

# HANDICAP ET EVOLUTION SCIENTIFIQUE ET TECHNOLOGIQUE

## LA PROTHESE DANS Le HANDISPORT

### SOMMAIRE :

- Introduction
- 1. Présentation de la prothèse de la jambe (en général)
- 2. La prothèse sportive (Flex-foot)
- 3. Débat : Les athlètes handisport doivent-ils concourir avec les valides ?
- Conclusion

### INTRODUCTION :

C'est bien dans le domaine de l'**handisport** que les effets de l'**innovation technologique** sont les plus évidents. Les progrès considérables de l'innovation scientifique ont permis, grâce à la biomécanique et à d'autres technologies, de trouver de nouvelles prothèses permettant aux amputés de pratiquer leur passion à haut niveau. Ces progrès technologiques ont considérablement augmenté le nombre d'athlètes handisport d'élite et permis des exploits sportifs jusqu'à aujourd'hui inimaginables.

L'élaboration de matériaux nouveaux et de formes à la pointe du progrès ainsi que les avancées significatives réalisées dans **les domaines de l'ingénierie et de la technique chirurgicale** ont donné enfin aux athlètes handicapés la possibilité de pratiquer activement un sport. L'innovation technologique a permis la naissance de prothèses sportives plus résistantes, légères et confortables grâce notamment aux métaux les composant. Au cours de cette partie nous allons nous intéresser plus particulièrement aux lames de course utilisées par Markus Rehm qui de nos jours représentent le plus les **avancées technologiques** actuelles dans le domaine des prothèses sportives.

**Problématique :** Nous nous demanderons alors : En quoi l'évolution scientifique et technologique de la prothèse de la jambe a-t-elle permis aux handicapés de pratiquer un sport de haut niveau ?

**Annonce du plan :** Dans un premier temps nous vous présenterons la prothèse de la jambe dans son ensemble, puis nous analyserons la prothèse sportive et enfin nous intéresserons à la participation des athlètes handisport avec les valides.

## 1. PRESENTATION DE LA PROTHESE DE LA JAMBE

**Prothèse définition :** Prothèse vient du latin « prothesis » qui veut dire « addition ». Le suffixe du mot « pro -> signifie « pour » tandis que « -thèse » veut dire « appui ». Appareillage qui succède à un membre ou une partie d'un membre ou d'un organe pour remplacer les fonctions défailtantes.

### A) L'Histoire de la prothèse de la jambe (Trop dans histoire : parler plus du fonctionnement et du principe d'appareillage)

#### -La 1ère Prothèse :

Les premières prothèses remonteraient à la Préhistoire.

D'après des chercheurs allemands, les Égyptiens étaient capables d'amputer et de concevoir des prothèses; ils appuient leur théorie sur une momie d'une femme morte il y a environ 3 000 ans. Elle fut amputée de son orteil droit qui fut remplacé par une prothèse en bois sculpté (voir image), composée de trois parties, elle est **maintenue par une gaine en cuir cousue et du textile**. Les traces d'usure montrent qu'elle a servi et les chercheurs pensent qu'elle permettait un assez bon mouvement.

#### -l'Antiquité :

Pendant l'Antiquité, les Grecs et les Romains fabriquaient aussi des prothèses. (voir image « jambe de bois »). À ces époques les procédés de fabrication des prothèses ont évolué avec la technologie et les nouveaux matériaux mais le principe d'appareillage n'a pas vraiment changé.

### -Moyen-Âge :

Au Moyen-Âge, les prothèses n'ont qu'un but fonctionnel comme les pilons et les crochets (voir image). L'inconvénient était le poids et l'uni-fonctionnalité.

### -Renaissance :

À la Renaissance, de nombreux chirurgiens ont recours aux prothèses pour assister leurs patients et élaborent de nouveaux dispositifs qui seront utilisés jusqu'au XXème siècle comme le cuissard à pilon (voir image).

### -16ème siècle :

Au XVIème siècle, le chirurgien français, Ambroise Paré (1510-1590) développe de nombreuses techniques d'amputation (ligatures des vaisseaux) et de cautérisation au fer chaud. C'est aussi le créateur des armatures métalliques, des pilons articulés et des cuissards à pilons.

