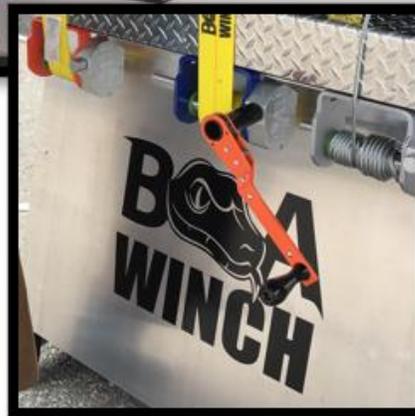


ÉVALUATION BIOMÉCANIQUE DES EXIGENCES PHYSIQUES DE DEUX SYSTÈMES D'ARRIMAGE DE COURROIE



DENIS MARCHAND, Ph. D.

Professeur-chercheur
Département de Kinanthropologie, UQÀM

MARIE-ANNE LANDRY-DUVAL,

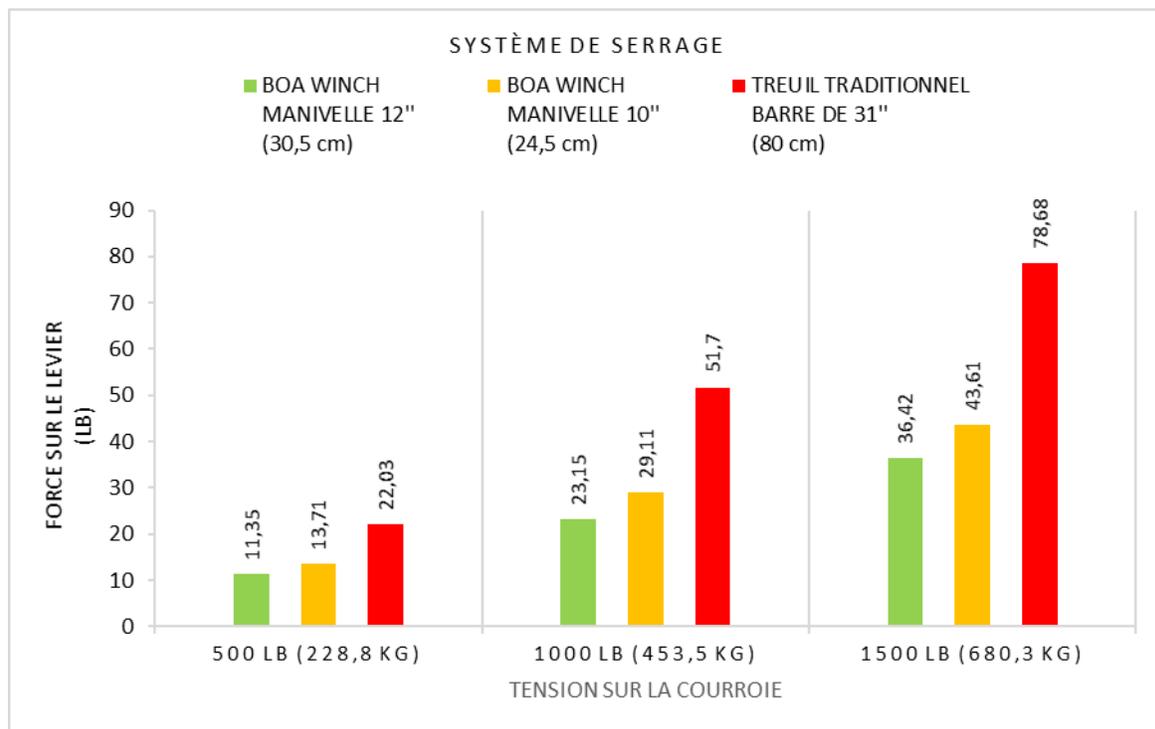
M.Sc. Ergonomie
Département de Kinanthropologie, UQÀM

GUILLAUME MONTPETIT & ÉMILE COTTON,

Stagiaires
Département de Kinanthropologie, UQÀM

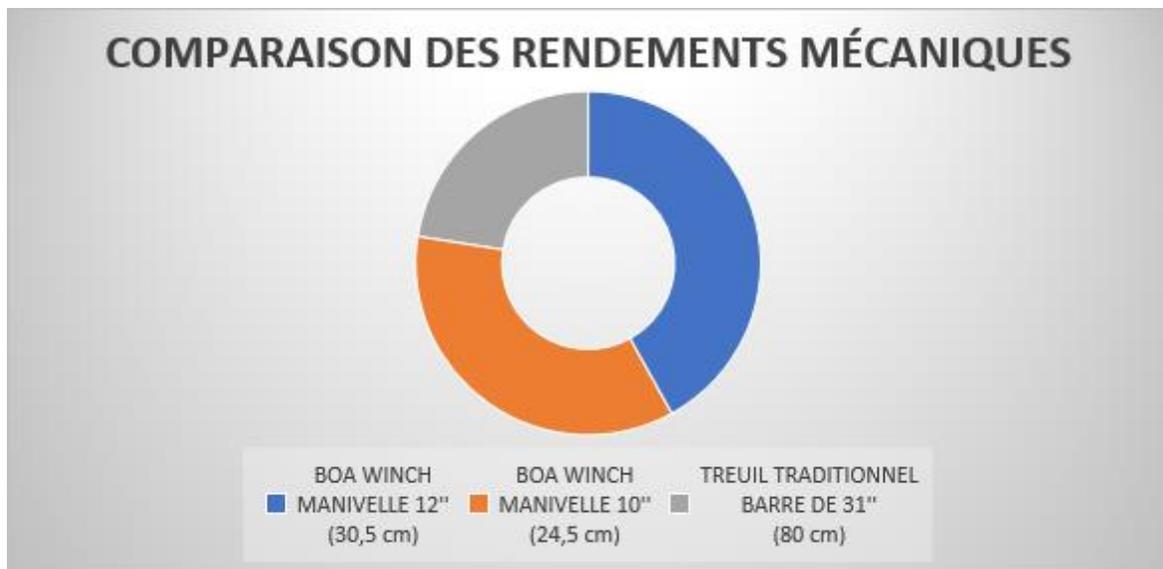
RÉSUMÉ DE L'ÉVALUATION

- Les résultats de l'évaluation biomécanique des deux systèmes d'arrimage de courroie (treuil TRADITIONNEL et BOA WINCH) démontrent que le système BOA WINCH réduit les contraintes physiques aux membres supérieurs et améliore grandement la sécurité des manœuvres d'arrimage.
- Le système BOA WINCH avec la manivelle de 12" (30,5 cm) permet de produire une tension sur la courroie d'arrimage qui est 40 fois supérieure à celle exercée par le travailleur sur la manivelle, alors que le treuil TRADITIONNEL permet de produire une tension sur la courroie d'arrimage qui est seulement 20 fois supérieure à celle exercée par le travailleur sur la barre de serrage.



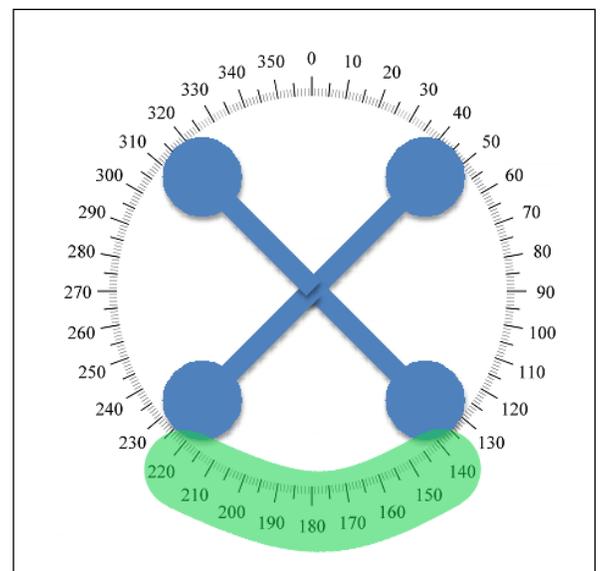
Forces requises sur les leviers pour atteindre les 3 tensions désirées

- Le rendement mécanique du système BOA WINCH, qui représente le rapport entre la tension produite sur la courroie d'arrimage et la force appliquée sur le levier, est deux fois supérieur à celui du treuil TRADITIONNEL. Par conséquent, le travailleur doit fournir 2 fois moins d'effort pour appliquer les mêmes niveaux de tension avec l'utilisation du système BOA WINCH. L'utilisation de la manivelle de 12" (30,5 cm) offre également un gain accru sur celle de 10" (25,4 cm) quant au rendement mécanique.



Comparaison des rendements mécaniques selon le type de levier

- Le système BOA WINCH permet de réduire les moments de force exercés au bas du dos, aux épaules et aux coudes lors de la phase de serrage des courroies. La réduction optimale des moments de force se produit lorsque la poignée de la manivelle est poussée sur un cadran de 4 à 7 heures et que les opérateurs conservent les bras tendus. Donc lors de la phase finale de serrage des courroies, la tension devrait être appliquée en manœuvrant de 135° à 225° afin d'optimiser les efforts.



Cadran d'efforts optimaux sur la manivelle

- L'utilisation de la manivelle à rochet de 12" (30,5 cm) du système BOA WINCH permet à plus de 90 % de la population normale, homme et femme, d'atteindre une force de serrage de la courroie de 1500 lb (680 kg) lorsque la zone d'effort est optimisée.

- Le treuil TRADITIONNEL permet seulement à un très faible pourcentage (moins de 20 %) de la population normale, homme et femme, d'atteindre une force de serrage de la courroie à 1500 lb (680 kg) en utilisant le levier uniquement en position basse avec une amplitude de mouvement très réduite des membres supérieurs. Ce système est très désavantageux pour les camionneurs de petites tailles.
- Lors de l'enroulement d'une grande longueur de courroie sur le mandrin, le treuil TRADITIONNEL demande beaucoup d'effort pour réaliser le pré-serrage de la courroie. Entre 50% et 70 % de la tension exercée sur la courroie est perdue après le verrouillage du système. En considérant la tension réelle mesurée sur la courroie après la manœuvre de serrage, le rendement mécanique qui représente le rapport entre la force appliquée sur le levier et la force restante sur la courroie d'arrimage perd plus de 50% de son efficacité durant cette manœuvre. Cette perte de tension ne semble pas présente le système BOA WINCH puisque le mécanisme ne permet aucun relâchement de la tension exercée.
- Les manœuvres de pré-serrage de la courroie avec le treuil TRADITIONNEL démontrent la présence d'une tension élastique qui pourrait induire un mouvement rapide de la barre également, connu sous le nom de contre-coup dans l'industrie, dans une situation où le travailleur l'échapperait. Des risques de blessures au thorax et à la tête sont présents. Cet effet ressort de la barre se retrouve aussi lors du déverrouillage de la roue dentelée du système où le risque d'échapper la barre est encore plus présent puisque la barre est tenue d'une seule main. Cette tension élastique n'est pas présente avec le système BOA WINCH puisque le blocage de la tension exercée se fait en continu et le relâchement de sa vis de serrage ne donne aucun contre-coup, donc le risque d'accident lié directement au levier est pratiquement nul.

SYSTÈMES	RENDEMENTS MÉCANIQUES À 1500 LB (680.3 KG)	POPULATION CAPABLE D'UTILISER (%)	PERTE DE TENSION EN PRÉ-SERAGE (%)	FACILITÉ D'UTILISATION	RISQUE D'ACCIDENT À L'UTILISATION
BOA WINCH manivelle de 12" (30,5 cm)	39,25	> 90	5 à 10	ELEVÉE	FAIBLE
BOA WINCH manivelle de 10" (25,4 cm)	33,03	> 70	5 à 10	ELEVÉE	FAIBLE
TREUIL TRADITIONNEL barre de serrage 31.5" (80 cm)	18,48	< 20	50 à 70	MODÉRÉE	ÉLEVÉ

Résumé à haut niveau de résultats obtenus

BIOGRAPHIE DU CHERCHEUR

Denis Marchand est professeur au Département des sciences de l'activité physique de l'Université du Québec à Montréal (UQAM) depuis 1995. Il enseigne les cours portant sur les aspects biomécaniques et perceptivo-moteurs du travail humain de la maîtrise en ergonomie à l'UQAM. Au baccalauréat, il enseigne les cours de kinésiologie et ceux portant sur la prévention et le traitement des blessures musculosquelettiques. Son expertise professionnelle sur le terrain porte principalement l'analyse ergonomique des postes de travail et la conception d'outils de travail ergonomiques.

Depuis 25 ans, il a réalisé l'évaluation de plus de 200 postes de travail à l'aide de mesures quantitatives. Il travaille présentement sur des projets de recherche financés par l'Institut de Recherche Robert-Sauvé en Santé et Sécurité du Travail (IRSST), portant sur l'évaluation des paramètres biomécaniques associés au port des harnais de sécurité et sur l'évaluation de la réponse physiologique au port de vêtements individuels de protection pour permettre la validation de nouvelles technologies développées pour les habits de pompiers. Depuis 1997, il a encadré et gradué 21 étudiantes ou étudiants du programme de maîtrise en kinanthropologie dans le profil avec mémoire. La plupart de ces réalisations ont été financées par l'IRSST ou par des entreprises privées.

TABLE DES MATIERES

<i>LISTE DES TABLEAUX</i>	<i>vii</i>
<i>LISTE DES FIGURES</i>	<i>viii</i>
1 INTRODUCTION	1
2. MÉTHODOLOGIE	4
2.1 Montage.....	4
2.2 Mesure des forces exercées sur les manivelles ou leviers.....	5
2.3 Rendement Mécanique.....	7
2.4 Vidéos.....	7
2.5 Sujets.....	7
2.6 Mesure des forces exercées sur les articulations des membres supérieurs.....	8
2.7 Limitations.....	12
3 RÉSULTATS ET DISCUSSION	13
3.1 Mesures dynamométriques.....	13
3.2 Tension perdue lors du serrage initial avec le treuil TRADITIONNEL.....	16
3.3 Moments de force articulaires avec BOA WINCH.....	20
3.3.1 Étude du sujet #4: Femme de 5'5", 148 lb (1,63 m, 67 kg).....	22
3.3.2 Étude du sujet #3 : Homme de 5'8", 157 lb (1,73 m, 71,2 kg).....	28
3.3.3 Étude du sujet #2 : Homme de 6'2", 225 lb (1,88 m, 101,9 kg).....	34
3.4 Moments de force articulaires avec le treuil TRADITIONNEL.....	40
4. RECOMMANDATIONS	46
5. ANNEXE: Rapport relié à l'industrie	51

