

2007

Évaluation de tests de dextérité appliqués aux gants de protection

Chantal Gauvin
chantal.gauvin@irsst.qc.ca

Chantal Tellier
IRSST

Renaud Daigle
IRSST

Thierry Petitjean-Roget
IRSST

Suivez ce contenu et d'autres travaux à l'adresse suivante: <https://pharesst.irsst.qc.ca/rapports-scientifique>

Citation recommandée

Gauvin, C., Tellier, C., Daigle, R. et Petitjean-Roget, T. (2007). *Évaluation de tests de dextérité appliqués aux gants de protection* (Rapport n° R-491). IRSST.

Ce document vous est proposé en libre accès et gratuitement par PhareSST. Il a été accepté pour inclusion dans Rapports de recherche scientifique par un administrateur autorisé de PhareSST. Pour plus d'informations, veuillez contacter pharesst@irsst.qc.ca.



Équipements de protection

Études et recherches

 RAPPORT R-491



Évaluation de tests de dextérité appliqués aux gants de protection

*Chantal Gauvin
Chantal Tellier
Renaud Daigle
Thierry Petitjean-Roget*



Solidement implanté au Québec depuis 1980, l'Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail (IRSST) est un organisme de recherche scientifique reconnu internationalement pour la qualité de ses travaux.

NOS RECHERCHES

Mission *travaillent pour vous !*

Contribuer, par la recherche, à la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles ainsi qu'à la réadaptation des travailleurs qui en sont victimes.

Offrir les services de laboratoires et l'expertise nécessaires à l'action du réseau public de prévention en santé et en sécurité du travail.

Assurer la diffusion des connaissances, jouer un rôle de référence scientifique et d'expert.

Doté d'un conseil d'administration paritaire où siègent en nombre égal des représentants des employeurs et des travailleurs, l'IRSST est financé par la Commission de la santé et de la sécurité du travail.

Pour en savoir plus

Visitez notre site Web ! Vous y trouverez une information complète et à jour.
De plus, toutes les publications éditées par l'IRSST peuvent être téléchargées gratuitement.
www.irsst.qc.ca

Pour connaître l'actualité de la recherche menée ou financée par l'IRSST, abonnez-vous gratuitement au magazine Prévention au travail, publié conjointement par l'Institut et la CSST.
Abonnement : 1-877-221-7046

Dépôt légal

Bibliothèque et Archives nationales
2007
ISBN : 978-2-89631-112-5 (version imprimée)
ISBN : 978-2-89631-113-2 (PDF)
ISSN : 0820-8395

IRSST - Direction des communications
505, boul. De Maisonneuve Ouest
Montréal (Québec)
H3A 3C2
Téléphone : 514 288-1551
Télécopieur : 514 288-7636
publications@irsst.qc.ca
www.irsst.qc.ca
© Institut de recherche Robert-Sauvé
en santé et en sécurité du travail,
mars 2007



Équipements de protection

Études et recherches

■ RAPPORT R-491

Évaluation de tests de dextérité appliqués aux gants de protection

Avis de non-responsabilité

L'IRSST ne donne aucune garantie relative à l'exactitude, la fiabilité ou le caractère exhaustif de l'information contenue dans ce document. En aucun cas l'IRSST ne saurait être tenu responsable pour tout dommage corporel, moral ou matériel résultant de l'utilisation de cette information.

Notez que les contenus des documents sont protégés par les législations canadiennes applicables en matière de propriété intellectuelle.

*Chantal Gauvin¹
Chantal Tellier²
Renaud Daigle¹
Thierry Petitjean-Roget³*

¹Service soutien à la recherche et à l'expertise, IRSST

²Service veille et gestion de la qualité, IRSST

³Ressources informatiques, IRSST

Cliquez recherche
www.irsst.qc.ca



Cette publication est disponible
en version PDF
sur le site Web de l'IRSST.

CONFORMÉMENT AUX POLITIQUES DE L'IRSST

Les résultats des travaux de recherche publiés dans ce document
ont fait l'objet d'une évaluation par des pairs.

SOMMAIRE

Les gants de protection sont conçus pour protéger les mains, les doigts et les poignets. Cependant, plusieurs travailleurs choisissent de ne pas en porter et justifient ce choix principalement par le fait que les gants les empêchent d'effectuer leur travail correctement. Cette perception est confirmée par de nombreuses études qui ont démontré que les gants de protection affectent la dextérité, soit l'habileté d'un individu à manipuler des objets rapidement et avec précision.

L'effet des gants de protection sur la dextérité a été évalué, dans plusieurs études, par différents tests de dextérité, dont plusieurs ont été initialement développés pour d'autres applications et existent depuis les années 1920. Toutefois, les études sur la dextérité des gants sont difficilement comparables entre elles puisqu'elles utilisent différents tests de dextérité ou différentes procédures. Parallèlement aux tests de dextérité existants, deux normes ont été développées spécifiquement pour mesurer la dextérité des gants. Une batterie de tests normalisée permet la comparaison et l'évaluation des gants de protection. Néanmoins, peu de travaux ont été entrepris pour développer une batterie de tests capable d'évaluer la dextérité d'une grande variété de gants. Aucune étude n'a comparé la capacité des tests de dextérité existants à discriminer les gants, ni n'a comparé ces tests avec ceux des normes. Le but de cette activité est d'évaluer la sensibilité de tests de dextérité existants et de proposer une batterie de tests capable de discriminer différents gants de protection.

Une expérimentation a été réalisée auprès de 30 sujets volontaires (15 hommes et 15 femmes) pour évaluer la sensibilité des douze tests de dextérité suivants :

- Crawford–Pins&Collars
- Crawford–Screws (*)
- O'Connor Finger (*)
- O'Connor Tweezer
- Minnesota–Two-Hand Turning&Placing (*)
- Minnesota–Turning (*)
- Grooved Pegboard (*)
- Purdue–Pins Dominant Hand (*)
- Purdue–Pins Non-Dominant Hand (*)
- Purdue–Assembly (*)
- Norme ASTM F2010 (*)
- Norme EN 420

Neuf modèles de gants très variés ont été sélectionnés pour cette étude. Ils ont été classés *a priori* en trois catégories selon leur niveau de dextérité estimé, soit fin, moyen et grossier. Chaque sujet a exécuté les 12 tests de dextérité sous quatre conditions : à mains nues et en portant un modèle de gants de chacune des trois catégories. Les performances obtenues avec les gants ont été normalisées par rapport aux performances obtenues à mains nues. Des analyses statistiques ont permis d'évaluer la sensibilité des tests à discriminer les neuf modèles de gants entre eux. La sensibilité a été définie comme le pourcentage de différences significatives trouvées entre les gants par rapport à toutes les différences possibles. Par la suite, les résultats des différents tests de dextérité ont été combinés pour simuler des batteries de tests et en évaluer leur sensibilité.

Les résultats ont montré que neuf des 12 tests ont une capacité à discriminer les gants, avec des degrés de sensibilité de 56% à 67%. Ils sont identifiés par un (*) dans la liste ci-dessus. La classification obtenue est en accord avec la perception que les sujets ont eu des gants. Les tests requérant la manipulation de petites pièces, tels que les tests Crawford–Screws et O'Connor Finger, ont montré une meilleure sensibilité spécifique pour discriminer les gants fins et moyens.

À l'inverse, ceux requérant la manipulation de plus grosses pièces, tels que les deux tests Minnesota et le test ASTM F2010, ont montré une meilleure sensibilité spécifique pour discriminer les gants moyens et grossiers.

Sept combinaisons de tests ayant une sensibilité globale élevée et une durée d'exécution raisonnable ont été proposées. Ces combinaisons sont formées à partir de 2, 3 ou 4 tests disposant de sensibilités complémentaires. Les tests qui les composent sont principalement le test Minnesota–Two-Hand Turning&Placing ou le O'Connor Finger, mais aussi l'un des trois tests Purdue, le test ASTM F2010 ou le test Crawford–Screws. La sensibilité des combinaisons proposées varient de 81% à 89% et leur durée d'exécution varient de 7 à 15 minutes.

REMERCIEMENTS

Nous tenons tout d'abord à remercier toutes les personnes de l'IRSST qui se sont portés volontaires pour participer à cette étude. Leur collaboration était essentielle pour la bonne marche du projet et leur enthousiasme a été très stimulant pour l'équipe. Nous remercions également leur directeur d'équipe respectif et la direction de l'Institut pour avoir accordé à ces personnes le temps nécessaire à l'expérimentation.

Nous voulons également remercier Henry Scory pour le système de chronomètre informatique, Pierre Drouin pour la fabrication des tests ASTM F2010 et EN 420, Esther Cloutier pour ses conseils en statistique, Ginette Denicourt pour ses conseils sur l'éthique, et Dominique Desjardins pour les photos des gants.

TABLE DES MATIÈRES

SOMMAIRE	iii
REMERCIEMENTS	v
TABLE DES MATIÈRES	vii
Liste des tableaux.....	ix
Liste des figures	x
1. INTRODUCTION	1
1.1 Problématique santé et sécurité du travail	1
1.2 État de l’art et originalité de l’étude	1
1.3 But de l’activité et objectifs spécifiques	4
2. MÉTHODOLOGIE.....	7
2.1 Plan d’expérience.....	7
2.2 Tests de dextérité	7
2.3 Sujets	10
2.4 Gants	11
2.5 Déroulement de l’expérience	12
2.5.1 Contrôle de l’apprentissage.....	13
2.5.2 Questionnaire de perception	14
2.6 Analyse des résultats des tests de dextérité.....	14
2.6.1 Normalisation des performances.....	14
2.6.2 Analyses statistiques	14
2.6.3 Sensibilités globales et spécifiques des tests	14
2.6.4 Combinaisons de tests.....	15
3. RÉSULTATS.....	17
3.1 Performances normalisées	17
3.2 Sensibilités globales.....	19
3.3 Sensibilités spécifiques	21
3.4 Combinaisons de tests.....	21
4. DISCUSSION	25
4.1 Résultats globaux et critiques des tests	25
4.2 Facteurs à considérer pour la sélection de tests	27
4.3 Batteries de tests proposées	28
4.4 Liens entre la performance aux tests et la perception des sujets.....	30
4.5 Limites de l’étude et travaux futurs	30
5. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.....	33
RÉFÉRENCES	35

ANNEXE A :	Descriptions et révisions détaillées des tests de dextérité.....	43
ANNEXE B :	Documents reliés à l'éthique.....	51
ANNEXE C :	Dimensions des mains de la norme EN 420	59
ANNEXE D :	Perception : questionnaire et résultats.....	60
ANNEXE E :	Résultats détaillés des combinaisons de tests	67

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1	Usage des tests existants pour évaluer la dextérité des gants de protection	3
Tableau 2.1	Description des tests de dextérité.....	8
Tableau 2.2	Caractéristiques démographiques et mesures anthropométriques de la main.....	11
Tableau 2.3	Description des neuf modèles de gants.....	11
Tableau 2.4	Fréquence d'attribution des modèles de gants	12
Tableau 2.5	Répartition des tests de dextérité sur trois séances	13
Tableau 3.1	Sensibilité globale des tests et classement des gants selon leur performance normalisée moyenne	19
Tableau 3.2	Identification des tests de dextérité capable de discriminer chaque combinaison de gants.....	20
Tableau 4.1	Combinaisons de tests optimales	29
Tableau C.1	Tailles des gants et dimensions des mains selon la norme EN 420 – 2004.....	59
Tableau D.1	Nombre de sujets ayant trouvés les tests difficiles à maîtriser	62
Tableau D.2	Perception de la capacité des tests à discriminer les gants : Pourcentage des sujets, par séance et par modèle de gant (Q3)	63
Tableau D.3	Perception de la difficulté et de la facilité à exécuter les tests avec les gants : Somme des réponses obtenues par test et par modèle de gant (<i>d</i> : difficile à exécuter (Q4) et <i>f</i> : facile à exécuter (Q5)).....	64
Tableau D.4	Perception des gants : Classification des gants pour chaque caractéristique et moyenne des cotes attribuées.....	65
Tableau E.1	Durée [min] et sensibilité (S%) des combinaisons de 2, 3 et 4 tests de dextérité.....	67

LISTE DES FIGURES

Figure 2.1	Exemple de calcul des sensibilités globale et spécifiques d'un test de dextérité.....	15
Figure 3.1	Performances normalisées des gants (moyenne et écart-type) obtenues pour les tests de dextérité Crawford (T1, T2), Grooved Pegboard (T3), Minnesota (T9, T10) et ASTM F2010 (T12).....	17
Figure 3.2	Performances normalisées des gants (moyenne et écart-type) obtenues pour les tests de dextérité EN 420 (T4 à T8).	18
Figure 3.3	Performances normalisées des gants (moyenne et écart-type) obtenues pour les tests de dextérité O'Connor Finger (T9), O'Connor Tweezer (T13) et Purdue (T14 à T16).	18
Figure 3.4	Sensibilités spécifiques des tests de dextérité	21
Figure 3.5	Sensibilité globale des batteries de tests en fonction de la durée totale des essais (3 essais par test)	23
Figure A.1	Crawford–Pins&Collars (T1).....	43
Figure A.2	Crawford–Screws (T2).....	44
Figure A.3	Grooved Pegboard (T3)	44
Figure A.4	EN 420 (T4 à T8).....	45
Figure A.5	Minnesota–Two-Hand Turning&Placing (T9)	46
Figure A.6	Minnesota–Turning (T10).....	46
Figure A.7	O'Connor Finger (T11).....	47
Figure A.8	ASTM F2010 (T12)	48
Figure A.9	O'Connor Tweezer (T13)	48
Figure A.10	Purdue–Pins Dominant Hand (T14).....	49
Figure A.11	Purdue–Pins Non-Dominant Hand (T15)	50
Figure A.12	Purdue–Assembly (T16)	50

1. INTRODUCTION

1.1 Problématique santé et sécurité du travail

Les blessures aux mains comptent pour environ 20% de l'ensemble des lésions indemnisées par la Commission de la santé et de la sécurité du travail (CSST) avec des déboursés de 250 millions de dollars pour la période 2003-2005 [1]. Dans certains types d'industries du secteur métal-électrique, les blessures aux mains atteignent plus de 30% de l'ensemble des lésions [1]. Les gants de protection adaptés au type de risque évitent les blessures légères à modérées, notamment les coupures qui sont les lésions les plus fréquentes, mais n'empêchent pas certains types de blessures, moins fréquentes mais plus sévères, telles que fractures, écrasements, lésions multiples et amputations [2, 3]. Certaines études ont par ailleurs montré que les gants peuvent réduire de 60% le risque de coupure ou perforation sévère de la main [4-6].

Cependant, deux études ont rapporté que 53% et 71% des travailleurs ne portaient pas de gants au moment de l'accident [2, 6]. La principale raison donnée par les travailleurs pour justifier l'absence des gants est que ceux-ci les empêchent d'exécuter leur travail correctement et rapidement et limitent leur dextérité [2, 6-8]. Cette perception est confirmée par plusieurs études qui ont démontré que les gants de protection affectent de façon importante la dextérité [9-14], la discrimination tactile [15-19], la force de préhension [20-22] et les mouvements de la main [23], réduisant ainsi significativement la performance au travail.

Le sentiment que les gants interfèrent avec le travail influence beaucoup plus la décision des travailleurs de porter ou non des gants que le sentiment de protection des gants ou le risque associé à la tâche. En effet, Champoux et Bourdouxhe [2] rapportent que 70% des travailleurs qui trouvent les gants commodes et confortables les portent, et 70% d'entre eux qui les jugent encombrants ou nuisibles ne les portent pas. Parfois, les travailleurs peuvent être portés à modifier leurs gants, en coupant les doigts par exemple, pour conserver leur dextérité [24]. Quand ce sentiment s'ajoute à la perception que le risque de blessure est faible, le travailleur s'expose à des risques de blessures bénignes qui pourraient être facilement évitées par le port des gants de protection. Ainsi, il est tout aussi important pour la sécurité des travailleurs de se préoccuper de la dextérité, du confort et de l'ajustement des gants que de travailler aux propriétés de protection elles-mêmes puisqu'il s'agit de facteurs de persuasion qui peuvent faire une différence entre porter ou non des gants de protection [25].

1.2 État de l'art et originalité de l'étude

L'effet des gants de protection sur la dextérité peut se mesurer par des tests de dextérité exécutés par des sujets humains à mains nues et en portant des gants. Un test de dextérité permet de mesurer la vitesse, la précision et l'habileté des doigts, des mains et des bras à manipuler des objets [26-28]. Il s'agit d'un test psychomoteur qui peut mesurer de façon individuelle ou combinée différentes habiletés psychomotrices relativement indépendantes (précision, coordination, rapidité, etc.) [27, 28]. L'individu qui exécute un test de dextérité doit accomplir le plus rapidement possible certaines tâches, comme par exemple insérer des tiges dans des trous, assembler des pièces, etc. La performance de l'individu se mesure par le temps qu'il a pris pour

compléter le test (en secondes) ou par le nombre de tâches complétées (p.ex. nombre de tiges insérées dans des trous) en un temps donné.

Les premiers tests de dextérité ont été développés dans les années 1920 et utilisés pour évaluer le potentiel professionnel d'un individu et améliorer la sélection de candidats à l'embauche de postes particuliers requérant de la dextérité comme par exemple dans les domaines de l'assemblage, de l'emballage, et de l'opération de machines [29-38]. Plus tard, plusieurs de ces tests ont été utilisés et d'autres ont été développés pour évaluer les fonctions de la main de personnes atteintes de troubles aux membres supérieurs ou en phase de réhabilitation suite à un accident [39-48].

Il existe une grande variété de tests de dextérité. Ces tests mesurent la dextérité fine, grossière, ou les deux. Certains d'entre eux comportent plusieurs parties consistant chacune en un test de dextérité en soi. Le **Minnesota** Rate of Manipulation Test [33] et le **Stromberg** Dexterity Test [37] permettent de mesurer la vitesse et la précision des mouvements grossiers des doigts, des mains et des bras. Toutefois, Fleishman et Hempel [26] rapportent que la partie « Turning » du test Minnesota implique aussi la dextérité fine des doigts. Les tests **Crawford** Small Parts Dexterity Test [31], **O'Connor Finger** Dexterity Test [32], **O'Connor Tweezer** Dexterity Test, **Purdue** Pegboard [38], **Roeder** Manipulative Aptitude Test [49] sont des tests psychomoteurs qui utilisent de plus petites pièces permettant de mesurer la dextérité fine des doigts et des mains. Selon Fleishman et Hempel [26], le test O'Connor Finger permet une mesure relativement pure de la dextérité fine des doigts. Des tests tels que le **Bennett** Hand-Tool[†] Dexterity Test [29] et le **Pennsylvania** Bi-Manual Worksample [35] sont des tests d'assemblage et désassemblage de boulons et d'écrous permettant de mesurer la dextérité fine et grossière.

Plusieurs études [14, 50-65] rapportent l'utilisation de tests de dextérité pour évaluer l'effet des gants de protection sur la dextérité, et les plus importantes sont résumées au tableau 1.1. Entre autres, le **Minnesota** Rate of Manipulation Test, le **Crawford** Small Parts Dexterity Test, le **O'Connor Finger** Dexterity Test et le **Purdue** Pegboard ont été largement utilisés pour des gants de protection contre les risques chimiques et thermiques.

Deux méthodes normalisées ont été développées pour évaluer la dextérité des gants de protection, soit les tests de la norme ASTM F2010-00 [66] et de la norme EN 420 [67], la première faisant plutôt appel à la motricité grossière et la seconde proposant un test relativement simple comparativement aux tests psychomoteurs existants. Une étude du National Institute of Justice (NIJ) [68, 69] des États-Unis a utilisé la norme EN 420 pour évaluer la dextérité de plusieurs gants de protection destinés aux forces de l'ordre (policiers, agents de sécurité, etc.).

L'effet des gants de protection sur la dextérité a été largement étudié. Ces études sont difficilement comparables entre elles puisqu'elles utilisent différents tests de dextérité ou différentes procédures. Néanmoins, peu d'études ont comparé les tests de dextérité entre eux dans le but de développer une batterie de tests efficace capable d'évaluer la dextérité des gants de protection. Aucune étude n'a non plus comparé les tests existants avec ceux des normes ASTM F2010 et EN 420, dont l'efficacité à discriminer différents modèles de gants n'a pas été démontrée dans la littérature scientifique. Ce type de batterie de tests permettrait de comparer

[†] Aussi appelé le Hand-Tool Dexterity Test.

les résultats provenant de différentes études et de classer les gants. Une telle classification permettrait aux différents milieux de travail de sélectionner des gants satisfaisant leurs besoins.

Tableau 1.1 Usage des tests existants pour évaluer la dextérité des gants de protection

		Robinette et al. (1986) [14]	Ross and Ervin (1987) [50]	McGinnis et al. (1973) [51] Bensel (1980) [52] Bensel (1993) [53]	Andruk et al. (1976) [54] Gianola et al. (1976) [55]	Parsons and Egerton (1984) [12]	Johnson and Sleeper (1986) [56]	Scanlan et al. (2004) [57]	Branson et al. (1997) [58]	Riley (1984) [59]	Sawyer and Bennett (2006) [60]	Plummer et al. (1985) [61]	Moore et al. (1995) [62]	Muralidhar and Bishu (1994) [63]	Muralidhar et al. (1999) [64]	Fatah (1999) [68] NIJ (2001) [69]
Grosses pièces	Minnesota Rate of Manipulation Test (1943)	x	x	x	x										x	
	Stromberg Dexterity Test (1951)					x										
Petites pièces	Crawford Small Parts Dexterity Test (1956)	x														
	O'Connor Finger Dexterity Test (1926)	x	x	x			x									
	O'Connor Tweezer Dexterity Test												x			
	Purdue Pegboard (1948)		x				x	x	x	x	x			x		
	Roeder Manipulative Aptitude Test (1967)		x													
Boulons/ écrous	Bennett Hand-Tool (1965)			x	x							x				
	Pennsylvania Bi-Manual Worksample (1945)	x	x													
Normes	ASTM F2010 (2000)															
	EN 420															x

Les travaux de Robinette [70] et Ervin [71-74] sont les seuls à porter sur l'élaboration d'une batterie normalisée de tests de dextérité, d'abord dans le but d'évaluer l'effet de traitements médicaux sur la performance manuelle. Ils ont évalué vingt-six tests auprès de 118 sujets, dans le but de sélectionner les tests les plus efficaces. Sept tests de dextérité ont été retenus comme étant capables de mesurer l'effet de traitements médicaux sur différentes habiletés manuelles [70-72]. Selon les auteurs, les tests analysés peuvent aussi servir à d'autres applications telle que les gants de protection. Robinette et al. [14] ont utilisé les quatre tests suivants pour comparer

des gants de protection contre les risques chimiques : Minnesota Rate of Manipulation–Turning Test, O’Connor Finger Dexterity Test, Pennsylvania Bi-Manual Worksample Test et Crawford Small Parts Dexterity Test–Screws. Suite à ces travaux, Ervin [73, 74] a proposé une batterie contenant cinq tests, soit les mêmes tests que Robinette et al. [14] mais en remplaçant le test Crawford Small Parts Dexterity Test–Screws par les tests Roeder Manipulative Aptitude Test et Purdue Pegboard–Assembly. Cette batterie de cinq tests a été utilisée pour comparer différents modèles de gants de protection contre les risques chimiques [50]. Bien que les tests aient aidé à motiver le choix d’un modèle de gants par rapport aux autres modèles testés, il reste qu’une différence de dextérité n’a pas pu être décelée entre certains modèles.