### -Les Guerres :

Les guerres, à cause du nombre impressionnant d'amputés et de démembrés mais aussi de brûlés et de mutilés, ont permis l'essor des technologies prothétiques et des entreprises qui les conçoivent.

A cause de la Guerre de Sécession (1861-1865) cela entraîne la naissance de centaines d'entreprises spécialisées soutenues par un gouvernement qui appareillait ses vétérans.

Par la suite, les deux Grandes Guerres Mondiales (1ère ≈300 000 amputés, 2nd ≈plusieurs millions)

-De nos jours les prothèses se sont surtout inspiré du modélisme, de la navigation (résine) et de l'aviation (fibre de carbone).

## B) Les causes d'amputations

### 1- Accidents (20% des amputations)

- Accidents de travail, domestique, de voiture
- Brûlure: électrocution, gelure : La gelure est une brûlure par le froid. Comme pour une brûlure, la gelure peut être superficielle ou profonde. Elle peut parfois atteindre les muscles et les os.

### 2- Les maladies (80% des amputations)

65% sont des personnes âgées de plus de 65 ans .

- Artérites (L'artérite désigne l'ensemble des lésions touchant les artères qui s'accompagnent d'un rétrécissement du calibre des artères. L'obstruction de la circulation sanguine est alors partielle ou totale, dans quel cas les conséquences peuvent être dramatiques. )

- Gangrène: nécrose des tissus si mauvaise circulation du sang.

- Artériosclérose durcissement et épaissement des parois des artères ( intima)

- Cancers

- La lèpre est une maladie infectieuse chronique. La maladie touche principalement la peau, les

nerfs périphériques, la muqueuse des voies respiratoires supérieures ainsi que les yeux. Le symptôme le plus courant est la résorption osseuse.

### 3- Amputations congénitales

Amputation du à un membre mal formé.

Source : <http://www.adepa.fr/reeducation/les-causes-damputation/>

### C) Les premiers pas en prothèses

- Définition :

- du membre inférieur : constitué de la cuisse et de la jambe

- de la jambe : comporte la partie du genou jusqu'au pied inclu

Ainsi, il existe 2 types d'amputations : Fémorale (amputation du membre inférieur au dessus du genou), tibiale (amputation sous le genou).

Nous allons nous intéresser en particulier aux amputations tibiales :

Si le chirurgien a réussi à remettre les muscles correctement ( gravité de l'amputation et état du membre) la personne pourra envisager d'utiliser une prothèse sportive et son moignon pourra de nouveau sentir toutes les sensations.

Le but est de remettre la personne le plus rapidement possible à la vertical pour le mental et la circulation ( bonnet de contention au début pour rétablir la circulation sanguine (pieds)) Dans certains cas on attend même pas la cicatrisation du moignon. Au début les prothèses sont régulièrement changées car le moignon change de taille. En moyenne les amputés d'accidents courent avant de marcher et le font au bout de 2 à 4 mois.

On peut noter que la prothèse permet de restituer toutes les sensations (exemples gants).

+ Une prothèse a une durée de vie de 5 ans .

<http://www.ossur.fr/Pages/17035>  
[http://www.belhiba.com/titre2\\_044.htm](http://www.belhiba.com/titre2_044.htm) voir 2  
<http://tpeprothese.e-monsite.com/pages/fonctionnement.html>  
<http://www.tpe.pistorius.free.fr/prothese.html>  
<http://tpe-fcouperin-mle.e-monsite.com/pages/parti-i-cheetah-une-prothese-particuliere.html>  
(caracteristiques cheetah?)  
<http://tpe-prothese-sportive.blogspot.fr>  
<http://lesprotheses.e-monsite.com/pages/oscar-pistorius.html> (pour le débat)

