L'expérience de Michelson - Morley

(revue et expliquée)

Jean DAVID 2001

Et pourquoi la Terre s'arrêta de bouger . . . . . .

INTRODUCTION

A la fin du XIXe siècle, on supposait que les ondes lumineuses se déplaçaient sur un support immatériel appelé "éther". Par analogie aux éléments transportés par un fluide, la vitesse de la lumière, plus précisément des photons qui la composent, devait changer suivant qu'ils descendaient ou remontaient le courant créé par le déplacement de la Terre.

En 1881, Albert Michelson entreprena, en collaboration avec Edward Morley, une expérience, réelle celle-ci, pour déterminer l'effet de ce vent d'éther sur la vitesse de la lumière. Leur idée : mesurer cette vitesse suivant 2 directions, le sens de déplacement de la Terre sur son orbite et la direction perpendiculaire à celui-ci. Ils s'attendaient alors à trouver des valeurs de vitesse différentes pour chaque orientation. En fait, ils constataient que les mesures étaient identiques quelque soit la direction de propagation des rayons. La combinaison galiléenne des vitesses ne sembla plus s'opérer pour la lumière.

Ces résultats donnèrent alors raison aux théoriciens qui avançaient l'idée d'une vitesse de lumière invariable pour tout observateur indépendamment de la vitesse de déplacement de celui-ci. Pour expliquer cette "invariabilité référentielle", Einstein proposa dans sa théorie de la relativité restreinte la possibilité de contraction ou de dilatation de l'espace ***et*** du temps, rebaptisé continuum spatio-temporel. Chaque observateur (référentiel) possède alors son espace-temps qui n'a plus de caractère absolu. Le rapport avec un autre réfentiel est déterminée par leur vitesse de déplacement relative. La conversion des coordonnées de l'un à l'autre est formulée à l'aide des coefficients de Lorentz.

Mais revenons à l'expérience de Morley et Michelson. Comment ont-ils réalisé ces mesures ? Pourquoi plusieurs expériences réalisées plus tard avec plus de précision n'infirment pas les résultats des premiers jours. L'invariance des différentes mesures de la vitesse de la lumière obtenues s'explique-t-elle vraiment par la caractéristique élastique du temps et de l'espace ?

Je vous propose de revenir avec moi quelques années en arrière.

L'interféromètre

La mesure précise de la vitesse de la lumière s'avérait difficile à cause de sa valeur très importante. Comparer la différence de vitesse entre 2 rayons demande encore plus de précision qu'aucun appareil de mesure ne puisse donner. Par contre, nous savons qu'en "mélangeant" ces mêmes rayons, nous obtenons des effets détectables à l'oeil suivant leur différence de parcours appelé aussi différence de marche. Une condition pourtant : la cohérence des rayons en jeu.

Les savants Michelson et Morley, pour leur célébre expérience, se basèrent sur le principe des franges d'interférences obtenues par l'interaction de rayons lumineux dupliqués . Mais leur appareil de test, l'interféromètre, a quelque chose de particulier. Par un astucieux jeu de miroirs, les deux rayons issus d'une même source lumineuse parcourent des trajets pratiquement perpendiculaires avant de venir s'interférer dans l'objectif à l'arrivée.

En effet, pour disposer de deux faisceaux lumineux cohérents, Michelson utilise au centre de son dispositif un miroir semi-transparent orienté à 45° permettant, d'une part, de renvoyer une partie du faisceau provenant de la source vers le miroir M2 et d'autre part, laisser passer une partie vers le miroir M1 placé à l'arrière. La distance entre le centre O du miroir semi-transparent central (appelé séparatrice) et les 2 miroirs M1,M2 est réglée de manière à ce que les rayons parcourent la même distance aller-retour. Des franges d'interférence apparaissaient à la recombinaison des 2 faisceaux de lumière à leur arrivée en Z.

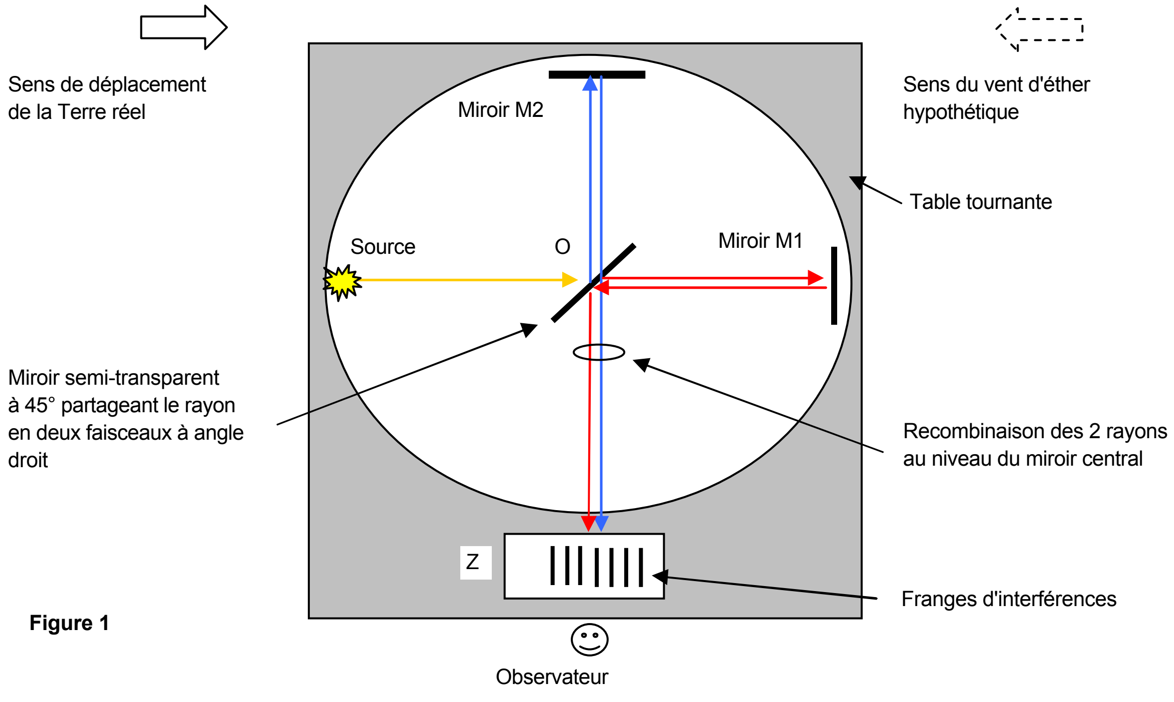


Figure 1

En raison du déplacement de la Terre, Michelson et Morley s'attendaient à constater un décalage mesurable des franges lumineuses lorsque l'ensemble du dispositif serait mis en rotation par rapport au mystérieux courant d'éther de 90°, 180° ou 270°.

A leur grande surprise, les franges ne bougeaient pas comme prévu. Quelque soit la direction vers laquelle on orientait les faisceaux, les deux rayons semblaient parcourir leur trajet à la même vitesse. Malgré toutes les améliorations des conditions de mesure, ils n'avaient jamais pu arriver à mettre en évidence une quelconque influence du déplacement de la Terre sur la vitesse de la lumière. Cela se passait comme si notre Terre était immobile. Or, nous savons tous que c'est faux. Finalement, cela revient à dire que l'éther n'existe pas et que la vitesse de la lumière est la même pour tout observateur, immobile ou non par rapport à cette lumière. Mais je vous propose de revoir en détail ....

L'expérience de Michelson et Morley

Et posons-nous, comme eux, la question : comment se déplacent les rayons au départ de la séparatrice puis au retour après réflexion sur les miroirs M1 et M2 ?

a) Première orientation (OM1 // sens de déplacement de la Terre) :

Pendant leur trajet aller, tous les miroirs se sont déplacés avec le mouvement de la Terre.
M1 se déplace en s'éloignant devant le rayon rouge. M2 se déplace longitudinalement mais reste à la même distance de O, qui aussi s'est déplacé.
Sur le trajet retour, la séparatrice se rapproche du rayon rouge. Le rayon bleu rejoint le point O sans différence de trajet.

