) et Straker *et al.* (2009), pédaler et réaliser une tâche informatique en même temps relèvent d'une double tâche pouvant engendrer une charge cognitive accrue et donc impacter la performance ou la productivité lors de certaines tâches. Dans ce même ordre d'idée, nos résultats montrent que la performance est aussi liée à l'interaction entre la posture et le dispositif de pointage utilisé, puisqu'elle est la moins bonne pour la posture en pédalant assis sur un ergocycle associée à l'utilisation du pointeur central.

4.1.5. Ressenti des participantes

Toutes configurations de dispositifs de pointage confondues, mais aussi globalement quelle que soit la configuration du dispositif de pointage, les participantes indiquent que la tâche expérimentale est la plus facile à réaliser pour la posture assis sur un siège de bureau traditionnel et la plus difficile en pédalant assis sur l'ergocycle, avec des magnitudes d'effet allant d'élevées à faibles. De plus, parmi les 4 postures, la majorité des participantes indique préférer travailler en posture assis sur un siège de bureau traditionnel. Les postures debout et en pédalant assis sur un ergocycle sont à l'inverse les moins appréciées.

Lin *et al.* (2017) ont précédemment rapporté un inconfort des membres supérieurs plus important pour la posture debout que pour la posture assis sur un siège au bout de 45 minutes lors de la réalisation de diverses tâches avec un clavier et une souris standard. Le niveau d'inconfort était toutefois similaire entre les deux postures après seulement 10 minutes. Au niveau du ressenti, Commissaris *et al.* (2014) n'avaient pas observé de diminution de la performance perçue lors de tâches de pointage-cliquage multidirectionnel effectuées avec une souris standard entre la posture assis sur un siège de bureau et la posture debout. Toutefois, les participants avaient exprimé une moins bonne performance perçue pour la posture en pédalant assis sur un ergocycle que pour les postures assis sur un siège de bureau ou debout. Dans notre étude, où le ressenti était recueilli juste après avoir effectué la tâche dans une condition (posture X configuration du dispositif de pointage), soit environ après 5 minutes de tâche de pointage-cliquage-déplacement, les participantes indiquent que la tâche est plus difficile à réaliser pour la posture en pédalant assis sur un ergocycle par rapport aux trois autres postures et pour la posture debout par rapport à la posture assis sur un siège de bureau traditionnel, ceci lors de l'utilisation de la souris standard placée à côté du clavier. Ainsi, bien que les indicateurs de perception soient différents entre ces études, ils confortent l'idée que certaines postures de travail sont plus ou moins appréciées que d'autres et que ce ressenti peut dépendre de la durée de travail.

4.2. Effets liés aux différentes configurations de dispositifs de pointage

Les résultats de cette étude mettent en évidence des effets marqués liés aux configurations des dispositifs de pointage sur les activités musculaires (niveaux de sollicitation et variabilité intra-essai), les amplitudes articulaires des membres supérieurs et du cou, la performance de réalisation de la tâche et le ressenti des participantes.

Par ailleurs, d'une part du fait que les configurations des dispositifs de pointage n'ont pas d'effet sur l'activité musculaire des cuisses, quasiment pas d'effet sur l'activité musculaire du dos, et un effet très peu marqué sur la dépense énergétique et la fréquence cardiaque, et d'autre part, du fait qu'il n'y ait pas d'explications physiologiques rationnelles associant les différentes configurations de pointage et ces variables, ces résultats ne seront pas développés dans cette discussion.

Plus précisément, en ce qui concerne les activités musculaires des membres supérieurs, le pointeur central se distingue nettement des 4 autres configurations de dispositifs de pointage avec une diminution des 3 niveaux de sollicitations des muscles du membre supérieur droit (membre dominant) et une augmentation de ceux du membre supérieur gauche (non dominant). Il apparaît se distinguer davantage de la souris standard, d'une part, et du placement à côté du clavier, d'autre part. De façon moins marquée, les muscles extenseurs du carpe droit sont davantage sollicités avec la souris standard qu'avec la souris inclinée, quel que soit le placement sur le plan de travail, et lors du placement de la souris à côté du clavier que devant celui-ci, quel que soit le type de souris. La variabilité intra-essai est, quant à elle, plus importante pour les muscles distaux du membre supérieur gauche (FDS, ECR et ECU) avec le pointeur central et pour les muscles plus proximaux du membre supérieur droit (BB, TB et TRA) et TRA du membre supérieur gauche avec les deux souris, quels que soient leurs placements sur le plan de travail.

Concernant les angles articulaires, le pointeur central se distingue clairement des 4 autres configurations de dispositifs de pointage avec une position plus neutre des épaules et du poignet droit mais avec une pronation des avant-bras et une extension et abduction du poignet gauche plus sollicitantes. Quel que soit le type de souris, le placement devant le clavier engendre un positionnement de l'épaule et du poignet droits plus neutre que le placement à côté du clavier. Comme attendu mais de façon peu marquée, la souris standard entraîne une pronation de l'avant-bras droit plus importante que la souris inclinée.

La performance de réalisation de la tâche est meilleure avec les souris, quels que soient leurs placements sur le plan de travail, qu'avec le pointeur central. Elle est également meilleure avec la souris standard qu'avec la souris inclinée et lorsque les souris sont placées à côté du clavier que devant le clavier. Ces résultats sont semblables à ceux relatifs au ressenti des participantes concernant la difficulté à réaliser la tâche et à leur préférence.

Ainsi, nos résultats présentent des différences entre le pointeur central versus les 4 autres configurations de dispositifs de pointage, entre les deux placements sur le plan de travail et entre les deux types de souris. Les paragraphes ci-après détaillent ces aspects.

4.2.1. Activités musculaires

Toutes postures confondues, il existe un effet des configurations de dispositifs de pointage sur les 3 niveaux de sollicitations de FDS, ECR, ECU, BB et TB droits ainsi que de FDS, ECR, ECU et BB gauches mais aussi sur la variabilité intra-essai de ECR, BB, TB, TRA et ES droits et de FDS, ECR, ECU et TRA gauches avec des magnitudes d'effet allant d'élévées à très faibles.

4.2.1.1. Pointeur central VS configurations des dispositifs de pointage incluant une souris

Le pointeur central se distingue clairement des 4 autres configurations de dispositifs de pointage, aussi bien en ce qui concerne les 3 niveaux de sollicitations (P10, P50 et P90) que la variabilité intra-essai (CV) des activités musculaires des membres supérieurs. Ainsi, toutes postures confondues, pour le membre supérieur droit (côté dominant), l'utilisation du pointeur central génère des niveaux de sollicitation plus faibles pour FDS, ECR, ECU, BB et TB, avec des magnitudes d'effet variant d'élévées à faibles, par rapport aux 4 autres configurations de dispositifs de pointage. Les niveaux de sollicitations musculaires du membre supérieur gauche (côté non dominant) sont en revanche plus importants lors de l'utilisation du pointeur central par rapport aux 4 autres configurations de dispositifs de pointage, avec des magnitudes d'effet variant d'élévées à très faibles. En posture assis sur un siège de bureau, Lin *et al.* (2015) ont observé une activité des muscles extenseurs du carpe du membre dominant plus faible lors de l'utilisation d'un pointeur central que d'une souris standard placée à côté du clavier, confirmant ainsi nos observations dans cette posture. Par ailleurs, toutes postures confondues, le pointeur central apparaît dans notre étude se différencier davantage de la souris standard ainsi que du placement à côté du clavier, et donc de façon moindre de la souris inclinée et du placement devant le clavier, au regard des magnitudes d'effet des niveaux de sollicitation des muscles ECU et TB du membre supérieur droit. De plus, toutes postures confondues, la variabilité intra-essai de l'activité des muscles BB, TB et TRA droits ainsi que du muscle TRA gauche est moindre avec le pointeur central qu'avec les 4 autres configurations de dispositifs, avec des magnitudes d'effet allant d'élévées à très faibles, alors que celle des muscles FDS, ECR et ECU gauches est plus importante lors de l'utilisation du pointeur central, avec des magnitudes d'effet élevées ou moyennes. Concernant le muscle ECR droit, la variabilité de son activité EMG liée à l'utilisation du pointeur central ne se différencie pas de celle de la souris standard, qu'elle soit placée devant ou à côté du clavier. En revanche, elle est plus importante qu'avec la souris inclinée, pour les deux placements sur le plan de travail, avec des magnitudes d'effet faibles. Ainsi, le pointeur central présente la caractéristique de répartir l'activité musculaire au niveau des deux membres supérieurs. La consigne donnée

dans notre étude était de cliquer uniquement avec les doigts de la main gauche et de déplacer la barre mobile avec les doigts de la main droite, générant ainsi des sollicitations musculaires globalement plus faibles pour les muscles du membre supérieur droit et plus importantes pour les muscles du membre supérieur gauche par rapport aux 4 autres configurations de dispositifs de pointage.

4.2.1.2. Comparaison des configurations des dispositifs de pointage incluant des souris

Les 4 configurations de dispositifs de pointage incluant une souris présentent également des différences entre elles mais uniquement pour les activités du membre supérieur droit (niveaux de sollicitation et variabilité intra-essai), et ce avec des magnitudes d'effet faibles ou très faibles.

- Type de souris

Toutes postures confondues, les 3 niveaux de sollicitation (P10, P50 et P90) des muscles extenseurs du carpe droits, ECR et ECU, sont plus importants avec la souris standard qu'avec la souris inclinée pour les deux placements sur le plan de travail. Ces résultats sont également observés pour la posture assis sur un siège de bureau traditionnel, à l'exception du placement devant le clavier pour ECR. Une sollicitation plus importante des muscles extenseurs du carpe avec la souris standard qu'avec une souris inclinée a aussi été précédemment mise en évidence dans plusieurs études au cours desquelles les participants étaient assis sur un siège de bureau (Chen and Leung 2007, Houwink *et al.* 2009, Gaudez and Cail 2017). Par ailleurs, dans notre étude, toutes postures confondues, la variabilité intra-essai est plus importante au niveau de ECR et TRA droits avec la souris standard qu'avec la souris inclinée. Ainsi, bien que les différences soient peu marquées, la souris standard, communément utilisée lors d'activités sur écran, induit globalement des niveaux de sollicitation et une variabilité intra-essai de l'activité musculaire du membre dominant plus importants que la souris inclinée.

- Placement des souris sur le plan de travail

Toutes postures confondues et quel que soit le type de souris utilisé (standard ou inclinée), les 3 niveaux de sollicitation de ECR, ECU et TB du membre supérieur droit sont plus élevés pour le placement à côté du clavier que devant le clavier. Gaudez and Cail (2016) et Gaudez and Cail (2020) avaient enregistré, pour une posture assis sur un siège de bureau, des niveaux de sollicitation des muscles extenseurs du carpe plus importants lorsque les souris (standard, inclinée et verticale) étaient positionnées à côté du clavier que devant celui-ci, alors que Dennerlein and Johnson (2006a) n'avaient pas mis en évidence de différences entre ces deux placements sur le plan de travail lors de l'utilisation d'une souris standard. Dans cette posture, assis sur un siège de bureau traditionnel, nos résultats mettent en évidence une sollicitation des muscles extenseurs du carpe droit plus importante pour le placement à côté du clavier seulement avec la souris standard. Par ailleurs, toutes postures confondues, la variabilité intra-essai est plus importante seulement au niveau du muscle TB droit lorsque les souris sont placées à côté du clavier que devant celui-ci. Ainsi, au regard de nos différents résultats, le placement de la souris à côté du clavier engendre des niveaux de sollicitation et une variabilité de l'activité musculaire du membre dominant plus importants que devant le clavier, même si ceci reste peu marqué.

4.2.1.3. Interaction posture X configuration des dispositifs de pointage

L'interaction posture X configuration des dispositifs de pointage n'apporte globalement pas d'informations additionnelles majeures par rapport à l'effet principal configurations des dispositifs de pointage. Il est toutefois à noter que l'utilisation du pointeur central pour la posture en pédalant assis sur un ergocycle entraîne des niveaux de sollicitation des muscles TRA droit et gauche, avec des magnitudes d'effet allant de moyennes à faibles, et une

variabilité intra-essai moindre du TRA gauche, avec des magnitudes d'effet allant d'élevées à moyennes, que les 4 autres configurations de dispositifs de pointage.

4.2.2. Angles articulaires

Il est relevé un effet des configurations de dispositifs de pointage sur les 3 niveaux (P10, P50 et P90) de chacun des angles articulaires des membres supérieurs. A noter, que les valeurs moyennes de ces 3 niveaux, pour chaque angle articulaire, sont proches, révélant une amplitude de mouvement réduite.

4.2.2.1. Pointeur central VS configurations des dispositifs de pointage incluant une souris

Le pointeur central se distingue nettement des 4 autres configurations de dispositifs de pointage, pour les 3 niveaux d'angles des articulations des membres supérieurs. Plus précisément, toutes postures confondues, le membre supérieur droit présente une pronation de l'avant-bras plus importante, une extension et une abduction du poignet ainsi qu'une abduction de l'épaule plus faibles, avec des magnitudes d'effet allant d'élevées à très faibles, lors de l'utilisation du pointeur central par rapport à celle des 4 autres dispositifs de pointage, ceci pour les 3 niveaux d'angles. Comme attendu, l'épaule droite est davantage en rotation interne avec le pointeur central qu'avec les souris placées à côté du clavier, avec des magnitudes d'effet élevées, et l'est moins comparée aux souris placées devant le clavier, avec des magnitudes d'effet faibles ou très faibles. Par ailleurs, pour le membre supérieur gauche, toutes postures confondues, le poignet est davantage en extension et en adduction, avec respectivement des magnitudes d'effet élevées et moyennes, l'avant-bras en pronation, avec des magnitudes d'effet faibles ou très faibles, le coude en flexion, avec des magnitudes d'effet élevées, et l'épaule en rotation interne, avec des magnitudes d'effet élevées, lors de l'utilisation du pointeur central que dans les 4 autres configurations de dispositifs de pointage. De plus, les angles en flexion et abduction de l'épaule gauche sont moindres avec le pointeur central qu'avec les 4 autres configurations de dispositif de pointage, avec respectivement des magnitudes d'effet élevées et moyennes. Ainsi, la position des épaules, dans les trois plans de l'espace, et celle du poignet droit dans les plans de flexion – extension et abduction – adduction se trouvent davantage dans des positions neutres lors de l'utilisation du pointeur central que dans les 4 autres configurations de dispositifs de pointage. En revanche, la pronation – supination des avant-bras et la position du poignet gauche présentent une posture plus neutre lors de l'utilisation d'une souris, qu'elle soit placée devant ou à côté du clavier, que du pointeur central.

Le pointeur central se distingue davantage des souris placées à côté du clavier que devant celui-ci, surtout pour les articulations du coude et de l'épaule du membre supérieur droit. En effet, toutes postures confondues, les articulations en flexion – extension du coude et de l'épaule droits ne présentent pas de différence significative entre le pointeur central et les souris placées devant le clavier. Par contre, des différences sont observées entre le pointeur central et les souris placées à côté du clavier pour les 3 niveaux de flexion du coude ainsi que de l'abduction et de la rotation interne de l'épaule avec des magnitudes d'effet élevées mais aussi de flexion de l'épaule avec des magnitudes d'effet faibles ou très faibles. Comme attendu, les niveaux de la pronation de l'avant-bras droit sont plus importants avec le pointeur central qu'avec la souris inclinée, pour les deux placements sur le plan de travail, avec des magnitudes d'effet élevées. Ces niveaux d'angle sont aussi plus importants avec la souris standard, par rapport au pointeur central, avec une différence plus marquée en fonction du placement sur le plan de travail puisque les magnitudes d'effet sont élevées lorsque la souris standard est placée à côté du clavier et faibles placée devant le clavier. Lors de la réalisation de tâches de pointage-cliquage et pointage-déplacement effectuées en posture assis sur un siège de bureau, Lin *et al.* (2015) ont mis en évidence, au niveau du membre supérieur droit, une rotation interne de l'épaule plus importante ainsi qu'une abduction et une flexion de

l'épaule, une flexion du coude et une adduction du poignet moindre avec le pointeur central qu'avec une souris standard placé à côté du clavier. Ils n'avaient pas observé de différences relatives à la prono-supination de l'avant-bras et à l'extension du poignet droits entre ces deux dispositifs. Tout comme ces auteurs, pour la posture assis sur un siège de bureau, nos résultats montrent une posture plus neutre de l'épaule et du poignet droits avec le pointeur central par rapport à la souris standard placée à côté du clavier, avec des magnitudes d'effet élevées ou moyennes. A noter que notre étude ne montre pas de différence de flexion de l'épaule droite entre ces deux configurations.

4.2.2.2. Comparaison des configurations des dispositifs de pointage incluant une souris

- Placement des souris sur le plan de travail

Toutes postures confondues, quel que soit le type de souris, standard ou inclinée, le placement à côté du clavier engendre une abduction et une rotation externe de l'épaule droite plus importante ainsi qu'une flexion du coude droit moindre que le placement devant le clavier, avec des magnitudes d'effet généralement élevées. Le placement à côté du clavier entraîne aussi globalement une extension du poignet droit et une flexion de l'épaule droite plus importantes ainsi qu'une pronation de l'avant-bras droit moindre que le placement devant le clavier, avec des magnitudes d'effet faibles ou très faibles. Ainsi, quel que soit le type de souris, le placement de la souris devant le clavier engendre un positionnement de l'épaule droite, dans les trois plans de l'espace, et un positionnement du poignet droit en flexion-extension plus neutres que le placement à côté du clavier. Dans l'étude de Dennerlein and Johnson (2006a), où les participants réalisaient des tâches de pointage, cliquage et/ou déplacement en posture assis sur un siège de bureau avec une souris standard, il a été observé un P10 de l'extension du poignet droit et des P10, P50 et P90 de la rotation externe de l'épaule droite plus importants lors du placement à côté du clavier que devant le clavier. Ces résultats sont en adéquation avec les nôtres dans cette posture. Par contre, Dennerlein and Johnson (2006a) ont observé un P50 et un P90 de flexion de l'épaule plus importants et un P10 de l'abduction de l'épaule moindre lorsque la souris était placée à côté du clavier que devant celui-ci. De plus, le poignet se trouvait en adduction lors de l'utilisation de la souris placée à côté du clavier et plutôt en abduction placée devant le clavier. Dans notre étude, pour la posture assis sur un siège de bureau, les angles de flexion – extension du poignet et de l'épaule ne présentent pas de différence avec la souris standard selon le placement sur le plan de travail et l'épaule est davantage en abduction lors du placement de la souris standard à côté du clavier que devant celui-ci. Dans leur étude, Gaudet and Cail (2016) n'ont pas observé de différences des angles moyens d'extension du poignet ainsi que d'abduction – adduction du poignet et de l'épaule pour la posture assis sur un siège de bureau entre le placement des souris (standard, inclinée, verticale) à côté et devant un clavier lors de la réalisation de tâches de pointage, cliquage et/ou déplacement. Ces différences de résultats entre ces 3 études pourraient être dues au positionnement du membre supérieur des participants sur le plan de travail lorsque la souris est placée devant le clavier. En effet, pour ce placement, la souris peut être positionnée plus ou moins parallèlement au clavier et plus ou moins éloignée du plan sagittal médian du participant, à gauche ou à droite de celui-ci, impactant ainsi les angles articulaires du membre supérieur droit. Par ailleurs, dans l'étude de Dennerlein and Johnson (2006a), le siège ne présentait pas d'accoudoirs, ce qui n'était pas le cas dans l'étude de Gaudet and Cail (2016) et la nôtre. Ces différences de résultats peuvent aussi être liées à la tâche réalisée. Gaudet and Cail (2016) ont en effet observé des différences d'angles articulaires du membre supérieur dominant selon la tâche réalisée avec une souris.