## TPE: RECHERCHES: II

### A)Présentation Flex-Foot:

La Flex-Foot Cheetah est un pied en fibre de carbone, haute performance, personnalisé, conçu principalement pour les activités sportives. Elle a été inventée par Van Phillips en 1984. Suite un accident, il s'est fait amputé de la jambe, juste au-dessus de la cheville. Après son accident Van Phillips jugeait que les prothèses du moment été inconfortables, bien que légères elles étaient peu flexibles et elles restituaient mal l'énergie. Inspiré par la forme en « L » des pattes de guépards ou d'autruches, Phillips élabora une conception initiale et commença à construire un prototype : De par sa conception, il affiche les caractéristiques de course du guépard, l'animal terrestre le plus rapide au monde. Il reproduit le mouvement de la patte arrière du félin qui s'étend pour atteindre le sol tandis que les muscles puissants de sa cuisse tirent son corps vers l'avant. La Cheetah a battu tous les records. Il suffit de regarder des athlètes comme, Oscar Pistorius, et bien sure Markus Rehm, tous deux détenteurs d'un record du monde, qui ont marqué l'histoire avec le pied Cheetah. C'est le pied de sprint optimal pour les amputés tibiaux et fémoraux.

### B)Fabrication de la Flex-Foot :

Moulage : -par plâtre  
-par scanner

La qualité de sa conception et de sa réalisation est importante pour le résultant fonctionnel : en effet l'emboîture doit être confortable, facile à chausser et avoir une tenue sur le moignon, pour ne pas le perdre en pleine activité. Celle de la cheetah est solidarisée par un accrochage distal ou un vide virtuel.

### C)Composition de la Flex-Foot:

#### -LES MATERIAUX:

La cheetah est composée de matériaux connus pour leurs effets surprenants. Une prothèse sportive doit être plus légère pour diminuer les dépenses d'énergie d'un athlète. Les principaux matériaux utilisés pour la fabrication d'une prothèse sportive sont :

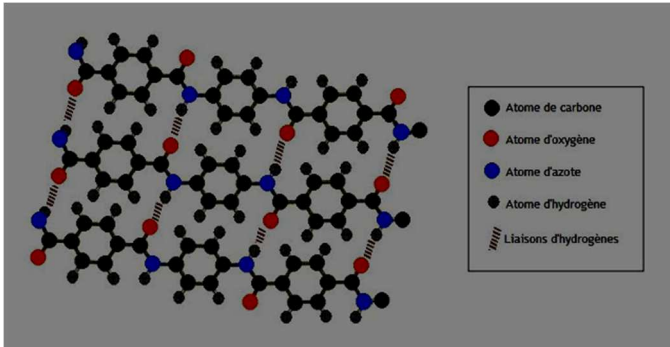
Le kevlar est une fibre synthétique qui a de très grandes propriétés mécaniques, comme l'absorption des vibrations, un bon amortissement des chocs,et une grande résistance à la traction et à la rupture. De plus, de part sa faible densité, c'est un matériau très léger. Mais il a aussi des défauts comme une faible adhérence avec les résines et une faible résistance à l'humidité.

Il existe trois types de Kevlar:

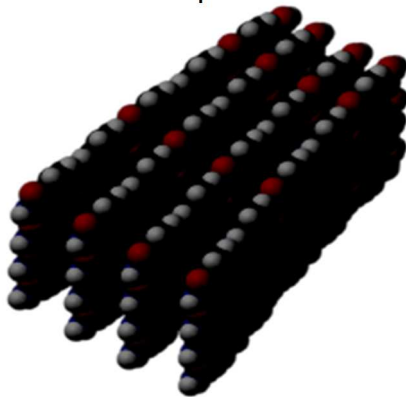
- Le Kevlar 49 qui compose la Cheetah.(rajouter infos)

- Le Kevlar 29 a de nombreuses qualités, il résiste a la traction (mode de travail d'un corps soumis à l'action d'une force qui tend à l'allonger), il a aussi une excellente résistance aux chocs.
- Le Kevlar simple est surtout utilisé pour le renforcement des pneumatiques et d'autres caoutchoucs.

(Même si cette fibre n'atteint pas une résistance aussi élevée que celle de la fibre de carbone. Sa résistance à la traction est supérieure à celle de l'acier.)