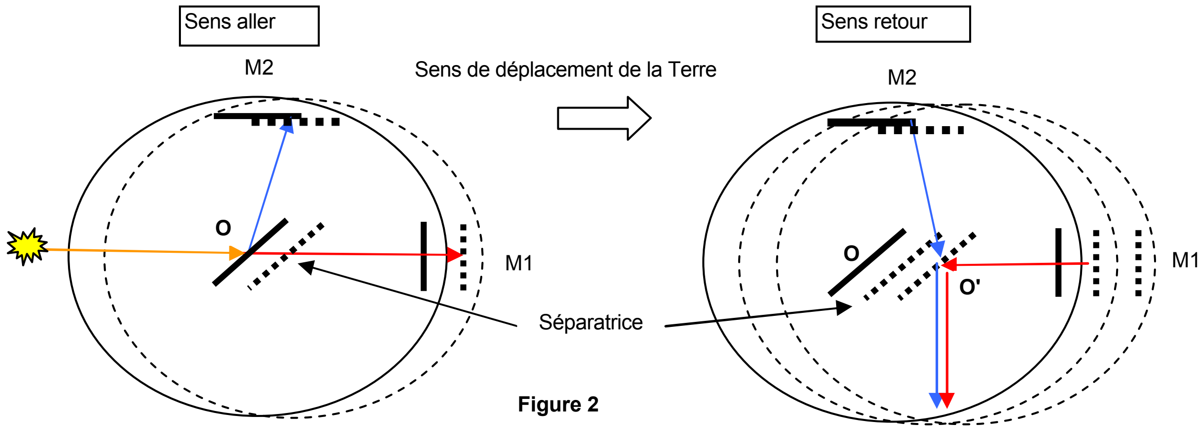


Figure 2

Le rayon rouge est "retardé" à l'aller — Le rayon rouge est "accéléré" au retour
Le rayon bleu parcourt la même distance tant qu'à l'aller qu'au retour.

Calculons leur temps de trajet. Soit L la distance des bras OM1 et OM2.

A l'aller, le rayon OM1 a à parcourir la distance L + vt1 (vt1 étant le déplacement de M1 depuis le départ du rayon de O jusqu'à son impact sur M1, durée notée t1). On a donc :

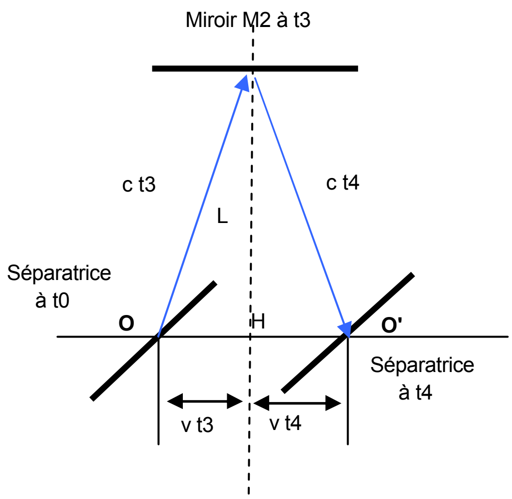
(1) $ct1 = L + vt1$ d'où $\mathbf{t1 = L / (c - v)}$

Au retour, il a L - vt2 à parcourir. On a donc :

(2) $ct2 = L - vt2$ d'où $\mathbf{t2 = L / (c + v)}$

Pour le rayon OM2, les temps de parcours sont déterminés suivant le schéma de droite.

Figure 3



A l'aller :

(3) $(ct3)^2 = L^2 + (vt3)^2$
d'où $\mathbf{t3 = L / \sqrt{(c^2 - v^2)}}$

De même, on a pour le retour :

(4) $(ct4)^2 = L^2 + (vt4)^2$
d'où $\mathbf{t4 = L / \sqrt{(c^2 - v^2)}}$

Déterminons le temps total de parcours des 2 rayons.

Nous avons :

(5) $TM1 = t1 + t2 = \mathbf{2\,L\,c\,/\,(c^2 - v^2)}$

et (6) $TM2 = t3 + t4 = \mathbf{2\,L\,c\,/\,\sqrt{(c^2 - v^2)}}$

Le rapport des temps totaux est de :

$TM1 / TM2 = \mathbf{1\,/\,\sqrt{(c^2 - v^2)}}$

Cela ne vous rappelle rien. Mais si bien sûr ! Le fameux coefficient de Lorentz !

Mais continuons notre investigation.

b) Deuxième orientation (OM1 ⊥ sens de déplacement de la Terre) par rotation de 90° :

Cette fois-ci, c'est le miroir M2 se déplace devant le rayon bleu. M1 se retrouve dans la même position que M2 dans l'orientation précédente..

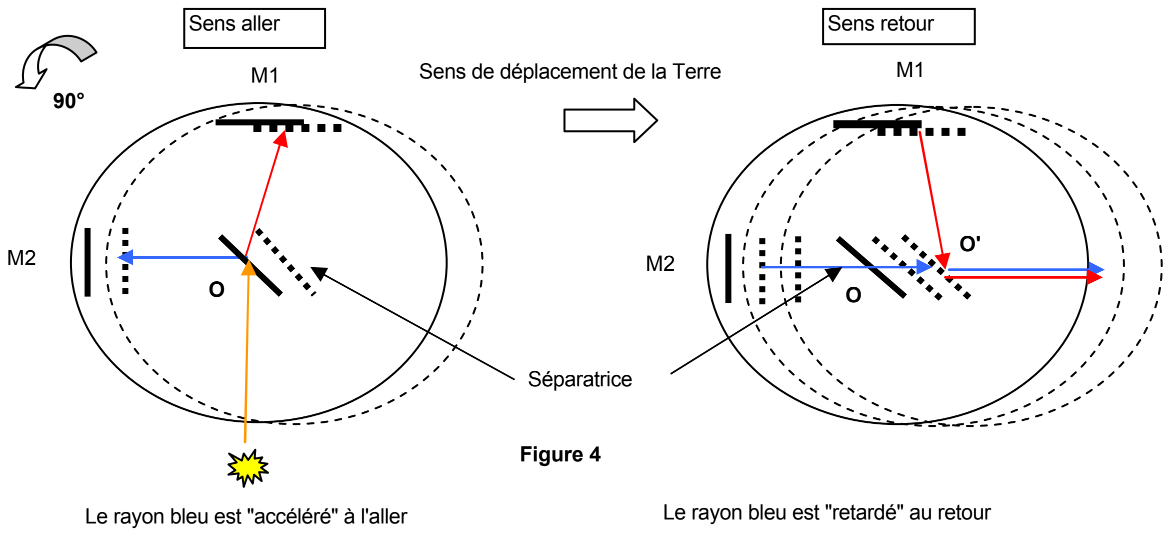


Figure 4

Le temps total de parcours pour chaque rayon est donc dans ce cas :

(7) $TM1 = t1 + t2 = \mathbf{2\,L\,c\,/\,\sqrt{(c^2 - v^2)}}$

et (8) $TM2 = t3 + t4 = \mathbf{2\,L\,c\,/\,(c^2 - v^2)}$

Le rapport des temps totaux est maintenant inversé : $TM1 / TM2 = \sqrt{(c^2 - v^2)}$

Or lors de cette rotation, les franges lumineuses n'ont presque pas bougé malgré la variation de rapport des temps de marche. Une explication ?
Si les franges n'ont pas bougé, cela reviendrait à conclure à une absence de variation du rapport, càd à une égalité des temps de parcours.

(9) $TM1 = TM2$

Et c'est ici que Monsieur Lorentz intervient ....

En tenant compte de la vitesse constante de la lumière et pour expliquer l'égalité des 2 temps de parcours, il devrait avoir un effet de ***contraction de l'espace*** dans le même rapport dans l'axe du déplacement de la Terre pour compenser la différence de temps avec celui du trajet perpendiculaire à celui-ci.

