

**Étude comparative
de neuf configurations d'attache en sangles
RAPPORT TECHNIQUE**

Par Marion Cossin, M. Ing. jr

Montréal, 31/01/19

Étude comparative de neuf configurations d'attache en sangles

1) Table des matières

2) Introduction.....	3
Contexte	5
Objectifs.....	5
3) Méthodologie de travail.....	6
Protocole de test	6
Les neuf configurations d'attache testées	7
Matrice de décision	10
4) Résultats.....	11
Commentaire général.....	11
Le critère de sécurité.....	11
Le confort	12
La durée de mise en place	12
Classement final	13
Commentaires des participants	14
5) Discussion et interprétation des résultats.....	15
Critère de sécurité.....	15
Critère de confort et de durée de mise en place	17
La matrice de décision.....	17
Limites	18
Recommandations.....	18
6) Reconnaissance	19
7) Bibliographie.....	19

Étude comparative de neuf configurations d'attache en sangles

2) Introduction

Note : Le masculin est utilisé pour alléger le texte, et ce, sans préjudice pour la forme féminine.

La discipline des sangles aériennes fait partie des disciplines aériennes, c'est-à-dire qui nécessitent l'accrochage d'un appareil en hauteur. Les sangles sont constituées de deux lanières parallèles de plusieurs mètres de long. Le travail aux sangles permet des figures en appui sur les bras et les jambes, des figures en suspensions, en enroulées, en chutes ou avec contact au sol¹ (Figure 1). Les sangles offrent aussi la possibilité d'effectuer des grandes rotations ou des mouvements de grands ballants au-dessus de la piste ou du public, ce sont des mouvements dans lesquels l'acrobate se balance sur une grande amplitude, en formant soit une rotation ou un mouvement de va-et-vient.

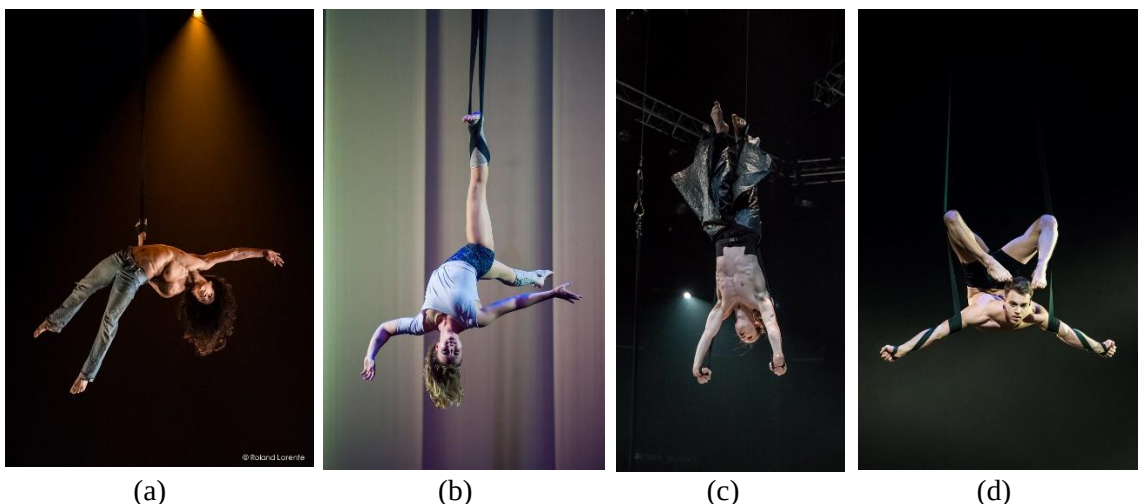


Figure 1 : Exemple de (a) suspension par un bras; (b) suspension par un pied; (c) appui sur les bras; et (d) enroulés sur les bras, École nationale de cirque Montréal | Photos de Roland Lorente.

La discipline des sangles aériennes requiert des habiletés athlétiques et esthétiques ainsi que des exigences physiques très élevées. Du fait de la grande variété de mouvements qu'offre cette discipline en suspension, les acrobates supportent des charges élevées. Des forces de huit fois le poids de l'acrobate ont été mesurées dans cette discipline dans une étude réalisée à Montréal en 2017². Les exigences physiques peuvent être comparées à celles présentes en gymnastique, où cette gamme de mouvement ainsi que les forces mises en jeu sont associées à un risque de blessures³. Par exemple, des forces de neuf fois le poids corporel ont été mesurées en anneaux⁴. Le risque principal en sangles aériennes, comme dans toutes les autres disciplines aériennes, est la chute mais il existe très peu de littérature scientifique sur ce sujet. De toutes les études sur les blessures dans le milieu du cirque⁵, aucune ne concerne la discipline des sangles en particulier. Cette dernière est souvent comprise dans une catégorie plus générale comme acrobates⁶, aériens⁷ ou encore acrobaties avec équipement⁸.