- Type de souris

Toutes postures confondues, le type de souris a également un effet sur les angles du membre supérieur droit, avec des magnitudes d'effet globalement faibles ou très faibles. A noter que pour certaines articulations, cet effet est présent pour un seul des placements sur le plan de travail et quelquefois uniquement pour certains percentiles. Comme attendu, quel que soit le

placement sur le plan de travail, la souris standard engendre une pronation de l'avant-bras plus importante que la souris inclinée. Pour les deux placements sur le plan de travail, la souris standard génère une rotation interne de l'épaule plus importante que la souris inclinée. Placée à côté du clavier, l'utilisation de la souris standard induit aussi une extension du poignet plus importante ainsi qu'une abduction du poignet et une flexion de l'épaule plus faibles que celle de la souris inclinée. Placée devant le clavier, l'utilisation de la souris standard induit une flexion du coude et une abduction de l'épaule plus importantes ainsi qu'une abduction du poignet et une flexion de l'épaule moindres que celle de la souris inclinée. En posture assis sur un siège de bureau, Gaudez and Cail (2016) n'avaient pas observé de différence concernant l'extension du poignet et l'abduction de l'épaule entre une souris standard et une souris inclinée lors de la réalisation d'une tâche de pointage-cliquage-déplacement. Ils avaient remarqué un positionnement du poignet plutôt en abduction lors de l'utilisation de la souris standard et en adduction avec la souris inclinée. A noter que ces auteurs avaient remarqué une extension plus importante du poignet droit avec la souris inclinée qu'avec la souris standard pour une tâche de pointage et une autre de pointage-cliquage sans déplacement. Dans notre étude, pour la posture assis sur un siège de bureau traditionnel, les souris standard et inclinée ne présentent pas de différence en ce qui concerne les angles du poignet droit. De plus, uniquement lors du placement devant le clavier, l'abduction de l'épaule est plus importante avec la souris standard qu'avec la souris inclinée, avec des magnitudes d'effet très faibles.

De façon plus inattendue, le type de souris et son placement sur le plan de travail ont un effet sur les angles de l'épaule gauche, avec toutefois des magnitudes d'effet très faibles. En effet, avec la souris inclinée, la position devant le clavier engendre une flexion de l'épaule gauche plus importante que le placement à côté du clavier. De plus, pour les deux placements sur le plan de travail, la souris standard entraîne une abduction de l'épaule gauche plus importante que la souris inclinée.

4.2.3. Performance de réalisation de la tâche

Toutes postures confondues, le temps de réalisation de la tâche et le nombre de clics sont plus élevés lors de l'utilisation du pointeur central que des 4 autres configurations mais aussi avec la souris inclinée par rapport à la souris standard, quel que soit le placement sur le plan de travail, avec des magnitudes d'effet allant d'élévées à très faibles. La tâche est également réalisée plus rapidement lorsque les souris sont placées à côté du clavier que devant celui-ci, quel que soit le type de souris, avec des magnitudes d'effet faibles. L'interaction posture X configuration de dispositif de pointage indique aussi que les différences entre configurations de dispositif de pointage sont plus marquées pour la posture en pédalant assis sur un ergocycle puis assis sur un ballon. Pour la posture assis sur un siège de bureau traditionnel, le nombre de clics lors de l'utilisation du pointeur central est plus élevé uniquement par rapport à la souris standard placée à côté du clavier, et ce avec une magnitude d'effet faible.

En posture assis sur un siège de bureau, Jung (2014) avait mis en évidence que le temps de réalisation d'une tâche de pointage-cliquage-déplacement était plus long avec une souris inclinée qu'avec une souris standard. Dans cette même posture et aussi pour une tâche de pointage-cliquage-déplacement, Gaudez and Cail (2016) n'avaient pas observé de différence de temps de réalisation de la tâche ni entre les souris standard et inclinée ni en fonction du placement sur le plan de travail. Pour la posture assis sur un siège de bureau, notre étude montre un temps de réalisation de la tâche plus long avec la souris inclinée qu'avec la souris standard pour les deux placements sur le plan de travail, avec des magnitudes d'effet élevée ou moyenne, mais sans différence entre les deux placements sur le plan de travail, quel que soit le type de souris.

4.2.4. Ressenti des participantes

Les participantes indiquent, toutes postures confondues, que la tâche de pointage-cliquage-déplacement est plus difficile à effectuer avec le pointeur central qu'avec les souris, quels que soient leurs placements sur le plan de travail, avec des magnitudes d'effet allant d'élévées à très faibles. La tâche est également plus difficile à effectuer avec la souris inclinée qu'avec la souris standard, avec des magnitudes d'effet moyennes, et lorsque les souris sont placées devant le clavier qu'à côté de celui-ci, avec des magnitudes d'effet très faibles. Bien que non statistiquement significatif, Lin *et al.* (2015) avaient observé, en posture assis sur un siège de bureau, des valeurs de difficulté plus élevées avec un pointeur central qu'avec une souris standard placée à côté du clavier lors de la réalisation de tâches de pointage, cliquage et/ou déplacement. Nos résultats indiquent, dans cette posture, une différence significative entre ces deux dispositifs de pointage avec une magnitude élevée.

Concernant la préférence parmi les 5 configurations de dispositifs de pointage, une grande majorité des participantes indique préférer la souris standard placée à côté du clavier. Les configurations les moins préférées sont le pointeur central et la souris inclinée placée devant le clavier. De tels résultats ont précédemment été rapportés dans la littérature. Ainsi, une préférence à l'utilisation d'une souris standard a été observée par Kumar and Kumar (2008) par rapport à un pointeur central et par Jung (2014) par rapport à une souris inclinée. D'autres études ont également montré une préférence à l'utilisation d'une souris standard plutôt qu'à celle d'un dispositif de pointage alternatif (Gustafsson and Hagberg 2003, Lee *et al.* 2007, Jung 2014, Dehghan *et al.* 2015). Gaudez and Cail (2016) ont quant à eux noté une préférence des participantes lorsque les souris étaient placées à côté du clavier plutôt que devant celui-ci. Ceci peut s'expliquer par une coordination différente du mouvement de la main et du déplacement du curseur à l'écran selon le placement de la souris sur le plan de travail. En effet, lorsque la souris est placée à côté du clavier, le déplacement horizontal du curseur sur l'écran est principalement le fait de mouvements du poignet et le déplacement vertical, de mouvements de plusieurs doigts (Lee and Bang 2013). Par contre, lorsque la souris est placée devant le clavier, c'est une combinaison des mouvements de ces différentes articulations qui va permettre un déplacement du curseur horizontalement et verticalement. A noter que Gaudez and Cail (2016) n'avaient pas observé de différence concernant le ressenti entre la souris standard et la souris inclinée.

4.3. Conséquences en termes de postures sédentaires

La problématique des postures sédentaires est en partie liée à la trop faible dépense énergétique induite par un effort physique proche de celui de repos. La consommation de dioxygène ($\dot{V}O_2$) et la fréquence cardiaque sont des variables classiquement utilisées pour quantifier l'intensité de l'effort physique. Dans notre étude, la consommation de dioxygène ($\dot{V}O_2$) et la fréquence cardiaque diffèrent entre chaque posture. Ces deux variables sont les plus faibles pour la posture assis sur un siège de bureau traditionnel, soulignant la très faible intensité d'effort physique lié au maintien de cette posture assise. La consommation de dioxygène ($\dot{V}O_2$) est la plus élevée, de façon marquée, pour la posture en pédalant assis sur un ergocycle par rapport aux trois autres postures. Elle est aussi plus élevée pour les postures assis sur un ballon que pour les postures debout et assis sur un siège de bureau traditionnel, même si les différences en valeurs absolues de $\dot{V}O_2$ sont faibles. Malgré cette augmentation significative de la $\dot{V}O_2$ pour les trois postures alternatives, la dépense énergétique exprimée en MET ne dépasse 1,5 (critère de définition d'une posture sédentaire) que pour la posture en pédalant assis sur un ergocycle ($2,21 \pm 0,49$ MET). Elle est en moyenne de $1,11 \pm 0,27$ MET pour assis sur un siège de bureau traditionnel, $1,25 \pm 0,25$ MET assis sur un ballon et $1,21 \pm 0,28$ MET debout. Ainsi, seule la posture en pédalant assis sur un ergocycle est à privilégier d'un point de vue de la dépense énergétique. La fréquence cardiaque est, quant à elle, la plus élevée pour la posture debout ; elle diffère, de façon peu marquée, de la posture en pédalant assis sur un ergocycle. La posture en pédalant assis sur un ergocycle génère par ailleurs une

fréquence cardiaque plus élevée que la posture assis sur un siège de bureau traditionnel et assis sur un ballon. Plusieurs études ont également observé une consommation de dioxygène, une dépense énergétique et une fréquence cardiaque plus élevées pour la posture debout que pour la posture assise (Gao *et al.* 2017, Gibbs *et al.* 2017, Horswill *et al.* 2017, Wang *et al.* 2018). Par ailleurs, Tudor-Locke *et al.* (2013) avaient signalé dans leur revue de la littérature que la dépense énergétique était quasiment similaire entre les postures assis sur un siège de bureau traditionnel et assis sur un ballon, mais plus élevée en pédalant assis sur un ergocycle. Au regard de ces différentes données, la posture assis sur un siège de bureau devrait être limitée dans le temps au regard de la très faible dépense énergétique qui y est associée et des potentielles pathologies qui peuvent en résulter (INRS 2022). Les postures debout et en pédalant assis sur un ergocycle, induisant une dépense énergétique ou une fréquence cardiaque plus élevée, seraient en ce sens à privilégier.

Par ailleurs, Lin *et al.* (2012) ont montré le bénéfice de l'activité musculaire des membres inférieurs sur le mécanisme de retour veineux. Nos résultats indiquent des sollicitations (P50 et P90) et une variabilité intra-essai de l'activité des muscles RF plus importantes pour les postures en pédalant assis sur un ergocycle et assis sur un ballon que pour les postures les plus statiques, assis sur un siège de bureau traditionnel et debout, soulignant l'intérêt de ces deux postures dans la prévention des risques liées aux postures sédentaires. En posture debout, par rapport à la posture assis sur un siège de bureau traditionnel, les sollicitations et la variabilité intra-essai du muscle RF droit sont également plus élevées, mais de façon très peu marquée. Aussi, aucune différence n'est observée pour le muscle RF gauche. Ces résultats vont dans le sens de plusieurs études soulignant le risque d'apparition de troubles circulatoires des membres inférieurs lors du maintien prolongé de la posture debout statique mais aussi de la posture assis sur un siège (Lin *et al.* 2012, Waters and Dick 2015, Francisco *et al.* 2022).

4.4. Conséquences en termes de risques de survenue d'inconforts, de douleurs et de TMS

Même si les méta-analyses d'études épidémiologiques n'ont pas mis en évidence de relation causale évidente entre le travail sur ordinateur et le risque de survenue de TMS des membres supérieurs et du cou (Andersen *et al.* 2011, Mediouni *et al.* 2014), plusieurs études de cohorte ont rapporté, sur une période d'un an, des prévalences pouvant atteindre 60 % (Bergqvist *et al.* 1995, Jensen 2003, Woods 2005, Cagnie *et al.* 2007, Coggon *et al.* 2012, Kiss *et al.* 2012, Coggon *et al.* 2013, Hoe *et al.* 2018). Les facteurs de risques biomécaniques de survenue de TMS sont, entre autres, des amplitudes articulaires au-delà des zones dites de confort ainsi qu'un niveau de sollicitation musculaire élevé ou une variabilité faible de l'activité musculaire (Mathiassen 2006, Madeleine *et al.* 2008, Fuller *et al.* 2009, van Dieen *et al.* 2009, Madeleine 2010, Bosch *et al.* 2011, Cote 2012). Toutefois, à l'heure actuelle, aucune étude n'a identifié clairement de seuils de variabilité motrice induisant une réduction du risque de survenue de TMS (Ciccarelli *et al.* 2013, Gaudez and Cail 2016, Fedorowich and Cote 2018). Concernant le niveau de sollicitation, une charge musculaire statique élevée, correspondant au 10^{ème} percentile (P10) du niveau de sollicitation musculaire, induirait une activation continue de certaines unités motrices et donc un risque accru de développer une myalgie (Hagg 1991, Veiersted *et al.* 1993, Visser and van Dieen 2006). Par ailleurs, selon Jonsson (1978), si le 10^{ème}, le 50^{ème} ou le 90^{ème} percentile (P10, P50 et P90) d'une activité musculaire dépasse pendant une heure respectivement 5, 14 et 70 % du niveau de sollicitation maximale (obtenu lors d'une contraction maximale volontaire, CMV), un risque de fatigue musculaire peut survenir. La durée de la tâche expérimentale de notre étude était inférieure à une minute. Toutefois, lors d'activités réelles de travail, l'utilisation continue d'un dispositif de pointage peut dépasser une heure (Chaparro *et al.* 2000, Cook *et al.* 2000). De ce fait, la comparaison de nos résultats avec les seuils proposés par Jonsson (1978) permet d'estimer la présence ou non d'un risque de survenue de fatigue musculaire.

Concernant les poignets, au regard de ces indicateurs, le P10 de l'activité des deux muscles extenseurs du carpe droit (ECR et ECU) dépasse le seuil de risque proposé par Jonsson (1978) pour toutes les conditions expérimentales (Annexe 1). Ainsi, pour ces muscles, quelle que soit la configuration du dispositif de pointage et quelle que soit la posture de travail, un risque de survenue de fatigue musculaire est présent. De précédentes études ont également mis en évidence une activité du P10 des muscles extenseurs du carpe dépassant 5 % du niveau de sollicitation maximale lors de la réalisation de diverses tâches sur écran, réalisées avec différentes souris, placées devant ou à côté du clavier (Dennerlein and Johnson 2006a, Gaudez and Cail 2016, Gaudez and Cail 2017), corroborant ainsi nos résultats. A noter que le P10 de l'activité de ces deux muscles extenseurs du carpe droit est, dans notre étude, significativement plus élevé lors de l'utilisation des souris, quels que soient leurs placements sur le plan de travail, par rapport à celle du pointeur central. Nos résultats mettent aussi en évidence une sollicitation significativement plus importante de ces deux muscles avec la souris standard par rapport à la souris inclinée, mais aussi lors de l'utilisation des souris à côté du clavier que devant le clavier. Par ailleurs, la variabilité intra-essai de l'activité du muscle extensor carpi radialis (ECR) droit est plus élevée avec le pointeur central et la souris standard qu'avec la souris inclinée, quels que soient leurs placements sur le plan de travail. Aucune différence significative entre les 5 configurations de dispositifs de pointage n'est observée en ce qui concerne la variabilité intra-essai de l'activité du muscle extenseur carpi ulnari (ECU) droit. Au niveau du membre supérieur gauche, il est à noter que lors de l'utilisation du pointeur central, seul dispositif nécessitant l'utilisation de la main gauche, le P10 de l'ECR dépasse 5 % du niveau de sollicitation maximale pour les postures assis sur un siège de bureau traditionnel et en pédalant assis sur un ergocycle. La variabilité intra-essai des ECR et ECU gauches est aussi, comme attendu, plus élevée lors de l'utilisation du pointeur central que des 4 autres configurations, et ce quelle que soit la posture de travail. Enfin, la cinématique des poignets droit et gauche indique que les angles d'extension se situent dans la zone « acceptable » des normes NF EN 1005-5 (2007) et ISO 11228-3 (2007), quelles que soient la configuration du dispositif de pointage et la posture de travail. Parmi les cinq configurations de dispositifs de pointage, l'utilisation du pointeur central, telle que définie dans cette étude (déplacement de la barre avec la main droite et cliquage avec la main gauche), apparaît moins exigeante, tant du point de vue du niveau de sollicitation que de la variabilité, pour les muscles extenseurs du carpe droit quelle que soit la posture de travail par rapport aux 4 autres configurations de dispositifs de pointage. Le placement de la souris devant le clavier s'avère aussi moins exigeant pour les muscles extenseurs du carpe droit qu'à côté du clavier, quelle que soit le type de souris. Ces configurations de dispositifs de pointage pourraient donc être à privilégier pour réduire les sollicitations des muscles extenseurs du carpe droit. A noter, toutefois, que les sollicitations des muscles extenseurs du carpe gauche sont plus élevées avec le pointeur central qu'avec les 4 autres configurations. Cependant, au regard de l'ensemble de ces données, les cinq configurations de dispositifs de pointage présentent un risque de survenue de fatigue des muscles extenseurs du carpe droit. Il apparaît alors nécessaire que l'organisation du travail permette d'alterner les tâches nécessitant l'utilisation d'un dispositif de pointage avec d'autres tâches, et de faire des pauses régulières afin, entre autres, de réduire les sollicitations prolongées de ces muscles.