Figure 5

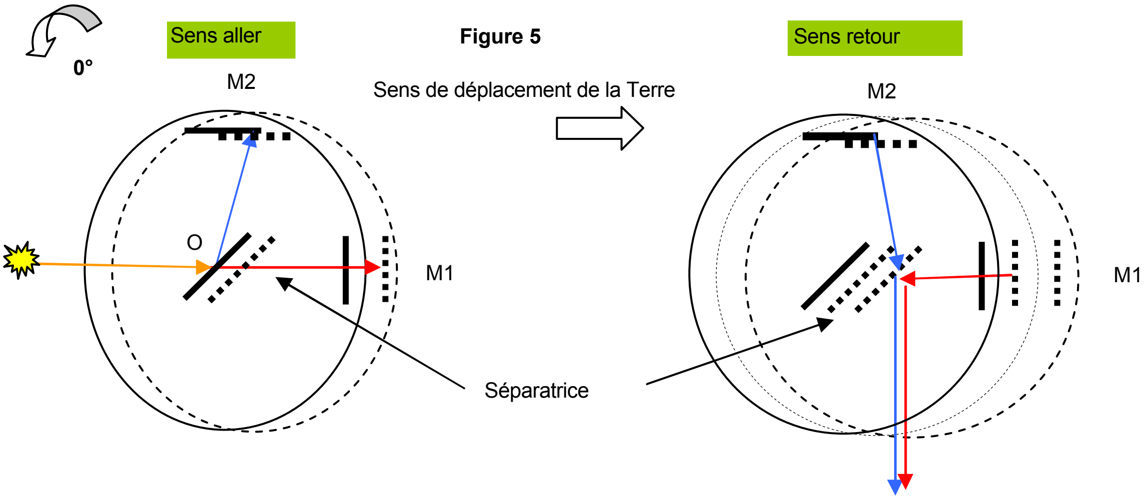
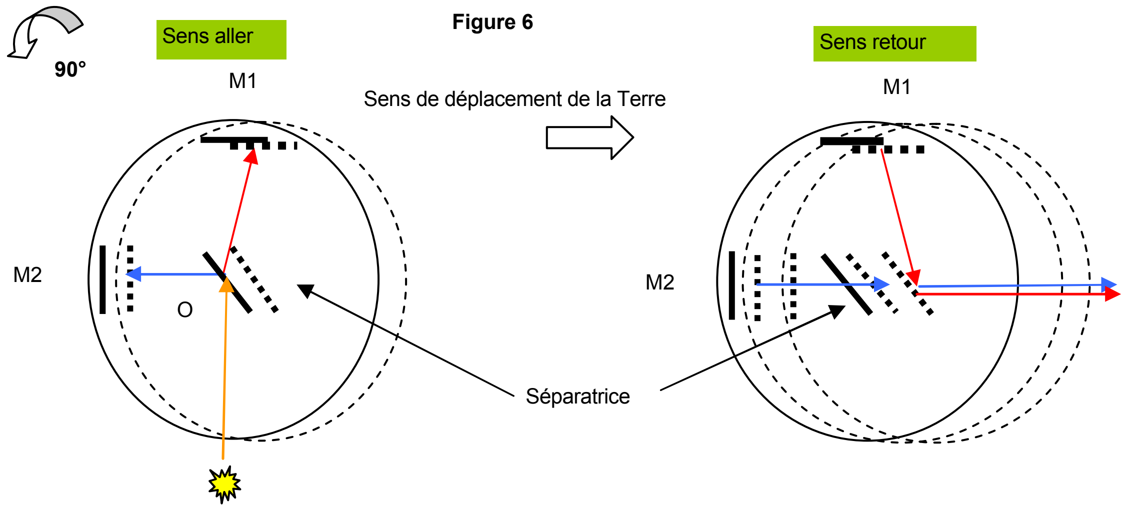
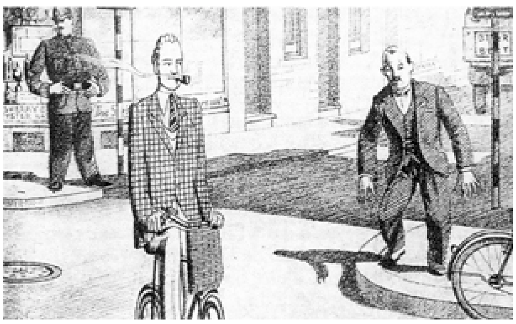


Figure 6



Pour un observateur donné (immobile par définition dans son propre référentiel), tout objet en mouvement subit une déformation (contraction) dans le sens de sa marche.



Elégante vision des choses, n'est-ce pas ? Mais, comme vous vous en doutiez certainement, j'ai ……

... une autre explication.

Avant de vous proposer une autre approche à ce qu'on appellait "le résultat nul" de l'expérience de Michelson-Morley, je tiens à faire ici quelques petits rappels sur le mode de propagation de la lumière et ses conséquences immédiates.

a) Mode de propagation

- La lumière se propage **en ligne droite** dans le vide (avec éther ou sans éther, là c'est un autre problème). Les caractéristiques de cette droite, que j'appellerai, par la suite, la **droite de marche** du rayon, sont fixées d'une manière absolue dans l'espace et le temps au moment de la génération du rayon de lumière. Elle passe par la position de la source et celle du point de visée à l'instant de l'émission.

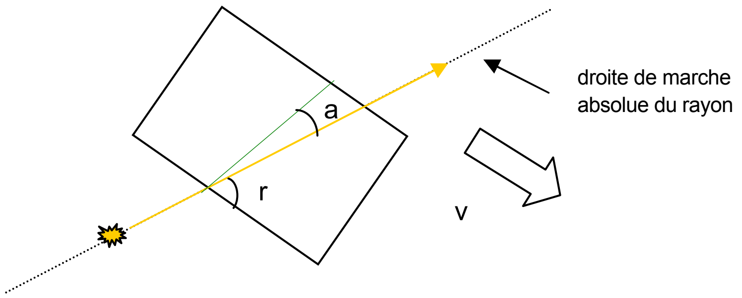
- Elle est indépendante du mouvement et du devenir de la source qui l'a générée.

- Sa vitesse dans le vide est considérée comme la vitesse limite supérieure des objets de l'Univers. Sa valeur est importante (300.000 km/s) mais finie. Sa propagation d'un point à un autre de l'espace n'est donc pas instantanée donc pendant le temps de son trajet, les objets bougent, eux aussi.

b) Conséquences immédiates

1 - Comme sa vitesse n'est pas infinie, sa trajectoire absolue reportée à un référentiel mobile est une droite affectée d'une déviation vers l'arrière du sens du mouvement. Mais il ne faut surtout pas oublier que la vraie trajectoire des photons reste sa droite de marche.

Figure 7



La valeur de cette déviation dépend de l'angle que forme la droite de marche du rayon avec la direction du mouvement.

Pour un angle r quelconque, on a :

$$\mathbf{a = \arcsin (v.\sin r / \sqrt{(v^2 + c^2 - 2\,vc.\cos r)})}$$

L'angle de déviation maximal, pour r = 90°, est égal à :

$$\mathbf{a_{max} = \arctan (v / c)}$$

ex : La déviation maximale pour le mouvement de la Terre (30 km/s) autour du soleil est d'environ 20 seconde d'arc.

2 - Comme la droite de marche d'un rayon constitue une référence absolue de l'espace, on peut à partir de la mesure de l'angle de déviation déduire la vitesse propre d'un système, inversement à ce que pensait Galilée. Je pense que la relativité crée une fausse symétrie des mouvements réels. La déviation permet alors d'en relever l'ambiguïté et de pallier la déficience de nos sens.

