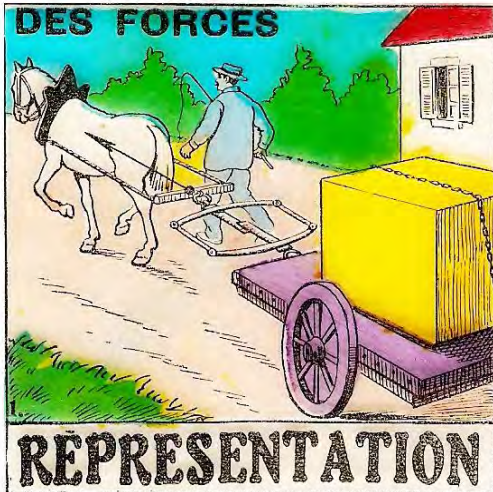


# LES FORCES

## ET LEUR COMPOSITION

### 1 Les Forces et leur composition

Vue : *Représentation des forces*



L'énergie produit le mouvement. Par comparaison avec un cheval qui tire une voiture, avec un homme qui soulève un poids, avec un corps qui tombe, on dit que les mouvements sont produits par des forces dont la direction est celle du mouvement.

Réduisez par la pensée un cheval à une droite dirigée suivant la route qu'il suit et attachée au pivot du palonnier de la voiture, vous aurez la représentation de la force ou énergie du cheval que l'on peut mesurer avec un ressort.

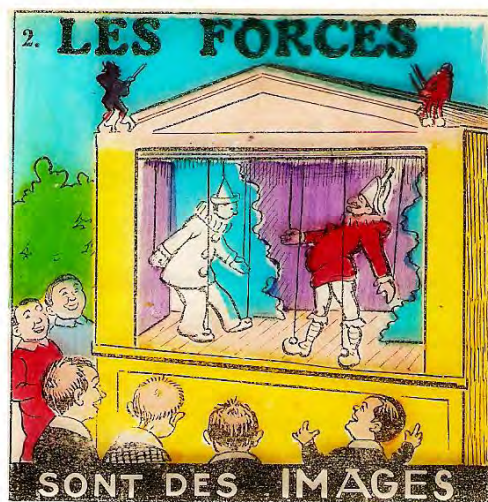
Le pivot du palonnier c'est le « *point d'application de la force* ».

La direction de la route, la « *direction de la force* ».

La longueur de la droite, l'*intensité de la force*, bien entendu à une échelle convenue et que nous savons mesurer avec des ressorts.

### 2 Récemment les forces n'existent pas

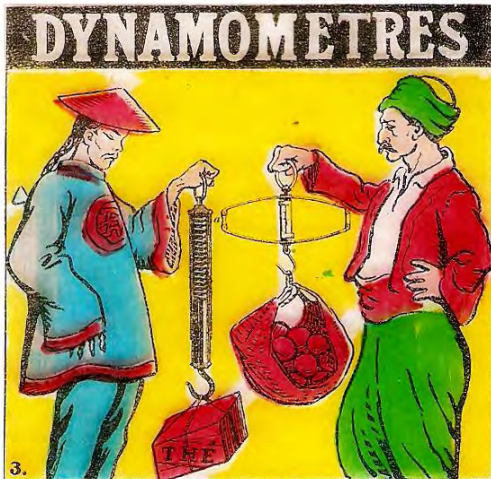
Vue : *Un théâtre de marionnettes*



Personne n'a jamais vu les « forces », c'est-à-dire ces droites, images de chevaux, de biceps, mais c'est là une manière commode de figurer la direction et l'intensité de l'énergie d'un corps à un instant donné, aussi pour faciliter les explications des phénomènes de l'énergie, nous parlerons toujours comme si les forces existaient, comme si les phénomènes dus à l'énergie étaient des marionnettes tirées par des ficelles. Et vous savez combien cette image est populaire, quand une personne fait agir quelqu'un pour une chose ou pour une autre, on dit qu'elle tire les ficelles. C'est le philosophe mathématicien Descartes qui le premier a imaginé de représenter les forces par des droites pour simplifier les raisonnements.

### 3 Mesure des Forces

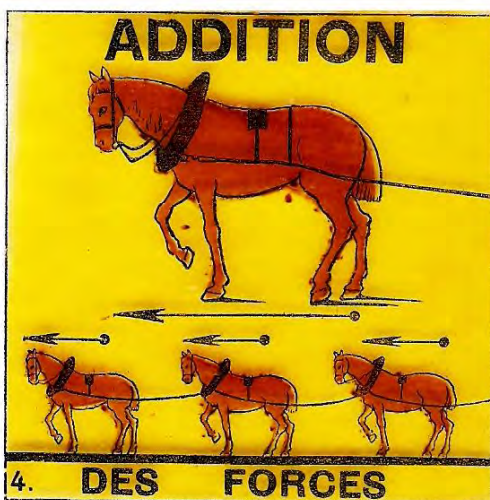
Vue : *Les dynamomètres*



Les ressorts qui servent à mesurer les forces ont différentes formes, il y en a pour les petites forces et pour les grandes forces — on les appelle des dynamomètres. Dans certains pays, chez les Arabes, chez les Chinois, ils remplacent les balances, mais en France ils sont interdits pour cet usage parce que l'élasticité du ressort ne reste pas toujours constante et que leurs indications ne sont pas toujours les mêmes. Les physiciens et les ingénieurs ont bien soin chaque fois qu'ils s'en servent de vérifier leurs indications, ce qui est facile avec des poids contrôlés.

