

## LA FORCE D'INERTIE

La force d'inertie est, avec la force centrifuge et la force de Coriolis, l'une des trois forces fictives utilisées par les physiciens dans le cadre de descriptions imaginaires.

Qu'est-ce qu'une force fictive ? Qu'est-ce qu'une description imaginaire ? Qu'appelle-t-on force d'inertie ? D'où provient-elle et comment agit-elle ? Pourquoi cette force n'existe-t-elle pas vraiment ? Voici quelques éléments de réponse...

### Petit rappel...

Une force désigne toute cause capable de modifier la vitesse ou la trajectoire d'une masse. On distingue deux types de forces : les forces réelles qui sont les causes du mouvement réel, et les forces fictives (également appelées forces apparentes, forces imaginaires, forces virtuelles ou pseudo-forces) qui interviennent uniquement dans le cadre de descriptions imaginaires.

### Définition

Inertie vient de "*inerte*". La force d'inertie se définit comme la force délivrée par un objet inerte. Comment un objet inerte peut-il délivrer la moindre force ? Cette définition semble paradoxale... En réalité, tout s'explique quand on sait que la force d'inertie appartient à la catégorie des forces fictives, ainsi que nous allons le voir...

### Une description réelle...

Imaginons un camion immobile stationné sur un terrain plat avec un ballon posé au milieu de la benne. Mettons le camion en mouvement et observons la scène du haut d'une fenêtre ou d'un balcon par exemple : dès que le camion démarre, le ballon donne l'impression de rouler vers l'arrière de la benne comme s'il était soumis à une force apparente.

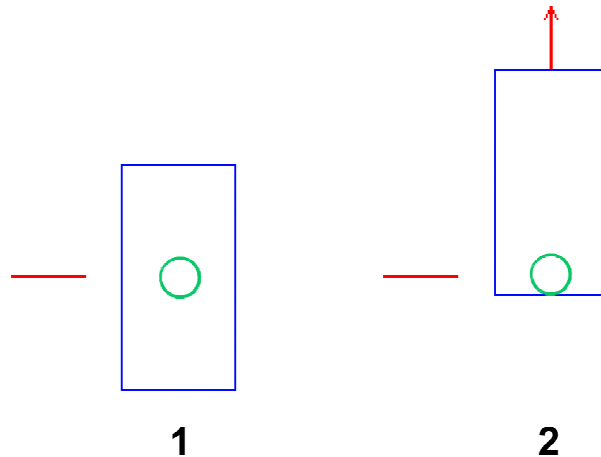
Cette force apparente, c'est la force d'inertie. Mais attention ! Le mouvement du ballon relève d'une illusion d'optique. En effet, un repère au sol permet de vérifier qu'en réalité le ballon ne s'est pas déplacé, il a seulement été rattrapé puis heurté par la ridelle arrière du camion.

Explication : la seule force sollicitée dans cette expérience est la force de traction créée par le moteur du camion. Cette force s'exerce sur les pneumatiques des roues motrices au contact du sol. Elle se transmet ensuite aux roues, au châssis, à la carrosserie et à la benne ainsi qu'à tout ce qu'elle contient, ballon compris.

Le point de contact entre la benne et le ballon étant une surface trop faible pour communiquer la force nécessaire à l'accélération du ballon, celui-ci reste donc immobile par rapport à la Terre tandis que le camion démarre.

Et c'est justement parce que le ballon reste immobile, totalement insensible au mouvement du camion et donc complètement inerte qu'il donne l'illusion de bouger, d'où le nom donné à cette force.

En réalité, dans cette expérience, la seule et unique force sollicitée, la seule et unique force qui existe vraiment est la force de traction qui s'est exercée sur les roues motrices du camion au contact du sol. Il n'y a pas eu d'autre force mise en jeu dans cette description. La force d'inertie est bien une force imaginaire.



Expérience :

1. Un ballon est posé au milieu de la benne d'un camion immobile.
2. Quand le camion démarre, on a l'impression que le ballon se déplace vers l'arrière de la benne.  
Un repère au sol (trait rouge) permet de vérifier qu'en réalité le ballon n'a pas bougé.