Concernant les épaules, en se référant à l'outil RULA (McAtamney and Nigel Corlett 1993) et aux observations rapportées par de précédentes études (Dennerlein and Johnson 2006a, Bruno Garza *et al.* 2012, Lin *et al.* 2015, Radwan *et al.* 2018), la rotation externe serait plus sollicitante que la rotation interne. Dans notre étude, une légère rotation externe de l'épaule droite ($\approx 12^\circ$) est observée lors du placement des souris à côté du clavier. Les angles de flexion et d'abduction sont quant à eux moindres avec le pointeur central pour les deux épaules et lorsque les souris sont placées devant le clavier pour l'épaule droite par rapport au placement des souris à côté du clavier, mettant en évidence une position de l'épaule plus neutre en considérant ces angles. Ces résultats corroborent ceux de Lin *et al.* (2015) et Dennerlein and Johnson (2006a). Ils soulignent le bénéfice articulaire d'un placement des souris devant le clavier. Au niveau musculaire, les niveaux de sollicitation du trapèze droit ne présentent pas

de différence en fonction des configurations du dispositif de pointage, toutes postures confondues. Toutefois, spécifiquement pour la posture en pédalant assis sur un ergocycle, les niveaux de sollicitation sont plus élevés lors de l'utilisation du pointeur central que des 4 autres configurations de dispositif de pointage. Toutes configurations de dispositifs de pointage confondues, les niveaux de sollicitation du muscle trapèze droit sont aussi plus élevés pour les deux postures les plus instables, assis sur un ballon et sur un ergocycle, que les deux postures les plus statiques, debout ou assis sur un siège de bureau traditionnel. Ces observations sont également présentes pour le muscle trapèze gauche mais de façon atténuée. Ainsi, il semblerait que ces deux postures, assis sur un ballon et sur un ergocycle, aient entraîné une instabilité du haut du corps (du tronc) plus importante que les deux autres postures. L'activité plus importante des trapèzes, des triceps et des fléchisseurs des doigts mais aussi du biceps et de l'extenseur carpi radialis gauches, pourrait être liée à une adaptation motrice visant à limiter cette instabilité afin de favoriser une manipulation fine et précise d'un dispositif de pointage par la partie distale d'un ou des membres supérieurs (Laurson *et al.* 2002). Par ailleurs, de par leur conception, la position de la main lors de la manipulation d'une souris et d'un pointeur central diffèrent. En effet, le pointeur central n'a pas besoin d'être maintenu contrairement à une souris et le défilement de la barre roulante du pointeur central nécessite une flexion des doigts plus importante que celle d'une souris (Lin *et al.* 2015). Ainsi, l'utilisation du pointeur central pourrait demander une stabilité plus importante de la partie proximale du membre supérieur (épaule) et donc une sollicitation accrue des muscles trapèzes lors de postures de travail instables.

Au niveau du dos, nos résultats mettent en évidence que les postures assis sur un ballon et en pédalant assis sur un ergocycle engendrent des sollicitations plus élevées des muscles erector spinae (ES) que la posture assis sur un siège de bureau standard. Ces résultats seraient en faveur d'une mobilisation accrue des muscles du dos, sans toutefois être excessive, lors de ces postures alternatives à la posture assis sur un siège de bureau standard. Plusieurs études, à travers différents indicateurs tels que l'inconfort perçu, la raideur du tronc, l'activité musculaire, ont montré que le maintien prolongé de la posture assis sur un siège de bureau standard pouvait en effet être à risque de survenue de lombalgies (Sondergaard *et al.* 2010, Cho *et al.* 2012, Collins and O'Sullivan 2015, Gupta *et al.* 2015, Bontrup *et al.* 2019, Waongenngarm *et al.* 2020, Arippa *et al.* 2022, Vöröš and Kozinc 2023). Par ailleurs, nos résultats indiquent que les P10 des ES droit et gauche sont plus élevés pour la posture assis sur un ballon mais aussi que la variabilité intra-essai de ES droit est la plus faible dans cette posture comparée aux trois autres. Ainsi, le maintien prolongé de la posture assis sur un ballon pourrait certes induire une mobilisation plus importante du dos mais également être source de fatigue musculaire, facteur de risque de survenue de lombalgies. A noter que dans notre étude, la normalisation des muscles ES a été réalisée lors de contractions sous-maximales, ainsi, les valeurs de P10 ne peuvent pas être comparées aux seuils de Jonsson (1978) et ne permettent pas d'extrapoler la survenue d'un risque de fatigue musculaire, comme cela a été fait pour les muscles extenseurs du carpe droit. Les études de Gregory *et al.* (2006), de Buchman-Pearle *et al.* (2022) et de Kingma and van Dieen (2009) ont aussi conclu que le maintien de la posture assis sur un ballon n'apportait pas réellement de bénéfice au niveau du dos par rapport à la posture assis sur un siège traditionnel. Enfin, dans notre étude, la posture debout présente à la fois une variabilité intra-essai de ES droit et un P90 plus élevés que les trois autres postures, associées à un P10 et un P50 parmi les plus faibles. Ainsi, cette posture semblerait à privilégier au niveau de l'activité des muscles érecteurs spinaux. A noter, toutefois, qu'Antle and Cote (2013) ainsi que Garcia *et al.* (2018) ont observé que l'inconfort au niveau du dos augmentait au cours de la première demi-heure de maintien de la position debout. Ainsi, le maintien de cette posture ne devrait pas être prolongé mais être alterné avec une autre posture. Plusieurs études ayant analysé l'alternance de la posture debout avec la posture assis sur un siège de bureau traditionnel ont mis en évidence un effet bénéfique de cette succession de postures sans pour autant déterminer la période d'alternance optimale (Chau *et al.* 2016, Karakolis *et al.* 2016, Agarwal *et al.* 2018, Chambers *et al.* 2019, Park and Srinivasan 2021, Black *et al.* 2022).

4.5. Considérations autour de la performance de réalisation de la tâche et du ressenti des participantes

Toutes les participantes ont réussi à effectuer la tâche expérimentale de pointage-cliquage-déplacement dans chacune des 20 combinaisons. Très majoritairement, elles ont exprimé préférer réaliser la tâche dans la condition habituellement rencontrée en situation réelle de travail, à savoir assis sur un siège de bureau traditionnel avec une souris standard placée à côté du clavier. En effet, 23 participantes sur 31 indiquent préférer cette posture par rapport aux 3 autres, 27 sur 31 cette configuration de dispositif de pointage et 18 sur 31 cette combinaison, posture assis sur un siège de bureau traditionnel X souris standard placée à côté du clavier. Par ailleurs, le temps de réalisation de la tâche est le plus court pour la posture assis sur un siège de bureau traditionnel et lors de l'utilisation de la souris standard placée à côté du clavier. Celui-ci est le plus long et sa réalisation perçue comme la plus difficile par les participantes pour la posture en pédalant assis sur un ergocycle par rapport aux trois autres postures, tous dispositifs de pointage confondus. Par contre, les 4 postures ne diffèrent pas entre-elles quant est considéré le nombre d'erreurs de cliquage, tous dispositifs de pointage confondus. Plusieurs études ont comparé les performances de travail de bureau, incluant diverses tâches, entre différentes postures. Elles n'ont globalement pas trouvé de différence de performance entre la posture assise sur un siège de bureau et les postures debout ou assis sur un ballon (Straker *et al.* 2009, Tudor-Locke *et al.* 2013, Russell *et al.* 2016, Gibbs *et al.* 2017, Zhu *et al.* 2018). Straker *et al.* (2009) et Commissaris *et al.* (2014) ont quant à eux observé une réduction de la performance entre les postures assis sur un siège de bureau et en pédalant, corroborant nos résultats.

Dans notre étude, les participantes indiquent aussi moins apprécier les postures en pédalant assis sur un ergocycle et debout. Ces données vont dans le sens de Beers *et al.* (2008) qui ont observé que les participants aimaient moins la posture debout qu'assis sur un siège de bureau. Concernant cette posture debout, Lin *et al.* (2017) avaient observé un inconfort plus élevé par rapport à assis sur un siège traditionnel au-delà de 45 minutes, mais identique au bout de 10 minutes. Dans le cadre de notre étude, les postures étaient maintenues 30 minutes. Le potentiel inconfort généré par la posture debout pourrait alors contribuer aux résultats obtenus dans notre étude, même si ce paramètre n'a pas été directement évalué.

Concernant les configurations de dispositif de pointage, la performance de réalisation de la tâche est moindre avec le pointeur central qu'avec les souris quels que soient leurs placements sur le plan de travail. Elle est moindre également avec la souris inclinée par rapport à la souris standard et lorsque les souris sont placées à côté du clavier que devant le clavier. A noter que ces résultats sont particulièrement présents pour les postures en pédalant assis sur un ergocycle et assis sur un ballon. Le ressenti des participantes est comparable au résultat de performance de réalisation de la tâche : la difficulté étant perçue comme plus élevée et la préférence comme plus faible pour le pointeur central par rapport aux souris, pour la souris inclinée par rapport à la souris standard et pour le placement devant le clavier par rapport à à-côté. Plusieurs études de la littérature révèlent globalement de meilleures performances en termes de durée de réalisation de la tâche, de taux d'erreur ou de précision lors de l'utilisation d'une souris standard ainsi qu'une préférence pour ce dispositif par rapport à un dispositif de pointage alternatif (Gustafsson and Hagberg 2003, Lee and Su 2008, Hedge *et al.* 2010, Müller *et al.* 2010, Quemelo and Vieira 2013, Jung 2014, Dehghan *et al.* 2015, Lin *et al.* 2015, Odell and Johnson 2015, Gaudez and Cail 2016). Ces éléments relatifs à la diminution de la performance associée à un ressenti dégradé sont importants puisqu'ils pourraient réduire l'acceptation des participantes à adopter les alternatives à la posture assis sur un siège de bureau ou à l'utilisation de la souris standard placée devant le clavier.

Au-delà du fait que la posture assis sur un siège de bureau traditionnel semble être la plus stable et donc potentiellement la plus propice à un travail de précision, nos résultats pourraient aussi s'expliquer par l'habitude, prise en amont de cette étude, d'utiliser la combinaison posture assis sur un siège de bureau traditionnel X souris standard placée à côté du clavier. Ceci, même si les participantes ont bénéficié de 2 séances d'entraînement avant la séance de

mesures expérimentales, la première pour s'habituer aux nouveaux dispositifs de pointage et placements sur le plan de travail et la seconde pour s'habituer simultanément à l'utilisation de ces configurations et aux nouvelles postures de travail. Au regard de nos résultats, la question de savoir si ces 2 séances d'entraînement étaient suffisantes pour se familiariser aux différentes conditions expérimentales peut se poser. Quemelo and Vieira (2013), Houwink *et al.* (2009), Müller *et al.* (2010) et Jung (2014) se sont précédemment interrogés sur le temps d'entraînement nécessaire pour se familiariser à de nouveaux périphériques d'entrée informatiques. Quemelo and Vieira (2013) ont ainsi demandé aux participants d'utiliser un nouveau périphérique huit heures par semaine pendant deux semaines. Au terme de cette période, les auteurs ont remarqué que certains participants ne manipulaient pas « correctement » le nouveau périphérique. Jung (2014) a observé, dans une étude de cas (1 seul participant), que la performance restait meilleure avec une souris standard même après trois mois d'utilisation régulière d'un nouveau dispositif (i.e. une souris inclinée) qui donnait pourtant entière satisfaction à la personne et permettait de réduire ses douleurs du cou et des épaules apparemment liées à l'utilisation de la souris standard. Müller *et al.* (2010) ont aussi observé, lors de la réalisation de différentes tâches informatiques d'une durée globale inférieure à 25 minutes par jour, répétées quotidiennement, qu'au bout de 5 jours, le temps de réalisation des tâches était toujours plus long avec le nouveau dispositif de pointage qu'avec la souris standard. Gaudet and Cail (2020) ont quant à eux demandé à des participantes de répéter, dans la même journée, une tâche de pointage-cliquage-déplacement 30 fois avec une souris standard, 90 fois avec souris inclinée et 90 fois avec une souris verticale. Ils ont noté un temps final de réalisation de la tâche similaire entre les trois souris. La stabilisation de la performance était atteinte, pour les souris inclinée et verticale, après environ 30 répétitions de la tâche. Notre étude s'est notamment appuyée sur ces résultats pour élaborer les séances d'entraînements, pour lesquelles chaque participante a réalisé le 1^{er} jour de familiarisation, après 20 minutes de rangements de jeu de carte, 30 répétitions de la tâche de pointage-cliquage-déplacement dans les 5 configurations de dispositif de pointage uniquement en posture assise sur un siège de bureau traditionnel et le 2^{ème} jour de familiarisation, après 5 minutes de rangements de jeu de carte, 20 répétitions de la tâche expérimentale dans les 20 conditions. Cependant, au regard de nos résultats de performance et de ressenti, il est encore légitime de s'interroger sur le fait que les deux séances d'entraînement aient été suffisantes pour modifier les habitudes des participantes et permettre une familiarisation aux nouvelles configurations de dispositifs de pointage et postures. Un temps de familiarisation plus important apparaît donc nécessaire à mettre en place dans le cadre d'une intégration de ces alternatives en situation réelle de travail. De futurs travaux pourraient être conduits en ce sens afin de mieux comprendre les processus d'apprentissage et d'adaptation motrice lors de l'utilisation de nouveaux outils en situation professionnelle.

4.6. Points forts, limites et perspectives

Le point fort majeur de cette étude, et original par rapport aux précédents travaux publiés dans la littérature, réside en une analyse croisée de l'effet de différentes postures de travail et de plusieurs configurations de dispositifs de pointage. Ces configurations de dispositifs de pointage combinent à la fois divers dispositifs de pointages et différents placements sur le plan de travail. De plus, cette étude évalue de nombreuses variables permettant de dresser un tableau des effets relativement exhaustif. En effet, les activités musculaires, à la fois des membres supérieurs et du dos, les angles articulaires des membres supérieurs, le ressenti des participantes, la performance de réalisation de la tâche ainsi que la dépense énergétique et la fréquence cardiaque ont été évalués. Cette étude a par ailleurs été réalisée en laboratoire, permettant le recueil de données en conditions contrôlées : la tâche étudiée était notamment standardisée, l'ordre des configurations des dispositifs de pointage et des postures était randomisé et le plan expérimental était complet, toutes les participantes ayant effectué l'ensemble des conditions.

Les résultats de cette étude sont toutefois valables uniquement pour les configurations de dispositifs de pointage, les postures, la population et la tâche expérimentale considérées. Ainsi, d'autres postures, telles que marcher sur un tapis roulant, s'asseoir sur un siège de bureau agrémenté d'un coussin ballon, sur un tabouret à base flexible ou dynamique, pourraient également être analysées et apporter des éléments nouveaux, tout comme d'autres dispositifs de pointage tels que le pavé tactile ou le trackball. La population étudiée dans cette étude est exclusivement féminine, tout comme dans les études de Kingma and van Dieen (2009) et Gaudez and Cail (2016). Les participantes sont également droitières et ne présentent pas de douleurs musculosquelettiques. Elles ont aussi moins de 40 ans, afin d'éviter des biais liés à la présence d'une presbytie même corrigée nécessitant un positionnement de l'écran d'ordinateur différent de celui d'une personne sans presbytie (INRS 2020). Or, les activités musculaires et la cinématique peuvent dépendre, entre autres, du genre, de la présence ou non de douleurs et de l'âge des participants (Laursen and Jensen 2000, Gregory *et al.* 2006, Kallenberg *et al.* 2006, Andersen *et al.* 2008, Won *et al.* 2009). En l'état, nos résultats apportent donc des premiers éléments de compréhension mais ne peuvent être généralisés sans précaution à l'ensemble des salariés.

Les consignes relatives à la position des participantes pour chaque posture et au maniement des dispositifs de pointage ont été spécifiées afin de standardiser les conditions et ainsi d'en faciliter la comparaison. Or, en conditions réelles de travail, la position et le maniement pourraient différer des consignes prescrites. Par exemple, la vitesse de pédalage sur l'ergocycle pourrait varier selon le moment de la journée, l'activité réalisée ou les individus (Straker *et al.* 2009). Straker *et al.* (2009) ont d'ailleurs suggéré que laisser les utilisateurs pédaler à leur vitesse préférée pourrait avoir un effet positif sur la performance. En ce qui concerne la manipulation du pointeur central en conditions réelles, elle peut se faire au choix avec la main droite ou la main gauche aussi bien pour le déplacement du curseur à l'écran que le cliquage. Ainsi, les résultats de la présente étude mériteraient d'être confortés par des données issues d'activités réelles de travail.

Cette étude a également considéré deux critères, reflétant des informations différentes, dans l'évaluation de la dépense énergétique et dans celle de l'activité musculaire, respectivement la consommation de dioxygène et la fréquence cardiaque pour l'un, et les 3 niveaux de sollicitation et la variabilité intra-essai pour l'autre. Chacun de ces critères, reflétant des informations spécifiques, a pu apporter des éléments de réponses différents permettant, au travers de la combinaison de ceux-ci, une analyse plus globale et donc une meilleure intégration de la complexité du système humain, entre autres métabolique et musculaire.

Par ailleurs, plusieurs études de laboratoire ont mis en évidence que le type de tâches réalisées pouvait influencer les réponses des variables mesurées (Keir *et al.* 1999, Gregory *et al.* 2006, Müller *et al.* 2010, Botter *et al.* 2016, Gaudez and Cail 2016). Or, lors d'activités de bureau, les tâches de travail peuvent inclure des tâches réalisées avec un dispositif de pointage, mais aussi avec un clavier, ou d'autres tâches comme de la lecture de documents. Pour les tâches spécifiquement réalisées avec un dispositif de pointage, elles peuvent également comporter différentes actions telles que du pointage, du cliquage ou du déplacement, uni ou multidirectionnel, et ce avec différents niveaux de précision ou de rapidité, rendant parfois difficile la comparaison de nos résultats avec la littérature et la généralisation de ceux-ci à l'ensemble des tâches habituellement effectuées lors d'un travail sur écran. De plus, les caractéristiques des équipements évalués peuvent aussi différer selon les études, telle la présence ou non d'accoudoirs incorporés au siège de bureau. Il en est de même de leur ajustement, avec par exemple la hauteur du plan de travail qui peut être réglée à hauteur du coude ou quelques centimètres en dessous, ou encore la vitesse de pédalage sur un ergocycle imposé à un rythme plus ou moins rapide. Ces caractéristiques ayant également un effet sur les variables mesurées (van Dieen *et al.* 2001, Delisle *et al.* 2006, Dennerlein and Johnson 2006b, Dumas *et al.* 2008, Onyebeke *et al.* 2014), la comparaison de nos résultats avec ceux d'autres études peut quelquefois être délicate. Par ailleurs, Straker *et al.* (2009) et Tudor-Locke *et al.* (2013) soulignent la finesse du contrôle moteur nécessaire au déplacement

d'une souris par rapport à une tâche de frappe sur le clavier. Ceyte (2020) et Stoffregen *et al.* (2007) ont quant à eux observé une interdépendance entre la posture et la cognition lors de la réalisation d'une tâche. Ainsi, une posture de travail semble adaptée à la fois à la tâche réalisée par les membres supérieurs et à la demande des fonctions supérieures nécessaire à sa réalisation. Une prochaine étude pourrait essayer de déterminer les combinaisons optimales entre postures de travail et tâches de bureau.