LISTE DES TABLEAUX

TABLEAU 1. CARACTÉRISTIQUES ANTHROPOMÉTRIQUES DES SUJETS	8
TABLEAU 2. VALEURS DYNAMOMÉTRIQUES OBTENUES LORS DE L'ATTEINTE DE TROIS NIVEAUX DE TENSION SUR LA COURROIE	13
TABLEAU 3. MOMENT AU POIGNET, AU COUDE, À L'ÉPAULE ET À L5-S1 SELON LES DIVERS LEVIERS DANS LE CADRAN 1 (45°)	24
TABLEAU 4. MOMENT AU POIGNET, AU COUDE, À L'ÉPAULE ET À L5-S1 SELON LES DIVERS LEVIERS DANS LE CADRAN 2 (135°)	25
TABLEAU 5. MOMENT AU POIGNET, AU COUDE, À L'ÉPAULE ET À L5-S1 SELON LES DIVERS LEVIERS DANS LE CADRAN 3 (225°)	26
TABLEAU 6. MOMENT AU POIGNET, AU COUDE, À L'ÉPAULE ET À L5-S1 SELON LES DIVERS LEVIERS DANS LE CADRAN 4 (315°)	27
TABLEAU 7. MOMENT AU POIGNET, AU COUDE, À L'ÉPAULE ET À L5-S1 SELON LES DIVERS LEVIERS DANS LE CADRAN 1 (45°)	30
TABLEAU 8. MOMENT AU POIGNET, AU COUDE, À L'ÉPAULE ET À L5-S1 SELON LES DIVERS LEVIERS DANS LE CADRAN 2 (135°)	31
TABLEAU 9. MOMENT AU POIGNET, AU COUDE, À L'ÉPAULE ET À L5-S1 SELON LES DIVERS LEVIERS DANS LE CADRAN 3 (225°)	32
TABLEAU 10. MOMENT AU POIGNET, AU COUDE, À L'ÉPAULE ET À L5-S1 SELON LES DIVERS LEVIERS DANS LE CADRAN 4 (315°)	33
TABLEAU 11. MOMENT AU POIGNET, AU COUDE, À L'ÉPAULE ET À L5-S1 SELON LES DIVERS LEVIERS DANS LE CADRAN 1 (45°)	36
TABLEAU 12. MOMENT AU POIGNET, AU COUDE, À L'ÉPAULE ET À L5-S1 SELON LES DIVERS LEVIERS DANS LE CADRAN 2 (135°)	37
TABLEAU 13. MOMENT AU POIGNET, AU COUDE, À L'ÉPAULE ET À L5-S1 SELON LES DIVERS LEVIERS DANS LE CADRAN 3 (225°)	38
TABLEAU 14. MOMENT AU POIGNET, AU COUDE, À L'ÉPAULE ET À L5-S1 SELON LES DIVERS LEVIERS DANS LE CADRAN 4 (315°)	39
TABLEAU 15. MOMENT AU POIGNET, AU COUDE, À L'ÉPAULE ET À L5-S1 AVEC LE TREUIL TRADITIONNEL EN POSITIONS HAUT ET BAS DU LEVIER.....	41
TABLEAU 16. MOMENT AU POIGNET, AU COUDE, À L'ÉPAULE ET À L5-S1 AVEC LE TREUIL TRADITIONNEL EN POSITION HAUT ET BASSE DU LEVIER.....	43
TABLEAU 17. MOMENT AU POIGNET, AU COUDE, À L'ÉPAULE ET À L5-S1 AVEC LE TREUIL TRADITIONNEL EN POSITION HAUT ET BASSE DU LEVIER.....	45
TABLEAU 18. MOMENT AU POIGNET, AU COUDE, À L'ÉPAULE ET À L5-S1 POUR LA PERSONNE DE PETITE TAILLE	48
TABLEAU 19. MOMENT AU POIGNET, AU COUDE, À L'ÉPAULE ET À L5-S1 POUR LA PERSONNE DE MOYENNE TAILLE	49
TABLEAU 20. MOMENT AU POIGNET, AU COUDE, À L'ÉPAULE ET À L5-S1 POUR LA PERSONNE DE GRANDE TAILLE.....	50
TABLEAU 21. HTTPS://WWW.IHSA.CA/PDFS/STATISTICS-RESEARCH/2019/INJURY-PERFORMANCE-DATA/RATE-GROUP-570.PDF	51
TABLEAU 22. HTTPS://WWW.IHSA.CA/PDFS/STATISTICS-RESEARCH/2019/INJURY-PERFORMANCE-DATA/RATE-GROUP-570.PDF	51
TABLEAU 23. HTTPS://WWW.IHSA.CA/PDFS/STATISTICS-RESEARCH/2019/INJURY-PERFORMANCE-DATA/RATE-GROUP-570.PDF	52

LISTE DES FIGURES

FIGURE 1. SYSTÈME TRADITIONNEL AVEC BARRE DE SERRAGE.....	1
FIGURE 2. SYSTÈME BOA WINCH AVEC MANIVELLE DE 10" (25,4 CM).....	2
FIGURE 3. MANIVELLE BOA WINCH DE 10" (25,4 CM) ET 12" (30,5 CM).....	2
FIGURE 4. POINTS DE MESURE DES MOMENTS SUR LE CORPS HUMAIN.....	3
FIGURE 5. REMORQUE UTILISÉE DE TYPE PLATEFORME DU FABRIQUANT MAC.....	4
FIGURE 6. DISPOSITION DU MONTAGE POUR LES DIFFÉRENTS ÉQUIPEMENTS DE MESURE.....	5
FIGURE 7. EXEMPLE DE LA PROCÉDURE UTILISÉE POUR ÉVALUER LA FORCE EXERCÉE SUR LE LEVIER LORS DE L'ATTEINTE DE TROIS NIVEAUX D'UNE TENSION SUR LA COURROIE.....	6
FIGURE 8. REPRÉSENTATION DES QUATRE POSITIONS DE LA MANIVELLE ÉVALUÉES ET DE LA POSITION DE L'OPÉRATEUR POUR UNE MANŒUVRE À (45°, 135°, 225° ET 315°) AVEC LE SYSTÈME BOA WINCH.....	10
FIGURE 9. EXEMPLES DES POSTURES DE TRAVAIL ANALYSÉES AVEC LE SYSTÈME 3D STATIC STRENGTH PREDICTION PROGRAM POUR LE TREUIL BOA WINCH.....	11
FIGURE 10. EXEMPLES DES POSTURES DE TRAVAIL ANALYSÉES AVEC LE SYSTÈME 3D STATIC STRENGTH PREDICTION PROGRAM POUR LE TREUIL TRADITIONNEL.....	12
FIGURE 11. FORCES REQUISES SUR LES LEVIERS POUR ATTEINDRE LES 3 TENSIONS DÉSIRÉES.....	14
FIGURE 12. REPRÉSENTATION DES RENDEMENTS MÉCANIQUES MESURÉS POUR LES TROIS SYSTÈMES SELON LES NIVEAUX DE TENSION ATTEINTE SUR LA COURROIE.....	15
FIGURE 13. REPRÉSENTATION DES RENDEMENTS MÉCANIQUES MESURÉS POUR LES TROIS SYSTÈMES SELON LES NIVEAUX DE TENSION ATTEINTE SUR LA COURROIE.....	15
FIGURE 14. SYSTÈME DE VIS SANS FIN UTILISÉ PAR LE BOA WINCH.....	16
FIGURE 15. REPRÉSENTATION DES TENSIONS MESURÉES LORS DU SERRAGE INITIALE D'UNE COURROIE AVEC LE TREUIL TRADITIONNEL ...	17
FIGURE 16. REPRÉSENTATION DU POURCENTAGE DE LA TENSION PERDUE LORS DU SERRAGE INITIALE DE LA COURROIE AVEC LE TREUIL TRADITIONNEL. SE RÉFÉRER À LA FIGURE 15.....	18
FIGURE 17. REPRÉSENTATION DU RENDEMENT MÉCANIQUE RÉEL OBTENU LORS DU SERRAGE INITIAL DE LA COURROIE AVEC LE TREUIL TRADITIONNEL.....	18
FIGURE 18. POSTURE UTILISÉE PAR LE TRAVAILLEUR LORS DU DÉVERROUILLAGE DU TREUIL TRADITIONNEL.....	20
FIGURE 19. REPRÉSENTATION DES POSTURES UTILISÉES PAR LA PERSONNE DE 5'5", 148 LB (1,63 M, 67 KG) SELON LES QUATRE POSITIONS DE MANIVELLE RETENUES POUR LES ANALYSES DE MOMENT DE FORCE.....	22
FIGURE 20. REPRÉSENTATION DES POSTURES UTILISÉES PAR LA PERSONNE DE 5'8", 157 LB (1,73 M, 71,2 KG) SELON LES QUATRE POSITIONS DE MANIVELLE RETENUES POUR LES ANALYSES DE MOMENT DE FORCE.....	28
FIGURE 21. REPRÉSENTATION DES POSTURES UTILISÉES PAR LA PERSONNE DE 6'2", 225 LB (1,88 M, 101,9 KG) SELON LES QUATRE POSITIONS DE MANIVELLE RETENUES POUR LES ANALYSES DE MOMENT DE FORCE.....	34
FIGURE 22. REPRÉSENTATION DES POSTURES UTILISÉES PAR LA PERSONNE DE 5'8", 157 LB (1,73 M, 71,2 KG) SELON LE DÉBUT DU MOUVEMENT (BARRE EN HAUT) ET LA FIN DU MOUVEMENT (BARRE EN BAS).....	40
FIGURE 23. REPRÉSENTATION DES POSTURES UTILISÉES PAR LA PERSONNE DE 6'2", 225 LB (1,88 M, 101,9 KG) LE DÉBUT DU MOUVEMENT (BARRE EN HAUT) ET LA FIN DU MOUVEMENT (BARRE EN BAS).....	42
FIGURE 24. REPRÉSENTATION DES POSTURES UTILISÉES PAR LA PERSONNE DE 6', 243 LB (1,83 M, 110,2 KG) SELON LE DÉBUT DU MOUVEMENT (BARRE EN HAUT) ET LA FIN DU MOUVEMENT (BARRE EN BAS).....	44
FIGURE 26. REPRÉSENTATIONS DE LA POSTURE RECOMMANDÉE AU DÉPART DE LA POUSSÉE SUR LA MANIVELLE. CE MOUVEMENT DE LA MANIVELLE DEVRAIT SE FAIRE SUR UN CADRAN DE 4 À 7 HEURES AVEC LES BRAS TENDUS.....	47

1 INTRODUCTION

Ce mandat spécifique a été réalisé pour le compte du GROUPE 2T2 inc. Il consistait à faire l'évaluation biomécanique des contraintes physiques associées aux tâches d'arrimage de courroies, particulièrement sur des remorques de type plateforme.

Deux systèmes s'arrimage ont été analysés et comparés, soit le treuil TRADITIONNEL utilisant une barre de serrage de 31.5" (80 cm) et le système BOA WINCH utilisant une manivelle à rochet. Pour le système BOA WINCH, deux longueurs de manivelle ont été évaluées soit 10" (25,4 cm) et 12" (30,5 cm) ce qui nous a donné trois conditions à évaluer.

Conditions évaluées dans notre étude:

- 1- Treuil TRADITIONNEL avec barre de serrage de 31.5" (80 cm)
- 2- Treuil BOA WINCH avec manivelle à rochet de 10" (25,4 cm)
- 3- Treuil BOA WINCH avec manivelle à rochet de 12" (30,5 cm)



Figure 1. Système TRADITIONNEL avec barre de serrage



Figure 2. Système BOA WINCH avec manivelle de 10" (25,4 cm)

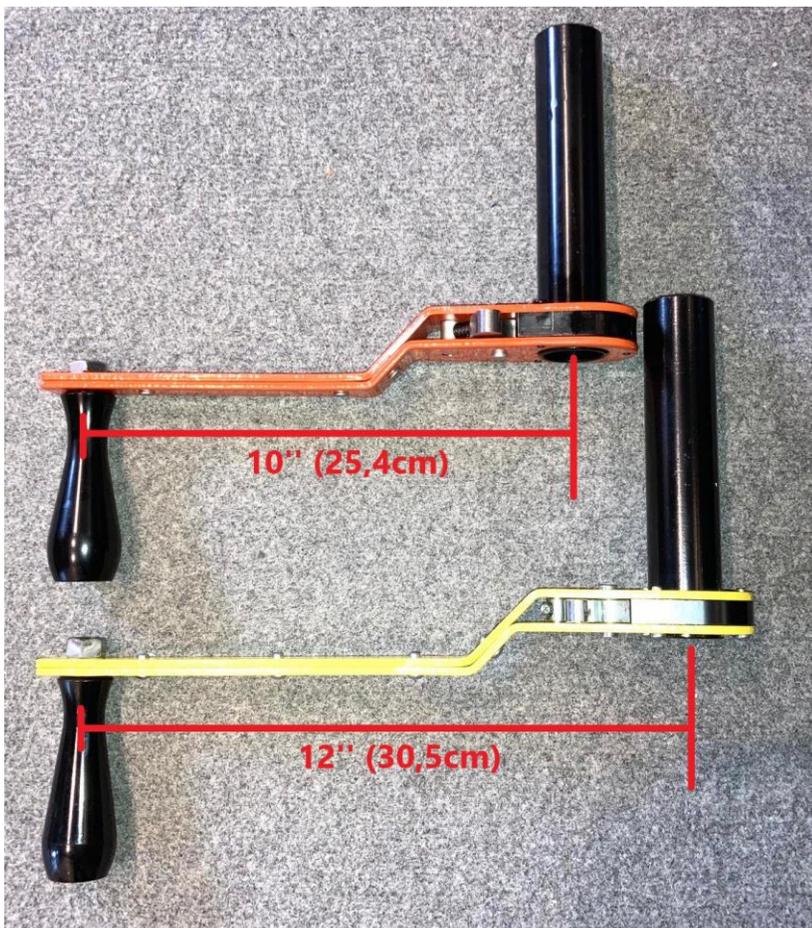


Figure 3. Manivelle BOA WINCH de 10" (25,4 cm) et 12" (30,5 cm)

Ces analyses ont permis d'identifier les niveaux d'effort physique requis pour les principales articulations sollicitées lors des manœuvres d'arrimage soit les épaules, les coudes, les poignets et le bas du dos ainsi que d'identifier les situations qui peuvent causer des risques de blessures musculosquelettiques lors de ces manœuvres.

Les analyses vidéo ont servi à identifier les postures utilisées par les travailleurs lors de l'arrimage et plus particulièrement durant le serrage des courroies. Un dynamomètre a permis de mesurer les forces exercées avec les mains lors de ces opérations pour les deux systèmes. Ces mesures dynamométriques et les positions articulaires de chacun des travailleurs ont été utilisées et modélisées avec le logiciel 3D STATIC STRENGTH pour calculer les moments de force exercés sur les articulations.

Le moment de force se définissant comme étant la puissance nécessaire pour faire effectuer un mouvement de rotation à un mécanisme autour d'un point fixe, souvent appelé pivot. Le moment d'une force par rapport à un point donné est une grandeur physique vectorielle et s'exprime habituellement en Nm (newton mètre) ou en pied-livre (lb-ft).

Dans notre étude, ceci représente la puissance requise pour actionner le levier de serrage (barre ou manivelle) et mesurer cette valeur sur 4 points du corps humain soit: le poignet, le coude, l'épaule et au niveau du bas du dos soit à la cinquième vertèbre lombaire et la première sacrée (L5-S1).

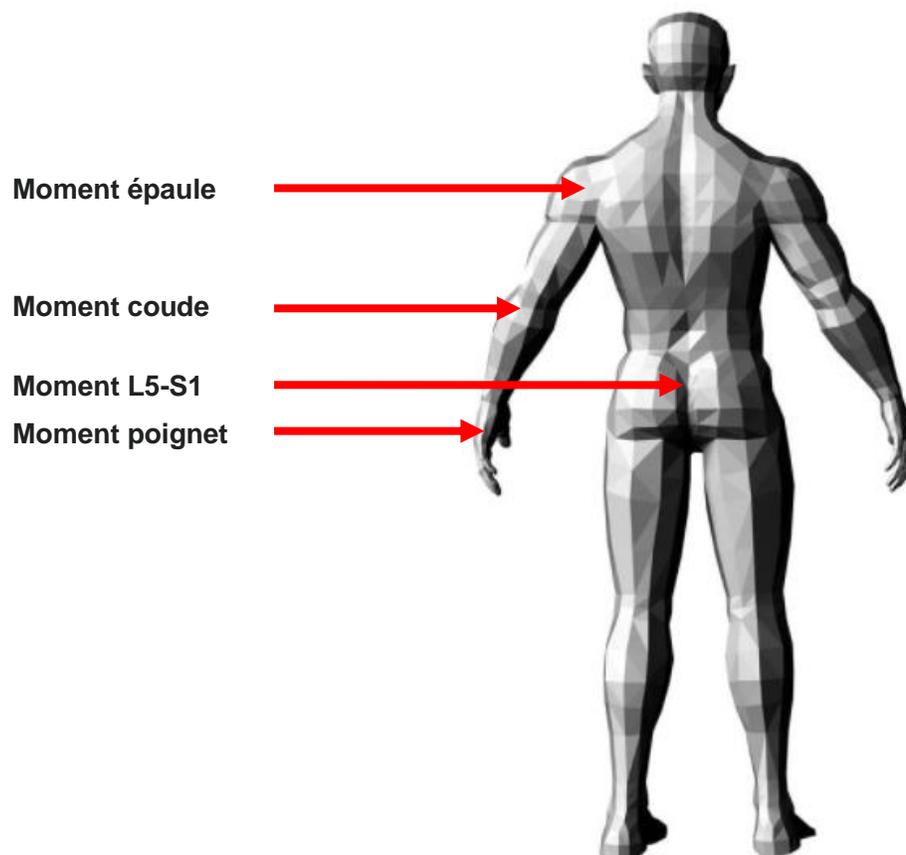


Figure 4. Points de mesure des moments sur le corps humain

Des tableaux et des figures présentent les différences obtenues entre les deux systèmes d'arrimage et les avantages d'utiliser une manivelle plus longue pour le BOA WINCH. Des recommandations ergonomiques sont aussi présentées afin d'optimiser le positionnement de l'utilisateur lors de manœuvres d'arrimage avec le système BOA WINCH.