Etudes de la marche des rayons sur les miroirs mobiles

Pour passer à l'étude global de l'interféromètre de Michelson-Morley, il est nécessaire de connaitre la marche exacte des rayons dans le dispositif conçu par ces savants. Celui-ci est composé de miroirs plans mais disposés suivant des angles différents par rapport au sens de déplacement de la Terre. Comme l'ensemble doit pivoter sur 360°, leur interaction avec un rayon lumineux dépend de l'angle global (r) que le dispositif présente par rapport à cet axe. Par choix arbitraire, l'angle r est égal à 0° quand l'axe OM1 est orienté comme ci-dessous.

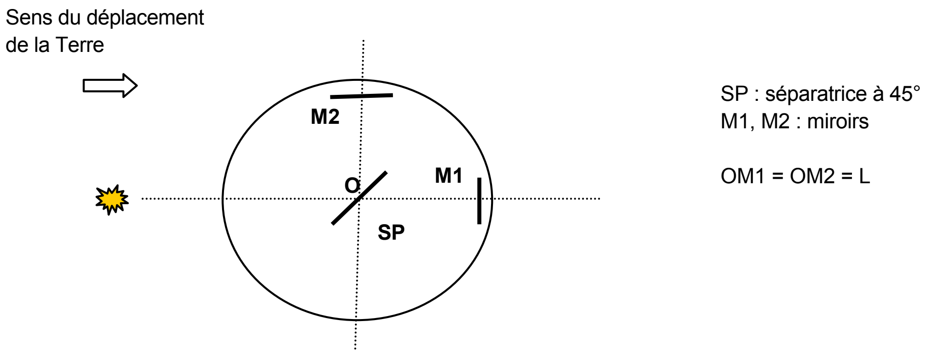


Figure 8

N.B. : Nous avons 2 droites de marche OM1 et OM2 perpendiculaires l'une par rapport l'autre. Quelque soit le mouvement des miroirs, je me permet d'insister, toutes les interactions se feront le long de ces droites.

Pour la compréhension du résultat final, je préfère détailler la marche des rayons à partir du moment où ils se séparent càd du point O de la séparatrice SP vers chaque miroir (sens aller) puis des points de réflexion de chaque miroir vers le miroir SP (sens retour).

J'ai noté t1, t2 respectivement le temps aller et retour sur l'axe OM1 et t3, t4 pour l'axe OM2.
Le temps total aller-retour sera noté TM1(t1+t2) et TM2 (t3+t4). Vous verrez que, du fait de la construction particulière du dispositif (miroirs M1 et M2 perpendiculairement l'un à l'autre et SP à 45°), il m'a été facile de déduire les formules de calcul en utilisant quelques fonctions simples de trigonométrie.

Vous remarquerez que je ne ferai pas allusion dans mes présentations à aucun mouvement hypothétique d'éther qui est ici hors de propos. Seuls le déplacement des objets entrainés par le mouvement terrestre pendant la durée des trajets lumineux et leur interaction avec les droites de marche des rayons vont me permettre d'arriver au résultat final : montrer pourquoi Michelson et Morley n'avaient pas pu constater des mouvements de franges lorsque l'interféromètre était soumis à une rotation par rapport à une position initiale.

Pour cela, commençons par suivre ....

La marche des rayons.

Voyons donc quelques cas particuliers d'interactions d'un rayon lumineux avec chaque miroir individuellement pour r = 0°. Ensuite généralisons les formules pour un angle r quelconque.

1) Interaction avec le miroir M1 (sens aller)

Après la séparation en O, centre de la séparatrice SP, le rayon parcourt la distance OM1. La droite OM1 constitue la droite de marche absolue. Comme le miroir s'est déplacé pendant ce temps (t1) de M1 à M1', le rayon a dû parcourir **en plus** une distance égale à v.t1, v étant la vitesse de la Terre. La distance totale est alors L + vt1, L étant la distance du bras OM1.

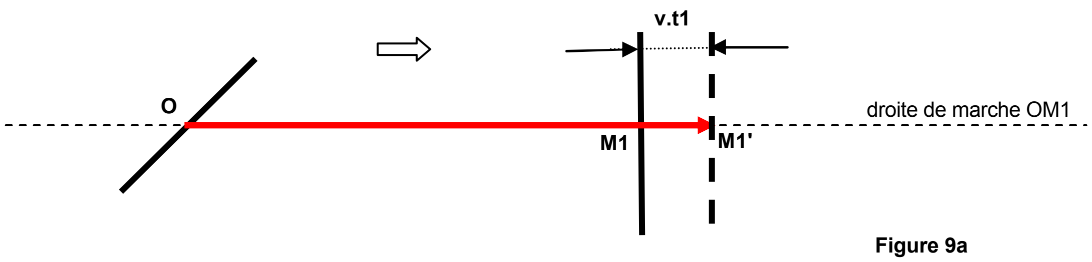


Figure 9a

On a : **t1 = L / (v - c)** pour r = 0°

En faisant tourner le dispositif suivant r, le miroir s'est aussi déplacé de v.t1 mais le point d'impact du rayon constitué par l'intersection de la droite de marche et le miroir est maintenant le point M1". On calcule facilement la distance à parcourir **en plus** par le rayon avant d'atteindre M1. Elle est égale à v.t1.cos r.

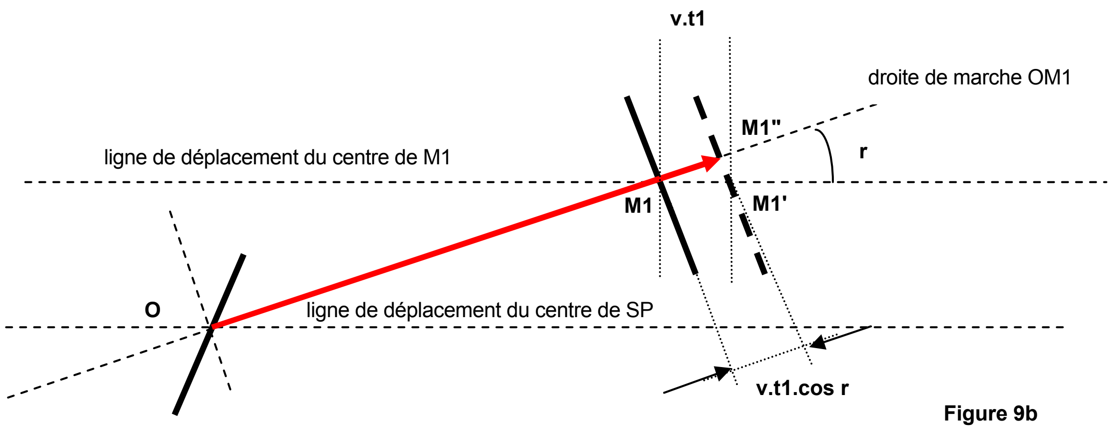


Figure 9b

La distance totale est alors de L + v.t1.cos r.

On peut calculer le temps t1 pour l'aller vers M1.

c.t1 = L + v . t1 . cos r avec c = vitesse de la lumière

d'où : **t1 = L / (c - v . COS r)**

Remarquons que le rayon aller a une incidence perpendiculaire au miroir M1 au point d'impact M1". Le chemin optique de retour aura pour droite de marche la même droite OM1.

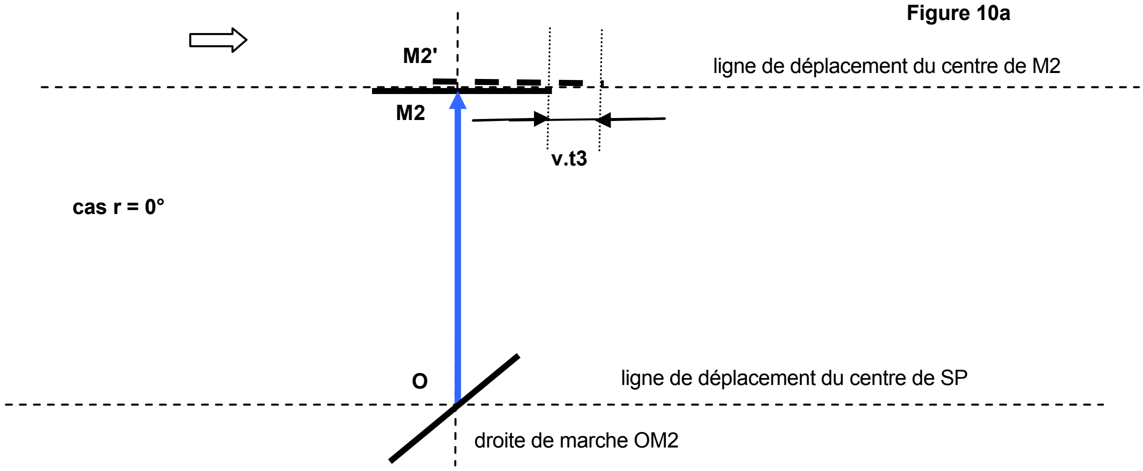
Donc, première différence avec le modèle de marche, que j'appellerai "en biais", cher aux relativistes. Mais continuons avec M2.