Le manuel de la FEDEC¹ différencie plusieurs prises de main ou attache de la sangle à la main :

- Avec coulisseau : la boucle est resserrée avec le coulisseau et l'acrobate tient la sangle dans sa paume. Le manuel de la FEDEC recommande la mise en place du coulisseau pour le travail en hauteur pour la « sécurisation des boucles [...] Pour un travail avec boucles (staff) cousues, on utilise des coulisseaux : anneaux textiles cousus et ajustés que l'on resserre sur

Étude comparative de neuf configurations d'attache en sangles le poignet. On peut aussi créer un nœud coulant en passant la sangle dans la boucle (très sûr mais moins confortable). »



Figure 2 : Mise en évidence du coulisseau (image tirée de <http://www.fedec.eu/file/251/download>)

- Clé de main sécurisée pour les sangles sans boucle cousue et pour la sécurisation des prises pour le travail en hauteur. Il s'agit de faire un nœud qui se tend sous l'effet de la charge. (Note : Cette technique peut aussi se faire sur des sangles à boucles);



Figure 3 : Mise en évidence de la clé sécurisée (image tirée de <http://www.fedec.eu/file/251/download>)

- Autre clé de main pour les sangles sans boucles : la sangle est bloquée dans la main de l'acrobate par la tension dans la sangle et par la prise de main, cette position est considérée non sécuritaire et est donc interdite pour effectuer des ballants ou des chutes. (Note : Cette technique peut aussi se faire sur des sangles à boucles);

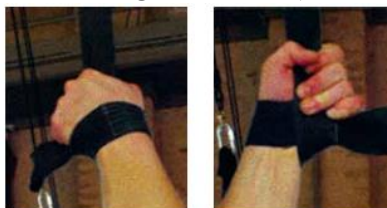


Figure 4 : Mise en évidence d'une autre clé de main (image tirée de <http://www.fedec.eu/file/251/download>)

Une autre prise de main est non présentée dans le manuel de la FEDEC mais est aussi très populaire : l'étranglement. Il existe deux façons de la mettre en place : faire un nœud en tête d'alouette avec une sangle à boucle ou avoir des sangles dont l'étranglement est directement intégré dans la boucle.

Étude comparative de neuf configurations d'attache en sangles



Figure 5 : Sangle avec étranglement intégré (cousu) et sangle à boucle avec la prise en étranglement préparée

Contexte

En aucun cas, dans la pratique usuelle des sangles, l'acrobate n'est amené à volontairement ne pas avoir une prise de main avec la sangle. En situation normale, l'acrobate tient fermement la sangle et le risque de chuter dépend de la préhension de la sangle par l'acrobate et de la technique d'attache de la main utilisée. Cependant, il n'existe aucune donnée quant à l'efficacité des techniques d'attache usuellement pratiquées lors de situation de non préhension de la main.

Objectifs

Ce rapport étudie trois critères dans les techniques d'attache de la sangle à la main : la sécurité, le confort et la durée de mise en place. Pour ce faire, neuf techniques d'attache, décrites dans la méthodologie, ont été sélectionnées ou créées pour ce projet. Ces techniques seront comparées par rapport à ces trois critères. Les questions auxquelles ce projet vise à donner des éléments de réponse sont :

1. Quelle est « l'efficacité » en termes de sécurité quand la technique d'attache de la sangle est installée et que la main n'est plus en préhension de la sangle ?
2. Est-ce que la technique d'attache est confortable ?
3. Est-ce que la technique d'attache est longue à mettre en place ?

Un protocole de test a été mis en place afin de mesurer la capacité de dégagement de la main au sol, dans un contexte de non préhension, de la sangle, pour neuf techniques d'attache sélectionnées. Enfin le confort et la durée de mise en place sont de plus mesurés pour chacune des techniques.

3) Méthodologie de travail

Protocole de test

Dix acrobates en sangles, professionnels ou étudiants de l'École nationale de cirque de Montréal, ont participé à l'étude. Le test comporte trois parties et est répété pour les neuf configurations d'attache.

1. Durée de mise en place : Il est demandé à l'acrobate de se mettre dans la situation d'attache au signal donné. La durée de mise en place est mesurée.
2. Test de dégagement de la main : Une sangle avec la technique d'attache sélectionnée est placée à un poignet du participant. Le participant reste au sol. Il est demandé à ce dernier de se dégager à l'intérieur d'un temps (30 secondes). Une cellule de charge mesure la force tension dans la sangle durant toute la durée du test (Figure 6). La durée de dégagement et la force de tension maximale au moment du dégagement sont mesurées.

