

Comparaison de l'efficacité de deux méthodes de strapping dans la limitation de l'inversion de la cheville durant l'activité

Comparison of the effectiveness of two taping methods to restrict ankle inversion during activity

PIERRE ARMENGAUD (PT)¹, NICOLAS FORESTIER (PhD)², ROMAIN TERRIER (PhD)²

- 1 Physiothérapeute du sport, Toulouse, France
Membre de la Société Française des Masseurs-Kinésithérapeutes du Sport et Orthopedic Manual Therapy-France
- 2 Université Savoie Mont-Blanc (USMB) département STAPS, Laboratoire Interuniversitaire de Biologie de la Motricité (LIBM - EA 7422), Le Bourget du lac, France

Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêt en relation avec cet article

Keywords

Taping, Non-elastic band, Ankle, Inversion, Activity

Mots clés

Strapping, bande rigide, cheville, inversion, activité

Abstract

Introduction : lateral ankle sprain is one of the most common injury encountered in sports practice. Taping is a tool used as a back-up aid and it is commonly accepted that its effectiveness to control ankle inversion is less than 30 minutes.

Objective: the aim of the study is to compare the effectiveness of two ankle tapings on the restriction of the inversion during sports.

Method: 18 healthy volunteers were tested and randomized in two ways of taping: with and without non-elastic bands. They followed an exercise protocol. The measurements of ankle range of motion were taken at 0 minute, 20 minutes and 40 minutes of exercise as the evaluation of the holding feeling expressed by the subjects.

Results: during 40 minutes of activity, the mechanical limitation of the mix taping with rigid and elastic bands was statistically superior of 16% to the one containing only elastic bands with regard to the mechanical limitation. Regardless

Résumé

Introduction : l'entorse latérale de cheville est une des blessures les plus communes rencontrées dans la pratique sportive. Le strapping est un outil utilisé comme une aide au retour sur le terrain et il est communément admis que son efficacité pour contrôler l'inversion de cheville est de moins de 30 minutes.

Objectif: cette étude a été mise en place pour comparer l'efficacité de deux strappings de cheville sur la limitation de l'inversion durant l'activité sportive.

Méthode: 18 volontaires sains ont été testés et randomisés avec deux modalités de strapping: avec et sans bandes rigides. Ils ont suivi un protocole d'exercices. Les mesures des mobilités de la cheville ont été faites à 0 minute, 20 minutes et 40 minutes d'exercice tout comme l'évaluation de la sensation de maintien exprimée par les participants.

Résultats: durant 40 minutes d'activité, la limitation mécanique du strapping qui intégrait des bandes rigides était statistiquement supérieure de 16% à celui ne contenant que des bandes

of the bandage, there is a decrease in its effectiveness during the activity of 25% for inversion limitation.

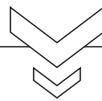
Discussion: despite a statistically significant objective result in favor of the bandage containing the rigid bands, the absence of difference in feel between the two tapings can be explained by the perception of the contact of the band on the skin. It would be interesting to extend the study by making measurements with an exclusively rigid bandage using the same methodology by extending the acquisition duration.

Conclusion: the choice of the taping can have a significant effect on the restriction of the inversion during the activity. So we will advise an athlete in a recovery phase to use a non elastic bands taping.

élastiques. Quel que soit le bandage, il y a une diminution de son efficacité au cours de l'activité de 25% pour la limitation de l'inversion.

Discussion: malgré un résultat objectif statistiquement significatif en faveur du bandage contenant les bandes rigides, l'absence de différence de ressenti entre les deux strappings peut être expliqué par la perception du contact de la bande sur la peau. Il serait intéressant de prolonger l'étude en faisant des mesures avec un bandage exclusivement rigide avec la même méthodologie en prolongeant l'acquisition.

Conclusion: le choix du type de bandage peut avoir un effet significatif sur la limitation de l'inversion pendant l'activité. On conseillera donc à un athlète en phase de reprise un strapping intégrant des bandes rigides.



Introduction

L'entorse latérale de cheville est une des blessures les plus communes rencontrées dans la pratique sportive⁽¹⁾. Elle représente entre 10% et 28%⁽¹⁻²⁾ de la traumatologie du sport, soit en France, 6'000 entorses par jour⁽³⁾. C'est une pathologie associée à un fort impact économique, que ce soit en termes d'arrêt de travail ou d'indisponibilité sportive.

Ce traumatisme affecte le plus souvent les pratiquants de sports avec changements de direction et sauts répétés comme le basket-ball, le handball, le football ou le rugby⁽⁴⁾. Ces activités créent des conditions susceptibles de favoriser l'inversion forcée de la cheville, mécanisme pathologique commun pour les entorses latérales.

Dans le milieu du sport, et d'autant plus dans le sport amateur, cette pathologie est couramment négligée par les pratiquants. Il en résulte des douleurs chroniques, une faiblesse musculaire, une altération de l'acuité proprioceptive et un risque accru de récidence⁽¹⁾.

Le «strapping» ou «tape» pour les anglo-saxons est communément utilisé pour le retour à l'activité et, par la suite, en prophylaxie. Le terme de «strapping» vient du nom de la bande rigide «strappal®» (Strappal, BSN médical, Le Mans). En France, ce terme est utilisé à mauvais escient car le montage n'est souvent composé dans les faits que de bandes élastiques. Certaines études indiquent qu'un strapping prophylactique permettrait une diminution de 32,8 à 14,7 / 1000 de l'incidence des entorses latérales de cheville⁽⁴⁾. Même si ces chiffres sont flatteurs, il convient de rappeler que si le strapping peut être un complément au programme de rééducation, il ne le remplace pas car les objectifs sont clairement différents. Le strapping s'inscrit dans une approche de protection, de support des structures lésées, alors que la rééducation a pour but de restaurer la fonction.

Deux hypothèses principales peuvent être avancées pour expliquer les effets observés du strapping. D'une part, une protection de la cheville peut être attribuée aux propriétés

mécaniques de la bande qui diminue l'amplitude mais aussi la vitesse angulaire du mouvement d'inversion de cheville⁽⁴⁻⁵⁾. Il convient néanmoins de rappeler que les fibulaires sont trois fois plus efficaces qu'une bande rigide pour limiter l'inversion de cheville⁽⁶⁾. D'autre part, le strapping peut également représenter une aide proprioceptive. Le contact avec la peau est supposé améliorer la qualité et la quantité des informations sensibles d'origines cutanée et proprioceptive. Chez des participants sains, cela permet d'optimiser la proprioception en flexions plantaire et dorsale⁽²⁾. Cependant, il semblerait que le strapping n'ait aucune influence immédiate sur le temps de réponse des fibulaires à une inversion inattendue⁽⁵⁾.