2. MÉTHODOLOGIE

2.1 Montage

Une cellule de charge attachée au moyen de courroies de nylon de 3" a été installée sur une bobine d'acier faisant partie d'un chargement de bobines d'acier arrimées sur une remorque de type plateforme. Cette cellule de charge était reliée à un afficheur numérique et des caméras filmaient les différents angles de travail et un dynamomètre mesurait la force sur la manivelle ou barre de serrage.



Figure 5. Remorque utilisée de type plateforme du fabricant MAC



Figure 6. Disposition du montage pour les différents équipements de mesure

2.2 Mesure des forces exercées sur les manivelles ou leviers

Les mesures dynamométriques ont été réalisées durant l'évaluation des deux systèmes afin de déterminer le rendement mécanique des trois conditions évaluées; treuil TRADITIONNEL avec barre de serrage, un treuil BOA WINCH avec manivelle de 10" (25,4 cm) et un treuil BOA WINCH avec manivelle de 12" (30,5 cm).

Les forces exercées sur les différents leviers étaient mesurées à l'aide d'un dynamomètre (Shimpo 500 lb). Une sangle permettait de rattacher le dynamomètre à la poignée des deux manivelles de 10" (25,4 cm) et 12" (30,5 cm) du système BOA WINCH ou à l'extrémité de la barre de serrage du treuil TRADITIONNEL 31.5" (80 cm). Les forces exercées étaient mesurées lors de l'atteinte de trois niveaux de tension; 500, 1000 et 1500 lb (227, 454 et 680 kg) sur la courroie. La cellule de charge permettait de vérifier l'atteinte de ces forces sur la courroie. La cellule utilisée était de type S de marque Zemic (5t) et fournit par Groupe 2T2.

Un exemple de la prise de mesure avec le treuil TRADITIONNEL lors de l'atteinte d'une force de 1000 lb (454 kg) sur la courroie est présenté à la Figure 7. Les leviers étaient disposés à l'horizontal, donc de façon perpendiculaire aux treuils, pour les conditions mesurées. La force exercée uniquement par le poids des leviers (manivelles ou barre de serrage) a également été évaluée avec le dynamomètre.

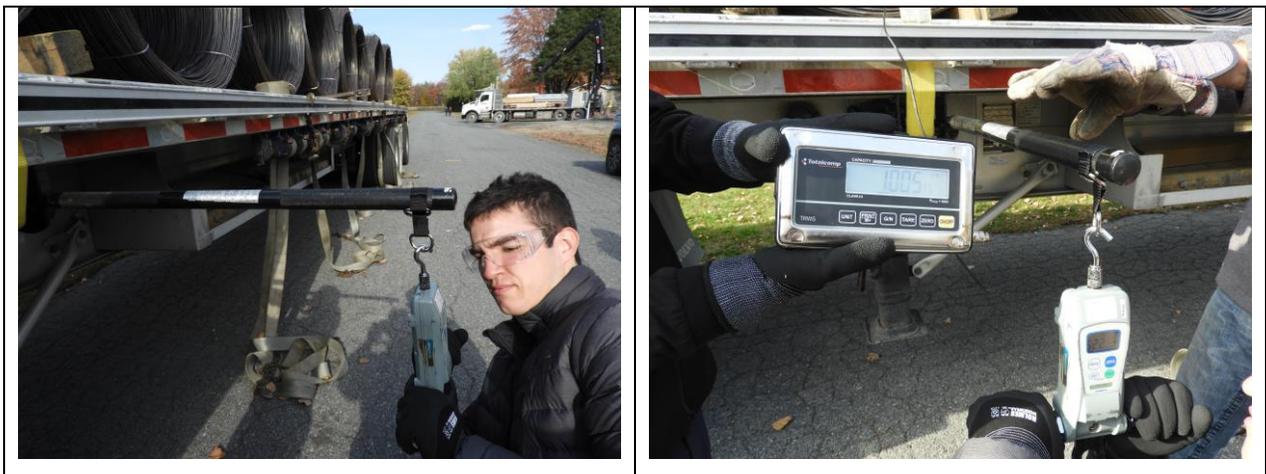


Figure 7. Exemple de la procédure utilisée pour évaluer la force exercée sur le levier lors de l'atteinte de trois niveaux d'une tension sur la courroie

2.3 Rendement Mécanique

Pour bien comprendre la portée de cette étude, il est important de comprendre ce qu'est le rendement mécanique. Le rendement mécanique représente le rapport entre la tension produite sur la courroie d'arrimage et la force appliquée sur le levier (manivelle à rochet ou barre de serrage). Cette mesure du rendement mécanique a été calculée afin de comparer l'efficacité des deux systèmes.

Les mesures des forces exercées au niveau du levier ont été utilisées pour définir les forces exercées par les mains des opérateurs lors de la production des trois niveaux de tension avec les deux systèmes d'arrimage.

2.4 Vidéos

Deux caméras vidéo (GoPro Hero6) ont été utilisées pour optimiser le repérage des angles articulaires aux membres supérieurs. Plusieurs tâches de serrage et de desserrage des courroies ont été filmées pour chaque participants. Il était important d'avoir un portrait très réaliste des manœuvres à réaliser lors des essais.

2.5 Sujets

Quatre personnes ont participé à l'évaluation afin de vérifier le possible effet de la taille et du poids de l'opérateur sur la tâche d'arrimage des courroies. Trois étudiants et un camionneur expérimenté étaient présents au moment d'effectuer la collecte de données.

Les sujets ont été sélectionnés pour obtenir des tailles représentant les 5^{ième}, 50^{ième} et 95^{ième} percentiles d'une population nord-américaine. Ils ont été formés aux manœuvres d'arrimage par le camionneur expérimenté afin qu'ils puissent effectuer les manœuvres de façon conforme.

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques anthropométriques de chaque sujet.

Sujet	Sexe	Taille		Poids	
		(m)	(pi)	(kg)	(lb)
1	M	1,83	6'	110,2	243
2	M	1,88	6'2"	101,9	225
3	M	1,73	5'8"	71,2	157
4	F	1,63	5'5"	67	148

Tableau 1. Caractéristiques anthropométriques des sujets

2.6 Mesure des forces exercées sur les articulations des membres supérieurs

L'évaluation des efforts physiques associés à l'utilisation de ces deux systèmes d'arrimage a été réalisée avec le logiciel 3D STATIC STRENGTH PREDICTION, un programme développé par des chercheurs de l'Université du Michigan. Ce logiciel permet de calculer les forces de rotation (moments de force) qui sont produites aux articulations lors de l'application d'une force avec les mains sur une charge ou un outil de travail.

En tenant compte des positions articulaires et des forces que les mains devaient exercer sur le levier, il était possible de calculer les moments de force articulaires exigés lors de l'atteinte des trois niveaux de tension retenus pour l'étude, soit: 500, 1000 et 1500 lb (227, 454 et 680 kg)

Ce logiciel comporte aussi des tables de référence qui lui permettent d'établir en fonction des moments de forces articulaires obtenus, le pourcentage de la population normale (nord-américaine) qui serait capable du produire ce niveau d'effort pour chaque articulation.

Ces mesures permettaient aussi d'établir quel pourcentage de la population normale serait en mesure de réaliser les différentes tâches. Ces pourcentages ont été établis pour les articulations des membres supérieurs (poignets, coudes et épaules) et du bas du dos (articulation entre la cinquième lombaire et le plancher du sacrum (L5-S1)).

Les analyses réalisées pour le sujet féminin donnent les pourcentages de la population normale chez les femmes, alors que celles des trois sujets masculins présentent les pourcentages obtenus chez les hommes seulement. En effet, la littérature scientifique démontre qu'il y a des écarts considérables entre les hommes et les femmes au niveau de leur capacité à produire des moments de force articulaire. Les résultats des pourcentages présentés pour les trois hommes vont varier uniquement en fonction des différentes postures utilisées pour faire les manœuvres d'arrimage.

Des comparaisons ont été réalisées entre les trois conditions d'arrimage pour démontrer les différences. Avec le système BOA WINCH, les moments de force ont été évalués pour quatre positions du cadran (45° , 135° , 225° et 315°) lors de mouvements de rotation de la manivelle (voir la Figure 8). L'analyse de ces quatre positions devait permettre de faire des recommandations pour l'utilisation optimale du système BOA WINCH.

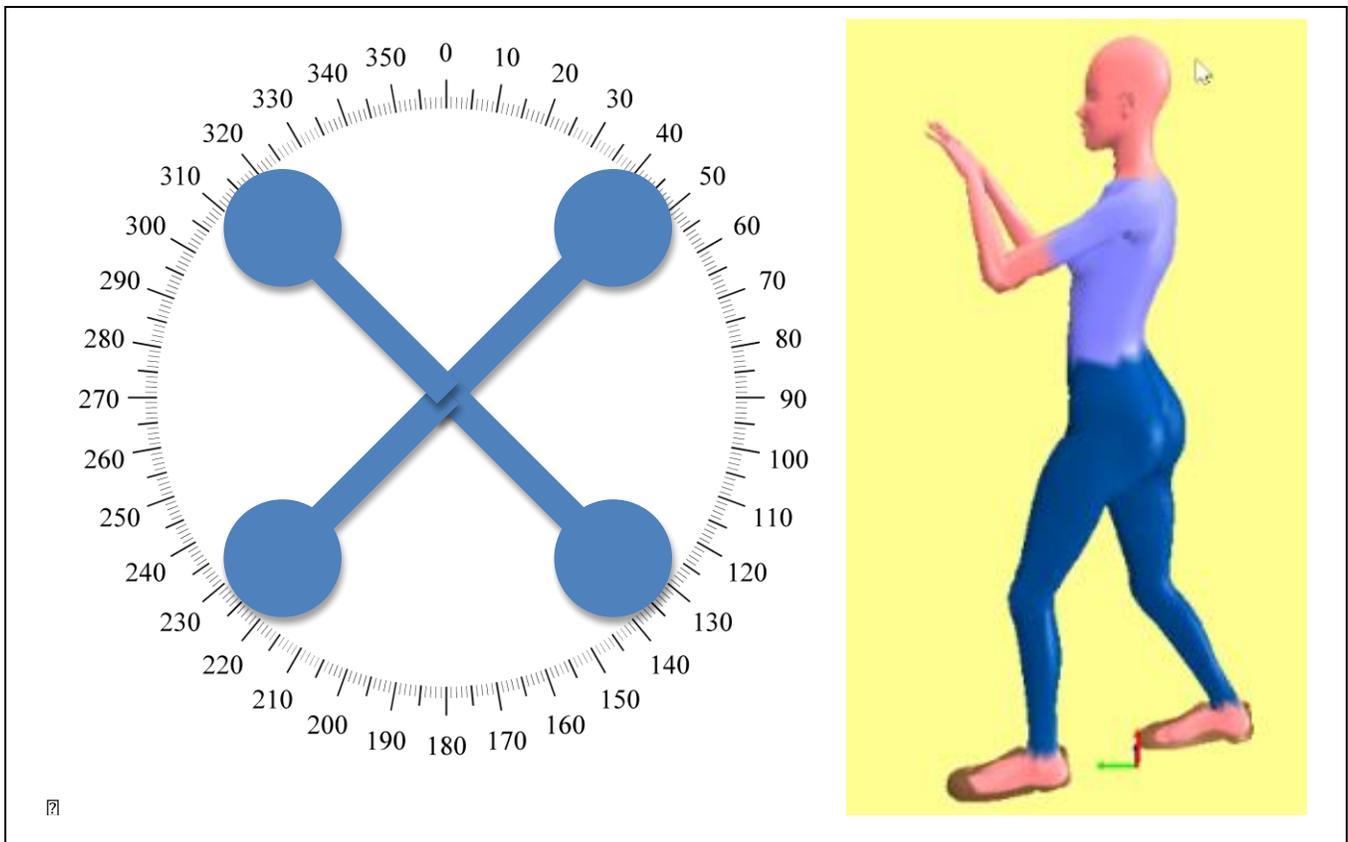


Figure 8. Représentation des quatre positions de la manivelle évaluées et de la position de l'opérateur pour une manœuvre à (45° , 135° , 225° et 315°) avec le système BOA WINCH.

Les Figures 9 et 10 présentent des exemples d'images qui ont servi à l'analyse des postures pour les deux systèmes. Les figures illustrent également des représentations d'un humanoïde 3D et une vue d'un plan sagittal 2D (bonhomme allumette) où nous pouvons voir la force exercée sur les mains de l'opérateur qui est représentés par des flèches rouges. Ces images ont servi à l'analyse des postures de travail pour les différentes conditions d'arrimage.

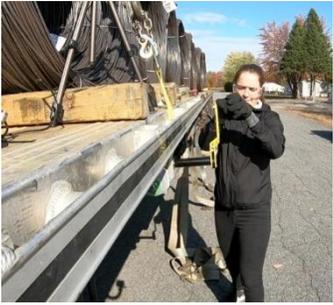
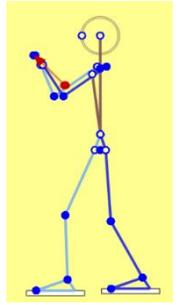
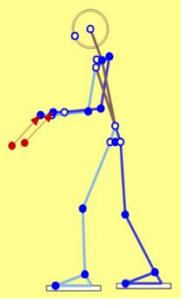
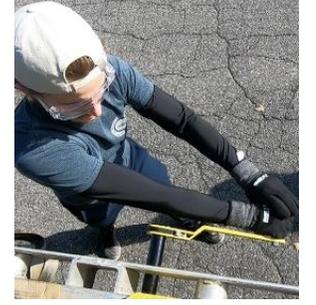
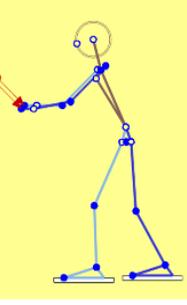
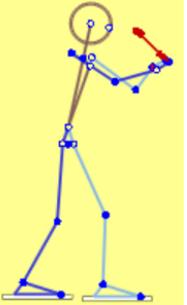
POSITION DE LA MANIVELLE	VUE DE CÔTÉ	VUE DE HAUT	PLAN SAGITTAL 3D	PLAN SAGITTAL 2D
45°				
135°				
225°				
315°				

Figure 9. Exemples des postures de travail analysées avec le système 3D Static Strength Prediction Program pour le treuil BOA WINCH

Pour les mouvements réalisés avec le treuil TRADITIONNEL, les moments de force ont été évalués pour le mouvement avec le levier (barre de serrage) en position haute et basse, la Figure 10 représente les positions évaluées.

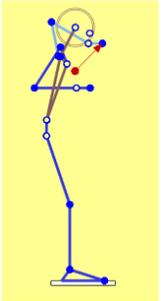
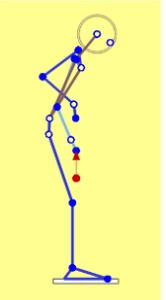
POSITION DE LA BARRE	VUE DE CÔTÉ	VUE DE HAUT	PLAN SAGITTAL 3D	PLAN SAGITTAL 2D
HAUT				
BAS				

Figure 10. Exemples des postures de travail analysées avec le système 3D Static Strength Prediction Program pour le treuil TRADITIONNEL

2.7 Limitations

Afin de mener notre étude de façon sécuritaire nous avons limité la prise de mesures pour des tensions sur les courroies variant de 500 à 1500 lb (454 à 680 kg). Les conditions de travail normales se situant majoritairement en deçà de 1500lb (680 kg). L'utilisation de la barre de serrage avec le treuil TRADITIONNEL étant particulièrement dangereuse lorsqu'on dépasse certaines limites. Selon les résultats obtenus nous pouvons extrapoler que pour des tensions supérieures les valeurs demeureraient proportionnelles, du moins dans la limite de charge de travail qui se situe à 5500 lb (2500 kg).

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 Mesures dynamométriques

Le Tableau 2 et la Figure 4 présentent les résultats des mesures dynamométriques réalisées avec les différents systèmes pour atteindre les trois valeurs cibles de la tension exercée sur la courroie. Les mesures avec le dynamomètre démontrent que le treuil TRADITIONNEL exige d'appliquer le double de la force sur l'extrémité du levier, comparativement au BOA WINCH avec la manivelle de 12" (30,5 cm), alors que la barre de serrage du treuil TRADITIONNEL est presque trois fois plus longue (31.5" (80 cm)).