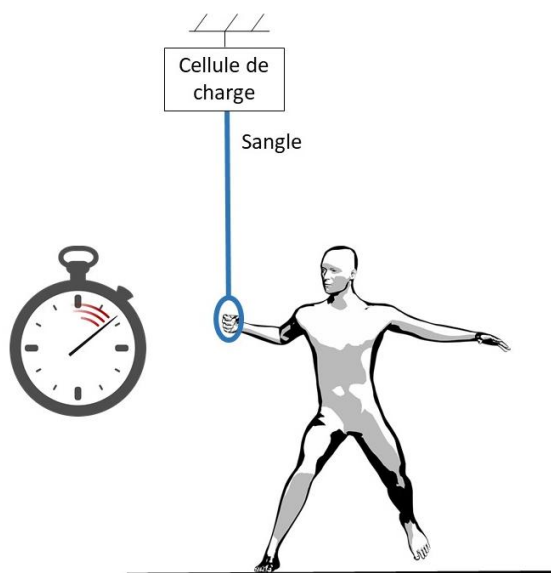


Figure 6 : Schéma du test de dégagement

3. Note de confort et commentaires : Il est demandé au participant de donner une note de confort à la technique d'attache allant de 1 à 5 (Le chiffre 1 : la technique d'attache n'est vraiment pas confortable jusqu'au chiffre 5 : la technique d'attache est extrêmement confortable). Il est ensuite demandé au participant de commenter la technique d'attache : est-ce qu'il connaît ? est-ce qu'il l'utilise ? (si oui ou sinon) pourquoi ? est-ce qu'il l'utiliserait ? quels sont, selon lui, les avantages et les inconvénients de cette technique d'attache ?

Ainsi les trois critères sont évalués par ce protocole de la façon suivante : le critère de sécurité est mesuré par la durée de sortie de main des participants, le critère de confort est mesuré par la note de confort donné par les participants et le critère de mise en place est mesuré par la durée de mise en place de la technique d'attache.

Étude comparative de neuf configurations d'attache en sangles

Les neuf configurations d'attache testées

- 1) L'étranglement : Cette technique se définit par le fait que plus l'acrobate met de tension dans la sangle, plus le nœud se resserre sur son poignet.

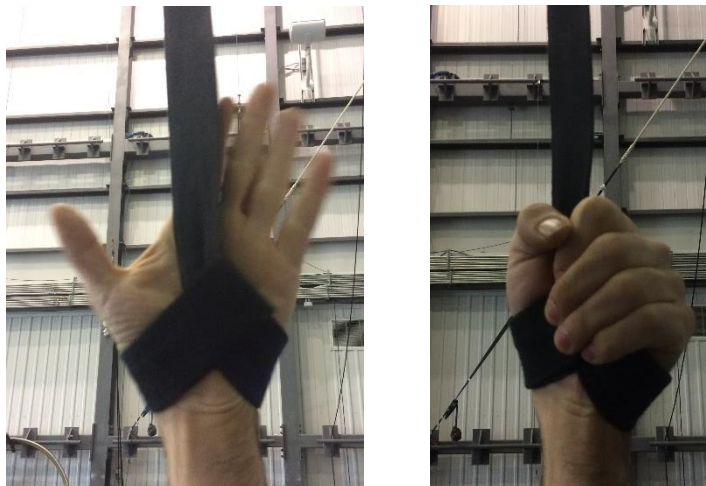


Figure 7 : Photographie de la position d'étranglement avec main ouverte et main fermée

- 2) Première clé de main : Il s'agit de faire une demi-clé, c'est-à-dire de faire faire un tour à la sangle autour du poignet.



Figure 8 : Position de la première clé de main

Étude comparative de neuf configurations d'attache en sangles

- 3) Deuxième clé de main : Il s'agit de faire faire un tour à la sangle autour du poignet plus un tour autour de la sangle elle-même. Cette technique est un tour mort et une demi-clé.

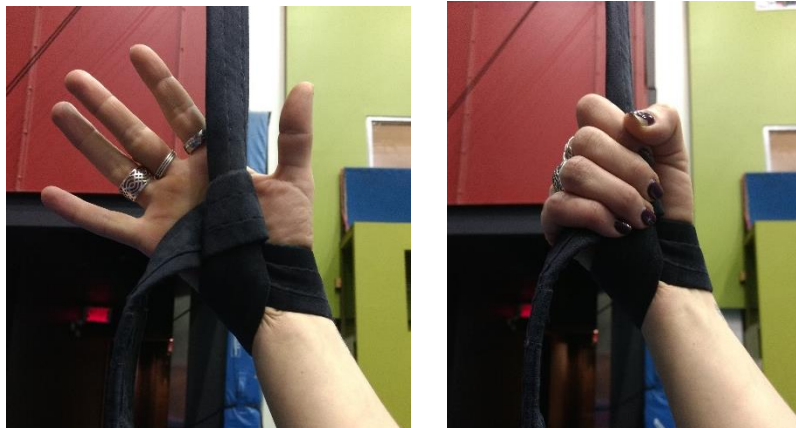


Figure 9 : Position de la deuxième clé de main avec la main ouverte et la main fermée

- 4) Troisième clé de main : Il s'agit de faire faire un tour à la sangle autour du poignet puis de rentrer l'extrémité libre de la sangle dans la boucle formée autour du poignet. Ce nœud s'appelle une cravate.