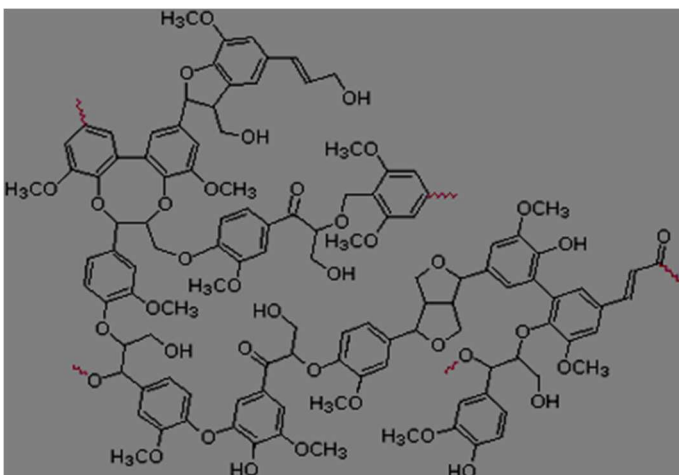


Structure chimique du Kevlar.

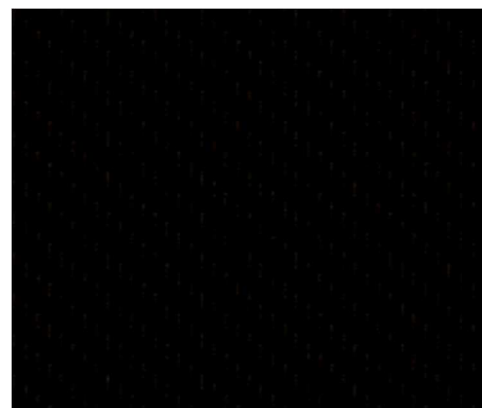


Représentation schématique du Kevlar.

**La fibre de carbone** : matériau composé de fibres extrêmement fines, de 5 à 15 micromètres de diamètre, et composé principalement, d'atomes de carbone. Ce type de matériau est utilisé dans toutes les applications exigeant une grande résistance mécanique pour une masse réduite.



Formule topologique de la fibre du carbone



Tissu de fibre de carbone

La fibre de verre est un matériau léger qui a plusieurs qualités : Sa résistance aux chocs, sa faible densité, et son inertie chimique, c'est à dire pas de réactions malvenues lors de contact avec la peau.

La fibre de verre permet un allègement des structures de 30% par rapport à l'acier.



*Tube de fibre de verre*

Ces matériaux coûtent très cher sauf la fibre de verre; une prothèse coûte en moyenne 80000 euros.

### -structure de la prothèse

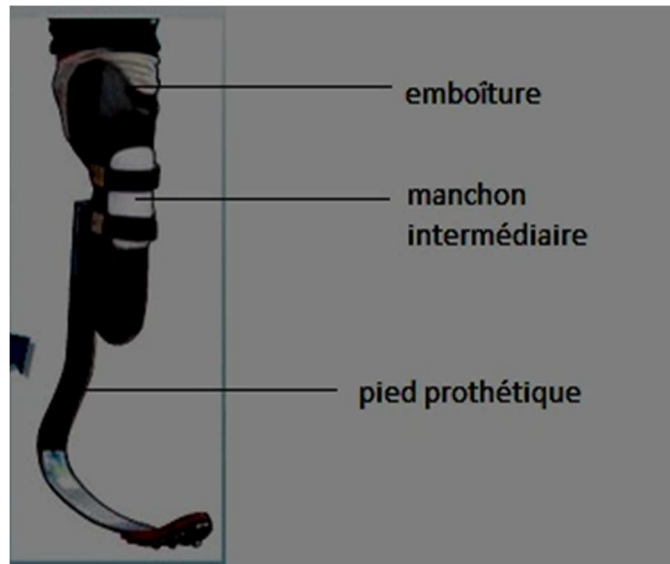
Elle est en forme de L, attachée à une semelle relevée formant un talon en dessous, et à une emboîture dans sa partie supérieure. Lorsque le porteur applique un poids sur talon, celle-ci agit comme un ressort, et convertit le poids en énergie(**fessier voir infos Emilie**). Ainsi l'athlète peut courir et sauter comme une personne non-handicapée(=**COMPENSATION**)