2) Interaction avec le miroir M2 (sens aller M2)

Après la séparation en O, centre de la séparatrice SP, le rayon est réfléchi à 90°. La droite OM2 constitue alors sa droite de marche absolue. Comme le miroir s'est déplacé longitudinalement de v.t3, l'intersection avec la droite de marche est le point M2'. Dans le cas où r=0°, la distance à parcourir pour atteindre le miroir reste égale à L (OM2 = OM2'). Le temps de parcours aller est donc égal à :

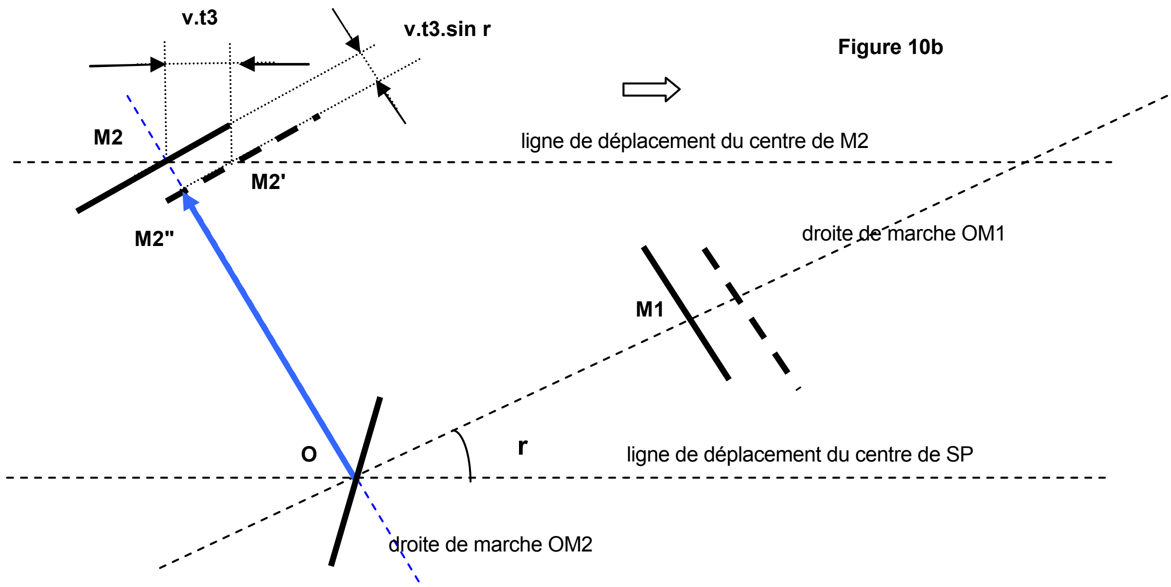
t3 = L / c (r = 0°)

Figure 10a



Tournons le dispositif de r degrés. Le miroir M2 s'est déplacé de v.t3 et le point d'intersection avec la droite marche du rayon est M2". Celui-ci a une distance en moins à parcourir qui est égale à v.t3.sin r

Figure 10b



La distance totale à parcourir pour atteindre le miroir M2 est donc : L - v.t3.sin r

On a : c.t3 = L - v . t3 . sin r

d'où le temps t3 aller pour atteindre le miroir M2 : **t3 = L / (c + v . SIN r)**

La droite de marche du rayon au retour reste la droite OM2.(même remarque que pour M1)

3) Interaction avec le miroir SP (sens retour M1)

Pendant la marche aller du rayon vers M1, la séparatrice s'est aussi déplacé de vt1. Après l'impact en M1" avec une incidence à 90°, le rayon est réfléchi en arrière et garde la droite OM1 comme sa droite de marche de retour.M1' devient le point source. A son impact sur le miroir SP, celui-ci aura avancé de v.(t1+t2). Dans le cas où r=0°, la distance parcourue est égale à la celle de l'aller (OM1') moins le déplacement de SP (OO") pendant t1+t2. On peut écrire :

$$ct2 = (L + vt1) - v(t1+t2) = L - vt2$$

Le temps de parcours retour est donc égal à :

$$\mathbf{t2 = L / (c + v)}$$

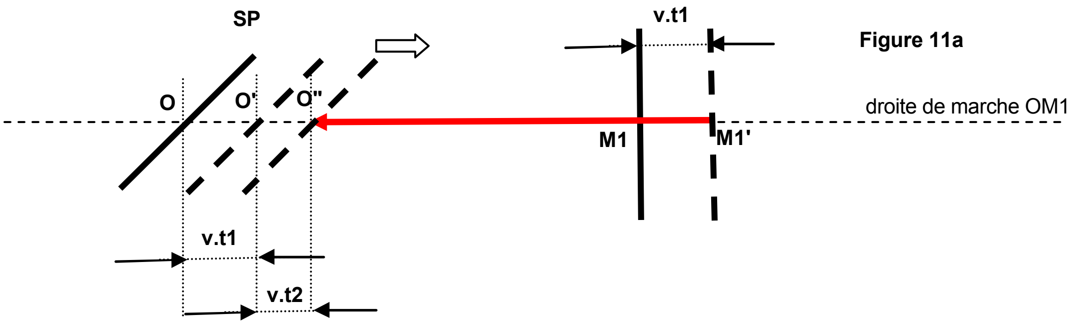


Figure 11a

Si on tourne de r degrés, la droite de marche retour OM1" coupe les positions du miroir SP à t = t1 en O' et à t = t1+t2 en O".

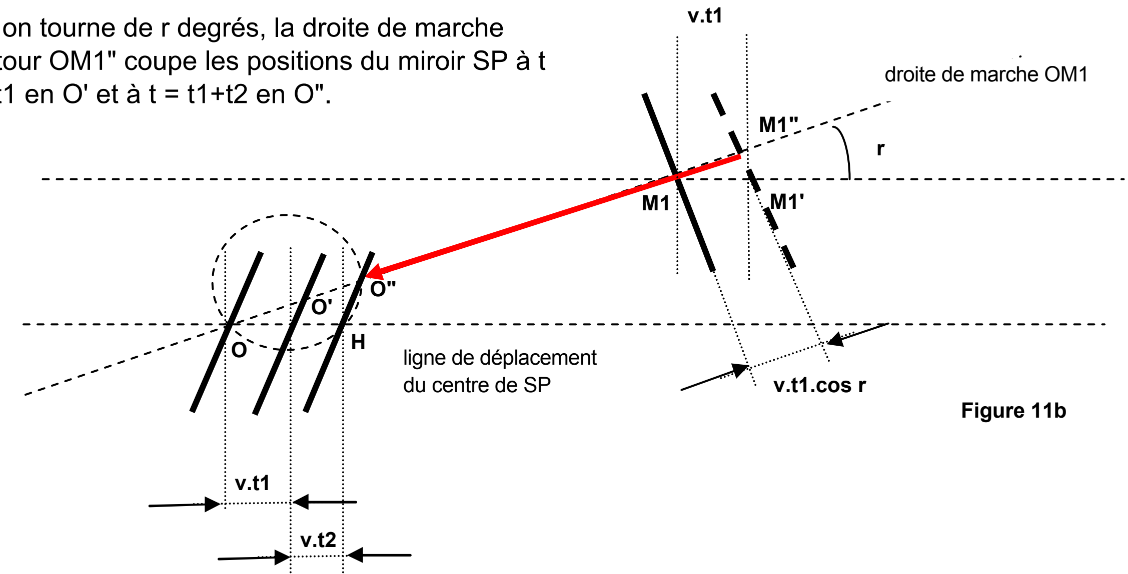


Figure 11b

On démontre que la distance OO" est égale à **v.(t1+t2).(sin r+ cos r)** [cf. annexe A]
Le lieu du point d'impact O" sur le miroir SP est un cercle passant par les sommets d'un carré de côté OH, H étant la position du centre de SP à l'instant t1+t2