Le rendement mécanique du système BOA WINCH qui représente le rapport entre la tension produite sur la courroie d'arrimage et la force appliquée sur la poignée est deux fois supérieur à celui du treuil TRADITIONNEL. Le travailleur doit donc fournir 2 fois moins d'effort pour appliquer les mêmes niveaux de tension sur les courroies avec l'utilisation du système BOA WINCH.

SYSTÈMES	TENSION SUR LA COURROIE		FORCES EXERCÉES PAR LE LEVIER SEUL		FORCES DYNAMOMÉTRIQUES		RENDEMENTS MÉCANIQUES
	(lb)	(kg)	(lb)	(kg)	(lb)	(kg)	
BOA WINCH manivelle de 10" (25,4 cm)	500	226,8	1,80	0,82	13,71	6,22	32,23
	1000	453,5	1,80	0,82	29,11	13,20	32,35
	1500	680,3	1,80	0,82	43,61	19,78	33,03
BOA WINCH manivelle de 12" (30,5 cm)	500	226,8	1,80	0,82	11,35	5,15	38,02
	1000	453,5	1,80	0,82	23,15	10,50	40,08
	1500	680,3	1,80	0,82	36,42	16,52	39,25
TREUIL TRADITIONNEL barre de serrage de 31.5" (80 cm)	500	226,8	2,47	1,12	22,03	9,99	20,41
	1000	453,5	2,47	1,12	51,70	23,44	18,46
	1500	680,3	2,47	1,12	78,68	35,68	18,48

Tableau 2. Valeurs dynamométriques obtenues lors de l'atteinte de trois niveaux de tension sur la courroie

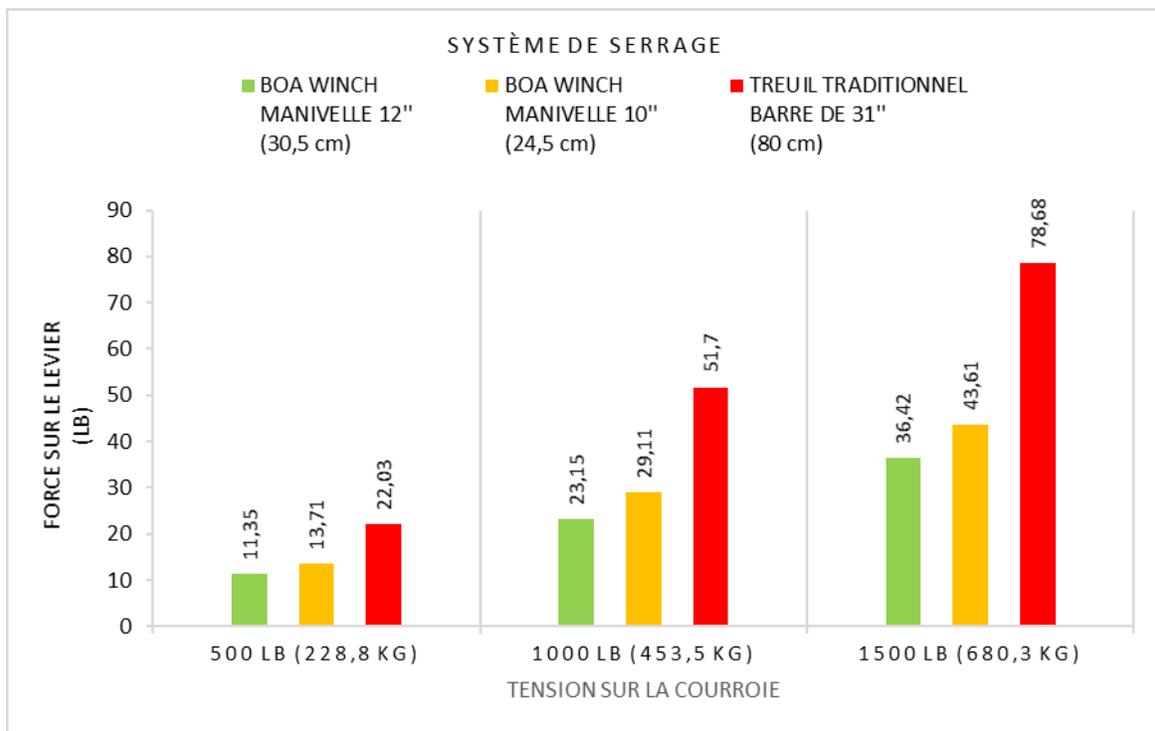


Figure 11. Forces requises sur les leviers pour atteindre les 3 tensions désirées

Les mesures présentées dans le Tableau 2 démontrent aussi que le rendement mécanique du système BOA WINCH est vraiment supérieur au treuil TRADITIONNEL. Le BOA WINCH avec sa manivelle de 12" (30,5 cm) obtient un rendement mécanique de 39.12 comparativement au treuil TRADITIONNEL qui présente seulement une valeur de 19.11 (voir la Figure 12).

Le système BOA WINCH avec la manivelle de 12" (30,5 cm) donne un rendement mécanique 2.05 fois supérieur au treuil TRADITIONNEL et la manivelle de 10" (25,4 cm) donne un rendement mécanique 1.7 fois supérieur au treuil TRADITIONNEL.

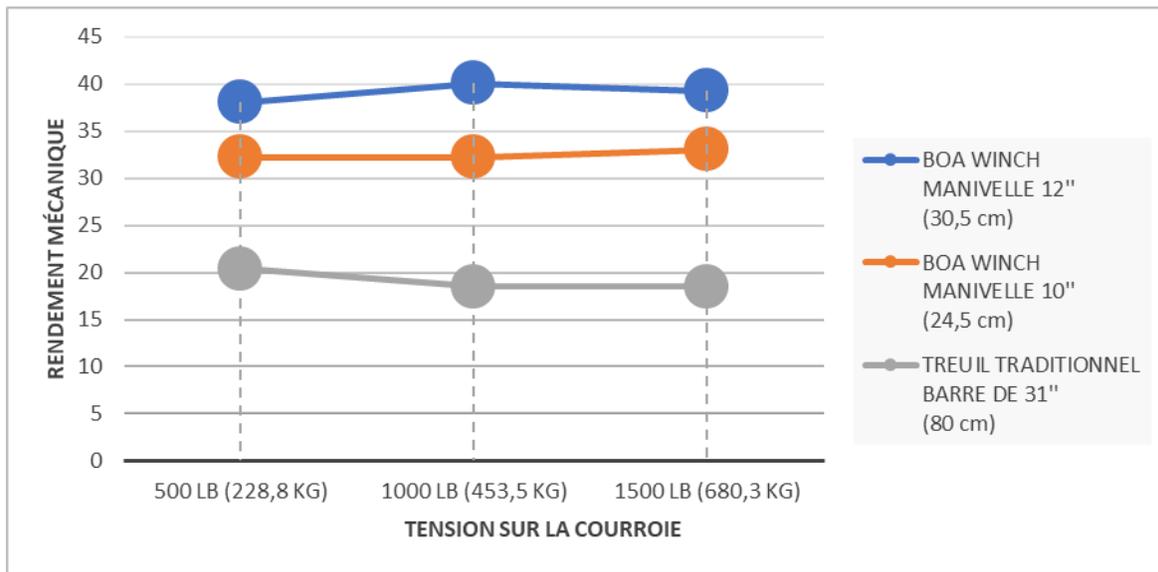


Figure 12. Représentation des rendements mécaniques mesurés pour les trois systèmes selon les niveaux de tension atteinte sur la courroie

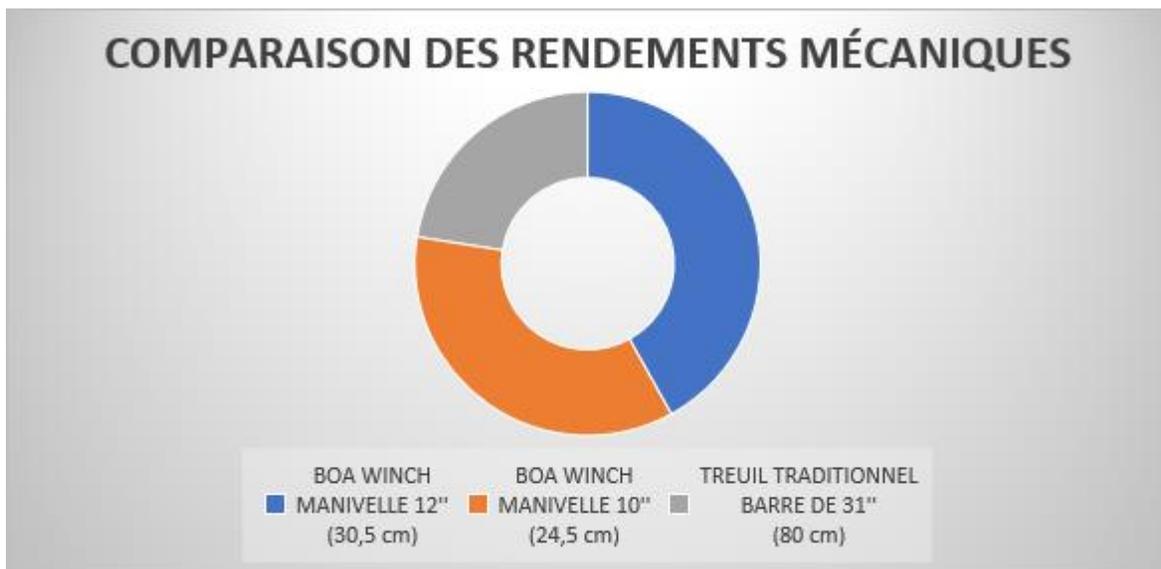


Figure 13. Représentation des rendements mécaniques mesurés pour les trois systèmes selon les niveaux de tension atteinte sur la courroie

La supériorité du rendement mécanique du treuil BOA WINCH s'explique par l'utilisation de son système d'engrenage qui démultiplie la force grâce à son système de vis sans fin dans un ratio de 22 : 1



Figure 14. Système de vis sans fin utilisé par le BOA WINCH

3.2 Tension perdue lors du serrage initial avec le treuil TRADITIONNEL

Lors de l'arrimage avec une grande longueur de courroie sur le mandrin, c'est-à-dire lors de charges basses, il est difficile de réaliser un pré-serrage efficace de l'excédent de courroie sur le mandrin avec le treuil TRADITIONNEL.

Effectivement, avant d'être en mesure d'appliquer une tension réelle sur le chargement, l'embobinage de l'excédent de courroie requiert un pré-serrage qui doit être complété par l'utilisation très répétée de mouvements de va-et-vient avec la barre de serrage pour réussir à enlever progressivement le mou de la courroie avant d'atteindre des niveaux de tension sécuritaire pour stabiliser les charges sur la remorque.

Ces mouvements effectués avec le treuil TRADITIONNEL demandent beaucoup d'effort et d'énergie pour réaliser le pré-serrage initial et éliminer le mou de la courroie. Le principal inconvénient est que le travailleur doit appliquer des forces importantes qui ne sont pas maintenues par ce système.

L'écart entre les forces exercées et celles qui sont maintenues sur la courroie lors de ce pré-serrage sont considérables (voir la Figure 15). Selon les résultats obtenus, il y a seulement le tiers de la force exercée sur la courroie qui serait retenu après le verrouillage du système. Entre 50 et 70 % de la tension exercée sur la courroie est perdue au moment du verrouillage (voir la Figure 16).

En considérant la tension réelle exercée sur la courroie après la manœuvre de serrage, le rendement mécanique du treuil TRADITIONNEL perdrait plus de 50% de son efficacité (voir la Figure 17).

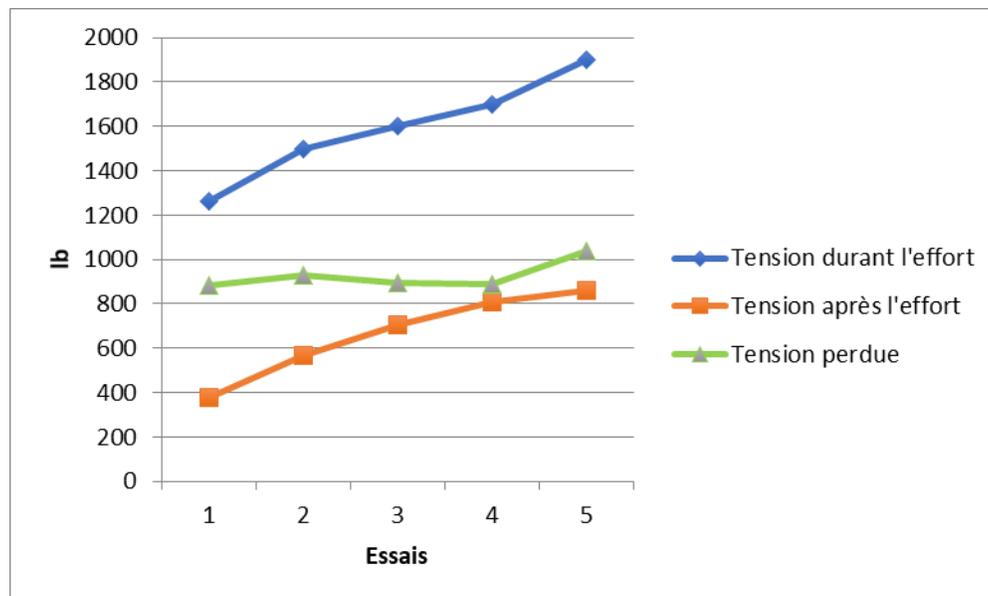


Figure 15. Représentation des tensions mesurées lors du serrage initiale d'une courroie avec le treuil TRADITIONNEL

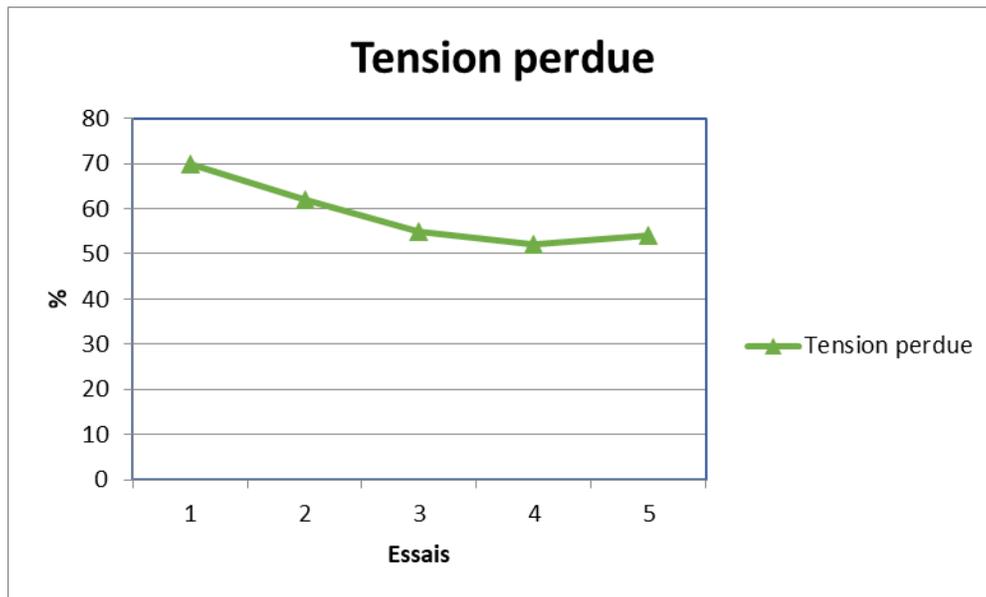


Figure 16. Représentation du pourcentage de la tension perdue lors du serrage initiale de la courroie avec le treuil TRADITIONNEL. Se référer à la Figure 15

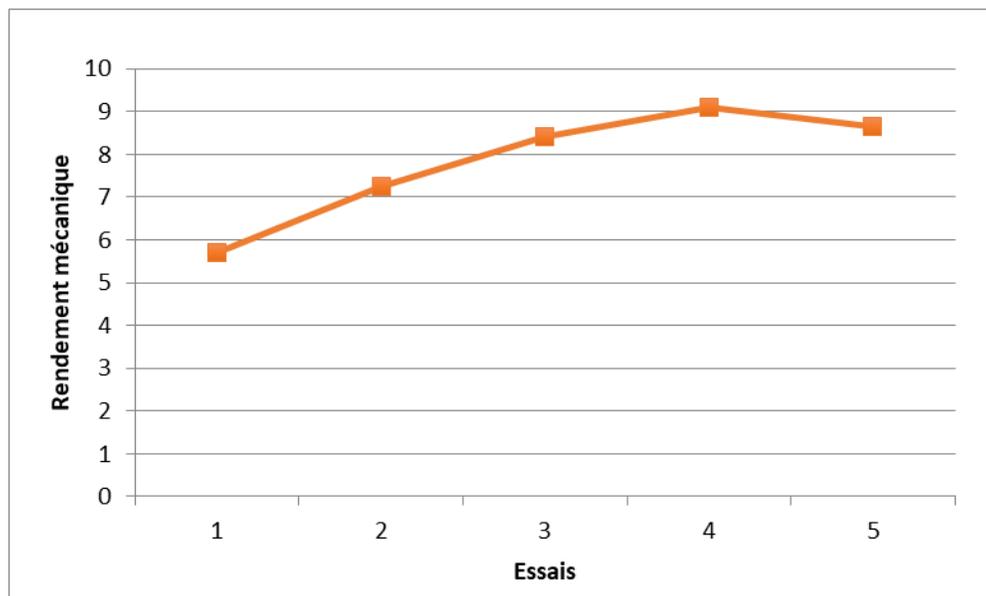


Figure 17. Représentation du rendement mécanique réel obtenu lors du serrage initial de la courroie avec le treuil TRADITIONNEL

Au niveau de la sécurité au travail, cette manœuvre de pré-serrage de la courroie avec le treuil TRADITIONNEL démontre la présence de cette tension élastique qui pourrait induire une remontée rapide de la barre dans une situation où le travailleur l'échapperait.