### **Une description imaginaire...**

Imaginons maintenant que le ballon bouge tout seul sans que personne ne le touche et sans pour autant que le camion démarre. C'est impossible, n'est-ce pas ?

Oui bien sûr : le ballon ne peut pas bouger tout seul, c'est impossible ! Mais fermons les yeux et imaginons un instant que l'expérience précédente se déroule sans le moindre repère visuel par rapport au sol...

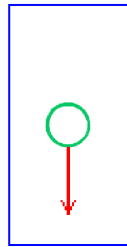
Dans une telle description, purement imaginaire bien sûr, la force de traction délivrée par le camion n'existe plus. Il faut alors expliquer le mouvement du ballon sans

s'occuper du camion, c'est à dire en faisant totalement abstraction de son déplacement propre. Oui ! Il faut faire comme si le camion n'avait pas bougé !

Bel effort d'imagination ! Les physiciens adorent ce genre d'exercice...

C'est donc ça la force d'inertie : c'est bien une force apparente, c'est à dire une force fictive servant à expliquer un mouvement qui se manifeste uniquement dans le cadre d'une description purement imaginaire !...

En réalité, la force d'inertie n'existe pas, n'existe nulle part, n'existe jamais !



La force d'inertie est une force purement imaginaire qui serait théoriquement capable de faire bouger le ballon seul sans qu'il soit nécessaire de démarrer le camion...

### **La mascotte suspendue au rétroviseur...**

Voici une autre expérience facile à réaliser et très souvent interprétée à tort comme apportant la preuve de l'existence de la force d'inertie.

Il suffit de suspendre une mascotte ou un pendule quelconque au rétroviseur intérieur d'une voiture. En ligne droite et à vitesse constante, la mascotte n'est soumise qu'à la seule force de gravitation, elle reste donc strictement immobile et indique une verticale parfaite.

Mais lors des variations de vitesse ou de trajectoires, la mascotte bouge. D'où vient ce mouvement ? Voici l'explication correcte...

Détaillons ce qui se passe au démarrage : de l'intérieur de la voiture, on constate que la mascotte s'incline vers l'arrière, on a l'impression qu'elle est animée d'une force apparente, ce terme soulignant bien qu'il s'agit là d'une observation valable uniquement dans le référentiel voiture.

Mais en réalité, dans le référentiel Terre, la mascotte n'a aucune raison de bouger sans qu'une force s'exerce sur elle. Elle reste donc immobile, complètement inerte, tout

comme le ballon dans la benne du camion et ce jusqu'au moment où l'accélération de la voiture lui est transmise. D'où vient cette accélération et comment lui est-elle transmise ?

L'accélération de la voiture provient de la force de traction qui s'exerce sur les pneumatiques des roues motrices au contact du sol. Cette force est transmise ensuite au reste de la voiture et à tout ce qu'elle contient par l'intermédiaire des roues, du châssis et de la carrosserie. Elle parvient enfin à la mascotte grâce au rétroviseur et à la ficelle au bout de laquelle elle pend. D'où son inclinaison.

Cette force apparente, c'est la force d'inertie ! Elle semble faire bouger la mascotte mais cette observation ne relève là encore que d'une simple illusion d'optique. En réalité, cette force n'existe pas et un repère au sol permettrait de vérifier que, dans la phase d'inclinaison de la mascotte, il n'y a aucun déplacement par rapport à la Terre. Ce n'est qu'une fois l'inclinaison stabilisée que la mascotte se déplace vraiment et prend de la vitesse grâce la force de traction que lui transmet la ficelle...

Le même phénomène se reproduit au freinage et ces explications permettent de mieux comprendre ce que peuvent ressentir les passagers...

### **L'effet "ceinture de sécurité"...**

Lors d'un freinage puissant ou d'une collision, tout passager de voiture a l'impression d'être plaqué contre la ceinture de sécurité, comme animé d'une force apparente... Cette force apparente, c'est la force d'inertie, bien sûr, mais il ne s'agit là encore que d'une impression !

En réalité, cette force n'existe pas plus dans cette expérience-là que dans les autres. Alors d'où vient cette impression ? Voici l'explication correcte...

