

L'analyse mécanique pour mieux comprendre la technique des champions.

BLAIS Laurent, TRILLES Francis,
MOREAU Benjamin
Équipe mécanique du geste sportif
Laboratoire de Mécanique des Solides
UMR – 6610 CNRS Université de Poitiers

Remerciements aux 5 champions de France qui nous ont permis de réaliser cette étude : W. Amoussou, J. Lebris, B. Leroy, M. Sémonin et C. Soyser.



Chronophotographie de J. LEBRIS (filmé par la caméra 4) projetant B. LEROY.

Pour cette étude, nous sommes partis du constat que l'entraîneur ne pouvait pas tout voir. Son œil, aussi expert soit-il reste un capteur imparfait (au-delà de 16 i/s, les images fusionnent) et il n'a qu'un seul angle de vue. Par ailleurs, son analyse reste subjective car basée sur des savoirs essentiellement empiriques. En effet, chaque entraîneur privilégie une approche personnelle de l'activité en fonction de son expérience et de ce qui lui semble important dans l'apprentissage d'une habileté.

L'enjeu essentiel de ce travail est, par conséquent, de dépasser la simple observation pour proposer une analyse objective neutre, c'est-à-dire sans représentation a priori, par la mesure de différents paramètres du mouvement, de la réalité du geste d'un athlète dans son intégralité et dans son environnement. A travers cet enjeu, l'approche proposée visait des objectifs multiples :

- identifier ce qui se passe réellement lors de l'exécution d'un geste technique à partir de l'observation sous cinq angles différents,
- identifier des éléments communs ou le rôle déterminant de telle ou telle action au cours d'un geste global,
- déterminer les points faibles ou forts d'un athlète de haut niveau quant à la réalisation de son mouvement favori.

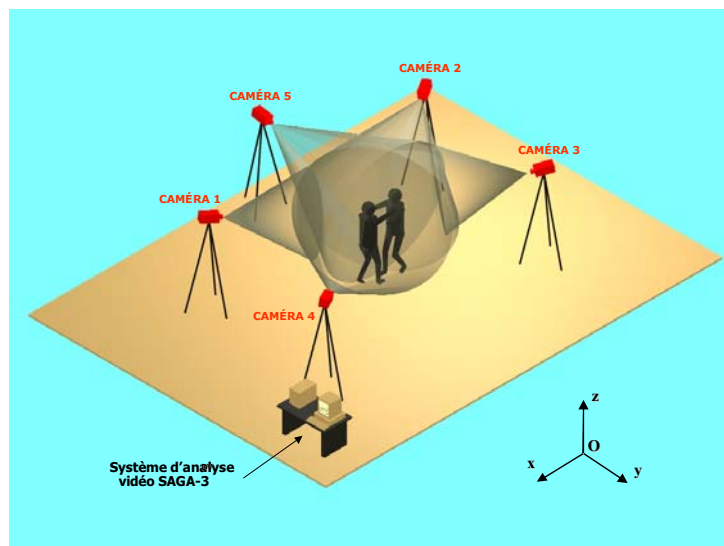
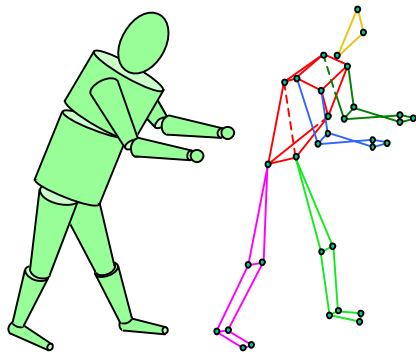
Notons par exemple, pour J. LEBRIS (chronophotographie présentée ci-dessus), un déficit en matière d'inclinaison avant pivot alors même que sa démonstration est tout à fait superbe par ailleurs.

Méthode :

A la différence des approches globalisantes, nous pouvons isoler l'action de chaque segment corporel (les bras, les jambes et l'ensemble tronc-tête par exemple). En effet, l'analyse cinématographique mise en œuvre implique le suivi de différents marqueurs qui permettent la modélisation de l'athlète tout au long de l'exécution de son geste.



Athlète équipé des différents marqueurs et modélisation 3D



Dispositif expérimental

L'athlète est considéré comme un système poly-articulé de 15 segments délimités par 33 marqueurs placés au niveau des centres articulaires. La reconnaissance vidéo de ces marqueurs permet la reconstitution en 3 dimensions du geste étudié.

Les caméras vidéo 50 Hz sont placées autour des athlètes et enregistrent les déplacements des marqueurs. Ensuite, les positions des centres de gravité segmentaires sont calculées, ainsi que leurs vitesses et leurs accélérations. Cette méthode d'analyse présente l'avantage de permettre le calcul de la contribution relative de chaque segment à la création du geste et comprendre ainsi à la coordination motrice.

Résultats :

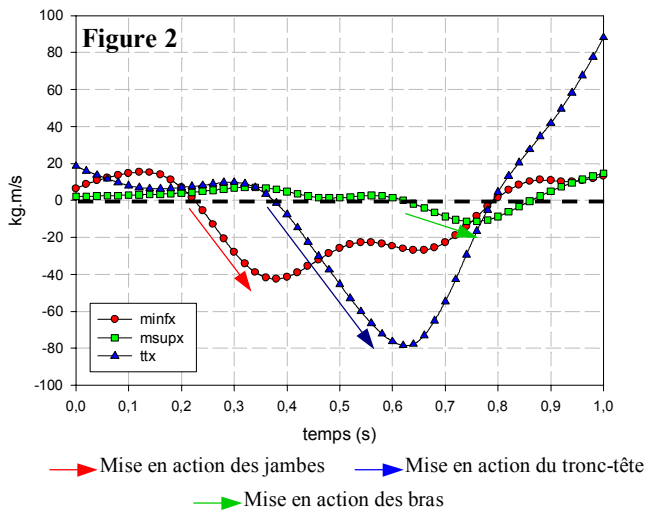
Nous nous limitons ici à communiquer 6 éléments communs, toujours présents dans les mouvements analysés : le décalage vertical, le décalage antéro-postérieur, la torsion hanches-épaules, l'inclinaison avant, pendant et après le pivot.