### 4 Addition des Forces

Vue : *Chevaux attelés*



Si l'on attelle 2 chevaux de même force à une voiture, l'un derrière l'autre, ils tirent évidemment comme deux chevaux, et l'on dit que le cheval ou le bœuf ou l'éléphant qui les remplacerait tirerait comme deux chevaux.

Une locomotive qui tire comme 100 chevaux a une force de 100 chevaux. Les forces en ligne droite et de même sens s'ajoutent, bien entendu, si elles tirent sur une même corde sur une même chaîne.

5 Soustraction des Forces  
 Vue : Forces égales en sens inverse

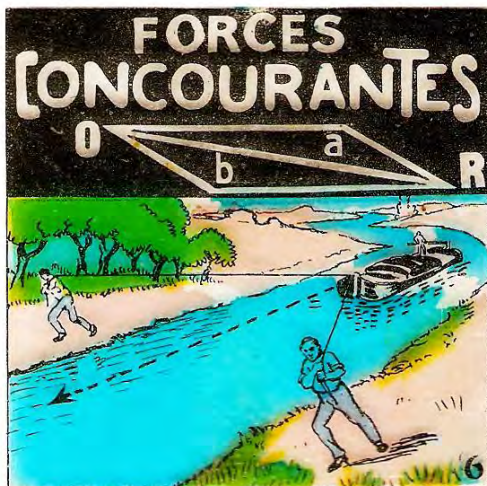


Si 2 chevaux tirent en sens inverse inégalement, le mouvement se produira dans le sens du cheval le plus fort et sous l'action de la différence des forces des 2 chevaux

Si 2 petits garçons tirent en sens inverse une corde et sont aussi forts l'un que l'autre, leurs forces s'annulent, on dit qu'il y a équilibre.

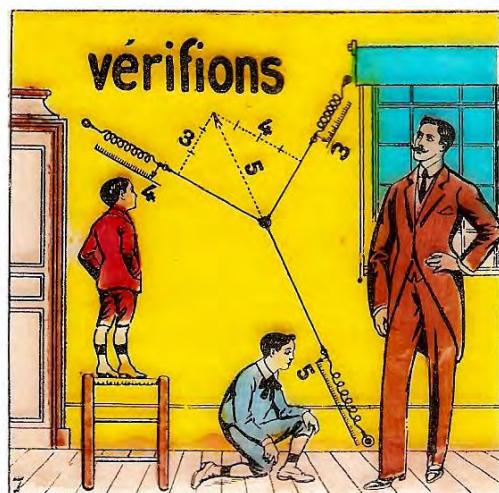
L'équilibre ne serait pas rompu si les 2 petits garçons tiraient à des endroits divers de la corde ce qui prouve qu'on ne change pas l'effet d'une force si l'on déplace son point d'application sur sa direction, à la condition que les 2 points soient invariablement reliés par une corde, une tige inextensible.

6 Composition des forces concourantes  
 Vue : Le halage



Mais voici un bateau sur un canal, s'il est tiré de chaque côté par deux hommes aussi forts l'un que l'autre, le bateau restera évidemment au milieu. Si je demande quelle serait la direction du bateau s'il était tiré d'un côté par un cheval et de l'autre par un homme, que répondrez-vous, nous supposons, bien entendu, que le bateau n'a pas de gouvernail pour corriger sa route? Vous ne savez pas! Voici comment on trouve sa route et la force du cheval qui en tirant en ligne droite remplacerait l'homme et le cheval qui halent le bateau, on marquerait sur les 2 directions des cordes de halage à une échelle convenue, 10 centimètres par cheval, 2 centimètres pour un homme, si on suppose qu'un homme est 5 fois moins fort qu'un cheval. On achèverait le parallélogramme et la diagonale de ce parallélogramme donnerait en direction et grandeur la résultante des 2 forces.

7 **Vérification de la loi du parallélogramme**  
 Vue : *Expérience des pesons*



Vérifions avec 3 pesons attachés à 3 clous et un anneau la règle du parallélogramme.