Il est généralement admis que l'effet d'un strapping ne persiste pas plus de 30 minutes lors de l'activité. Plusieurs études⁽⁵⁻⁷⁻⁸⁻⁹⁻¹⁰⁻¹¹⁻¹²⁾ ont confirmé l'existence d'une perte de la limitation des amplitudes au cours du temps. L'altération de limitation la plus importante a lieu dans les 15 premières minutes d'activité⁽⁴⁻⁸⁻¹⁰⁻¹¹⁾. Après 24 heures d'activités quotidiennes, la limitation résiduelle est seulement de 7.8%⁽⁸⁾. A notre connaissance, il n'existe pas dans la littérature de consensus clair quant à la supériorité des bandes rigides par rapport aux bandes élastiques sur le soutien mécanique de la cheville lors de l'activité⁽⁵⁾. Parmi les différents travaux identifiés, une étude rapporte que la limitation d'amplitude décroît plus rapidement avec le tape rigide. Les auteurs conseillent donc le strapping élastique, qui est par ailleurs perçu comme plus confortable pour un traitement prophylactique⁽⁹⁾. Une autre étude a même montré que la bande rigide perd ses propriétés de limitation de l'inversion à hauteur de 99% après 30 minutes⁽⁴⁾. Cependant, une diminution de limitation d'amplitude plus rapide ne renvoie pas forcément à une limitation finale inférieure à celle du tape élastique. Si les études ne démontrent pas clairement la supériorité d'une méthode de taping sur l'autre, c'est aussi qu'il existe autant de techniques de strapping que de thérapeutes.

Dans ce contexte, l'objectif de notre étude consistait à comparer l'altération de la limitation mécanique au cours du temps de

deux strappings standardisés, lors de la pratique d'une activité physique également standardisée. Un montage était composé exclusivement de bandes extensibles, alors que l'autre, qualifié de mixte, était composé de bandes élastiques et rigides, en référence à une pratique clinique courante. L'hypothèse émise était que le montage rigide assure une limitation plus importante de l'inversion avant et après l'activité que le montage contenant exclusivement des bandes élastiques.

Méthode

Sujets

Dix-huit participants volontaires ont été inclus dans l'étude. Tous les participants étaient en bonne condition physique, sans antécédent de pathologie des membres inférieurs dans les 12 mois précédant leur inclusion dans l'étude. Les principales caractéristiques des sujets sont décrites dans la [tableau 1](#).

Tâche et procédure

Le consentement éclairé des sujets a été obtenu, conformément aux recommandations du comité d'éthique local qui a donné son accord pour cette étude. Les participants étaient informés que l'on testait l'effet de l'activité sur le strapping. Ils n'étaient pas informés qu'il existait deux groupes, avec deux montages différents (élastique et mixte). Les sujets ont été répartis de manière randomisée en deux groupes: un groupe strapping élastique (Elasto) et un groupe strapping mixte élastique / rigide (Mix). L'opérateur était un masseur-kinésithérapeute diplômé d'état avec une formation complémentaire en kinésithérapie du sport. La limitation résiduelle était évaluée après 40 minutes au total, avec une évaluation intermédiaire après 20 minutes. Cette durée totale a été choisie car elle correspond au temps d'une mi-temps de rugby après laquelle le staff a la possibilité de re-strapper la cheville du joueur si nécessaire. Concrètement, nous avons cherché à déterminer dans quelle mesure les deux méthodes de strapping limitaient encore l'amplitude de la cheville suite à 40 minutes d'activité sportive, et par extension si l'un des montages pouvait être considéré comme supérieur sur la base de la persistance de ses propriétés mécaniques.

Les participants étaient soumis au protocole suivant :

- 1) Randomisation (affectation aléatoire) à un groupe)
- 2) Test de latéralité

- 3) Rasage
- 4) Mesures sans strapping
- 5) Mise en place du cardio-fréquencemètre
- 6) Mise en place du strapping standardisé
- 7) Mesures immédiates à T0 (capteurs+ question subjective)
- 8) 20 min du protocole d'exercices
- 9) Mesures à T20 (capteurs+ question subjective)
- 10) 20 min du protocole d'exercices
- 11) Mesures à T40 (capteurs+ question subjective)

Le rasage chez les participants masculins a permis d'éliminer les poils qui auraient pu favoriser ou limiter l'accroche de la bande par rapport aux sujets féminins déjà épilés.

Pour chaque participant, le strapping a été posé sur la jambe dominante. Afin de déterminer la latéralité, chaque sujet se tenait debout pieds parallèles et était soudainement déséquilibré vers l'avant. Nous avons déterminé que le pied dominant était celui qui était spontanément utilisé pour récupérer l'équilibre antérieurement.

Les deux modalités de strapping ont été standardisées ([Annexe1](#)). Les passages de bandes étaient identiques, de même que les mises en tension de la bande. Seuls les types de bandes différenciaient les conditions expérimentales.

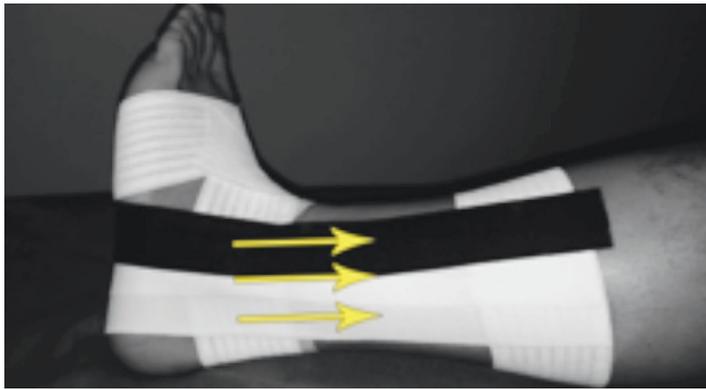
Tous les strappings ont été effectués avec des bandes élastiques en 6 cm et 3 cm de largeur (Elastoplast® Bande Adhésive Élastique, Beiersdorf, Paris, France) et des bandes rigides en 3.75 cm de largeur (Elastoplast®Rigid Strap, Beiersdorf, Paris, France).

