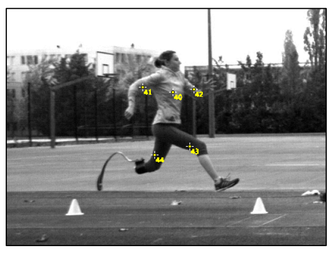
Prothèses tibiales de saut en longueur handisport

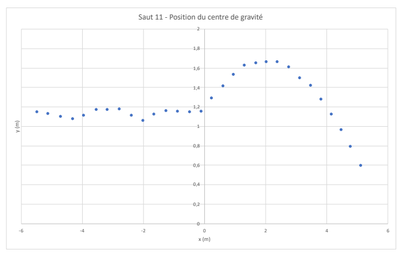
Cette étude porte sur le saut en longueur paralympique et a pour objectif d'apporter des réponses scientifiques aux interrogations des sportifs français de la discipline et de leurs entraineurs. Les résultats présentés ici sont issus de données récupérées lors d'un entrainement de Marie-Amélie Le Für, recordwoman du monde.

Une étude la dynamique aérienne des sauts nous a permis de trouver une valeur de l'angle d'idéal au décollage ; l'analyse de la phase de course a permis de comprendre l'origine des sensations d'asymétrie de l'athlète ; les prothèses tibiales ont pu être caractérisées de différentes manières pour en comparer la raideur et initier une étude quant à leur choix ; et pour compléter cela, une caractérisation des pistes d'athlétisme a été établie afin d'en étudier l'importance et de comprendre les différences de sensation des athlètes.

Étude de la dynamique aérienne – Méthode systématique de recherche d'angle au décollage optimum

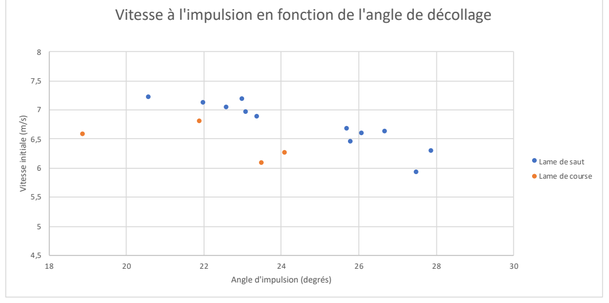
Pointage 5 membres





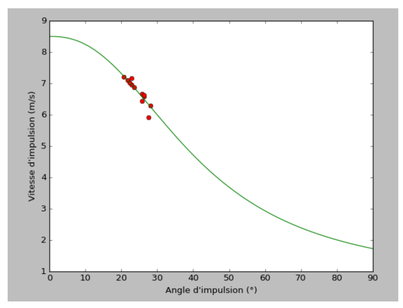
Un pointage 5 membres nous permet de suivre fidèlement le centre de gravité et de vérifier que celui-ci suit bien une parabole lors de la phase aérienne

Relation entre la vitesse d'impulsion et l'angle au décollage



Cette relation dérive des capacités physiques et physiologiques de l'athlète

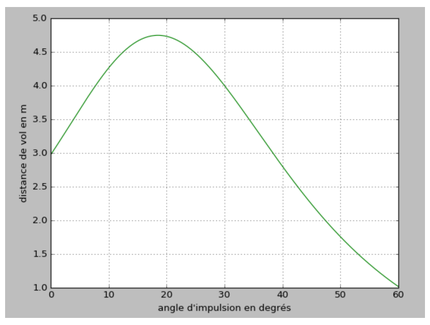
Recherche d'optimum



Le docteur Linthorne a proposé cette forme pour la courbe d'interpolation suite à ses études sur des athlètes valides [2]. Il faudrait récupérer plus de données concernant Marie-Amélie Le Für pour s'en persuader et pour affiner la courbe d'interpolation

De cette relation peut être déduite la distance de vol en fonction de l'angle au décollage, et ainsi un angle de décollage optimal

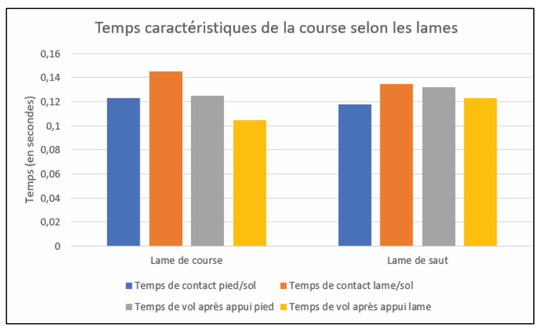
$$d_{flight} = \frac{v(\theta)^2 \sin(2\theta)}{2g}\left(1 + \sqrt{1 + \frac{2gh}{v(\theta)^2 \sin^2\theta}}\right)$$



$$\theta_{opt} = 18.5° \qquad v_{opt} = 7.5\ m.s^{-1} = 27\ km.h^{-1}$$

Étude de l'asymétrie de course

Étude des temps caractéristiques



La quantification des temps d'appui et de vol permet de mettre en évidence l'asymétrie de la course entre le côté valide et la lame