Figure 10 : Position de la troisième clé de main avec la main ouverte

- 5) Coulisseau : Il a été demandé aux ateliers de fabrication du Cirque du Soleil de fabriquer le plus petit coulisseau (le moins large) qu'ils étaient capables de faire.

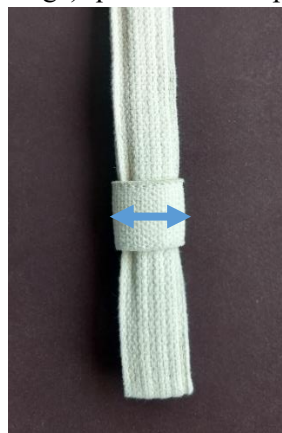


Figure 11 : Coulisseau et mise en évidence de la largeur

Étude comparative de neuf configurations d'attache en sangles

- 6) Manchon : Le manchon ressemble à un coulisseau sauf qu'il est très long. Pour ce faire, l'atelier de fabrication a assemblé 4 coulisseaux ensemble.

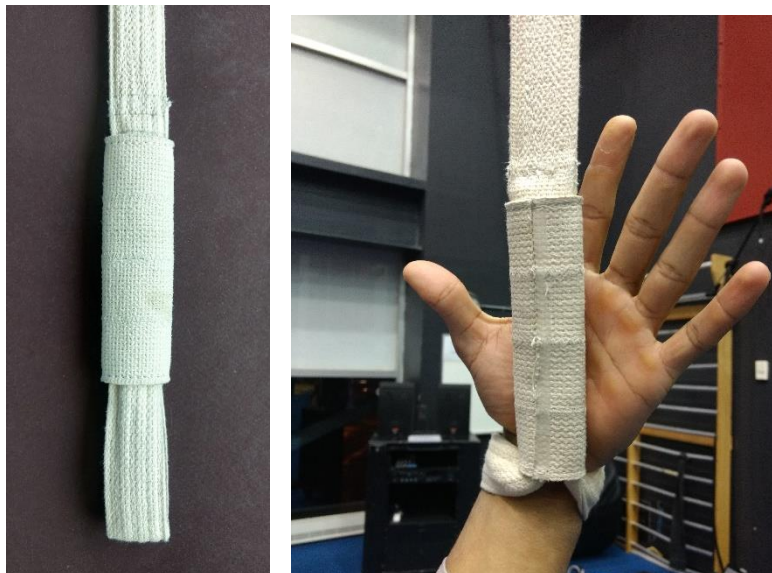


Figure 12 : Manchon et position du manchon avec main ouverte

- 7) Étranglement bloqué par une couture : Cette technique consiste en une position d'étranglement qui ne se resserre pas autour du poignet car l'étranglement est bloqué par une couture. Cette technique est une nouvelle conception dont le prototype est présenté à la Figure 13.



Figure 13 : Étranglement avec couture et position de l'étranglement avec couture avec main ouverte

Étude comparative de neuf configurations d'attache en sangles

- 8) Étranglement bloqué par une sangle : Cette technique consiste en une position d'étranglement qui ne se resserre pas autour du poignet car l'étranglement est arrêté par une sangle. Cette technique est une nouvelle conception dont le prototype est présenté à la Figure 14.



Figure 14 : Étranglement avec sangle et position de l'étranglement avec sangle avec main ouverte

- 9) Coulisseau avec velcro : Il s'agit d'un coulisseau (standard) avec du velcro inséré à l'intérieur de la boucle. Cette technique est une nouvelle conception dont le prototype est présenté à la Figure 15.



Figure 15 : Coulisseau avec velcro et position du coulisseau avec velcro avec main ouverte

Matrice de décision

Une matrice de décision est effectuée pour classer les neuf techniques d'attache selon les trois critères : sécurité, confort et durée de mise en place. Une matrice de décision est un outil fréquemment utilisé en prise de décision. Elle permet de hiérarchiser et choisir vers quelle solution se tourner, tout en prenant en compte plusieurs critères⁹. Un poids sous la forme d'une pondération est appliqué à chaque critère de la façon suivante : sécurité : 5, confort : 2 et durée de mise en place : 1. Ces coefficients de pondération ont été discutés et choisis par un comité d'expert, tel que,

Étude comparative de neuf configurations d'attache en sangles
la sécurité est considérée comme 5 fois plus importante que la durée de mise en place et 2.5 fois plus importante que le confort. Une note est donnée de 1 à 5 pour chaque critère suivant la procédure du tableau 1.

