

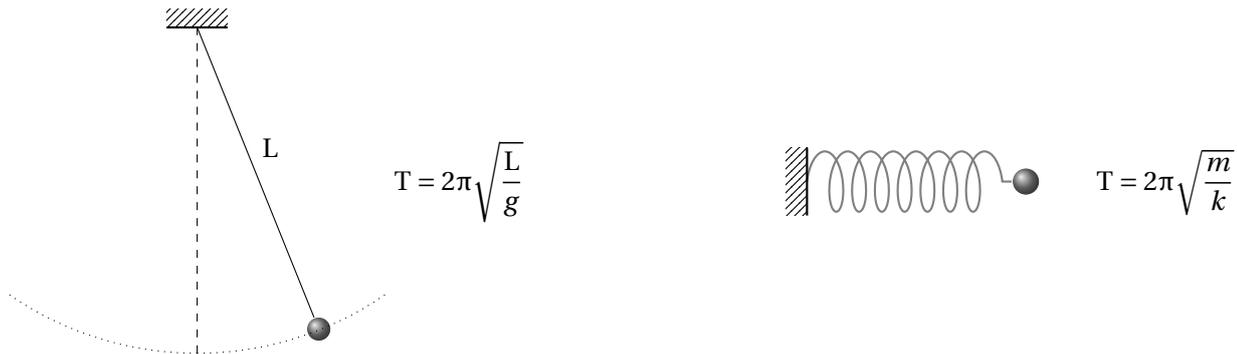
### Chapitre 12 : Relativité restreinte.

#### 1) Le temps et sa mesure.

##### Qu'est ce que le temps ?

Si personne ne me le demande, je le sais, mais si on me le demande et que je veuille l'expliquer, je ne sais plus.  
Saint Augustin

Paradoxalement, l'homme sait très bien mesurer le temps qui s'écoule, même s'il ne sait pas ce qu'est le temps !  
Cette mesure est toujours basée sur un phénomène périodique.



Les progrès de la science ont nécessité des mesures de temps de plus en plus précises.

On utilise aujourd'hui, l'horloge atomique, basée sur la fréquence stable et très bien connue d'un photon de transition entre deux niveaux énergétiques de l'atome de césium.

Cette fréquence a pour valeur :  $f = 9\,192\,631\,770\text{Hz}$

#### 2) Préambule.

##### Définition

Qu'appelle-t-on relativité ?

- Relatif : qui est défini en référence à autre chose.
- Absolu : qui est défini indépendamment de toute autre chose.

Comment savoir si une grandeur est relative ou absolue ?

Par exemple, les affirmations suivantes sont-elles relatives ou absolues ?

- (1) c'est chaud      (2) je mesure 1,70m      (3) ma maison est au nord      (4) il va vite

Dans les phrases (1), (3) et (4), il est nécessaire de préciser par rapport à quoi : ce sont des notions relatives.

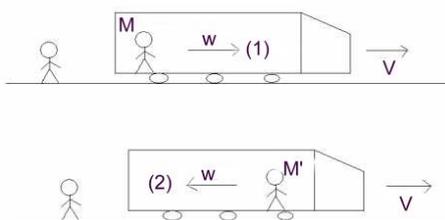
Par contre, l'affirmation (2) est absolue parce qu'elle peut être affirmée indépendamment de toute autre chose.

#### 3) Relativité de Galilée.

Considérons une personne marchant dans un train qui roule en ligne droite et à vitesse constante :

$V$  = vitesse du train par rapport au talus

$w$  = vitesse du marcheur par rapport au train



À quelle vitesse se déplace la personne par rapport au sol ?

Dans le même sens : les vitesses s'ajoutent (1).

Dans le sens contraire : les vitesses se retranchent (2).

Quoi de plus naturel dans tout cela, n'est ce pas ?

##### Propriété

**En mécanique classique : la vitesse est relative. Les longueurs et le temps sont absolus.**

4) Qu'en est-il pour la lumière ?

Le train avance en ligne droite et à vitesse constante avec les phares allumés. À quelle vitesse se déplace la lumière émise par les phares par rapport au quai ?

En considérant l'expérience précédente, la lumière vue du quai devrait aller à sa vitesse augmentée de celle du train.

Cette expérience a été menée par deux physiciens américains, **Michelson et Morley**, avec le train le plus rapide que nous connaissions : la Terre dans sa révolution autour du Soleil.

**Résultat : négatif!**

Propriété

**Dans un référentiel galiléen, la lumière se propage toujours à la même célérité pour tous les observateurs, qu'ils soient en mouvement ou pas !**

Ce résultat va à l'encontre de la mécanique classique que nous vivons au quotidien !

