

LA CREATION DES VRILLES DANS LA PHASE AERIENNE DES FIGURES ACROBATIQUES

Didier Delignières

Lorsque le corps a quitté tout appui extérieur, il peut être assimilé à un système isolé. La loi de conservation du moment cinétique s'applique donc. C'est-à-dire que la valeur du moment acquis lors de l'impulsion va demeurer constante lors de la phase aérienne. La seule action mécaniquement possible semble résider dans la variation de la vitesse de rotation, par une modulation du moment d'inertie (par exemple, grouper le corps pour accélérer un salto). Mais cette loi s'oppose théoriquement à la création *ex nihilo* d'un moment cinétique, sans appui extérieur. Or l'expérience montre que les gymnastes peuvent déclencher des rotations longitudinales fort complexes, sans pour autant posséder de moment cinétique de vrille à l'impulsion (par exemple, au trampoline, « rudy out » : double salto avant, avec une vrille et demie dans le second salto)¹. Il ne s'agit pas là de la négation d'une loi mécanique de toutes façons incontournable, mais plutôt d'une exploitation judicieuse de ses corrélats. Deux procédés sont utilisés par les gymnastes, que nous allons successivement étudier.

1 / VRILLES PAR UTILISATION DES MOMENTS D'INERTIE RELATIFS

Tout le monde connaît la vrille du chat, déjà décrite par Marey au début du siècle. Lâché pattes en l'air, sans moment cinétique longitudinal, le chat est néanmoins capable de se retourner afin d'assurer sa réception dans une position plus naturelle (fig. 99).

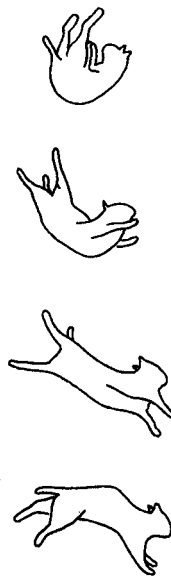


FIG. 99. — La vrille du chat

Une modélisation simple permet d'expliquer le mécanisme de ce changement de face. Considérons un corps, composé de deux segments, articulés entre eux par une de leurs extrémités. On peut définir pour chacun de ces segments un axe longitudinal². Si ce corps prend une position cassée (fig. 100), chacun des deux segments présentera par rapport à l'axe longitudinal de l'autre un moment d'inertie, d'autant plus important que l'angulation sera prononcée.

Par rapport à chacun des axes, la situation est donc la suivante: deux segments solidaires, dont les moments d'inertie relatifs sont fortement disproportionnés.

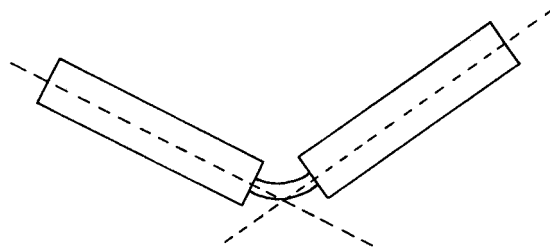


FIG. 100

Considérant ce corps comme un système isolé, si l'un des segments entre en rotation autour de son axe longitudinal, l'autre entrera en rotation en sens contraire autour de ce même axe, afin de satisfaire à la loi de conservation du moment cinétique.

J étant le moment d'inertie du premier segment, et θ sa vitesse angulaire, J'et θ' correspondant aux mêmes facteurs en ce qui concerne le second segment, on a:

$$J.\theta = J'.\theta'$$

Le moment cinétique global par rapport à l'axe longitudinal du premier segment étant nul à l'origine. J'étant largement supérieur à J', le rapport des vitesses angulaires sera inverse. A la rotation du premier segment répondra une légère déviation du second, en sens contraire. On peut quasiment dire que le premier segment prend appui sur le second pour entrer en rotation.