Tableau 1 : Note équivalente de 1 à 5 pour les trois critères

Critère de sécurité : durée de sortie de main	Critère de confort	Critère de durée de mise en place	Note équivalente
Impossible	5	0 à 1.6s	5
22.5 à 30s	4	1.6 à 3.2s	4
15 à 22.5s	3	3.2 à 4.8s	3
7.5 à 15s	2	4.8 à 6.4s	2
0 à 7.5s	1	6.4 à 8s	1

4) Résultats

Commentaire général

La force de tension n'a pu être mesurée que pour neuf participants sur dix dû à un problème technique. La moyenne des forces de tensions indiquée dans les résultats est donc la moyenne de neuf participants. Les techniques de l'étranglement avec couture et étranglement avec sangle sont sensibles à la dimension du poignet. Une seule dimension des techniques de l'étranglement avec couture et étranglement a été fabriquée et était trop grand pour cinq personnes pour la technique avec couture et pour sept personnes pour la technique avec sangle. Seuls les résultats pour les participants ayant une taille du poignet adapté à la taille de la technique sont présentés dans le critère de sécurité.

Le critère de sécurité

Le tableau 2 range les techniques d'attache par moyenne de durée de réussite de sortie pour les dix participants (∞ : les participants n'ont pas réussi à se sortir la main dans le temps imparti jusqu'à 0 : les participants ont en moyenne mis 0s pour se sortir la main). Le classement est effectué de manière à mettre les techniques dont les participants n'ont pas réussi à se sortir la main en premier. La force maximale moyenne générée est aussi indiquée.

Tableau 2 : Résultats des essais de la sortie de la main

Classement	Technique d'attache	Temps de sortie de la main (en s)	Force maximale générée (en lb-force)
1	Étranglement	∞	130
1	Étranglement avec couture	∞	141
1	Étranglement avec sangle	∞	146
2	Troisième clé de main	28	144
3	Manchon	14	120
4	Coulisseau avec velcro	9	114
5	Coulisseau	8	108
6	Deuxième clé de main	2	34
7	Troisième clé de main	0	50

Étude comparative de neuf configurations d'attache en sangles

Il n'a pas été possible de se sortir la main avec les trois techniques d'étranglement et ce, pour les participants ayant la bonne taille de poignet pour l'étranglement avec sangles et avec couture. Si le poignet est trop petit pour la taille de l'étranglement bloqué, les participants ont tous pu se sortir la main (7s en moyenne pour la technique d'étranglement avec la couture et 5s en moyenne pour la technique d'étranglement avec sangle). Pour la troisième clé de main, seul un participant sur les dix a réussi à se sortir la main. Pour toutes les autres techniques, tous les participants ont réussi à se sortir la main dans le temps imparti.

Les forces moyennes générées varient entre 34 et 146 lb-forces, ce qui représente à peine la moyenne des poids corporels de tous les participants. En étant au sol, il est en effet difficile pour les participants de générer des forces élevées, ou aussi élevées qu'en effectuant des mouvements dynamiques dans les airs. Les forces avec sortie de la main varient de 5 à 166 lb-forces.

Le confort

Le tableau 3 classe les techniques d'attache par moyenne des notes de confort des dix participants. L'échelle fixée va de 1 à 5 (1 : inconfortable à 5 : très confortable).

Tableau 3 : Résultats des notes de confort (1 : inconfortable, 5 : très confortable)

Classement	Technique d'attache	Note attribuée
1	Étranglement	4.02
1	Étranglement avec sangle	4.02
2	Coulisseau	4.01
3	Étranglement avec couture	3.58
4	Manchon	3.61
5	Troisième clé de main	3.48
6	Coulisseau avec velcro	3.18
7	Deuxième clé de main	2.98
8	Troisième clé de main	2.75

Les moyennes de confort varient de 2.75 à 4.02/5, ce qui fait que toutes les techniques proposées ont été jugées plutôt confortables par la plupart des participants. Les techniques d'étranglement, d'étranglement avec sangles et le coulisseau sont les techniques classées les plus confortables.

La durée de mise en place

Le tableau 4 classe les techniques d'attache par moyenne de durée de mise en place des dix participants.

Tableau 4 : Résultats de la durée de mise en place

Classement	Technique d'attache	Durée de mise en place (s)
1	Coulisseau	1.5
2	Première clé de main	1.6

Étude comparative de neuf configurations d'attache en sangles

3	Manchon	2.1
3	Étranglement avec sangle	2.1
3	Coulisseau avec velcro	2.1
4	Étranglement	2.2
5	Étranglement avec couture	2.5
6	Deuxième clé de main	4.5
7	Troisième clé de main	8

Sept techniques mettent 2.5s ou moins à mettre en place. Seules les deux techniques de clé de main (deuxième et troisième version) sont plus longues avec 4 et 8s de mise en place.