Ervin [73] a identifié plusieurs facteurs devant être considérés dans le choix des tests de dextérité pouvant faire partie d’une batterie de tests :

- **Sensibilité du test aux différents types de gants** : les manœuvres à exécuter doivent être suffisamment complexes pour permettre de révéler des différences significatives entre les gants, sans pour autant être trop laborieuses voire impossibles à exécuter avec des gants. Le test doit être suffisamment sensible pour être en mesure de détecter des différences entre les gants avec un nombre minimal de sujet.
- **Capacité de normalisation du test** : l’apprentissage doit pouvoir être contrôlé, et les manœuvres doivent être suffisamment spécifiques pour que les sujets puissent les exécuter toujours de la même façon. Ceci assure que les différences mesurées sont dues aux conditions testées (gants, environnement froid, etc.) plutôt qu’à la technique ou à l’expérience antécédente des sujets.
- **Facilité et simplicité d’application du test** : une fois qu’un test est sélectionné, sa procédure doit être révisée afin de la rendre plus simple et efficace s’il y a lieu. Par exemple, diminuer le nombre de tâches ou raccourcir la durée du test permettent aux sujets de ressentir moins de fatigue et de frustration sans changer pour autant la capacité du test à mesurer correctement la dextérité.
- **Disponibilité et durabilité de l’équipement**

Pour répondre à l’ensemble des exigences énoncées par Ervin [73], une batterie de tests pourrait être composée de plusieurs tests de dextérité. Puisque aucun test existant n’a jamais démontré sa capacité à discriminer autant des gants fins entre eux que des gants grossiers entre eux, les tests de dextérité sélectionnés pour la batterie devraient être sensibles à des niveaux de dextérité différents. L’augmentation du nombre de tests de dextérité devrait généralement améliorer la sensibilité de la batterie à différents modèles de gants, mais allongerait également le temps requis à l’exécution de l’ensemble des tests. Il devient donc indispensable de choisir des tests permettant d’optimiser d’une part l’information recueillie par ces tests et d’autre part le temps d’exécution total. Bien que des batteries de tests aient été proposées [14, 73, 74], aucune étude n’a évalué le nombre de tests et déterminer les tests optimaux devant faire partie d’une telle batterie.

1.3 But de l’activité et objectifs spécifiques

Le port de gants de protection affecte la dextérité. Cet effet, qui consiste le plus souvent en une diminution de la performance manuelle, peut être mesuré par des tests de dextérité. L’ampleur de cet effet diffère selon le type de gants et le test de dextérité utilisés. L’objectif principal de

cette activité est de proposer une batterie de tests capable de discriminer efficacement différents modèles de gants. De cet objectif principal découle les objectifs spécifiques suivants :

- Évaluer la sensibilité de tests de dextérité existants pour discriminer différents modèles de gants de protection
- Évaluer la sensibilité de différentes combinaisons de tests de dextérité les plus prometteuses.

Les résultats de cette recherche permettront de confirmer ou d'infirmer les hypothèses suivantes :

Hypothèse #1 : Les tests de dextérité ont une capacité à discriminer les gants qui est spécifique au niveau de dextérité du gant. Ainsi, un test capable de discriminer les gants fins entre eux ne permettent pas de discriminer les gants grossiers entre eux, et vice versa.

Hypothèse #2 : Il existe une combinaison de tests qui aura une meilleure sensibilité pour discriminer les gants que le meilleur des tests seuls.

Cette étude permettra également d'établir les bases devant servir au développement d'un protocole d'évaluation de la dextérité offerte par les gants de protection.

2. MÉTHODOLOGIE

2.1 Plan d'expérience

Une expérimentation a été menée auprès de 30 sujets pour comparer la sensibilité de douze tests de dextérité existants :

- Minnesota Rate of Manipulation : 2 tests utilisés/5
 - Turning Test
 - Two-Hand Turning&Placing Test
- Crawford Small Parts : 2 tests utilisés/2
 - Pins&Collars Test
 - Screws Test
- Purdue Pegboard : 3 tests utilisés/4
 - Pins Dominant Hand Test
 - Pins Non-Dominant Hand Test
 - Assembly Test
- O'Connor Finger
- O'Connor Tweezer
- Grooved Pegboard Test
- norme EN 420
- norme ASTM F2010

Neuf modèles de gants ont été sélectionnés pour cette étude en fonction de leurs différences d'épaisseur, de matériau, de tissage/tricotage, d'enduit, de fini de surface et de type de protection. Ils ont été classés en trois catégories, établies par une estimation subjective du niveau de dextérité qu'ils offrent, soit fine, moyenne et grossière. Chaque sujet a exécuté les douze tests de dextérité sous quatre conditions, soit à mains nues et en portant un modèle de gants de chacune des trois catégories. Les sujets ont effectué trois essais pour chaque condition et chaque test. La moyenne de ces essais a été utilisée dans l'analyse des résultats. Les sujets ont également répondu à un questionnaire faisant connaître leur perception des tests de dextérité et des gants testés.

2.2 Tests de dextérité

Tous les tests de dextérité ont été achetés chez Lafayette Instrument, à l'exception des tests des normes EN 420 et ASTM F2010 qui ont été fabriqués à l'IR SST suivant les spécifications indiquées dans les normes. Tous les tests s'exécutent en position assise, à l'exception des deux tests Minnesota qui s'exécutent en position debout. Les douze tests de dextérité sont identifiés dans ce rapport par les numéros T1 à T16 (les tests T4 à T8 constituant cinq mesures du même test, soit la norme EN 420).

Inspiré de la littérature [70, 73], des modifications ont été apportées à la procédure de la plupart des tests de dextérité. D'abord, pour tous les tests à l'exception des deux normes, le nombre d'essais de pratique a été augmenté pour mieux éliminer l'effet d'apprentissage. Ensuite, pour tous les tests, une position de départ a été spécifiée par souci d'uniformisation. Pour certains

tests, les mains devant être utilisées ont aussi été spécifiées. Finalement, pour certains tests, la durée des essais a été écourtée de manière à diminuer la fatigue et l'ennui des sujets sans compromettre l'information recueillie. Le tableau 2.1 présente une brève description des 12 tests de dextérité étudiés, indique comment se calcule le score et spécifie s'il a été modifié, et justifie le choix des tests sélectionnés. La description détaillée de chaque test ainsi que les révisions précises qui ont été apportées par rapport aux procédures originales sont présentées à l'annexe A.

Tableau 2.1 Description des tests de dextérité

Test	Description	Justification du choix
T1) Crawford–Pins&Collars	Utiliser des pinces (main dominante) pour placer des tiges dans des trous et des bagues autour des tiges. <u>Score</u> (modifié): nombre de trous remplis en 2.5 minutes.	 Test utilisant un outil simple (pinces) pour manipuler les pièces.
T2) Crawford–Screws	Utiliser les doigts (main dominante) pour prendre des vis et les insérer dans des trous filetés, puis utiliser un tournevis (les deux mains) pour les visser complètement. <u>Score</u> (modifié): nombre de trous remplis en 2.5 minutes.	 Représente bien certaines tâches réalisées en usine.
T3) Grooved Pegboard	Insérer des tiges dans des trous en les orientant de telle sorte que la forme de la tige s'aligne avec la forme du trou (main dominante). <u>Score</u> : temps requis pour remplir tous les trous.	 La nécessité d'orienter les tiges avant de les insérer peut représenter des tâches réalisées en usine.
T4-T8) EN 420	Section 6.2 de la norme – Méthode d'essai pour mesurer la dextérité de la main gantée. Prendre une tige par sa circonférence entre le pouce et l'index. Cinq tiges de différents diamètres doivent être prises dans cet ordre : 11, 9.5, 8, 6.5 et 5 mm. Le résultat correspond à la plus petite tige qui peut être prise trois fois de suite en 30 secondes, sans maladresse excessive. <u>Score</u> (modifié): Pour comparer ce test avec les autres qui mesurent la rapidité d'exécution, le temps requis pour compléter la	 Consiste en une norme européenne

Test	Description	Justification du choix
	manœuvre pour chaque tige a été mesuré. Pour normaliser le plus possible la manœuvre, les sujets devaient soulever les tiges à la même hauteur pour toutes les conditions (gants et main nue), soit environ 10 cm. Les tests T4 à T8 correspondent aux résultats obtenus avec les tiges de 11 mm à 5 mm de diamètre, respectivement.	
T9) Minnesota–Two-Hand Turning & Placing	Prendre des disques de plastique d’une planche, deux à la fois (une dans chaque main), les retourner et les placer dans les trous de l’autre planche. <u>Score</u> : temps requis pour remplir tous les trous.	 Nécessite une manipulation plus complexe des disques que le test T10.
T10) Minnesota–Turning	Prendre des disques de plastique avec une main, les retourner et les replacer dans les trous avec l’autre main. <u>Score</u> : temps requis pour remplir tous les trous.	 Utilisé dans plusieurs études pour évaluer les gants de protection.
T11) O’Connor Finger	Prendre trois tiges à la fois et les insérer dans un seul trou (main dominante). <u>Score</u> (modifié): nombre de trous remplis en 2 minutes.	 Évaluation relativement pure de la dextérité fine. Utilisé dans plusieurs études pour évaluer les gants de protection.
T12) ASTM F2010	Prendre des tiges et les insérer dans des trous (main dominante). <u>Score</u> : temps requis pour remplir tous les trous.	 Consiste en une méthode d’essai américaine récente.
T13) O’Connor Tweezer	Utiliser des pinces (main dominante) pour insérer des tiges dans des trous. <u>Score</u> (modifié): nombre de trous remplis en 2 minutes.	 Utilisé pour les gants de latex auprès d’étudiants dentistes.

Test	Description		Justification du choix
T14) Purdue–Pins Dominant Hand	Prendre des tiges et les insérer avec la main dominante dans la colonne la plus près de cette main. <u>Score</u> : nombre de trous remplis en 30 secondes.		Utilisé dans plusieurs études pour évaluer les gants de protection. Test simple.
T15) Purdue–Pins Non-Dominant Hand	Prendre des tiges et les insérer avec la main non-dominante dans la colonne la plus près de cette main. <u>Score</u> : nombre de trous remplis en 30 secondes.		Utilisé dans plusieurs études pour évaluer les gants de protection. Test simple.
T16) Purdue–Assembly	Utiliser les deux mains en alternance pour assembler une tige, une rondelle, une bague et une autre rondelle dans chaque trou d’une colonne. <u>Score</u> : nombre de pièces assemblées en une minute.		Utilisé dans plusieurs études pour évaluer les gants de protection. Test d’assemblage plus complexe que T14 et T15.

2.3 Sujets

Trente et un sujets se sont portés volontaires pour cette étude. De ce nombre, un sujet masculin a servi de pré-test et 30 sujets, soit 15 hommes et 15 femmes, ont servi à l’analyse des résultats. Avant de débiter l’expérimentation, les sujets ont signé le formulaire de consentement préalablement approuvé par le Comité d’Éthique de l’IRSST (Annexe B). Les critères d’inclusion pour participer à l’étude étaient de ne pas souffrir de maladie affectant la motricité ou la sensibilité des membres supérieurs, de même que d’avoir des mains de tailles 6 à 10 correspondant aux dimensions spécifiées dans la norme EN 420 (Annexe C) afin d’avoir un meilleur ajustement possible des gants. L’âge, la prédominance pour l’une ou l’autre des deux mains, ou l’habileté manuelle n’étaient pas des critères d’exclusion. Le tableau 2.2 présente les données démographiques des sujets. Tous les participants, âgés de 28 à 62 ans (moyenne d’âge de 45 ans) étaient des employés de l’IRSST. Ils occupaient différents types d’emplois au moment de l’étude : neuf d’entre eux exécutaient des tâches manuelles dans le cadre de leur emploi, et la majorité utilisaient régulièrement l’ordinateur. La plupart d’entre eux n’étaient pas familiarisés ni avec les gants, ni avec les tests de dextérité (deux participants avaient de l’expérience avec 1 et 2 modèles de gants, et deux autres participants connaissaient un et trois tests de dextérité).

Tableau 2.2 Caractéristiques démographiques et mesures anthropométriques de la main

	Femmes (n=15)			Hommes (n=15)		
	moy ± écart-type	Min	Max	moy ± écart-type	Min	Max
Âge	43 ± 10	28	58	47 ± 10	29	62
Longueur main [mm]*	184 ± 9	170	195	220 ± 7	205	230
Circonférence main [mm]	173 ± 10	156	191	190 ± 9	175	204
Droitier	n = 14			n = 8		
Gaucher	n = 1			n = 7		

* Les mesures anthropométriques de la main, mesurées selon la norme EN 420, sont décrites à l'annexe C.

2.4 Gants

Les gants sélectionnés pour cette étude et catégorisés en trois niveaux de dextérité sont présentés au tableau 2.3. Ce tableau présente également l'épaisseur moyenne des gants, mesurée au niveau de la paume supérieure de l'index, de même qu'une illustration des gants.

Tableau 2.3 Description des neuf modèles de gants

Catégorie	Id	Manufacturier & Numéro de produit	Ép. [mm]	Description	Tailles disponibles
Fin	A1	FISHER 29 635 2992B; 19-013-540; 29-635-2293	0.3	Gant d'inspection en coton blanc. Tailles : P, M, G	
	A2	SUPERIOR RDNPF	0.2	Gant de nitrile jetable, résistant à la piqûre. Tailles : 6, 7, 8, 9	
	A3	BEST 8115 (T-Flex®)	0.6	Gant Dyneema® avec fibres Spectra, résistant à la coupure. Tailles : 7, 8, 9, 10	
Moyen	B4	BEST 2735 (Answer® Sanitized®)	0.7	Gant en poly coton enduit de nitrile, à usage général. Tailles : 6, 7, 8, 9, 10	
	B5	ANSELL 11-900 (HyFlex®)	1.0	Gant de tricot imprégné de nitrile par trempage, utilisé dans l'assemblage automobile. Tailles : 6, 7, 8, 9, 10	
	B6	SUPERIOR S13SXPU	0.9	Gant Dyneema imprégné de polyuréthane blanc par trempage, résistant à la coupure. Tailles : 6, 7, 8, 9, 10, 11	
Grossier	C7	ANSELL 8-352 (Scorpio®)	1.2	Gant de tricot interlock enduit de néoprène et imprégné par trempage d'un fini de surface rugueux. Résistant aux produits chimiques. Tailles : 7, 8, 9, 10	

Catégorie	Id	Manufacturier & Numéro de produit	Ép. [mm]	Description	Tailles disponibles
	C8	BEST 4811 (Skinny Dip Aramid®)	2.0	Gant 100% Kevlar® - Aramid shell, imprégné de caoutchouc latex naturel par trempage. Usage général. Tailles : 7, 8, 9, 10	
	C9	SUPERIOR TRK (Protex Terry Cloth)	1.8	Gant de tricot bouclé, résistant à la coupure, à l'abrasion et à la chaleur jusqu'à 200°F. Tailles : M, G	

Les sujets ont choisi la taille des gants avec laquelle ils se seraient sentis le plus confortable s'ils avaient eu à les utiliser pour différentes tâches durant une longue période [14]. Ils n'ont pas nécessairement choisi la même taille pour tous les modèles, mais ils ont conservé ces tailles de gants toute la durée de l'expérimentation. Un seul sujet a dû, exceptionnellement, modifier la taille d'un modèle de gant après la première séance d'essais. Les tailles des gants choisis par les sujets n'ont pas été considérées dans l'analyse des résultats. Il a été démontré que la différence de dextérité mesurée entre des gants n'est pas affectée par la taille des gants comme telle [14], mais plutôt par un mauvais ajustement [15, 62, 75, 76]. Dans cette étude, l'ajustement a été supposé le plus adéquat possible. Les sujets ont pu choisir la taille de gants convenant pour chaque modèle et l'efficacité de cette auto-sélection a déjà été démontrée [65].

Chaque sujet a testé 3 modèles de gants : un gant A, un gant B et un gant C. Chaque modèle de gants a donc été testé par un sous-groupe d'une dizaine de sujets parmi les 30 volontaires. Ces sous-groupes contenaient environ autant d'hommes que de femmes, tel que présenté dans le tableau 2.4. Les sujets n'ont testé que 3 gants chacun sur les neuf modèles sélectionnés pour ne pas allonger considérablement la durée totale des essais.

Tableau 2.4 Fréquence d'attribution des modèles de gants

Condition		Nbre de sujets	Femmes	Hommes
1) main nue		30	15	15
2) Gant A	A1	11	5	6
	A2	10	5	5
	A3	9	5	4
3) Gant B	B4	10	5	5
	B5	10	5	5
	B6	10	5	5
4) Gant C	C7	10	5	5
	C8	10	6	4
	C9	10	4	6

2.5 Déroulement de l'expérience

Les douze tests de dextérité ont été répartis en trois séances de 4 tests chacune, tel que décrit au tableau 2.5. Chaque sujet a réalisé ces trois séances dans un ordre aléatoire sur trois journées

différentes mais pas nécessairement consécutives. Chaque séance a duré de 3 à 4 heures. Toutes les séances ont été menées à l'IRSST durant 10 semaines.

Tableau 2.5 Répartition des tests de dextérité sur trois séances

Séance #1	Séance #2	Séance #3
▪ Crawford–Pins&Collars ▪ Crawford–Screws ▪ Grooved Pegboard ▪ EN 420	▪ Minnesota–Two-Hand Turning&Placing ▪ Minnesota–Turning ▪ O'Connor Finger ▪ ASTM F2010	▪ O'Connor Tweezer ▪ Purdue–Pins Dominant Hand ▪ Purdue–Pins Non-Dom. Hand ▪ Purdue–Assembly

Chaque sujet a été accompagné d'un seul expérimentateur, généralement le même pour les trois séances. Lors d'une séance, l'expérimentateur a expliqué les tests au participant. Le sujet a ensuite exécuté six essais de pratique pour chaque test. Une fois la période de pratique terminée pour tous les tests, le participant a exécuté les 4 tests de dextérité sous les 4 conditions (mains nues et 3 modèles de gants). Ces 16 essais (4 tests × 4 conditions) ont été exécutés dans un ordre aléatoire différent pour chacun des sujets. Pour chaque essai, le sujet a effectué 3 répliques qui ont été moyennés. Une période de repos d'environ une minute était allouée entre chaque essai et chaque répliques, mais pouvait être écourtée ou allongée à la demande du participant.

Une table et une chaise multi-ajustable ont été utilisées pour les tests de dextérité s'exécutant en position assise et les sujets étaient invités à ajuster la chaise à leur confort. Pour les deux tests de dextérité s'exécutant en position debout (les deux tests Minnesota), une table d'une hauteur de 36" a été utilisée. Un chronomètre digital manuel et un programme informatique développé à l'IRSST, CHRONO.EXE, ont été utilisés pour mesurer ou allouer le temps pour les essais et les pauses.

2.5.1 Contrôle de l'apprentissage

L'apprentissage influence beaucoup le résultat d'un test de dextérité. Le principal moyen pour éliminer l'effet de l'apprentissage est d'imposer au sujet suffisamment d'essais de pratique pour que sa performance devienne stable. Une étude indique que les individus ont habituellement tendance à apprendre plus facilement et plus rapidement lorsque le niveau de complexité va en augmentant [77]. Dans cette activité, six essais de pratique ont été imposés, tel que suggéré par Ervin [73, 74], soit deux essais à mains nues, deux essais avec les gants offrant une bonne dextérité (gants A) et deux essais avec les gants offrant le moins de dextérité (gants C), dans cet ordre. Un essai de pratique a consisté à exécuter le test au complet une fois, ou encore à exécuter le test durant une minute pour les tests de 2 minutes et plus [73, 74].

Deux autres moyens ont aussi été utilisés pour éliminer l'effet de l'apprentissage. Le premier a été de rendre aléatoire l'ordre de réalisation des essais de chaque séance, cet ordre aléatoire étant différent pour chacun des sujets. Le deuxième moyen a été de répéter trois fois chaque condition expérimentale et d'utiliser la moyenne de ces 3 essais dans l'analyse des résultats.

2.5.2 Questionnaire de perception

Un questionnaire simple a été préparé pour connaître la perception et l'opinion des participants sur les tests de dextérité et les gants testés. Ce questionnaire et les résultats obtenus sont présentés à l'annexe D.

2.6 Analyse des résultats des tests de dextérité

2.6.1 Normalisation des performances

Cette étude a évalué la capacité des tests de dextérité à discriminer les gants entre eux sans égard à l'habileté individuelle des sujets. Les résultats obtenus à mains nues ont été considérés comme la performance de référence de l'individu, et les résultats obtenus avec les gants ont été normalisés par rapport à cette référence. Ainsi, la performance normalisée obtenue avec un gant Gj à un test Ti est définie par l'équation (1) suivante :

$$\tilde{P}_{Gj}^{Ti} = \left(\frac{\overline{P}_{gant\ Gj}^{Ti}}{\overline{P}_{main\ nue}^{Ti}} \right)^a \quad \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, 16 \\ j = 1, 2, \dots, 9 \end{array} \quad (1)$$

où a : exposant donné pour ramener sur la même échelle les tests dont la performance se mesure par le nombre de tâches effectuées en un temps donné ($a=1$) et ceux dont la performance se mesure par le temps requis pour compléter une tâche ($a=-1$).

$\overline{P}_{main\ nue}^{Ti}$: performance moyenne des trois essais obtenus à mains nues au test Ti.

$\overline{P}_{gant\ Gj}^{Ti}$: performance moyenne des trois essais obtenus avec le gant Gj au test Ti.

Une performance normalisée autour de 1.0 signifie que le gant a été évalué comme ayant une bonne dextérité (se rapprochant de la dextérité à main nue), et une performance normalisée qui tend vers zéro signifie que le gant a été évalué comme offrant très peu de dextérité.

2.6.2 Analyses statistiques

Pour chaque test de dextérité, une analyse de variance ANOVA [78] à deux facteurs (9 gants, 2 sexes) a été effectuée afin de déterminer si les gants ont un effet significatif sur les mesures de dextérité du test. Le seuil de signification a été établi à 0.05. Un test de comparaison multiple Tukey-Kramer [78] a aussi été effectué pour chaque test de dextérité afin d'identifier les différences significatives entre les gants.

2.6.3 Sensibilités globales et spécifiques des tests

La sensibilité des tests de dextérité a été définie par la capacité des tests à discriminer les gants entre eux. Elle a été évaluée par le pourcentage de différences significatives que le test de

dextérité a été capable de détecter entre les gants, par rapport au maximum de différences possibles. Deux types de sensibilité ont été établis :

- Sensibilité globale : capacité des tests à discriminer les neuf modèles de gants entre eux
- Sensibilités spécifiques : capacité des tests à discriminer spécifiquement les gants fins entre eux, les gants moyens entre eux, les gants grossiers entre eux, les gants fins des gants moyens, les gants moyens des gants grossiers, et les gants fins des gants grossiers.