Les principales modalités d'application des strappings en bandes élastiques et mixtes peuvent être présentées comme suit :

- Protection du tendon d'Achille et des extenseurs avec lubrifiant et gaze.
- Ancrage avant-pied / jambe / arrière-pied à la bande élastique 6 cm. Ces bandes d'ancrage sont importantes car la bande rigide colle peu sur la peau, alors qu'elle colle très bien sur le tissu, contrairement à la bande élastique qui colle mieux en application directe sur la peau.
- Mise en position : environ 5 degrés de dorsiflexion et légère éversion à tenir toute la durée de la mise en place des bandes.

Caractéristiques	Elasto	Mix
Sexe	5 hommes / 4 femmes	6 hommes / 3 femmes
Age	26.30 ans	26.05 ans
Masse	68.63 kg	69.00 kg
Taille	171.00 cm	170.62 cm
Pointure	41.26	41.32
Latéralité	8 droites / 1 gauche	6 droites / 3 gauches

› Tableau 1 : caractéristiques générales de la population étudiée



› Figure 1 : mise en place des 3 étriers



› Figure 2 : première bande de stabilisation du talus vue médiale



› Figure 3 : première bande de verrouillage calcanéen vue médiale



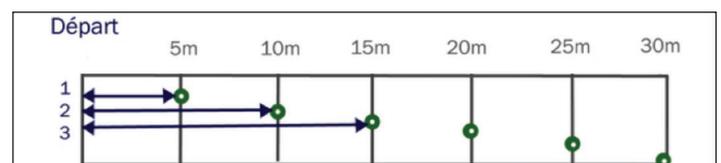
› Figure 4 : bande en 8, mise en tension latérale

- 3 étriers de bandes élastiques (Elasto) ou rigide (Mix) 3.75 cm avec mise en tension latérale pour limiter le varus de l'arrière pied. (Figure 1)
- 2 bandes élastiques (Elasto) ou rigides (Mix) de 3.75 cm de stabilisation du talus : une bande qui démarre en direction latérale et une en direction médiale. (Figure 2)
- 2 bandes élastiques (Elasto) ou rigides (Mix) de 3.75 cm en « croix » autour de l'axe tibial de verrouillage calcanéen en finissant parallèles : une bande qui démarre en direction latérale et une en direction médiale (Figure3).
- Fermeture en bande élastique de 6 cm en 8 avec mise en tension latérale pour limiter le varus. (Figure 4)

Les participants suivaient un protocole d'exercices standardisé qu'ils réalisaient deux fois. Le bloc d'exercices a été conçu pour se rapprocher au maximum des types et intensités de sollicitations caractéristiques de la pratique de terrain en sport collectif, avec des changements de direction, des rotations, des flexions-extensions maximales pour solliciter au maximum le strapping. L'objectif consistait à atteindre des fréquences cardiaques proches des valeurs maximales théoriques, afin que les participants ne soient pas en situation de sur-contrôle de leurs chevilles, ce qui aurait pu artificiellement protéger le bandage. Concrètement, les valeurs moyennes et maximales ont été enregistrées à partir du cardio fréquencemètre afin de s'assurer que les sujets aient atteint, à 5% près, la fréquence maximale (Fc max) théorique, en utilisant la formule $Fc \text{ max} = 206,9 - 0,67 \times \text{âge}$ ⁽¹³⁾.

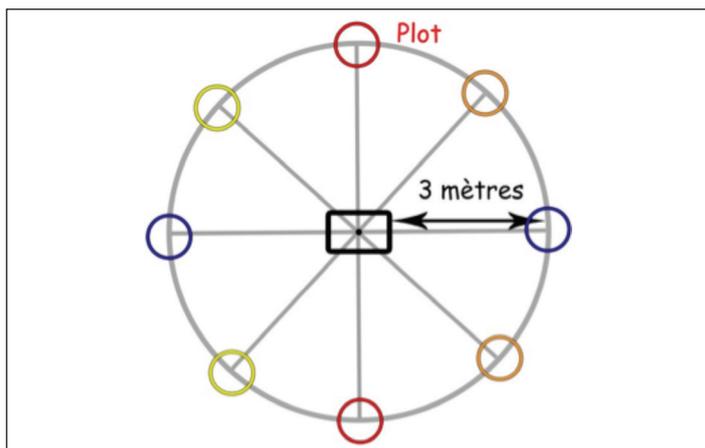
Le protocole d'exercices se déroulait de la manière suivante :

1. 4 minutes à allure « footing de 30 minutes »
2. 1 min de repos marche active
3. 6 minutes d'exercices type navettes australiennes (Figure 5) avec 6x30 secondes d'effort à 90% de la Fc max, 30 secondes de repos actif (marche) avec un maximum d'allers-retours dans les 30 secondes d'effort. C'est à ce moment que le participant devait atteindre la fréquence cardiaque la plus élevée en se rapprochant de sa Fc max. Les principaux intérêts de cette phase sont les changements de direction violents à intensité maximale qui limitent son implication cognitive dans le contrôle articulaire des chevilles.



› Figure 5 : navettes australiennes

4. 1 min de repos marche active
5. 2x2 minutes avec 1 minute de repos actif : au signal, changement de direction aléatoire, vers des plots en étoile (Figure 6) à 3 mètres autour d'un point sur lequel le participant devait toujours se replacer. Départ toutes les 10 secondes au maximum de l'intensité.



› Figure 6 : changements de direction

2 sollicitations axiales (avant et arrière), 4 latérales pures (2 gauches, 2 droites), 2 diagonales en arrière (gauche, droite), 4 diagonales en avant (2 gauches 2 droites).

Exemple de passage :

- | | |
|-------------------|-------------------|
| 1. Avant jaune | 7. Avant orange |
| 2. Arrière orange | 8. Bleu gauche |
| 3. Bleu gauche | 9. Avant orange |
| 4. Arrière jaune | 10. Avant jaune |
| 5. Avant rouge | 11. Arrière rouge |
| 6. Bleu droite | 12. Bleu droite |

Tirage au sort de chaque série pour avoir un passage varié et aléatoire.

- 1 minute de repos marche active.
- 2 minutes de squats jump, 1 toutes les dix secondes pour entrainer une sollicitation en flexion dorsale et flexion plantaire du strapping.