### La prothèse peut-être décomposée en trois grandes parties :

- **L'emboîture** : trois fonctions principales, la suspension de la prothèse, appui de celle-ci sur le moignon, elle sert notamment à la transmission des forces au cours de l'appui et activation de la prothèse par le moignon lors de l'exercice prothétique. L'emboîture est destinée à recevoir le moignon directement(**+matériaux**)(**réexpliquer avec nos mots**).
- **le manchon** : C'est l'interface entre la peau et l'emboîture. Il assure le confort et améliore la performance. Quelle que soit la qualité des autres composants de la prothèse, un manchon de mauvaise qualité engendra moins de confort et peu de contrôle. Il est le plus souvent en silicone. Il a aussi pour fonction de faciliter la mise en place du moignon dans la prothèse.(**+matériaux**)

• le pied prothétique: Il constitue la pièce terminale de la prothèse. Il assure le contact au sol. Les pieds des cheetah sont dits de « propulsion », ils ont comme caractéristique d'être constitués en fibre de carbone, la disposition, la longueur et la largeur des lames en carbone permettant une restitution d'énergie lors du pas prothétique.

(+ rajouter infos de l'interview)



*Schéma de la Cheetah Flex-Foot*

## FONCTIONNEMENT DE LA FLEX-FOOT:

Les trois étapes du mouvement avec la Flex-foot Cheetah:

### Etape 1



Lorsque la prothèse est en contact avec le sol, l'angle de la lame (qui est constitué de fibres de carbone) se réduit et absorbe 97 % de l'impact, la prothèse stocke de l'énergie pour lancer par la suite le coureur vers l'avant.

## Etape 2



Les grands fessiers et les quadriceps du coureur fournissent la quasi-totalité de sa locomotion. La forme de la prothèse permet à l'énergie de se déplacer vers la pointe où l'énergie est stockée pour l'étape suivante.

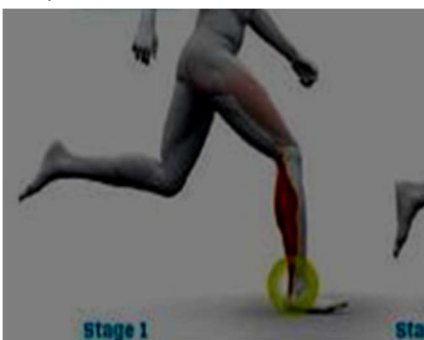
## Etape 3



Quand le coureur pousse sur sa prothèse, la pointe de celle-ci libère toute son énergie comme un ressort. Sans les pieds, ni les mollets pour les aider; les fessiers, les quadriceps et les ischio-jambiers doivent travailler deux à trois fois plus afin que le coureur atteigne la même vitesse.

## Les trois étapes du mouvement d'un valide:

### Etape 1



Le tendon d'Achille remplit une fonction similaire à celle de la prothèse, il absorbe le choc lors de l'impact et stocke l'énergie afin de pousser l'athlète vers l'avant lorsque les muscles du mollet s'étire.



