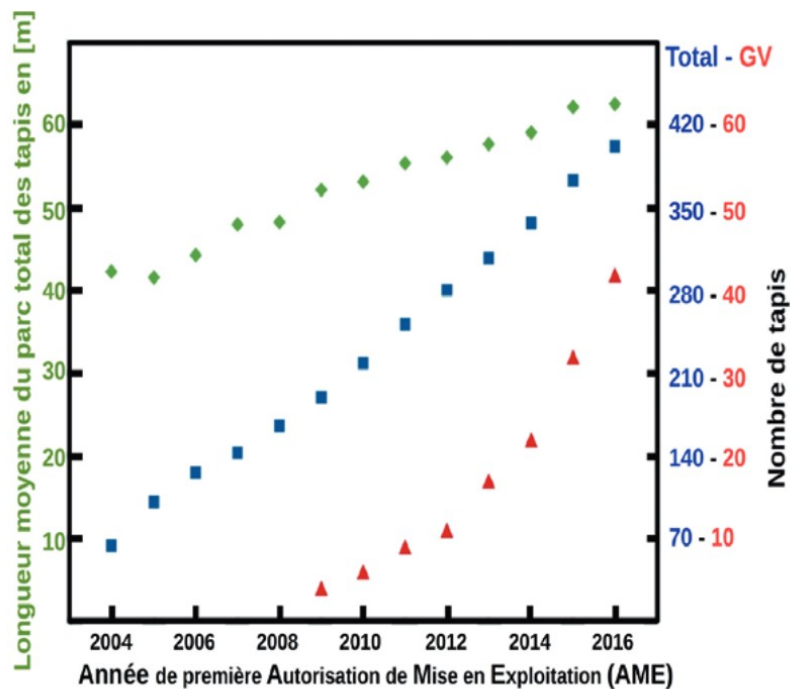


## Tapis Roulants à Grande Vitesse (1,2 m/s)

### Essais de chocs avec mannequin CRASH-TEST et règles de conception issues d'analyse Bio-Mécaniques

Depuis 2004, le STRMTG contrôle le parc français des Tapis Roulants de Station de Montagne (TRSM). Le parc autorisé est passé de 112 appareils initialement à 404 en 2017. De plus, la tendance constante est à l'augmentation de la longueur moyenne des tapis (+155% en 12 ans). La FIGURE 1 ci-dessous illustre le passage des "petits tapis" d'école de ski aux "grand tapis" transportants skieurs et piétons en environnement périurbain dans les grandes stations de sports d'hiver.



NOTA : Les données présentées excluent les tapis déjà fermés depuis leur première AME

FIGURE 1: Augmentation de la longueur des tapis, de leur nombre et de leur vitesse sur la période 2004-2017

Par conséquent, consécutivement à l'augmentation de la longueur des tapis roulants, les constructeurs ont demandé des dérogations à la réglementation en vigueur, afin de fonctionner à des vitesses supérieures à 0,7m/s et ainsi garantir aux usagers un temps minimum de transport.

Le STRMTG a donc étudié dans quelles conditions de sécurité ces dérogations d'augmentation de vitesse pouvaient être acceptables.

## Principe de sécurité sur un tapis roulant à vitesse standard (0,7 m/s)

Le transport normal des personnes sur un tapis s'effectue debout. Cependant, le scénario dangereux de référence est celui d'un enfant de 6 ans à plat ventre sur la bande, bras devant. La trappe de sécurité (en rouge FIGURE 2) est un dispositif fondamental permettant de se prémunir face au risque d'écrasement au point rentrant de la bande. Pour un tapis roulant à la vitesse standard 0,7 m/s, un effort de 50 Newtons sur la trappe de sécurité déclenche un arrêt d'urgence en 20 cm. Le "volume de sécurité" libéré est de 6cm de profondeur max x 20cm de hauteur x largeur du tapis. Il permet uniquement le passage des bras d'un enfant lors de l'arrêt d'urgence de l'appareil.