La figure 2.1 présente un exemple de résultats d'un test de dextérité et du calcul des sensibilités globale et spécifiques du test. La matrice indique par un crochet si deux modèles de gants ont été trouvés significativement différents par le test Tukey-Kramer. Le classement des gants dans les niveaux fins, moyens ou grossiers sera établi à partir des résultats des tests de dextérité plutôt qu'à partir des catégories estimées préalablement.

		Fins			Moyens			Grossiers		
		A1	A2	A3	B4	B5	B6	C7	C8	C9
Fins	A1		✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓
	A2			✓	✓	✓		✓	✓	✓
	A3				✓			✓	✓	✓
Moyens	B4					✓	✓			
	B5							✓	✓	✓
	B6							✓	✓	✓
Grossiers	C7								✓	✓
	C8									✓
	C9									

Sensibilité globale = $24/36 = 67\%$

Sensibilité spécifiques :

Fins = $2/3 = 67\%$

Moyens = $2/3 = 67\%$

Grossiers = $0/3 = 0\%$

Fins-Moyens = $5/9 = 56\%$

Moyens-Grossiers = $6/9 = 67\%$

Fins-Grossiers = $9/9 = 100\%$

Figure 2.1 Exemple de calcul des sensibilités globale et spécifiques d'un test de dextérité. Les crochets (✓) indiquent que le test de dextérité a mesuré une différence significative entre les gants.

2.6.4 Combinaisons de tests

Les tests de dextérité les plus prometteurs ont été regroupés pour simuler des batteries de tests formées de deux, trois et quatre tests afin d'augmenter la sensibilité à discriminer les gants. La sensibilité globale d'une batterie de tests correspond au nombre de différences significatives détectées par l'un ou l'autre de ces tests divisé par un maximum de 36 différences. La durée d'exécution d'une batterie de tests a été estimée au temps total pour effectuer 3 essais de chaque test de la batterie. Pour les tests dont la durée d'exécution varie, le temps moyen d'un essai (sujets et gants confondus) a été utilisé.

3. RÉSULTATS

3.1 Performances normalisées

Les analyses ANOVA (Gants $\times$ Sexe) ont démontré que tous les tests sont capables de mesurer des différences significatives ($p < 0.001$) entre les gants, à l'exception du test de la norme EN 420. En effet, ce test n'a mesuré aucune différence significative entre les gants avec les tiges t5 à t2 ($0.11 < p < 0.90$), mais a mesuré une différence significative avec la plus petite tige t1 ($p = 0.02$). Les performances normalisées moyennes des gants obtenues par les différents tests de dextérité sont présentées aux figures 3.1, 3.2 et 3.3. Certains tests ont mesuré des effets très marqués du port du gant sur la dextérité, donnant des performances normalisées bien en deçà de 1.0 et atteignant parfois 0.3 (correspondant à une réduction de 70% de la dextérité).

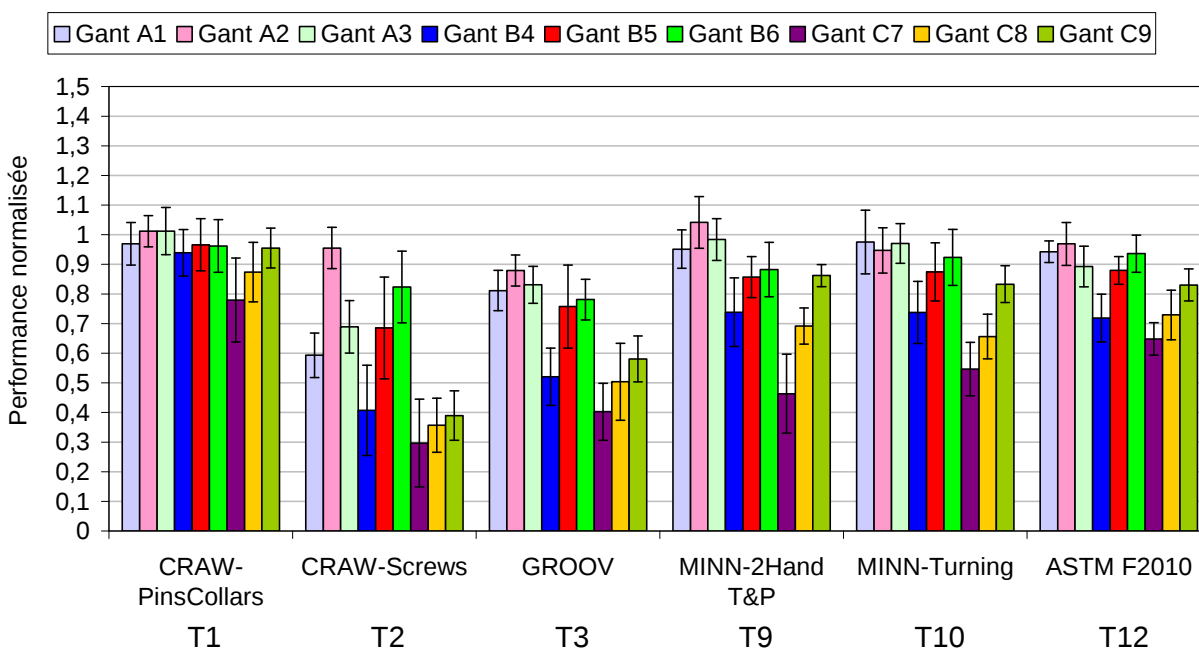


Figure 3.1 Performances normalisées des gants (moyenne et écart-type) obtenues pour les tests de dextérité Crawford (T1, T2), Grooved Pegboard (T3), Minnesota (T9, T10) et ASTM F2010 (T12).

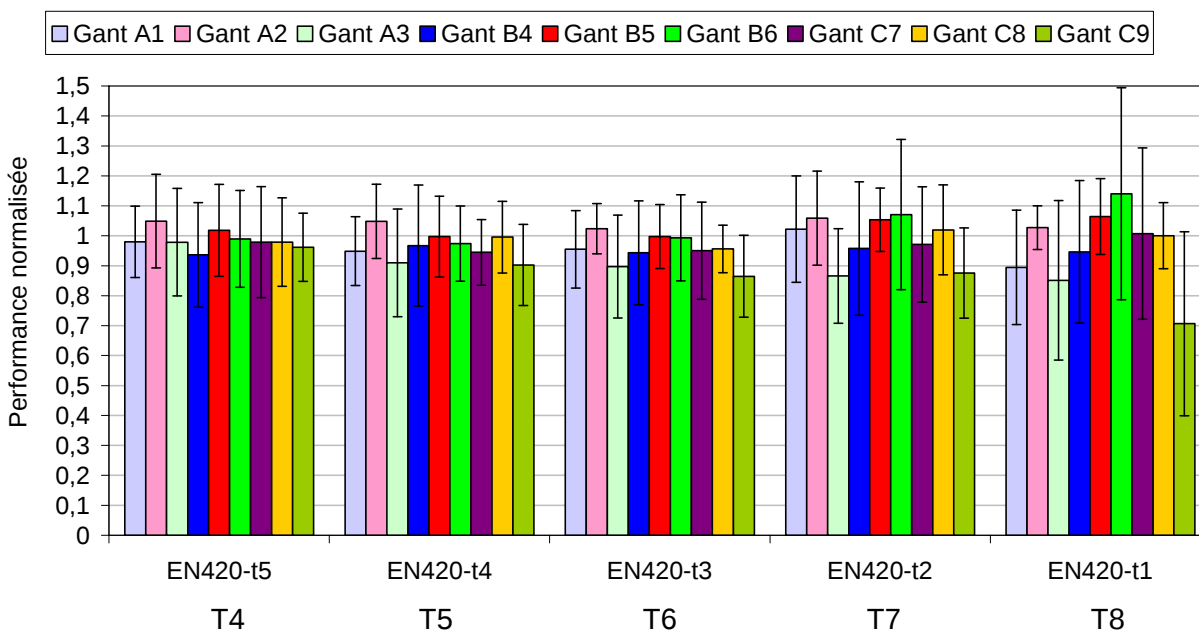


Figure 3.2 Performances normalisées des gants (moyenne et écart-type) obtenues pour les tests de dextérité EN 420 (T4 à T8).

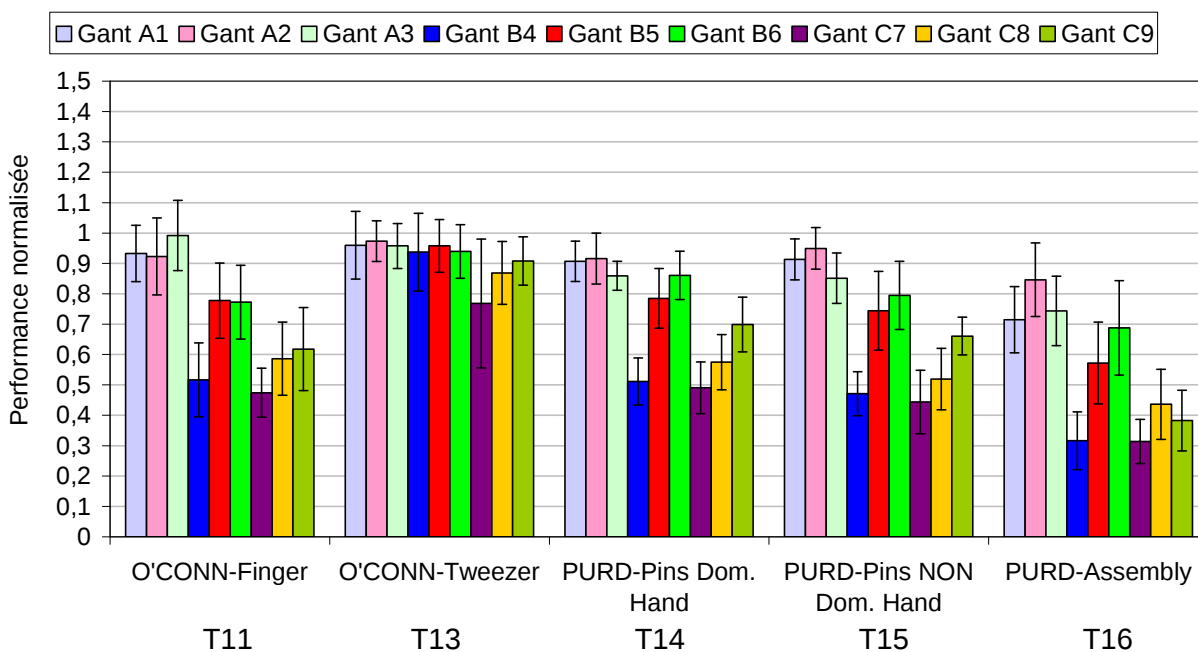


Figure 3.3 Performances normalisées des gants (moyenne et écart-type) obtenues pour les tests de dextérité O'Connor Finger (T9), O'Connor Tweezer (T13) et Purdue (T14 à T16).

3.2 Sensibilités globales

Le tableau 3.1 présente la sensibilité globale obtenue pour chaque test de dextérité. Ce tableau montre aussi comment chaque test de dextérité a classé les gants selon leurs performances normalisées moyennes. Les 9 tests de dextérité indiqués dans la première partie de ce tableau, soit les tests Crawford–Screws (T2), Grooved Pegboard (T3), les deux tests Minnesota (T9, T10), O’Connor Finger (T11), ASTM F2010 (T12) et les trois tests Purdue (T14, T15, T16), sont ceux qui ont obtenus les niveaux de sensibilité les plus élevés, soit de 56% à 67%. Les tests Crawford–Pins&Collars (T1) et O’Connor Tweezer (T13) ont relativement peu de différences significatives détectées (25% et 17%, respectivement). Le test EN 420 (T4 à T8) est celui ayant montré la plus faible sensibilité, avec une seule différence significative détectée avec la plus petite tige (T8 : EN 420-t1). Aucun des tests de dextérité étudiés n’a pu, à lui seul, détecter des différences significatives entre tous les gants.

Tableau 3.1 Sensibilité globale des tests et classement des gants selon leur performance normalisée moyenne

Tests de dextérité	Sensibilité globale	Classement des gants *								
		Fin			Moyen			Grossier		
T11) O’Connor Finger	67%	A3	A1	A2	B5	B6	C9	C8	B4	C7
T2) Crawford-Screws	67%	A2	B6	A3	B5	A1	B4	C9	C8	C7
T15) Purdue-Pins Non-Dom. Hand	67%	A2	A1	A3	B6	B5	C9	C8	B4	C7
T14) Purdue-Pins Dominant Hand	64%	A2	A1	A3	B6	B5	C9	C8	B4	C7
T12) ASTM F2010	64%	A2	A1	B6	A3	B5	C9	C8	B4	C7
T9) Minnesota-2Hand Turn&Plac	58%	A2	A3	A1	B6	C9	B5	B4	C8	C7
T16) Purdue-Assembly	58%	A2	A3	A1	B6	B5	C8	C9	B4	C7
T3) Grooved Pegboard	58%	A2	A3	A1	B6	B5	C9	B4	C8	C7
T10) Minnesota-Turning	56%	A1	A3	A2	B6	B5	C9	B4	C8	C7
T1) Crawford-Pins&Collars	25%	A3	A2	A1	B5	B6	C9	B4	C8	C7
T13) O’Connor Tweezer	17%	A2	B5	A3	A1	B6	B4	C9	C8	C7
T8) EN 420 (plus petite tige)	3%	B6	B5	A2	C7	C8	B4	A1	A3	C9
Combinaison des tests T2 + T9 + T11 + (T12 ou T14 ou T15)	92%	A2	A3	A1	B6	B5	C9	B4	C8	C7

* Les gants soulignés par la même ligne ne sont pas significativement différents entre eux ($p > 0.05$).

Selon les performances normalisées obtenues, la plupart des tests ont classé les gants A1, A2 et A3 parmi les trois premiers (dextérité fine), les gants B5, B6 et C9 parmi les trois suivants (dextérité moyenne), et les gants B4, C7 et C8 parmi les trois derniers (dextérité grossière). Pratiquement tous les tests de dextérité ayant un niveau de sensibilité élevé (56% et plus) indiquent que les gants A1, A2, A3, B5 et B6 offrent une dextérité significativement meilleure

que les gants B4, C7 et C8. Les tests Crawford–Pins&Collars (T1) et O’Connor Tweezer (T13) indiquent une tendance similaire, mais de façon non-significative. Le test EN 420 (T8), contrairement à tous les autres tests, a classé les gants dans un tout autre ordre. Entre autres, le gant C7 a été classé au 4^e rang alors que tous les autres tests le classent dernier, et les gants A1 et A3 ont été classés aux 7^e et 8^e rangs respectivement, alors qu’ils sont généralement classés parmi les 3 premiers avec les autres tests. Ce classement des gants par le test EN 420 n’est toutefois pas statistiquement significatif.

Pour les 36 combinaisons possibles de modèles de gants, le tableau 3.2 identifie les tests qui ont détecté des différences significatives. Pour les gants présentant des similitudes, peu de tests ont été capables de détecter une différence de dextérité. Par exemple, aucun test n’a permis de trouver une différence significative entre les gants A1 et A3 (gants souples, peu adhérents, d’épaisseur similaire, doigts un peu longs), entre B5 et B6 (gants souples, adhérents, bien ajustés, d’épaisseur similaire), ainsi qu’entre B4 et C8 (gants moins souples, adhérents et encombrants). Aussi, les différences entre les gants A1 et A2 et entre A2 et A3 n’ont pu être détectées qu’avec le test Crawford–Screws (T2), et celle entre les gants A3 et B6 qu’avec le test O’Connor Finger (T11). Par contre, lorsque les gants sont très différents, plusieurs tests ont pu mesurer une différence significative. Par exemple, onze tests de dextérité ont pu mesurer une différence entre le gant C7 et les gants A1, A2, A3, B5 ou B6.

Tableau 3.2 Identification des tests de dextérité capable de discriminer chaque combinaison de gants

	A1	A2	A3	B4	B5	B6	C7	C8	C9
A1		T2		T2, T3, T9, T10, T11, T12, T14, T15, T16	T11, T14, T15	T2, T11	T1, T2, T3, T9, T10, T11, T12, T13, T14, T15, T16	T2, T3, T9, T10, T11, T12, T14, T15, T16	T2, T3, T10, T11, T12, T14, T15, T16
A2			T2	T2, T3, T9, T10, T11, T12, T14, T15, T16	T2, T9, T12, T14, T15, T16	T9, T15	T1, T2, T3, T9, T10, T11, T12, T13, T14, T15, T16	T1, T2, T3, T9, T10, T11, T12, T14, T15, T16	T2, T3, T9, T11, T12, T14, T15, T16
A3				T2, T3, T9, T10, T11, T12, T14, T15, T16	T11, T16	T11	T1, T2, T3, T9, T10, T11, T12, T13, T14, T15, T16	T1, T2, T3, T9, T10, T11, T12, T14, T15, T16	T2, T3, T10, T11, T14, T15, T16
B4					T2, T3, T10, T11, T12, T14, T15, T16	T2, T3, T9, T10, T11, T12, T14, T15, T16	T1, T9, T10, T13		T12, T14, T15
B5							T1, T2, T3, T9, T10, T11, T12, T13, T14, T15, T16	T2, T3, T9, T10, T11, T12, T14, T15	T2, T3, T11, T16
B6							T1, T2, T3, T9, T10, T11, T12, T13, T14, T15, T16	T2, T3, T9, T10, T11, T12, T14, T15, T16	T2, T3, T8, T11, T12, T14, T15, T16
C7								T9, T12	T1, T3, T9, T10, T12, T14, T15
C8									T9, T10, T12
C9									

Pour les cas où plusieurs tests ont été capables de détecter la différence de dextérité entre deux gants donnés, tous ces tests ont estimé le même gant comme offrant une meilleure dextérité que l’autre. Le seul cas qui fait exception est A1-B6, pour lequel le test Crawford–Screws (T2) a

mesuré que le gant B6 offrait plus de dextérité que le gant A1, alors que l'inverse a été mesuré avec le test O'Connor Finger (T11) de façon significative, et avec les autres tests de façon non-significative (voir tableau 3.1).

3.3 Sensibilités spécifiques

Les sensibilités spécifiques, présentées à la figure 3.4, ont été évaluées pour les neuf tests de dextérité ayant obtenus les meilleures sensibilités globales. Pour cette évaluation, les gants fins, moyens et grossiers sont ceux indiqués à la dernière ligne du tableau 3.1. La sensibilité spécifique Fins-Grossiers (non-représenté dans la figure 3.4) a été de 100% pour tous les 9 tests. Le test Crawford-Screws (T2) est le seul test ayant été capable de discriminer quelques gants fins entre eux. Les deux tests Minnesota (T9 et T10) et le test ASTM F2010 (T12) sont les seuls ayant été capables de discriminer quelques gants grossiers entre eux. Le test ASTM F2010 (T12) a discriminé tous les gants moyens des gants grossiers.

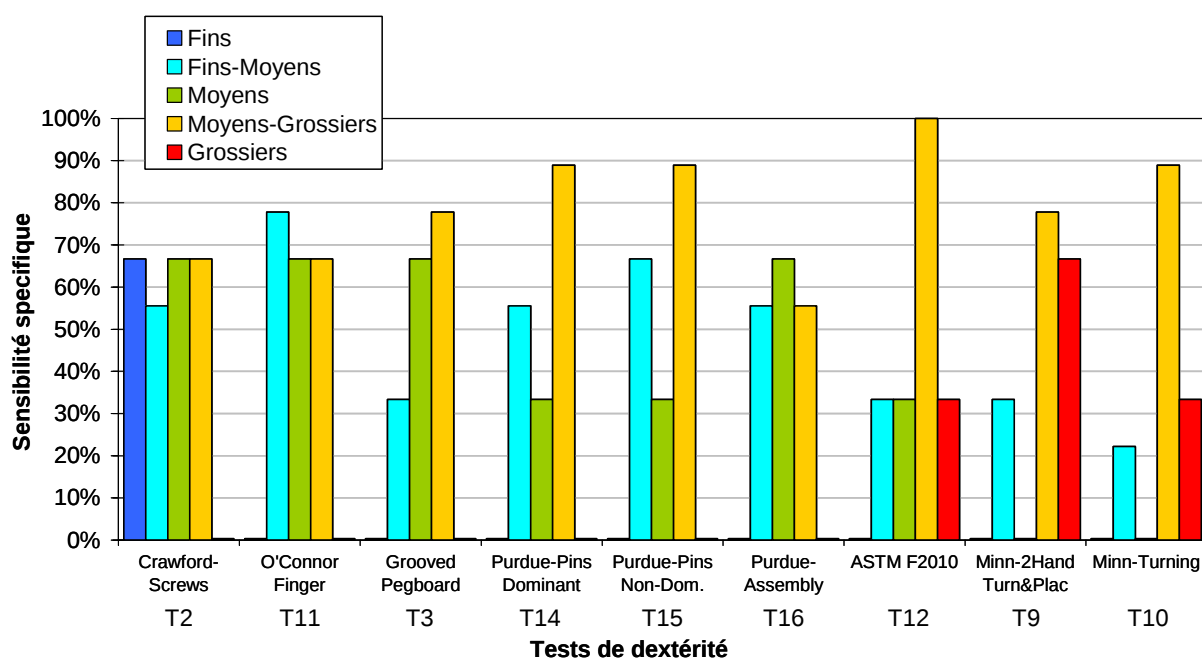


Figure 3.4 Sensibilités spécifiques des tests de dextérité

3.4 Combinaisons de tests

Les 9 tests de dextérité les plus sensibles ont été regroupés pour simuler des batteries de tests. La sensibilité globale et le temps d'exécution de toutes les batteries possibles (36 batteries possibles à deux tests, 84 batteries à trois tests et 126 batteries à quatre tests) sont présentés graphiquement à la figure 3.5. Les résultats de toutes les batteries sont aussi donnés à l'annexe E.

De manière générale, plus la batterie contient de tests, plus la sensibilité globale et la durée d'exécution seront élevées. Toutefois, la superposition des zones représentant les combinaisons

de 2, 3 et 4 tests dans la figure 3.5 indique que ce n'est souvent pas le cas. Par exemple, le test Crawford–Screws (T2) à lui seul donne une sensibilité globale de 67% et a une durée d'exécution de 7 ½ minutes. Pour une durée équivalente, exécuter les tests Grooved Pegboard et Minnesota–Turning (T3 + T10) donnera une sensibilité globale inférieure (64%). Toutefois, l'utilisation des tests Minnesota–Two-Hand Turning&Placing, l'un des Purdue–Pins et le Purdue–Assembly (T9 + (T14 ou T15) + T16) augmentera beaucoup la sensibilité globale (81%) sans augmenter le temps d'exécution. Comme autre exemple, pour obtenir une sensibilité globale de 75%, il est plus rapide d'exécuter les deux tests Minnesota et les deux tests Purdue–Pins (T9 + T10 + T14 + T15) que d'exécuter les tests Crawford–Screws et O'Connor Finger (T2 + T11). De plus, l'ajout d'un quatrième test n'apporte, dans plusieurs cas, aucune sensibilité supplémentaire à une combinaison de trois tests.

