

## ***2. L'expérience M&M et les poussières fines***

### ***Contenu***

2.1. Un point d'orientation fixe .....	1
2.2. Une expérience d'interférence .....	1
2.3. Une expérience de pensée. ....	2
2.4. Aucun vent d'éther n'a été mis en évidence.....	5

### ***2.1. Un point d'orientation fixe***

Tout le monde a fait l'expérience de se trouver dans un train à l'arrêt, à côté d'un deuxième train. Si l'un des deux part doucement, on ne sait pas tout de suite s'il s'agit de son propre train ou de l'autre, et il faut un certain temps pour trouver un point d'orientation fixe, comme la gare ou le quai lui-même.

En y réfléchissant, la recherche d'un tel point d'orientation fixe, une fois le regard tourné vers les espaces infinis, semble loin d'être aisée. La terre tourne autour de son axe, mais aussi autour du soleil, qui fait lui-même partie d'une galaxie en rotation. Et celle-ci appartient à son tour à un univers en expansion. Tout cela nous a amenés à nous demander s'il était possible de trouver un point de référence fixe n'importe où dans l'espace.

Dans la mer, les ondes ont l'eau pour support. Le son se propage par des ondes, transportées par l'air. Et comment la lumière se déplace-t-elle ? Une substance intermédiaire est peut-être également nécessaire. La physique a donc accueilli un milieu hypothétique et stationnaire, une substance intermédiaire extrêmement fine et invisible, l'« éther », qui remplit uniformément tout l'espace. Et le mouvement de la terre, du soleil et des étoiles était relatif à cet éther. On disposerait ainsi d'une référence fixe, d'un étalon absolu pour les mesures du temps et de l'espace. Mais comment prouver l'existence effective de cet éther ?

### ***2.2. Une expérience d'interférence***

En 1887, Michelson et Morley ont cherché à savoir si cet éther supposé pouvait effectivement être établi scientifiquement. Pour ce faire, ils ont conçu une célèbre expérience basée sur l'interférence de la lumière. Nous reviendrons plus en détail sur ces interférences.

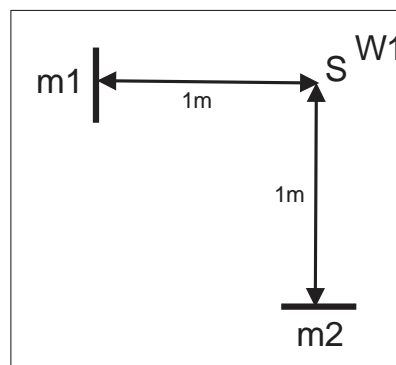
Michelson et Morley ont comparé la vitesse de la lumière parallèle à l'orbite terrestre à la vitesse de la lumière perpendiculaire à cette même orbite. Le résultat de cette expérience montrait invariablement la même figure d'interférence, ce qui signifiait qu'aucune différence de vitesse n'apparaissait. Michelson et Morley ont d'abord pensé que leur expérience avait échoué.

Si vous montez dans un train en marche dans la direction de la locomotive, votre vitesse est légèrement supérieure à celle du train. Si vous reculez, votre vitesse est à nouveau légèrement inférieure. Mais si vous envoyez un signal lumineux d'un vaisseau spatial particulièrement rapide dans le sens de son déplacement ou dans le sens inverse, les deux faisceaux lumineux ont toujours la même vitesse. Il s'agit là d'une conclusion très surprenante et apparemment contradictoire, qui va à l'encontre des lois de Newton. Einstein en a donné l'explication théorique dans sa théorie spéciale de la relativité en 1905 : le cours du temps dans l'univers n'est pas un absolu, mais change avec la vitesse. Une galaxie en expansion rapide a un cours du temps différent de celui d'une galaxie qui ne se déplace pas à la même vitesse.

À première vue, cela semble contradictoire. Mais si l'on y réfléchit un peu, on se rend vite compte qu'il ne peut en être autrement. Clarifiez cela dans ce qui suit.

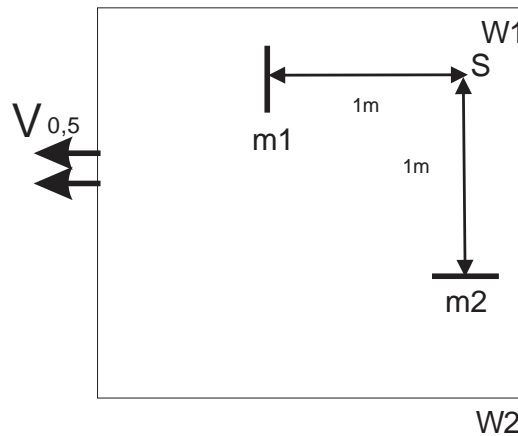
### 2.3. Une expérience de pensée.