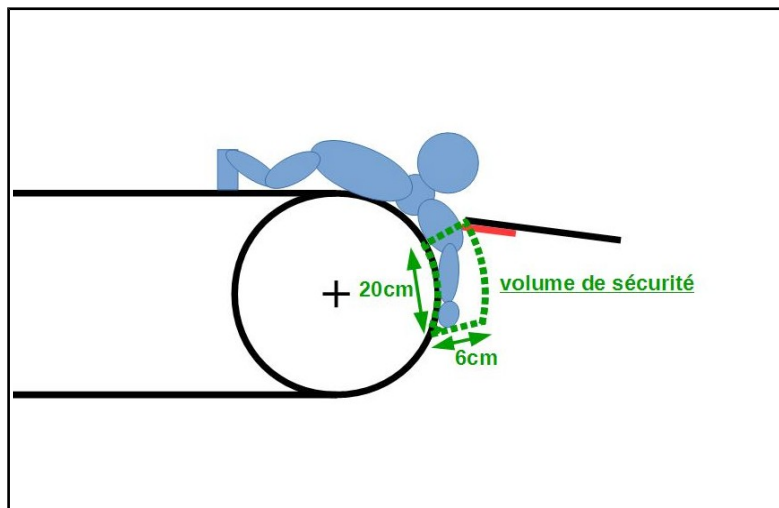


FIGURE 2: Principe de la trappe de sécurité d'un tapis standard ( $V_{max}=0,7m/s$ )

## Principe Géométrique de la trappe de sécurité d'un Tapis roulant à grande vitesse (1,2m/s)

Pour les tapis à grande vitesse (1,2 m/s) la distance d'arrêt d'urgence a été augmentée à environ 50 cm ( $\pm 10$  cm) (car un arrêt en 20 cm serait trop violent et risquerait de déséquilibrer les usagers en ligne). Par conséquent, la trappe de sécurité a été adaptée pour libérer un volume de sécurité plus important, permettant d'accueillir sur un matelas en fond de fosse la tête et le buste de l'enfant lors de l'arrêt d'urgence de l'appareil. La FIGURE 3 ci-dessous illustre le principe de la trappe de sécurité d'un tapis grande vitesse.

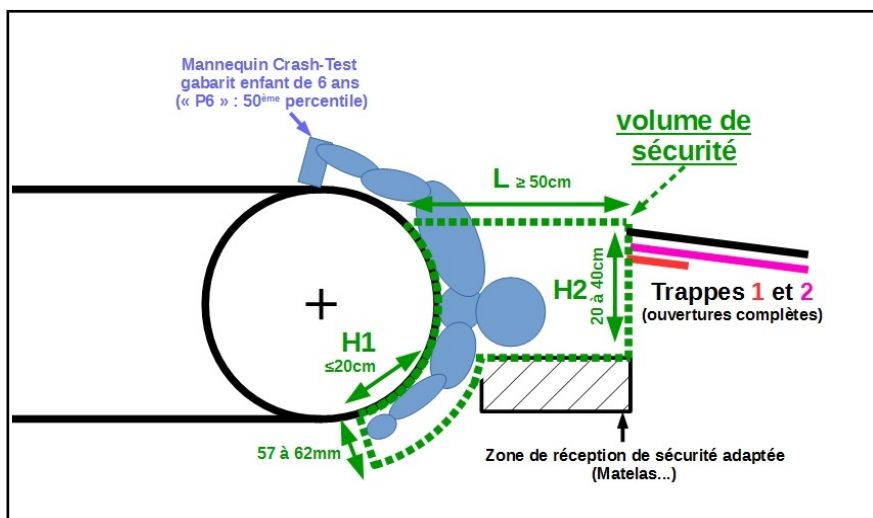


FIGURE 3: Principe de la trappe de sécurité d'un tapis à grande vitesse ( $V_{max}=1,2m/s$ )

Cette solution, acceptable géométriquement, pose la question de l'acceptabilité des chocs subits lors d'une chute dans une fosse de tapis roulant à grande vitesse.

## L'étude menée

L'objectif est de faire des analyses biomécaniques des essais déjà réalisés par le passé et d'effectuer des essais complémentaires sur les tapis à grande vitesse. L'étude a été confiée à l'Institut français des sciences et technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux (IFSTTAR).