Les combinaisons les plus prometteuses sont celles ayant le meilleur équilibre entre une sensibilité globale élevée et une durée d'exécution raisonnable, soit celles situées dans la zone ombragée de la figure 3.5. Généralement, les tests O'Connor Finger (T11), Minnesota–Two-Hand Turning&Placing (T9) et Crawford–Screws (T2) sont les plus utiles pour augmenter la sensibilité d'une batterie de tests. Le test ASTM F2010 (T12) et les tests Purdue (notamment le Pins Non-Dominant Hand T15) augmentent également la sensibilité d'une batterie de tests. Entre les deux tests Minnesota, le Two-Hand Turning&Placing (T9) est généralement plus utile que le Turning (T10). Très peu de combinaisons prometteuses incluent le test Grooved Pegboard (T3). Il semble que ce test n'apporte rien de particulier que d'autres tests ne peuvent apporter.

Les combinaisons de quatre tests regroupant les tests T2 + T9 + T11 (Crawford–Screws, Minnesota–Two-Hand Turning&Placing, O'Connor Finger) et l'un ou l'autre des tests T12, T14 ou T15 (ASTM F2010, Purdue–Pins Dominant Hand, ou Purdue–Pins Non-Dominant Hand) donne la meilleure sensibilité, soit 92% (le 8% manquant correspond aux trois combinaisons de gants pour lesquels aucun test n'a détecté de différences significatives, voir tableau 3.2). Toutefois, la durée estimée des essais est d'environ 18 minutes par gant. Suivant les résultats de l'ensemble de ces quatre tests, les gants auraient été classés tel qu'indiqué au bas du tableau 3.1.

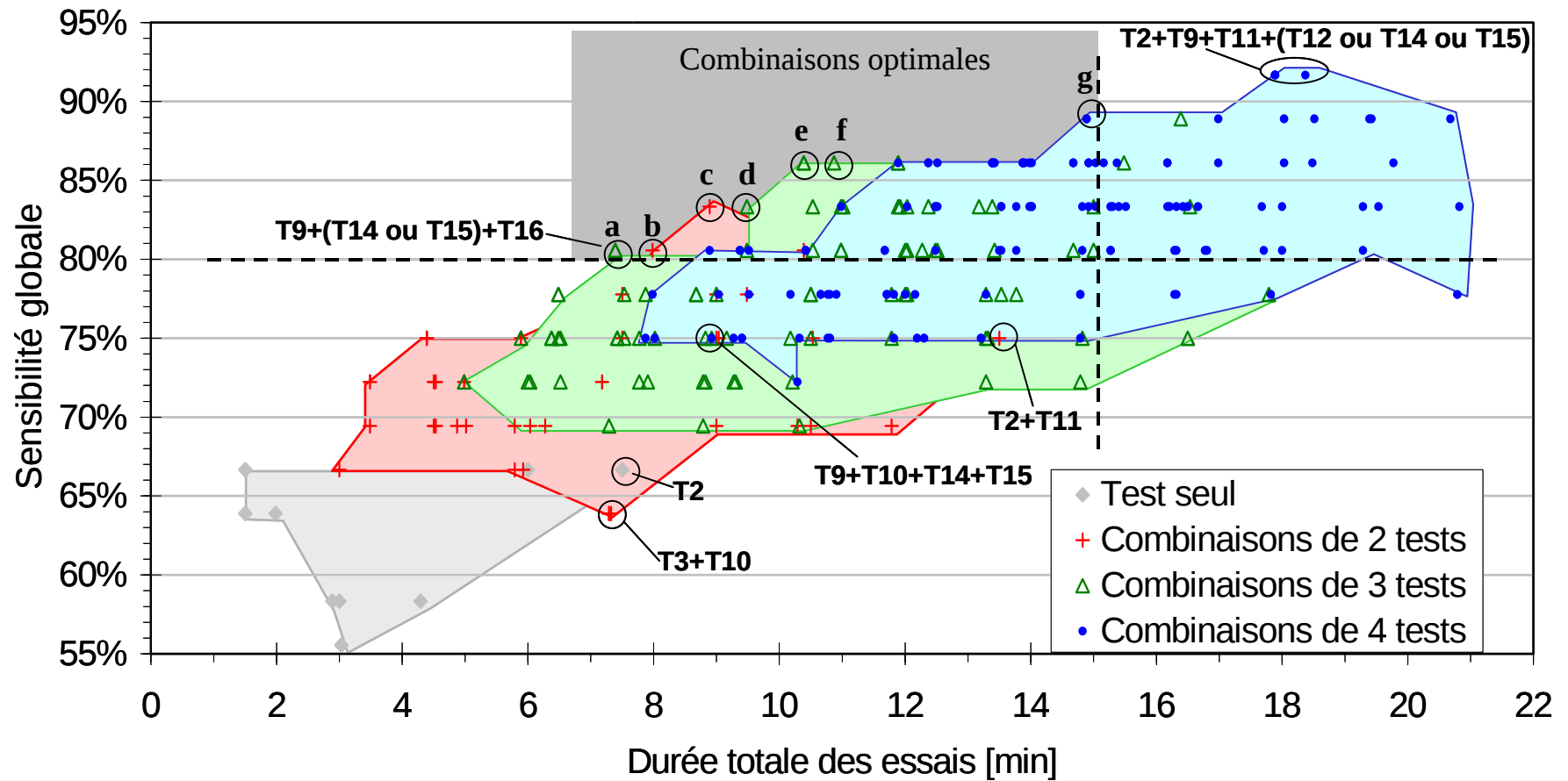


Figure 3.5 Sensibilité globale des batteries de tests en fonction de la durée totale des essais (3 essais par test)

4. DISCUSSION

4.1 Résultats globaux et critiques des tests

Les 9 tests suivants ont démontré leur capacité à discriminer adéquatement les gants avec des degrés de sensibilité globale de 56% à 67% :

- Crawford–Screws (T2)
- Grooved Pegboard (T3)
- les deux tests Minnesota (T9, T10)
- O'Connor Finger (T11)
- ASTM F2010 (T12)
- les trois tests Purdue (T14, T15, T16)

Ces résultats sont en accord avec les études ayant démontrés l'utilité et l'efficacité des tests Minnesota–Turning (T10) [14, 50-53], O'Connor Finger (T11) [14, 50-53, 56] et Purdue (T14, T15, T16) [50, 56-60] pour comparer les gants de protection. De manière générale, les tests requérant de la motricité fine ont montrés une meilleure sensibilité spécifique pour discriminer les gants fins et moyens, comme cela a été le cas pour les tests Crawford–Screws (T2) et O'Connor Finger (T11) avec les gants A1, A2, A3, B5 et B6. Les tests utilisant de plus grosses pièces ont montrés une meilleure sensibilité spécifique pour discriminer les gants moyens et grossiers, comme cela a été le cas pour les deux tests Minnesota (T9, T10) et le test ASTM F2010 (T12) avec les gants B4, C7 et C8.

Le test **Minnesota** complet comprend cinq parties dont deux ont été sélectionnés pour cette étude (T9 et T10). La plupart des articles de la littérature utilisent la partie Turning (T10) pour comparer les gants de protection. Avec le test Minnesota–Turning (T10), Robinette et al. [14] ont détecté une différence significative entre des gants de butyle relativement fins de 0.3175 mm et 0.3556 mm d'épaisseur. La présente étude a révélé que la sensibilité globale des tests Two-Hand Turning & Placing (T9) et Turning (T10) sont similaires, soit 58% et 56% respectivement. Ces deux tests ont aussi démontré une bonne capacité à discriminer les gants moyens des gants grossiers (sensibilité spécifique Moyens-Grossiers de plus de 75%). Le test Minnesota–Two-Hand Turning & Placing (T9) a, de plus, démontré la meilleure capacité de tous les tests à discriminer les gants grossiers entre eux avec une sensibilité spécifique de 67%. Cette sensibilité spécifique aux gants grossiers est plus élevée que celle du test Turning (33%), ce qui rend son usage plus avantageux lorsque inclus dans une batterie de test.

Le test **Purdue Pegboard** comporte 4 parties, dont trois ont été sélectionnés pour cette étude (T14, T15 et T16). Les deux tests Purdue–Pins (T14 et T15) ont mesuré des différences significatives entre pratiquement les mêmes gants. Ainsi, l'utilisation conjointe de ces deux tests pourrait s'avérer redondante. C'est d'ailleurs ce qui est observé dans les résultats de Scanlan et al. [57] et de Sawyer et Bennett [60], qui ont utilisé les quatre parties du test Purdue pour comparer des gants de protection. D'autres auteurs [50, 56] ont utilisé la partie Assembly (T16) du test Purdue et ont pu mesurer une différence significative entre des gants et la main nue. Bien que le test Purdue–Assembly soit un test d'assemblage plus complexe que les tests Purdue–Pins,

il a démontré dans la présente étude une sensibilité légèrement plus faible aux gants testés, soit 58% comparativement à 64% et 67% pour les tests T14 et T15 respectivement.

Selon Fleishman et Hempel [26], le test **O'Connor Finger** permet une mesure relativement pure de la dextérité fine des doigts. Ce test n'a pourtant pas discriminé de façon significative les gants fins entre eux, mais a obtenu la meilleure sensibilité spécifique à discriminer les gants fins des gants moyens (78%).

Les tests **Crawford-Pins&Collars** (T1) et **O'Connor Tweezer** (T13) ont démontré très peu de sensibilité à discriminer les gants (sensibilité globale de 25% et 17% respectivement, voir tableau 3.1). Ces résultats corroborent ceux obtenus par Ervin [74]. Pour discriminer des gants entre eux, la manipulation d'un outil qui demeure presque fixe par rapport à la main ne semble pas appropriée. Nelson et Mital [79] n'ont mesuré aucune différence significative entre cinq gants de latex d'épaisseur variable avec un test de dextérité utilisant des ciseaux pour découper le plus rapidement possible différentes formes. Avec le test O'Connor Tweezer, Moore et al. [62] ont mesuré un niveau de dextérité significativement différent entre des gants de latex et la main nue uniquement lorsque les gants étaient mal ajustés. Dans la présente étude, les tests Crawford-Pins&Collars et O'Connor Tweezer ont détecté une différence significative majoritairement avec le gant C7. Ce gant était le seul à avoir un poignet relativement rigide et étant donné que la manipulation d'une pince fait beaucoup appel à la motricité du poignet, c'est probablement cet élément qui a permis de discriminer le gant C7 des autres gants. L'utilisation directe des doigts et des mains pour mesurer la dextérité des gants est nettement plus appropriée, même si les pièces à manipuler sont relativement grosses, comme le révèlent les sensibilités globales élevées des tests Minnesota (T9, T10) et ASTM F2010 (T12).

Le test **EN 420** (T4-T8) utilise des pièces de grosseurs différentes pour discriminer les gants, ce qui peut apparaître à première vue comme un atout intéressant notamment parce que ces différentes grosseurs de tiges sont associées directement à un niveau de dextérité. En effet, des tests comme les Purdue-Pins (T14 ou T15) et le ASTM F2010 (T12), qui demandent les mêmes tâches (insérer simplement des tiges dans des trous) mais avec des grosseurs de tiges différentes, ont pu discriminer entre des gants de différents niveaux de dextérité. Toutefois, le test EN 420 n'a donné presque aucune différence significative entre les gants. La faible capacité de ce test à discriminer les gants peut être due à deux principaux facteurs, soit la simplicité de la tâche demandée et le temps trop court nécessaire pour l'exécuter. Cette norme comporte également plusieurs caractéristiques inhabituelles pour un test de dextérité. D'abord, 30 secondes sont allouées pour effectuer une manœuvre qui en a pris moins de dix pour tous les participants peu importe les gants testés (à l'exception de deux sujets avec le gant C9). Ensuite, au lieu de mesurer la vitesse d'exécution, la norme recommande de porter un jugement sur l'habileté à exécuter la manœuvre, à savoir si elle a été exécutée avec ou sans maladresse excessive. De plus, elle implique qu'un seul individu est suffisant pour effectuer le test mais spécifie qu'il doit être expérimenté. Ceci peut poser des problèmes de normalisation qui sont généralement résolus par l'emploi de plusieurs sujets et l'accomplissement d'essais de pratique pour stabiliser la performance. Ce test a semblé être davantage une mesure de l'adhérence des gants que de la dextérité, comme le montre les résultats singulièrement meilleurs du gant C7 (gant adhérent) comparativement aux gants A1, A3 et C9 (gants non-adhérents) dans le tableau 3.1.

Ervin [73, 74] rapporte que le test **Crawford–Screws** (T2) n'est pas utile pour comparer les gants car il est trop difficile à réaliser avec des gants et il suggère de ne pas utiliser ce test dans une éventuelle batterie de test. Il mentionne que les sujets voient difficilement les vis lorsque les gants sont très encombrants. La même chose a été observée avec les gants moyens et grossiers B4, C7, C8 et C9 pour lesquels aucune différence significative n'a été détectée. De même, le gant fin A1 a donné des résultats contradictoires comparativement aux autres tests de dextérité, probablement à cause de son encombrement. En effet, ce gant a été mesuré comme offrant moins de dextérité que le gant B6, alors que l'inverse a été mesuré avec tous les autres tests (voir tableau 3.1), notamment avec le test O'Connor Finger (T11) de façon significative. Pour tous les sujets, les gants A1 avaient les doigts trop longs et devenaient lâches rapidement. Les doigts du gant se sont accrochés plusieurs fois aux filets des vis ou sont carrément restés coincés au moment du vissage, ce qui a forcé les sujets à déprendre leur gant avant de continuer. Néanmoins, le test Crawford–Screws a démontré une sensibilité globale élevée (67%), de même que des sensibilités spécifiques élevées pour discriminer des gants fins à moyens. De plus, c'est le seul test ayant montré une sensibilité spécifique aux gants fins (67%).

4.2 Facteurs à considérer pour la sélection de tests

La plupart des tests de dextérité sélectionnés dans cette activité répondent aux critères de sélection identifiés par Ervin [73] et présentés à la section 1.2. Ces critères sont repris dans cette section et discutés.

Sensibilité du test aux différents types de gants : Les sensibilités globales et spécifiques des tests aux différents modèles de gants testés ont été évaluées. La sensibilité globale a été supérieure à 56% pour 9 des 12 tests analysés. La sensibilité globale maximale a été de 67%.

Capacité de normalisation du test : Les procédures des tests ont été modifiées pour assurer une meilleure uniformisation entre les sujets. En effet, une position de départ a été spécifiée, ce qui n'était pas le cas dans les tests originaux. De plus, le nombre d'essais de pratique a été augmenté par rapport aux recommandations des tests originaux. Pour tous les tests de dextérité à l'exception des deux normes, les sujets ont exécuté 6 essais de pratique (voir section 2.5.1). Quant au test ASTM F2010 (T12), la procédure pour stabiliser la performance proposée par la norme a été suivie. Elle a consisté à effectuer des essais complets jusqu'à ce que trois essais consécutifs aient un coefficient de variation (CV) de moins de 8%. L'imposition de ce critère de stabilisation de la performance a semblé plus efficace que l'imposition de 6 essais de pratique spécifiques. En effet, la performance des sujets a été plus stable (coefficient de variation plus faible) avec le test ASTM F2010 qu'avec les autres tests. Essayer d'atteindre le critère de stabilisation de la performance en le moins d'essais possibles a donné aux sujets la motivation nécessaire pour exécuter les essais à leur vitesse maximale, cela étant leur plus sûr moyen d'y arriver. Dans plusieurs cas, trois essais ont été suffisants pour atteindre le critère de stabilité. De plus, les sujets devaient atteindre le critère pour chaque condition testée, alors qu'avec les 6 essais de pratique demandés pour les autres tests, les sujets n'ont pas pu se familiariser avec la condition correspondant au port du gant B.

L'utilisation d'outil dans un test de dextérité peut affecter la normalisation du test. Robinette et al. [70] rapportent que, même avec des essais de pratique, l'expérience des sujets pour manipuler

les outils a affecté significativement leur performance au test Bennett Hand-Tool*. Dans la présente étude, il a été observé que les sujets manipulaient le tournevis dans le test Crawford–Screws (T2) de façon parfois très différente. L'utilisation des doigts pour guider le tournevis et l'empêcher de glisser de la tête de vis a été suggérée. Chez certains sujets n'ayant pas adopté cette suggestion, le tournevis glissait fréquemment et ralentissait leur performance. Bien que cela ne semble pas avoir affecté les performances normalisées, l'utilisation d'un tournevis à bout carré ou en étoile plutôt qu'à bout plat pourrait améliorer ou du moins assurer une meilleure normalisation du test.

Facilité et simplicité d'application du test : Lorsque nécessaire, les procédures des tests ont été simplifiées en réduisant le nombre de tâches à effectuer pour limiter la fatigue et l'ennui des sujets. Plutôt que de demander aux sujets de remplir tous les trous des tests Crawford (T1, T2) et O'Connor (T11, T13), des temps fixes de 2½ et 2 minutes respectivement ont été imposés. Un test de dextérité exécuté avec des gants peut prendre de deux à trois fois plus de temps que lorsqu'il est exécuté à mains nues. Sachant que ces tests peuvent prendre de 5 à 10 minutes à main nues, la réduction du nombre de tâches s'est avéré indispensable.

Disponibilité et durabilité de l'équipement : Les tests peuvent être achetés facilement. Les tests des normes ASTM F2010 et EN 420 ont l'avantage de pouvoir être fabriqués facilement. Pour améliorer la durabilité des équipements, notamment pour limiter l'usure des trous, les tests O'Connor (T11, T13) et Purdue (T14, T15, T16) pourraient être recouvert d'une plaque de métal comme le test Grooved Pegboard (T3) ou fait de métal comme les tests Crawford (T1, T2).

4.3 Batteries de tests proposées

La sensibilité globale la plus élevée des tests de dextérité individuels a été de 67%. Ainsi, aucun des tests analysés n'a pu, à lui seul, discriminer tous les modèles de gants à la fois, d'où l'intérêt d'utiliser une combinaison de plusieurs tests. Les combinaisons simulées dans cette étude et retrouvées dans la littérature ont obtenu des sensibilités globales équivalentes aux résultats rapportés par Robinette et al. [14] avec les tests T2, T10 et T11, par Ross et Ervin [50] avec les tests T10, T11 et T16, et par McGinnis et al. [51] et Bensel [52] avec les tests T10 et T11.

Plusieurs combinaisons de tests peuvent être adéquates pour discriminer une grande variété de gants de protection. Les combinaisons de tests donnant la meilleure sensibilité, 92%, regroupent quatre tests, soit les tests O'Connor Finger, Minnesota–Two-Hand Turning&Placing, Crawford–Screws et l'un ou l'autre des tests ASTM F2010, Purdue–Pins Dominant Hand, ou Purdue–Pins Non-Dominant Hand. Cependant, la durée d'exécution est relativement longue, soit 18 minutes par gant. Les batteries ayant une sensibilité globale d'au moins 80% et une durée d'exécution d'au plus 15 minutes peuvent être considérées comme des batteries de tests intéressantes du point de vue de leur équilibre entre une sensibilité globale adéquate et une durée d'exécution raisonnable. En effet, certaines batteries ayant une sensibilité d'environ 80% ne sont pas plus longues à exécuter que le plus long des tests seuls (Crawford–Screws T2) mais avec une bien meilleure sensibilité globale. D'autre part, le gain de sensibilité qui peut être obtenu avec des

* Le test Bennett Hand-Tool consiste à désassembler et ré-assembler un ensemble de 6 vis et écrous de grosseurs différentes, montés sur un cadre de bois, à l'aide de deux clés, à ouverture fixe et variable, et d'un tournevis.

combinaisons d'une durée de plus de 15 minutes est relativement minime par rapport à l'augmentation du temps d'exécution.

Le tableau 4.1 présente 7 combinaisons de deux, trois ou quatre tests ayant un rapport équilibré entre une sensibilité globale adéquate et une durée d'exécution raisonnable. Ces combinaisons optimales sont recommandées pour l'évaluation de gants de protection. Elles sont représentées par les lettres « a » à « g » sur la Figure 3.5.

Tableau 4.1 Combinaisons de tests optimales

Combinaison	Nbre de tests	Sensibilité globale de la batterie	Durée [min]	Tests
a	3	81%	7.4	• Minnesota–Two-Hand Turning & Placing (T9) • Un des Purdue–Pins (T14 ou T15) • Purdue–Assembly (T16)
b	2	81%	8.0	• O'Connor Finger (T11) • ASTM F2010 (T12)
c	2	83%	8.9	• Minnesota–Two-Hand Turning & Placing (T9) • O'Connor Finger (T11)
d	3	83%	9.5	• O'Connor Finger (T11) • ASTM F2010 (T12) • Purdue–Pins Non-Dominant Hand (T15)
e	3	86%	10.4	• Minnesota–Two-Hand Turning & Placing (T9) • O'Connor Finger (T11) • Un des Purdue–Pins (T14 ou T15)
f	3	86%	10.9	• Minnesota–Two-Hand Turning & Placing (T9) • O'Connor Finger (T11) • ASTM F2010 (T12)
g	4	89%	14.9	• Crawford–Screws (T2) • Minnesota–Two-Hand Turning & Placing (T9) • Un des Purdue–Pins (T14 ou T15) • Purdue–Assembly (T16)

Les tests Minnesota–Two-Hand Turning & Placing (T9) et O'Connor Finger (T11) sont présents dans 5 combinaisons sur sept. Ils peuvent être considérés comme les plus utiles à intégrer à une batterie de tests. Les trois tests Purdue (T14, T15 et T16) et le test ASTM F2010 (T12) sont présents dans 2 à 4 combinaisons sur sept, et le test Crawford–Screws (T2) est présent dans une seule combinaison. Aucune combinaison optimale n'inclut les tests Grooved Pegboard (T3) et Minnesota–Turning (T10). Ces tests ne semblent pas avoir de valeur ajoutée par rapport aux autres tests mentionnés précédemment.

4.4 Liens entre la performance aux tests et la perception des sujets

Les résultats obtenus au questionnaire de perception sont présentés à l'annexe D. Les sujets ont été questionnés sur leur perception des tests de dextérité. Les sujets ont trouvés que les tests Crawford–Screws (T2), O'Connor Finger (T11) et Purdue–Assembly (T16) ont été les plus difficiles à exécuter, tous gants confondus (voir Tableau D.3). En effet, ces tests consistent en des tâches complexes (assemblage de pièces, saisie de 3 tiges à la fois, etc.) et exigent la manipulation de petites pièces (vis, tiges fines, rondelles, etc.). Ce sont aussi ces mêmes tests qui ont été perçus par les sujets comme étant les plus capables de discriminer les gants (voir Tableau D.2). La raison la plus souvent mentionnée pour ce choix était justement la difficulté d'exécuter le test avec les gants. Il semble donc que les sujets jugent de la capacité d'un test à discriminer les gants par rapport à la difficulté à exécuter le test. Or, les analyses statistiques de la performance des sujets aux tests de dextérité ont montré que les tests pourtant jugés faciles à exécuter, comme les deux tests Minnesota (T9 et T10), le test ASTM F2010 (T12) et les deux tests Purdue–Pins (T14 et T15), ont obtenus des sensibilités équivalentes aux tests jugés difficiles à exécuter. La complexité d'un test de dextérité ne semble pas nécessairement donner l'assurance de sa sensibilité à discriminer les gants.