Lorsque le conducteur appuie sur la pédale de freins, la voiture est soumise à la force de freinage qui s'exerce sur les pneumatiques au contact du sol. Cette force se transmet ensuite aux roues, au châssis, à la carrosserie et à tous ses accessoires. Les objets solidement fixés à la carrosserie sont donc freinés en même temps que la voiture, sans aucun retard.

Or ce n'est pas le cas des passagers qui, bien qu'assis sur leurs sièges, gardent tout de même une certaine liberté de mouvement. Lorsque la voiture commence à ralentir, les passagers conservent donc leur vitesse initiale, tout comme la mascotte dans l'expérience précédente, et ce jusqu'à ce que les ceintures de sécurité leur communiquent cette fameuse force de freinage...

Dans cet exemple, les ceintures de sécurité jouent pour les passagers le même rôle que la ficelle pour la mascotte.

Les passagers d'une voiture ne sont donc jamais projetés en avant, ils sont seulement freinés par la carrosserie et les ceintures de sécurité... ou par le tableau de bord et le pare-brise s'ils ont oublié de boucler leurs ceintures de sécurité !...

Les sensations qu'ils éprouvent viennent donc uniquement de la force de freinage que leur communique la voiture... La force d'inertie n'étant qu'une force imaginaire, il est bien évidemment impossible d'en ressentir les effets.

### **Le mouvement des bagages...**

Et les bagages dans le coffre ou les objets posés sur la tablette arrière ?

L'explication est identique à celle qui concerne les passagers : lors d'un freinage ou d'une collision, le mouvement des bagages dans le coffre ou des objets posés sur la tablette arrière n'est qu'apparent. En réalité, ces objets ne sont jamais projetés en avant, ils conservent simplement leur vitesse initiale s'ils n'ont pas été solidement fixés à la carrosserie et tant qu'une partie quelconque de la carrosserie ne peut leur communiquer la moindre force de freinage.

### **Encore une histoire de référentiel !...**

Ces diverses réflexions nous ramènent à la théorie des référentiels (lire le dossier ADILCA "*les référentiels*") et on peut résumer ainsi les expériences précédentes :

- les unes sont observées dans un référentiel général (ici la Terre) et décrivent un mouvement réel,
- les autres sont observées dans un référentiel restreint (ici le véhicule) et décrivent un mouvement apparent.

D'où la nécessaire distinction entre forces réelles et forces fictives (encore appelées forces apparentes, pseudo-forces ou forces d'inertie) : dans un référentiel général, les forces fictives n'existent pas, et donc la force d'inertie non plus.

La force d'inertie ne peut se manifester que dans un référentiel restreint et uniquement pour expliquer un mouvement apparent, ce qui interdit alors toute description du mouvement réel, les deux descriptions ne pouvant se superposer !

### **Force d'inertie : la vraie définition !**

Ce qui précède nous amène à cette définition complètement inédite de la force d'inertie :

*“Dans le référentiel voiture, on appelle force d’inertie la force imaginaire qu’il faudrait exercer sur le centre de gravité des passagers et des bagages d’une voiture immobile pour les voir s’animer d’un mouvement identique à celui observé dans la réalité lorsque la voiture est soumise à une accélération ou une décélération.”*

Insistons sur le caractère hypothétique de cette force clairement affirmé par l’emploi du conditionnel : “*la force imaginaire qu’il faudrait exercer...*” et l’impossibilité technique d’exercer directement la moindre force sur le centre de gravité d’une masse quelconque...

## **Conclusion**

La force d’inertie est, avec la force centrifuge et la force de Coriolis (voir les dossiers ADILCA consacrés à ces forces), l’une des trois forces fictives (appelées également forces apparentes) qui sont utilisées par les physiciens dans le cadre de descriptions purement imaginaires.

Mais aucune de ces trois forces n’existe réellement ! Il est donc strictement impossible d’en observer ou d’en ressentir les effets ! Qu’on se le dise !

association ADILCA

[www.ifrance.com/adilca](http://www.ifrance.com/adilca)

\* \* \*