Paramètres analysés

Chaque mesure a été réalisée trois fois. Une moyenne a été calculée et utilisée pour les analyses.

Les angles de flexion, d'extension, d'éversion, et d'inversion ont été mesurés à l'aide de deux capteurs inertiels Bioval® et du logiciel SICOMORE de la société RM Ingénierie. La précision de la mesure était de l'ordre du degré. Ces capteurs ont été utilisés car ils sont un bon compromis entre mise en œuvre sur le terrain et précision de la mesure. D'un point de vue technologique, le capteur inertielle se compose de plusieurs capteurs élémentaires : un accéléromètre 3D, un gyroscope 3D et un magnétomètre 3D. Les informations recueillies par ces capteurs sont associées grâce à l'utilisation d'un algorithme de fusion de données. Le principe de cet algorithme est d'estimer puis corriger l'altération des données de chacun des capteurs élémentaires en utilisant les informations des autres capteurs. Plusieurs études se sont intéressées à la précision angulaire des capteurs inertiels, rapportant une précision de l'ordre de 3° à 5° lors d'essais dynamiques⁽¹⁴⁻¹⁵⁾. Pour le calcul des angles articulaires, la précision rapportée est du même ordre de grandeur (2° à 4°), lorsqu'une autre technologie non-invasive est prise pour référence⁽¹⁶⁻¹⁷⁻¹⁸⁾. Les récents travaux de *Lebel et al.*⁽¹⁹⁾

réalisés en 2015, mettent toutefois en avant une diminution de la précision angulaire des capteurs inertiels au cours du temps.

Un capteur était placé sur la face dorsale du pied en regard du corps du 2^e métatarsien, et un autre sur la crête tibiale interne à 20 cm de la malléole interne (au-dessus de la bande).

Avant chaque mesure, une remise à zéro est réalisée par le logiciel. De manière à standardiser la position de départ, le participant était debout en appui contre le mur, avec des repères au sol pour son talon et son gros orteil, et sur le mur (au niveau de la tête) pour que l'angulation initiale pied/jambe soit constante, et ainsi obtenir des valeurs de références comparables.

La mesure était effectuée en actif et la consigne transmise au sujet était d'exercer toujours la même tension sur le bandage, quelle que soit la direction, toujours dans le même ordre (flexion dorsale, flexion plantaire, éversion, inversion).

La première mesure était précédée de 3 sollicitations dans chaque direction afin que le participant comprenne et maîtrise le bon mouvement.

Si le principal mouvement à limiter et à analyser était bien l'inversion, les 3 autres axes de mobilité étaient également impactés par le bandage. Les mesures en flexion dorsale, flexion plantaire et en éversion ont donc été réalisées afin d'avoir une idée globale de la perte de mobilité du bandage. Elles seront à mettre en perspective avec la sensation subjective de maintien ressentie par les participants.

La position des capteurs était indiquée au feutre sur la peau ou le strapping de manière à garantir un positionnement reproductible lors de chaque mesure car les participants n'avaient pas de capteurs sur eux durant les phases d'effort afin de garantir un engagement maximal. A l'issue de chaque session de mesure avec strapping, ils devaient indiquer « quelle était leur sensation de maintien global » au moyen d'une note cotée de 0 à 20, 0 étant la cheville libre et 20 la cheville immobilisée totalement...

Analyse statistique

La limitation de l'amplitude articulaire assurée par le bandage était déterminée suivant la formule :

$$\text{Limitation} = 100 - \frac{\text{Moyenne avec bandage au temps T}}{\text{Moyenne sans bandage}} \times 100$$

L'analyse statistique des données était réalisée sur le pourcentage de limitation du bandage. Chaque valeur représente donc le pourcentage de limitation par rapport à une limitation totale supposée de 100 %.

Les résultats ont été organisés en deux fois 3 groupes, un groupe était créé pour chaque mesure et chaque modalité de bandage. Le test de Shapiro-Wilk a confirmé la distribution normale des données. Une ANOVA à mesures répétées a été utilisée afin d'analyser l'effet groupe, l'effet temps et l'interaction entre les deux ces deux paramètres.

Le seuil de significativité était positionné à $p < 0.05$.

Résultats

Les pourcentages moyens de limitation de mobilité en flexion, extension, inversion et éversion sont présentés dans les [Tableaux 2, 3, 4 et 5](#).

La significativité des différences est présentée pour les mesures de la limitation en inversion uniquement car elles sont les plus pertinentes vis à vis du mécanisme traumatique le plus courant, à savoir l'entorse latérale de cheville. En revanche, les autres mesures sont intéressantes et à rapprocher de la sensation subjective globale de maintien de la cheville des participants.

Pour la mesure objective de la limitation mécanique de l'inversion

L'ANOVA à mesures répétées des valeurs de la limitation de l'inversion des deux groupes (Mix et Elasto) par 3 temps (T0, T20, T40) a mis en évidence 3 résultats importants.

- **Différence entre les groupes :**

L'analyse a révélé une différence significative entre les groupes. La limitation d'amplitude dans le groupe Mix était globalement (par ex. sur les trois temps confondus) significativement supérieure à celle du groupe Elasto ($p < 0,05$).

Le pourcentage moyen de la perte de limitation de mobilité en inversion était de 46% ($\pm 13\%$) pour le groupe MIX et de 29% ($\pm 14\%$) pour le groupe Elasto ([Figure 7](#)).

- **Différence dans le temps :**

Dans les deux groupes une perte de la limitation significative au cours du temps ($p < 0,05$) a été objectivée.

La perte de limitation moyenne en inversion tous groupes confondus était de 52.5% ($\pm 12\%$) à T0. A T20, elle était de 33.5% ($\pm 11\%$) et à T40 de 27% ($\pm 13\%$) ([Figure 8](#)).