La distance retour est : M1"O" = OM1" - OO" = (L + v.t1.cos r) - v.(t1+t2).(sin r + cos r)

On déduit le temps t2 pour le trajet M1"O" :

$$c.t2 = (L + v.t1.\cos r) - v.(t1+t2).(\sin r + \cos r)$$

d'où : **t2 = (L - v . t1 . SIN r) / (c + v . (SIN r + COS r))**

4) Interaction avec le miroir SP (sens retour M2)

Pendant la marche aller du rayon vers M2, la séparatrice s'est aussi déplacée de vt3. Après l'impact en M2' avec une incidence à 90°, le rayon est réfléchi en arrière et garde la droite OM2 comme sa droite de marche de retour. M2' devient le point source. A son impact sur le miroir SP, celui-ci aura avancé de v.(t3+t4).

Dans le cas où r = 0°, la distance parcourue est égale à la celle de l'aller (OM2') plus le décalage de SP (OO") pendant t3+t4 (OH = OO").

On peut écrire :

$ct4 = M2'O + OO" = L + v.(t3+t4) = L + v.t4 + v.t3$

Or $t3 = L / c$ (cas de r =0°)

$ct4 = L + v.t4 + v.L / c$

Le temps de parcours retour t4 est donc égal à :

$t4 = L (1 + v /c) / (c - v)$

ou : $\mathbf{t4 = L (c + v) / c (c - v)}$

Voyons le cas général.

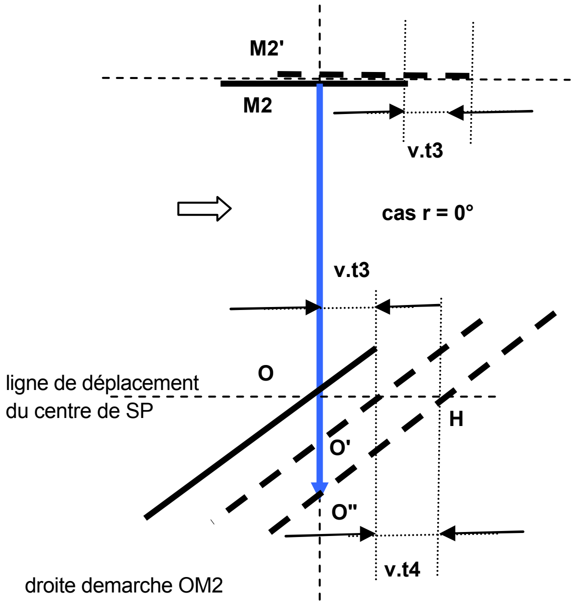


Figure 12a

Comme pour le miroir M1, le rayon à son retour ne touche pas le miroir SP en O car ce dernier s'est déplacé de v.(t3+t4). L'impact se fait en O". La distance à parcourir est donc M2"O + OO". Or, par démonstration, on a OO" égal à v.(t3+t4)(sin r + cos r).

On a alors : $M2"O"" = (L - v.t3.\sin r) + v.(t3 + t2).(\sin r + \cos r) = c.t4$

On déduit, pour un angle r donné : **t4 = (L + v . t3 . COS r) / (c - v . (SIN r + COS r))**

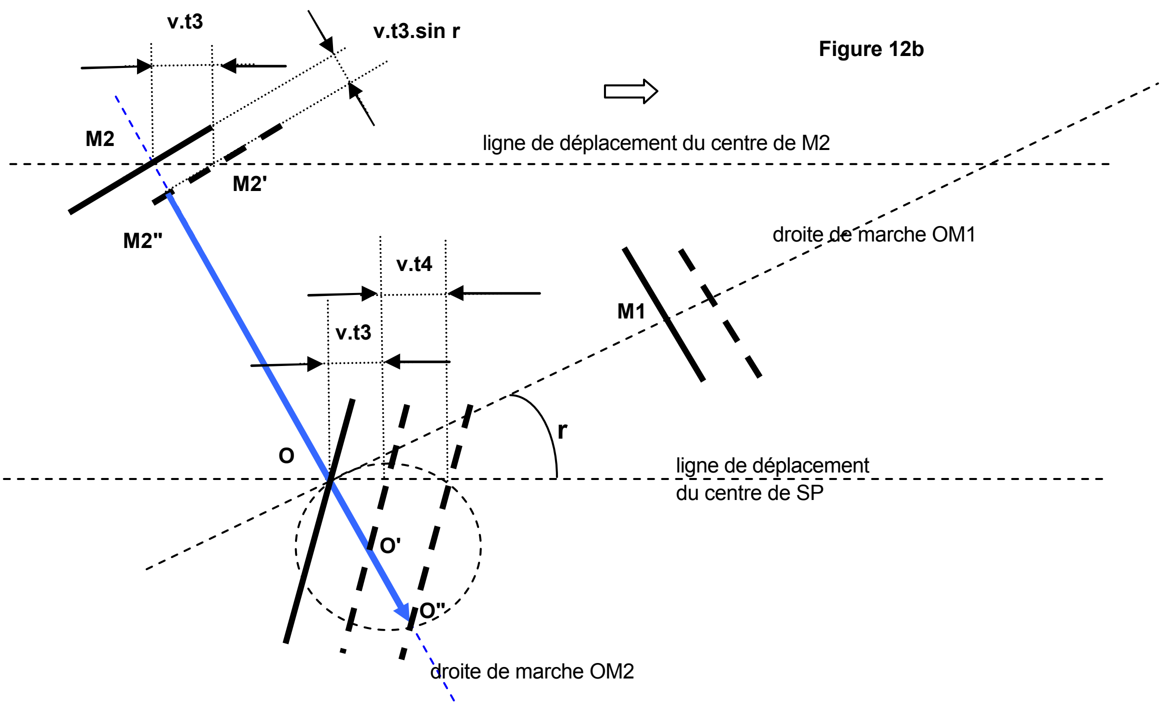


Figure 12b

Récapitulatif

Pour un angle r donné, les temps de marche des 2 rayons sont calculés comme suit :