C'est cette méthode qu'utilise le chat pour son retournement. Il casse fortement son corps et utilisant les moments d'inertie relatifs des deux segments ainsi constitués, ajuste la position du train supérieur et de la tête dans un premier temps, du train inférieur dans un second. Pour donner une idée de la déviation du segment distal, MacDonald³ donne les chiffres suivants, concernant le chat: pour une rotation du train supérieur de 180 degrés, la partie arrière dévie « d'environ 5 degrés » .

La souplesse vertébrale du chat lui permet évidemment de conserver cette forte angulation entre les deux segments, et donc cette disproportion entre les moments d'inertie, et par là de diminuer l'importance de la déviation. Un gymnaste aura beaucoup plus de difficultés pour adopter et contrôler des formes de corps similaires. Or il va de soi que plus l'angle formé par les deux segments sera faible, plus la déviation sera importante.

Cette technique, à quelques variantes près, est néanmoins utilisée par les gymnastes pour le déclenchement de demi-vrilles. A partir d'une position cassée (frontale le plus souvent) l'exécutant fait circuler autour de lui ce que Thévenin a nommé une « plage de contraction »⁴, qui permet la mobilisation réciproque des deux segments. La précession du train supérieur notée chez le chat est beaucoup moins évidente. C'est simultanément que les deux segments entrent en rotation et prennent mutuellement appui l'un sur l'autre. De manière générale, le

cassé préliminaire est très marqué. Il s'atténue par la suite, mais la déviation reste limitée. Ainsi, pour un salto avant carapé demi-vrille, elle peut être négligée (fig. 101).

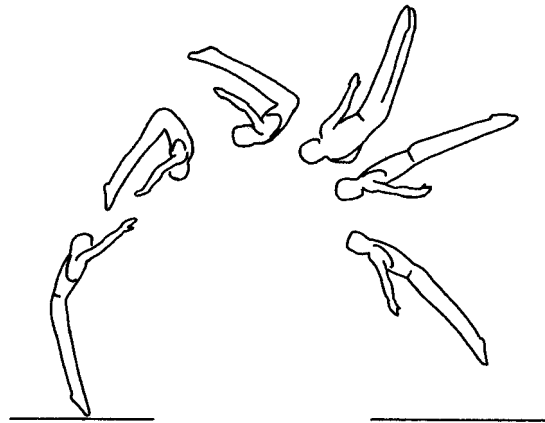


FIG. 101. — Salto avant demi-vrille

Que se passe-t-il si l'angle formé par les deux segments est plus faible ? La modélisation vectorielle du problème va permettre de l'élucider. Il convient de rappeler que le moment cinétique est une grandeur vectorielle, qui peut donc être représentée par un vecteur :

- d'intensité proportionnelle à celle du moment ;
- de direction confondue à celle de l'axe de rotation ;
- du sens normal au sens trigonométrique de la rotation (fig. 102).

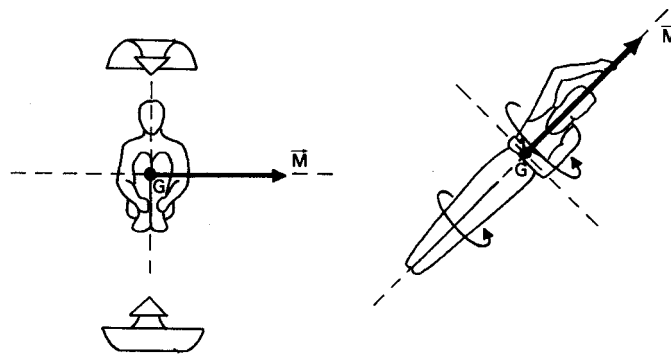


FIG. 102. — Représentation vectorielle du moment cinétique

Comme toute grandeur vectorielle, les moments cinétiques sont susceptibles de se composer, ou de se décomposer, exactement selon le schéma de la composition des forces⁵. Nous admettons dans un premier temps que les deux segments du modèle décrit plus haut sont de masses et de formes équivalents. Ils présentent donc par rapport à leurs axes longitudinaux respectifs des moments d'inertie identiques. Entrant simultanément en rotation à la même vitesse, leurs moments cinétiques seront d'intensité égale (fig. 103).