Classement final

Le tableau 5 présente les résultats de la matrice de décision avec les trois critères : sécurité, confort et durée de mise en place. Pour chacun des trois critères, une note de 1 à 5 est attribuée suivant les résultats des sections précédentes. Un coefficient de pondération est attribué de la manière suivante : 5 pour la sécurité, 2 pour le confort et 1 pour la durée de mise en place. La note finale attribuée est calculée en additionnant chaque note de critère pondéré. La technique d'attache qui obtient la note finale la plus élevée est considérée comme la meilleure solution.

Tableau 5 : Résultats de la matrice de décision

Technique d'attache	Critère sécurité	Critère de confort	Critère de durée de mise en place	Note attribuée	Classement final
	(5)	(2)	(1)		
Étranglement	5	4	4	37	1
Première clé de main	1	3	5	16	6
Deuxième clé de main	1	3	3	14	7
Troisième clé de main	4	3	1	27	2
Coulisseau	2	4	5	23	3
Manchon	2	4	4	22	4
Étranglement bloqué par couture	5	4	4	37	1
Étranglement bloqué par sangle	5	4	4	37	1
Coulisseau avec velcro	2	3	4	20	5

Étude comparative de neuf configurations d'attache en sangles

Ce sont finalement trois techniques d'attache en étranglement qui se retrouvent avec la meilleure note et sont donc considérées comme la meilleure solution selon ces trois critères. Ces trois techniques sont l'étranglement, l'étranglement bloqué par la couture et l'étranglement bloqué par la sangle.

Commentaires des participants

La plupart des participants étaient très enthousiastes de voir que de la recherche étaient effectuées sur la discipline des sangles. Les avantages et les inconvénients pour chaque technique sont regroupés dans le tableau 6.

Tableau 6 : Liste des avantages et des inconvénients recensés par les participants

Technique d'attache	Avantages	Inconvénients
Étranglement	• Sécuritaire • Confortable	• Ça met beaucoup de pression sur le poignet, ça serre fort • Une sangle pour la main gauche et la main droite, ça prend du temps à trouver laquelle est laquelle
Première clé de main	• Facile à faire et à défaire • Bien pour les techniques proches du sol • Bien lorsqu'il n'y a pas de hauteur	• Ce n'est pas sécuritaire • Demande beaucoup de force pour fermer la main
Deuxième clé de main	• Bien pour les techniques proches du sol • Bien lorsqu'il n'y a pas de hauteur	• Ce n'est pas sécuritaire • Ça fait un gros truc dans la main • Long à mettre en place
Troisième clé de main	• Bien lorsqu'il n'y a pas de hauteur • C'est artistique l'enroulé	• C'est long à mettre en place • Plus tu tires, plus ça serre
Coulisseau	• Confortable • Pratique	• Pas sécuritaire (le coulisseau glisse et remonte)
Manchon	• Confortable • Sécuritaire	• Pas flexible, donc impossible de faire des enroulés

Étude comparative de neuf configurations d'attache en sangles

Étranglement bloqué par couture	• Sécuritaire • Ça ne serre pas comme l'étranglement • Confortable	• Attention à la dimension de l'étranglement, ajustement à réaliser • La couture gêne • Une sangle pour la main gauche et la main droite, ça prend du temps à trouver laquelle est laquelle
Étranglement bloqué par sangle	• Sécuritaire • Ça ne serre pas comme l'étranglement • Confortable	• Attention à la dimension de l'étranglement, ajustement à réaliser • Une sangle pour la main gauche et la main droite, ça prend du temps à trouver laquelle est laquelle • Inquiétude sur la durée de vie de la sangle
Coulisseau avec velcro	• Peu de différence avec et sans le velcro	• Le velcro ca irrite • Trop rigide • Inquiétude sur la durée de vie du velcro

5) Discussion et interprétation des résultats

Dans cette étude, trois critères sont testés et comparés dans le choix de neuf techniques d'attaches en sangles aériennes. Les trois critères sélectionnés sont la sécurité, le confort et la durée de mise en place.

Critère de sécurité

Le critère de sécurité est évalué par la durée de sortie de main des participants restant au sol. Il est cependant difficile de savoir si la durée de sortie de main serait la même si l'acrobate était dans les airs. Les forces mises en jeu, par exemple, sont de l'ordre d'une fois le poids de la personne dans le test au sol, alors les forces mesurées dans des mouvements dynamiques dans les airs en sangles peuvent aller jusqu'à huit fois le poids de la personne². En situation normale, l'acrobate tient fermement la sangle. Mais dans le cas où l'acrobate lâcherait la sangle dans les airs, seule la technique d'attache permettrait de garder l'acrobate dans les airs et il est difficile de conclure avec ce test, ce qui arriverait réellement. Il est possible de noter qu'il est plus facile ou rapide de dégager la main avec certaines configurations qui sont : force sous forme d'impact (plutôt qu'une force continue comme se laisser pendre à la sangle) et la base du pouce alignée avec la boucle (Figure 15).