## Etape 2

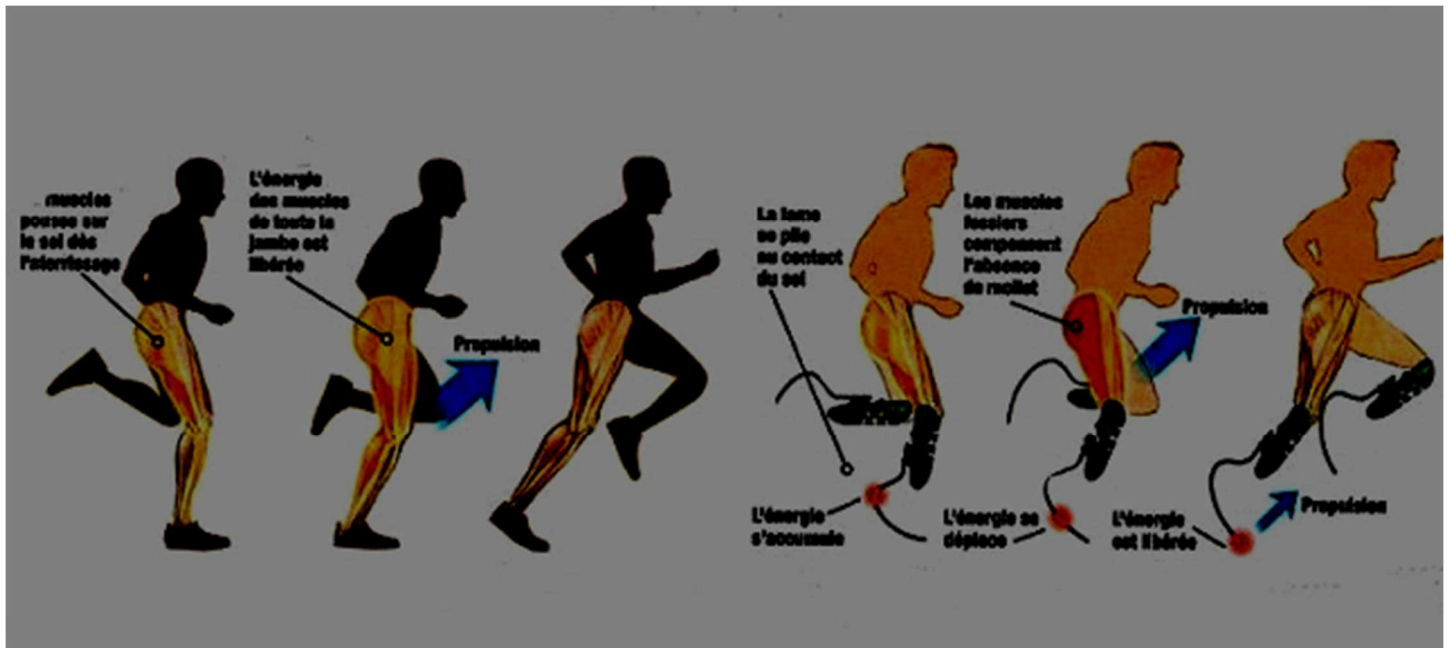


En plus de la puissance fournie par les grands fessiers, les quadriceps et les muscles du mollet. Le tendon d'Achille du coureur valide toujours étiré, permet au coureur de stocker plus d'énergie.

## Etape 3



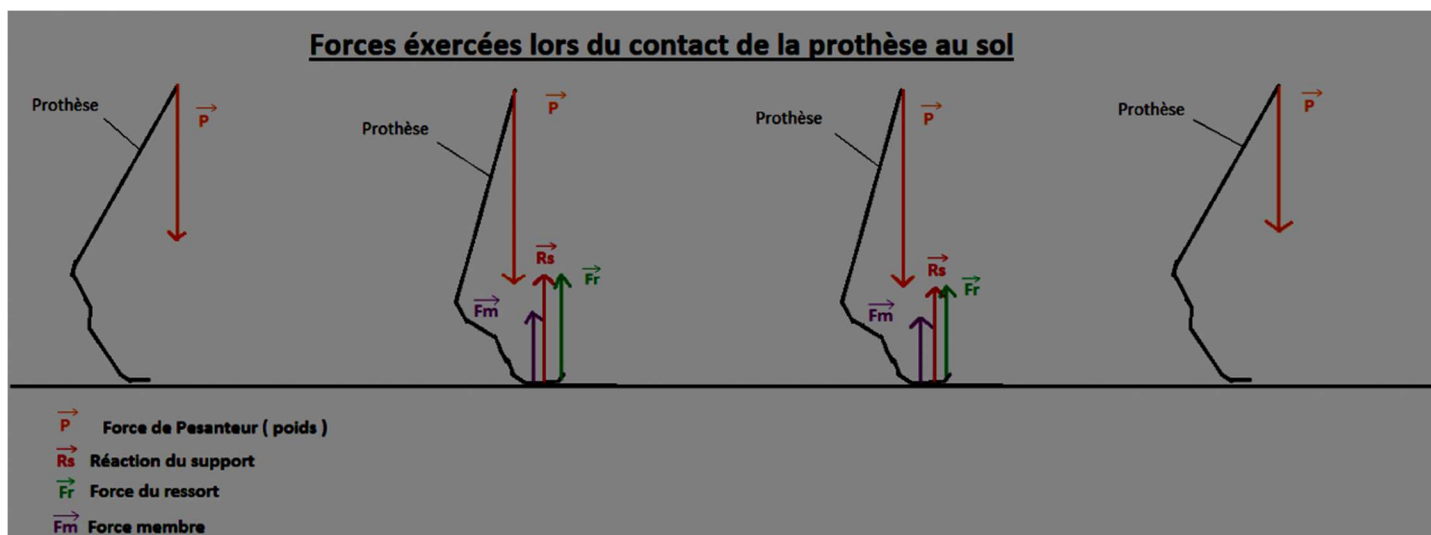
Les muscles du mollet qui fonctionnent avec le grand fessier et les quadriceps, se contractent et permettent aux coureurs d'accélérer dans la foulée suivante. Le tendon d'Achille libère 100% de l'énergie produite par le corps.