Comme les forces importantes à appliquer sur la barre obligent les travailleurs à la tenir près du corps pour être en mesure de réussir ces manœuvres, la possibilité qu'elle vienne frapper le thorax ou la tête est omniprésente. Compte tenu de la masse et de la vitesse que la barre pourrait atteindre, les risques de fracture et/ou de commotion cérébrale semblent possibles durant cette manœuvre.

Cet effet ressort de la barre se retrouve aussi lors de la manœuvre du déverrouillage du treuil TRADITIONNEL. Les risques de blessures et d'échappement de la barre sont encore plus grands dans cette situation, puisque la barre est tenue avec une seule main pendant que la seconde doit désactiver le système de roues dentelées qui bloquent le treuil (voir la Figure 9). Une très grande force doit être appliquée vers le bas avec la main opposée à celle tenant la barre de serrage pendant que l'autre libère le mécanisme de verrouillage.

En contrepartie cet effet de perte de tension élastique en pré-serrage du BOA WINCH est très faible car la tension est appliquée graduellement et constamment. De plus l'effet de contre coup est absent lors du serrage ou desserrage du BOA WINCH car lors de la manœuvre de désarrimage, la tension passe quasi instantanément à zéro. Lors du relâchement de la vis de serrage aucun contre coup n'est présent donc le risque d'accident lié directement au levier est pratiquement nul.



Figure 18. Posture utilisée par le travailleur lors du déverrouillage du treuil TRADITIONNEL

3.3 Moments de force articulaires avec BOA WINCH

La Figure 19 présente les différentes postures utilisées par la personne de 5'5" et 148 lb (1,63 m et 67 kg). La représentation des bonhommes allumettes permet aussi de démontrer l'orientation des forces exercées sur les mains pour les quatre cadrans évalués. L'orientation des forces exercées dans les cadrans 45 et 135 degrés démontre qu'il est possible d'utiliser le poids des segments pour aider à produire ces forces. Pour les deux autres cadrans (225 et 315 degrés), les muscles impliqués dans ces positions doivent fournir une tension pour supporter le poids des segments et la force externe qui doit être développée au niveau des mains pour assurer le mouvement de la manivelle.

Pour faciliter l'identification des situations problématiques, une série de tableaux qui présentent les moments de force articulaires ainsi que les pourcentages de la population normale qui serait en mesure de réaliser ces efforts.

Un code de couleur permet facilement de visualiser les situations qui peuvent être problématiques quand le pourcentage de la population capable de réaliser la tâche diminue considérablement.

-  Les valeurs surlignées en vert indiquent que plus de 80% de la population normale serait en mesure de réaliser ces efforts.
-  Les valeurs surlignées en jaune indiquent que seulement 50% à 79% de la population normale serait en mesure de réaliser ces efforts.
-  Les valeurs surlignées en rouge indiquent que moins de 50% de la population normale seraient en mesure de réaliser ces efforts.

3.3.1 Étude du sujet #4: Femme de 5'5", 148 lb (1,63 m, 67 kg)

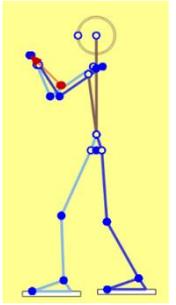
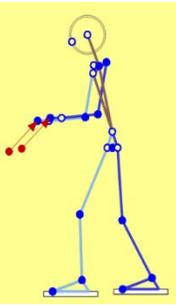
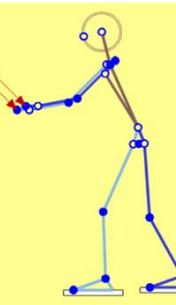
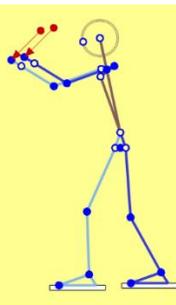
POSITION DE LA MANIVELLE	VUE DE CÔTÉ	VUE DE HAUT	PLAN SAGITTAL 3D	PLAN SAGITTAL 2D
45°				
135°				
225°				
315°				

Figure 19. Représentation des postures utilisées par la personne de 5'5", 148 lb (1,63 m, 67 kg) selon les quatre positions de manivelle retenues pour les analyses de moment de force

Les Tableaux 3 à 6 présentent les moments de force articulaires obtenus pour les quatre cadrans le système BOA WINCH.

Selon les résultats obtenus, les efforts réalisés dans les cadrans 45 et 135 degrés avec la manivelle de 12" (30,5 cm) peuvent être réalisés par un pourcentage élevé de la population pour les trois niveaux de tension sur la courroie. Pour le cadran 45 degrés, les moments de force exercés aux membres supérieurs et au bas du dos sont très bas et plus de 93,2 % des femmes seraient en mesure de produire une tension de 1500 lb (680 kg) sur la courroie d'arrimage.

Des résultats similaires sont obtenus pour le cadran 135 degrés. Ces résultats suggèrent que le système BOA WINCH permet aux personnes de petite taille de faire facilement le serrage des courroies avec des mouvements où la manivelle serait poussée sur un cadran de 4 à 7 heures.

Les pourcentages de la population normale baissent de façon significative lorsque les mouvements sont produits dans les deux autres cadrans (225 et 315 degrés) et que les tensions à produire sur la courroie sont supérieures à 1000 lb (454 kg). La poignée de la manivelle se retrouve éloignée du corps avec des efforts à produire contre la gravité. Les valeurs dans la zone rouge indiquent que peu de femmes seraient en mesure de produire une tension de 1500 lb (680 kg) sur la courroie d'arrimage en utilisant ces positions de travail.

500 LB (228,8 KG)												
BOA WINCH + MANIVELLE 10"						BOA WINCH + MANIVELLE 12"						
MOMENT	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)
	(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)	
Poignet	-0,5	-0,37	99,7	-0,4	-0,3	99,7	-0,4	-0,3	99,7	-0,3	-0,22	99,7
Coude	-3,4	-2,51	100	-2,8	-2,07	100	-2,9	-2,14	100	-2,5	-1,84	100
Épaule	0	0	98,9	0,6	0,44	99,2	-1,2	-0,89	99,1	-0,7	-0,52	99,3
L5-S1	-16,5	-12,2	99,5				-15,9	-11,7	99,5			

1000 LB (453,5 KG)												
BOA WINCH + MANIVELLE 10"						BOA WINCH + MANIVELLE 12"						
MOMENT	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)
	(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)	
Poignet	-0,8	-0,59	99,2	-0,7	-0,52	99,7	-0,7	-0,52	99,5	-0,6	-0,44	99,8
Coude	-6,4	-4,72	99,9	-4,7	-3,47	100	-5,2	-3,84	99,9	-3,9	-2,88	100
Épaule	7,3	5,38	95,9	9	6,64	97,7	4,5	3,32	97,5	5,7	4,2	98,4
L5-S1	-20,6	-15,2	99,3				-19	-14	99,4			

1500 LB (680,3 KG)												
BOA WINCH + MANIVELLE 10"						BOA WINCH + MANIVELLE 12"						
MOMENT	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)
	(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)	
Poignet	-1,2	-0,89	98,1	-1	-0,74	99,4	-1	-0,74	99,4	-0,8	-0,59	99,5
Coude	-9,2	-6,79	99,7	-6,4	-4,72	99,9	-7,8	-5,75	98,8	-5,5	-4,06	99,9
Épaule	14,1	10,4	89,2	16,9	12,5	94,8	10,7	7,89	93,2	13	9,59	96,5
L5-S1	-24,4	-18	99,2				-22,5	-16,6	99,3			

Tableau 3. Moment au poignet, au coude, à l'épaule et à L5-S1 selon les divers leviers dans le cadran 1 (45°)

500 LB (228,8 KG)												
BOA WINCH + MANIVELLE 10"						BOA WINCH + MANIVELLE 12"						
MOMENT	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)
	(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)	
Poignet	1,3	0,96	99,3	1,3	0,96	99,5	1	0,74	99,4	1	0,74	99,5
Coude	3,5	2,58	99,2	3,9	2,88	99,4	2,7	1,99	99,3	2,8	2,07	99,5
Épaule	-3	-2,21	99,8	-2,6	-1,92	99,9	-2,9	-2,14	99,9	-2,7	-1,99	99,9
L5-S1	-6,9	-5,09	99,7				-10,6	-7,82	99,7			

1000 LB (453,5 KG)												
BOA WINCH + MANIVELLE 10"						BOA WINCH + MANIVELLE 12"						
MOMENT	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)
	(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)	
Poignet	3	2,21	94,5	3	2,21	96,4	2,3	1,70	97,9	2,3	1,70	98,2
Coude	9,5	7,01	90,4	10,6	7,82	93,1	7,9	5,83	96,4	7,9	5,83	97,1
Épaule	-3,1	-2,29	99,5	-2	-1,48	99,7	-2,2	-1,62	99,8	-2,2	-1,62	99,8
L5-S1	16,5	12,17	97,2				7,8	5,75	98,7			

1500 LB (680,3 KG)												
BOA WINCH + MANIVELLE 10"						BOA WINCH + MANIVELLE 12"						
MOMENT	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)
	(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)	
Poignet	4,6	3,39	79,4	4,6	3,39	86,4	-1,5	-1,11	91,4	3,8	2,80	92,6
Coude	15,1	11,14	60,5	16,8	12,39	70,6	-6,2	-4,57	80,3	13,7	10,10	84,4
Épaule	-3,1	-2,29	98,6	-1,3	-0,96	99,5	-6,2	-4,57	99,6	-1,6	-1,18	99,6
L5-S1	38,2	28,17	86,5				28,7	21,17	93,1			

Tableau 4. Moment au poignet, au coude, à l'épaule et à L5-S1 selon les divers leviers dans le cadran 2 (135°)

500 LB (228,8 KG)												
BOA WINCH + MANIVELLE 10"							BOA WINCH + MANIVELLE 12"					
MOMENT	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)
	(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)	
Poignet	-1,7	-1,25	97,9	-1,7	-1,25	98,9	-1,4	-1,03	98,7	-1,4	-1,03	99,2
Coude	-9	-6,64	99,8	-9,2	-6,79	99,8	-7,9	-5,83	99,9	-7,9	-5,83	99,9
Épaule	-23,1	-17,04	92	-23,4	-17,26	94,3	20,5	15,12	95,7	-20,5	-15,12	96,8
L5-S1	-79	-58,27	93,8				-75,1	-55,39	94,7			

1000 LB (453,5 KG)												
BOA WINCH + MANIVELLE 10"							BOA WINCH + MANIVELLE 12"					
MOMENT	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)
	(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)	
Poignet	-3,4	-2,51	82,8	-3,4	-2,51	92,9	-2,7	-1,99	91,8	-2,7	-1,99	96,3
Coude	-16,9	-12,46	97,7	-17,4	-12,83	98,6	-14,1	-10,40	99,2	-14,2	-10,47	99,4
Épaule	-41,4	-30,54	30,4	-42,1	-31,05	42,3	-34,5	-25,45	60,9	-34,8	-25,67	69,1
L5-S1	-105,6	-77,89	86				-91,3	-67,34	89,8			

1500 LB (680,3 KG)												
BOA WINCH + MANIVELLE 10"							BOA WINCH + MANIVELLE 12"					
MOMENT	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)
	(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)	
Poignet	-5	-3,69	47,1	-5	-3,69	76	-4,2	-3,10	67	-4,2	-3,10	86,2
Coude	-24,3	-17,92	89,1	-24,9	-18,37	93,5	-21,1	-15,56	95,6	-21,1	-15,56	96,8
Épaule	-58,5	-43,15	1,1	-59,4	-43,81	3,3	-50,8	-37,47	8,4	-50,8	-37,47	15,5
L5-S1	-130,3	-96,10	74,3				-118,8	-87,62	80,9			

Tableau 5. Moment au poignet, au coude, à l'épaule et à L5-S1 selon les divers leviers dans le cadran 3 (225°)

500 LB (228,8 KG)												
BOA WINCH + MANIVELLE 10"						BOA WINCH + MANIVELLE 12"						
MOMENT	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)
	(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)	
Poignet	-2,3	-1,70	96,4	-2,3	-1,70	97,1	-1,9	-1,40	97,8	-1,9	-1,40	98,2
Coude	-10,1	-7,45	99,4	-10,5	-7,74	99,6	-9,1	-6,71	99,7	-9,1	-6,71	99,8
Épaule	-21,3	-15,71	93,5	-22	-16,23	95,2	-18,9	-13,94	96,6	-18,9	-13,94	97,5
L5-S1	-84,8	-62,55	90,9				-75,6	-55,76	93,5			

1000 LB (453,5 KG)												
BOA WINCH + MANIVELLE 10"						BOA WINCH + MANIVELLE 12"						
MOMENT	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)
	(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)	
Poignet	-4,7	-3,47	66,5	-4,7	-3,47	73,2	-3,7	-2,73	82,6	-3,7	-2,73	86,2
Coude	-19,5	-14,38	90,5	-20,4	-15,05	93,9	-16,8	-12,39	96,6	-16,8	-12,39	97,5
Épaule	-35,9	-26,48	47,9	-37,1	-27,36	58	-30	-22,13	74,1	-30	-22,13	80,7
L5-S1	-137,2	-101,19	64,2				-115,4	-85,11	78,5			

1500 LB (680,3 KG)												
BOA WINCH + MANIVELLE 10"						BOA WINCH + MANIVELLE 12"						
MOMENT	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)
	(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)	
Poignet	-6,9	-5,09	19,7	-6,9	-5,09	28,3	-5,8	-4,28	40	-5,8	-4,28	49
Coude	-28,3	-20,87	57,2	-29,6	-21,83	69,9	-25,5	-18,81	79	-25,5	-18,81	84,5
Épaule	-49,5	-36,51	6,6	-51,5	-37,98	12,3	-42,5	-31,35	25,5	-42,5	-31,35	36,5
L5-S1	-185,9	-137,11	29,7				-159,7	-117,79	49,3			

Tableau 6. Moment au poignet, au coude, à l'épaule et à L5-S1 selon les divers leviers dans le cadran 4 (315°)

3.3.2 Étude du sujet #3 : Homme de 5'8", 157 lb (1,73 m, 71,2 kg)

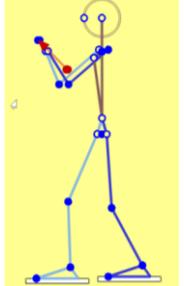
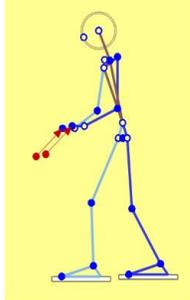
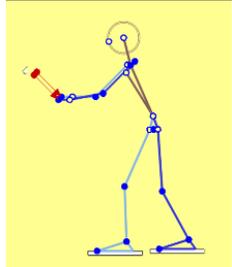
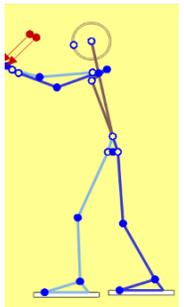
POSITION DE LA MANIVELLE	VUE DE CÔTÉ	VUE DE HAUT	PLAN SAGITTAL 3D	PLAN SAGITTAL 2D
45°				
135°				
225°				
315°				

Figure 20. Représentation des postures utilisées par la personne de 5'8", 157 lb (1,73 m, 71,2 kg) selon les quatre positions de manivelle retenues pour les analyses de moment de force.