Étude comparative de neuf configurations d'attache en sangles

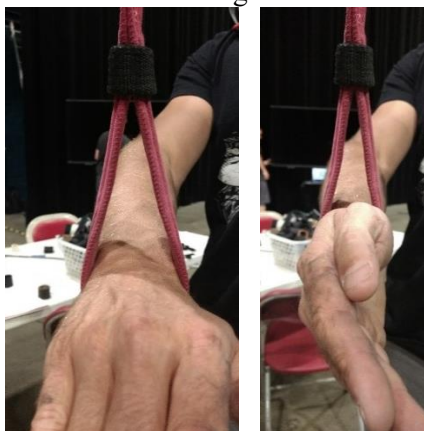


Figure 15 : À gauche : pouce perpendiculaire à la boucle, à droite : pouce aligné avec la boucle

Il a été impossible de se dégager la main avec les trois techniques faisant intervenir une technique d'étranglement. Et neuf participants sur dix ont été incapables de se dégager la main avec la technique de la troisième clé de main. D'après ce test, ce sont donc les techniques les plus sûres en termes de sécurité. Il faut cependant noter que la technique d'étranglement est inconfortable pour certaines personnes, ici quatre participants sur dix, car cette technique donne trop de pression sur le poignet. Et les conséquences à long terme de cette pression sur le poignet restent inconnues. La technique de l'étranglement bloqué par la couture et la sangle pourrait être de bons compromis. Néanmoins, cette technique est très sensible à la dimension du poignet. Si la dimension de la boucle est trop grande pour le poignet, l'acrobate est capable de se sortir la main, comme cela a été le cas dans les tests. Un ajustement très précis de cette dimension est requis comme montré sur la Figure 16 et 17. De plus, comme ce sont des prototypes, ces deux techniques n'ont jamais été utilisées en entraînement ou en spectacle, il est donc difficile de connaître leur durée de vie, leur pérennité ou leur pertinence. D'autres tests seraient donc nécessaires.



Figure 16 : Bon ajustement de la sangle avec couture : peu de jeu entre le poignet et la sangle (à gauche) et le pouce bien au-dessus de la boucle qui glisse (à droite)

Étude comparative de neuf configurations d'attache en sangles



Figure 17 : Mauvais ajustement de la sangle avec couture : un grand jeu entre le poignet et la sangle (à sangle) et le pouce en dessous de la boucle qui glisse (à droite)

Critère de confort et de durée de mise en place

Le critère de confort et de durée de mise en place est biaisé par le fait que les participants connaissent et utilisent couramment certaines techniques d'attache, les plus courantes sont l'étranglement et le coulisseau. Par exemple, les techniques de deuxième et troisième clé de main étaient inconnues pour la plupart des participants et la mise en place a donc été longue. Avec de la pratique, il est certain que la durée de mise en place serait diminuée pour certaines techniques. Enfin il est à noter que sept des neuf configurations testées ont été mises en place avec une durée assez rapide, en dessous de 2.5s en moyenne. Le critère de durée de mise en place n'est peut-être pas un critère qui permet de départager les neuf configurations. De même, pour le confort, certains participants ont clairement exprimé le fait qu'ils étaient habitués à leur technique d'attache usuelle et que toutes autres provoquaient un sentiment bizarre. C'est pourquoi les techniques d'étranglement et de coulisseau se retrouvent en haut du classement, respectivement en première et troisième position. Enfin, l'étude a porté sur dix acrobates de cirque, ce qui est un nombre respectable pour une étude qui porte sur la discipline des sangles aériennes, mais non représentatif de l'ensemble de l'activité en sangles dans le monde. Les participants sont pour la plupart passés par l'École nationale de cirque ou le Cirque du Soleil, ce qui limite le jugement.

La matrice de décision

L'avantage de la matrice de décision est qu'elle permet de quantifier de façon objective et de manière systématique les différentes techniques d'attache selon plusieurs critères. Par contre, le choix dans les critères et les pondérations est crucial pour la bonne utilisation de cet outil. Dans cette étude, seuls trois critères ont été sélectionnés, la sécurité, le confort et la durée de mise en place, mais d'autres critères pourraient être ajoutés, comme par exemple, le prix, l'esthétique ou la durée de vie. Enfin, les pondérations ont été choisies par un comité d'experts de façon à ce que la sécurité soit considérée comme 5 fois plus importante que la durée de mise en place et 2.5 fois plus importante que le confort. Cette pondération influence beaucoup le résultat dans le sens de la sécurité; c'est pourquoi les techniques avec lesquelles, les participants ont été incapables de se sortir la main finissent en haut du classement de la meilleure solution. Mais il est tout à fait possible que ces pondérations soient différentes pour un acrobate ou une compagnie de cirque selon leur préférence. Enfin, cet outil n'est pas un substitut au jugement des professionnels, mais bien un apport à la connaissance générale. Les résultats de cet outil n'obligent à rien.