Limitations moyennes	Groupe MIX		Groupe ELASTO	
	Limitation	Ecart type	Limitation	Ecart type
T0	40 %	16 %	38 %	15 %
T20	23 %	10 %	29 %	15 %
T40	16 %	12 %	25 %	15 %

› Tableau 2 : pourcentage moyen de limitation de mobilité en flexion

Limitations moyennes	Groupe MIX		Groupe ELASTO	
	Limitation	Ecart type	Limitation	Ecart type
T0	40 %	19 %	40 %	15 %
T20	24 %	13 %	21 %	12 %
T40	21 %	15 %	11 %	11 %

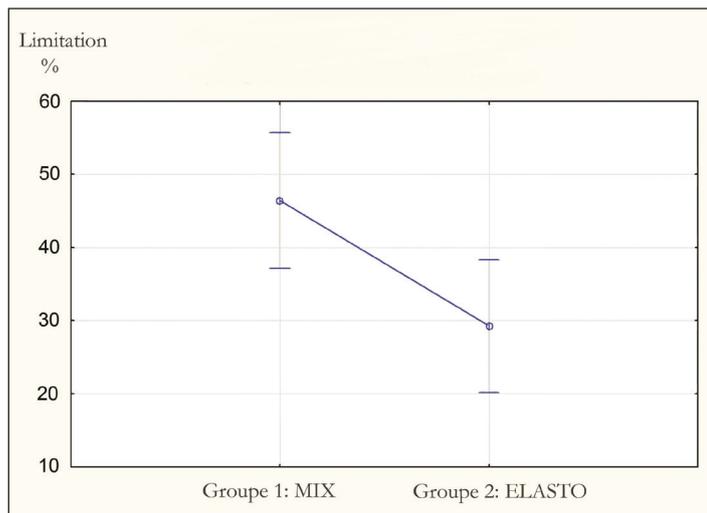
› Tableau 3 : pourcentage moyen de limitation de mobilité en extension

Limitations moyennes	Groupe MIX		Groupe ELASTO	
	Limitation	Ecart type	Limitation	Ecart type
T0	35 %	19 %	33 %	18 %
T20	29 %	18 %	22 %	15 %
T40	24 %	11 %	21 %	18 %

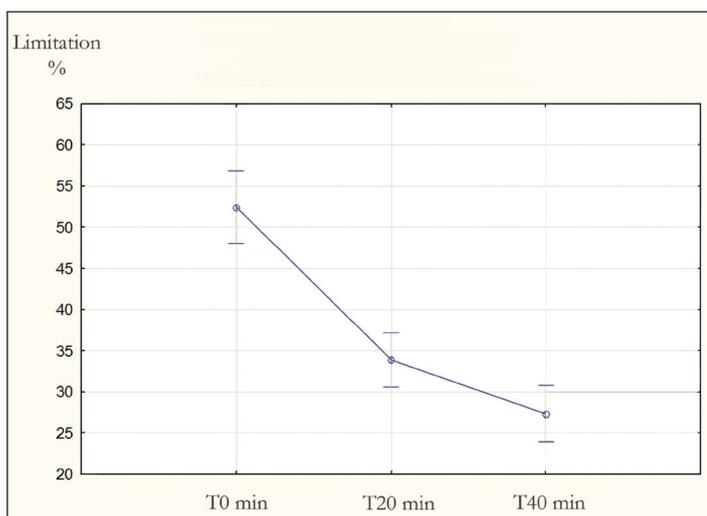
› Tableau 4 : pourcentage moyen de limitation de mobilité en éversion

Limitations moyennes	Groupe MIX		Groupe ELASTO	
	Limitation	Ecart type	Limitation	Ecart type
T0	54 %	11 %	42 %	11 %
T20	38 %	8 %	23 %	6 %
T40	34 %	9 %	16 %	6 %

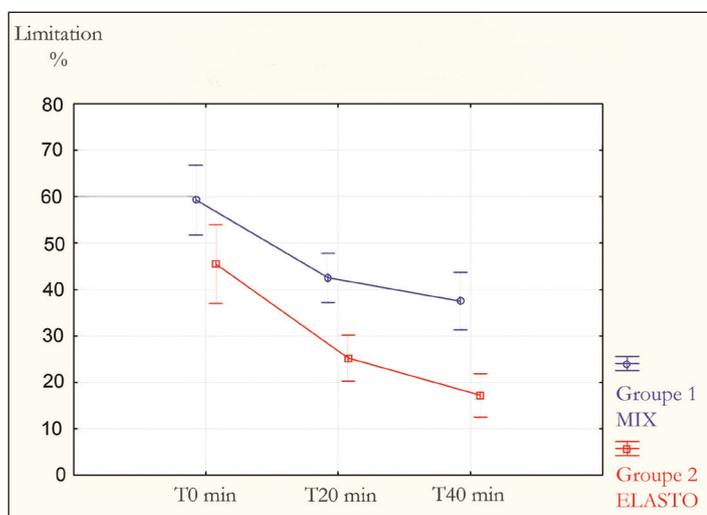
› Tableau 5 : pourcentage moyen de limitation de mobilité en inversion



› Figure 7 : limitation moyenne (%) de l'inversion au cours du temps groupes MIX et Elasto réunis. Effet significatif ($P < 0.05$). Les barres d'erreur représentent les intervalles de confiance à 95%.



› Figure 8 : limitation moyenne (%) de l'inversion au cours du temps groupes MIX et Elasto réunis. Effet significatif ($P < 0.05$). Les barres d'erreur représentent les intervalles de confiance à 95%.



› Figure 9 : limitation moyenne (%) de l'inversion dans les deux groupes au cours du temps. Effet non significatif ($p = 0.30$). Les barres d'erreur représentent les intervalles de confiance à 95%.

Le graphique montre une forte diminution de la limitation dans les 20 premières minutes (19%). La diminution était moins forte pendant les 20 minutes qui ont suivi (6.5%) (Figure 8).

• Interaction Groupe vs Temps:

L'ANOVA à mesures répétées n'a pas permis de mettre en évidence de différence significative dans l'interaction entre les groupes et le temps ($p = 0.31$). L'évolution de la limitation d'amplitude n'était donc pas significativement différente entre le groupe MIX et le groupe ELASTO.

Pour la mesure objective de la limitation mécanique de l'inversion

Les moyennes des mesures de la sensation globale de maintien de la cheville sur une échelle de 0 à 20 sont présentées dans le tableau 6.