Enfin, dans la présente étude, la seule tâche analysée (*i.e.* tâche de pointage-cliquage-déplacement) était de courte durée, certes représentative de tâches habituellement rencontrées dans la vie réelle mais sans toutefois refléter l'activité réelle de travail dans son intégralité. En effet, en situation réelle, le travail sur écran est souvent réalisé pendant plusieurs minutes, voire plusieurs heures, même s'il est préconisé de faire des pauses régulières à la fois pour éviter l'apparition d'une fatigue visuelle ou musculaire, mais également pour rompre le maintien d'une posture sédentaire (INRS 2022, Kamoy *et al.* 2022, Talens-Estrelles *et al.* 2023). Or, Lin *et al.* (2017) ont observé une possible évolution des sollicitations posturales et musculaires ainsi que de l'inconfort ressenti par les participants en fonction de la durée de travail. Ainsi, pour apporter de nouveaux éléments de compréhension, une prochaine étude pourrait s'intéresser à évaluer l'effet de périodes de travail plus longues, comprenant ou non une alternance de différentes postures ou d'interruptions de la posture assise, sur la dépense énergétique, les sollicitations musculaires et posturales, la performance de réalisation de la tâche, le ressenti des participants ainsi que sur la charge mentale et les performances cognitives.

5. CONCLUSION

L'utilisation d'un ordinateur au travail est largement répandue. La posture la plus fréquemment observée parmi les salariés travaillant sur ordinateur est assis sur un siège de bureau traditionnel. Or, lorsqu'elle est prolongée, celle-ci induit une posture sédentaire, délétère pour la santé. Diverses initiatives visant à réduire l'exposition professionnelle aux postures sédentaires ont émergé ces dernières années. Il s'agit entre autres de postures de travail alternatives, censées induire notamment une dépense énergétique un peu plus élevée que la posture assise. Ainsi, dans l'objectif d'apporter des éléments de connaissances quant à ces nouvelles postures de travail, cette étude s'est attachée à comparer les postures assis sur un siège de bureau traditionnel, en pédalant assis sur un ergocycle, assis sur un ballon et debout. Nos résultats indiquent une élévation de la dépense énergétique et de la fréquence cardiaque avec les trois postures alternatives par rapport à la posture assis sur un siège de bureau traditionnel, mais un dépassement de la valeur de 1,5 MET (l'un des critères de définition des postures sédentaires) uniquement pour la posture en pédalant assis sur un ergocycle, ce qui en fait une posture alternative favorable à la prévention des risques associés aux postures sédentaires. En se focalisant spécifiquement sur le risque de survenue de lombalgies, la posture debout semble à privilégier et celle assis sur un ballon à éviter. A noter par ailleurs que les deux postures les plus instables, en pédalant assis sur un ergocycle et assis sur un ballon, apparaissent induire des sollicitations plus élevées des trapèzes que les deux postures les plus statiques, assis sur un siège de bureau traditionnel et debout, probablement pour limiter l'instabilité de la posture et afin de favoriser une manipulation fine du dispositif de pointage. Enfin, le temps de réalisation de la tâche, critère de performance dans notre étude, est le plus long en pédalant assis sur un ergocycle et le plus court assis sur un siège de bureau traditionnel. Le ressenti des participantes était également meilleur pour la posture assis sur un siège de bureau traditionnel. Ainsi, au regard de l'ensemble de ces résultats, il apparaît que la posture de travail idéale, en tous points de vue, n'existe pas. C'est l'alternance entre différentes postures qui apparaîtrait à privilégier afin de limiter les contraintes associées au maintien d'une posture unique. Pour cela, il semble nécessaire de mettre à disposition des salariés différents équipements, adaptés à leurs caractéristiques individuelles et à leurs activités, mais aussi de les informer sur les avantages et limites de chacun.

Le travail sur écran nécessite aussi généralement l'utilisation d'un dispositif de pointage. La souris standard, placée à côté du clavier, est le dispositif le plus souvent rencontré. Cependant, son utilisation intensive est à l'origine de multiples facteurs de risque pouvant générer un inconfort voire même des douleurs et l'apparition de TMS du cou et des membres supérieurs. Afin de réduire les contraintes biomécaniques associées à l'utilisation de cette souris, son placement devant le clavier a été suggéré et des dispositifs de pointage alternatifs ont été développés. Dans cette étude, cinq configurations de dispositifs de pointage (une souris standard et une souris inclinée placées à côté et devant le clavier ainsi qu'un pointeur central) ont été analysées. Nos résultats mettent tout d'abord en évidence que, quelle que soit la configuration, un risque de survenue de fatigue des muscles extenseurs du carpe du membre dominant est présent. Ainsi, il apparaît en premier lieu essentiel que l'organisation du travail permette aux salariés d'alterner des tâches nécessitant un dispositif de pointage avec d'autres tâches et de faire des pauses régulières adaptées au contenu et à l'intensité du travail. Cependant, d'un point de vue des sollicitations musculaires et posturales du membre supérieur dominant, l'utilisation du pointeur central et le placement des souris devant le clavier semblent à privilégier. La performance de réalisation de la tâche, en vitesse et en précision, est toutefois meilleure avec la souris standard et lors du placement des souris à côté du clavier. Ainsi, tout comme pour la posture de travail, il n'existe pas un dispositif de pointage idéal. Le choix du dispositif de pointage doit alors se faire en fonction de l'activité et des caractéristiques de l'utilisateur. Pour cela, il est conseillé d'essayer différents dispositifs dans son environnement de travail habituel. A noter que plusieurs jours peuvent être nécessaires pour s'habituer à une nouvelle configuration.

Enfin, il faut relever que toutes les participantes ont réussi à effectuer la tâche expérimentale de pointage dans chacune des 20 combinaisons. Toutefois, nos résultats montrent une performance dégradée et une sollicitation des muscles des épaules plus élevées pour la combinaison en pédalant assis sur un ergocycle X utilisation d'un pointeur central. Ainsi, pour une tâche nécessitant une précision de déplacement du curseur à l'écran, cette combinaison semble à éviter.

Pour conclure, il apparaît que les initiatives techniques visant à limiter certains facteurs de risques professionnels associés au travail sur écran peuvent apporter des bénéfices. Leur choix doit toutefois se faire au regard des spécificités de l'activité réalisée et des caractéristiques de chaque individu.

6. BIBLIOGRAPHIE

- Aadahl, M., Andreasen, A.H., Hammer-Helmich, L., Buhelt, L., Jorgensen, T., et al., 2013. Recent temporal trends in sleep duration, domain-specific sedentary behaviour and physical activity. A survey among 25-79-year-old danish adults. *Scand J Public Health*, 41 (7), 706-11, doi:10.1177/1403494813493151
- Aaras, A., Horgen, G., Bjørset, h.-H., Ro, O. & Thoresen, M., 1998. Musculoskeletal, visual and psychosocial stress in vdu operators before and after multidisciplinary ergonomic interventions. *Applied Ergonomics*, 29 (5), 335-354,
- Aaras, A. & Ro, O., 1997. Workload when using a mouse as an input device. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 9 (2), 105-118, doi:10.1207/s15327590ijhc0902_1
- Agarwal, S., Steinmaus, C. & Harris-Adamson, C., 2018. Sit-stand workstations and impact on low back discomfort: A systematic review and meta-analysis. *Ergonomics*, 61 (4), 538-552, doi:10.1080/00140139.2017.1402960
- Alderman, B.L., Olson, R.L. & Mattina, D.M., 2014. Cognitive function during low-intensity walking: A test of the treadmill workstation. *J Phys Act Health.*, 11 (4), 752-8. doi: 10.1123/jpah.2012-0097.,
- Andersen, J.H., Fallentin, N., Thomsen, J.F. & Mikkelsen, S., 2011. Risk factors for neck and upper extremity disorders among computers users and the effect of interventions: An overview of systematic reviews. *PLoS One*, 6 (5), e19691, doi:10.1371/journal.pone.0019691
- Andersen, J.H., Harhoff, M., Grimstrup, S., Vilstrup, I., Lassen, C.F., et al., 2008. Computer mouse use predicts acute pain but not prolonged or chronic pain in the neck and shoulder. *Occup Environ Med*, 65 (2), 126-31, doi:10.1136/oem.2007.033506
- Antle, D.M. & Cote, J.N., 2013. Relationships between lower limb and trunk discomfort and vascular, muscular and kinetic outcomes during stationary standing work. *Gait Posture*, 37 (4), 615-9, doi:10.1016/j.gaitpost.2012.10.004
- Arippa, F., Nguyen, A., Pau, M. & Harris-Adamson, C., 2022. Postural strategies among office workers during a prolonged sitting bout. *Appl Ergon*, 102, 103723, doi:10.1016/j.apergo.2022.103723
- Atkinson, S., Woods, V., Haslam, R.A. & Buckle, P., 2004. Using non-keyboard input devices: Interviews with users in the workplace. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 33 (6), 571-579, doi:10.1016/j.ergon.2004.01.003
- Attridge, N., Noonan, D., Eccleston, C. & Keogh, E., 2015. The disruptive effects of pain on n-back task performance in a large general population sample. *Pain*, 156 (10), 1885-91, doi:10.1097/j.pain.0000000000000245
- Bailey, D.P. & Locke, C.D., 2015. Breaking up prolonged sitting with light-intensity walking improves postprandial glycemia, but breaking up sitting with standing does not. *J Sci Med Sport*, 18 (3), 294-8, doi:10.1016/j.jsams.2014.03.008
- Baker, R., Coenen, P., Howie, E., Lee, J., Williamson, A., et al., 2018. A detailed description of the short-term musculoskeletal and cognitive effects of prolonged standing for office computer work. *Ergonomics*, 1-14, doi:10.1080/00140139.2017.1420825
- Balasubramanian, V., Adalarasu, K. & Regulapati, R., 2009. Comparing dynamic and stationary standing postures in an assembly task. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 39 (5), 649-654, doi:10.1016/j.ergon.2008.10.017
- Bantoft, C., Summers, M.J., Tranent, P.J., Palmer, M.A., Cooley, P.D., et al., 2016. Effect of standing or walking at a workstation on cognitive function: A randomized counterbalanced trial. *Hum Factors*, 58 (1), 140-9, doi:10.1177/0018720815605446
- Barra, J., Auclair, L., Charvillat, A., Vidal, M. & Perennou, D., 2015. Postural control system influences intrinsic alerting state. *Neuropsychology.*, 29 (2), 226-34. doi: 10.1037/neu0000174. Epub 2015 Feb 2.,

- Beebe-Dimmer, J.L., Pfeifer, J.R., Engle, J.S. & Schottenfeld, D., 2005. The epidemiology of chronic venous insufficiency and varicose veins. *Ann Epidemiol*, 15 (3), 175-84, doi:10.1016/j.annepidem.2004.05.015
- Beers, E.A., Roemmich, J.N., Epstein, L.H. & Horvath, P.J., 2008. Increasing passive energy expenditure during clerical work. *Eur J Appl Physiol*, 103 (3), 353-60, doi:10.1007/s00421-008-0713-y
- Bergqvist, U., Wolgast, E., Nilsson, B. & Voss, M., 1995. Musculoskeletal disorders among visual display terminal workers: Individual, ergonomic, and work organizational factors. *Ergonomics*, 38 (4), 763-776, doi:10.1080/00140139508925148
- Biswas, A., Oh, P.I., Faulkner, G.E., Bajaj, R.R., Silver, M.A., et al., 2015. Sedentary time and its association with risk for disease incidence, mortality, and hospitalization in adults: A systematic review and meta-analysis. *Ann Intern Med*, 162 (2), 123-32. doi: 10.7326/M14-1651.
- Black, N.L., Tremblay, M. & Ranaivosoa, F., 2022. Different sit:Stand time ratios within a 30-minute cycle change perceptions related to musculoskeletal disorders. *Appl Ergon*, 99, 103605, doi:10.1016/j.apergo.2021.103605
- Bleecker, M.L., Celio, M.A. & Barnes, S.K., 2011. A medical-ergonomic program for symptomatic keyboard/mouse users. *J Occup Environ Med*, 53 (5), 562-8, doi:10.1097/JOM.0b013e31821719af
- Bluedorn, A.C., Turban, D.B. & Love, M.S., 1999. The effects of stand-up and sit-down meeting formats on meeting outcomes. *Journal of Applied Psychology*, 84 (2), 277-285, doi:10.1037/0021-9010.84.2.277
- Bontrup, C., Taylor, W.R., Fliesser, M., Visscher, R., Green, T., et al., 2019. Low back pain and its relationship with sitting behaviour among sedentary office workers. *Appl Ergon*, 81, 102894, doi:10.1016/j.apergo.2019.102894
- Bosch, T., Mathiassen, S.E., Visser, B., de Looze, M.P. & van Dieen, J.H., 2011. The effect of work pace on workload, motor variability and fatigue during simulated light assembly work. *Ergonomics*, 54 (2), 154-68, doi:10.1080/00140139.2010.538723
- Botter, J., Ellegast, R.P., Burford, E.M., Weber, B., Konemann, R., et al., 2016. Comparison of the postural and physiological effects of two dynamic workstations to conventional sitting and standing workstations. *Ergonomics*, 59 (3), 449-63, doi:10.1080/00140139.2015.1080861
- Brandt, L.P.A., Andersen, J.H., Lassen, C.F., Kryger, A., Overgaard, E., et al., 2004. Neck and shoulder symptoms and disorders among danish computer workers. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 30 (5), 399-409, doi:10.5271/sjweh.828
- Brown, H.E., Ryde, G.C., Gilson, N.D., Burton, N.W. & Brown, W.J., 2013. Objectively measured sedentary behavior and physical activity in office employees: Relationships with presenteeism. *J Occup Environ Med*, 55 (8), 945-53, doi:10.1097/JOM.0b013e31829178bf
- Brown, W.J., Miller, Y.D. & Miller, R., 2003. Sitting time and work patterns as indicators of overweight and obesity in australian adults. *Int J Obes Relat Metab Disord*, 27 (11), 1340-6,
- Brown, W.J., Williams, L., Ford, J.H., Ball, K. & Dobson, A.J., 2005. Identifying the energy gap: Magnitude and determinants of 5-year weight gain in midage women. *Obesity Research*, 13 (8), 1431-1441, doi:10.1038/oby.2005.173
- Bruno Garza, J.L., Eijkelhof, B.H., Johnson, P.W., Raina, S.M., Rynell, P.W., et al., 2012. Observed differences in upper extremity forces, muscle efforts, postures, velocities and accelerations across computer activities in a field study of office workers. *Ergonomics*, 55 (6), 670-81, doi:10.1080/00140139.2012.657692
- Buchman-Pearle, J.M., Karakolis, T. & Callaghan, J.P., 2022. Does sitting on a stability ball increase fall risk during ergonomic reaching tasks? *Appl Ergon*, 102, 103721, doi:10.1016/j.apergo.2022.103721
- Buckley, J.P., Mellor, D.D., Morris, M. & Joseph, F., 2014. Standing-based office work shows encouraging signs of attenuating post-prandial glycaemic excursion. *Occup Environ Med*, 71 (2), 109-11, doi:10.1136/oemed-2013-101823

- Burgess-Limerick, R., Shemmell, J., Scadden, R. & Plooy, A., 1999. Wrist posture during computer pointing device use. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 14 (4), 280-286, doi:10.1016/S0268-0033(98)90093-6
- Cagnie, B., Danneels, L., Van Tiggelen, D., De Loose, V. & Cambier, D., 2007. Individual and work related risk factors for neck pain among office workers: A cross sectional study. *European Spine Journal*, 16 (5), 679-686, doi:10.1007/s00586-006-0269-7
- Carr, L.J., Maeda, H., Luther, B., Rider, P., Tucker, S.J., et al., 2014. Acceptability and effects of a seated active workstation during sedentary work. *International Journal of Workplace Health Management*, 7 (1), 2-15, doi:10.1108/ijwhm-03-2013-0008
- Ceyte, H., 2020. *Cognition / comportement moteur : Une interdépendance fonctionnelle ?* Université de Lorraine.
- Chambers, A.J., Robertson, M.M. & Baker, N.A., 2019. The effect of sit-stand desks on office worker behavioral and health outcomes: A scoping review. *Appl Ergon*, 78, 37-53, doi:10.1016/j.apergo.2019.01.015
- Chaparro, A., Rogers, M., Fernandez, J., Bohan, M., Choi, S.D., et al., 2000. Range of motion of the wrist: Implications for designing computer input devices for the elderly. *Disabil Rehabil*, 22 (13-14), 633-7, doi:10.1080/09638280050138313
- Chau, J.Y., der Ploeg, H.P., van Uffelen, J.G., Wong, J., Riphagen, I., et al., 2010. Are workplace interventions to reduce sitting effective? A systematic review. *Prev Med*, 51 (5), 352-6, doi:10.1016/j.ypmed.2010.08.012
- Chau, J.Y., Grunseit, A.C., Chey, T., Stamatakis, E., Brown, W.J., et al., 2013. Daily sitting time and all-cause mortality: A meta-analysis. *PLoS One*, 8 (11), e80000, doi:10.1371/journal.pone.0080000
- Chau, J.Y., Sukala, W., Fedel, K., Do, A., Engelen, L., et al., 2016. More standing and just as productive: Effects of a sit-stand desk intervention on call center workers' sitting, standing, and productivity at work in the opt to stand pilot study. *Prev Med Rep*, 3, 68-74, doi:10.1016/j.pmedr.2015.12.003
- Chau, J.Y., van der Ploeg, H.P., Merom, D., Chey, T. & Bauman, A.E., 2012. Cross-sectional associations between occupational and leisure-time sitting, physical activity and obesity in working adults. *Prev Med*, 54 (3-4), 195-200, doi:10.1016/j.ypmed.2011.12.020
- Chen, H.M. & Leung, C.T., 2007. The effect on forearm and shoulder muscle activity in using different slanted computer mice. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 22 (5), 518-23, doi:10.1016/j.clinbiomech.2007.01.006
- Cho, C.Y., Hwang, Y.S. & Cherng, R.J., 2012. Musculoskeletal symptoms and associated risk factors among office workers with high workload computer use. *J Manipulative Physiol Ther*, 35 (7), 534-40, doi:10.1016/j.jmpt.2012.07.004
- Choi, J., Lin, Y. & Loh, P.Y., 2022. The effects of standing working posture on operation force and upper limb muscle activation when using different pointing devices. *Int J Environ Res Public Health*, 19 (16), doi:10.3390/ijerph191610217
- Church, T.S., Thomas, D.M., Tudor-Locke, C., Katzmarzyk, P.T., Earnest, C.P., et al., 2011. Trends over 5 decades in u.S. Occupation-related physical activity and their associations with obesity. *PLoS One*, 6 (5), e19657, doi:10.1371/journal.pone.0019657
- Ciccarelli, M., Straker, L.M., Mathiassen, S.E. & Pollock, C., 2013. Variation in muscle activity among office workers when using different information technologies at work and away from work. *Human Factors*, 55 (5), 911-923, doi:10.1177/0018720813485788
- Clemes, S.A., O'Connell, S.E. & Edwardson, C.L., 2014. Office workers' objectively measured sedentary behavior and physical activity during and outside working hours. *J Occup Environ Med*, 56 (3), 298-303, doi:10.1097/JOM.0000000000000101
- Coenen, P., Willenberg, L., Parry, S., Shi, J.W., Romero, L., et al., 2016. Associations of occupational standing with musculoskeletal symptoms: A systematic review with meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 52 (3), 174-181,
- Coggon, D., Ntani, G., Palmer, K.T., Felli, V.E., Harari, R., et al., 2012. The cupid (cultural and psychosocial influences on disability) study: Methods of data collection and