Les sujets ont aussi été questionnés sur leur perception des gants. De manière générale, les sujets ont trouvé que les gants A1, A2, A3, B5 et B6 offrent une meilleure dextérité que les gants B4, C7, C8 et C9 (voir Tableau D.4). L'analyse des performances aux tests de dextérité a donné le même constat (voir tableau 3.1). Les résultats des tests de dextérité semblent refléter dans l'ensemble la perception que les sujets ont des gants.

4.5 Limites de l'étude et travaux futurs

Les analyses ANOVA à deux facteurs (9 gants x 2 sexes) et les tests de comparaison multiples Tukey-Kramer qui ont été effectués sur les performances normalisées sont appropriés étant donné que la majorité des données présente une distribution normale. Un test de Student réalisé sur les performances des sujets à mains nues a révélé une différence entre les hommes et les femmes pour la moitié des tests de dextérité. C'est la raison pour laquelle le sexe a été considéré comme l'un des facteurs dans les analyses ANOVA. L'adoption de ce plan d'analyse suppose cependant qu'il n'y a pas eu d'effet résiduel dû à l'apprentissage et qu'un sujet testant un modèle de gant est considéré comme une unité expérimentale non-pairée au même sujet testant un autre modèle de gant. Ces postulats sont justifiés par le nombre suffisant d'essais de pratique, les 3 réplicas moyennés pour chaque essai, l'ordre aléatoire des essais différents pour chaque sujet, et la normalisation des performances obtenues avec les gants par les performances à mains nues. De plus, les conclusions de cette étude sont valides pour comparer les 9 modèles de gants sélectionnés. L'augmentation du nombre de modèles de gants, de même que l'augmentation du nombre de gants testés par sujet, auraient permis de mieux départager les sensibilités spécifiques des tests de dextérité.

Cette étude est la première, à notre connaissance, qui compare plusieurs tests de dextérité appliqués à l'évaluation des gants de protection. C'est également la seule étude qui compare des tests de dextérité existants aux tests proposés dans les normes.

L'acceptation des gants de protection en milieu de travail peut parfois être difficile [2, 6]. La dextérité, l'ajustement et le confort des gants sont parmi les caractéristiques recherchées par les utilisateurs [25]. Ces caractéristiques peuvent être mieux perçues lorsque les utilisateurs participent activement à la sélection et à l'essai d'équipements de protection [7]. De plus, la capacité d'un individu à développer une bonne dextérité avec le port de gants augmente avec l'expérience acquise avec ces gants [53, 56]. Il aurait été intéressant d'étendre l'étude à l'évaluation des gants en milieu de travail. Des corrélations entre les tests de dextérité en laboratoires, des tests de dextérité basés sur des tâches spécifiques du contexte de travail et des tests de perception pourraient apporter des informations supplémentaires dans l'évaluation efficace de la dextérité des gants de protection.

La présente étude a permis de démontrer l'utilité de certains tests à discriminer la dextérité des gants de protection. L'utilisation des batteries de tests proposées pourrait assurer l'évaluation rigoureuse de la dextérité des gants. L'expérimentation réalisée a également permis aux auteurs d'observer que l'ajustement, la souplesse, l'adhérence, la sensibilité tactile ou l'épaisseur des gants semblent affecter la dextérité. Une question ici se pose : est-il possible d'évaluer la dextérité d'un gant en combinant l'évaluation des différentes caractéristiques des gants telles que l'ajustement, l'épaisseur, la souplesse, l'élasticité, l'adhérence, les types de matériaux constitutifs et le design (couture, renforts, ...)? Est-il possible d'évaluer l'effet de ces mêmes caractéristiques sur la performance générale des gants (dextérité, sensibilité tactile, force de préhension, confort) et leur acceptation par les utilisateurs? Plusieurs auteurs ont étudié l'effet de l'ajustement, de l'épaisseur, de la souplesse ou de l'adhérence des gants sur la dextérité [9, 10, 53, 65, 75, 79, 80] et sur la force de préhension [75, 79-82]. Toutefois, les relations entre ces différents paramètres n'ont pas toutes été clairement établies. L'étude des interactions entre les caractéristiques des gants et leur performance est importante pour les designers afin de les guider dans le développement de gants performants et bien acceptés par les utilisateurs.

5. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Cette étude a permis de comparer la capacité à discriminer la dextérité des gants de protection de douze tests de dextérité existants, incluant deux normes. Pour ce faire, une expérimentation a été réalisée auprès de 30 sujets volontaires. Chaque sujet a exécuté les 12 tests de dextérité (3 essais pour chaque test) sous 4 conditions, soit à mains nues et en portant 3 modèles de gants parmi neuf modèles sélectionnés pour cette étude. Les essais ont été précédés par une période d'apprentissage de 6 essais de pratique par test, et ont été réalisés en trois séances de 3 heures pour chaque sujet. Les procédures d'exécution des tests ont été légèrement modifiées, à partir des informations recueillies dans la littérature, pour faciliter la normalisation des manœuvres entre les sujets, pour limiter l'effet d'apprentissage et pour diminuer la fatigue et l'ennui des sujets. Des analyses ANOVA et des tests de comparaison multiple Tukey-Kramer ont été effectués pour chaque test de dextérité. Ces résultats ont permis d'évaluer la sensibilité de chaque test à discriminer les gants, définie comme le pourcentage de différences significatives entre les gants par rapport à toutes les différences possibles. Un questionnaire de perception a aussi été développé pour connaître la perception des sujets sur les tests de dextérité et sur les gants.

Neuf des 12 tests ont démontré une capacité à discriminer les gants, avec des degrés de sensibilité variant de 56% à 67%. La classification des gants résultant de ces tests concorde avec la perception des sujets. Les trois tests ayant discriminés peu de gants sont les tests Crawford-Pins&Collars, O'Connor Tweezer et la norme EN 420 (sensibilité globale de 25%, 17% et 3% respectivement).

Les sensibilités spécifiques des tests à discriminer des types de gants en particulier ont aussi été évaluées. Il ressort que les tests Crawford-Screws et O'Connor Finger, qui sollicitent la dextérité fine par la manipulation de petites pièces, ont une sensibilité spécifique pour discriminer les gants fins et moyens. Les deux tests Minnesota et la norme ASTM F2010 qui, à l'opposé, sollicitent davantage la dextérité grossière par la manipulation de pièces plus grosses, ont montré une sensibilité spécifique pour discriminer les gants moyens et grossiers.

Les résultats des tests de dextérité ont été combinés pour simuler des batteries de tests formées de 2, 3 ou 4 tests. La sensibilité et la durée d'exécution de ces batteries ont été évaluées. Sept batteries présentant un bon rapport sensibilité/durée d'exécution ont été proposées. Ces batteries sont généralement formées à partir de tests ayant des sensibilités spécifiques complémentaires. Les tests s'étant avérés les plus utiles pour composer de telles batteries sont le Minnesota-Two-Hand Turning&Placing, le O'Connor Finger, l'un des trois tests Purdue, le test ASTM F2010 et le test Crawford-Screws. La sensibilité des batteries proposées varie de 81% à 89% et leur durée d'exécution varie de 7 à 15 minutes par gant. Le choix de l'une ou l'autre des combinaisons dépend du temps que l'on dispose pour effectuer les essais et de la sensibilité que l'on souhaite obtenir.

Le but de cette étude étant d'évaluer la capacité de discrimination entre divers modèles de gants de différents tests de dextérité, un plus grand éventail de gants aurait permis de mieux caractériser les sensibilités spécifiques des tests. De plus, le fait que les sujets n'ont testés que 3 gants parmi les 9 sélectionnés pour ne pas allonger la durée de l'expérimentation, n'a pas permis

de mesurer la variabilité entre les sujets; cette variabilité a toutefois été minimisée par le plan d'expérimentation (essais de pratique, randomisation des essais, temps de repos entre les essais, normalisation des résultats obtenus avec les gants par rapport aux résultats obtenus à mains nues). Finalement, l'évaluation de la dextérité des gants en milieu de travail n'a pas pu être réalisée dans le cadre de cette étude. Ceci aurait permis de faire le lien entre l'évaluation de la dextérité par des tests en laboratoire et l'évaluation de la dextérité basée sur des tâches typiques que les utilisateurs doivent accomplir dans leur travail.

Aucune autre étude portant sur la comparaison de tests de dextérité ou sur l'évaluation de la sensibilité de tests de dextérité, appliquées aux gants de protection, n'a été publiée dans la littérature disponible dans le domaine. Cette étude est la première à tenter d'identifier, parmi les tests de dextérité existants, ceux qui sont les plus utiles à intégrer à une batterie de tests pour favoriser la détection de différences significatives entre différents modèles de gants.

RÉFÉRENCES

1. Commission de la santé et de la sécurité du travail, *Dépôt de Données Centrales et Régionales (DDCR) - Données de 2003 à 2005, mises à jour en juillet 2006*, Montréal, QC, 2006
2. Champoux, D; Bourdouxhe, M., *Les accidents aux mains dans le secteur de la fabrication de produits en métal.*, Rapport de recherche IRSST, RA-042, 1991, 230 p.
3. Sorock, G. S.; Lombardi, D. A.; Hauser, R. B.; Eisen, E. A.; Herrick, R. F.; Mittleman, M. A., "Acute traumatic occupational hand injuries: type, location, and severity". *J Occup Environ Med*, vol. 44, no 4, 2002, p. 345-351.
4. Hertz, R. P.; Emmett, E. A., "Risk factors for occupational hand injury". *J Occup Med*, vol. 28, no 1, 1986, p. 36-41.
5. Sorock, G. S.; Lombardi, D. A.; Peng, D. K.; Hauser, R.; Eisen, E. A.; Herrick, R. F.; Mittleman, M. A., "Glove use and the relative risk of acute hand injury: a case-crossover study". *Journal of Occupational and Environmental Hygiene*, vol. 1, no 3, 2004, p. 182-190.
6. Sorock, G. S.; Lombardi, D. A.; Hauser, R.; Eisen, E. A.; Herrick, R. F.; Mittleman, M. A., "A case-crossover study of transient risk factors for occupational acute hand injury". *Occup Environ Med*, vol. 61, no 4, 2004, p. 305-311.
7. Akbar-Khanzadeh, F.; Bisesi, M. S.; Rivas, R. D., "Comfort of Personal Protective Equipment". *Applied Ergonomics*, vol. 26, no 3, 1995, p. 195-198.
8. Akbar-Khanzadeh, F., "Factors Contributing to Discomfort or Dissatisfaction as a Result of Wearing Personal Protective Equipment". *Journal of Human Ergology*, vol. 27, no 1 - 2, 1998, p. 70-75.
9. Bradley, J. V., "Glove characteristics influencing control manipulability". *Human Factors*, vol. 11, no 1, 1969, p. 21-36.
10. Bradley, J. V., "Effect of gloves on control operation time". *Human Factors*, vol. 11, no 1, 1969, p. 13-20.
11. Griffin, D. R., *Manual Dexterity of Men Wearing Gloves and Mittens*, (Report No.22) Fatigue Lab., Harvard University, 1944

12. Parsons, K. C.; Egerton, D. W., "The effect of glove design on manual dexterity in neutral and cold conditions". *Proceedings of 5th Scandinavian Symposium*. 1984, p. 203-209.
13. Weidman, B. H., *Effect of safety gloves on simulated work tasks*, (Research Report for the Degree of Master of Engineering). Texas A&M University. USAMC Intern Training Center, Texas. National Technical Information Service (NTIS No. AD-738-981), 1970, 68 p.
14. Robinette, K. M.; Ervin, C. A.; Zehner, G., *Dexterity testing of chemical defense gloves*, (Report No. AAMRL-TR-86-021). Wright-Patterson Air Force Base, OH: Armstrong Aerospace Medical Research Center Laboratory. National Technical Information Service (NTIS No. AD-A173545), 1986, 36 p.
15. Bishu, R. R.; Klute, G.; Kim, B., "The Effects of Extra Vehicular Activity (EVA) Gloves on Dexterity and Tactility". *Designing for Diversity. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 37th Annual Meeting, Seattle, Washington, October 11-15, 1993. The Human Factors and Ergonomics Society, Santa Monica, California, Volume 2* 1993, p. 826-830.
16. Brunick, A. L.; Burns, S.; Gross, K.; Tishk, M.; Feil, P., "Comparative study: the effects of latex and vinyl gloves on the tactile discrimination of first year dental hygiene students". *Clinical Preventive Dentistry*, vol. 12, no 2, 1990, p. 21-25.
17. Chandler, N. P.; Bloxham, G. P., "Effect of gloves on tactile discrimination using an endodontic model". *Int Endod.J*, vol. 23, no 2, 1990, p. 97-99.
18. Cunningham, J. L.; Delargy, S. M.; Warnock, C. M., "Glove wearing in Northern Ireland and an assessment of the loss of tactile perception". *J Ir.Dent Assoc*, vol. 38, no 2, 1992, p. 12-14.
19. Woods, J. A.; Leslie, L. F.; Drake, D. B.; Edlich, R. F., "Effect of puncture resistant surgical gloves, finger guards, and glove liners on cutaneous sensibility and surgical psychomotor skills". *J Biomed Mater Res*, vol. 33, no 1, 1996, p. 47-51.
20. Bronkema, L. A.; Garcia, D.; Bishu, R. R., "Tactility as a Function of Grasp Force: The Effects of Glove, Pressure and Load". *Advances in Industrial Ergonomics and Safety VI*, Edited by F. Aghazadeh. Taylor & Francis, London 1994, p. 627-632.
21. Cochran, D. J.; Albin, T. J.; Bishu, R. R., "An Analysis of Grasp Force Degradation with Commercially Available Gloves". *A Cradle for Human Factors. Proceedings of the Human Factors Society 30th Annual Meeting, Dayton, Ohio, September 29-October 3, 1986. The Human Factors Society, Santa Monica, California, Volume 2* 1986, p. 852-855.

22. Kinoshita, H., "Effect of Gloves on Prehensile Forces during Lifting and Holding Tasks". *Ergonomics*, vol. 42, no 10, 1999, p. 1372-1385.
23. Bellingar, T. A.; Slocum, A. C., "Effect of Protective Gloves on Hand Movement: An Exploratory Study". *Applied Ergonomics*, vol. 24, no 4, 1993, p. 244-250.
24. Tellier, C.; Lara, J.; Daigle, R., *Le sélection et le développement de gants de protection contre les lacérations dans le secteur de la fabrication des produits en métal*, Rapport de recherche IRSST, R-234, 1999, 68 p.
25. Wagner, C., "Hand protection : The comfort factor". *Occupational Health and Safety*, vol. 69, no 8, 2000, p. 130, 132-133.
26. Fleishman, E. A.; Hempel, W. E., "A factor analysis of dexterity test". *Personnel Psychology*, vol. 7, 1954, p. 15-32.
27. Fleishman, E. A., "Dimensional analysis of psychomotor abilities". *J Exp Psychol*, vol. 48, no 6, 1954, p. 437-454.
28. Fleishman, E. A.; Ellison, G. D., "A factor analysis of fine manipulative tests". *Journal of Applied Psychology*, vol. 46, no 2, 1962, p. 96-105.
29. Bennett, G., *Hand-tool dexterity test. User's Manual, Revised 1981*. New York, The Psychological Corp. Harcourt Brace Jovanovich Publishers, 1965, 19 p.
30. Boyle, A. M.; Santelli, J. C., "Assessing psychomotor skills: the role of the Crawford Small Parts Dexterity Test as a screening instrument". *J Dent Educ.*, vol. 50, no 3, 1986, p. 176-179.
31. Crawford, J.; Crawford, D., *Crawford small parts dexterity test. User's Manual, Revised 1981*. New York, The Psychological Corp. Harcourt Brace Jovanovich Publishers, 1956, 22 p.
32. Hines, M.; O'Conner, J., "A measure of finger dexterity". *J Personnel Res.*, vol. 4, 1926, p. 379-382.
33. Jurgensen, C. E., "Extension of the Minnesota Rate of Manipulation Test". *J Appl Psychol*, vol. 27, 1943, p. 164-169.
34. McCarron, L. T.; Ludlow, G. C., "Specificity and redundancy in vocational evaluation procedures: factor analysis of manual dexterity skills.". *Vocational Evaluation and Work Adjustment Bulletin*, 1982, p. 49-62.

35. Roberts, J. R., *Pennsylvania Bi-Manual Worksample: Examiner's Manual*. Circle Pines, Minnesota: Educational Test Bureau Division, American Guidance Service, Inc., 1945
36. Rusmore, J. T., "The R-G pegboard test of finger dexterity". *Journal of Applied Psychology*, vol. 26, 1942, p. 523-529.
37. Stromberg, E. L., *Stromberg dexterity test, User's Manual*. New York, The Psychological Corp. Harcourt Brace Jovanovich Publishers, 1951
38. Tiffin, J.; Asher, E. J., "The Purdue pegboard: Norms and studies of reliability and validity". *Journal of Applied Psychology*, vol. 32, 1948, p. 224-247.
39. Cederlund, R., "The use of dexterity tests in hand rehabilitation". *Scandinavian Journal of Occupational Therapy*, vol. 2, 1995, p. 99-104.
40. Desrosiers, J.; Hebert, R.; Bravo, G.; Dutil, E., "The Purdue Pegboard Test: normative data for people aged 60 and over". *Disabil.Rehabil*, vol. 17, no 5, 1995, p. 217-224.
41. Gloss, D. S.; Wardle, M. G., "Use of the Minnesota Rate of Manipulation Test for disability evaluation". *Perceptual and Motor Skills*, vol. 55, no 2, 1982, p. 527-532.
42. Hamm, N. H.; Curtis, D., "Normative data for the Purdue pegboard on a sample of adult candidates for vocational rehabilitation". *Perceptual and Motor Skills*, vol. 50, 1980, p. 309-310.
43. Jebsen, R. H.; Taylor, N.; Trieschmann, R. B.; Trotter, M. J.; Howard, L. A., "An objective and standardized test of hand function". *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, vol. 50, no 6, 1969, p. 311-319.
44. Kellor, M.; Frost, J.; Silberberg, N.; Iversen, I.; Cummings, R., "Hand strength and dexterity". *American Journal of Occupational Therapy*, vol. 25, no 2, 1971, p. 77-83.
45. Poirier, F., "Dexterity as a Valid Measure of Hand Function: A Pilot Study". *Hand Rehabilitation in Occupational Therapy*, 1988, p. 69-83.
46. Smith, H. B., "Smith hand function evaluation". *American Journal of Occupational Therapy*, vol. 27, no 5, 1973, p. 244-251.
47. Stein, C.; Yerxa, E. J., "A test of fine finger dexterity". *American Journal of Occupational Therapy*, vol. 44, no 6, 1990, p. 499-504.

48. Toibana, N.; Ishikawa, N.; Sakakibara, H., "Measurement of manipulative dexterity in patients with hand-arm vibration syndrome". *Int Arch Occup Environ Health*, vol. 75, no 1-2, 2002, p. 106-110.
49. Roeder, W. S., *Roeder manipulative aptitude test. User's Manual (model 32026)*, Lafayette Instrument, Lafayette, IN (USA), 1967
50. Ross, J.; Ervin, C. A., *Chemical defense flight glove ensemble evaluation*, (Report No. AAMRL-TR-87-047). Wright-Patterson Air Force Base, OH: Armstrong Aerospace Medical Research Center Laboratory. National Technical Information Service (NTIS No. AD-A188401), 1987, 48 p.
51. McGinnis, J. M.; Bensel, C. K.; Lockhart, J. M., *Dexterity afforded by CB protective gloves*, (Report No. 73-35-PR). Natick, MA: United States Army Natick Laboratories. National Technical Information Service (NTIS No. AD-759123)., 1973, 41 p.
52. Bensel, C. K., *Human factors evaluation of two types of rubber CB protective gloves*, (Report No. NATICK-TR-80/005). Natick, MA: Clothing, Equipment and Materials Engineering Lab. US Army Natick Research and Development Command. National Technical Information Service (NTIS No. AD-A084716), 1980, 53 p.
53. Bensel, C. K., "The effects of various thicknesses of chemical protective gloves on manual dexterity". *Ergonomics*, vol. 36, no 6, 1993, p. 687-696.
54. Andruk, F. S.; Shampine, J. C.; Reins, D. A., *Aluminized Firemen's (Fire Proximity) Handwear: A Comparative Study of Dexterity Characteristics*, (Report No. DOD-AGFSRS-76-17). Natick, MA: Navy Clothing & Textile Research Facility. National Technical Information Service (NTIS No. AD-A956137), 1976, 23 p.
55. Gianola, S. V.; Reins, D. A.; Shampine, J. C., *Low-temperature handwear with improved dexterity*, (Report No. NATICK-TR-117-675). Natick, MA: Navy Clothing & Textile Research Facility. National Technical Information Service (NTIS No. AD-A388531), 1976, 42 p.
56. Johnson, R. F.; Sleeper, L. A., "Effects of Chemical Protective Handwear and Headgear on Manual Dexterity". *A Cradle for Human Factors. Proceedings of the Human Factors Society 30th Annual Meeting, Dayton, Ohio, September 29-October 3, 1986. The Human Factors Society, Santa Monica, California, Volume 2* 1986, p. 994-997.
57. Scanlan, S.; Roberts, W.; McCallum, R.; Robinson, D., *A Dexterity and Tactility Evaluation of the Australian Nuclear Biological Chemical (NBC) Glove*. Australia, Defense Science and Technology Organisation (Report No. DSTO-TN-0576). DSTO Platforms Sciences Laboratory. Australian Government Department of Defence., 2004, 30 p.

58. Branson, D. H.; Simpson, L. S.; Claypool, P. L.; Chari, V.; Ruiz, B. M., "Comparison of prototype artificially-cooled chemical protective glove systems". *Performance of Protective Clothing: Sixth Volume*, ASTM STP 1273, J. O. Stull; A. D. Schwoppe (eds), American Society for Testing and Materials, 1997, p. 314-325.
59. Riley, M. W., "Partial gloves and reduced temperatures". *Proceeding of the Human Factors Society - 28th Annual Meeting*. 1984, p. 179-182.
60. Sawyer, J.; Bennett, A., "Comparing the level of dexterity offered by latex and nitrile SafeSkin gloves". *Annals of Occupational Hygiene*, vol. 50, no 3, 2006, p. 289-296.
61. Plummer, R.; Stobbe, T.; Ronk, R.; Myers, W.; Kim, H.; Jaraiedi, M., "Manual Dexterity Evaluation of Gloves Used in Handling Hazardous Materials". *Progress for People. Proceedings of the Human Factors Society 29th Annual Meeting, Baltimore, Maryland, September 29-October 3, 1985, Edited by R.W. Swezey. The Human Factors Society, Santa Monica, California, Volume 2* 1985, p. 819-823.
62. Moore, B. J.; Solipuram, S. R.; Riley, M. W., "The Effects of Latex Examination Gloves on Hand Function: A Pilot Study". *Designing for the Global Village. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 39th Annual Meeting, San Diego, California, October 9-13, 1995. The Human Factors and Ergonomics Society, Santa Monica, California, Volume 1* 1995, p. 582-585.
63. Muralidhar, A.; Bishu, R. R., "Glove Evaluation: A Lesson from Impaired Hand Testing". *Advances in Industrial Ergonomics and Safety VI, Edited by F. Aghazadeh. Taylor & Francis, London* 1994, p. 619-625.
64. Muralidhar, A.; Bishu, R. R.; Hallbeck, M. S., "The development and evaluation of an ergonomic glove". *Applied Ergonomics*, vol. 30, no 6, 1999, p. 555-563.
65. Tremblay-Lutter, J. F.; Weihrer, S. J., "Functional fit evaluation to determine optimal ease requirements in chemical protective gloves". *Performance of Protective Clothing: Fifth Volume*, ASTM STP 1237. Philadelphia American Society for Testing and Materials, 1996, p. 367-383.
66. American Society for Testing and Materials, "Standard Test Method for Evaluation of Glove Effects on Wearer Hand Dexterity Using a Modified Pegboard Test," ASTM, ASTM: F 2010, Philadelphia, 2000.
67. Comité européen de normalisation, "Protective Gloves - General Requirements and Test Methods," CEN, EN 420, 2004.

