



© RMN-Grand Palais (musée du Louvre) / Gérard Biot

## IDÉES DE PHYSIQUE

# Le chat contorsionniste

*C'est en déformant son corps par des torsions bien coordonnées qu'un chat retombe toujours sur ses pattes.*

Jean-Michel COURTY et Édouard KIERLIK

Un plongeur met son corps en rotation lors de l'impulsion initiale créée en sautant du plongoir. En modifiant sa posture pendant qu'il est en l'air, il amplifie ou réduit cette vitesse de rotation déjà existante et contrôle ainsi son orientation dans l'espace. En revanche, un chat qu'on lâche après l'avoir tenu par les pattes commence son mouvement immobile, sans aucune rotation à amplifier ni à réduire. Et pourtant, cet animal se retourne et retombe sur ses pattes : une acrobatie prodigieuse due, comme nous allons le voir, à la grande souplesse du félin et aux torsions qu'il fait effectuer à son corps.

Comment mettre un objet en rotation ? S'il est maintenu par un axe, comme une

## LES AUTEURS



Jean-Michel COURTY et Édouard KIERLIK sont professeurs de physique à l'Université Pierre et Marie Curie, à Paris. Leur blog : <http://blog.idphys.fr>

porte, il suffit d'appliquer une force qui n'est pas dirigée vers cet axe. Mieux encore, on peut appliquer un couple, c'est-à-dire un ensemble de deux forces de même module et de directions opposées, de part et d'autre de l'axe de rotation. Lorsque l'objet n'est pas tenu, la rotation s'effectue autour du centre de masse : si vous lancez un bâton cylindrique, il tournera autour de son centre ; si vous lancez un marteau, il tournera autour d'un point du manche situé près de la tête.

Les efforts nécessaires pour mettre un objet en rotation sont d'autant plus importants que sa masse est élevée et éloignée de l'axe de rotation. C'est le « moment d'inertie » de l'objet qui caractérise cette difficulté. Pour une roue, dont la masse est concentrée à sa périphérie, ce moment d'inertie est le produit de la masse par le carré de la distance à l'axe de rotation, c'est-à-dire le carré du rayon.

## Jouer sur le moment d'inertie

En l'absence de frottements, le mouvement de rotation se perpétue. Cela traduit la conservation du moment cinétique, grandeur égale au produit de la vitesse angulaire par le moment d'inertie de l'objet. Il s'ensuit que si l'on modifie le moment d'inertie, la vitesse de rotation changera. C'est ce que fait un patineur ou une patineuse lors d'une pirouette. Le mouvement est entamé avec bras écartés ; une fois lancé, le sportif ramène les bras près du corps, c'est-à-dire près de l'axe de rotation, et réduit ainsi son



1. LORS D'UN SAUT, si le motard bloque sa roue arrière (dessin du milieu), la moto se met à tourner globalement par conservation du moment cinétique. Quand son orientation est bonne, le motard remet les gaz : la roue arrière tourne à nouveau tandis que la moto cesse sa rotation.

moment d'inertie, ce qui augmente considérablement sa vitesse de rotation.

C'est aussi ce que fait le plongeur lors d'un saut périlleux. Son corps tourne bien plus vite lorsqu'il est ramassé que lorsqu'il est étendu. En modifiant sa posture, ramassée ou étendue, le plongeur contrôle ainsi sa vitesse de rotation et parvient à terminer son saut en acquérant la bonne orientation.

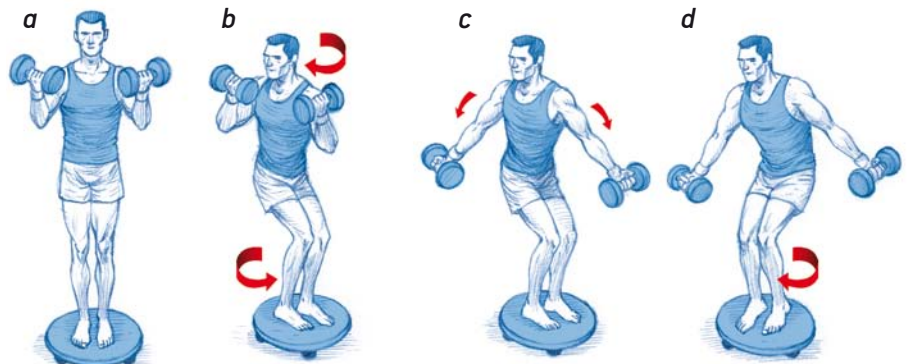
Une autre méthode pour changer l'orientation est utilisée par les motards effectuant des sauts, notamment lors des supercross [voir la figure 1]. Lors du décollage sur le tremplin d'élan, la moto est orientée vers le haut et les roues sont en rotation rapide. Une fois en l'air, le motard appuie sur son frein, ce qui bloque ou ralentit sa roue arrière. Lors de ce freinage, l'action de la roue sur le cadre de la moto met ce dernier en rotation : le moment cinétique du bicycle, qui est conservé, est transféré des roues au cadre. Une fois que la moto s'est orientée dans la direction du tremplin de réception, le motard accélère. Le moment cinétique étant conservé, la roue arrière se remet en rotation au détriment du cadre de la moto, qui cesse de tourner.