### Schéma comparatif des performances

<http://tpe2013-prothese.e-monsite.com/pages/page-1.html> (les muscles ? Schema marie)

<http://tpe2013-prothese.e-monsite.com/pages/analyse-des-performances.html> (forces)



C'est un système de ressort: en s'appuyant sur la lame, avec le passage du corps vers l'avant, la lame va renvoyer l'énergie accumulée ce qui permettra une propulsion. Plus la lame est rigide plus la restitution d'énergie sera complète et donc importante, car plus la lame se déforme et s'écrase plus il ya des risques de pertes d'énergie. On observe que la force du ressort (  $F_r$  ) est plus importante que la force du membre d'une personne valide (  $F_m$  ) et permet ainsi une meilleure restitution d'énergie.

# Débat

## *Chaussures*

2. Les athlètes peuvent concourir pieds nus, ou porter des chaussures à un ou aux deux pieds. En compétition, les chaussures sont destinées à donner aux pieds protection et stabilité ainsi qu'une bonne adhérence au sol. Toutefois ces chaussures ne doivent pas être construites de manière à donner aux athlètes une aide supplémentaire quelconque inéquitable, y compris l'incorporation de toute technologie donnant un quelconque avantage inéquitable. Le port d'une bride sur le cou de pied est autorisé. Tous les types de chaussures de compétition doivent être approuvés par l'IAAF.

- **(Pour)** Les lames en carbone ont seulement pour but de COMPENSER l'handicap de l'amputation. En effet on voit que Markus Rehm à une course très lente en raison de son amputation mais la prothèse lui permet malgré cela de faire un saut extraordinaire. (+pour diapo rajouter diagramme avec vitesse)
- **(Contre)** Un saut seulement dû à sa prothèse ce qu'il montre bien qu'elle est très avantageuse. Si on équipait un coureur valide avec de tels prothèses il dépasserait largement les 9m.
- **(Pour)** Le saut est en grande partie dû au talent de Markus Rehm étant donné que le sauteur derrière lui possède un record de 7m21
- **(Contre)** Il ne s'agit pas du même sport ( réutiliser l'hist des muscles ...) donc pas le même pied d'égalité. =pas même discipline
- **(Pour)** Le but n'est-il pas le même et en plus cela n'avantage pas les invalides qui doivent s'habituer à cette prothèse et plus travailler certaines parties de leur corps. Cela peut aussi être enrichissant pour les sportifs de concourir contre des personnes qui n'ont pas la même façon d'utiliser leur

corps.(=peut les pousser à aller plus loin et à améliorer performances)

-(Contre) La lame de carbone à un effet de ressort ( ressortir tout sur la physique)

-(Contre)Impossible physiquement qu'un athlète courant aussi lentement puisse sauter aussi loin (exemple de Mike Powell)(voir vidéo comparative)

- (contre)Un handicapé peu participer en tant que valide seulement si sa prothèse n'a pas de rapport avec le sport qu'il pratique.

(+voir video france 2)

Fake débat :

A votre avis est ce que les sportifs handisports peuvent concourir au meme titre que les valides ?

-S:non, car ce n est pas la même discipline car ce n'est pas la meme technique

-C : oui du momt ou ils passent les qualifications.

(ethiques et sport)

Que pensez vs si les JO paralympiques etait melangés enfin juste apres le JO ?

### III.DEBAT : Les athlètes handisports peuvent-ils concourir au même titre que les valides?

#### Arguments « pour » :

- Les lames en carbone on seulement pour but de **compenser** le handicap de l'amputation. En effet on voit que Markus Rehm à une course très lente en raison de son amputation mais la prothèse lui permet malgré cela de faire un saut extraordinaire.