68. Fatah, A. A., *Test Protocol for Comparative Evaluation of Protective Gloves for Law Enforcement and Corrections Applications (NIJ Test Protocol 99-114)*, A Program of National Institute of Justice. National Law Enforcement and Corrections Standards and Testing Program, 1999, 11 p.
69. National Law Enforcement and Corrections Technology Center Bulletin, *A Comparative Evaluation of Protective Gloves for Law Enforcement and Corrections Applications*, A Program of National Institute of Justice. National Law Enforcement and Corrections Standards and Testing Program, 2001, 11 p.
70. Robinette, K. M.; Ervin, C. A.; Zehner, G., *Development of a standard dexterity test battery*, (Report No. AAMRL-TR-87-034). Wright-Patterson Air Force Base, OH: Armstrong Aerospace Medical Research Center Laboratory. National Technical Information Service (NTIS No. AD-A188314), 1987, 77 p.
71. Ervin, C. A., *Annotated Bibliography of Psychomotor Testing*, (Report No. AAMRL-TR-87-019). Wright-Patterson Air Force Base, OH: Armstrong Aerospace Medical Research Center Laboratory. National Technical Information Service (NTIS No. AD-A181694), 1987, 33 p.
72. Ervin, C. A.; Robinette, K. M., *A manual for administering a standardized dexterity test battery*, (Report No. AAMRL-TR-87-036). Wright-Patterson Air Force Base, OH: Armstrong Aerospace Medical Research Center Laboratory. National Technical Information Service (NTIS No. AD-A188718), 1987, 21 p.
73. Ervin, C. A., "A Standardized Dexterity Test Battery". *Performance of Protective Clothing: Second Symposium, ASTM STP 989*. Philadelphia American Society for Testing and Materials, 1988, p. 50-56.
74. Ervin, C. A., "Designing a Standardized Test Battery to Assess Dexterity". *A Cradle for Human Factors. Proceedings of the Human Factors Society 30th Annual Meeting, Dayton, Ohio, September 29-October 3, 1986. The Human Factors Society, Santa Monica, California, Volume 1* 1986, p. 390-392.
75. Chen, Y.; Cochran, D. J.; Bishu, R. R.; Riley, M. V., "Glove Size and Material Effects on Task Performance". *Perspectives. Proceedings of the Human Factors Society 33rd Annual Meeting, Denver, Colorado, October 16-20, 1989. The Human Factors Society, Santa Monica, California, Volume 1* 1989, p. 708-712.
76. Sarkkinen, M., "Mechanics need a glove that fits". *Work Health Safety*, 2002, p. 22-23.

77. Fisk, A. D.; Ackerman, P. L.; Schneider, W., "Automatic and controlled processing theory and its applications to human factors problems". *Human Factors Psychology*, P.A.Hancock (eds). Amsterdam, The Netherlands, North-Holland Publishing Co., 1987, p. 159-197.
78. Winer, B. J.; Brown, D. R.; Michels, K. M., *Statistical Principles in Experimental Design*, 3rd ed. New York, McGraw-Hill, 1991
79. Nelson, J. B.; Mital, A., "An ergonomic evaluation of dexterity and tactility with increase in examination/surgical glove thickness". *Ergonomics*, vol. 38, no 4, 1995, p. 723-733.
80. Groth, H.; Lyman, J., "Effects of massed practice and thickness of handcovering on manipulation with gloves". *Journal of Applied Psychology*, vol. 43, no 3, 1959, p. 154-161.
81. Batra, S.; Bronkema, L. A.; Wang, M. J., "Glove Attributes: Can They Predict Performance?". *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 14, no 3, 1994, p. 201-209.
82. Bishu, R. R.; Batra, S.; Cochran, D. J.; Riley, M. V., "Glove Effect on Strength: An Investigation of Glove Attributes". *Rising to New Heights with Technology. Proceedings of the Human Factors Society 31st Annual Meeting, New York City, October 19-23, 1987. The Human Factors Society, Santa Monica, California, Volume 2* 1987, p. 901-905.
83. Clopton, N.; Schafer, S.; Clopton, J. R.; Winer, J. L., "Examinee position and performance on the Minnesota Rate of Manipulation Test". *J Rehabil*, vol. 50, no 1, 1984, p. 46-48.

ANNEXE A : DESCRIPTIONS ET RÉVISIONS DÉTAILLÉES DES TESTS DE DEXTÉRITÉ

A.1 Crawford–Pins&Collars (T1)

Le test Crawford Small Parts Dexterity Test [31] comprend deux parties qui ont toutes les deux été sélectionnées. La première partie, Crawford–Pins&Collars (tiges et bagues) comprend une planche perforée de 42 trous, ainsi que 45 tiges, 45 bagues et une pince. Le test consiste à utiliser une pince pour insérer les tiges dans les trous et les bagues autour des tiges, le côté évasé vers le bas (Figure A.1). Selon le manuel d’instruction, le sujet utilise la première rangée de 6 trous pour se pratiquer et sa performance est mesurée par le temps qu’il met pour remplir les 36 trous restant.

Révisions : Pour réduire la durée du test, la mesure de performance a été modifiée pour devenir le nombre de trous complétés en 2½ minutes [70]. La période de pratique est passé initialement d’une rangée de trous à six essais d’une minute chacun. Le manuel d’instruction suggère que l’une ou l’autre des deux mains peut être utilisée. Pour normaliser la procédure, seule la main dominante a été employée et une position de départ a été précisée, où le sujet tient la pince dans sa main dominante et dépose sa main sur la table à côté de la planche [70].



Figure A.1 Crawford–Pins&Collars (T1)

A.2 Crawford–Screws (T2)

La deuxième partie du test est le Crawford–Screws (vis) et comprend une planche perforée de 42 trous filetés, 45 vis et un tournevis. Le test consiste à insérer les vis dans les trous, commencer à les visser avec les doigts de façon à les engager dans les filets (environ un quart de tour), puis les visser complètement en utilisant le tournevis (Figure A.2). La première rangée de 6 trous est destinée à la pratique. Le temps mis par le sujet pour compléter les 36 trous restant constitue la mesure de performance originale.

Révisions : À l’instar du test précédent, la performance a plutôt été mesurée par le nombre de trous complétés en 2½ minutes [70] et la période de pratique a consisté en six essais d’une minute chacun. Aucune main en particulier n’est spécifiée dans le manuel d’instruction. Pour normaliser la procédure, le sujet devait prendre les vis et les engager dans les trous en utilisant

uniquement sa main dominante, et utiliser ses deux mains pour manipuler le tournevis. Une position de départ a aussi été définie, soit celle de tenir une vis dans la main dominante et le tournevis dans l'autre main, les deux mains étant déposées sur la table de chaque côté de la planche [70].



Figure A.2 Crawford-Screws (T2)

A.3 Grooved Pegboard Test (T3)

Ce test comprend une plaque perforée de 25 trous, chacun ayant une rainure différemment orientée, et de 30 tiges dont la section est de même forme que les trous. Le test consiste à orienter et à insérer les tiges dans des trous rainurés (Figure A.3). Le test est fait avec la main dominante en premier, et la main non-dominante ensuite. Originellement, le score pour chaque main était la somme de trois mesures : le temps pris pour remplir tous les trous, le nombre de tiges échappées et le nombre de tiges insérées correctement dans les trous.

Révisions : Seule la main dominante a été utilisée. Pour faciliter la comptabilisation des résultats et la rendre semblable aux autres tests, la performance a été mesurée uniquement par le temps requis (en seconde) pour remplir tous les trous. La pratique n'est pas spécifiée dans le manuel d'instruction, mais six essais de 30 secondes chacun ont été imposés. Une position de départ a aussi été spécifiée, où une tige est tenue dans la main dominante et celle-ci est déposée sur la table près de la plaque [70].

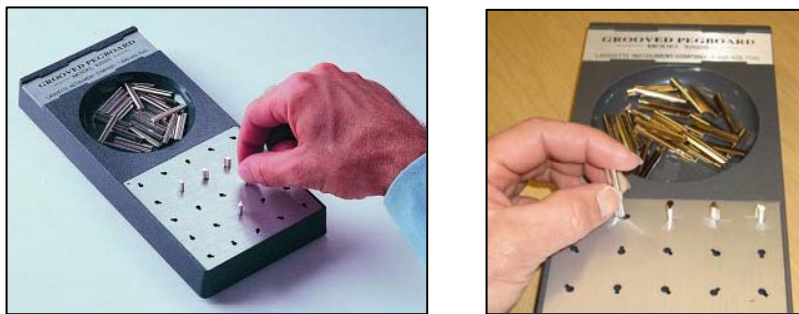


Figure A.3 Grooved Pegboard (T3)

A.4 EN 420 (T4 à T8 pour les tiges #5 à #1 respectivement)

La norme européenne EN 420 propose un test de dextérité des doigts. Ce test comprend cinq tiges pleines en acier inoxydable usinées mesurant 40 mm de long et ayant des diamètres de 11 mm (tige#5), 9.5 mm (tige#4), 8 mm (tige#3), 6.5 mm (tige#2) et 5 mm (tige#1). Le test, tel qu'indiqué dans la norme, doit être exécuté par un opérateur formé et consiste à prendre chaque tige par sa circonférence entre le pouce et l'index sans aucune autre aide, trois fois de suite en 30 secondes, sans maladresse excessive (Figure A.4). Le sujet doit commencer par la plus grosse tige (tige#5) et terminer par la plus mince (tige#1), toujours dans cet ordre. Le résultat de l'essai correspond au plus petit diamètre de la tige qui peut être prise conformément à cette procédure.

Révisions : La mesure de performance à ce test a été transformée de manière à pouvoir en comparer les résultats à ceux des autres tests de dextérité, i.e. que le temps pris par le sujet pour effectuer la manœuvre (prendre et déposer trois fois la tige) a été chronométré. Ainsi, un essai a consisté en cinq mesures de temps (en secondes), soit un temps pour chacune des 5 tiges. Pour chaque essai, les résultats des tiges #5 à #1 ont été associés aux tests T4 à T8 respectivement. Pour normaliser la manœuvre, le sujet devait soulever les tiges d'une dizaine de centimètres environ en utilisant sa main dominante, et devait garder le même rythme (rapide si possible) pour toutes les tiges. La position de départ définie a été la main dominante déposée sur la table à côté de la tige. Quelques manœuvres avec une ou deux tiges seulement ont été demandées au sujet pour lui permettre de se familiariser avec le rythme, mais aucun essai de pratique proprement dit n'a été imposé afin de se conformer le plus possible avec la description de la norme.



Figure A.4 EN 420 (T4 à T8)

A.5 Minnesota–Two Hand Turning&Placing (T9)

Le test Minnesota Rate of Manipulation comprend cinq parties : 1) Placing Test, 2) Turning Test, 3) Displacing Test, 4) One-Hand Turning and Placing Test, et 5) Two-Hand Turning and Placing Test. Ces parties requièrent de déplacer ou retourner des disques dans des trous d'une manière spécifique pour chacune d'elles. C'est le seul test qui s'exécute en position debout à une table dont la hauteur suggérée est de 28 à 32 po. Les parties 2 (Turning Test) et 5 (Two-Hand Turning and Placing Test) ont été retenues pour ce projet.

Le test Minnesota–Two Hand Turning&Placing (partie 5) comprend deux planches trouées de 60 trous chacune, placées l'une devant l'autre, et 60 disques, préalablement placés dans les trous de

la planche supérieure. Le test consiste à prendre les disques de la planche supérieure, les retourner et les placer sur la planche inférieure le plus rapidement possible. Les disques doivent être pris deux à la fois en utilisant les deux mains simultanément (un disque dans chaque main) et le sujet doit procéder par colonne en commençant par celle de droite (Figure A.5). La performance à ce test se mesure au temps requis pour retourner et placer tous les disques. La position de départ consiste à toucher aux deux premiers disques (en bas à droite de la planche supérieure) avec les deux mains.

Révisions : La seule chose qui a été ajoutée par rapport au test original est l'augmentation du nombre d'essais de pratique, qui est passé de un à six essais complets. La table utilisée avait une hauteur de 36 po. Cette hauteur, supérieure à celle suggérée dans le manuel d'instruction, semblait être plus confortable pour l'ensemble des sujets, d'autant plus qu'elle n'affecte pas la performance du sujet [83].



Figure A.5 Minnesota-Two-Hand Turning&Placing (T9)

A.6 Minnesota-Turning (T10)

Le test Minnesota-Turning Test (partie 2) utilise une seule des deux planches trouées, de même que 60 disques préalablement placés dans les trous de la planche. Le test consiste à prendre les disques avec une main, les retourner puis les replacer avec l'autre main. Le sujet doit procéder par rangée en alternant la main qui prend et celle qui replace à chaque rangée (Figure A.6). La performance à ce test se mesure au temps requis pour retourner et replacer tous les disques. La position de départ consiste à toucher au premier disque (en haut à droite) avec la main gauche.

Révisions : Comme pour le test précédent, six essais de pratique ont été imposés.

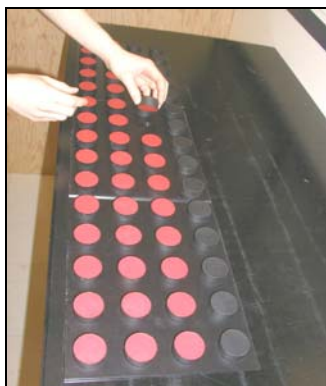


Figure A.6 Minnesota-Turning (T10)

A.7 O'Connor Finger (T11)

Le test O'Connor Finger Dexterity Test comprend une planche perforée de 100 trous ainsi que 300 tiges. Il consiste à insérer 3 tiges à la fois par trou, en utilisant seulement la main dominante, le plus rapidement possible (Figure A.7). Originellement, le score était calculé de la manière suivante : le nombre de secondes pris pour remplir les 50 premiers trous, additionné au nombre de secondes (multiplié par 1.1) pris pour remplir les 50 derniers trous, cette somme divisée par deux. Une rangée de 10 trous était allouée pour la pratique.

Révisions : La mesure de performance a été simplifiée [70] pour devenir le nombre de trous remplis en 2 minutes. La pratique a été augmentée, passant d'une seule rangée initialement à six essais d'une minute chacun. Une position de départ a aussi été définie, soit celle de tenir trois tiges dans la main dominante, celle-ci déposée sur la table près de la planche [70].



Figure A.7 O'Connor Finger (T11)

A.8 ASTM F2010 (T12)

Le test de dextérité de la norme ASTM F2010 comprend 25 tiges et une planche perforée de 25 trous. Il consiste à insérer le plus rapidement possible les tiges dans les trous en utilisant la main dominante (Figure A.8). La performance au test se mesure au temps pris pour insérer toutes les tiges. La norme demande d'exécuter des essais jusqu'à ce que le coefficient de variation de trois essais successifs soit moins de 8%, et de conserver ces trois derniers essais comme étant ceux qui comptent. Cette façon de faire permet au sujet d'atteindre son plateau d'apprentissage. Pour ce projet, elle a été respectée et a remplacé les six essais de pratique habituellement alloués.

Révisions : Une position de départ a été définie, soit celle de tenir une tige dans la main dominante, celle-ci déposée sur la table près de la planche. La norme suggérerait de laisser les tiges à plat sur la table. Cependant, puisque cela les faisait rouler et se répandre sur la table, elles ont plutôt été déposées dans un couvercle de plastique très plat près de la main dominante.



Figure A.8 ASTM F2010 (T12)

A.9 O'Connor Tweezer (T13)

Le test O'Connor Tweezer Dexterity Test comprend une planche perforée de 100 trous, une pince et 100 tiges. Avec la cavité contenant les tiges placées du côté de la main dominante, le test consiste à utiliser la pince, tenue par la main dominante, pour insérer une tige par trou (Figure A.9). Le temps mis par le sujet pour remplir les 100 trous constitue la mesure de performance originale, et une rangée de 10 trous était allouée pour la pratique.

Révisions : Plutôt que de remplir la planche au complet, qui pouvait prendre de 8 à 10 minutes, la performance a été mesurée par le nombre de trous remplis en 2 minutes. La pratique a été augmentée, passant d'une seule rangée à six essais d'une minute chacun. Une position de départ a aussi été définie, soit celle de tenir la pince dans la main dominante, celle-ci déposée sur la table près de la planche. La position de la planche a aussi été modifiée de manière à ce que la cavité soit placée vers le haut pour empêcher le sujet d'accrocher la planche et de déloger les tiges insérées.



Figure A.9 O'Connor Tweezer (T13)

A.10 Purdue–Pins Dominant Hand Dexterity Test (T14)

L'équipement du test Purdue Pegboard comprend une planche perforée de deux colonnes de 25 trous chacune, 55 tiges, 25 bagues et 40 rondelles, logées dans 4 cavités au haut de la planche. Ce test est composé de quatre parties^s : 1) Pins Dominant Hand, 2) Pins Non-Dominant Hand, 3) Pins Both Hands, et 4) Assembly. Les parties 1, 2 et 4 ont été sélectionnées pour cette étude.

Le test Purdue–Pins Dominant Hand (partie 1), consiste à utiliser la main dominante pour prendre les tiges dans la cavité du côté de la main dominante et les insérer dans les trous de la colonne du même côté (Figure A.10). La performance au test se mesure par le nombre de tiges insérées en 30 secondes. La pratique suggérée consiste à insérer 3 ou 4 tiges.

Révisions : Les deux seules choses qui ont été modifiées par rapport au test original sont l'augmentation du nombre d'essais de pratique, qui est passé de quelques tiges à six essais complets (i.e. six essais de 30 secondes chacun), et la définition d'une position de départ, qui a été de tenir une tige dans la main dominante, celle-ci déposée sur la table à côté de la planche [70].



Figure A.10 Purdue–Pins Dominant Hand (T14)

A.11 Purdue–Pins Non-Dominant Hand Dexterity Test (T15)

Le test Purdue–Pins Non-Dominant Hand (partie 2) consiste à utiliser la main non-dominante pour insérer les tiges dans les trous de la colonne la plus près de la main non-dominante le plus rapidement possible (Figure A.11). La performance au test se mesure par le nombre de tiges insérées en 30 secondes.

Révisions : Comme pour le test précédent, le nombre d'essais de pratique est passé de 3 ou 4 tiges à six essais complets, et la position de départ a été de tenir une tige dans la main non-dominante, celle-ci déposée sur la table à côté de la planche.

^s Les 2 premières parties du test Purdue Pegboard sont appelées originalement (1) Right Hand (main droite), et (2) Left Hand (main gauche). Toutefois, on mentionne dans le manuel d'instruction que la main droite est présumée comme étant la main dominante. Si ce n'est pas le cas, on indique qu'il faut interchanger les parties 1 et 2, ce qui revient à utiliser la terminologie de « main dominante » et « main non-dominante » utilisé dans ce rapport.

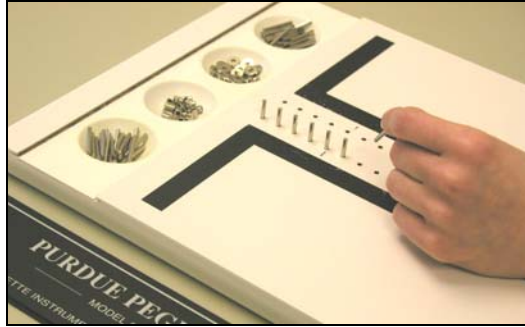


Figure A.11 Purdue–Pins Non-Dominant Hand (T15)

A.12 Purdue–Assembly Dexterity Test (T16)

Le test Purdue–Assembly (partie 4) consiste à assembler quatre pièces le plus rapidement possible en alternant les mains droite et gauche. L’assemblage consiste à insérer une tige dans un trou avec la main droite, puis de placer sur cette tige une rondelle avec la main gauche, ensuite une bague avec la main droite et finalement une autre rondelle avec la main gauche (Figure A.12). La performance au test se mesure par le nombre de pièces assemblées en une minute. La pratique suggérée consiste à réaliser quelques assemblages.

Révisions : Le nombre d’essais de pratique a été augmenté à six essais complets, soit d’une minute chacun. Une position de départ a aussi été définie, soit celle de tenir une tige dans la main droite, celle-ci déposée sur la table à côté de la planche [70].

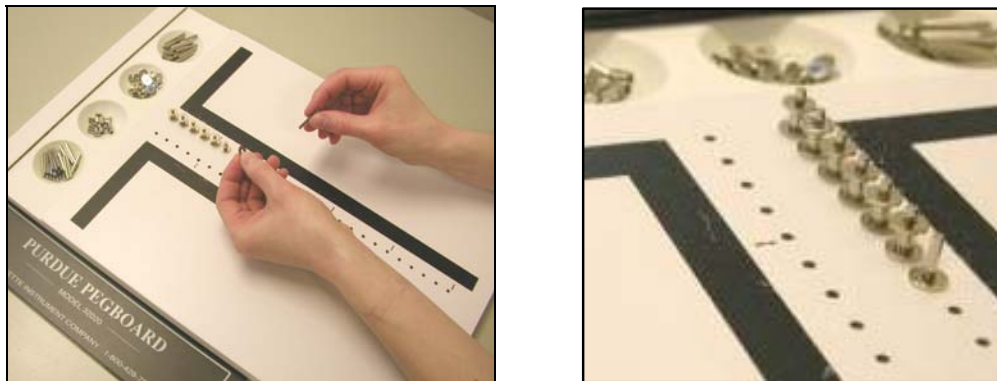


Figure A.12 Purdue–Assembly (T16)

ANNEXE B : DOCUMENTS RELIÉS À L'ÉTHIQUE

B.1 Demande au Comité d'éthique à la recherche (CÉR) de l'IRSST



FORMULAIRE DE RENSEIGNEMENTS ADDITIONNELS SUR LA DESCRIPTION DU PROJET

RENSEIGNEMENTS DESTINÉS AU CÉR

1. Identification

a) Titre du projet ou de l'activité de recherche

Évaluation de différents tests en laboratoire destinés à établir le niveau de dextérité offert par les gants de protection (Activité 099-495)

b) Nom de l'établissement où se déroulera la recherche

IRSST

2. Justification du projet

- **Avancement des connaissances :** oui ☒ non ☐
- **Retombées sur le bien-être des sujets :** court ☐ moyen ☐ long terme ☒

3. Recrutement des participants

a) Modalités de recrutement (moyens pris pour recruter, qui fera le recrutement...)