La résultante de ces deux moments sera un moment appliqué au centre de gravité de l'ensemble du corps, dirigé dans ce cas précis selon $G_1 G_2$, et dont l'intensité sera fonction de l'angle formé par les deux segments (fig. 104).

Le système étant isolé, un moment cinétique apparaît G' opposé à G , et tendant à faire tourner l'ensemble du corps autour de l'axe $G_1 G_2$ (fig. 105).

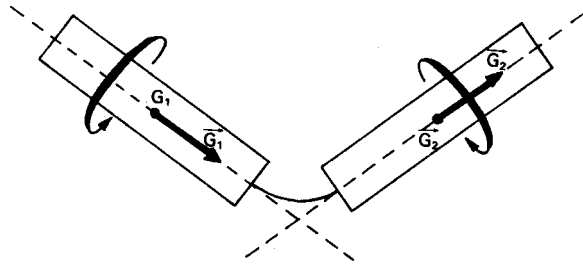


FIG. 103

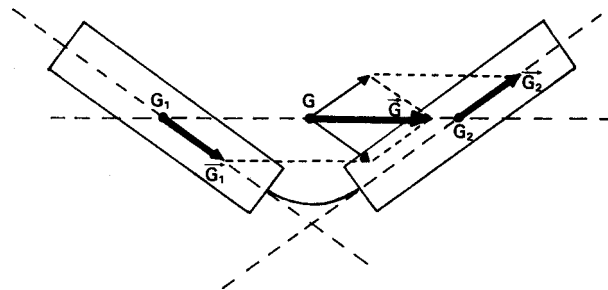


FIG. 104

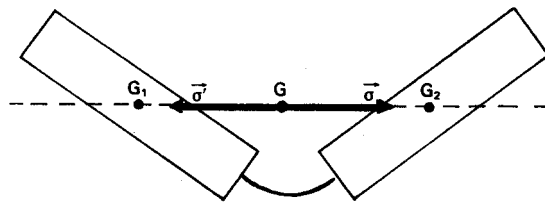


FIG. 105

C'est ce moment de réaction qui explique la déviation dont nous parlions plus haut. Il faut remarquer que plus l'angle entre les deux segments est faible, plus ce moment est important. En outre, plus l'angle est faible, plus le moment d'inertie du corps est réduit par rapport à l'axe $G_1 G_2$, et plus sa vitesse de rotation sera importante. Dans l'absolu, les directions des deux axes longitudinaux tendant à se confondre, la vitesse de rotation « réactive » tend à égaler la vitesse de rotation de sens contraire des deux segments.

C'est une situation similaire que reproduit le gymnaste s'il continue à faire circuler la « plaque de contraction » au-delà de la première demi-vrille. L'angulation corporelle devient faible, et le moment cinétique de réaction important. L'association de la rotation des segments sur eux-

mêmes et de la déviation s'exprime alors dans une sorte de « hula hop », dont le sens de rotation est contraire à celui du changement de face (fig. 106).

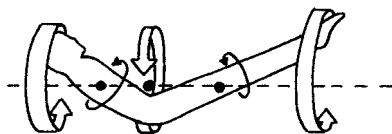


FIG. 106

La figure 107 montre un exercice réalisé selon cette technique. C'est une sortie salto arrière avec une vrille à la barre fixe. Dans les positions 1 à 4, l'exécutant n'a pas de moment cinétique longitudinal. La vrille est déclenchée en 5, à partir d'un cassé dorsal. Elle se poursuit jusqu'en 11. Dans le même temps, la déviation atteint 180 degrés. En 12, la circulation de la plage de contraction cesse, la vrille s'arrête. L'exécutant peut alors tout à loisir assurer sa réception.