- characteristics of study sample. *PLoS One*, 7 (7), e39820, doi:10.1371/journal.pone.0039820
- Coggon, D., Ntani, G., Palmer, K.T., Felli, V.E., Harari, R., et al., 2013. Disabling musculoskeletal pain in working populations: Is it the job, the person, or the culture? *Pain*, 154 (6), 856-63, doi:10.1016/j.pain.2013.02.008
- Cohen, J., 1988. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*: Routledge.
- Collins, J.D. & O'Sullivan, L.W., 2015. Musculoskeletal disorder prevalence and psychosocial risk exposures by age and gender in a cohort of office based employees in two academic institutions. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 46, 85-97, doi:10.1016/j.ergon.2014.12.013
- Commissaris, D.A., Konemann, R., Hiemstra-van Mastrigt, S., Burford, E.M., Botter, J., et al., 2014. Effects of a standing and three dynamic workstations on computer task performance and cognitive function tests. *Appl Ergon*, 45 (6), 1570-8, doi:10.1016/j.apergo.2014.05.003
- Cook, C., Burgess-Limerick, R. & Chang, S., 2000. The prevalence of neck and upper extremity musculoskeletal symptoms in computer mouse users *International Journal of Industrial Ergonomics*, 26 (3), 347-356, doi:10.1016/S0169-8141(00)00010-X
- Cook, C.J. & Kothiyal, K., 1998. Influence of mouse position on muscular activity in the neck, shoulder and arm in computer users. *Applied Ergonomics*, 29 (6), 439-443, doi:10.1016/S0003-6870(98)00008-8
- Cote, J.N., 2012. A critical review on physical factors and functional characteristics that may explain a sex/gender difference in work-related neck/shoulder disorders. *Ergonomics*, 55 (2), 173-82, doi:10.1080/00140139.2011. 586061
- DARES, 2023. *35 ans d'évolutions des conditions de travail* [online]. Available from: <https://dares.travail-emploi.gouv.fr/donnees/35-ans-devolutions-des-conditions-de-travail>
- Davis, K.G. & Kotowski, S.E., 2014. Postural variability: An effective way to reduce musculoskeletal discomfort in office work. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 56 (7), 1249-1261, doi:10.1177/0018720814528003
- de Rezende, L.F., Rodrigues Lopes, M., Rey-Lopez, J.P., Matsudo, V.K. & Luiz Odo, C., 2014. Sedentary behavior and health outcomes: An overview of systematic reviews. *PLoS One*, 9 (8), e105620, doi:10.1371/journal.pone.0105620
- Dehghan, N., Choobineh, A., Razeghi, M., Hasanzadeh, J., Irandoost, M., et al., 2015. Assessment of functional parameters and comfort of a new computer mouse as compared with other types of input devices. *Int J Occup Saf Ergon*, 21 (4), 493-7, doi:10.1080/10803548.2015.1096060
- Delisle, A., Lariviere, C., Plamondon, A. & Imbeau, D., 2006. Comparison of three computer office workstations offering forearm support: Impact on upper limb posture and muscle activation. *Ergonomics*, 49 (2), 139-60, doi:10.1080/10610270500450739
- Dempsey, P.C., Owen, N., Biddle, S.J. & Dunstan, D.W., 2014. Managing sedentary behavior to reduce the risk of diabetes and cardiovascular disease. *Curr Diab Rep*, 14 (9), 522, doi:10.1007/s11892-014-0522-0
- Dennerlein, J.T. & Johnson, P.W., 2006a. Changes in upper extremity biomechanics across different mouse positions in a computer workstation. *Ergonomics*, 49 (14), 1456-69, doi:10.1080/00140130600811620
- Dennerlein, J.T. & Johnson, P.W., 2006b. Different computer tasks affect the exposure of the upper extremity to biomechanical risk factors. *Ergonomics*, 49 (1), 45-61, doi:10.1080/00140130500321845
- Dickin, D.C., Surowiec, R.K. & Wang, H., 2017. Energy expenditure and muscular activation patterns through active sitting on compliant surfaces. *J Sport Health Sci*, 6 (2), 207-212, doi:10.1016/j.jshs.2015.10.004
- Dumas, G.A., Upjohn, T.R., Leger, A., Delisle, A., Charpentier, K., et al., 2008. Effect of a desk attachment board on posture and muscle activity in women during computer work. *Ergonomics*, 51 (11), 1735-56, doi:10.1080/00140130802277539

- Dunstan, D.W., Barr, E.L., Healy, G.N., Salmon, J., Shaw, J.E., et al., 2010. Television viewing time and mortality: The Australian diabetes, obesity and lifestyle study (AusDiab). *Circulation*, 121 (3), 384-91, doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.109.894824
- Dunstan, D.W., Kingwell, B.A., Larsen, R., Healy, G.N., Cerin, E., et al., 2012. Breaking up prolonged sitting reduces postprandial glucose and insulin responses. *Diabetes care*, 35 (5), 976-83, doi:10.2337/dc11-1931
- Dutheil, F., Ferrières, J. & Esquirol, Y., 2017. Sédentarité et activité physique en milieu professionnel [occupational sedentary behaviors and physical activity at work]. *Presse Med*, 46 (7-8 Pt 1), 703-707, doi:10.1016/j.lpm.2017.06.009
- Dzakupasu, F.Q.S., Carver, A., Brakenridge, C.J., Cicuttini, F., Urquhart, D.M., et al., 2021. Musculoskeletal pain and sedentary behaviour in occupational and non-occupational settings: A systematic review with meta-analysis. *Int J Behav Nutr Phys Act*, 18 (1), 159, doi:10.1186/s12966-021-01191-y
- Edwardson, C.L., Gorely, T., Davies, M.J., Gray, L.J., Khunti, K., et al., 2012. Association of sedentary behaviour with metabolic syndrome: A meta-analysis. *PLoS One*, 7 (4), e34916, doi:10.1371/journal.pone.0034916
- Ellegast, R.P., Kraft, K., Groenesteijn, L., Krause, F., Berger, H., et al., 2012. Comparison of four specific dynamic office chairs with a conventional office chair: Impact upon muscle activation, physical activity and posture. *Appl Ergon*, 43 (2), 296-307, doi:10.1016/j.apergo.2011.06.005
- Escalon, H., 2023. *Revue de littérature sur l'efficacité des interventions pour limiter la sédentarité en milieu professionnel*. Saint Maurice.
- Fedorowich, L.M. & Cote, J.N., 2018. Effects of standing on typing task performance and upper limb discomfort, vascular and muscular indicators. *Appl Ergon*, 72, 121-127, doi:10.1016/j.apergo.2018.05.009
- Fitts, P.M., 1954. The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *J Exp Psychol*, 47 (6), 381-91, doi:10.1037/h0055392
- Ford, E.S. & Caspersen, C.J., 2012. Sedentary behaviour and cardiovascular disease: A review of prospective studies. *Int J Epidemiol*, 41 (5), 1338-53, doi:10.1093/ije/dys078
- Ford, E.S., Li, C., Zhao, G., Pearson, W.S., Tsai, J., et al., 2010. Sedentary behavior, physical activity, and concentrations of insulin among US adults. *Metabolism*, 59 (9), 1268-75, doi:10.1016/j.metabol.2009.11.020
- Francisco, R., Nunes, C.L., Breda, J., Jesus, F., Lukaski, H., et al., 2022. Breaking of sitting time prevents lower leg swelling-comparison among sit, stand and intermittent (sit-to-stand transitions) conditions. *Biology (Basel)*, 11 (6), doi:10.3390/biology11060899
- Fuller, J.R., Lomond, K.V., Fung, J. & Cote, J.N., 2009. Posture-movement changes following repetitive motion-induced shoulder muscle fatigue. *J Electromyogr Kinesiol*, 19 (6), 1043-52, doi:10.1016/j.jelekin.2008.10.009
- Gallagher, K.M., Campbell, T. & Callaghan, J.P., 2014. The influence of a seated break on prolonged standing induced low back pain development. *Ergonomics*, 57 (4), 555-62, doi:10.1080/00140139.2014.893027
- Gao, Y., Silvennoinen, M., Pesola, A.J., Kainulainen, H., Cronin, N.J., et al., 2017. Acute metabolic response, energy expenditure, and emg activity in sitting and standing. *Med Sci Sports Exerc*, 49 (9), 1927-1934, doi:10.1249/MSS.0000000000001305
- Garcia, M.G., Laubli, T. & Martin, B.J., 2015. Long-term muscle fatigue after standing work. *Hum Factors*, 57 (7), 1162-73, doi:10.1177/0018720815590293
- Garcia, M.G., Laubli, T. & Martin, B.J., 2018. Muscular and vascular issues induced by prolonged standing with different work-rest cycles with active or passive breaks. *Hum Factors*, 60 (6), 806-821, doi:https://doi.org/10.1177/0018720818769261
- Gaudez, C. & Aptel, M., 2008. Les mécanismes neurophysiologiques du mouvement, base pour la compréhension du geste. *Le travail humain*, 71 (4), 385-404, doi:10.3917/th.714.0385
- Gaudez, C. & Cail, F., 2016. Effects of mouse slant and desktop position on muscular and postural stresses, subject preference and performance in women aged 18-40 years. *Ergonomics*, 59 (11), 1473-1486, doi:10.1080/00140139.2016.1148783

- Gaudez, C. & Cail, F., 2017. What's the best computer mouse? A comparative study of wrist angles and carp extensor activity when using three mice. *Comput Methods Biomech Biomed Engin*, 20 (sup1), 89-90, doi:10.1080/10255842.2017.1382875
- Gaudez, C. & Cail, F., Year. Si on utilisait une souris inclinée placée devant le clavier ?ed.^eds. *36e Congrès National de Médecine et Santé au Travail*, Strasbourg, France: Archives des Maladies Professionnelles et de l'Environnement, 681-682.
- Gerr, F., Marcus, M. & Monteilh, C., 2004. Epidemiology of musculoskeletal disorders among computer users: Lesson learned from the role of posture and keyboard use. *J Electromyogr Kinesiol*, 14 (1), 25-31, doi:10.1016/j.jelekin.2003.09.014
- Gerr, F., Monteilh, C.P. & Marcus, M., 2006. Keyboard use and musculoskeletal outcomes among computer users. *J Occup Rehabil*, 16 (3), 265-77, doi:10.1007/s10926-006-9037-0
- Gibbs, B.B., Kowalsky, R.J., Perdomo, S.J., Grier, M. & Jakicic, J.M., 2017. Energy expenditure of deskwork when sitting, standing or alternating positions. *Occup Med (Lond)*, 67 (2), 121-127, doi:10.1093/occmed/kqw115
- Gierach, G.L., Chang, S.C., Brinton, L.A., Lacey, J.V., Jr., Hollenbeck, A.R., et al., 2009. Physical activity, sedentary behavior, and endometrial cancer risk in the nih-aarp diet and health study. *Int J Cancer*, 124 (9), 2139-47, doi:10.1002/ijc.24059
- Gregory, D.E., Dunk, N.M. & Callaghan, J.P., 2006. Stability ball versus office chair: Comparison of muscle activation and lumbar spine posture during prolonged sitting. *Hum Factors*, 48 (1), 142-53, doi:10.1518/001872006776412243
- Griffiths, K.L., Mackey, M.G. & Adamson, B.J., 2007. The impact of a computerized work environment on professional occupational groups and behavioural and physiological risk factors for musculoskeletal symptoms: A literature review. *J Occup Rehabil*, 17 (4), 743-65, doi:10.1007/s10926-007-9108-x
- Gupta, N., Christiansen, C.S., Hallman, D.M., Korshoj, M., Carneiro, I.G., et al., 2015. Is objectively measured sitting time associated with low back pain? A cross-sectional investigation in the nomad study. *PLoS One*, 10 (3), e0121159, doi:10.1371/journal.pone.0121159
- Gustafsson, E. & Hagberg, M., 2003. Computer mouse use in two different hand positions: Exposure, comfort, exertion and productivity. *Appl Ergon*, 34 (2), 107-113, doi:10.1016/s0003-6870(03)00005-x
- Hagg, G.M., 1991. Comparison of different estimators of electromyographic spectral shifts during work when applied on short test contractions. *Medical & Biological Engineering & Computing*, 29 (5), 511-516, doi:Doi 10.1007/Bf02442323
- Halim, I., Omar, A.R., Saman, A.M. & Othman, I., 2012. Assessment of muscle fatigue associated with prolonged standing in the workplace. *Saf Health Work*, 3 (1), 31-42, doi:10.5491/SHAW.2012.3.1.31
- Hamilton, M.T., Hamilton, D.G. & Zderic, T.W., 2007. Role of low energy expenditure and sitting in obesity, metabolic syndrome, type 2 diabetes, and cardiovascular disease. *Diabetes*, 56 (11), 2655-67, doi:10.2337/db07-0882
- Harvey, R. & Peper, E., 1997. Surface electromyography and mouse use position. *Ergonomics*, 40 (8), 781-9, doi:10.1080/001401397187775
- Hasegawa, T. & Kumashiro, M., 1998. Effects of armrests on workload with ten-key operation. *Appl Human Sci*, 17 (4), 123-9, doi:10.2114/jpa.17.123
- Healy, G.N., Dunstan, D.W., Salmon, J., Cerin, E., Shaw, J.E., et al., 2008a. Breaks in sedentary time: Beneficial associations with metabolic risk. *Diabetes care*, 31 (4), 661-6,
- Healy, G.N., Matthews, C.E., Dunstan, D.W., Winkler, E.A. & Owen, N., 2011. Sedentary time and cardio-metabolic biomarkers in us adults: Nhanes 2003-06. *Eur Heart J*, 32 (5), 590-7, doi:10.1093/eurheartj/ehq451
- Healy, G.N., Wijndaele, K., Dunstan, D.W., Shaw, J.E., Salmon, J., et al., 2008b. Objectively measured sedentary time, physical activity, and metabolic risk: The australian diabetes, obesity and lifestyle study (ausdiab). *Diabetes care*, 31 (2), 369-71,

- Hedge, A., Feathers, D. & Rollings, K., Year. Ergonomic comparison of slanted and vertical computer mouse designed.^eds. *Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 561-565.
- Henson, J., Davies, M.J., Bodicoat, D.H., Edwardson, C.L., Gill, J.M., et al., 2016. Breaking up prolonged sitting with standing or walking attenuates the postprandial metabolic response in postmenopausal women: A randomized acute study. *Diabetes Care*, 39 (1), 130-8,
- Hermens, H.J. & Freriks, B., 1997. *Seniam 5 : The state of the art on sensors and sensor placement procedures for surface electromyography: A proposal for sensor placement procedures* Enschede, Netherlands: Roessingh Research and Development.
- Hoe, V.C., Urquhart, D.M., Kelsall, H.L., Zamri, E.N. & Sim, M.R., 2018. Ergonomic interventions for preventing work-related musculoskeletal disorders of the upper limb and neck among office workers. *Cochrane Database Syst Rev*, 10 (10), CD008570, doi:10.1002/14651858.CD008570.pub3
- Horswill, C.A., Scott, H.M. & Voorhees, D.M., 2017. Effect of a novel workstation device on promoting non-exercise activity thermogenesis (neat). *Work*, 58 (4), 447-454, doi:10.3233/WOR-172640
- Houwink, A., Oude Hengel, K.M., Odell, D. & Dennerlein, J.T., 2009. Providing training enhances the biomechanical improvements of an alternative computer mouse design. *Hum Factors*, 51 (1), 46-55, doi:10.1177/0018720808329843
- Howe, C.C., Matzko, R.O., Piasek, F., Pitsiladis, Y.P. & Easton, C., 2014. Stability of the k4b(2) portable metabolic analyser during rest, walking and running. *J Sports Sci*, 32 (2), 157-63, doi:10.1080/02640414.2013.812231
- Hu, F.B., Leitzmann, M.F., Stampfer, M.J., Colditz, G.A., Willett, W.C., et al., 2001. Physical activity and television watching in relation to risk for type 2 diabetes mellitus in men. *Arch Intern Med*, 161 (12), 1542-8, doi:10.1001/archinte.161.12.1542
- Hu, F.B., Li, T.Y., Colditz, G.A., Willett, W.C. & Manson, J.E., 2003. Television watching and other sedentary behaviors in relation to risk of obesity and type 2 diabetes mellitus in women. *Jama*, 289 (14), 1785-91,
- Ijmker, S., Huysmans, M.A., Blatter, B.M., van der Beek, A.J., van Mechelen, W., et al., 2007. Should office workers spend fewer hours at their computer? A systematic review of the literature. *Occup Environ Med*, 64 (4), 211-22, doi:10.1136/oem.2006.026468
- INRS, 2020. *Ecrans de visualisation. Santé et ergonomie*.
- INRS, 2022. *Les postures sédentaires au travail. Définition, effets sur la santé et mesures de prévention*.
- ISO 9241-420, 2011. Ergonomie de l'interaction homme-système — partie 420: Sélection des dispositifs d'entrée physiques. ISO, 103.
- ISO 11228-3, 2007. Ergonomie — manutention manuelle — partie 3: Manipulation de charges faibles à fréquence de répétition élevée. ISO, 79.
- Jensen, C., 2003. Development of neck and hand-wrist symptoms in relation to duration of computer use at work. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 29 (3), 197-205, doi:10.5271/sjweh.722
- Jensen, C., Borg, V., Finsen, L., Hansen, K., Juul-Kristensen, B., et al., 1998. Job demands, muscle activity and musculoskeletal symptoms in relation to work with the computer mouse. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 24 (5), 418-424, doi:10.5271/sjweh.364
- Jensen, C., Finsen, L., Sogaard, K. & Christensen, H., 2002. Musculoskeletal symptoms and duration of computer and mouse use. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 30 (4-5), 265-275, doi:10.1016/S0169-8141(02)00130-0
- John, D., Bassett, D., Thompson, D., Fairbrother, J. & Baldwin, D., 2009. Effect of using a treadmill workstation on performance of simulated office work tasks. *J Phys Act Health*, 6 (5), 617-24,
- Jonsson, B., 1978. Quantitative electromyographic evaluation of muscular load during work. *Scand J Rehabil Med Suppl*, 6, 69-74,