L'un des expérimentateurs (C. Tellier) enverra par courriel aux employés de l'IRSST une invitation à participer à l'étude. Les participants seront recrutés sur une base volontaire. Les directeurs d'équipes seront consultés pour autoriser la libération du temps de chaque employé ayant manifesté son désir de participer. Le temps requis pour chaque participant comprend :

- une première séance de 30 minutes au cours de laquelle les expérimentateurs rencontreront les participants pour leur donner de l'information sur le projet et mesurer les dimensions anthropométriques de leurs mains de façon à pouvoir commander des gants ajustés à leur taille,
- puis, trois séances de 3 heures chacune pour réaliser les tests de dextérité (ces séances doivent se dérouler sur 3 jours différents mais pas nécessairement consécutifs).

b) Mécanismes de transmission des informations aux participants (méthodes utilisées pour informer les participants, qui transmettra l'information et à quel moment l'information sera transmise...)

Avant d'être invités à donner leur consentement, les participants seront d'abord informés verbalement sur les objectifs du projet et la méthodologie proposée. Ils seront ensuite convoqués à une séance d'information de 30 minutes (par groupe de 5 participants) où les 3 expérimentateurs (C. Gauvin, C. Tellier et R. Daigle) détailleront les objectifs du projet et la méthodologie, leur feront des démonstrations des tests de dextérité et mesureront les dimensions anthropométriques de leurs mains de façon à pouvoir commander des gants ajustés à leur taille. Les participants recevront alors la fiche de renseignement et la fiche de consentement, qu'ils seront invités à signer avant la première séance d'essais. Il est à noter que tous les tests de dextérité ont été éprouvés et largement utilisés dans le milieu médical, et ce depuis plus de 20 ans. Les seules exceptions sont les tests des normes ASTM F2010 et EN 420, qui sont plus récents.

c) Dédommagement d'ordre financier ou autre (dans le cas où un dédommagement serait alloué aux participants, il est important d'en aviser le CÉR et de bien énoncer les termes de l'entente.)

Aucune compensation financière n'est prévue pour la réalisation des essais.

d) Caractéristiques particulières des sujets (participation de majeurs inaptes à consentir ou de personnes dont le jugement est susceptible d'être altéré (ex. : dépression, sous médicament, etc.))

Le nombre de participants requis est fixé à 30 (15 hommes et 15 femmes). Ces participants doivent être des adultes avec des tailles de mains comprises entre 6 et 10 selon l'EN 420 (i.e. circonférence de la main entre 152 et 254 mm; longueur de la main entre 160 et 204 mm). Les participants ne devront pas souffrir de troubles d'ordre neurologique, musculaire ou ostéo-articulaire au niveau des membres supérieurs (p.ex. arthrite, tunnel carpien, affections au niveau des doigts ou du poignet, amputation, etc.). Avant qu'un participant ne consente à participer à l'étude, nous lui demanderons simplement verbalement de nous dire s'il souffre ou non de ces troubles sans faire d'évaluation médicale.

4. Forme de consentement demandé aux participants



Consentement écrit



Consentement verbal (le recours au seul consentement verbal constitue une exception → veuillez justifier ce choix)

5. Analyse des avantages et des risques pour les participants

a) Les risques raisonnablement prévisibles, selon leur gravité et leur probabilité

Les inconvénients pouvant survenir par la participation à cette étude sont très minimes. Les seuls risques connus sont possiblement de l'ennui et un peu de fatigue musculaire. Les participants auront à exécuter les tests de dextérité le plus rapidement possible, et certains pourraient en ressentir un peu d'anxiété. À noter qu'aucun gant de latex ne sera utilisé pour éviter tout problème d'allergie.

b) Mesures prises pour minimiser ces risques

Pour diminuer les risques d'ennui et de fatigue musculaire, les procédures de certains tests ont été modifiées par rapport à leur version originale de manière à écourter le temps accordé à chaque tâche et à diminuer le plus possible les manœuvres répétitives. En plus, tous les essais seront randomisés au cours de chacune des séances. Tous les tests s'exécutent en position assise (à l'exception de deux tests qui se réalisent en position debout). Une chaise ergonomique sera mise à la disposition du participant qui pourra l'ajuster à son confort. Pour diminuer les risques de ressentir de l'anxiété, il sera plusieurs fois clairement mentionné au participant qu'il ne s'agit ni d'une compétition ni d'une évaluation de sa capacité personnelle, mais bien d'une évaluation du changement de dextérité lié au port des gants. Tous les résultats obtenus avec les gants seront normalisés par rapport à ceux obtenus à mains nues.

c) Mesures prises pour maximiser les avantages

La participation à cette activité a comme avantage de permettre à l'IR SST de se doter d'outils pour mieux comprendre l'évaluation de la dextérité avec le port de gants de protection. Cette étude permettra d'évaluer la capacité de tests de laboratoire à bien mesurer la dextérité offerte par les gants, et permettra d'identifier les tests les plus prometteurs. Les résultats de cette étude feront l'objet de publications scientifiques et permettront d'établir les bases devant servir au développement d'un protocole de caractérisation de la dextérité offerte par les gants de protection.

6. Anonymat des participants et confidentialité des données

a) Quelles mesures le chercheur a-t-il prises pour assurer :

► l'anonymat des participants ?

Nous ferons tout ce qui est possible pour maintenir l'anonymat des participants. Étant donné que les participants sont recrutés à l'IR SST et qu'ils exécuteront les tests durant leurs heures normales de travail, leur superviseur sera mis au courant de leur participation afin que ce dernier puisse autoriser la libération du temps de travail. Cela ne devrait pas poser de problème aux participants puisque l'IR SST a l'habitude de recruter des gens à l'interne pour des expérimentations.

Les participants seront identifiés à l'aide de numéros de 1 à 30. Un seul document (manuscrit) sera associé directement au nom des participants, et il ne contiendra que les dimensions des mains et le numéro du participant. Ce document sera connu des trois expérimentateurs seulement, sera conservé par le responsable du projet (C. Gauvin), et sera détruit à la fin des expérimentations. C'est avec le numéro que seront associés tous les résultats du participant aux tests de dextérité, ses réponses au questionnaire de perception et l'identification de son âge, sexe, main dominante, etc.

► la confidentialité des données ? (en cours de recherche, lors de la saisie de données, lors de la présentation des résultats, lors de l'archivage des données.)

Le nom des participants sera maintenu confidentiel dans toutes les publications résultant de cette étude. Des efforts seront consentis pour assurer que les marques de commerce des gants évalués soient maintenues confidentielles dans le cadre de publications officielles.

7. Suivi continu des enjeux éthiques du projet

Quels mécanismes le chercheur compte-t-il mettre en place pour assurer un suivi continu auprès du CÉR ? (mentionner notamment les étapes du projet ou de l'activité devant faire l'objet d'un livrable que devrait accompagner un rapport sur les aspects éthiques du dossier.)

S'il y lieu, l'expérimentateur informera le CÉR de tout changement significatif dans la méthodologie et attendra l'accord du comité avant de poursuivre l'étude.

8. Autres informations

Toute autre information que vous considérez pertinente de fournir au comité (possibilité ou apparence de conflits de rôles, conflits d'intérêts, etc.)

Aucune.

Signature du chercheur responsable : _____ **Date :** _____

B.2 Fiche de renseignements aux participants



FICHE DE RENSEIGNEMENTS AUX PARTICIPANTS

1) Titre de l'activité

Activité 099-495 : Évaluation de différents tests en laboratoire destinés à établir le niveau de dextérité offert par les gants de protection

2) Identification des expérimentateurs

- Chercheur responsable de l'activité : Chantal Gauvin, professionnelle scientifique, Équipe Sécurité-Ingénierie
- Chantal Tellier, professionnelle scientifique, Équipe Sécurité-Ingénierie
- Renaud Daigle, technicien, Équipe Sécurité-Ingénierie

3) Objectif du projet

L'objectif de cette activité est d'évaluer neuf tests de dextérité, qui seront exécutés à mains nues et avec des gants, et d'identifier les meilleurs tests pour discriminer la dextérité des gants.

4) Conditions de participation

Nous recherchons 30 participants (15 hommes et 15 femmes). Pour participer, vous devez être un adulte avec une taille de mains comprise entre 6 et 10 selon la norme EN 420 (i.e. circonférence de la main entre 152 et 254 mm; longueur de la main entre 160 et 204 mm). Vous ne devez pas souffrir de troubles d'ordre neurologique, musculaire ou ostéo-articulaire au niveau des membres supérieurs (p.ex. arthrite, tunnel carpien, affections au niveau des doigts ou du poignet, amputation, etc.). Aucun gant de latex ne sera utilisé dans cette étude pour éviter tout problème d'allergie.

5) Modalités de participation à l'étude

Si vous participez, vous devrez vous présenter au laboratoire 1465 ou à la salle de réunion 1514 de l'IR SST à quatre moments différent durant vos heures normales de travail, soit **une première séance d'information de 30 minutes**, au cours de laquelle nous prendrons les mesures de vos mains pour commander des gants ajustés à votre taille, ainsi que **trois séances d'essais d'une durée de 3 heures chacune**, au cours desquelles vous exécuterez **neuf tests de dextérité** (3 tests par séance) sous 4 conditions différentes : mains nues et trois types de gants permettant une dextérité fine, moyenne et grossière. Ces trois séances se feront sous la supervision d'un des trois expérimentateurs, qui vous expliquera en détail chaque test, vous fera une démonstration et vous laissera du temps pour vous pratiquer. **Nous vous demanderons d'exécuter ces tests le plus rapidement possible.** Votre performance aux différents essais sera mesuré de 2 façons selon le test de dextérité: soit le temps que vous aurez mis à accomplir l'essai ou soit le nombre de tâches que vous aurez réussi à compléter en un temps donné. Pour certains tests, le nombre d'erreurs commises sera aussi comptabilisé, p.ex. échapper une pièce. **Veillez noter qu'il ne s'agit pas d'évaluer votre capacité personnelle, mais plutôt d'évaluer le changement de dextérité lié au port des gants.** Vous trouverez en annexe une photo et une brève description de chaque test de dextérité (il est possible que les instructions qu'on vous fournira au moment des essais diffèrent légèrement des descriptions en annexe, qui sont données à titre indicatif seulement). À la fin de chaque séance, on vous demandera de répondre à un questionnaire pour qu'on puisse connaître votre opinion et votre perception des tests de dextérité et des gants testés. On vous demandera également votre âge, sexe, main dominante, poste occupé, antécédent sur vos habiletés manuelles (utilisation d'outils), etc.

6) Avantages et bénéfices à participer

Cette activité permettra à l'IRSST d'approfondir ses connaissances sur les différents tests de dextérité existants. Elle permettra de choisir les meilleurs tests pour caractériser la dextérité offerte par les gants, qui serviront de base au développement d'un protocole expérimental pour catégoriser les gants selon leur niveau de dextérité.

7) Risques et inconvénients

Les inconvénients pouvant survenir par la participation à cette étude sont minimes. Les seuls risques connus sont **possiblement de l'ennui et un peu de fatigue musculaire**. Pour diminuer ces risques, les procédures de certains tests ont été modifiées par rapport à leur version originale de manière à écourter le temps accordé à chaque tâche et à diminuer le plus possible les manœuvres répétitives. De plus, les essais seront randomisés lors de chaque séance, évitant ainsi de faire le même test de dextérité plusieurs fois de suite. Tous les tests s'exécutent en position assise (à l'exception de deux tests qui se réalisent en position debout). Une chaise ergonomique vous sera fournie et vous pourrez l'ajuster à votre confort. Vous pourrez **peut-être ressentir un peu d'anxiété** puisque vous aurez à exécuter les tests de dextérité le plus rapidement possible, mais sachez qu'il ne s'agit ni d'une compétition ni d'une évaluation de votre capacité personnelle. Tous vos résultats obtenus avec les gants seront normalisés par rapport à ceux obtenus à mains nues.

8) Modalités de cueillette d'informations ou de données provenant du participant et dispositions prévues en matière de confidentialité

Votre directeur d'équipe sera mis au courant de votre participation afin qu'il puisse autoriser la libération de votre temps de travail et prévoir la continuité des services de votre département. Toutefois, en aucun cas il n'aura accès à quelques données que se soient vous concernant. Durant l'expérimentation, vous serez identifié par un numéro (de 1 à 30) pour assurer la protection de votre anonymat lors de la diffusion des résultats de cette étude et la confidentialité des informations recueillies (performance aux tests de dextérité, réponses au questionnaire, sexe, âge, etc.). Seul un document contiendra votre nom, votre numéro et les dimensions de vos mains. Ce document sera connu seulement des trois expérimentateurs, sera conservé par le responsable de l'activité et sera détruit à la fin des expérimentations.

9) Dédommagements d'ordre financier ou autres types d'allocation versés au participant

Votre participation est volontaire et aucune rémunération ne vous sera versée.

10) Règles régissant l'arrêt de l'étude (s'il y a lieu)

À notre connaissance, aucun motif ne pourrait mener à l'arrêt prématuré de cette étude.

11) Liberté de participation et liberté de retrait de l'étude

Vous êtes entièrement libre de participer ou non à cette étude. Vous pouvez décider de retirer votre consentement à n'importe quel moment, par simple avis verbal à l'un des expérimentateurs, sans qu'il soit nécessaire de vous justifier et sans crainte de préjudice.

12) Nom des personnes-ressources

Personnes de l'équipe que vous pouvez rejoindre pour toute question ou commentaire :

Chantal Gauvin, professionnelle scientifique (Sécurité-Ingénierie), tél. : (514) 288-1551 poste 357

Chantal Tellier, professionnelle scientifique (Sécurité-Ingénierie), tél. : (514) 288-1551 poste 270

Président du CÉR de l'IRSST pouvant recevoir vos plaintes ou commentaires :

Jean-Claude Martin, directeur Gestion qualité & pr. Spéciaux, tél. : (514) 288-1551 poste 277

13) Signature du chercheur

Signature du chercheur responsable : _____ Date : _____

B.3 Fiche de consentement du participant



FICHE DE CONSENTEMENT LIBRE ET ÉCLAIRÉ

Titre du projet ou de l'activité : Activité 099-495 : Évaluation de différents tests en laboratoire destinés à établir le niveau de dextérité offert par les gants de protection

Chercheur responsable : Chantal Gauvin

Je, (nom en lettres moulées du participant) _____
déclare avoir pris connaissance des documents ci-joints dont j'ai reçu copie, en avoir discuté avec le représentant autorisé et comprendre le but, la nature, les avantages, les risques et les inconvénients de l'étude en question.

Après réflexion et un délai raisonnable, je consens librement à prendre part à cette étude. Je sais que je peux me retirer en tout temps sans préjudice.

Signature du participant _____ Date _____
(ou de son représentant légal)

Je, (nom en lettres moulées du représentant autorisé) _____
déclare avoir la compétence et les connaissances suffisantes du projet, lesquelles m'ont permis d'expliquer le but, la nature, les avantages, les risques et les inconvénients de l'étude au participant (ci-haut signataire) .

Signature du représentant
autorisé _____ Date _____

ANNEXE C : DIMENSIONS DES MAINS DE LA NORME EN 420

Le Tableau C.1 présente les dimensions des mains auxquelles correspond la taille des gants, selon la norme EN 420-2004. Ce tableau a servi à titre indicatif pour prévoir les grandeurs de gants nécessaires à l'expérimentation.

Tableau C.1 Tailles des gants et dimensions des mains selon la norme EN 420 – 2004

Taille du gant	Tour de la main [mm]	Longueur de la main [mm]
6	152	160
7	178	171
8	203	182
9	229	192
10	254	204
11	279	215

ANNEXE D : PERCEPTION : QUESTIONNAIRE ET RÉSULTATS

D.1 Présentation du questionnaire

Le questionnaire de perception auquel ont répondu les 30 participants comprend six questions. La question 1 a été administrée au fur et à mesure de la réalisation des essais, les questions 2 à 5 à la fin de chaque séance, et la question 6 à la toute fin des trois séances. Les questions Q2 à Q5 sont des questions à choix de réponse qui mettent en compétition les tests de dextérité entre eux. Puisque ces questions étaient posées pour chacune des trois séances individuellement, les tests d'une séance n'ont pas été confrontés aux tests des deux autres séances. De plus, ces questions ont été posées ou mettent en relation les trois modèles de gants testés par les sujets (A, B et C). Les questions posées ont été les suivantes :

- **Q1 : Classez les différentes tâches de chaque test en ordre croissant de difficulté, pour toutes les conditions expérimentales (mains nues, gant A, gant B, gant C).**

Le sujet devait classer la difficulté des tâches de chaque test, avec toutes les conditions (mains nues, gants A, B, C). Par exemple, les tests Minnesota comprenaient 3 tâches, soit prendre les disques, retourner les disques et placer les disques dans les trous, et le sujet devait leur attribuer un chiffre de 1 à 3. Le sujet répondait à cette question au fur et à mesure qu'il exécutait les différents essais de la séance.

- **Q2 : Identifiez les tests difficiles à maîtriser.**

Le sujet devait identifier, à la fin de chaque séance, le ou les test(s) de la séance qu'il a trouvé(s) difficile(s) à apprendre, à assimiler ou à maîtriser, sans tenir compte de la difficulté due aux gants. Aucun test, un seul ou plusieurs tests pouvaient être choisis par séance. Par exemple, certaines personnes peuvent avoir de la difficulté avec l'alternance répétée des mains gauche et droite.

- **Q3 : Identifiez les tests qui permettent le mieux d'évaluer l'effet des gants A, B et C sur votre dextérité.**

Cette question a été posée individuellement pour tous les gants (A, B et C), à la fin de chaque séance. Le sujet devait identifier pour chaque gant le test de la séance qu'il a considéré comme étant le plus capable d'évaluer le niveau de dextérité offert par ce gant. « Aucun test » faisait aussi partie des choix de réponses.

- **Q4 : Identifiez les conditions expérimentales très *difficiles* à exécuter.**

Le sujet devait identifier, à la fin de chaque séance, les essais de la séance qu'il a trouvés très difficiles à exécuter. Plusieurs essais (Test × Gant) pouvaient être choisis par séance.

- **Q5 : Identifiez les conditions expérimentales très *faciles* à exécuter.**

Le sujet devait identifier, à la fin de chaque séance, les essais qu'il a trouvés très faciles à exécuter. Plusieurs essais (Test × Gant) pouvaient être choisis par séance.

- **Q6 : Donnez votre perception sur différentes caractéristiques des gants.**

Le sujet devait évaluer différentes caractéristiques des gants. Pour ce faire, il notait sur une échelle de 5 s'il était en accord ou en désaccord avec différentes affirmations concernant l'ajustement des gants (au niveau de la main et de la longueur et largeur des doigts), la dextérité, la sensibilité tactile, l'adhérence et la souplesse. Le sujet devait donner une seule réponse à chacune des affirmations et répéter l'exercice pour chaque gant testé (A, B et C). Il devait répondre à cette question une fois que les trois séances avaient été réalisées.

D.2 Méthode d'analyse du questionnaire

Les réponses au questionnaire de perception ont été regroupées par famille de gants (A, B et C) et analysés par séance. La compilation des résultats a été faite de la manière suivante :

- Les réponses à la question Q1 du questionnaire (classer la difficulté des différentes tâches de chaque test) ont été ramenées à la somme des cotes attribuées aux différentes tâches pour chaque condition expérimentale, normalisées par le nombre de sujet et de tâches.
- Les réponses aux questions Q2 (identifiez les tests difficiles à maîtriser), Q3 (identifiez les tests qui permettent le mieux d'évaluer l'effet des gants A, B et C sur la dextérité), Q4 et Q5 (identifiez les combinaisons Test × Gant difficiles ou faciles à exécuter) ont été synthétisées en nombre de sujets (ou en pourcentage de sujets) ayant répondu à l'un ou l'autre des choix de réponses proposés.
- Pour la question Q6 du questionnaire (perception sur différentes caractéristiques des gants), la moyenne des cotes attribuées aux différentes caractéristiques a été utilisée pour avoir une idée de l'ajustement des gants et connaître la perception des sujets sur la dextérité, l'adhérence, la sensibilité tactile et la souplesse des gants.

D.3 Résultats du questionnaire

Cette section résume les résultats obtenus à chacune des 6 questions du questionnaire.

Q1 : Classez les différentes tâches en ordre de difficulté pour chaque condition expérimentale

De manière générale, les sujets ont trouvé qu'il était plus difficile d'effectuer les tâches en portant les gants qu'à mains nues. Pour le test Crawford–Screws (T2), les sujets ont trouvé que, à main nue, l'utilisation du tournevis était plus difficile que la manipulation des vis avec les doigts. En effet, les sujets ne sont généralement pas très familiers à l'utilisation du tournevis comparativement à la manipulation de petites pièces. Par contre, cette perception a été inverse avec les gants : la manipulation des vis avec les doigts gantés était beaucoup plus difficile que la manipulation du tournevis. Ainsi, l'utilisation d'un tournevis n'a pas été l'élément de difficulté dans ce test lorsque les gants étaient portés. L'utilisation des pinces dans les tests Crawford–Pins&Collars (T1) et O'Connor Tweezer (T13) n'a pas également été perçue comme très difficile.

Pour les tests Minnesota (T9 et T10), placer les disques dans les trous a été perçu plus difficile que de retourner les disques, et les retourner plus difficile que de les prendre. Exécuter les tâches à mains nues ou avec les gants A a été perçu beaucoup plus facile qu'avec les gants B ou C.

Pour plusieurs tests, les sujets ont trouvé plus difficile de prendre les tiges dans les cavités que d'insérer les tiges dans les trous. C'est le cas pour le test ASTM F2010 (T12) où l'écart de difficulté entre ces deux tâches a été perçu surtout avec les gants B et encore plus avec les gants C. C'est aussi le cas pour les trois tests Purdue (T14, T15 et T16), de même que pour le test O'Connor Finger (T11). Toutefois, c'est l'inverse pour le test Grooved Pegboard (T3). Ceci peut s'expliquer par le fait que, dans ce test, les sujets devaient orienter les tiges correctement avant de les insérer, ce qui requerrait une manipulation plus complexe que pour les autres tests de dextérité.

Q2 : Tests difficiles à maîtriser

Les participants n'ont pas trouvé que les tests étaient difficiles à maîtriser. Quelques sujets ont estimé (voir Tableau D.1) que les tests requérant une alternance des mains droite et gauche ont été plus difficiles à maîtriser, tel que le test Crawford–Screws, les deux tests Minnesota et le test Purdue–Assembly. Les tests Grooved Pegboard et O'Connor Finger, bien qu'ils nécessitent l'usage de la main dominante seulement, demandaient une certaine concentration pour orienter correctement la tige dans le premier test et pour bien prendre trois tiges à la fois dans le second.