Il suffit de lire les chiffres de 2 pesons et de tracer le parallélogramme sur leur direction avec des longueurs proportionnelles à celle des chiffres indiqués par les 2 pesons. On constate alors que :

- 1° La diagonale de ce parallélogramme est bien dans la direction de l'action du 3<sup>e</sup> peson et
- 2° égale au chiffre de ce peson si on la mesure avec la même échelle.

8 **Composition de plusieurs forces concourantes**  
 Vue : *Un roi de rats*



Il est aussi facile de composer plusieurs forces qui passent par un même point : on en remplace d'abord deux par leur résultante, puis deux autres et ainsi de suite. Mais il y a une remarque importante à faire lorsque plusieurs forces concourantes se font équilibre, c'est-à-dire ont une résultante nulle, la voici :

Regardez bien ces rats, ils se sont tous pris par la queue et ne peuvent plus se détacher, on dit qu'ils forment un roi de rats ; si l'un d'eux tire de son côté tous les autres lui opposent une résultante égale à sa force, sinon le « roi » de rats se déplacerait. Ainsi quand un système de forces concourantes est en équilibre, une quelconque des forces est égale et opposée à la résultante de toutes les autres.

Le théorème est aussi vrai quand les forces ne sont pas concourantes.

## 9 Application

Vue : *Gouvernail d'un navire*

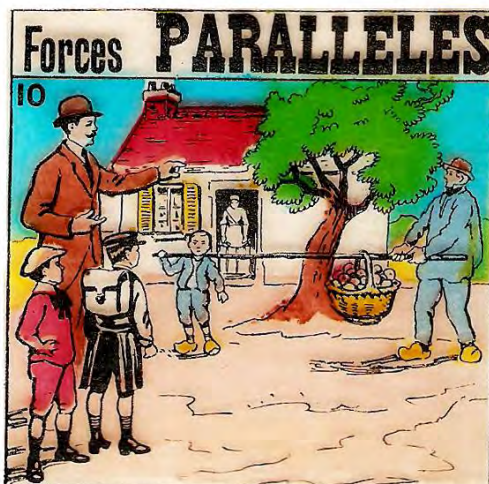


La composition des forces concourantes est constamment appliquée par les hommes et par la Nature elle-même, nous ne signalons aujourd'hui qu'un exemple, mais constamment nous nous servirons de la règle du parallélogramme.

C'est grâce au gouvernail, vous le savez, que les navires se dirigent, l'hélice produit une force dirigée suivant l'axe du navire, le gouvernail s'il est tourné agit comme une force qui est perpendiculaire à sa direction et qui est celle produite par la résistance de l'eau. En se composant, ces deux forces changent la direction du navire, la nouvelle direction s'appelle la dérive.

## 10 Forces parallèles

Vue : *Expérience du panier*



Supposez maintenant que je veuille porter avec l'un de vous, le plus petit de la classe, un panier lourd. Comment opérerons-nous ? Nous prendrons une perche et nous arriverons assez vite à nous placer pour répartir le poids selon nos forces.

## 11 Formule de la composition des forces parallèles

Vue : *Vérification*



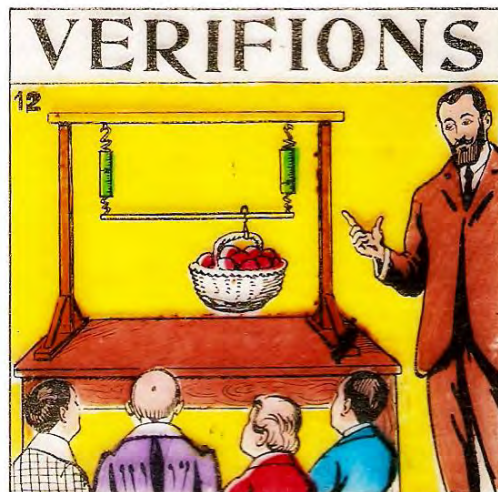
Remplacez l'écolier et le maître par des ressorts qui indiqueront respectivement les forces P et Q de chacun d'eux, vous observerez, en mesurant les distances du panier aux ressorts, que l'on a toujours si R est le poids du panier, p et q les distances des pesons au panier,

$$\left. \begin{array}{l} P + Q = R \\ Pp = Qq \end{array} \right\}$$

quelque soit la position du panier ou son poids  
C'est là deux égalités qu'il faut bien se rappeler, elles signifient que la résultante de 2 forces parallèles est la somme de 2 forces et que son point d'attache est tel que le produit d'une des forces par sa distance au panier égale le produit de l'autre par la distance qui lui correspond. C'est simple, mais il faut se le rappeler.

## 12 Application

Vue : *La balançoire*



Et maintenant avec un mètre, si vous connaissez votre poids, vous pouvez vérifier ce grand théorème la prochaine fois que vous jouerez à la balançoire.

Dans ce cas la résultante de vos poids passe par le pivot qui lui résiste et empêche la planche de tomber avec vous.