- Jung, K., 2014. Effects of slanted ergonomic mice on task performance and subjective responses. *Appl Ergon*, 45 (3), 450-5, doi:10.1016/j.apergo.2013.06.004
- Kallenberg, L.A.C., Hermens, H.J. & Vollenbroek-Hutten, M.M.R., 2006. Distinction between computer workers with and without work-related neck-shoulder complaints based on multiple surface emg parameters. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 36 (10), 921-929, doi:10.1016/j.ergon.2006.07.005
- Kamoy, B., Magno, M., Noland, S.T., Moe, M.C., Petrovski, G., et al., 2022. Video display terminal use and dry eye: Preventive measures and future perspectives. *Acta Ophthalmol*, 100 (7), 723-739, doi:10.1111/aos.15105
- Karakolis, T., Barrett, J. & Callaghan, J.P., 2016. A comparison of trunk biomechanics, musculoskeletal discomfort and productivity during simulated sit-stand office work. *Ergonomics*, 59 (10), 1275-1287, doi:10.1080/00140139.2016.1146343
- Karakolis, T. & Callaghan, J.P., 2014. The impact of sit-stand office workstations on worker discomfort and productivity: A review. *Appl Ergon*, 45 (3), 799-806, doi:10.1016/j.apergo.2013.10.001
- Karlqvist, L.K., Bernmark, E., Ekenvall, L., Hagberg, M., Isaksson, A., et al., 1998. Computer mouse position as a determinant of posture, muscular load and perceived exertion. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 24 (1), 62-73, doi:10.5271/sjweh.279
- Katzmarzyk, P.T., Church, T.S., Craig, C.L. & Bouchard, C., 2009. Sitting time and mortality from all causes, cardiovascular disease, and cancer. *Med Sci Sports Exerc*, 41 (5), 998-1005, doi:10.1249/MSS.0b013e3181930355
- Keir, P.J., Bach, J.M. & Rempel, D., 1999. Effects of computer mouse design and task on carpal tunnel pressure. *Ergonomics*, 42 (10), 1350-60, doi:10.1080/001401399184992
- Kingma, I. & van Dieen, J.H., 2009. Static and dynamic postural loadings during computer work in females: Sitting on an office chair versus sitting on an exercise ball. *Appl Ergon*, 40 (2), 199-205, doi:10.1016/j.apergo.2008.04.004
- Kiss, P., De Meester, M., Kruse, A., Chavee, B. & Braeckman, L., 2012. Neck and shoulder complaints in computer workers and associated easy to assess occupational factors--a large-scale cross-sectional multivariate study. *Int Arch Occup Environ Health*, 85 (2), 197-206, doi:10.1007/s00420-011-0645-4
- Koren, K., Pisot, R. & Simunic, B., 2016. Active workstation allows office workers to work efficiently while sitting and exercising moderately. *Appl Ergon*, 54, 83-9, doi:10.1016/j.apergo.2015.11.013
- Koster, A., Caserotti, P., Patel, K.V., Matthews, C.E., Berrigan, D., et al., 2012. Association of sedentary time with mortality independent of moderate to vigorous physical activity. *PLoS One*, 7 (6), 13,
- Kotani, K. & Horii, K., 2003. An analysis of muscular load and performance in using a pen-tablet system. *J Physiol Anthropol Appl Human Sci*, 22 (2), 89-95,
- Kryger, A.I., Andersen, J.H., Lassen, C.F., Brandt, L.P.A., Vilstrup, I., et al., 2003. Does computer use pose an occupational hazard for forearm pain; from the nudata study. *Occup Environ Med*, 60 (11), doi:10.1136/oem.60.11.e14
- Kumar, R. & Kumar, S., 2008. A comparison of muscular activity involved in the use of two different types of computer mouse. *Int J Occup Saf Ergon*, 14 (3), 305-11, doi:10.1080/10803548.2008.11076770
- Laursen, B. & Jensen, B.R., 2000. Shoulder muscle activity in young and older people during a computer mouse task. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 15 Suppl 1, S30-3, doi:10.1016/s0268-0033(00)00057-7
- Laursen, B., Jensen, B.R., Garde, A.H. & Jorgensen, A.H., 2002. Effect of mental and physical demands on muscular activity during the use of a computer mouse and a keyboard. *Scand J Work Environ Health*, 28 (4), 215-21, doi:10.5271/sjweh.668
- Lee, B. & Bang, H., 2013. A kinematic analysis of directional effects on mouse control. *Ergonomics*, 56 (11), 1754-65, doi:10.1080/00140139.2013.835074

- Lee, D.L., Fleisher, J., McLoone, H.E., Kotani, K. & Dennerlein, J.T., 2007. Alternative computer mouse design and testing to reduce finger extensor muscle activity during mouse use. *Hum Factors*, 49 (4), 573-84, doi:10.1518/001872007X215665
- Lee, D.L., McLoone, H. & Dennerlein, J.T., 2008. Observed finger behaviour during computer mouse use. *Appl Ergon*, 39 (1), 107-13, doi:10.1016/j.apergo.2006.12.008
- Lee, T.H., 2005. Ergonomic comparison of operating a built-in touch-pad pointing device and a trackball mouse on posture and muscle activity. *Perceptual and Motor Skills*, 101 (3), 730-736, doi:10.2466/pms.101.3.730-736
- Lee, Y.H. & Su, M.C., 2008. Design and validation of a desk-free and posture-independent input device. *Appl Ergon*, 39 (3), 399-406, doi:10.1016/j.apergo.2005.04.006
- Leroux, I., Dionne, C.E., Bourbonnais, R. & Brisson, C., 2005. Prevalence of musculoskeletal pain and associated factors in the quebec working population. *Int Arch Occup Environ Health*, 78 (5), 379-86, doi:10.1007/s00420-004-0578-2
- Lin, M.Y., Barbir, A. & Dennerlein, J.T., 2017. Evaluating biomechanics of user-selected sitting and standing computer workstation. *Appl Ergon*, 65, 382-388, doi:10.1016/j.apergo.2017.04.006
- Lin, M.Y., Young, J.G. & Dennerlein, J.T., 2015. Evaluating the effect of four different pointing device designs on upper extremity posture and muscle activity during mousing tasks. *Appl Ergon*, 47, 259-64, doi:10.1016/j.apergo.2014.10.003
- Lin, Y.H., Chen, C.Y. & Cho, M.H., 2012. Effectiveness of leg movement in reducing leg swelling and discomfort in lower extremities. *Appl Ergon*, 43 (6), 1033-7, doi:10.1016/j.apergo.2012.03.002
- Lis, A.M., Black, K.M., Korn, H. & Nordin, M., 2007. Association between sitting and occupational lbp. *Eur Spine J*, 16 (2), 283-98, doi:10.1007/s00586-006-0143-7
- Lynch, B.M., 2010. Sedentary behavior and cancer: A systematic review of the literature and proposed biological mechanisms. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*, 19 (11), 2691-709, doi:10.1158/1055-9965.EPI-10-0815
- Madeleine, P., 2010. On functional motor adaptations: From the quantification of motor strategies to the prevention of musculoskeletal disorders in the neck-shoulder region. *Acta Physiol (Oxf)*, 199 Suppl 679, 1-46, doi:10.1111/j.1748-1716.2010.02145.x
- Madeleine, P., Voigt, M. & Mathiassen, S.E., 2008. The size of cycle-to-cycle variability in biomechanical exposure among butchers performing a standardised cutting task. *Ergonomics*, 51 (7), 1078-1095, doi:10.1080/00140130801958659
- Marcus, M., Gerr, F., Monteilh, C., Ortiz, D.J., Gentry, E., et al., 2002. A prospective study of computer users: II. Postural risk factors for musculoskeletal symptoms and disorders. *Am J Ind Med*, 41 (4), 236-49, doi:10.1002/ajim.10067
- Mathiassen, S.E., 2006. Diversity and variation in biomechanical exposure: What is it, and why would we like to know? *Appl Ergon*, 37 (4), 419-27, doi:10.1016/j.apergo.2006.04.006
- Mathiassen, S.E., Winkel, J. & Hagg, G.M., 1995. Normalization of surface emg amplitude from the upper trapezius muscle in ergonomic studies - a review. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 5 (4), 197-226, doi:10.1016/1050-6411(94)00014-X
- Matthews, C.E., George, S.M., Moore, S.C., Bowles, H.R., Blair, A., et al., 2012. Amount of time spent in sedentary behaviors and cause-specific mortality in us adults. *Am J Clin Nutr*, 95 (2), 437-45, doi:10.3945/ajcn.111.019620
- McAtamney, L. & Nigel Corlett, E., 1993. RULA: A survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Appl Ergon*, 24 (2), 91-9, doi:10.1016/0003-6870(93)90080-s
- McCrady, S.K. & Levine, J.A., 2009. Sedentariness at work: How much do we really sit? *Obesity (Silver Spring)*, 17 (11), 2103-5, doi:10.1038/oby.2009.117
- Mediouni, Z., de Roquemaurel, A., Dumontier, C., Becour, B., Garrabe, H., et al., 2014. Is carpal tunnel syndrome related to computer exposure at work? A review and meta-analysis. *J Occup Environ Med*, 56 (2), 204-8, doi:10.1097/JOM.0000000000000080
- Menotti, A., Puddu, P.E., Lanti, M., Maiani, G., Catasta, G., et al., 2014. Lifestyle habits and mortality from all and specific causes of death: 40-year follow-up in the italian rural

- areas of the seven countries study. *Journal of Nutrition Health & Aging*, 18 (3), 314-321, doi:10.1007/s12603-013-0392-1
- Moore, D.J., Eccleston, C. & Keogh, E., 2017. Cognitive load selectively influences the interruptive effect of pain on attention. *Pain*, 158 (10), 2035-2041,
- Mörl, F. & Bradl, I., 2013. Lumbar posture and muscular activity while sitting during office work. *J Electromyogr Kinesiol*, 23 (2), 362-8, doi:10.1016/j.jelekin.2012.10.002
- Müller, C., Tomatis, L. & Läubli, T., 2010. Muscular load and performance compared between a pen and a computer mouse as input devices. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 40 (6), 607-617, doi:10.1016/j.ergon.2010.08.004
- NF EN 1005-5, 2007. Sécurité des machines - performance physique humaine - partie 5 : Appréciation du risque relatif à la manutention répétitive à fréquence élevée. AFNOR, 77.
- Ng, S.W. & Popkin, B.M., 2012. Time use and physical activity: A shift away from movement across the globe. *Obes Rev*, 13 (8), 659-80, doi:10.1111/j.1467-789X.2011.00982.x
- Odell, D. & Johnson, P., 2015. Evaluation of flat, angled, and vertical computer mice and their effects on wrist posture, pointing performance, and preference. *Work*, 52 (2), 245-53, doi:10.3233/WOR-152167
- Ohlinger, C.M., Horn, T.S., Berg, W.P. & Cox, R.H., 2011. The effect of active workstation use on measures of cognition, attention, and motor skill. *J Phys Act Health*, 8 (1), 119-25,
- Ojo, S.O., Bailey, D.P., Chater, A.M. & Hewson, D.J., 2018. The impact of active workstations on workplace productivity and performance: A systematic review. *Int J Environ Res Public Health*, 15 (3), doi:10.3390/ijerph15030417
- Onyebeke, L.C., Young, J.G., Trudeau, M.B. & Dennerlein, J.T., 2014. Effects of forearm and palm supports on the upper extremity during computer mouse use. *Appl Ergon*, 45 (3), 564-70, doi:10.1016/j.apergo.2013.07.016
- Owen, N., Salmon, J., Koohsari, M.J., Turrell, G. & Giles-Corti, B., 2014. Sedentary behaviour and health: Mapping environmental and social contexts to underpin chronic disease prevention. *Br J Sports Med*, 48 (3), 174-7, doi:10.1136/bjsports-2013-093107
- Owen, N., Sparling, P.B., Healy, G.N., Dunstan, D.W. & Matthews, C.E., 2010. Sedentary behavior: Emerging evidence for a new health risk. *Mayo Clin Proc*, 85 (12), 1138-41, doi:10.4065/mcp.2010.0444
- Park, J.H. & Srinivasan, D., 2021. The effects of prolonged sitting, standing, and an alternating sit-stand pattern on trunk mechanical stiffness, trunk muscle activation and low back discomfort. *Ergonomics*, 64 (8), 983-994, doi:10.1080/00140139.2021.1886333
- Parry, S. & Straker, L., 2013. The contribution of office work to sedentary behaviour associated risk. *BMC Public Health*, 13 (1), 296, doi:10.1186/1471-2458-13-296
- Pate, R.R., O'Neill, J.R. & Lobelo, F., 2008. The evolving definition of "sedentary". *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 36 (4), 173-178, doi:10.1097/JES.0b013e3181877d1a
- Patel, A.V., Bernstein, L., Deka, A., Feigelson, H.S., Campbell, P.T., et al., 2010. Leisure time spent sitting in relation to total mortality in a prospective cohort of us adults. *Am J Epidemiol*, 172 (4), 419-29, doi:10.1093/aje/kwq155
- Patel, A.V., Rodriguez, C., Pavluck, A.L., Thun, M.J. & Calle, E.E., 2006. Recreational physical activity and sedentary behavior in relation to ovarian cancer risk in a large cohort of us women. *Am J Epidemiol*, 163 (8), 709-16, doi:10.1093/aje/kwj098
- Peddie, M.C., Bone, J.L., Rehrer, N.J., Skeaff, C.M., Gray, A.R., et al., 2013. Breaking prolonged sitting reduces postprandial glycemia in healthy, normal-weight adults: A randomized crossover trial. *Am J Clin Nutr*, 98 (2), 358-66, doi:10.3945/ajcn.112.051763
- Pinto, A.J., Bergouignan, A., Dempsey, P.C., Roschel, H., Owen, N., et al., 2023. Physiology of sedentary behavior. *Physiol Rev*, 103 (4), 2561-2622, doi:10.1152/physrev.00022.2022
- Pronk, N.P., Katz, A.S., Lowry, M. & Payfer, J.R., 2012. Reducing occupational sitting time and improving worker health the take-a-stand project, 2011.

- Proper, K.I., Singh, A.S., van Mechelen, W. & Chinapaw, M.J., 2011. Sedentary behaviors and health outcomes among adults: A systematic review of prospective studies. *Am J Prev Med*, 40 (2), 174-82, doi:10.1016/j.amepre.2010.10.015
- Quemelo, P.R. & Vieira, E.R., 2013. Biomechanics and performance when using a standard and a vertical computer mouse. *Ergonomics*, 56 (8), 1336-44, doi:10.1080/00140139.2013.805251
- Radwan, A., Kallasy, T., Monroe, A., Chrisman, E., Carpenter, O., et al., 2018. Benefits of alternative computer mouse designs: A systematic review of controlled trials. *Cogent Engineering*, 5 (1), doi:10.1080/23311916.2018.1521503
- Roelen, C.A., Schreuder, K.J., Koopmans, P.C. & Groothoff, J.W., 2008. Perceived job demands relate to self-reported health complaints. *Occup Med (Lond)*, 58 (1), 58-63, doi:10.1093/occmed/kqm134
- Russell, B.A., Summers, M.J., Tranent, P.J., Palmer, M.A., Cooley, P.D., et al., 2016. A randomised control trial of the cognitive effects of working in a seated as opposed to a standing position in office workers. *Ergonomics*, 59 (6), 737-44, doi:10.1080/00140139.2015.1094579
- Saidj, M., Menai, M., Charreire, H., Weber, C., Enaud, C., et al., 2015. Descriptive study of sedentary behaviours in 35,444 french working adults: Cross-sectional findings from the acti-cites study. *BMC Public Health*, 15, 379, doi:10.1186/s12889-015-1711-8
- Scarlett, D., 2005. Ergonomic mice: Comparison of performance and perceived exertion. *Usability News*. URL.
- Schmid, D., Ricci, C. & Leitzmann, M.F., 2015. Associations of objectively assessed physical activity and sedentary time with all-cause mortality in us adults: The nhanes study. *PLoS One*, 10 (3), e0119591, doi:10.1371/journal.pone.0119591
- Schwartz, B., Kapellusch, J.M., Schrempf, A., Probst, K., Haller, M., et al., 2017. Effect of alternating postures on cognitive performance for healthy people performing sedentary work. *Ergonomics*, 1-18, doi:10.1080/00140139.2017.1417642
- Sedentary Behaviour Research Network, 2012. Letter to the editor: Standardized use of the terms "sedentary" and "sedentary behaviours". *Appl Physiol Nutr Metab.*, 37 (3), 540-2, doi:10.1139/h2012-024
- Seo, A., Kakehashi, M., Tsuru, S. & Yoshinaga, F., 1996. Leg swelling during continuous standing and sitting work without restricting leg movement. *Journal of Occupational Health*, 38 (4), 186-189, doi:10.1539/joh.38.186
- Sjogaard, G. & Sogaard, K., 1998. Muscle injury in repetitive motion disorders. *Clin Orthop Relat Res*, 351, 21-31,
- Snarr, R.L., Langford, E.L., Ryan, G.A. & Wilhoite, S., 2019. Cardiovascular and metabolic responses of active sitting while performing work-related tasks. *Ergonomics*, 62 (9), 1227-1233, doi:10.1080/00140139.2019.1633476
- Sommerich, C.M., Starr, H., Smith, C.A. & Shivers, C., 2002. Effects of notebook computer configuration and task on user biomechanics, productivity, and comfort. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 30 (1), 7-31, doi:10.1016/S0169-8141(02)00075-6
- Sondergaard, K.H., Olesen, C.G., Sondergaard, E.K., de Zee, M. & Madeleine, P., 2010. The variability and complexity of sitting postural control are associated with discomfort. *J Biomech*, 43 (10), 1997-2001, doi:10.1016/j.jbiomech.2010.03.009
- Stamatakis, E., Hamer, M. & Dunstan, D.W., 2011. Screen-based entertainment time, all-cause mortality, and cardiovascular events: Population-based study with ongoing mortality and hospital events follow-up. *J Am Coll Cardiol*, 57 (3), 292-9, doi:10.1016/j.jacc.2010.05.065
- Stoffregen, T.A., Hove, P., Bardy, B.G., Riley, M. & Bonnet, C.T., 2007. Postural stabilization of perceptual but not cognitive performance. *J Mot Behav*, 39 (2), 126-38, doi:10.3200/JMBR.39.2.126-138
- Straker, L., Levine, J. & Campbell, A., 2009. The effects of walking and cycling computer workstations on keyboard and mouse performance. *Hum Factors*, 51 (6), 831-44, doi:10.1177/0018720810362079