Étude comparative de neuf configurations d'attache en sangles

Limites

Tel qu'énoncé précédemment, la liste des limites est :

- Une impossibilité de mesurer la sécurité des configurations d'attache en situation réelle avec l'acrobate dans les airs et donc une difficulté de savoir si les conclusions des tests effectuées au sol seraient les mêmes dans les airs;
- Des biais au niveau des habitudes des participants;
- Le fait qu'il n'y ait pas assez de représentativité de ce qui se fait à travers le monde des acrobates de sangles;
- Le nombre limité de critères étudiés dans cette étude;
- Une pondération qui pourrait être différente selon les priorités des acrobates;
- Manque de données en utilisation des deux nouveaux prototypes que sont l'étranglement bloqué avec la couture et l'étranglement bloqué avec la sangle;
- Conséquence de la position d'étranglement à long terme sur le poignet inconnu.

Ces limites représentent des pistes de réflexion vers lesquelles plus de recherche pourrait être effectuée.

Recommandations

Un autre aspect qui n'a pas été pris en compte dans cette étude mais qui est très pertinent dans le choix d'une technique d'attache, est le type de performance réalisé par l'acrobate. En effet, les participants ont soulevé ce point plusieurs fois en expliquant leur utilisation des sangles et les techniques d'attache qui correspondent aux mieux. Et les types d'utilisation varient beaucoup : technique sur un bras, mouvement dynamique, mouvement au sol, duo de sangles, etc.

De plus, un haut niveau acrobatique implique un équipement adapté ou personnalisé aux besoins de l'acrobate. Cette étude permet de comparer neuf techniques à partir de moyenne de tests réalisés sur dix acrobates. Or, il est important pour l'acrobate qui choisit sa sangle de tester différentes configurations, tout en ayant connaissance des avantages et inconvénients de chacune, avant de trouver celle qui lui convient le mieux selon ses critères à lui. Il est certain que la sécurité doit rester un critère fondamental dans le choix de la configuration d'attache, c'est pourquoi, il est difficile de préconiser des techniques qui ne passent pas le test de dégagement de la main -toutes les techniques sauf les trois techniques d'étranglement et la troisième clé de main-, à moins d'utilisation particulière, comme des techniques proches du sol par exemple.

Finalement, un participant a soulevé un manque de sensibilisation par rapport à la problématique des techniques d'attache, que ce soit en compagnie de cirque ou en école de cirque. Nous espérons que cette étude en complément des démarches de la FEDEC permet de mieux informer tout professionnel de sangles aériennes et permet d'ouvrir une discussion sur cette problématique. Toutes autres recherches ou données sur la discipline des sangles aériennes seraient très précieuses pour l'évolution de cette discipline.

6) Reconnaissance

Ce projet a été soutenu par le Centre de recherche d'innovation et de transfert en Art du Cirque (CRITAC) et le Cirque du Soleil.

7) Bibliographie

- ¹¹ FEDEC. (2007). Manuel d'instruction de base pour les arts du cirque. Bruxelles : Fédération Européenne des Écoles de Cirque Professionnels. Vue à : <http://www.fedec.eu/file/251/download>
- ² Cossin, M., Ross A., & Gosselin, F. (2017) Making single point aerial circus disciplines safer. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology, 1-12. DOI: 10.1177/1754337117705478
- ³ Sands, W. A. (2000). Injury prevention in women's gymnastics. *Sports medicine*, 30(5), 359-373.
- ⁴ Nissinen, M. A. (1983). Kinematic and kinetic analysis of the giant swing on rings. *Biomechanics VIII-B*, 781-786.
- ⁵ Angioi, M., & Wolfenden, H. E. G. (2017). Musculoskeletal injury profile of circus artists. A systematic review of the literature. Medical problems of performing artists.
- ⁶ Shrier, I., Meeuwisse, W. H., Matheson, G. O., Wingfield, K., Steele, R. J., Prince, F., ... & Montanaro, M. (2009). Injury patterns and injury rates in the circus arts: an analysis of 5 years of data from Cirque du Soleil. *The American journal of sports medicine*, 37(6), 1143-1149.
- ⁷ Hakim, H., Puel, F., & Bertucci, W. (2019). Injury assessment in circus student-artists population; preliminary study. *Science & Sports*.
- ⁸ Wanke, E. M., McCormack, M., Koch, F., Wanke, A., & Groneberg, D. A. (2012). Acute injuries in student circus artists with regard to gender specific differences. *Asian journal of sports medicine*, 3(3), 153.
- ⁹ Triantaphyllou, E., & Mann, S. H. (1995). Using the analytic hierarchy process for decision making in engineering applications: some challenges. *International Journal of Industrial Engineering: Applications and Practice*, 2(1), 35-44.