Situation 1 : Dans un train (le grand carré), il y a un miroir  $m1$  ('m' de miroir) au milieu du couloir. Un mètre plus loin se trouve un enfant  $W1$  (observateur 1) qui tient deux balles de tennis dans sa main à une hauteur de 1 mètre. Au sol, il y a également un miroir  $m2$ . Le train est immobile. L'enfant lance les deux balles simultanément et avec la même force, l'une sur  $m1$  devant lui, la seconde sur  $m2$  au sol. Ici, nous faisons abstraction de la gravité. Après avoir rebondi, les deux balles reviennent simultanément vers l'enfant. Chaque balle a parcouru la même distance  $s$  (lettre minuscule) dans le même temps, c'est-à-dire 1 mètre jusqu'au miroir  $m1$  ou  $m2$ , et après réflexion également un mètre, soit 2 mètres au total. Ce fait est confirmé par l'observateur  $W1$ , l'enfant dans le train, mais aussi par l'observateur  $W2$ , son ami à l'extérieur du train, qui voit tout ce qui se passe par la fenêtre.

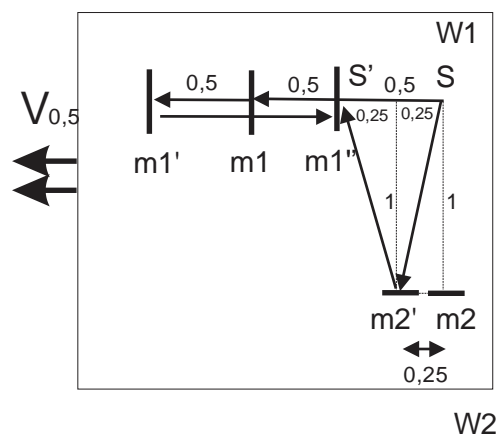


$W2$

Situation 2 : Le train roule à une vitesse assez élevée  $V$  (de Vitesse) et a parcouru  $0,5$  m lorsque la balle a fait 1 aller-retour, c'est-à-dire qu'elle est passée de  $S$  à  $m1$  et revenue en  $S$ . L'enfant dans le train ( $W1$ ) lance à nouveau simultanément les deux balles sur les miroirs  $m1$  et  $m2$ . Après réflexion, l'enfant ( $W1$ ) dans le train constate que les deux balles arrivent simultanément en  $S$  et ont parcouru chacune une distance aller ( $S-m1$ ) et retour ( $m1-S$ ), à chaque fois de  $1$  mètre, soit ensemble  $2$  mètres.



Mais l'enfant  $W2$ , qui se trouve à l'extérieur du train, n'est pas du tout d'accord. Il voit bien les deux balles de tennis partir, l'une à l'horizontale sur  $m1$  et la seconde sur  $m2$ . Cependant, comme le train a une vitesse considérable, du point de vue de  $W2$ , la balle ne tombe pas sur  $m2$  mais un peu en diagonale à gauche sur  $m2'$ ,  $m2$  s'est donc bien déplacé sur  $m2'$ .

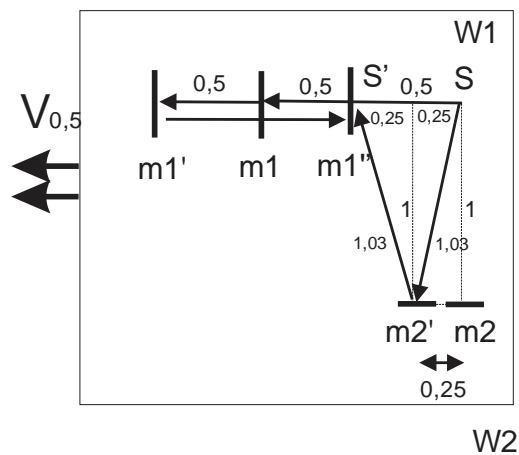


Après avoir rebondi sur  $m2'$ , la balle monte également en biais vers la gauche et est rattrapée par l'enfant  $W1$  dans le train, qui entre-temps s'est également déplacé de  $0,5$  m vers la gauche. La trajectoire s n'est plus un mouvement vertical de haut en bas, mais prend la forme d'une grande lettre  $V$ . Le mouvement descendant ( $S-m2'$ ) de cette lettre est comme l'hypoténuse

d'un triangle rectangle dont le côté vertical rectangulaire est égal à 1, et le côté horizontal est égal à 0,25.

Le mouvement ascendant de cette lettre ( $m2'-S'$ ) est également comme l'hypoténuse d'un triangle rectangle dont le côté vertical rectangle est égal à 1, et dont le côté horizontal est égal à 0,25.

En utilisant le théorème de Pythagore, nous savons que l'hypoténuse est ici égale à la racine carrée de  $1^2 + 0,25^2$ , un nombre arrondi à 1,03. Ainsi, pour l'enfant à l'extérieur du train, la distance parcourue est de  $1,03 * 2$  soit 2,06 m.