- Le saut est en grande partie du au talent de Markus Rehm étant donné que le sauteur derrière lui possède un record de 7m21.

- Il s'agit du même sport et la Cheetah n'avantage pas les invalides qui doivent s'habituer à cette prothèse et plus travailler certaines parties de leur corps. Cela peut aussi être enrichissant pour les sportifs de concourir contre des personnes qui n'ont pas la même façon d'utiliser leur corps.

- D'un point de vue éthique, dans un contexte de mixité et d'égalité tel qu'il est présent de nos jours, l'intégration des sportifs ninvalides dans les grandes compétitions tels que les J.O paraît évident.

- De ce fait mélanger les valides et invalides pourrait aider les personnes en situation de handicap à améliorer leurs performances et leur motivation.

- La prothèse est loin d'être un avantage en effet lors d'un départ de course celle-ci pousse les athlètes verticalement au lieu des les propulser horizontalement comme c'est le cas pour les athlètes valides.
- Refuser aux athlètes handisport une entrée dans les grandes compétitions ne fait que les maintenir enfermer dans leurs différences et contribue à les exclure.
- Faire concourir les athlètes handisport avec les valides permettrait d'augmenter leur médiatisation et donc leur célébrité : Il serait alors autant reconnu que les athlètes valides.
- La prothèse n'est pas un avantage car de toute façon c'est un corps étranger auquel il faut s'habituer et qui ne fonctionne de la même façon qu'une jambe normale , pour avoir un ressort il faut taper le plus fort possible le sol pour plier la prothèse ( fessiers).
- Dans le cas de Markus Rehm qui lui est amputé d'une seule jambe c'est un inconvénient par rapport à un athlète amputé des deux jambes (voir course d'élan de Markus Rehm qui est très lente et manque d'équilibre).

### **Arguments « contre »:**

- Un saut qui est seulement du à sa prothèse et cela montre bien qu'elle est très avantageuse. Si on équipait un coureur valide avec de tels prothèses il dépasserait largement les 9 mètres.
- Il ne s'agit pas du même sport ( muscles) donc ils ne sont pas sur le même pied d'égalité.
- La lame de carbone à un effet de ressort ( physique , enjambée de 5 à 6m)
- Impossible physiquement qu'un athlète courant aussi lentement puisse sauter aussi loin (exemple de Mike Powell).
- Un handicapé peu participer en tant que valide seulement si sa prothèse n'a pas de rapport avec le sport qu'il pratique. ( exemple: un athlète faisant du saut en longueur avec une main amputée)
- Avec Oscar Pistorius on a bien vu que en les faisant concourir ensemble il n'y a pas de changement dans leurs performances et en ce qui concerne leur motivation l'effet est probablement inverse.
- Avec l'évolution technologique rapide que nous connaissons de nos jours les athlètes handisports finiront un jour par dépasser les valides ( hommes bioniques) ce qui aurait un effet néfaste sur la motivation des athlètes valides.
- Les athlètes handisports amputés d'une jambe disent souvent que leur prothèse surpasse les capacités de leur jambe valide , ils sont obligés de la freiner alors imaginer quand les deux jambes sont amputées.
- Tous les sportifs valides ne sont pas forcément d'accord que les athlètes handisport concourent avec eux et inversement.

### **CONCLUSION :**

On peut donc en conclure que l'évolution scientifique et technologique de la prothèse de la jambe a permis aux sportifs handisport de pratiquer leur discipline à haut niveau. En effet, grâce aux progrès techniques liés à l'aviation, à la navigation et au modélisme les prothèses sont devenues plus performantes. On observe d'ailleurs que les matériaux utilisés sont plus légers, plus résistants, plus flexibles et plus confortables. Ainsi, de nombreux athlètes, tels que Markus Rehm ont pu prouver leurs talents et se faire remarquer au delà du cadre du handisport .Pour nous, il serait temps, dans un contexte de mixité et d'égalité particulièrement présent de nos jours, de voir en un seul et même rassemblement comme les J.O des sessions(séries) hommes-femmes ainsi que handisport hommes-femmes.

Ne serait-il pas magnifique de voir une ouverture des J.O où serait réuni tous sportifs confondus (valides-handisport) de chaque pays ?  
(+++ photos mixité athlètes invalides-valides).