Autrement dit : la célérité de la lumière **semble** être absolue, c'est à dire indépendante de toute autre chose.

5) Relativité d'Einstein.

L'idée révolutionnaire d'Einstein est de déclarer qu'il est inutile de chercher d'autres expériences pour montrer que la mécanique classique s'applique à la lumière.

Il pose donc le postulat suivant :

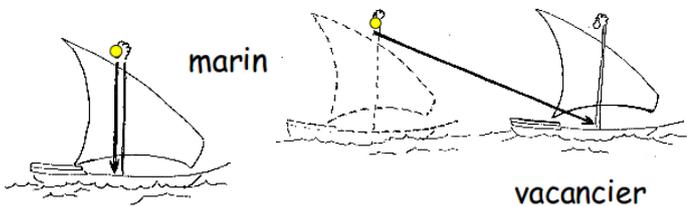
Propriété

**La célérité de la lumière est absolue.**

Quelles en sont les conséquences ?

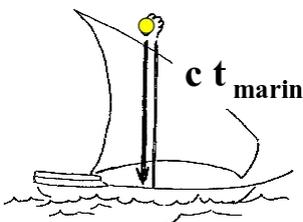
Considérons un bateau muni d'une lampe en haut du mât. Ce bateau avance à vitesse constante  $v$ .

Le trajet suivi par la lumière est observé par un marin et par un vacancier resté sur la plage.



La lumière se déplace à la même vitesse  $c$  pour le marin comme pour le vacancier. (postulat d'Einstein)

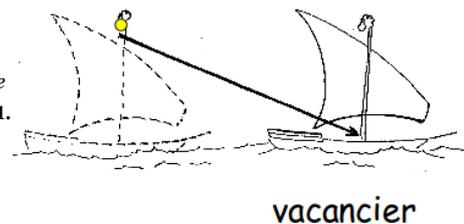
a) Dilatation des durées.



Le marin chronomètre le temps mis par la lumière pour parcourir la hauteur  $h$  du mât.

Il trouve :  $h = ct_{marin}$  où  $t_{marin}$  est le temps chronométré par le marin.

Le vacancier en fait de même : il trouve la distance  $D = ct_{plage}$  parcourue par la lumière et  $d = vt_{plage}$  parcourue par le bateau.  $t_{plage}$  est la durée chronométrée par le vacancier.



Or la distance parcourue par la lumière n'est pas la même pour le marin que pour le vacancier.

Cependant, la lumière se déplace à la même vitesse pour les deux !

**Conclusion : La durée de parcours de la lumière n'est pas la même pour le marin et pour le vacancier :**

$$t_{marin} \neq t_{plage}$$

On peut même dire que :  $t_{plage} > t_{marin}$

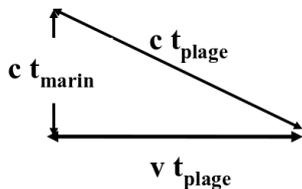
Propriété

**Le temps est relatif !**

La durée séparant deux évènements se produisant **en un même lieu** est appelée **durée propre**.

$t_{marin}$  et  $t_{plage}$  sont les temps propres respectifs du marin et du vacancier.

b) Comment calculer le temps de l'un par rapport à l'autre ?



On montre facilement, à partir du théorème de Pythagore :

$$t_{plage} = \frac{t_{marin}}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

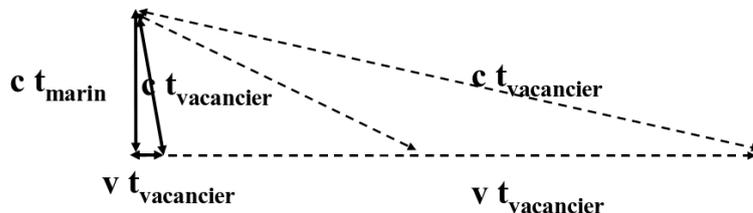
Ou encore :  $t_{marin} = \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}} t_{plage} = \gamma t_{vacancier}$

où  $\gamma$  est le **coefficient de Lorentz**

c) Vitesse limite.

Que se passe-t-il si le bateau avance de plus en plus vite ?

Le triangle des distances parcourues s'allonge, s'allonge...



Mais, aussi loin que possible, l'hypothénuse restera toujours plus longue que le côté adjacent !

La vitesse du bateau sera donc toujours plus petite que celle de la lumière qui est alors une vitesse limite indépassable !