Ensuite, regardez le lancer horizontal sur le même dessin. L'enfant W2 qui se trouve à l'extérieur du train voit la balle partir vers  $m1$ , mais ce miroir s'est entre-temps éloigné de sa position initiale dans le train en mouvement. Supposons que le train se soit déplacé d'un demi-mètre entre-temps, le chemin vers  $m1$  n'est plus de 1 mètre, mais de 1,5 mètre. Après réflexion, l'enfant W1, qui s'était déjà déplacé d'un demi-mètre vers la gauche, s'est encore déplacé d'un demi-mètre vers la gauche. La balle réfléchi n'a plus qu'à parcourir 0,5 mètre jusqu'à l'enfant. Ainsi, pour l'enfant à l'extérieur du train, la balle a parcouru  $1,5 + 0,5$ , soit 2 mètres.

La balle au sol a parcouru 2,06 mètres ; la distance horizontale n'est que de 2 mètres. Mais, et c'est là l'élément surprenant et apparemment paradoxal, l'enfant W2, à l'extérieur du train, a vu que les deux balles ont atteint leur miroir respectif simultanément, et ont également été rattrapées simultanément par son ami W1 dans le train. Un mouvement avec le train donne un temps différent pour l'enfant à l'extérieur du train qu'un mouvement perpendiculaire au train

L'enfant W1 dans le train ne croit pas à l'explication de son ami W2 et dit que la situation de son ami est restée inchangée, mais que c'est son ami W2 à l'extérieur du train qui s'est éloigné de lui à grande vitesse. Si ce dernier (W2) avait laissé une balle de tennis frapper le sol verticalement à l'extérieur du train et l'avait rattrapée, son ami W1 dans le train affirmerait alors que la balle a également effectué un mouvement en « V », mais cette fois-ci non pas vers la gauche, mais vers la droite. Il est également possible d'établir ce fait de manière quelque peu analogue sur le plan mathématique.

Si nous remplaçons les balles de tennis par deux faisceaux lumineux cohérents, c'est-à-dire des faisceaux lumineux émis par la même source lumineuse L, nous nous trouvons dans une situation analogue à celle de l'expérience M&M. Michelson et Morley sont partis du principe que la balle avait fait un « V », mais cette fois non pas à gauche, mais à droite. Michelson et Morley supposaient qu'ils observeraient également un décalage temporel - et donc une image d'interférence déformée - dans les deux faisceaux partiels. Mais ils ne l'ont pas fait, et ne l'ont jamais fait. Cela les a surpris. « L'expérience a échoué », ont-ils pensé. Einstein, cependant, a trouvé une solution très inhabituelle : la mesure du temps n'est pas absolue. Une seconde ne dure pas le même temps dans des systèmes qui s'éloignent l'un de l'autre à grande vitesse. Si chaque observateur, dans son propre système, avec sa propre expérience du temps et de la distance parcourue, calculait la vitesse de la lumière, tous deux arrivaient toujours à la même constante : 300 000 km par seconde.

#### ***2.4. Aucun vent d'éther n'a été mis en évidence.***

Ce résultat, l'image d'interférence inchangée établie à plusieurs reprises - nous reviendrons plus tard sur cette interférence - a conduit Einstein à conclure qu'il n'est pas possible d'établir un mouvement uniforme par rapport à l'éther. Et si l'existence de l'éther ne peut pas non plus être prouvée, il semble également inutile de prétendre que la terre et les corps célestes se déplaceraient dans un « éther uniforme ». Depuis lors, la croyance en l'existence d'une substance fine comme support de propagation de la lumière a de nouveau été abandonnée.

Dans certains milieux scientifiques, ce dernier point conduit assez facilement à la conclusion qu'il faut nier l'existence de toute forme de matière « fine ». D'aucuns diront cependant qu'il s'agit là d'une généralisation non prouvée. Peut-être existe-t-il encore des types de poussière fine que l'expérience M&M n'a pas permis de découvrir ? Ou peut-être existe-t-il d'autres types de poussières fines que des types uniformes ?

Pourtant, cette idée a été discréditée discrètement. Et si l'on ose aujourd'hui aborder à nouveau le sujet dans les cercles astronomiques, les gens vous regardent parfois d'un air dubitatif : « Vous n'êtes pas d'accord ! La science a certainement laissé ce sujet derrière elle il y a longtemps et de manière définitive. Ce que vous envisagez n'est pas de la vraie science ».

Même en 1967, on pouvait encore lire dans le livre très bien documenté de Van Heel, « Qu'est-ce que la lumière », ce qui suit : « Même si l'on peut prouver l'existence de l'éther, cela reste une question douteuse, la physique devrait se préoccuper de choses plus tangibles<sup>1</sup>».

---

<sup>1</sup> A.C.S. Van Heel en C.H.F Velzel, Wat is licht? Wereldacademie, De Haan/ Meulenhoff, 1967, p. 177.