Étude des distances caractéristiques

Lame de course

	Moyenne de longueur des foulées (en m)
Après appui lame	1.682
Après appui pied	1.681

	Moyenne de longueur des foulées (en m)
Après appui lame	1.720
Après appui pied	1.720

Lame de saut

	Moyenne de longueur des foulées (en m)
Après appui lame	1.814
Après appui pied	1.757

	Moyenne de longueur des foulées (en m)
Après appui lame	1.786
Après appui pied	1.622

La longueur de foulée est symétrique avec la lame de course, ce qui n'est pas le cas avec la lame de saut

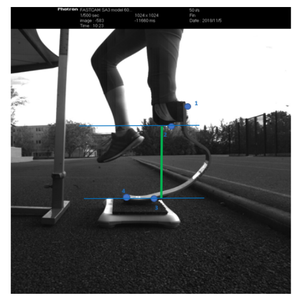
Conclusion de l'étude

Lame de course	Lame de saut
Sensation de symétrie de l'athlète	Sensation d'asymétrie
Temps de vol/contact différents	Temps de vol/contact différents
Même longueur de foulées	Foulées de longueurs différentes

Le confort de course de l'athlète semble être déterminé par la symétrie de la longueur de ses foulées, indépendamment des temps caractéristiques

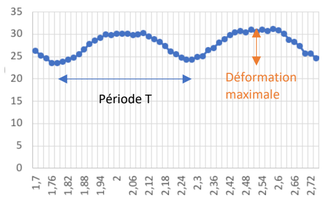
Caractérisation des lames

On modélise la lame par un ressort dont on veut déterminer la raideur (k)

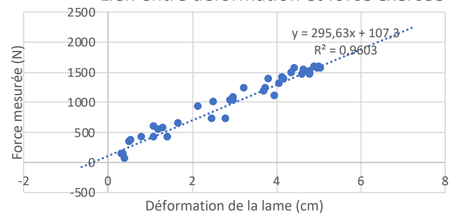


De gauche à droite : lame d'entraînement – lame de course – lame de saut

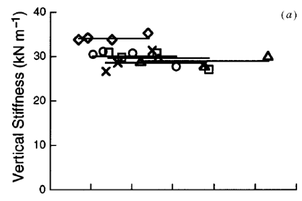
Ecrasement de la lame (cm) en fonction du temps



Lien entre déformation et force exercée



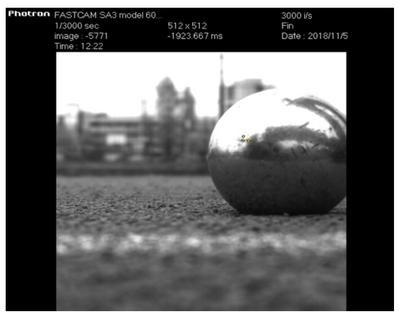
Raideur d'une jambe dans la littérature



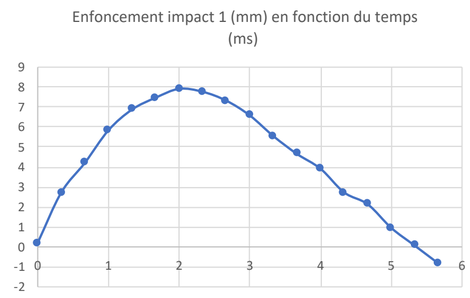
	Lame de course	Lame de saut	Jambe valide (littérature)
Raideur k (kN.m^{-1})	24	30	25-40

Caractérisation de la piste

On modélise la piste par un système ressort-amortisseur dont on veut déterminer la raideur (k) et la viscosité (c) en étudiant l'impact d'une boule de pétanque sur le revêtement :



m = 700 g



$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

$$\zeta = \frac{c}{2\sqrt{km}}$$

$$\omega_d = \omega_0(1 - \zeta^2)$$

$$\tau = \frac{2m}{c}$$

$$x(t) = e^{-\frac{t}{\tau}}\left(-\frac{v_0}{\omega_d}\sin(w_d t)\right)$$

Raideur (kN.m^{-1})	270
Viscosité (N.m^{-1}.s)	195

Références :
[1] Modèle de Winter Biomécanique – UE4
http://www.staps.univ-avignon.fr/S5/UE4/Entrainement/Biomecanique/ Winter.pdf
[2] Linthorne, N.P., Guzman, M.S. and Bridgett, L.A. (2005)
'Optimum take-off angle in the long jump'. Journal of Sports Sciences, 23: 703–12.
[3] Linthorne, 'Biomechanics of the long jump', Ch24,
Routledge Handbook of Biomechanics and Human Movement Science (2008) , Youlian Hong, Roger Bartlett
[4] Bridgett, L.A. and Linthorne, N.P. (2006)
'Changes in long jump take-off technique with increasing run-up speed'. Journal of Sports Sciences, 24: 889–97

Auteurs
Jean BOUTEILLER, Pierre-Adrien BREARD, Paul FRAPART, Cyril VOISARD, Maxime VRAIN

Tuteur
Christophe CLANET

Coordinatrice
Caroline COHEN