- Taillefer, F., Boucher, J.P., Comtois, A.-S., Zummo, M. & Savard, R., 2011. Physiological and biomechanical responses of different sit-to-stand stool types on women with and without varicose veins. *Le travail humain*, Vol. 74 (1), 31-58, doi:10.3917/th.741.0031
- Talens-Estareles, C., Cervino, A., Garcia-Lazaro, S., Fogelton, A., Sheppard, A., et al., 2023. The effects of breaks on digital eye strain, dry eye and binocular vision: Testing the 20-20-20 rule. *Cont Lens Anterior Eye*, 46 (2), 101744, doi:10.1016/j.clae.2022.101744
- Teychenne, M., Ball, K. & Salmon, J., 2010. Sedentary behavior and depression among adults: A review. *Int J Behav Med*, 17 (4), 246-54, doi:10.1007/s12529-010-9075-z
- Thorp, A.A., Healy, G.N., Winkler, E., Clark, B.K., Gardiner, P.A., et al., 2012. Prolonged sedentary time and physical activity in workplace and non-work contexts: A cross-sectional study of office, customer service and call centre employees. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 9 (1), 128, doi:10.1186/1479-5868-9-128
- Thorp, A.A., Kingwell, B.A., Owen, N. & Dunstan, D.W., 2014a. Breaking up workplace sitting time with intermittent standing bouts improves fatigue and musculoskeletal discomfort in overweight/obese office workers. *Occup Environ Med*, 71 (11), 765-71, doi:10.1136/oemed-2014-102348
- Thorp, A.A., Kingwell, B.A., Sethi, P., Hammond, L., Owen, N., et al., 2014b. Alternating bouts of sitting and standing attenuate postprandial glucose responses. *Med Sci Sports Exerc*, 46 (11), 2053-61, doi:10.1249/MSS.0000000000000337
- Tissot, F., Messing, K. & Stock, S., 2009. Studying the relationship between low back pain and working postures among those who stand and those who sit most of the working day. *Ergonomics*, 52 (11), 1402-18, doi:10.1080/00140130903141204
- Tittiranonda, P., Burastero, S. & Rempel, D., 1999. Risk factors for musculoskeletal disorders among computer users. *Occup Med*, 14 (1), 17-38,
- Tremblay, M.S., Aubert, S., Barnes, J.D., Saunders, T.J., Carson, V., et al., 2017. Sedentary behavior research network (sbrn) - terminology consensus project process and outcome. *Int J Behav Nutr Phys Act*, 14 (1), 75, doi:10.1186/s12966-017-0525-8
- Tremblay, M.S., Colley, R.C., Saunders, T.J., Healy, G.N. & Owen, N., 2010. Physiological and health implications of a sedentary lifestyle. *Appl Physiol Nutr Metab*, 35 (6), 725-40, doi:10.1139/H10-079
- Tuchsen, F., Hannerz, H., Burr, H. & Krause, N., 2005. Prolonged standing at work and hospitalisation due to varicose veins: A 12 year prospective study of the danish population. *Occup Environ Med*, 62 (12), 847-50, doi:10.1136/oem.2005.020537
- Tudor-Locke, C., Schuna Jr, J.M., Frensham, L.J. & Proenca, M., 2013. Changing the way we work: Elevating energy expenditure with workstation alternatives. *International Journal Of Obesity*, 38, 755, doi:10.1038/ijo.2013.223
- van der Ploeg, H.P., Chey, T., Korda, R.J., Banks, E. & Bauman, A., 2012. Sitting time and all-cause mortality risk in 222 497 australian adults. *Arch Intern Med*, 172 (6), 494-500,
- van Dieen, J.H., de Looze, M.P. & Hermans, V., 2001. Effects of dynamic office chairs on trunk kinematics, trunk extensor emg and spinal shrinkage. *Ergonomics*, 44 (7), 739-50, doi:10.1080/00140130120297
- van Dieen, J.H., Westebring-van der Putten, E.P., Kingma, I. & de Looze, M.P., 2009. Low-level activity of the trunk extensor muscles causes electromyographic manifestations of fatigue in absence of decreased oxygenation. *J Electromyogr Kinesiol*, 19 (3), 398-406, doi:10.1016/j.jelekin.2007.11.010
- van Uffelen, J.G., Wong, J., Chau, J.Y., van der Ploeg, H.P., Riphagen, I., et al., 2010. Occupational sitting and health risks: A systematic review. *Am J Prev Med*, 39 (4), 379-88, doi:10.1016/j.amepre.2010.05.024
- Veiersted, K.B., Westgaard, R.H. & Andersen, P., 1993. Electromyographic evaluation of muscular work pattern as a predictor of trapezius myalgia. *Scandinavian Journal of Work Environment & Health*, 19 (4), 284-290, doi:DOI 10.5271/sjweh.1472
- Visser, B. & van Dieen, J.H., 2006. Pathophysiology of upper extremity muscle disorders. *J Electromyogr Kinesiol*, 16 (1), 1-16, doi:10.1016/j.jelekin.2005.06.005

- Vöröš, P. & Kozinc, Ž., 2023. Preliminary investigation of the effects of sitting with and without short active breaks on muscle stiffness assessed with shear-wave elastography. *Sport Sciences for Health*, 19 (4), 1209-1216, doi:10.1007/s11332-023-01051-1
- Waersted, M., Hanvold, T.N. & Veiersted, K.B., 2010. Computer work and musculoskeletal disorders of the neck and upper extremity: A systematic review. *BMC Musculoskeletal Disord*, 11, 79, doi:10.1186/1471-2474-11-79
- Wang, M., Song, Y., Baker, J.S., Fekete, G. & Gu, Y., 2018. Sitting to standing postural changes: Energy expenditure and a possible mechanism to alleviate sedentary behavior. *Physiol Int*, 105 (2), 157-165, doi:10.1556/2060.105.2018.2.14
- Waongenngarm, P., van der Beek, A.J., Akkarakittichoke, N. & Janwantanakul, P., 2020. Perceived musculoskeletal discomfort and its association with postural shifts during 4-h prolonged sitting in office workers. *Appl Ergon*, 89, 103225, doi:10.1016/j.apergo.2020.103225
- Warren, T.Y., Barry, V., Hooker, S.P., Sui, X., Church, T.S., et al., 2010. Sedentary behaviors increase risk of cardiovascular disease mortality in men. *Med Sci Sports Exerc*, 42 (5), 879-85, doi:10.1249/MSS.0b013e3181c3aa7e
- Waters, T.R. & Dick, R.B., 2015. Evidence of health risks associated with prolonged standing at work and intervention effectiveness. *Rehabil Nurs*, 40 (3), 148-65, doi:10.1002/rnj.166
- WHO, 2010. *Global recommendations on physical activity for health*. Geneva.
- Wijndaele, K., Brage, S., Besson, H., Khaw, K.T., Sharp, S.J., et al., 2011. Television viewing time independently predicts all-cause and cardiovascular mortality: The epic norfolk study. *Int J Epidemiol*, 40 (1), 150-9, doi:10.1093/ije/dyq105
- Wilmot, E.G., Edwardson, C.L., Achana, F.A., Davies, M.J., Gorely, T., et al., 2012. Sedentary time in adults and the association with diabetes, cardiovascular disease and death: Systematic review and meta-analysis. *Diabetologia*, 55 (11), 2895-905, doi:10.1007/s00125-012-2677-z
- Won, E.J., Johnson, P.W., Punnett, L. & Dennerlein, J.T., 2009. Upper extremity biomechanics in computer tasks differ by gender. *J Electromyogr Kinesiol*, 19 (3), 428-36, doi:10.1016/j.jelekin.2007.11.012
- Woods, V., 2005. Musculoskeletal disorders and visual strain in intensive data processing workers. *Occup Med (Lond)*, 55 (2), 121-7, doi:10.1093/occmed/kqi029
- Zhu, W., Gutierrez, M., Toledo, M.J., Mullane, S., Stella, A.P., et al., 2018. Long-term effects of sit-stand workstations on workplace sitting: A natural experiment. *J Sci Med Sport*, 21 (8), 811-816, doi:10.1016/j.jsams.2017.12.005
- Zipp, P., 1982. Recommendations for the standardization of lead positions in surface electromyography. *European Journal of Applied Physiology* 50, 41-54, doi:10.1007/BF00952243

7. ANNEXES

7.1. **Annexe 1 : Moyenne des valeurs des variables dépendantes pour chaque condition**

Les moyennes de chaque variable dépendante obtenues pour chacune des 20 conditions expérimentales effectuées par les 31 participantes sont présentées pages suivantes dans un tableau.

Posture	Assis sur siège de bureau traditionnel					Assis sur un ballon					Debout					En pédalant assis sur un ergocycle				
Configuration de dispositif de pointage	TN	TF	SN	SF	CD	TN	TF	SN	SF	CD	TN	TF	SN	SF	CD	TN	TF	SN	SF	CD
Dépense énergétique et fréquence cardiaque																				
VO ₂ (ml.min.kg ⁻¹)	3,06	3,02	2,88	2,93	2,88	3,43	3,22	3,23	3,23	3,29	3,11	3,06	3,07	3,11	2,99	5,79	5,78	5,86	5,83	5,77
FC (battements par minute)	80,58	80,75	79,31	80,34	79,38	83,45	82,23	83,44	84,70	83,75	94,35	93,45	93,14	95,70	93,81	86,69	87,73	87,94	87,89	88,73
MET (u.a.)	1,12	1,12	1,08	1,09	1,08	1,27	1,22	1,22	1,19	1,22	1,17	1,15	1,15	1,17	1,12	2,20	2,23	2,22	2,22	2,12
Performance de réalisation de la tâche																				
Temps (secondes)	21,88	22,78	25,73	26,23	30,01	21,90	23,30	26,86	28,70	31,90	22,57	23,09	27,26	27,95	31,33	24,39	25,92	30,85	34,67	42,42
Nombre de clic (u.a.)	21,53	22,27	22,98	22,82	23,08	21,35	21,73	22,97	24,14	23,86	21,52	22,01	23,64	23,51	23,55	22,32	22,40	24,91	25,08	27,67
Ressenti																				
Difficulté à réaliser la tâche (0 à 10)	1,02	1,10	1,93	2,22	2,59	1,21	1,77	2,80	3,10	3,64	1,78	2,05	2,83	3,21	3,32	2,78	3,09	3,96	4,63	5,63
Sollicitations musculaires																				
FDS droit P10 (%CMV)	3,99	3,88	3,80	3,72	2,77	4,15	4,02	4,07	3,89	3,15	4,03	3,91	3,85	3,73	3,04	4,36	4,28	4,38	4,17	3,44
FDS droit P50 (%CMV)	5,62	5,43	5,34	5,21	3,85	5,87	5,59	5,78	5,47	4,36	5,67	5,46	5,43	5,35	4,28	6,19	6,01	6,17	5,84	4,85
FDS droit P90 (%CMV)	7,68	7,55	7,28	7,06	5,17	8,12	7,66	7,92	7,45	5,80	7,82	7,56	7,49	7,49	5,81	8,47	8,16	8,38	7,89	6,60
FDS droit CV	24,72	25,28	22,94	23,84	23,98	24,79	24,25	23,95	23,90	22,80	24,88	24,90	24,87	28,31	24,47	25,24	24,54	23,83	23,66	25,25
ECR droit P10 (%CMV)	8,51	7,87	7,88	7,43	5,69	8,37	8,05	7,63	7,29	5,54	8,17	7,74	7,26	7,11	5,82	8,42	8,29	8,08	7,85	6,04
ECR droit P50 (%CMV)	11,25	10,45	10,37	9,87	7,53	11,11	10,74	10,05	9,67	7,30	10,88	10,37	9,62	9,40	7,65	11,30	11,10	10,68	10,48	8,08
ECR droit P90 (%CMV)	14,81	13,80	13,48	12,83	9,97	14,67	14,25	13,00	12,54	9,61	14,44	13,72	12,60	12,16	10,08	15,04	14,71	13,87	13,61	10,66
ECR droit CV	22,41	22,62	21,67	22,01	23,05	22,76	23,49	21,63	21,88	23,17	23,23	23,14	22,47	21,63	23,04	23,33	23,03	21,81	22,48	23,84
ECU droit P10 (%CMV)	7,58	7,15	6,98	6,52	5,38	7,62	7,20	6,88	6,48	5,26	7,31	6,99	6,50	6,30	5,63	7,31	7,13	6,72	6,55	5,40
ECU droit P50 (%CMV)	9,91	9,29	9,04	8,53	6,98	9,90	9,47	8,86	8,41	6,84	9,56	9,23	8,50	8,29	7,35	9,64	9,44	8,81	8,67	7,10
ECU droit P90 (%CMV)	13,14	12,23	11,92	11,16	9,24	13,03	12,54	11,64	11,04	8,96	12,72	12,23	11,23	10,94	9,75	12,94	12,55	11,67	11,46	9,50
ECU droit CV	23,93	22,39	22,61	22,40	23,42	22,68	22,89	22,62	22,68	22,26	23,09	23,01	22,81	22,80	23,30	24,01	23,10	23,48	23,20	24,48
BB droit P10 (%CMV)	0,81	0,83	0,85	0,84	0,71	0,85	0,83	0,83	0,84	0,73	0,82	0,81	0,80	0,80	0,72	0,82	0,83	0,83	0,83	0,75
BB droit P50 (%CMV)	0,93	0,96	1,00	1,00	0,77	0,98	0,95	0,99	0,98	0,79	0,94	0,92	0,91	0,92	0,78	0,93	0,95	0,97	0,97	0,82
BB droit P90 (%CMV)	1,08	1,14	1,19	1,20	0,84	1,16	1,13	1,18	1,17	0,86	1,10	1,09	1,08	1,08	0,86	1,08	1,11	1,17	1,15	0,91
BB droit CV	14,34	14,20	13,05	12,71	6,84	14,98	13,76	15,20	13,07	7,25	18,38	15,26	19,71	16,42	8,38	14,13	13,74	15,87	14,19	10,36
TB droit P10 (%CMV)	2,66	2,11	2,59	2,06	1,70	2,71	2,17	2,65	2,23	1,77	2,43	1,99	2,49	2,07	1,66	2,99	2,37	2,98	2,51	2,08
TB droit P50 (%CMV)	3,48	2,75	3,34	2,63	2,09	3,57	2,79	3,40	2,83	2,19	3,15	2,54	3,18	2,61	1,99	4,00	3,11	3,90	3,25	2,65
TB droit P90 (%CMV)	4,47	3,49	4,24	3,28	2,56	4,61	3,54	4,34	3,57	2,70	4,02	3,19	4,05	3,26	2,41	5,23	4,01	5,03	4,15	3,34

TB droit CV	20,11	18,74	19,28	17,73	14,95	20,58	18,85	21,35	18,26	15,38	19,35	18,08	19,03	17,55	14,33	21,67	20,55	20,40	19,88	17,66
TRA droit P10 (%CMV)	2,35	2,41	2,28	2,44	2,62	3,67	3,05	3,50	3,43	4,05	2,54	2,84	2,54	2,38	3,12	2,83	2,85	2,77	2,82	4,29
TRA droit P50 (%CMV)	3,04	3,08	2,89	3,06	3,21	4,85	4,04	4,52	4,47	5,16	3,30	3,83	3,22	3,17	3,99	3,98	4,00	3,88	3,85	5,78
TRA droit P90 (%CMV)	3,91	4,05	3,66	3,89	3,97	6,34	5,34	5,86	5,79	6,57	4,33	5,13	4,14	4,17	5,08	5,45	5,49	5,24	5,20	7,59
TRA droit CV	21,09	21,18	17,87	19,08	15,63	23,73	22,50	21,91	21,83	19,84	22,83	27,21	21,70	21,70	19,17	27,96	26,61	24,67	24,87	22,61
ES droit P10 (%CSM)	7,76	7,61	7,49	7,47	7,50	9,36	8,77	9,01	8,98	9,55	8,00	7,61	7,79	7,68	7,72	7,82	7,68	7,76	7,66	7,83
ES droit P50 (%CSM)	8,88	8,58	8,42	8,39	8,39	11,20	10,19	10,69	10,53	11,17	9,25	8,62	8,91	8,71	8,74	10,46	9,83	10,12	9,71	10,17
ES droit P90 (%CSM)	16,80	16,77	16,55	16,36	16,77	18,54	17,59	18,00	17,87	18,66	19,86	19,96	19,81	20,19	20,15	18,88	18,07	18,52	18,04	18,42
ES droit CV	35,20	36,44	36,40	36,92	40,24	30,02	30,79	30,62	30,73	29,72	40,23	44,48	42,10	43,99	44,19	36,44	36,09	36,08	36,03	35,62
RF droit P10 (%CMV)	2,71	2,71	2,72	2,68	2,71	3,50	3,56	3,41	4,00	3,98	2,88	2,91	2,81	2,88	3,01	2,85	2,85	2,84	2,85	2,86
RF droit P50 (%CMV)	2,91	2,91	2,92	2,88	2,91	3,94	4,03	3,83	4,58	4,61	3,14	3,17	3,05	3,15	3,33	4,21	4,32	4,20	4,22	4,80
RF droit P90 (%CMV)	3,12	3,11	3,14	3,08	3,12	4,47	4,63	4,36	5,31	5,42	3,46	3,46	3,33	3,47	3,77	11,95	12,10	11,78	11,83	13,14
RF droit CV	6,32	5,57	5,56	5,42	5,49	8,69	9,47	9,07	10,07	11,13	6,98	6,33	6,69	6,94	7,41	64,30	64,08	63,88	64,32	65,15
FDS gauche P10 (%CMV)	1,91	1,93	1,89	1,93	3,40	2,08	2,05	2,02	2,07	3,49	1,87	1,98	1,94	1,88	3,16	2,14	2,27	2,05	2,23	3,61
FDS gauche P50 (%CMV)	2,16	2,21	2,14	2,16	4,33	2,40	2,36	2,32	2,37	4,39	2,10	2,26	2,19	2,16	4,03	2,56	2,72	2,39	2,71	4,68
FDS gauche P90 (%CMV)	2,43	2,47	2,43	2,43	5,62	2,75	2,73	2,67	2,73	5,66	2,41	2,58	2,49	2,51	5,23	3,08	3,21	2,80	3,25	6,10
FDS gauche CV	8,50	7,60	8,67	7,43	23,82	9,75	10,09	13,33	10,37	22,41	9,16	10,24	8,87	10,94	23,81	13,18	12,41	11,37	13,98	23,28
ECR gauche P10 (%CMV)	2,34	2,31	2,36	2,29	5,03	2,43	2,47	2,60	2,49	4,63	2,16	1,98	2,18	2,11	4,86	2,56	2,64	2,72	2,68	5,31
ECR gauche P50 (%CMV)	2,92	2,87	2,93	2,80	6,38	3,16	3,29	3,23	3,32	5,88	2,77	2,55	2,78	2,71	6,18	3,54	3,56	3,68	3,57	6,91
ECR gauche P90 (%CMV)	3,51	3,41	3,52	3,29	8,39	3,90	4,23	3,92	4,14	7,64	3,35	3,15	3,36	3,32	8,08	4,52	4,48	4,60	4,54	9,11
ECR gauche CV	14,88	13,38	13,15	12,50	24,67	16,78	19,29	15,41	17,67	25,58	15,62	17,72	15,76	18,11	23,85	20,42	18,93	19,57	19,79	24,91
ECU gauche P10 (%CMV)	2,07	2,03	2,09	2,20	4,45	2,03	2,19	2,11	2,20	4,08	1,85	1,87	1,87	1,99	4,30	2,20	2,17	2,27	2,09	4,67
ECU gauche P50 (%CMV)	2,44	2,45	2,46	2,64	5,50	2,48	2,71	2,47	2,71	5,06	2,15	2,19	2,16	2,35	5,36	2,70	2,70	2,82	2,58	5,96
ECU gauche P90 (%CMV)	2,86	2,94	2,89	3,13	7,25	3,00	3,36	2,87	3,28	6,71	2,53	2,56	2,53	2,78	7,06	3,29	3,24	3,46	3,16	7,95
ECU gauche CV	11,46	12,37	11,13	11,53	26,78	13,67	16,05	11,33	13,79	25,66	11,49	11,57	11,90	13,33	24,77	16,20	14,21	15,94	15,17	27,01
BB gauche P10 (%CMV)	0,87	0,87	0,85	0,86	0,91	0,89	0,90	0,90	0,90	0,92	0,89	0,87	0,88	0,88	0,92	0,91	0,92	0,93	0,93	0,94
BB gauche P50 (%CMV)	0,94	0,94	0,92	0,93	1,00	0,98	0,98	0,98	0,98	1,01	0,97	0,96	0,95	0,96	1,00	1,03	1,03	1,05	1,04	1,04
BB gauche P90 (%CMV)	1,02	1,01	0,99	1,00	1,11	1,07	1,09	1,07	1,08	1,11	1,07	1,07	1,04	1,09	1,11	1,18	1,17	1,23	1,19	1,17
BB gauche CV	6,32	9,76	5,89	10,80	8,91	8,24	8,66	7,32	9,05	7,62	7,18	8,23	7,94	8,61	8,53	10,55	9,87	11,85	10,97	9,85
TB gauche P10 (%CMV)	1,33	1,32	1,40	1,32	1,44	1,79	1,66	1,92	1,79	1,56	1,62	1,35	1,56	1,38	1,48	1,88	1,74	1,97	1,79	1,76
TB gauche P50 (%CMV)	1,54	1,55	1,66	1,53	1,75	2,27	2,15	2,45	2,28	1,97	2,07	1,72	1,99	1,77	1,86	2,87	2,58	3,03	2,63	2,44
TB gauche P90 (%CMV)	1,77	1,79	1,95	1,78	2,13	2,83	2,71	3,02	2,84	2,50	2,59	2,16	2,46	2,23	2,36	4,01	3,55	4,12	3,61	3,25