Les Tableaux 7 à 10 présentent les moments de force articulaire obtenus pour les quatre cadrans. Pour une personne de taille moyenne, les résultats démontrent que les efforts réalisés dans les cadrans 45 et 135 degrés avec les deux manivelles peuvent être réalisés par un pourcentage élevé d'hommes, et ce, pour les trois niveaux de tension exercés sur la courroie.

Les pourcentages de la population normale chez les hommes baissent de façon significative lorsque les mouvements sont produits dans les deux autres cadrans (225 et 315 degrés) avec la manivelle de 10" (25,4 cm) et que les tensions à produire sur la courroie s'approchent de 1500 lb. Encore une fois, on remarque que la manivelle de 12" (30,5 cm) permet d'augmenter les pourcentages d'hommes capables de produire ces efforts.

500 LB (228,8 KG)												
	BOA WINCH + MANIVELLE 10"						BOA WINCH + MANIVELLE 12"					
MOMENT	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)
	(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)	
Poignet	-0,6	-0,44	99,8	-0,5	-0,37	99,8	-0,5	-0,37	99,7	-0,4	-0,30	99,7
Coude	-3,8	-2,80	100	-3,2	-2,36	100	-3,3	-2,43	100	-2,9	-2,14	100
Épaule	-0,7	-0,52	100	-0,1	-0,07	100	-1,9	-1,40	100	-1,5	-1,11	100
L5-S1	-18,4	-13,57	100				-17,8	-13,13	99,8			

1000 LB (453,5 KG)												
	BOA WINCH + MANIVELLE 10"						BOA WINCH + MANIVELLE 12"					
MOMENT	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)
	(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)	
Poignet	-0,8	-0,59	99,4	-0,7	-0,52	99,7	-0,5	-0,37	99,6	-0,4	-0,30	99,8
Coude	-5,8	-4,28	100	-4,5	-3,32	100	-3,3	-2,43	100	-2,9	-2,14	100
Épaule	4,1	3,02	99,8	5,4	3,98	99,8	-1,9	-1,40	99,9	-1,5	-1,11	99,9
L5-S1	-20,6	-15,19	99,8				-17,9	-13,20	99,8			

1500 LB (680,3 KG)												
	BOA WINCH + MANIVELLE 10"						BOA WINCH + MANIVELLE 12"					
MOMENT	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)
	(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)	
Poignet	-1,4	-1,03	99,5	-1,1	-0,81	99,5	-1,2	-0,89	99,7	-1	-0,74	99,7
Coude	-10,4	-7,67	100	-7,2	-5,31	100	-8,6	-6,34	100	-6,3	-4,65	100
Épaule	14,5	10,69	99,6	17,4	12,83	99,6	10,8	7,97	99,7	13,2	9,74	100
L5-S1	-25,4	-18,73	99,8				-23,7	-17,48	99,8			

Tableau 7. Moment au poignet, au coude, à l'épaule et à L5-S1 selon les divers leviers dans le cadran 1 (45°)

500 LB (228,8 KG)												
	BOA WINCH + MANIVELLE 10"						BOA WINCH + MANIVELLE 12" - Coude fléchis					
	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION	CÔTÉ DROIT		POPULATION	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION	CÔTÉ DROIT		POPULATION
MOMENT	(Nm)	(lb-ft)	(%)	(Nm)	(lb-ft)	(%)	(Nm)	(lb-ft)	(%)	(Nm)	(lb-ft)	(%)
Poignet	1,4	1,03	99,6	1,4	1,03	99,5	1,2	0,89	99,6	1,2	0,89	99,7
Coude	0,9	0,66	100	1,7	1,25	100	0,5	0,37	100	1,1	0,81	100
Épaule	-6,1	-4,50	99,9	-5,1	-3,76	100	-5,6	-4,13	99,9	-4,7	-3,47	100
L5-S1	-18,5	-13,64	99,8				-20,9	-15,42	99,8			

1000 LB (453,5 KG)												
	BOA WINCH + MANIVELLE 10"						BOA WINCH + MANIVELLE 12"					
	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION	CÔTÉ DROIT		POPULATION	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION	CÔTÉ DROIT		POPULATION
MOMENT	(Nm)	(lb-ft)	(%)	(Nm)	(lb-ft)	(%)	(Nm)	(lb-ft)	(%)	(Nm)	(lb-ft)	(%)
Poignet	3,5	2,58	96,8	1,4	1,03	97	2,7	1,99	98,4	2,7	1,99	98,5
Coude	3,9	2,88	100	4,2	3,10	100	2,8	2,07	100	4,7	3,47	100
Épaule	-9,8	-7,23	99,8	4,2	3,10	99,9	-8,4	-6,20	99,9	-7,1	-5,24	100
L5-S1	-1,5	-1,11	99,9				-8	-5,90	99,9			

1500 LB (680,3 KG)												
	BOA WINCH + MANIVELLE 10"						BOA WINCH + MANIVELLE 12"					
	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION	CÔTÉ DROIT		POPULATION	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION	CÔTÉ DROIT		POPULATION
MOMENT	(Nm)	(lb-ft)	(%)	(Nm)	(lb-ft)	(%)	(Nm)	(lb-ft)	(%)	(Nm)	(lb-ft)	(%)
Poignet	5,3	3,91	95,2	5,3	3,91	88,9	4,4	3,25	93,7	4,4	3,25	93,9
Coude	6,7	4,94	99,8	10,9	8,04	100	5,3	3,91	100	8,7	6,42	100
Épaule	-13,1	-9,66	99,6	-11,4	-8,41	99,9	-11,5	-8,48	99,7	-9,9	-7,30	99,9
L5-S1	13,3	9,81	99,9				6,2	4,57	99,9			

Tableau 8. Moment au poignet, au coude, à l'épaule et à L5-S1 selon les divers leviers dans le cadran 2 (135°)

500 LB (228,8 KG)												
BOA WINCH + MANIVELLE 10"						BOA WINCH + MANIVELLE 12"						
MOMENT	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)
	(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)	
Poignet	-2	-1,48	99	-2	-1,48	99,2	-1,7	-1,25	99,3	-1,7	-1,25	99,4
Coude	-7,2	-5,31	100	-10,5	-7,74	100	-6,2	-4,57	100	-9	-6,64	100
Épaule	-23,3	-17,19	99,5	-26,5	-19,55	99,5	-20,5	-15,12	99,7	-23,3	-17,19	99,8
L5-S1	-94,1	-69,40	97,8				-89,9	-66,31	98,1			

1000 LB (453,5 KG)												
BOA WINCH + MANIVELLE 10"						BOA WINCH + MANIVELLE 12"						
MOMENT	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)
	(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)	
Poignet	-4	-2,95	94,3	-4	-2,95	95,7	-3,2	-2,36	97	-3,2	-2,36	97,6
Coude	-13,3	-9,81	100	-19,4	-14,31	99,9	-10,9	-8,04	100	-15,9	-11,73	99,9
Épaule	-40,5	-29,87	93,7	-46,7	-34,44	100	-33,8	-24,93	97,4	-38,8	-28,62	97,7
L5-S1	-120,7	-89,02	95,4				-110,3	-81,35	96,5			

1500 LB (680,3 KG)												
BOA WINCH + MANIVELLE 10"						BOA WINCH + MANIVELLE 12"						
MOMENT	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)
	(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)	
Poignet	-5,8	-4,28	80,9	-5,8	-4,28	85,9	-4,9	-3,61	89	-4,9	-3,61	91,8
Coude	-18,9	-13,94	100	-27,8	-20,50	99,6	-16,1	-11,87	100	-23,6	-17,41	99,8
Épaule	-56,5	-41,67	70	-65,4	-48,24	100	-48,5	-35,77	84,7	-56	-41,30	85,9
L5-S1	-145,4	-107,24	91,5				-133,1	-98,17	93,7			

Tableau 9. Moment au poignet, au coude, à l'épaule et à L5-S1 selon les divers leviers dans le cadran 3 (225°)

500 LB (228,8 KG)												
BOA WINCH + MANIVELLE 10"						BOA WINCH + MANIVELLE 12"						
MOMENT	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)
	(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)	
Poignet	-2,7	-1,99	98,6	-2,7	-1,99	98	-2,2	-1,62	99,1	-2,2	-1,62	98,7
Coude	-8,8	-6,49	100	-11,7	-8,63	100	-7,5	-5,53	100	-10	-7,38	100
Épaule	-23,6	-17,41	99,5	-23,9	-17,63	99,7	-21,2	-15,64	99,7	-21,5	-15,86	99,8
L5-S1	-95,9	-70,73	97,3				-87,3	-64,39	97,9			

1000 LB (453,5 KG)												
BOA WINCH + MANIVELLE 10"						BOA WINCH + MANIVELLE 12"						
MOMENT	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)
	(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)	
Poignet	-5,5	-4,06	89,3	-5,5	-4,06	82,9	-4,4	-3,25	94,7	-4,4	-3,25	91,6
Coude	-16,7	-12,32	99,9	-22,3	-16,45	99,6	-13,6	-10,03	100	-18,2	-13,42	99,8
Épaule	-38,6	-28,47	94,8	-39,1	-28,84	97,4	-32,7	-24,12	97,7	-33,1	-24,41	98,8
L5-S1	-149,5	-110,27	89,1				-128,6	-94,85	93,4			

1500 LB (680,3 KG)												
BOA WINCH + MANIVELLE 10"						BOA WINCH + MANIVELLE 12"						
MOMENT	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)
	(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)	
Poignet	-8	-5,90	63,7	-8	-5,90	47	-6,7	-4,94	78,7	-6,7	-4,94	66,9
Coude	-24	-17,70	99,6	-32,1	-23,68	97,7	-20,3	-14,97	99,8	-27,2	-20,06	98,9
Épaule	-52,4	-38,65	77,5	-53,2	-39,24	88,2	-45,5	-33,56	88,3	-46,1	-34,00	94,1
L5-S1	-199,3	-147,00	72				-174,4	-128,63	81,8			

Tableau 10. Moment au poignet, au coude, à l'épaule et à L5-S1 selon les divers leviers dans le cadran 4 (315°)

3.3.3 Étude du sujet #2 : Homme de 6'2", 225 lb (1,88 m, 101,9 kg)

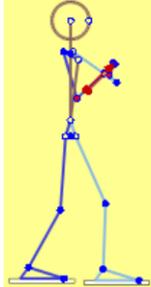
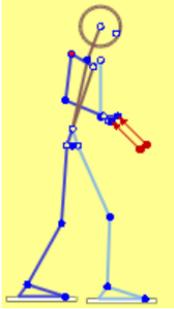
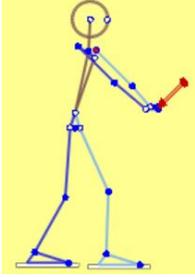
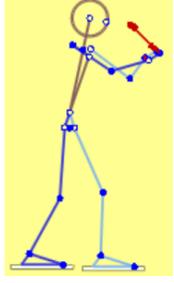
POSITION DE LA MANIVELLE	VUE DE CÔTÉ	VUE DE HAUT	PLAN SAGITTAL 3D	PLAN SAGITTAL 2D
45°				
135°				
225°				
315°				

Figure 21. Représentation des postures utilisées par la personne de 6'2", 225 lb (1,88 m, 101,9 kg) selon les quatre positions de manivelle retenues pour les analyses de moment de force

Les Tableaux 11 à 14 présentent les moments de force articulaire obtenus pour les quatre cadrans. Pour une personne de grande taille, les efforts réalisés dans les cadrans 45 et 135 degrés avec les deux manivelles peuvent être réalisés par un pourcentage élevé d'hommes de la population pour les trois niveaux de tension sur la courroie. Les résultats avec les deux manivelles demeurent dans la zone verte où plus de 80 % des hommes sont capables de produire ces efforts. Ces résultats confirment que la direction des forces exercées dans les cadrans 45 et 135 degrés permettent d'utiliser le poids des segments pour produire une partie de la force à exercer sur la manivelle. Cette situation contribue à réduire les moments de force exercés sur les articulations.

Encore une fois, les pourcentages de la population normale baissent de façon significative lorsque les mouvements sont produits dans les deux autres cadrans (225 et 315 degrés) avec la manivelle de 10" (25,4 cm) et que les tensions à produire sur la courroie s'approchent de 1500 lb (680 kg). Comme ces positions imposent à l'opérateur d'exercer des forces contre la gravité, les moments de forces deviennent plus élevés. Les résultats obtenus avec la manivelle de 12" (30,5 cm) démontrent qu'elle contribue à réduire les moments de force articulaires et augmente les pourcentages d'hommes capables de produire ces efforts.

500 LB (228,8 KG)												
BOA WINCH + MANIVELLE 10"							BOA WINCH + MANIVELLE 12"					
MOMENT	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)
	(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)	
Poignet	-2,9	-2,14	99,6	-0,6	-0,44	99,6	-0.8	0,74	99.6	-0.5	0,74	99.7
Coude	-2,4	-1,77	100	-2,6	-1,92	100	-1.9	0,74	100	-2.6	0,74	100
Épaule	-2,8	-2,07	100	2,5	1,84	99,9	-4.2	0,74	100	0.9	0,74	100
L5-S1	-19,3	-14,23	99,8				-18.6	0,74	99.8			

1000 LB (453,5 KG)												
BOA WINCH + MANIVELLE 10"							BOA WINCH + MANIVELLE 12"					
MOMENT	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)
	(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)	
Poignet	-1,7	-1,25	99.4	-0,9	-0,66	99.6	-1,4	-1,03	99,5	-4,4	-3,25	99,6
Coude	-5,6	-4,13	100	-2,5	-1,84	100	-4,3	-3,17	100	-18,2	-13,42	100
Épaule	-5,8	-4,28	99.7	12,1	8,92	99.8	2,4	1,77	99,9	-33,1	-24,41	99,9
L5-S1	-23,6	-17,41	99.8				-21,9	-16,15	99,8			

1500 LB (680,3 KG)												
BOA WINCH + MANIVELLE 10"							BOA WINCH + MANIVELLE 12"					
MOMENT	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)
	(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)	
Poignet	-2,5	-1,84	99,2	-1,1	-0,81	99,5	-2,1	-1,55	99,3	-1	-0,74	99,6
Coude	-8,5	-6,27	100	-2,5	-1,84	100	-7	-5,16	99,3	-2,5	-1,84	100
Épaule	13,9	10,25	98,3	21,1	15,56	99,6	9,9	7,30	99,8	16,6	12,24	99,8
L5-S1	-27,6	-20,36	99,7				-25,6	-18,88	99,8			

Tableau 11. Moment au poignet, au coude, à l'épaule et à L5-S1 selon les divers leviers dans le cadran 1 (45°)

500 LB (228,8 KG)												
	BOA WINCH + MANIVELLE 10"						BOA WINCH + MANIVELLE 12" - Coude fléchis					
	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION	CÔTÉ DROIT		POPULATION	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION	CÔTÉ DROIT		POPULATION
MOMENT	(Nm)	(lb-ft)	(%)	(Nm)	(lb-ft)	(%)	(Nm)	(lb-ft)	(%)	(Nm)	(lb-ft)	(%)
Poignet	0,3	0,22	98,8	1,4	1,03	99,5	0,2	0,15	99,2	1,1	0,81	99,7
Coude	0,1	0,07	100	1,2	0,89	100	0	0,00	100	0,4	0,30	100
Épaule	-7,4	-5,46	99,9	-4,3	-3,17	100	-6,3	-4,65	100	-4	-2,95	100
L5-S1	-32,2	-23,75	99,7				-34,5	-25,45	99,7			

1000 LB (453,5 KG)												
	BOA WINCH + MANIVELLE 10"						BOA WINCH + MANIVELLE 12" - Coude fléchis					
	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION	CÔTÉ DROIT		POPULATION	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION	CÔTÉ DROIT		POPULATION
MOMENT	(Nm)	(lb-ft)	(%)	(Nm)	(lb-ft)	(%)	(Nm)	(lb-ft)	(%)	(Nm)	(lb-ft)	(%)
Poignet	0,7	0,52	85	3,6	2,66	96,4	0,5	0,37	93,4	2,8	2,07	98,3
Coude	1,1	0,81	99,8	6,7	4,94	100	0,7	0,52	100	4,5	3,32	100
Épaule	-15,1	-11,14	99,9	-6,9	-5,09	100	-12,1	-8,92	99,9	-5,8	-4,28	100
L5-S1	-16,5	-12,17	99,9				-22,7	-16,74	99,8			