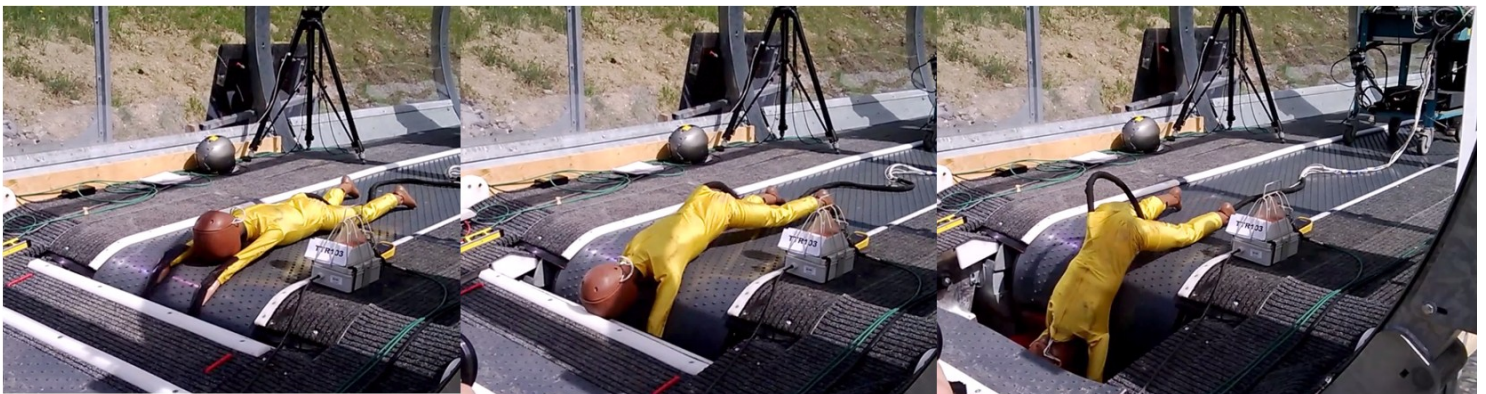
### Matériel et Méthode

- Utilisation d'un mannequin (gabarit enfant de 6 ans) précédemment utilisé dans les CRASH-TESTS automobiles. Il permet de mesurer les efforts subis par les bras, la tête et le cou.
- 2 Scénarios de références de mauvais débarquement : « Bras devant » et « Écharpe » (infiniment collée au tapis : improbable), cf. FIGURE 4 ci-dessous. NB : ces scénarios n'ont jamais été observés dans la réalité, ces cas de figure sont donc très défavorables.



*FIGURE 4: Photos des 2 Scénarios de mauvais débarquement*

- plus de 120 essais réalisés par l'IFSTTAR sur les tapis à grande vitesse de 4 constructeurs COMPAC, FICAP, LST, SUNKID, voir FIGURE 5 ci-dessous.
- 5 campagnes de 2010 à 2015 dans 3 Stations partenaires : Méribel, Val Thorens, Châtel.
- 1 analyse rétrofit par le Dr. Ph. VEZIN, bio-mécanicien à l'IFSTTAR.



*FIGURE 5: Chronophotographie d'un choc lors d'un essai avec mannequin instrumenté sur un Tapis roulant à Grande Vitesse (1,2m/s)*

## Les résultats de l'étude

La FIGURE 6 ci-dessous extraite du rapport de synthèse IFSTTAR donne les résultats des valeurs de HIC36\* (critère de blessure à la tête) en fonction de la vitesse du tapis lors des essais de mauvais débarquement. Pour ces gammes de vitesse, les résultats montrent que dès lors que la trappe fonctionne (ouverture des trappes) les risques de blessures sont négligeables ( $HIC36 < 35$ ).