## Retournement du chat : deux scénarios combinés

Contrairement aux situations que l'on vient de décrire, le moment cinétique initial du chat qu'on lâche par les pattes est nul. Il doit le rester durant la chute. Mais comment effectuer un retournement avec un moment cinétique nul ? Deux scénarios entrent en jeu et se complètent. Tous deux font intervenir la grande souplesse du félin, en particulier celle de sa colonne vertébrale.

Le premier scénario est analogue à celui par lequel un gymnaste portant de petits haltères et debout sur un support à roulettes, lequel peut tourner sans frottement ou très peu, change son orientation [voir la figure 2].

Dans ce scénario, la moitié antérieure de l'animal pivote par rapport à la moitié postérieure. Dans une première étape, le chat écarte ses pattes postérieures et fait tourner ses épaules en ramenant les pattes antérieures près du corps. Le moment cinétique

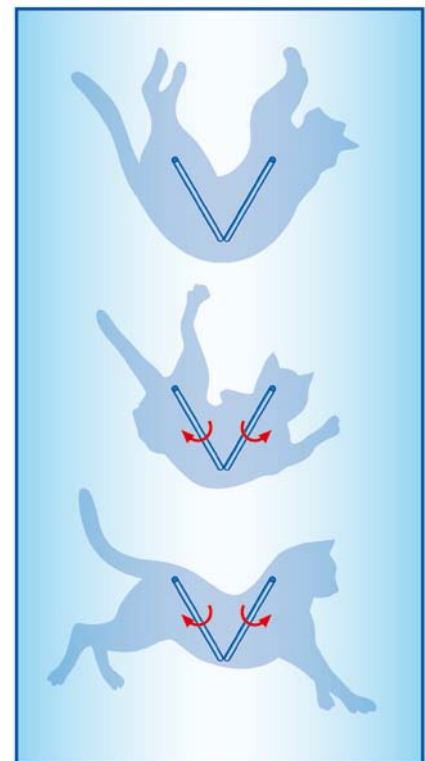


**2. UN GYMNASTE DEBOUT SUR UNE PLATE-FORME** libre de tourner [a] peut changer d'orientation grâce à la modification de son moment d'inertie. Après une torsion de son corps [b], il étend ses bras [c] ; cela augmente le moment d'inertie de la partie supérieure de son corps, qui ne tournera que très peu lorsque le gymnaste fera pivoter ses pieds [d].

total du chat est la somme des moments cinétiques de ses parties antérieure et postérieure. Le fait que le moment total soit nul et conservé a deux conséquences. *Primo*, si les épaules tournent dans un sens autour d'un axe horizontal, les hanches doivent tourner dans le sens contraire. *Secundo*, les pattes arrière étant tendues, le moment d'inertie de la partie postérieure est plus important que celui de la partie avant, ce qui implique que les hanches tournent moins que les épaules.

Dans la seconde étape de son acrobatie, le chat rabat ses pattes postérieures vers lui et déploie ses pattes antérieures. Il ramène ensuite ses hanches pour les aligner avec ses épaules avec l'effet opposé au premier mouvement : forte rotation de la partie postérieure par rapport à la partie antérieure. La souplesse du chat fait le reste : il est capable de se tordre à presque 180 degrés, donc la succession des deux étapes de mouvement permet à l'animal de se retourner complètement !

Des prises de vue ultrarapides appuient ce scénario, en montrant les hanches en retard dans leur rotation par rapport aux épaules. Cependant, l'explication n'est pas complète. Tout récemment, Richard Kaufman, de l'Université du Massachusetts, a conclu que ce mécanisme est quantitativement insuffisant, après avoir estimé les moments d'inertie mis en jeu. En fait, il semble que pour se retourner, le chat doive combiner ces mouvements avec ceux d'un



**3. UN CHAT RETOMBE SUR SES PATTES** en combinant deux types de mouvements. L'un d'eux, illustré ici, consiste à faire tourner la partie antérieure de l'animal autour de son axe, et de même pour sa partie postérieure.

Retrouvez les articles de J.-M. Courty et E. Kierlik sur [www.pourlascience.fr](http://www.pourlascience.fr)