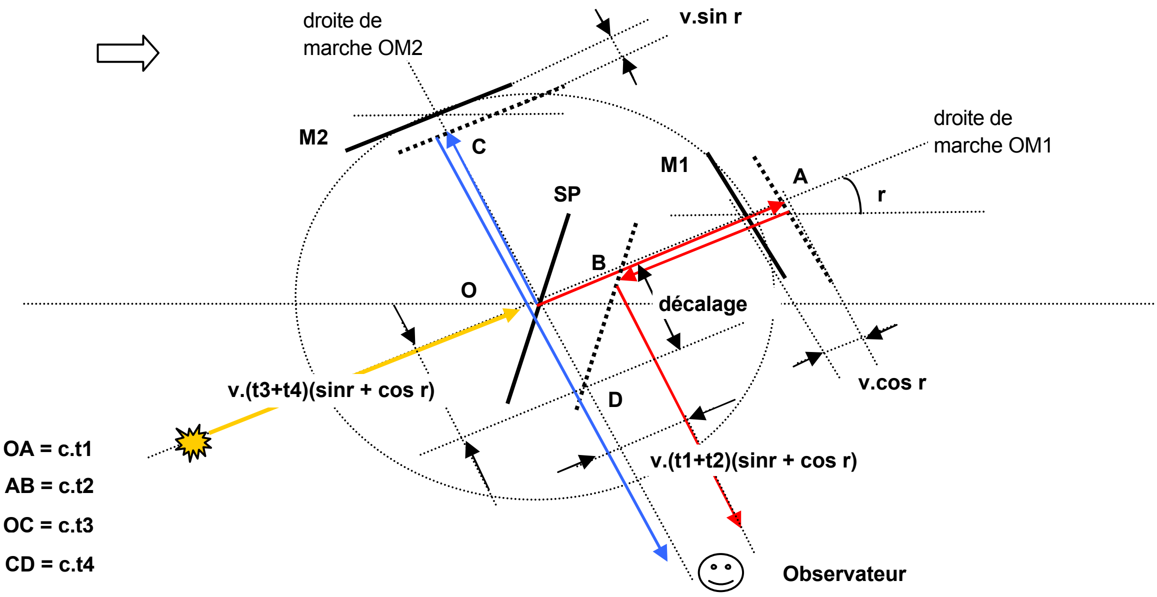
$$t1 = L / (c - v . COS\ r)$$

$$t2 = (L - v . t1 . SIN\ r) / (c + v . (SIN\ r + COS\ r))$$

$$t3 = L / (c + v . SIN\ r)$$

$$t4 = (L + v . t3 . COS\ r) / (c - v . (SIN\ r + COS\ r))$$

Mais avant de continuer, voyons comment schématiser ces trajets dans le dispositif global.



Que remarque-t-on ?
1) Les rayons restent perpendiculaires aux miroirs M1 et M2 quelque soit r.
2) Tous les impacts des rayons (A, B, C, D) sur les miroirs surviennent le long des droites de marche.
3) Nous avons un décalage aux points d'impact B et D des 2 rayons sur la séparatrice au retour en direction de l'observateur.

Calculons t1+t2 et t3+t4 en fonction de r. J'ai pris L = 5 m. Cela correspond au proportion du dispositif de Michelson. Mais on verra que cette valeur ne change rien au résultat final.

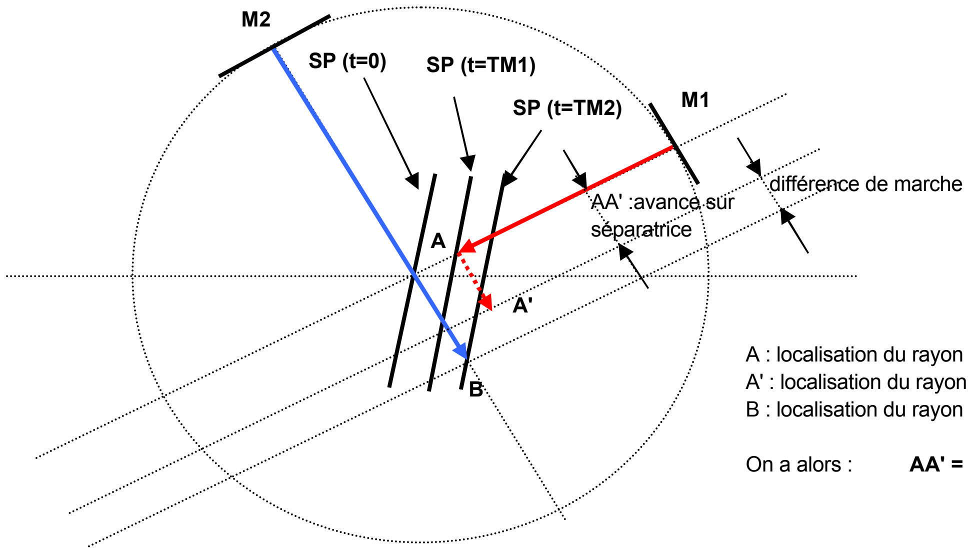
L (en m) = 5 v (en m/s) = 30000 c (en m/s) = 300000000

r (en °)	r (en rd)	t1	t2	t3	t4	TM1=t1+t2	TM2=t3+t4	TM1<TM2
0	0	1,6668E-08	1,6665E-08	1,66667E-08	1,667E-08	3,33333E-08	3,33367E-08	oui
45	0,785398163	1,6668E-08	1,66631E-08	1,66655E-08	1,66702E-08	3,3331E-08	3,33357E-08	oui
90	1,570796327	1,6667E-08	1,66633E-08	1,6665E-08	1,66683E-08	3,333E-08	3,33333E-08	oui
135	2,35619449	1,6665E-08	1,66655E-08	1,66655E-08	1,66655E-08	3,3331E-08	3,3331E-08	non
180	3,141592654	1,6665E-08	1,66683E-08	1,66667E-08	1,66633E-08	3,33333E-08	3,333E-08	non
225	3,926990817	1,6665E-08	1,66702E-08	1,66678E-08	1,66631E-08	3,33357E-08	3,3331E-08	non
270	4,71238898	1,6667E-08	1,667E-08	1,66683E-08	1,6665E-08	3,33367E-08	3,33333E-08	non
315	5,497787144	1,6668E-08	1,66678E-08	1,66678E-08	1,66678E-08	3,33357E-08	3,33357E-08	non
360	6,283185307	1,6668E-08	1,6665E-08	1,66667E-08	1,667E-08	3,33333E-08	3,33367E-08	oui

L'avance sur séparatrice

D'après le tableau de calcul ci-dessus, suivant l'angle r donné au dispositif, le temps aller-retour TM1 peut être inférieur à TM2. Cela veut dire que le rayon faisant le trajet aller-retour vers le miroir M1 atteint, dans ce cas, la séparatrice avant celui venant du miroir M2. Il disposera alors d'une avance sur la séparatrice égale à la différence entre les 2 temps aller-retour (TM1 et TM2) muliplIée par c. Vous me suivez toujours ? Car pour calculer la différence de marche, il nous faut localiser les fronts d'onde des 2 rayons au même instant, n'est-ce pas ? J'ai donc choisi arbitrairement l'instant d'impact du rayon retardataire donc le temps de parcours le plus élévé.

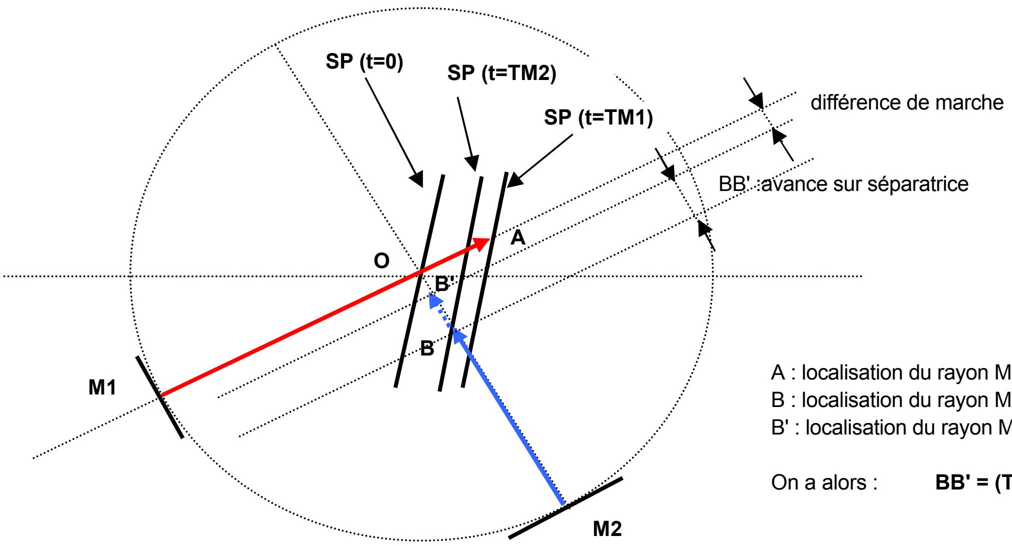
cas TM1 < TM2 (-45° < r < 135°)