1500 LB (680,3 KG)												
	BOA WINCH + MANIVELLE 10"						BOA WINCH + MANIVELLE 12" - Coude fléchis					
	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION	CÔTÉ DROIT		POPULATION	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION	CÔTÉ DROIT		POPULATION
MOMENT	(Nm)	(lb-ft)	(%)	(Nm)	(lb-ft)	(%)	(Nm)	(lb-ft)	(%)	(Nm)	(lb-ft)	(%)
Poignet	1	0,74	96,5	5,6	4,13	85,9	0,9	0,66	98	4,6	3,39	92,5
Coude	2,1	1,55	99,1	11,7	8,63	99,8	1,6	1,18	99,8	9,2	6,79	99,9
Épaule	-22,2	-16,37	99,3	-9,2	-6,79	100	-18,6	-13,72	99,7	-8	-5,90	100
L5-S1	-2	-1,48	99,5				-9,2	-6,79	99,7			

Tableau 12. Moment au poignet, au coude, à l'épaule et à L5-S1 selon les divers leviers dans le cadran 2 (135°)

500 LB (228,8 KG)												
BOA WINCH + MANIVELLE 10"						BOA WINCH + MANIVELLE 12"						
MOMENT	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)
	(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)	
Poignet	-1,2	-0,89	98,8	-2,3	-1,70	98,4	-1,1	-0,81	99,1	-2	-1,48	98,9
Coude	-8,5	-6,27	100	-13,6	-10,03	100	-7,4	-5,46	100	-11,9	-8,78	100
Épaule	-28,7	-21,17	98,8	-33,8	-24,93	99	-25,8	-19,03	99,3	-30,3	-22,35	99,4
L5-S1	-89,9	-66,31	97,6				-86,1	-63,50	97,9			

1000 LB (453,5 KG)												
BOA WINCH + MANIVELLE 10"						BOA WINCH + MANIVELLE 12"						
MOMENT	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)
	(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)	
Poignet	-2,4	-1,77	90,5	-4,5	-3,32	89,4	-1,9	-1,40	95,3	-3,6	-2,66	94,5
Coude	-16,2	-11,95	100	-25,6	-18,88	99,9	-13,2	-9,74	100	-21	-15,49	100
Épaule	-48,8	-35,99	83,8	-58,2	-42,93	85,7	-41	-30,24	93	-48,8	-35,99	93,9
L5-S1	-116,4	-85,85	94,7				-106,1	-78,26	96,1			

1500 LB (680,3 KG)												
BOA WINCH + MANIVELLE 10"						BOA WINCH + MANIVELLE 12"						
MOMENT	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)
	(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)	
Poignet	-3,5	-2,58	66,7	-6,5	-4,79	66,2	-2,9	-2,14	80,8	-5,5	-4,06	79,7
Coude	-23,3	-17,19	100	-36,6	-26,99	99,8	-19,7	-14,53	100	-31,1	-22,94	99,9
Épaule	-67,1	-49,49	43,2	-80,4	-59,30	46,7	-58	-42,78	65,9	-69,3	-51,11	68,8
L5-S1	-140,6	-103,70	90				-128,5	-94,78	92,6			

Tableau 13. Moment au poignet, au coude, à l'épaule et à L5-S1 selon les divers leviers dans le cadran 3 (225°)

500 LB (228,8 KG)												
BOA WINCH + MANIVELLE 10"						BOA WINCH + MANIVELLE 12"						
MOMENT	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION	CÔTÉ DROIT		POPULATION	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION	CÔTÉ DROIT		POPULATION
	(Nm)	(lb-ft)	(%)	(Nm)	(lb-ft)		(%)	(Nm)	(lb-ft)	(%)	(Nm)	
Poignet	-3	-2,21	97,9	-3	-2,21	97,2	-2,6	-1,92	98,7	-2,6	-1,92	98,2
Coude	-9,7	-7,15	99,9	-13,5	-9,96	100	-8,3	-6,12	100	-11,9	-8,78	100
Épaule	-21,7	-16,01	99,4	-25,6	-18,88	99,6	-20	-14,75	99,6	-23,6	-17,41	100
L5-S1	-112,5	-82,98	95				-105	-77,44	96			

1000 LB (453,5 KG)												
BOA WINCH + MANIVELLE 10"						BOA WINCH + MANIVELLE 12"						
MOMENT	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION	CÔTÉ DROIT		POPULATION	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION	CÔTÉ DROIT		POPULATION
	(Nm)	(lb-ft)	(%)	(Nm)	(lb-ft)		(%)	(Nm)	(lb-ft)	(%)	(Nm)	
Poignet	-6	-4,43	81,8	-6	-4,43	75	-4,9	-3,61	91,2	-4,9	-3,61	87,5
Coude	-18,7	-13,79	99,3	-24,7	-18,22	99,7	-15,2	-11,21	99,7	-20,4	-15,05	99,9
Épaule	-32,4	-23,90	96,1	-39	-28,76	97,3	-28,2	-20,80	98	-33,8	-24,93	98,6
L5-S1	-162,4	-119,78	83,3				-143	-105,47	89,1			

1500 LB (680,3 KG)												
BOA WINCH + MANIVELLE 10"						BOA WINCH + MANIVELLE 12"						
MOMENT	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION	CÔTÉ DROIT		POPULATION	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION	CÔTÉ DROIT		POPULATION
	(Nm)	(lb-ft)	(%)	(Nm)	(lb-ft)		(%)	(Nm)	(lb-ft)	(%)	(Nm)	
Poignet	-8,8	-6,49	44,3	-8,8	-6,49	32,2	-7,4	-5,46	64,9	-7,4	-5,46	54,2
Coude	-27,1	-19,99	96,2	-35	-25,81	98,8	-22,9	-16,89	98,3	-29,9	-22,05	99,4
Épaule	-42,3	-31,20	85,3	-51,3	-37,84	89,9	-37,4	-27,58	92	-45,1	-33,26	94,5
L5-S1	-208,4	-153,71	63,3				-185,4	-136,74	74,3			

Tableau 14. Moment au poignet, au coude, à l'épaule et à L5-S1 selon les divers leviers dans le cadran 4 (315°)

3.4 Moments de force articulaires avec le treuil TRADITIONNEL

La Figure 22 présente les postures utilisées par la personne de 5'8", 157 lb (1,73 m, 71,2 kg) selon les deux positions retenues pour les analyses de moments de force: le début du mouvement (barre en haut) et la fin du mouvement (barre en bas).

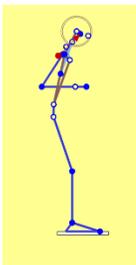
POSITION DE LA BARRE	VUE DE CÔTÉ	VUE DE HAUT	PLAN SAGITTAL 3D	PLAN SAGITTAL 2D
HAUT				
BAS				

Figure 22. Représentation des postures utilisées par la personne de 5'8", 157 lb (1,73 m, 71,2 kg) selon le début du mouvement (barre en haut) et la fin du mouvement (barre en bas)

Le Tableau 15 présente les résultats obtenus pour les manœuvres d'arrimage des courroies avec le treuil TRADITIONNEL. On remarque que le début du mouvement est particulièrement difficile pour un travailleur de taille moyenne. Les pourcentages d'hommes de la population normale baissent de façon significative lorsque les mouvements doivent produire des tensions sur la courroie qui s'approchent de 1000 lb (454 kg).

Très peu de travailleurs de petite taille seraient en mesure d'atteindre une tension de 1500 lb (680 kg) avec ce système. En position haute, ce travailleur doit sauter pour être en mesure d'abaisser les épaules et transférer le poids de leur corps sur la barre, ce qui augmente le risque d'accident lors de ces manœuvres. Les mauvaises postures du poignet et coude à l'amorce du mouvement expliquent pourquoi il serait impossible pour ce travailleur (0 % de la population normale) de produire cette force. Sans ce saut au-dessus de la barre, il serait impossible pour lui de produire la force nécessaire pour déplacer le levier vers le bas. Ce système semble désavantageux pour les personnes de petites tailles.

500 LB (228,8 KG)												
	TREUIL TRADITIONNEL - Position haut						TREUIL TRADITIONNEL - Position bas					
	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION	CÔTÉ DROIT		POPULATION	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION	CÔTÉ DROIT		POPULATION
MOMENT	(Nm)	(lb-ft)	(%)	(Nm)	(lb-ft)	(%)	(Nm)	(lb-ft)	(%)	(Nm)	(lb-ft)	(%)
Poignet	4,1	3,02	72,8	-0,5	-0,37	99,8	2,3	1,70	98,6	-0,1	-0,07	99,9
Coude	22,4	16,52	97,1	-4,4	-3,25	100	9,6	7,08	100	-2,9	-2,14	100
Épaule	14,3	10,55	99,3	2,6	1,92	100	28,5	21,02	97,5	6,5	4,79	100
L5-S1	31,8	23,45	99,8				-64,2	-47,35	99,4			

1000 LB (453,5 KG)												
	TREUIL TRADITIONNEL - Position haut						TREUIL TRADITIONNEL - Position bas					
	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION	CÔTÉ DROIT		POPULATION	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION	CÔTÉ DROIT		POPULATION
MOMENT	(Nm)	(lb-ft)	(%)	(Nm)	(lb-ft)	(%)	(Nm)	(lb-ft)	(%)	(Nm)	(lb-ft)	(%)
Poignet	10,5	7,74	0,3	-0,5	-0,37	99,8	5,5	4,06	85,4	-0,1	-0,07	99,8
Coude	52,5	38,72	1,1	-4,4	-3,25	100	22,6	16,67	100	-2,9	-2,14	100
Épaule	47,9	35,33	76,9	2,6	1,92	100	69,2	51,04	59,4	6,5	4,79	100
L5-S1	130,4	96,18	92,5				-45,1	-33,26	98,3			

1500 LB (680,3 KG)												
	TREUIL TRADITIONNEL - Position haut						TREUIL TRADITIONNEL - Position bas					
	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION	CÔTÉ DROIT		POPULATION	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION	CÔTÉ DROIT		POPULATION
MOMENT	(Nm)	(lb-ft)	(%)	(Nm)	(lb-ft)	(%)	(Nm)	(lb-ft)	(%)	(Nm)	(lb-ft)	(%)
Poignet	15,9	11,73	0	-0,5	-0,37	99,8	8,3	6,12	50,3	-0,1	-0,07	99,8
Coude	79,8	58,86	0	-4,4	-3,25	100	34,4	25,37	99,9	-2,9	-2,14	100
Épaule	78,5	57,90	20,9	2,6	1,92	100	106,3	78,40	9,2	6,5	4,79	100
L5-S1	220	162,26	27,6				50,6	37,32	87,4			

Tableau 15. Moment au poignet, au coude, à l'épaule et à L5-S1 avec le treuil TRADITIONNEL en positions haut et bas du levier

La Figure 23 présente les postures utilisées par la personne de 6'2", 225 lb (1,88 m, 101,9 kg) selon les deux positions de levier retenues pour les analyses de moments de force avec le treuil TRADITIONNEL; le début du mouvement (barre en haut) et la fin du mouvement (barre en bas).

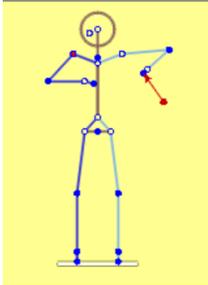
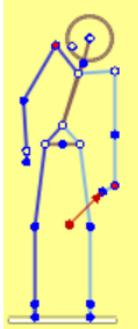
POSITION DE LA BARRE	VUE DE CÔTÉ	VUE DE HAUT	PLAN SAGITTAL 3D	PLAN SAGITTAL 2D
HAUT				
BAS				

Figure 23. Représentation des postures utilisées par la personne de 6'2", 225 lb (1,88 m, 101,9 kg) le début du mouvement (barre en haut) et la fin du mouvement (barre en bas)

Le Tableau 16 présente les résultats obtenus pour les manœuvres d'arrimage des courroies avec le treuil TRADITIONNEL pour une personne de grande taille. On remarque aussi que le début du mouvement semble encore difficile même pour un travailleur plus grand. Les pourcentages de la population normale baissent de façon significative lorsque les mouvements réalisés à partir d'une position haute doivent produire des tensions sur la courroie qui s'approchent de 1000 lb (454 kg).

500 LB (228,8 KG)												
	TREUIL TRADITIONNEL - Position haut						TREUIL TRADITIONNEL - Position bas					
	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION	CÔTÉ DROIT		POPULATION	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION	CÔTÉ DROIT		POPULATION
MOMENT	(Nm)	(lb-ft)	(%)	(Nm)	(lb-ft)	(%)	(Nm)	(lb-ft)	(%)	(Nm)	(lb-ft)	(%)
Poignet	6	4,43	68,6	-0,3	-0,22	99,7	3,8	2,80	82	-0,4	-0,30	99,7
Coude	-21,7	-16,01	95,4	-1,7	-1,25	100	17	12,54	99,9	-1	-0,74	100
Épaule	15	11,06	98,5	-10,6	-7,82	100	40,7	30,02	99	-1	-0,74	99,9
L5-S1	35,6	26,26	99,9				-101,4	-74,79	98,8			

1000 LB (453,5 KG)												
	TREUIL TRADITIONNEL - Position haut						TREUIL TRADITIONNEL - Position bas					
	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION	CÔTÉ DROIT		POPULATION	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION	CÔTÉ DROIT		POPULATION
MOMENT	(Nm)	(lb-ft)	(%)	(Nm)	(lb-ft)	(%)	(Nm)	(lb-ft)	(%)	(Nm)	(lb-ft)	(%)
Poignet	14,7	10,84	5,1	-0,3	-0,22	99,7	8,7	6,42	10	-0,4	-0,30	99,9
Coude	-54,2	-39,98	6,1	-1,7	-1,25	100	39,4	29,06	76,6	-1	-0,74	100
Épaule	37,8	27,88	28,6	-10,6	-7,82	100	95	70,07	73,3	-1	-0,74	99,9
L5-S1	94,5	69,70	95,7				-71,3	-52,59	51,3			

1500 LB (680,3 KG)												
	TREUIL TRADITIONNEL - Position haut						TREUIL TRADITIONNEL - Position bas					
	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION	CÔTÉ DROIT		POPULATION	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION	CÔTÉ DROIT		POPULATION
MOMENT	(Nm)	(lb-ft)	(%)	(Nm)	(lb-ft)	(%)	(Nm)	(lb-ft)	(%)	(Nm)	(lb-ft)	(%)
Poignet	22,6	16,67	2	-0,3	-0,22	99,7	13,3	9,81	3	-0,4	-0,30	99,7
Coude	-83,7	-61,73	3	-1,7	-1,25	100	59,8	44,11	6,7	-1	-0,74	100
Épaule	57,8	42,63	5	-10,6	-7,82	100	144,6	106,65	16,8	-1	-0,74	99,9
L5-S1	148,2	109,31	56,9				90,5	66,75	16,8			

Tableau 16. Moment au poignet, au coude, à l'épaule et à L5-S1 avec le treuil TRADITIONNEL en position haut et basse du levier

La Figure 24 présente les postures utilisées par la personne de 6', 243 lb (1,83 m, 110,2 kg) selon les deux positions de levier retenues pour les analyses de moments de force: le début du mouvement (barre en haut) et la fin du mouvement (barre en bas).

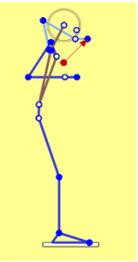
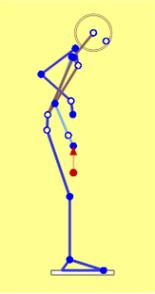
POSITION DE LA BARRE	VUE DE CÔTÉ	VUE DE HAUT	PLAN SAGITTAL 3D	PLAN SAGITTAL 2D
HAUT				
BAS				

Figure 24. Représentation des postures utilisées par la personne de 6', 243 lb (1,83 m, 110,2 kg) selon le début du mouvement (barre en haut) et la fin du mouvement (barre en bas)

Le Tableau 17 présente les résultats obtenus pour les manœuvres d'arrimage des courroies avec le treuil TRADITIONNEL. Même pour un travailleur expérimenté, le début du mouvement semble particulièrement difficile. Les moments de forces exercés au poignet et à l'épaule sont très élevés en position haute. Les pourcentages de la population normale baissent de façon significative pour ces deux articulations.