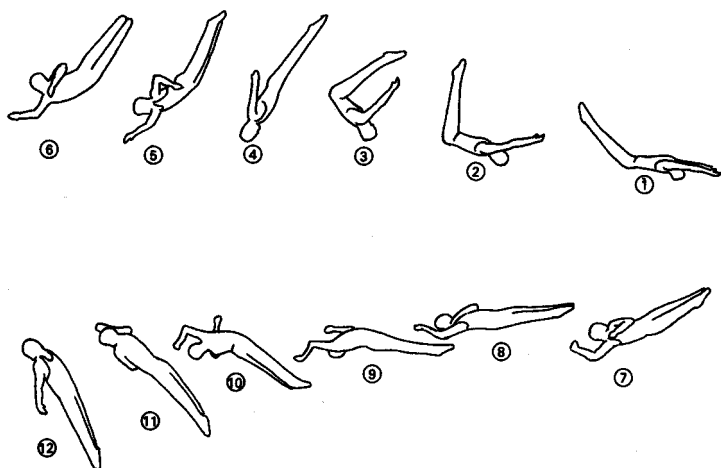


FIG. 107. — Echappement vrille (barre fixe)¹

Cette technique est caractérisée par l'aspect de « gigotage » qu'elle revêt. Elle a l'avantage d'amener un mouvement de vrille stoppable à volonté, et également de ne nécessiter aucun moment cinétique préalable. Elle est donc tout indiquée pour se greffer sur les saltos lents, à corps tendu.

Enfin, il faut signaler que l'analyse que nous proposons repose sur un modèle fortement réducteur. Si tant est que le corps humain puisse être assimilé à deux segments, articulés autour d'un « diabololo vertébral », ces deux segments n'auront ni la même forme, ni la même masse (on peut approximer à 60 % de la masse globale pour le segment supérieur, 40 % pour le segment inférieur) ni la même répartition des masses (donc une distance différente des deux centres de gravité respectifs à l'articulation du modèle).

Quand bien même les vitesses de rotation des deux segments seraient identiques, les intensités des moments cinétiques correspondant seront différentes, et une simple construction, à titre d'exemple, montre qu'alors le moment résultant ne sera pas dirigé selon $G_1 G_2$ (fig. 108).

La rotation réactive prend alors un aspect plus ou moins « conique ». Cette particularité dépend des morphologies particulières de chaque gymnaste (la différenciation sexuelle peut à

ce niveau être importante), et également de la position relative du « diabolo vertébral » utilisé (position qui peut par ailleurs varier en cours d'exécution).

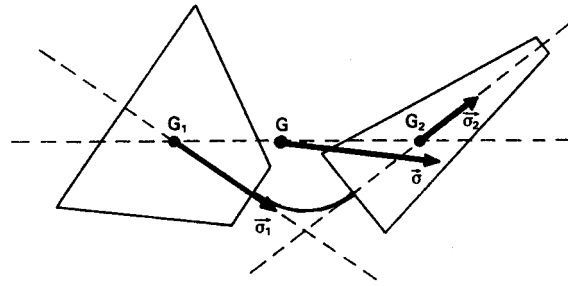


FIG. 108

2 / VRILLES PAR TRANSFERT DE MOMENT CINÉTIQUE

Les techniques précédemment évoquées donnent naissance à des « vrilles » à moments cinétiques nuls. Or il est indéniable que certaines figures comportent des créations de rotations longitudinales réelles, à moments non nuls. Au trampoline notamment, où l'on voit des doubles saltos avec vrilles dans le second, exécutés corps plat, sans torsion ou autre.

Une modélisation vectorielle peut permettre d'avancer une explication. Les axes longitudinal et transversal du corps sont orthogonaux. Les vecteurs des moments transversaux ont donc une projection nulle sur l'axe longitudinal, et réciproquement. Maintenant si, au cours du mouvement, le corps prend une certaine angulation par rapport à sa position primitive, on en vient à définir deux nouveaux axes, longitudinal et transversal.

Or les moments cinétiques s'en tiennent à leurs axes primitifs, tant que le système reste isolé. Le moment transversal initial peut alors se décomposer en deux vecteurs non nuls, selon les deux nouveaux axes (fig. 109).