TB gauche CV	12,65	10,53	11,15	9,87	14,88	16,36	18,38	16,52	16,69	17,98	16,85	20,31	16,38	17,90	18,41	27,12	25,77	25,03	25,30	23,11
TRA gauche P10 (%CMV)	3,31	3,59	3,40	3,61	3,34	4,28	4,24	4,12	4,31	4,97	3,34	3,58	3,49	3,27	4,00	3,29	3,55	3,41	3,54	4,57
TRA gauche P50 (%CMV)	3,84	4,19	3,92	4,21	3,85	5,10	5,08	4,93	5,15	5,93	3,99	4,29	4,16	3,88	4,80	4,16	4,50	4,29	4,48	5,66
TRA gauche P90 (%CMV)	5,18	5,74	5,29	5,72	5,30	6,47	6,47	6,24	6,61	7,58	5,44	5,80	5,71	5,33	6,42	5,60	6,10	5,79	6,07	7,29
TRA gauche CV	23,16	26,34	24,25	25,04	25,10	21,50	21,36	20,94	21,39	20,72	23,97	24,29	25,73	25,40	23,00	28,26	27,46	27,21	27,33	20,38
ES gauche P10 (%CSM)	5,45	5,36	5,27	5,38	5,31	6,33	6,48	6,38	6,72	6,58	5,47	5,49	5,35	5,53	5,34	5,67	5,92	5,67	5,79	5,61
ES gauche P50 (%CSM)	5,98	5,92	5,76	5,95	5,83	7,42	7,55	7,42	7,91	7,53	6,17	6,21	5,95	6,25	5,93	7,43	7,97	7,16	7,63	7,09
ES gauche P90 (%CSM)	10,94	10,95	10,89	11,03	11,19	11,28	11,68	11,68	11,94	11,84	11,83	12,20	12,03	12,33	12,22	12,60	13,38	12,29	12,84	12,03
ES gauche CV	35,31	33,94	32,87	32,60	33,72	28,18	25,53	31,60	25,00	35,44	34,00	34,87	37,00	37,15	36,47	33,58	32,57	32,47	32,73	32,21
RF gauche P10 (%CMV)	2,89	2,89	2,90	2,91	2,90	3,58	3,52	3,41	3,60	3,70	2,91	2,93	2,93	2,93	2,89	3,05	3,06	3,05	3,06	3,06
RF gauche P50 (%CMV)	3,07	3,08	3,10	3,11	3,10	3,98	3,90	3,77	3,99	4,19	3,11	3,13	3,13	3,15	3,08	4,25	4,37	4,29	4,36	4,68
RF gauche P90 (%CMV)	3,28	3,29	3,31	3,33	3,31	4,43	4,37	4,24	4,49	4,74	3,32	3,35	3,35	3,38	3,29	11,67	12,45	11,46	11,87	12,60
RF gauche CV	5,07	5,25	5,16	5,32	5,13	6,85	7,74	7,74	7,67	8,79	5,13	5,34	5,20	5,47	5,39	61,60	61,54	60,32	61,40	63,79
Angles articulaires																				
Poignet droit F(+)/E(-) P10 (°)	-28,54	-23,94	-26,57	-23,14	-20,36	-28,10	-23,10	-25,26	-19,20	-17,75	-30,89	-28,46	-29,23	-27,94	-27,71	-32,31	-27,97	-27,59	-26,55	-25,42
Poignet droit F(+)/E(-) P50 (°)	-27,15	-22,07	-25,20	-21,56	-18,27	-26,18	-21,08	-23,75	-17,56	-15,35	-28,76	-26,25	-27,63	-26,16	-25,54	-30,39	-25,69	-25,91	-24,75	-22,31
Poignet droit F(+)/E(-) P90 (°)	-25,59	-20,33	-24,28	-20,02	-16,29	-24,56	-19,17	-22,42	-16,04	-13,11	-27,02	-24,38	-26,13	-24,50	-23,33	-28,64	-23,39	-24,23	-22,91	-19,33
Poignet droit Abd(+)/Add(-) P10 (°)	0,75	1,86	2,95	4,91	-5,05	2,13	2,38	4,34	6,62	-2,40	7,47	10,94	12,41	12,65	4,25	6,76	7,38	6,51	7,36	1,15
Poignet droit Abd(+)/Add(-) P50 (°)	2,80	3,94	4,21	6,15	-3,74	4,44	4,61	5,69	8,05	-0,93	9,75	12,95	13,70	14,06	6,06	9,18	9,57	7,90	8,74	2,97
Poignet droit Abd(+)/Add(-) P90 (°)	4,85	6,09	5,41	7,41	-2,54	6,62	6,70	7,07	9,31	0,55	11,81	14,96	14,94	15,43	7,67	11,59	11,80	9,30	10,09	4,59
Avant-bras droit Prono(+)/Supination(-) P10 (°)	7,12	11,01	4,95	9,33	16,22	8,47	12,72	6,81	9,63	17,62	12,42	14,92	10,16	12,75	20,01	10,33	17,38	7,29	10,39	16,78
Avant-bras droit Prono(+)/Supination(-) P50 (°)	8,21	11,90	5,62	10,04	17,38	9,66	13,64	7,61	10,32	18,72	13,63	15,89	10,98	14,03	21,03	11,94	18,90	8,23	11,40	18,14
Avant-bras droit Prono(+)/Supination(-) P90 (°)	9,25	12,76	6,38	10,75	18,43	10,79	14,63	8,45	11,06	19,62	14,83	16,92	11,88	15,09	22,15	13,38	19,59	9,14	12,39	19,52
Coude droit F(+)/E(-) P10 (°)	52,06	66,39	51,40	63,66	65,57	55,62	70,17	55,62	69,44	69,53	53,20	61,84	51,59	60,56	61,23	54,36	66,85	55,30	63,47	66,74
Coude droit F(+)/E(-) P50 (°)	52,93	67,14	52,17	64,27	66,06	56,57	71,05	56,59	70,10	70,11	54,24	62,58	52,46	61,28	61,75	55,55	67,66	56,39	64,26	67,77
Coude droit F(+)/E(-) P90 (°)	53,88	67,91	52,93	65,05	66,66	57,56	71,92	57,60	70,86	70,90	55,24	63,38	53,33	62,07	62,37	56,73	68,49	57,57	65,14	69,23
Epaule droite F(+)/E(-) P10 (°)	17,45	15,21	23,80	20,98	19,45	24,16	24,03	27,14	24,04	24,02	20,18	15,73	22,49	18,13	18,87	27,67	21,44	25,07	21,47	21,24
Epaule droite F(+)/E(-) P50 (°)	18,30	15,95	24,53	21,65	20,01	25,13	24,99	28,26	24,87	24,72	21,29	16,68	23,38	19,02	19,56	29,06	22,71	26,29	22,58	22,45
Epaule droite F(+)/E(-) P90 (°)	19,10	16,64	25,17	22,29	20,51	26,14	25,91	29,21	25,70	25,37	22,39	17,68	24,38	19,92	20,25	30,44	24,00	27,45	23,76	23,63
Epaule droite Abd(+)/Add(-) P10 (°)	29,42	19,20	29,50	16,26	15,38	31,27	18,90	32,04	16,90	13,55	24,34	14,60	24,26	12,07	12,45	29,98	20,03	29,00	21,96	15,68

Epaule droite Abd(+)/Add(-) P50 (°)	30,09	19,96	30,02	16,87	15,93	32,30	19,88	32,97	17,73	14,18	25,27	15,40	25,05	12,70	13,08	31,35	21,55	30,25	23,27	14,70
Epaule droite Abd(+)/Add(-) P90 (°)	30,79	20,70	30,62	17,56	16,46	33,29	20,60	33,80	18,22	15,02	26,15	16,24	25,83	13,45	13,68	32,65	22,95	31,49	24,78	16,14
Epaule droite Rotations Int(+)/Ext(-) P10 (°)	-9,30	16,73	-8,23	17,75	13,55	-14,51	17,84	-15,42	13,22	13,66	-11,40	17,76	-13,21	17,10	14,33	-13,39	13,41	-19,45	9,48	9,07
Epaule droite Rotations Int(+)/Ext(-) P50 (°)	-8,52	17,62	-7,57	18,57	14,32	-13,57	18,87	-14,41	14,09	14,72	-10,49	18,87	-12,24	17,98	15,22	-12,04	14,93	-18,21	10,99	10,80
Epaule droite Rotations Int(+)/Ext(-) P90 (°)	-7,78	18,46	-6,95	19,28	14,98	-12,57	19,80	-13,36	15,05	15,48	-9,57	19,87	-11,25	18,92	15,99	-10,65	16,38	-16,95	12,50	12,34
Poignet gauche F(+)/E(-) P10 (°)	0,47	-2,12	-0,39	-2,75	-11,87	-1,39	-1,54	0,24	-0,90	-10,75	-9,20	-10,01	-10,69	-11,19	-19,19	-8,27	-6,50	-7,94	-4,76	-17,07
Poignet gauche F(+)/E(-) P50 (°)	0,73	-1,90	-0,18	-2,50	-11,51	-0,85	-0,74	0,66	-0,53	-10,12	-8,78	-9,53	-10,24	-10,57	-18,53	-7,12	-5,51	-6,92	-3,81	-15,77
Poignet gauche F(+)/E(-) P90 (°)	0,96	-1,69	0,02	-2,23	-11,13	-0,43	-0,26	1,08	-0,03	-9,36	-8,38	-9,04	-9,74	-10,02	-17,78	-6,14	-4,52	-5,79	-2,84	-14,25
Poignet gauche Abd(+)/Add(-) P10 (°)	-0,21	0,75	0,22	0,90	3,00	-0,69	-2,57	-0,18	-1,65	6,50	6,56	5,07	6,92	3,35	13,04	3,40	2,72	2,29	0,43	11,05
Poignet gauche Abd(+)/Add(-) P50 (°)	-0,04	0,91	0,38	1,08	3,28	-0,35	-2,11	0,13	-1,25	7,15	6,87	5,60	7,25	3,88	13,56	4,22	3,49	3,25	1,12	12,23
Poignet gauche Abd(+)/Add(-) P90 (°)	0,14	1,07	0,57	1,26	3,59	-0,06	-1,46	0,52	-0,85	7,71	7,26	5,98	7,57	4,38	14,12	5,05	4,28	4,07	1,82	13,41
Avant-bras gauche Prono(+)/Supination(-) P10 (°)	15,36	15,46	15,67	15,44	17,77	16,19	15,84	16,75	15,46	18,18	19,19	19,15	18,20	19,22	20,37	17,54	18,03	16,05	15,47	19,36
Avant-bras gauche Prono(+)/Supination(-) P50 (°)	15,58	15,67	15,86	15,66	18,08	16,55	16,36	17,08	15,84	18,60	19,54	19,56	18,54	19,62	20,77	18,42	18,66	16,79	16,15	19,41
Avant-bras gauche Prono(+)/Supination(-) P90 (°)	15,76	15,88	16,03	15,87	18,51	16,94	16,81	17,39	16,19	18,98	19,92	20,02	18,92	20,09	21,33	19,18	19,22	17,57	16,76	20,21
Coude gauche F(+)/E(-) P10 (°)	55,97	53,87	55,97	53,75	68,07	60,12	59,34	60,97	59,94	71,43	55,41	56,69	56,31	56,89	66,35	55,12	52,67	53,89	53,50	71,66
Coude gauche F(+)/E(-) P50 (°)	56,21	54,10	56,31	54,01	68,39	60,73	59,96	61,46	60,48	71,86	56,09	57,44	56,89	57,65	66,81	56,37	53,72	55,19	54,74	72,67
Coude gauche F(+)/E(-) P90 (°)	56,46	54,34	56,57	54,27	68,72	61,37	60,71	61,91	60,92	72,32	56,65	58,24	57,49	58,45	67,28	57,57	54,80	56,58	55,87	73,66
Epaule gauche F(+)/E(-) P10 (°)	26,62	28,20	28,27	28,75	15,28	34,28	34,97	33,27	34,33	18,30	24,01	23,40	22,96	23,28	13,87	33,23	36,90	32,42	36,47	17,94
Epaule gauche F(+)/E(-) P50 (°)	27,04	28,64	28,71	29,18	15,66	35,05	35,70	33,98	34,98	18,98	24,69	24,00	23,55	23,96	14,34	34,63	38,23	33,73	37,72	19,27
Epaule gauche F(+)/E(-) P90 (°)	27,40	28,98	29,06	29,51	15,94	35,45	36,25	34,53	35,55	19,50	25,27	24,58	24,05	24,71	14,80	35,94	39,49	35,13	39,03	20,47
Epaule gauche Abd(+)/Add(-) P10 (°)	19,96	19,15	18,23	18,35	14,93	19,77	19,32	18,28	17,58	13,13	15,56	15,80	15,62	15,06	12,20	19,72	22,14	18,60	20,42	10,31
Epaule gauche Abd(+)/Add(-) P50 (°)	20,32	19,48	18,56	18,73	15,27	20,39	20,16	18,97	18,27	13,76	16,07	16,36	16,10	15,59	12,70	20,85	23,68	19,99	21,61	11,31
Epaule gauche Abd(+)/Add(-) P90 (°)	20,65	19,80	18,87	19,06	15,54	20,95	20,98	19,61	19,05	14,30	16,58	16,89	16,63	16,20	13,09	21,97	25,13	20,90	22,86	12,17
Epaule gauche Rotations Int(+)/Ext(-) P10 (°)	-1,05	-0,72	-1,08	-0,48	18,75	-2,87	-1,06	0,10	1,97	12,23	-3,33	-2,07	-4,28	-2,56	12,01	-8,68	-9,18	-5,07	-6,29	14,92
Epaule gauche Rotations Int(+)/Ext(-) P50 (°)	-0,66	-0,32	-0,74	-0,09	19,17	-2,11	-0,15	0,80	2,74	12,80	-2,66	-1,31	-3,60	-1,81	12,63	-7,37	-7,71	-3,74	-5,08	15,42
Epaule gauche Rotations Int(+)/Ext(-) P90 (°)	-0,28	0,06	-0,38	0,33	19,59	-1,44	0,71	1,46	3,44	13,45	-1,99	-0,62	-2,93	-1,13	13,23	-6,22	-6,29	-2,33	-3,90	16,65

T1-C7 F(+)/E(-) P10 (°)	19,35	19,66	19,13	19,65	19,55	16,28	16,38	16,08	16,66	16,65	15,54	15,77	15,50	15,79	16,13	14,31	13,78	15,11	15,07	16,22
T1-C7 F(+)/E(-) P50 (°)	19,71	20,01	19,55	20,03	19,96	16,68	16,90	16,59	17,08	17,17	15,95	16,18	16,01	16,28	16,59	14,85	14,30	15,73	15,65	16,92
T1-C7 F(+)/E(-) P90 (°)	19,97	20,10	19,85	20,32	20,26	17,02	17,33	17,01	17,55	17,57	16,32	16,55	16,47	16,68	16,95	15,42	14,85	16,35	16,30	17,63

Annexe 1 : Moyenne des valeurs des variables dépendantes pour chaque condition

FC = Fréquence cardiaque, $\dot{V}O_2$ = consommation de dioxygène

TN = souris traditionnelle placée à côté du clavier, TF = souris traditionnelle placée devant le clavier, SN = souris inclinée placée à côté du clavier, SF = souris inclinée placée devant le clavier, CD = pointeur central.

FDS = Flexor Digitorum Superficialis, ECU = Extensor Carpi Ulnaris, ECR = Extensor Carpi Radialis, BB = Biceps Brachii, TRI = Triceps Brachii, TRA = Trapezius pars descendens, ES = Erector Spinae longissimus, RF = Rectus Femoris

FE = Flexion–Extension, Abd–Add = Abduction–Adduction, Int–Ext = Interne–externe

CMV = Contractions Maximales Volontaires, CSM = Contractions Sous-Maximales, ° = degrés

CV = coefficient de variation, P10 = 10^{ème} percentile, P50 = 50^{ème} percentile, P90 = 90^{ème} percentile