	MIX	ELASTO
Moyenne T0	14.89/20 (± 1.45)	13.44/20 (± 3.01)
Moyenne T20	11.00/20 (± 1.87)	11.67/20 (± 3.24)
Moyenne T40	9.44/20 (± 2.19)	8.44/20 (± 2.70)

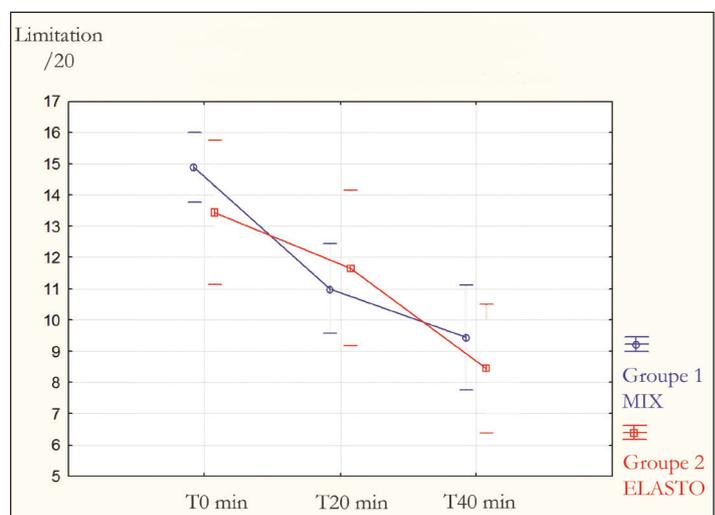
› Tableau 6 : moyenne de la sensation globale de maintien de la cheville

Si la différence entre les groupes n'était pas significative ($p > 0.05$), une diminution significative de la limitation d'amplitude au cours du temps a été mise en évidence ($p < 0.05$).

Comme l'illustre la figure 10, l'interaction entre la sensation de maintien et le temps n'était pas significativement différente entre les deux groupes ($p > 0.05$)

Discussion

Le but de ce travail consistait à comparer l'évolution temporelle de la limitation mécanique du mouvement d'inversion



› Figure 10 : sensation de limitation (/20) dans les deux groupes au cours du temps. Effet non significatif ($p > 0.05$). Les barres d'erreur représentent les intervalles de confiance à 95%.

associée à la pose d'un strapping composé exclusivement de bandes extensibles (Elasto) ou d'un mélange de bandes élastiques et rigides (Mix).

Un premier niveau d'analyse consiste à s'intéresser à l'évolution des paramètres mécaniques et subjectifs au cours des 20 premières minutes d'activité physique; les résultats démontrent une altération significative et importante de ces paramètres pour les deux méthodes de strapping. Ces résultats sont en accord avec ceux communément retrouvés dans la littérature ⁽⁴⁻⁸⁻¹⁰⁻¹¹⁾. Cependant, dans notre travail, les valeurs associées à la pose des bandes rigides s'avèrent être assez éloignées des données de l'étude de *Purcell et al* ⁽⁴⁾ qui font état d'une perte de limitation mécanique estimée à 99 % au bout de 30 minutes. Ce différentiel peut s'expliquer par la nature du montage utilisé. *Purcell et al* ⁽⁴⁾ ont en effet utilisé des bandes non-élastiques comme bandes d'ancrage. Or, il s'avère que ce type de bande résiste très peu à la transpiration, ce qui explique le faible maintien de la cheville post-exercice. Cet effet est également renforcé par la présence de très fines bandes de mousse de protection cutanée limitant le pouvoir d'adhérence du montage. Finalement, nous pouvons considérer que l'effet de ce montage s'apparente à celui d'une orthèse en tissu rigide, plutôt qu'à celui d'un strapping qui adhère à la peau. Afin de maintenir une limitation de l'amplitude d'inversion la moins altérée possible au cours du temps, il semble donc pertinent d'utiliser un montage qui assure une bonne adhérence cutanée des bandes d'ancrage sur lesquelles viennent s'insérer des bandes chargées de limiter le mouvement.

La perte de limitation en inversion s'est poursuivie au-delà des 20 minutes, avec une pente plus modérée que lors des 20 premières minutes et de manière similaire pour les deux conditions de pose. Les résultats obtenus au terme des 40 minutes d'exercice permettent de constater la supériorité du strapping associant les deux types de bandes par ex. élastiques et rigides en terme d'effet mécanique. En effet, dans cette condition la limitation du mouvement d'inversion, et donc l'efficacité mécanique, diminue de 54 % contre 71 % en présence d'un strapping élastique. Par ailleurs, nous pouvons noter sur la [figure 13](#) que les étendues des intervalles de confiance à 95 % entre les 2 groupes (Elasto et Mix) ne se superposent pas, ce qui illustre la nette différence de comportement mécanique entre les 2 montages après 40 minutes d'effort physique.

Toutefois, ce gain mécanique ne semble pas perceptible par les sujets qui rapportent la sensation d'être maintenus de la même manière avec les deux modalités de strapping. Les différences constatées entre l'évolution des mesures objectives et celle du ressenti subjectif des participants peuvent être expliquées par la nature de la question qui leur a été posée. En effet, ils ont été interrogés sur la sensation globale de limitation mécanique sans référence à une direction particulière. Or, comme le montrent nos résultats ([Tableau 1-2-3](#) et [Figures 7-8-9](#)), il s'avère que l'effet du type de montage sur la limitation mécanique est spécifique à la direction en inversion. Il aurait été pertinent de prélever des informations subjectives différenciées en fonction de la direction de sollicitation, à l'image des données objectives prélevées.

Un facteur complémentaire peut également être avancé pour expliquer en partie le fait que les sensations de maintien des

participants ne soient pas corrélées aux mesures objectives relevées pour les deux groupes. En effet, le contact de la bande sur la peau et son effet indirect sur la proprioception d'origine cutanée représente une composante de la perception de maintien non investiguée objectivement ici. Il a été démontré que la présence d'un bandage améliore la proprioception de la cheville ⁽²⁾. Toutefois, ce travail réalisé uniquement chez une population saine ne s'est intéressé qu'à l'axe sagittal. D'autres auteurs ont par ailleurs démontré que la présence d'un strapping améliorerait la détermination de la position spatiale du pied, ce qui peut, in fine, jouer un rôle dans la prévention de l'entorse de cheville ⁽¹¹⁾. A l'inverse, certains travaux concluent que le strapping diminue la capacité à détecter les mouvements dans l'axe d'inversion/éversion chez des participants présentant des entorses de cheville chroniques ⁽²⁰⁾ ou n'a pas d'effet sur l'acuité proprioceptive à long terme chez les participants présentant une instabilité chronique ⁽²¹⁾. Finalement, bien que des résultats positifs concernant l'impact proprioceptif du strapping soient présentés dans la littérature, il ne semble pas exister de consensus clair à ce sujet. Sur les aspects mécaniques, la littérature démontre clairement l'altération rapide de la capacité de limitation mécanique. La présente étude met en évidence la supériorité d'un montage mixte de bandes élastiques et rigides, par rapport à l'utilisation de bandes élastiques uniquement. Si le montage mixte n'est pas associé à une sensation subjective de stabilité supérieure et ne permet pas l'altération dans le temps de la limitation mécanique, son effet protecteur initial supérieur vis-à-vis du mécanisme traumatique en inversion lui permet de conserver une supériorité de performance dans cette direction spécifique après 20 et 40 minutes d'exercice.