Eléments communs

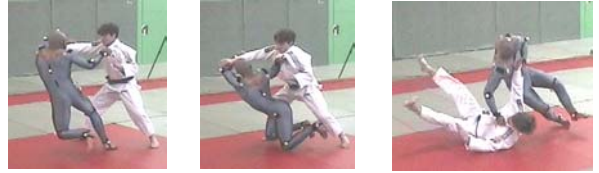
Les décalages

Tori se décale simultanément vers le bas (décalage vertical) et vers l'avant (décalage antéro-postérieur) afin de se mettre en position optimale pour projeter uke. L'étude des contributions segmentaires nous donne également des informations sur la coordination segmentaire, c'est-à-dire la façon de construire la projection (dans le temps et dans l'espace). Le figure 2 présente la quantité de mouvement globale de tori suivant l'axe antéro-postérieur. Lorsque la courbe est négative, tori se rapproche d'uke ; lorsqu'elle est positive, tori s'éloigne d'uke. Nous pouvons voir que les actions segmentaires de tori sont successives, avec d'abord une action des membres inférieurs (minfx), puis l'ensemble tronc-tête (ttx) et enfin les membres supérieurs (msupx), ce qui traduit une mise en action préalable des segments les plus libres. Notons que l'action des bras est inférieure à 10 % du total et n'intervient qu'au moment du kake pour guider uke.



Les inclinaisons

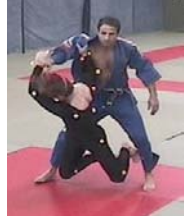
Tori s'incline dans le sens de la projection : **avant, pendant et après le pivot.**



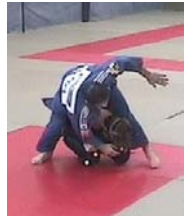
L'inclinaison en fin de tsukuri peut atteindre 45° à une vitesse de 200°/s. La mise en déséquilibre de son propre corps lui permet d'utiliser son poids comme une force de traction d'uke bien plus importante que s'il utilisait uniquement ses bras.

La torsion hanches-épaules

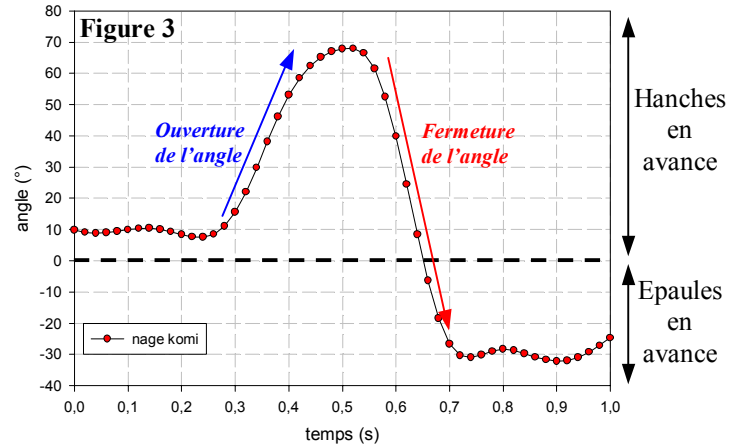
Tori déclenche dans un premier temps la rotation des hanches (segments libres) alors même que les épaules ne sont pas mobilisées, ce qui entraîne une torsion hanches-épaules. Cette action traduit l'importance de la dissociation des deux ceintures (pelvienne et scapulaire). Le figure 3 présente l'angle entre la ligne des épaules et celle des hanches. Lorsque la courbe est positive, les hanches sont en avance dans la rotation ; lorsque la courbe est négative, les épaules sont en avance dans la rotation. Ainsi, nous avons remarqué que l'ouverture de l'angle pouvait atteindre 70°. Par ailleurs, nous avons constaté que la vitesse de rotation maximum des épaules était atteinte lors de la fermeture de l'angle, c'est-à-dire lorsque la ligne des épaules rattrapait la ligne des hanches (la vitesse de rotation peut alors atteindre près de 1000°/s). Cette fermeture de l'angle de grande amplitude apparaît nécessaire pour atteindre une vitesse de rotation satisfaisante. A la fin du geste, les épaules sont en avance par rapport aux hanches.



Ouverture de l'angle : prise d'avance des hanches



Fermeture de l'angle : rattrapage des épaules



Grâce à l'analyse des gestes techniques exécutés par les champions français, nous avons pu mettre en évidence un certain nombre d'éléments communs (6 sont présentés ci-dessus) pouvant caractériser des principes d'action ou habiletés techniques fondamentales. Soulignons que les 5 athlètes présentent une coordination motrice exceptionnelle. En effet, ils sont capables de réaliser simultanément (en 2/10^{ème} de seconde) ces 6 éléments lors du tsukuri, avec un haut niveau de qualité pour chacun des éléments.

Les principes d'action déterminés permettent d'envisager avec l'aide des entraîneurs de mettre en place des situations pédagogiques favorisant l'apprentissage de ces habiletés. Ces exercices pourront être utiles :

- d'une part aux entraîneurs de structures de haut niveau pour évaluer et optimiser les qualités techniques d'un athlète,
- d'autre part aux entraîneurs de clubs pour construire et développer les habiletés techniques fondamentales liées à notre activité.