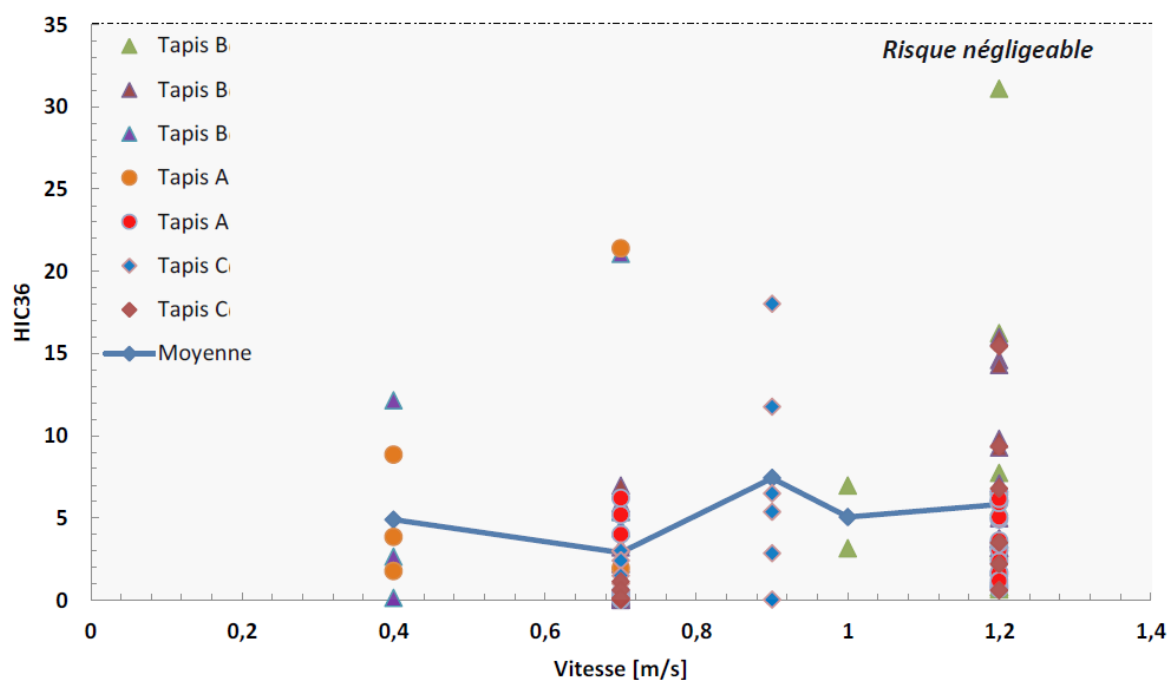


FIGURE 6: Evolution du HIC36 en fonction de la vitesse du tapis pour toutes les configurations d'essais avec ouverture de trappe (extrait de la Figure 8b du rapport IFSTTAR).

Une analyse similaire a été faite sur les critères de blessure au cou et conclut à des risques minimes.

Finalement l'analyse bio-mécanique des critères lésionnels et du risque de blessure associée démontre que le risque est minime sur les trappes des tapis roulants à grande vitesse (1,2 m/s max) conçus selon le principe de la FIGURE 2:

- Pour la tête le risque est quasiment négligeable dès lors que les trappes du tapis ont un fonctionnement correct.
- Pour le cou, le risque est minime. On observe moins de 15% de risque de blessures sérieuses et moins de 20% de blessures modérées pour un fonctionnement optimal des ouvertures de trappes.

En conséquence, à technologie équivalente de tapis, des tests fonctionnels d'ouverture de trappe peuvent suffire à déterminer de la bonne conception de la trappe du tapis.

### Suites données

Les tapis roulants à grande vitesse étaient précédemment autorisés par dérogations ministérielles ponctuelles jusqu'en 2016. En 2017, au vu des conclusions favorables de l'étude, les règles de conception des tapis roulants à grande vitesse ( $V_{\max}=1,2\text{m/s}$ ) ont pu être généralisées et intégrées dans la réglementation française :

- Arrêté du 17 janvier 2017 et Arrêté du 16 juin 2017 modifiant l'arrêté du 29 septembre 2010 relatif à la conception, à la réalisation, à la modification, à l'exploitation et à la maintenance des tapis roulants mentionnés à l'article L. 342-17-1 du code du tourisme
- Guide technique du STRMTG - Tapis roulants des stations de montagne - Version 2 du 13 juillet 2017

\* L'indicateur HIC 36 *Head Injury Criteria*, est un indicateur normalisé qualifiant le niveau de blessure à la tête. Il se calcule en prenant en compte les accélérations/décélérations subies par la tête dans la période de 36 millisecondes consécutives au chocs.