Ce travail exploratoire présente plusieurs limites qui semblent importantes à prendre en compte. Ces dernières ont été classées en trois grandes catégories à savoir les biais liés à l'opérateur, ceux relatifs aux participants, et enfin ceux qui concernent la méthodologie. Concernant l'opérateur il s'avère que, bien que la procédure de pose des strapping ait été précisément standardisée, certaines différences de mise en tension ou d'orientation des bandes peuvent exister donnant naissance à une variabilité qualifiée intra-opérateur (les différences inter-opérateurs ayant été contrôlées en choisissant un seul poseur expérimenté pour toutes les mesures). S'il s'agit d'une limite méthodologique sur le plan strictement expérimental, cette condition permet toutefois de se placer dans des conditions réalistes qui correspondent aux pratiques cliniques quotidiennes. Concernant les biais liés aux participants, le type de chaussure, la correction de la position du pied ou encore l'usure, la structure de la chaussure, ont pu avoir une influence sur la stabilité du pied lors de la course et des changements d'appui, et donc sur la sollicitation du strapping. Le niveau d'épuisement musculaire (fatigue) des participants consécutif à la réalisation des exercices a également pu altérer leur capacité à évaluer la tension exercée sur le bandage, et donc l'amplitude mesurée. D'autre part, les participants étaient libres de changer de direction sur le pied de leur choix, les sollicitations du strapping pendant le protocole pouvaient donc différer. Là encore, ces choix ont été faits afin de laisser une liberté d'action aux sujets et de conserver un caractère naturel à la tâche effectuée. Il s'agit d'une balance toujours nécessaire entre la rigueur scientifique et l'ancrage dans les pratiques réelles en

dehors d'un protocole expérimental, condition indispensable au transfert des résultats obtenus à la pratique clinique. Enfin, les limites méthodologiques de ce travail renvoient notamment à l'absence de groupe contrôle. En effet, l'inclusion d'un groupe témoin composé de sujets sains auxquels il aurait été demandé d'effectuer des exercices sans solliciter le bandage mécaniquement aurait permis de déterminer l'évolution objective et subjective des limitations en l'absence de distension des bandes.

Conclusion

Cette étude suggère qu'il est préférable d'utiliser un montage mixant bandes élastiques et rigides pour favoriser un meilleur maintien mécanique de l'inversion lors de l'activité sportive. Même si pour le participant, il n'existe pas de différence de ressenti global de maintien entre les deux modalités de bandage, la limitation mécanique en inversion est significativement supérieure par rapport à un montage composé exclusivement de bandes élastiques. Le montage mixte ne permet pas d'éviter l'altération rapide (très importante dans les 20 premières minutes d'effort et poursuivie lors des 20 suivantes) de l'efficacité mécanique. C'est sa supériorité initiale qui est conservée en fin d'effort. Comme l'indiquent nos données, le montage mixte après 40 minutes d'effort n'est que 19% moins efficace que le montage élastique avant tout effort (cf. tableau 4).

Concrètement, en pratique clinique et à la lumière des résultats de l'étude, il nous semble qu'en cas de strapping, le montage mélangeant des bandes élastiques et rigides devrait être privilégié pour un sujet en situation d'instabilité chronique de cheville. Néanmoins, compte tenu de son effet mécanique modéré et rapidement dégressif, cette action de compensation mécanique ne remplacera pas une démarche de rééducation efficace, et notamment un renforcement excentrique en charge des éverseurs, associé à un travail d'anticipation du déclenchement de leur contraction, qui restent les moyens d'action principaux du rééducateur. Pour un joueur en phase de reprise précoce, le praticien devra refaire le bandage plus ou moins rapidement selon le type d'activité proposée. Pour les sports d'équipe, un nouveau montage doit idéalement être fait à la pause de la mi-temps. En ce qui concerne le bandage « de confort », souvent demandé par les athlètes après un épisode traumatique aigu et une rééducation sérieusement conduite, nous pensons qu'un montage purement élastique peut convenir. En effet, nos données suggèrent que la perception globale par le sportif ne sera pas modifiée. Si l'on considère un éventuel effet psychologique (voire placebo) du strapping, le type de montage ne semble pas avoir d'impact sur la perception globale de maintien qui représente la voie d'entrée de ces mécanismes psychosomatiques. Il est cependant particulièrement utile dans ce cadre de discuter avec l'athlète pour comprendre sa motivation à conserver ce bandage, de façon à travailler cela avec lui à postériori, et à engager une démarche de désaccoutumance pilotée par l'évaluation objective de la restauration des paramètres fonctionnels de stabilité articulaire (acuité proprioceptive, performance musculaire) assurée par la rééducation correctement effectuée et entretenue. Il semble important de retenir que les contentions souples quelles qu'elles soient perdent rapidement de leur efficacité au cours du temps, et que l'axe d'optimisation principal semble être le niveau d'efficacité initial.

Implications pour la pratique

- Dans un strapping le rôle et la qualité des bandes d'ancrage est primordial.
- Pour un athlète en phase de reprise, préférer un bandage hybride composé de bandes élastiques et rigides.
- Pour un joueur demandeur mais sans déficit fonctionnel, ne pas hésiter à réaliser un bandage exclusivement élastique.
- Pour un maintien mécanique optimal lors d'un match en sport collectif, changer de bandage à la mi-temps.