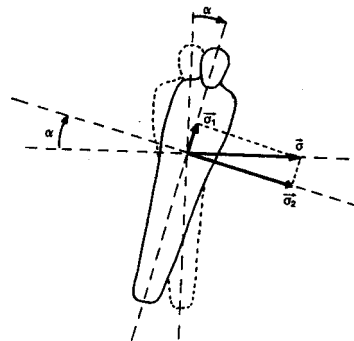


FIG. 109. — Décomposition du moment cinétique après désaxage

FIG. 111. — Trajet des pieds en rudy out (vu du haut)

Le désaxage déstabilise la rotation initiale. Il s'effectue à partir d'une position groupée ou cassée, dans laquelle la prédominance axiale est moins nette. Son sens dépend du sens de la velle à réaliser. D'une manière générale, il doit être tel que le premier segment s'engageant dans le salto (buste pour les saltos arrière, pieds pour les saltos avant) s'écarte controlatéralement au sens de vrille. Par exemple, pour une vrille à gauche, les jambes s'orientent à droite en salto avant, le buste à droite en salto arrière (fig. 110).

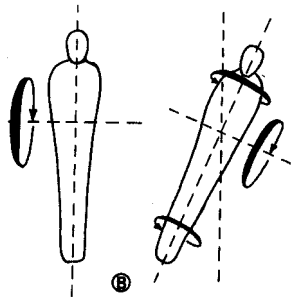


FIG. 110 a. — Salto avant

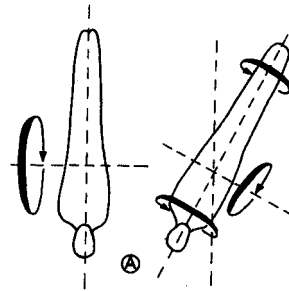


FIG. 110 b. — Salto arrière

Le tracé du trajet des pieds lors d'un « rudy out » (double salto avant avec une vrille et demi dans le second salto), avec prise de vues du haut, est à ce propos significatif (fig. 111). Au cours du premier salto, il se situe dans l'axe, mais au cours du second, le trajet est nettement dévié. L'observation permet d'ailleurs facilement de se rendre compte qu'au trampoline, rares sont les vrilles qui tournent dans le plan sagittal de l'appareil. Toutes sont désaxées.



FIG. 111. — Trajet des pieds en rudy out (vu du haut)

Reste à savoir quel est le moteur du désaxage. Il correspond à un mouvement de rotation costale. Or ce mouvement ne se poursuivant pas au-delà de l'angle désiré, on peut en déduire qu'il s'effectue à moment cinétique nul.

Il s'agit en fait d'une réaction à des mouvements appropriés des bras. Le désaxage se fait à partir d'une position à moment d'inertie réduit. Lors de l'extension, les bras opèrent un balancement qui entraînera par réaction le désaxage de l'ensemble du corps. Ainsi pour un salto avant avec vrille à gauche les bras sont lancés à l'ouverture vers la gauche et le bas, entraînant le désaxage approprié (fig. 112). Pour un salto arrière, et toujours une vrille à gauche, le lancer de bras s'effectue vers le haut et la gauche (fig. 113).