500 LB (228,8 KG)												
	TREUIL TRADITIONNEL - Position haut						TREUIL TRADITIONNEL - Position bas					
	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION	CÔTÉ DROIT		POPULATION	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION	CÔTÉ DROIT		POPULATION
MOMENT	(Nm)	(lb-ft)	(%)	(Nm)	(lb-ft)	(%)	(Nm)	(lb-ft)	(%)	(Nm)	(lb-ft)	(%)
Poignet	-6,3	-4,65	51,9	-0,5	-0,37	99,8	2,1	1,55	98,9	-0,1	-0,07	99,9
Coude	-22,8	-16,82	100	-4,4	-3,25	100	7	5,16	100	-2,9	-2,14	100
Épaule	-19,6	-14,46	40,4	2,6	1,92	100	3,9	2,88	96,3	6,5	4,79	100
L5-S1	-24,9	-18,37	99,9				-65,6	-48,38	99,4			

1000 LB (453,5 KG)												
	TREUIL TRADITIONNEL - Position haut						TREUIL TRADITIONNEL - Position bas					
	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION	CÔTÉ DROIT		POPULATION	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION	CÔTÉ DROIT		POPULATION
MOMENT	(Nm)	(lb-ft)	(%)	(Nm)	(lb-ft)	(%)	(Nm)	(lb-ft)	(%)	(Nm)	(lb-ft)	(%)
Poignet	-14,8	-10,92	25	-0,5	-0,37	99,8	5,5	4,06	86	-0,1	-0,07	99,8
Coude	-53,5	-39,46	100	-4,4	-3,25	100	19,8	14,60	100	-2,9	-2,14	99,9
Épaule	-46,1	-34,00	26	2,6	1,92	100	76,9	56,72	44,2	6,5	4,79	100
L5-S1	118,3	87,25	95,4				-49,8	-36,73	98,6			

1500 LB (680,3 KG)												
	TREUIL TRADITIONNEL - Position haut						TREUIL TRADITIONNEL - Position bas					
	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION	CÔTÉ DROIT		POPULATION	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION	CÔTÉ DROIT		POPULATION
MOMENT	(Nm)	(lb-ft)	(%)	(Nm)	(lb-ft)	(%)	(Nm)	(lb-ft)	(%)	(Nm)	(lb-ft)	(%)
Poignet	-22,5	-16,60	5	-0,5	-0,37	99,8	8,3	6,12	49,1	-0,1	-0,07	99,9
Coude	-81,4	-60,04	100	-4,4	-3,25	100	30,2	22,27	100	-2,9	-2,14	100
Épaule	73,4	54,14	5	2,6	1,92	100	117,8	86,88	20,8	6,5	4,79	100
L5-S1	202,9	149,65	40,3				53,1	39,16	89,4			

Tableau 17. Moment au poignet, au coude, à l'épaule et à L5-S1 avec le treuil TRADITIONNEL en position haut et basse du levier

4. RECOMMANDATIONS

Le système BOA WINCH permet de réduire considérablement les stress articulaires aux membres supérieurs et d'augmenter les pourcentages des personnes capables de réaliser les opérations de serrage des courroies d'arrimage des charges lorsqu'il est comparé au treuil TRADITIONNEL.

Les résultats des mesures réalisées avec le système BOA WINCH suggèrent que le serrage final des courroies devrait se faire avec une position de travail qui optimise le transfert du poids des membres supérieurs et du tronc vers la poignée de la manivelle de serrage. La Figure 26 présente la posture recommandée afin de réduire au maximum les contraintes articulaires aux membres supérieurs et au dos. Cette position de travail permettrait à plus de 90 % de la population normale femme et homme d'être en mesure de produire des tensions élevées (1500 lb (680 kg)) sur les courroies d'arrimage avec le système BOA WINCH.

Les mouvements de va-et-vient de la manivelle, pour appliquer la tension finale, devraient se faire entre les cadrans de 4 à 7 heures avec les bras tendus. La manivelle à rochet permet d'exercer la force uniquement durant la poussée.

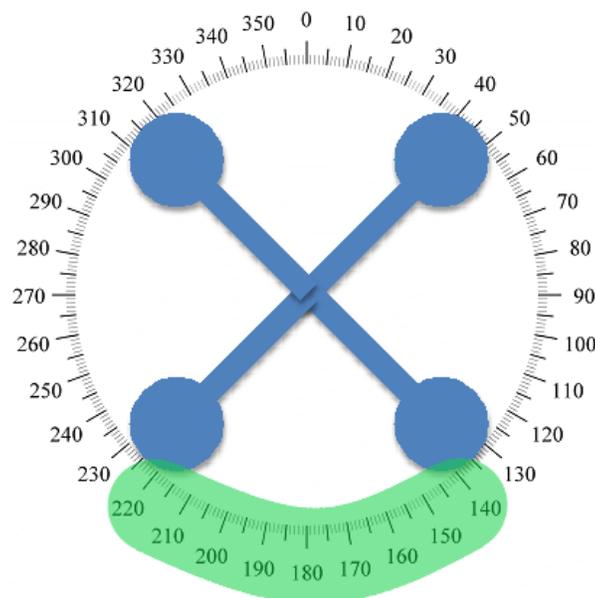


Figure 25. Cadran d'efforts optimale sur la manivelle

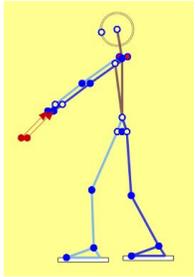
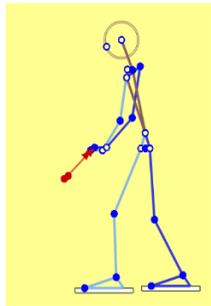
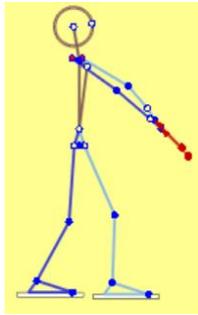
POSITION DE LA MANIVELLE	VUE DE CÔTÉ	VUE DE HAUT	PLAN SAGITTAL 3D	PLAN SAGITTAL 2D
135°				
135°				
135°				

Figure 26. Représentations de la posture recommandée au départ de la poussée sur la manivelle. Ce mouvement de la manivelle devrait se faire sur un cadran de 4 à 7 heures avec les bras tendus

Les Tableaux 18 à 20 présentent les moments de force exercés au poignet, au coude, à l'épaule et à L5-S1 lors de l'utilisation d'une posture ergonomique pour réaliser le serrage de la courroie avec la manivelle de 12" (30,5 cm). Les résultats du Tableau 18 suggèrent que l'utilisation de cette posture permettrait à un très fort pourcentage (plus de 85 %) de la population normale féminine d'atteindre des niveaux de tension élevés sur la courroie.

1000 LB (453,5 KG)						
BOA WINCH + MANIVELLE 12"						
MOMENT	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)
	(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)	
Poignet	0,2	0,15	97,8	0,5	0,37	99,4
Coude	0,6	0,44	95,9	1,2	0,89	98,4
Épaule	-1,7	-1,25	99,4	-1,1	-0,81	99,6
L5-S1	33,4	24,63	93,6			

1500 LB (680,3 KG)						
BOA WINCH + MANIVELLE 12"						
MOMENT	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)
	(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)	
Poignet	0,4	0,30	92,8	0,8	0,59	98,6
Coude	1,7	1,25	85,2	2,6	1,92	95,2
Épaule	1,1	0,81	98,6	2	1,48	99,4
L5-S1	56,9	41,97	85,8			

Tableau 18. Moment au poignet, au coude, à l'épaule et à L5-S1 pour la personne de petite taille

1000 LB (453,5 KG)						
BOA WINCH + MANIVELLE 12"						
MOMENT	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)
	(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)	
Poignet	0,3	0,22	99,1	1,1	0,81	99,6
Coude	0,4	0,30	99,9	3,1	2,29	100
Épaule	-4,2	-3,10	99,6	-1,3	-0,96	100
L5-S1	2	1,48	99,9			

1500 LB (680,3 KG)						
BOA WINCH + MANIVELLE 12"						
MOMENT	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)
	(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)	
Poignet	0,6	0,44	97,4	1,9	1,40	98,9
Coude	1,6	1,18	96,2	6,2	4,57	100
Épaule	-2,1	-1,55	98,6	3,1	2,29	99,9
L5-S1	28,6	21,09	99,5			

Tableau 19. Moment au poignet, au coude, à l'épaule et à L5-S1 pour la personne de moyenne taille

1000 LB (453,5 KG)						
BOA WINCH + MANIVELLE 12"						
MOMENT	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)
	(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)	
Poignet	-1,2	0,15	98,3	0,2	0,15	99,7
Coude	-3,5	0,44	99,9	-1,6	-1,18	100
Épaule	-10,6	-1,25	99,7	-9,7	-7,15	100
L5-S1	12,4	24,63	99,8			

1500 LB (680,3 KG)						
BOA WINCH + MANIVELLE 12"						
MOMENT	CÔTÉ GAUCHE		POPULATION (%)	CÔTÉ DROIT		POPULATION (%)
	(Nm)	(lb-ft)		(Nm)	(lb-ft)	
Poignet	-0,7	-0,52	99,6	-0,5	-0,37	99,1
Coude	-2,7	-1,99	100	-2,5	-1,84	100
Épaule	-12,1	-8,92	99,9	-12,1	-8,92	100
L5-S1	-7,5	-5,53	99,9			

Tableau 20. Moment au poignet, au coude, à l'épaule et à L5-S1 pour la personne de grande taille

5. ANNEXE: Rapport relié à l'industrie

En analysant une étude menée par IHSA (Infrastructure Health & Safety Association) et datant de mars 2020 sur les blessures occasionnées dans l'industrie du camionnage, il est intéressant de constater qu'un haut pourcentage des blessures est causé par des efforts excessifs qui cause un dépassement des capacités de l'utilisateur. De plus, les blessures sont occasionnées, dans une forte proportion au dos et aux épaules.

Top 5 Most Common Parts of Body Injured Rate Group 570												
Year	BACK, INCLUDING SPINE, SPINAL CORD, N.E.C.		MULTIPLE BODY PARTS		SHOULDER, INCL. CLAV., SCAP., AND TRAP. MUSC. IF SHLDR. MENT.		KNEE(S)		ANKLE(S)		Total for Top 5	
	Count	% of Total	Count	% of Total	Count	% of Total	Count	% of Total	Count	% of Total	Count	% of Total
2015	232	12.1%	201	10.5%	164	8.6%	129	6.7%	119	6.2%	845	44.1%
2016	244	11.5%	214	10.1%	217	10.3%	163	7.7%	155	7.3%	993	46.9%
2017	316	15.6%	285	14.1%	187	9.2%	144	7.1%	108	5.3%	1,040	51.4%
2018	295	13.7%	326	15.2%	185	8.6%	163	7.6%	146	6.8%	1,115	52.0%
2019	270	12.5%	235	10.9%	176	8.1%	159	7.4%	168	7.8%	1,008	46.7%

Tableau 21. <https://www.ihsa.ca/pdfs/statistics-research/2019/injury-performance-data/rate-group-570.pdf> (page 11)

Top 5 Most Common Parts of Body Injured Rate Group 570												
Year	BACK, INCLUDING SPINE, SPINAL CORD, N.E.C.		MULTIPLE BODY PARTS		SHOULDER, INCL. CLAV., SCAP., AND TRAP. MUSC. IF SHLDR. MENT.		KNEE(S)		ANKLE(S)		Total for Top 5	
	Count	% of Total	Count	% of Total	Count	% of Total	Count	% of Total	Count	% of Total	Count	% of Total
2015	232	12.1%	201	10.5%	164	8.6%	129	6.7%	119	6.2%	845	44.1%
2016	244	11.5%	214	10.1%	217	10.3%	163	7.7%	155	7.3%	993	46.9%
2017	316	15.6%	285	14.1%	187	9.2%	144	7.1%	108	5.3%	1,040	51.4%
2018	295	13.7%	326	15.2%	185	8.6%	163	7.6%	146	6.8%	1,115	52.0%
2019	270	12.5%	235	10.9%	176	8.1%	159	7.4%	168	7.8%	1,008	46.7%

Tableau 22. <https://www.ihsa.ca/pdfs/statistics-research/2019/injury-performance-data/rate-group-570.pdf> (page 13)

Basé sur les résultats dans cette étude, les moments de forces exercés au bas du dos et aux articulations des membres supérieurs sont considérablement réduits lors de l'utilisation du BOA WINCH en comparaison avec le treuil TRADITIONNEL lors de manœuvres d'arrimages. Cette réduction des efforts suggère qu'un certain nombre de blessures peuvent être évitées en utilisant un outil plus efficace. De plus, comme le nombre de blessures augmente avec l'âge des camionneurs (voir Tableau 23), il serait plus avantageux d'utiliser le BOA WINCH afin d'éviter les blessures et permettre à ces travailleurs de poursuivre leur carrière plus longtemps.

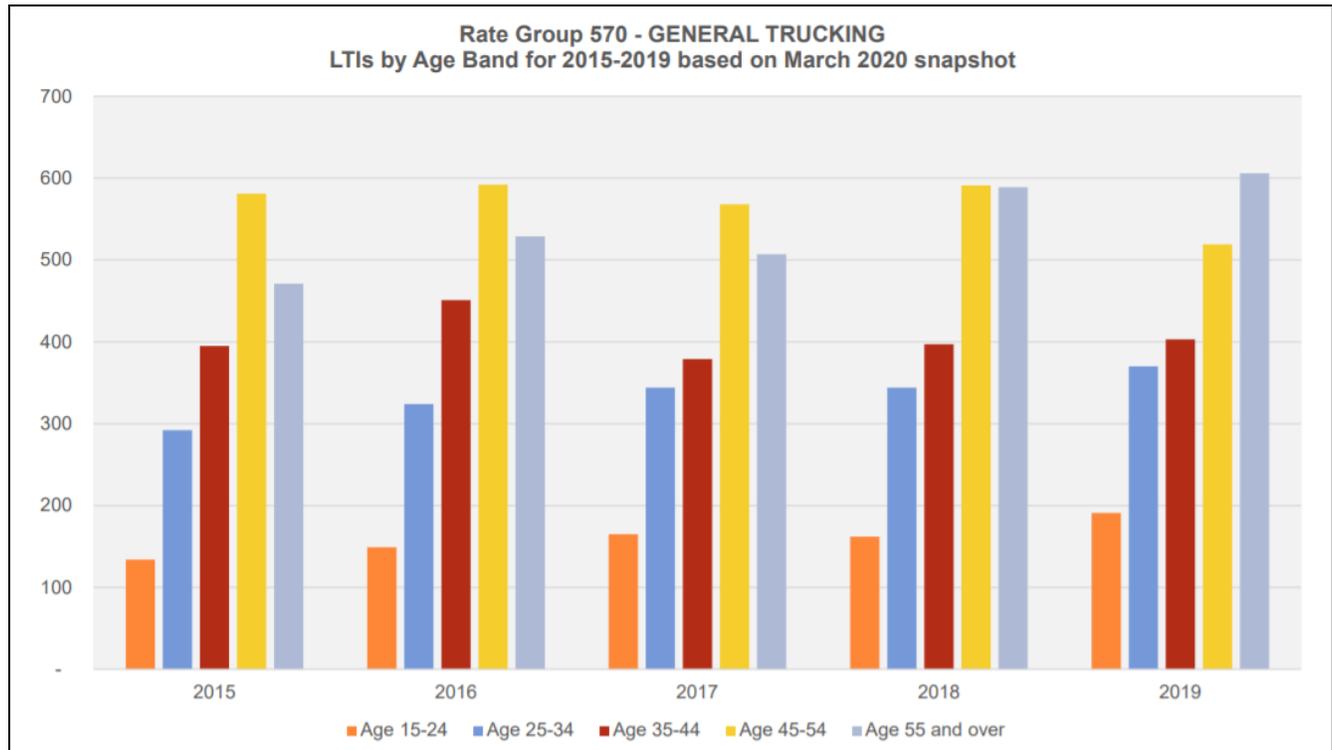


Tableau 23. <https://www.ihsa.ca/pdfs/statistics-research/2019/injury-performance-data/rate-group-570.pdf> (page 19)