Contact

Pierre Armengaud
armengaud.pierre@gmail.com

Références

1. Ferran NA, Maffulli N, Epidemiology of Sprains of the Lateral Ankle Ligament Complex. *Foot and Ankle Clinics*. 2006;11(3):659-662.
2. Iris M, Monderde S, Salvador M, Salvat I, Fernandez-Ballart J, Judith B. Ankle Taping Can Improve Proprioception in Healthy Volunteers. *Foot & Ankle International*. 2010;31(12):1099-1106.
3. Hertel J. Functional Anatomy, Pathomechanics, and Pathophysiology of Lateral Ankle Instability. *Journal of Athletic Training*. 2002;37(4):364-375
4. Purcell S, Schuckman B, Docherty C, Schrader J, Poppy W. Differences in Ankle Range of Motion Before and After Exercise in 2 Tape Conditions. *The American Journal of Sports Medicine*. 2009;37(2):383-389.
5. Tréguët P, Merland F, Horodyski M. A comparison of the effects of ankle taping styles on biomechanics during ankle inversion. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2013;56(2):113-122.
6. Ashton-Miller J, Ottaviani R, Hutchinson C, Wojtys E. What Best Protects the Inverted Weightbearing Ankle Against Further Inversion?. *The American Journal of Sports Medicine*. 1996;24(6):800-809.
7. Siegler S, Marchetto P, Murphy D, Gadikota H. A Composite Athletic Tape With Hyperelastic Material Properties Improves and Maintains Ankle Support During Exercise. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 2011;41(12):961-968.
8. Fleet K, Galen S, Moore C. Duration of strength retention of ankle taping during activities of daily living. *Injury*. 2009;40(3):333-336.
9. Paulson SB, Braun W. Prophylactic Ankle Taping. *Journal of Strength and Conditioning Research*. 2014;28(2):423-429.
10. Best R, Mauch F, Böhle C, Huth J, Brüggemann P. Residual Mechanical Effectiveness of External Ankle Tape Before and After Competitive Professional Soccer Performance. *Clinical Journal of Sport Medicine*. 2014;24(1):51-57.
11. Callaghan M. Role of ankle taping and bracing in the athlete. *British Journal of Sports Medicine*. 1997;31(2):102-108.
12. Forbes H, Thrussell S, Haycock N, Lohkamp M, White M. The Effect of Prophylactic Ankle Support during Simulated Soccer Activity. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2013;22(3):170-176.
13. Gellish R, Goslin B, Olson R, McDonald A, Russi G, Moudgil V. Longitudinal Modeling of the Relationship between Age and Maximal Heart Rate. *Medicine & Science in Sports & Exercise*. 2007;39(7):822-829.
14. Brodie M, Walmsley A, Page W. The static accuracy and calibration of inertial measurement units for 3D orientation. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*. 2008;11(6):641-648.
15. Picerno P, Cereatti A, Cappozzo A. A spot check for assessing static orientation consistency of inertial and magnetic sensing units. *Gait & Posture*. 2011;33(3):373-378.

16. Cutti A, Giovanardi A, Rocchi L, Davalli A, Sacchetti R. Ambulatory measurement of shoulder and elbow kinematics through inertial and magnetic sensors. *Medical&Biological Engineering &Computing*. 2007;46(2):169-178.
17. Ferrari A, Cutti A, Garofalo P, Raggi M, Heijboer M, Cappello A et al. First in vivo assessment of «Outwalk»: a novel protocol for clinical gait analysis based on inertial and magnetic sensors. *Medical&Biological Engineering &Computing*. 2009;48(1):1-15..
18. Brennan A, Zhang J, Deluzio K, Li Q. Quantification of inertial sensor-based 3D joint angle measurement accuracy using an instrumented gimbal. *Gait& Posture*. 2011;34(3):320-323.
19. Lebel K, Boissy P, Hamel M, Duval C. Inertial Measures of Motion for Clinical Biomechanics: Comparative Assessment of Accuracy under Controlled Conditions – Changes in Accuracy over Time. *PLOS ONE*. 2015;10(3):e0118361.
20. Refshauge K, Raymond J, Kilbreath S, Pengel L, Heijnen I. The Effect of Ankle Taping on Detection of Inversion-Eversion Movements in Participants With Recurrent Ankle Sprain. *The American Journal of Sports Medicine*. 2009;37(2):371-375.
21. Raymond J, Nicholson L, Hiller C, Refshauge K. The effect of ankle taping or bracing on proprioception in functional ankle instability: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2012;15(5):386-392.



Annexe 1:

Proposition de standardisation d'un strapping pour l'entorse latérale de cheville

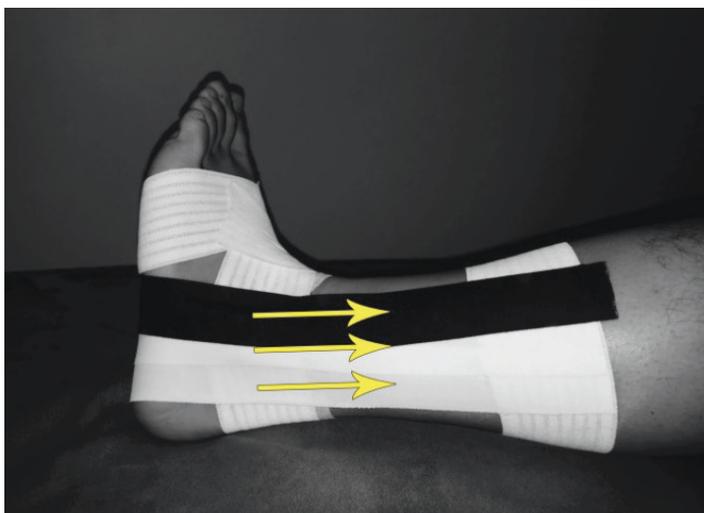
Nous avons représenté le strapping MIX composé de bandes rigides et de bandes élastiques. Les orientations des bandes sont les mêmes pour le strapping Elasto, mais avec des bandes élastiques uniquement.



› Figure 15: bandes d'ancrage



› Figure 16: mise en place du premier étrier avec mise en tension latérale



› Figure 17: mise en place des 3 étriers



› Figure 18: première bande de stabilisation du talus vue latérale



› Figure 19: première bande de stabilisation du talus, vue médiale



› Figure 20: première bande de verrouillage calcanéen, vue latérale



› Figure 21: première bande de verrouillage calcanéen, vue médiale



› Figure 22: croisement des deux bandes de verrouillage calcanéen autour de l'axe tibial, vue inférieure



› Figure 23: mise en place des 3 étriers



› Figure 23: bande en 8, mises en tension latérale



› Figure 25: montage final, vue latérale



› Figure 26: montage final, vue médiale