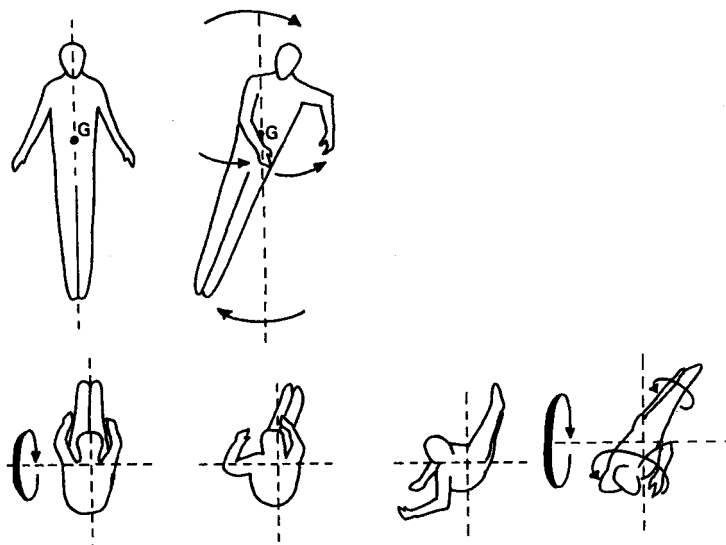


FIG. 112. — Salto avant avec vrille à gauche

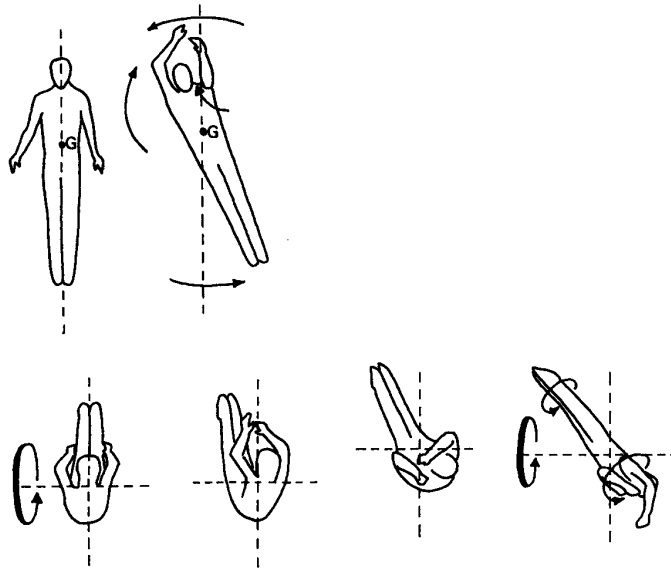


FIG. 113. — Salto arrière avec vrille à gauche

La vrille s'amorce comme précédemment par la circulation d'une plage de contraction. Mais dès la première demi-vrille réalisée, le corps s'allonge. C'est une rotation longitudinale vraie, à moment cinétique non nul.

La figure 114 décrit une vrille à droite, sur salto avant. Les bras sont projetés à droite et en bas. Le corps prend une angulation telle que les pieds s'orientent contralatéralement au sens de vrille.

On voit que dès la fin du demi-tour, le gymnaste resserre les bras, afin de diminuer son moment d'inertie. Il se comporte alors exactement comme s'il avait contracté son moment cinétique au sol.

Il est évident -et c'est là à la fois une conclusion mécanique et une observation d'exécutant - qu'un déclenchement de ce type enlève du moment cinétique au salto. Le transfert ne se fait pas gratuitement et « empiète » sur la rotation transversale.

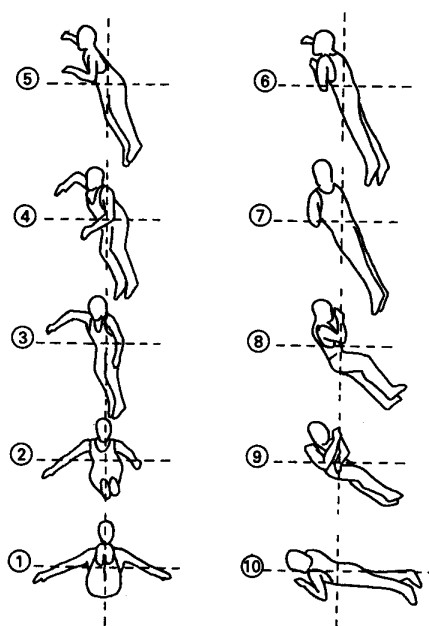


FIG. 114. — Salto avant avec vrille à droite!

-
1. Pour la relation moment cinétique-moment d'inertie-vitesse angulaire, voir chap. 5.
 2. Voir p. 98. Il s'agit de l'axe par rapport auquel un solide possède son plus petit moment d'inertie. Dans le cas d'un corps déformable, il s'agit de l'axe par rapport auquel le corps possède le plus petit moment d'inertie possible, toutes positions confondues.
 3. Cité par J.-G. Hay, *Biomécanique des techniques sportives*, Vigot, 1980.
 4. J. Thévenin, « Les vrilles », *Revue EPS*, no 151, 1978.
 5. Voir p. 50.