Tableau D.1 Nombre de sujets ayant trouvés les tests difficiles à maîtriser

Séance #1	Séance #2	Séance #3
Crawford–Pins&Collars (T1) 0	Minnesota–Two-Hand Turn&Plac (T9) 4	O'Connor Tweezer (T13) 0
Crawford–Screws (T2) 3	Minnesota –Turning (T10) 2	Purdue–Pins Dominant Hand (T14) 0
Grooved Pegboard (T3) 1	O'Connor Finger (T11) 2	Purdue–Pins Non-Dom Hand (T15) 0
EN 420 (T4-T8) 0	ASTM F2010 (T12) 0	Purdue–Assembly (T16) 10

Q3 : Perception de la sensibilité des tests

La question « Identifier le test qui permet le mieux d'évaluer l'effet des gants sur votre dextérité » a été posée pour chaque gant testé par les sujets. Le Tableau D.2 présente la compilation des réponses obtenues pour chaque séance individuellement et pour chaque sous-groupe de sujets ayant eu le même gant à tester. Chaque valeur du tableau correspond au pourcentage de sujets ayant perçus un test donné comme étant l'un de ceux qui discriminaient bien le gant testé.

Lors de la séance #1, la majorité des sujets a trouvé que le test Crawford–Screws (T2) est l'un de ceux qui discriminent le mieux les gants (selon les gants testés, 25% à 75% des participants ont choisi ce test), tel que montré dans le Tableau D.2. Le test Grooved Pegboard (T3) a aussi été choisi par certains sujets, notamment ceux ayant les gants A1 et C8 (41% et 40% des sujets, respectivement). Pour la moitié des sujets ayant eu le gant A2 (gant jetable de nitrile), aucun test de la séance #1 ne semblait être capable de discriminer ce gant. Les tests Crawford–

Pins&Collars (T1) et EN 420 (T4-T8) n'ont pas été perçus très discriminants en général (avec 7% et 11% des participants, tous gants confondus). Toutefois, le test EN 420 a été perçu discriminant par 33% des sujets ayant eu les gants A3 et C9. Il est à noter que ces gants sont plutôt non-adhérents.

Tableau D.2 Perception de la capacité des tests à discriminer les gants : Pourcentage des sujets, par séance et par modèle de gant (Q3)

Séance	Tests de dextérité		Gants									Total
			A1	A2	A3	B4	B5	B6	C7	C8	C9	
1	T1	Crawford-Pins&Collars	9%	0%	11%	0%	5%	2%	16%	0%	23%	7%
	T2	Crawford-Screws	50%	25%	28%	75%	65%	52%	56%	30%	43%	47%
	T3	Grooved Pegboard	41%	20%	17%	15%	15%	32%	26%	40%	3%	23%
	T4	EN 420	0%	5%	33%	0%	15%	12%	3%	0%	33%	11%
	-	aucun test	0%	50%	11%	10%	2%	2%	0%	30%	0%	12%
2	T9	Minnesota-2Hand Turn&Plac	18%	5%	25%	36%	5%	0%	27%	18%	13%	16%
	T10	Minnesota-Turning	28%	0%	14%	16%	25%	25%	32%	8%	13%	18%
	T11	O'Connor Finger	41%	75%	36%	26%	50%	55%	22%	53%	43%	44%
	T12	ASTM F2010	11%	0%	14%	23%	5%	10%	10%	3%	13%	10%
	-	aucun test	2%	20%	11%	0%	15%	10%	10%	20%	20%	12%
3	T13	O'Connor Tweezer	11%	0%	0%	2%	10%	0%	0%	4%	13%	5%
	T14	Purdue-Pins Dominant Hand	5%	10%	0%	10%	33%	10%	8%	9%	3%	10%
	T15	Purdue-Pins Non-Dom. Hand	14%	0%	11%	20%	18%	0%	3%	9%	3%	9%
	T16	Purdue-Assembly	68%	70%	78%	60%	38%	90%	53%	44%	63%	63%
	-	aucun test	2%	20%	11%	7%	0%	0%	35%	34%	20%	14%

Chaque cellule correspond au pourcentage de sujets ayant eu le gant Xi à tester et qui a perçu le test Ti, comme étant un des tests qui discriminait bien le gant Xi.

Pour la séance #2, le test O'Connor Finger (T11) est celui qui est perçu comme étant l'un de ceux qui discriminent le mieux la plupart des gants (selon les gants testés, 22% à 75% des participants ont choisi ce test, voir Tableau D.2). Cependant, pour les sujets ayant eu les gants B4 ou C7, le choix est un peu plus partagé avec les deux tests Minnesota (T9 et T10) pour le gant C7 et avec les tests Minnesota-Two Hand Turning&Placing (T9) et ASTM F2010 pour le gant B4.

Lors de la séance #3, les sujets ont noté majoritairement le test Purdue-Assembly (T16) comme étant l'un de ceux qui discriminent le mieux les gants (selon les gants testés, 38% à 90% des participants ont choisi ce test, voir Tableau D.2). Seuls les sujets ayant testés le gant B5 ont des avis plus partagés entre les trois tests Purdue (T14, T15 et T16). Les résultats des essais avec les trois tests Purdue ont révélé qu'ils discriminaient tous sensiblement les mêmes gants. Or, les sujets ont majoritairement choisi le Purdue-Assembly, plus complexe, plutôt que l'un ou l'autre des Purdue-Pins.

Le test O'Connor Tweezer (T13) n'a pas été perçu très discriminant en général (seulement 5% des participants l'ont choisi, tous gants confondus). Il est à remarquer que 35% des participants ayant eu le gant C7 et 34% de ceux ayant eu le gant C8 ont trouvé qu'aucun test de la séance #3 ne semblait être capable de discriminer ces gants.

Q4 et Q5 : Conditions expérimentales difficiles et faciles à exécuter.

Le Tableau D.3 présente, pour chaque condition expérimentale Test × Gant, la somme des réponses obtenues aux questions Q4 et Q5, i.e. le nombre de sujets (sur un total d'environ 10 sujets par condition expérimentale) ayant trouvé la condition difficile ou facile à exécuter. En général, les participants ont trouvé que les tests Crawford–Screws (T2), O'Connor Finger (T11) et Purdue–Assembly (T16) ont été difficile à exécuter, notamment avec les gants B4 et les trois gants C (C7, C8 et C9), ces combinaisons ayant été notés difficiles par plus de la moitié des sujets concernés et n'ayant jamais été notés faciles.

Tableau D.3 Perception de la difficulté et de la facilité à exécuter les tests avec les gants : Somme des réponses obtenues par test et par modèle de gant (*d* : difficile à exécuter (Q4) et *f* : facile à exécuter (Q5))

Séance	Tests de dextérité		Gants												Total							
			A1		A2		A3		B4		B5		B6				C7		C8		C9	
			d	f	d	f	d	f	d	f	d	f	d	f			d	f	d	f	d	f
1	T1	Crawford-Pins&Collars	0	5	0	8	0	5	1	4	0	3	0	4	1	1	0	2	3	3	5	35
	T2	Crawford-Screws	3	1	0	5	1	2	8	0	5	0	1	2	9	0	8	0	7	0	42	10
	T3	Grooved Pegboard	0	2	0	7	0	3	3	2	4	3	0	4	3	0	2	1	3	0	15	22
	T4	EN 420	0	4	0	9	0	3	1	5	0	6	0	8	0	5	0	4	5	0	6	44
	T9	Minnesota-2Hand Turn&Plac	0	5	0	9	0	6	1	2	1	3	0	4	4	0	1	1	1	2	8	32
2	T10	Minnesota-Turning	0	5	0	8	1	5	2	3	0	2	1	5	4	0	3	1	0	2	11	31
	T11	O'Connor Finger	1	2	1	2	2	1	6	0	3	1	4	1	9	0	7	0	7	0	40	7
	T12	ASTM F2010	0	9	1	8	0	6	0	5	0	3	0	9	0	2	1	2	1	4	3	48
3	T13	O'Connor Tweezer	0	7	0	8	0	5	0	7	0	3	0	7	0	3	1	3	0	5	1	48
	T14	Purdue-Pins Dominant Hand	0	6	0	8	0	4	2	1	0	6	0	6	1	1	0	1	1	0	4	33
	T15	Purdue-Pins Non-Dom. Hand	0	4	0	8	0	3	2	1	1	2	0	3	2	1	0	1	2	0	7	23
	T16	Purdue-Assembly	4	2	0	3	0	0	8	0	3	0	2	0	8	0	8	0	9	0	42	5
Total			8	52	2	83	4	43	34	30	17	32	8	53	41	13	31	16	39	16	184	338

Les tests EN 420 (T4-T8), ASTM F2010 (T12) et O'Connor Tweezer (T13) ont été trouvés faciles à exécuter en général, à l'exception du test EN 420 avec le gant C9, où 5 sujets ont trouvé cette condition expérimentale difficile et aucun ne l'a trouvé facile.

Les sujets ont noté qu'il est plutôt facile d'exécuter les tests de dextérité lorsque les trois gants A ou les gants B5 et B6 sont portés. En revanche, les tests sont plutôt difficiles à exécuter lorsque les trois gants C sont portés. Les sujets ayant eu le gant B4 ont des avis plus nuancés selon le test de dextérité.

Les résultats à cette question corroborent ceux obtenus à question précédente. En effet, les tests que les sujets ont trouvés difficiles à exécuter ont aussi été ceux qu'ils ont choisis comme étant des tests qui permettent le mieux d'évaluer l'effet des gants sur la dextérité (voir Tableau D.2). À l'inverse, les tests faciles à exécuter ont été jugés moins sensibles à mesurer la dextérité.

Q6 : Perception de différentes caractéristiques des gants

La moyenne des cotes attribuées aux différentes caractéristiques a été utilisée pour donner la classification des gants, du meilleur au pire, selon les caractéristiques telles que l'ajustement, la dextérité, la sensibilité tactile, l'adhérence et la souplesse. Les résultats sont présentés au Tableau D.4. Les gants A1, A2, A3, B5 et B6 sont généralement bien ajustés et offrent une

bonne dextérité et une bonne sensibilité tactile, alors que c'est plutôt l'inverse pour les gants B4, C7, C8 et C9. Les gants B4, C7 et C8 avaient un mauvais ajustement bien qu'ils soient tous disponibles en quatre tailles et plus. Ces gants sont aussi les moins souples. Les gants A1, A3 et C9 sont les moins adhérents.

Tableau D.4 Perception des gants : Classification des gants pour chaque caractéristique et moyenne des cotes attribuées

Ajustement		Dextérité		Tactilité		Adhérence		Souplesse		Appréciation globale		
B5	1,5	A2	1,5	A2	1,5	A2	1,5	A2	1,2	A2	1,6	<- bon
A2	1,7	B6	2,0	A3	2,1	B6	1,5	A1	1,5	B6	2,2	
B6	2,0	A3	2,4	B6	2,7	B5	2,0	A3	1,6	A3	2,3	
A3	2,4	B5	2,8	A1	2,7	B4	2,5	B6	2,3	B5	2,4	
A1	2,6	A1	2,9	B5	3,2	C8	2,9	C9	2,4	A1	2,7	
C9	3,2	B4	4,3	B4	4,3	C7	3,0	B5	2,6	C9	3,3	
C8	3,3	C8	4,4	C9	4,5	A3	3,6	B4	3,6	B4	3,7	
B4	3,6	C9	4,4	C8	4,7	A1	4,0	C8	4,1	C8	3,7	
C7	4,0	C7	4,5	C7	4,8	C9	4,0	C7	4,8	C7	4,2	<- mauvais

De manière générale, la perception des sujets sur le niveau de dextérité des gants correspond bien aux résultats obtenus par les tests de dextérité.

ANNEXE E : RÉSULTATS DÉTAILLÉS DES COMBINAISONS DE TESTS

Le tableau E.1 présente les résultats détaillés de toutes les combinaisons à deux, trois ou quatre tests de dextérité qui ont été montrées à la figure 3.5. Ces combinaisons ont été formées à partir des tests suivants :

- T2 - Crawford–Screws
- T3 - Grooved Pegboard
- T9 - Minnesota–Two-Hand Turning & Placing
- T10 - Minnesota–Turning
- T11 - O’Connor Finger
- T12 - ASTM F2010
- T14 - Purdue–Pins Dominant Hand
- T15 - Purdue–Pins Non-Dominant Hand
- T16 - Purdue–Assembly

La sensibilité globale d’une batterie de tests correspond au nombre de différences significatives détectées par l’un ou l’autre de ces tests divisé par un maximum de 36 différences (soit les différences entre tous les gants : A1-A2, A1-A3, A1-B4, ..., C8-C9). La durée d’exécution d’une batterie de tests a été estimée au temps total, en minutes, pour effectuer 3 essais de chaque test de la batterie. Pour les tests dont la durée d’exécution varie, le temps moyen d’un essai (sujets et gants confondus) a été utilisé.

Tableau E.1 Durée [min] et sensibilité (S%) des combinaisons de 2, 3 et 4 tests de dextérité

1 test	Durée	S	2 tests	Durée	S	3 tests	Durée	S	4 tests	Durée	S
T11	6	67%	T11 T2	13,5	75%	T11 T2 T15	15	83%	T11 T2 T15 T14	16,5	83%
									T11 T2 T15 T12	17	89%
									T11 T2 T15 T16	18	83%
									T11 T2 T15 T3	19,3	83%
									T11 T2 T15 T9	17,9	92%
									T11 T2 T15 T10	18	89%
						T11 T2 T14	15	81%	T11 T2 T14 T12	17	86%
									T11 T2 T14 T16	18	81%
									T11 T2 T14 T3	19,3	81%
									T11 T2 T14 T9	17,9	92%
									T11 T2 T14 T10	18	86%
									T11 T2 T12 T16	18,5	86%
						T11 T2 T12	15,5	86%	T11 T2 T12 T3	19,8	86%
									T11 T2 T12 T9	18,4	92%
									T11 T2 T12 T10	18,5	89%
						T11 T2 T16	16,5	75%	T11 T2 T16 T3	20,8	78%
									T11 T2 T16 T9	19,4	89%
									T11 T2 T16 T10	19,5	83%
						T11 T2 T3	17,8	78%	T11 T2 T3 T9	20,7	89%
									T11 T2 T3 T10	20,8	83%
						T11 T2 T9	16,4	89%	T11 T2 T9 T10	19,4	89%
						T11 T2 T10	16,5	83%			

1 test	Durée	S	2 tests	Durée	S	3 tests	Durée	S	4 tests	Durée	S
			T11 T15	7,5	78%	T11 T15 T14	9	78%	T11 T15 T14 T12	11	83%
									T11 T15 T14 T16	12	78%
									T11 T15 T14 T3	13,3	78%
									T11 T15 T14 T9	11,9	86%
									T11 T15 T14 T10	12	83%
						T11 T15 T12	9,48	83%	T11 T15 T12 T16	12,5	83%
									T11 T15 T12 T3	13,8	83%
									T11 T15 T12 T9	12,4	86%
									T11 T15 T12 T10	12,5	86%
						T11 T15 T16	10,5	78%	T11 T15 T16 T3	14,8	78%
									T11 T15 T16 T9	13,4	86%
									T11 T15 T16 T10	13,5	83%
						T11 T15 T3	11,8	78%	T11 T15 T3 T9	14,7	86%
									T11 T15 T3 T10	14,8	83%
						T11 T15 T9	10,4	86%	T11 T15 T9 T10	13,4	86%
						T11 T15 T10	10,5	83%			
			T11 T14	7,5	75%	T11 T14 T12	9,48	81%	T11 T14 T12 T16	12,5	81%
									T11 T14 T12 T3	13,8	81%
									T11 T14 T12 T9	12,4	86%
									T11 T14 T12 T10	12,5	83%
						T11 T14 T16	10,5	75%	T11 T14 T16 T3	14,8	75%
									T11 T14 T16 T9	13,4	86%
									T11 T14 T16 T10	13,5	81%
						T11 T14 T3	11,8	75%	T11 T14 T3 T9	14,7	86%
									T11 T14 T3 T10	14,8	81%
						T11 T14 T9	10,4	86%	T11 T14 T9 T10	13,4	86%
						T11 T14 T10	10,5	81%			
						T11 T12 T16	11	81%	T11 T12 T16 T3	15,3	81%
									T11 T12 T16 T9	13,9	86%
									T11 T12 T16 T10	14	83%
						T11 T12 T3	12,3	81%	T11 T12 T3 T9	15,2	86%
									T11 T12 T3 T10	15,3	83%
						T11 T12 T9	10,9	86%	T11 T12 T9 T10	13,9	86%
						T11 T12 T10	11	83%			
			T11 T16	9	69%	T11 T16 T3	13,3	72%	T11 T16 T3 T9	16,2	83%
									T11 T16 T3 T10	16,3	78%
						T11 T16 T9	11,9	83%	T11 T16 T9 T10	14,9	83%
						T11 T16 T10	12	78%			
			T11 T3	10,3	69%	T11 T3 T9	13,2	83%	T11 T3 T9 T10	16,2	83%
						T11 T3 T10	13,3	75%			
			T11 T9	8,89	83%	T11 T9 T10	11,9	83%			
			T11 T10	9,03	75%						

1 test	Durée	S	2 tests	Durée	S	3 tests	Durée	S	4 tests	Durée	S
T2	7,5	67%	T2 T15	9	78%	T2 T15 T14	10,5	78%	T2 T15 T14 T12	12,5	83%
									T2 T15 T14 T16	13,5	81%
									T2 T15 T14 T3	14,8	78%
									T2 T15 T14 T9	13,4	86%
									T2 T15 T14 T10	13,5	83%
						T2 T15 T12	11	83%	T2 T15 T12 T16	14	86%
									T2 T15 T12 T3	15,3	83%
									T2 T15 T12 T9	13,9	86%
									T2 T15 T12 T10	14	86%
						T2 T15 T16	12	81%	T2 T15 T16 T3	16,3	81%
									T2 T15 T16 T9	14,9	89%
									T2 T15 T16 T10	15	86%
						T2 T15 T3	13,3	78%	T2 T15 T3 T9	16,2	86%
						T2 T15 T9	11,9	86%	T2 T15 T3 T10	16,3	83%
						T2 T15 T10	12	83%	T2 T15 T9 T10	14,9	86%
			T2 T14	9	75%	T2 T14 T12	11	81%	T2 T14 T12 T16	14	83%
									T2 T14 T12 T3	15,3	81%
									T2 T14 T12 T9	13,9	86%
									T2 T14 T12 T10	14	83%
						T2 T14 T16	12	78%	T2 T14 T16 T3	16,3	78%
									T2 T14 T16 T9	14,9	89%
									T2 T14 T16 T10	15	83%
						T2 T14 T3	13,3	75%	T2 T14 T3 T9	16,2	86%
						T2 T14 T9	11,9	86%	T2 T14 T3 T10	16,3	81%
						T2 T14 T10	12	81%	T2 T14 T9 T10	14,9	86%
			T2 T12	9,48	78%	T2 T12 T16	12,5	81%	T2 T12 T16 T3	16,8	81%
									T2 T12 T16 T9	15,4	86%
									T2 T12 T16 T10	15,5	83%
						T2 T12 T3	13,8	78%	T2 T12 T3 T9	16,7	83%
						T2 T12 T9	12,4	83%	T2 T12 T3 T10	16,8	81%
						T2 T12 T10	12,5	81%	T2 T12 T9 T10	15,4	83%
						T2 T16 T3	14,8	72%	T2 T16 T3 T9	17,7	83%
						T2 T16 T9	13,4	83%	T2 T16 T3 T10	17,8	78%
						T2 T16 T10	13,5	78%	T2 T16 T9 T10	16,4	83%
			T2 T3	11,8	69%	T2 T3 T9	14,7	81%	T2 T3 T9 T10	17,7	81%
						T2 T3 T10	14,8	75%			
			T2 T9	10,4	81%	T2 T9 T10	13,4	81%			
			T2 T10	10,5	75%						

1 test	Durée	S	2 tests		Durée	S	3 tests			Durée	S	4 tests				Durée	S			
T15	1,5	67%	T15	T14	3	67%	T15	T14	T12	4,98	72%	T15	T14	T12	T16	7,98	78%			
			T15	T14	T12	T3	9,27	75%												
			T15	T14	T12	T9	7,87	75%												
			T15	T14	T12	T10	8,02	75%												
			T15	T14	T16	T3	10,3	72%												
			T15	T14	T16	T9	8,89	81%												
			T15	T14	T16	T10	9,03	78%												
			T15	T14	T3	T9	10,2	78%												
			T15	T14	T3	T10	10,3	75%												
			T15	T14	T9	T10	8,92	75%												
			T15	T12	T16	T3	10,8	78%												
			T15	T12	T16	T9	9,37	81%												
			T15	T12	T16	T10	9,52	81%												
			T15	T12	T3	T9	10,7	78%												
			T15	T12	T3	T10	10,8	78%												
			T15	T12	T9	T10	9,41	75%												
			T15	T16	T3	T9	11,7	81%												
			T15	T16	T3	T10	11,8	78%												
			T15	T16	T9	T10	10,4	81%												
			T15	T3	T9	T10	11,7	78%												
			T15	T9	4,39	75%	T15	T3	T9	8,68	78%	T15	T3	T9	T10	11,7	78%			
			T15	T10	4,53	72%	T15	T9	T10	7,42	75%									
			T14	1,5	64%	T14	T12	3,48	69%	T14	T12	T16	6,48	75%	T14	T12	T16	T3	10,8	75%
						T14	T12	T3	7,77	72%	T14	T12	T16	T9	9,37	81%				
T14	T12	T3				7,77	72%	T14	T12	T16	T10	9,52	78%							
T14	T12	T9				6,37	75%	T14	T12	T3	T9	10,7	78%							
T14	T12	T10				6,52	72%	T14	T12	T3	T10	10,8	75%							
T14	T16	T3				8,79	69%	T14	T12	T9	T10	9,41	75%							
T14	T16	T9				7,39	81%	T14	T16	T3	T9	11,7	81%							
T14	T16	T10				7,53	75%	T14	T16	T3	T10	11,8	75%							
T14	T3	T9				8,68	78%	T14	T16	T9	T10	10,4	81%							
T14	T3	T10				8,82	72%	T14	T3	T9	T10	11,7	78%							
T14	T9	T10				7,42	75%													
T14	T10	4,53				69%	T14	T9	T10	7,42	75%									
T12	1,98	64%	T12	T16	4,98	72%	T12	T16	T3	9,27	72%	T12	T16	T3	T9	12,2	78%			
			T12	T16	T9	7,87	78%	T12	T16	T3	T10	12,3	75%							
			T12	T16	T10	8,02	75%	T12	T16	T9	T10	10,9	78%							
			T12	T3	T9	9,16	75%	T12	T3	T9	T10	12,2	75%							
			T12	T3	T9	9,16	75%	T16	T3	T9	T10	13,2	75%							
			T12	T3	T10	9,31	72%													
			T12	T9	T10	7,91	72%													
			T12	T10	5,02	69%														
T16	3	58%	T16	T3	7,29	64%	T16	T3	T9	10,2	75%									
			T16	T3	T10	10,3	69%													
			T16	T9	T10	8,92	75%													
			T16	T10	6,03	69%														
T3	4,29	58%	T3	T9	7,18	72%	T3	T9	T10	10,2	72%									
			T3	T10	7,32	64%														
T9	2,89	58%	T9	T10	5,92	67%														
T10	3,03	56%																		