A : localisation du rayon M1 à t = TM1
A' : localisation du rayon M1 à t = TM2
B : localisation du rayon M2 à t = TM2

On a alors : **AA' = (TM2 - TM1) . c**

cas TM1 > TM2 (135° < r < 315°)



A : localisation du rayon M1 à t = TM1
B : localisation du rayon M2 à t = TM2
B' : localisation du rayon M2 à t = TM1

On a alors : **BB' = (TM1 - TM2) . c**

Résultat final

Calculons maintenant les marches globales des 2 rayons.

a) pour -45° < r < 135°
marche M1 = TM1*c + avance AA' soit TM1*c + (TM2 - TM1)*c ou TM2*c = marche M2

b) pour 135° < r < 315°
marche M2 = TM1*c + avance BB' soit TM2*c + (TM1 - TM2)*c ou TM1*c = marche M1

Nous avons une égalité pour les 2 marches pour r quelconque. Leur différence est donc ZERO.

r (en °)	TM1=t1+t2	TM2=t3+t4	TM1-TM2	Avance AA'	Avance BB'	Global M1	Global M2	Différence
0	3,33333E-08	3,3337E-08	-3,33333E-12	0,001	0	10,0010001	10,0010001	**0**
45	3,3331E-08	3,3336E-08	-4,71405E-12	0,001414214	0	10,00070726	10,00070726	**0**
90	3,333E-08	3,3333E-08	-3,33333E-12	0,001	0	10,0000001	10,0000001	**0**
135	3,3331E-08	3,3331E-08	0	0	0	9,999292943	9,999292943	**0**
180	3,33333E-08	3,333E-08	3,33333E-12	0	0,001	10,0000001	10,0000001	**0**
225	3,33357E-08	3,3331E-08	4,71405E-12	0	0,001414214	10,00070726	10,00070726	**0**
270	3,33367E-08	3,3333E-08	3,33333E-12	0	0,001	10,0010001	10,0010001	**0**
315	3,33357E-08	3,3336E-08	0	0	0	10,00070716	10,00070716	**0**
360	3,33333E-08	3,3337E-08	-3,33333E-12	0,001	0	10,0010001	10,0010001	**0**

Regardons la dernière colonne à droite correspondant à la différence de marche des 2 rayons.

La différence de marche est NULLE pour n'importe quelle valeur de r .

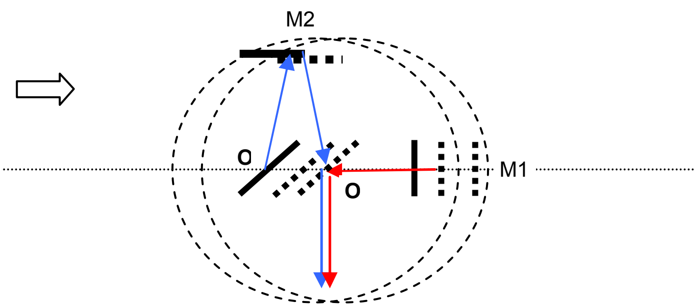
Ceci explique donc pourquoi Michelson et Morley n'ont pas pu détecter de mouvement des franges dans leur interféromètre car tout simplement le chemin parcouru globalement par nos 2 rayons est identique quelque soit son orientation avec l'axe de mouvement de la Terre.

En plus, ***il est indépendant de la longueur des bras de l'interféromètre et surtout de la vitesse de la Terre*** . Vous pouvez le vérifier en changeant la valeur de L et de v.

Apparemment, l'interféromètre de Michelson ne nous permet pas de détecter le moindre mouvement de la Terre. Même si les 2 trajets ont été choisis d'une manière judicieuse pour bien distinguer ses influences respectives, celui-ci est annulé par des effets de mouvement des composants du dispositif.

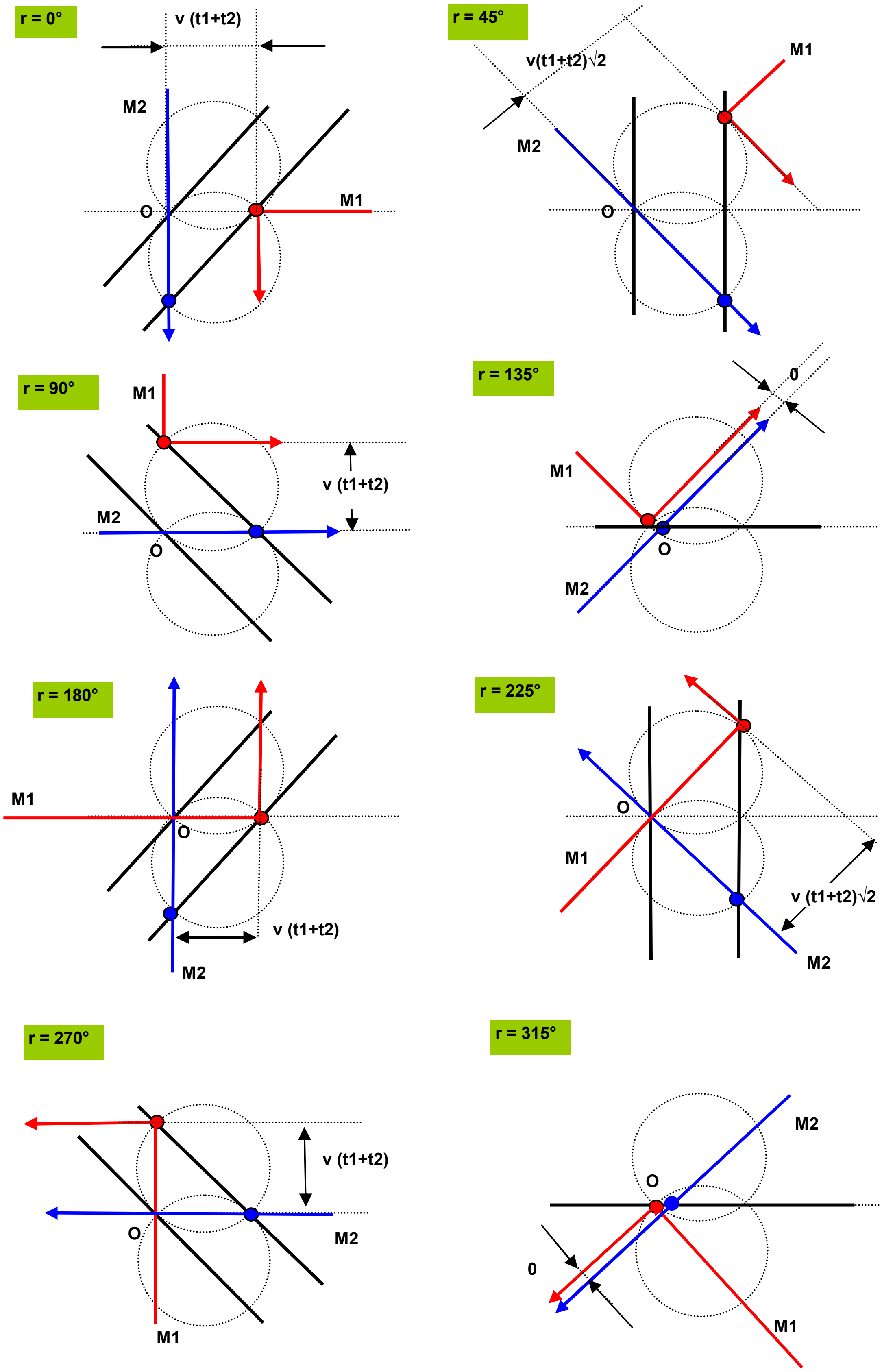
Mais pourquoi Michelson avait-il quand même constaté des interférences ?

Si la marche des rayons était vraiment "en biais", que les points d'impacts respectifs étaient confondus en O et qu'effectivement une contraction de l'espace rendait les 2 rayons cohérents en sortie de la séparatrice, on ne devrait donc pas "voir" de franges d'interférence. N'est-ce pas ?

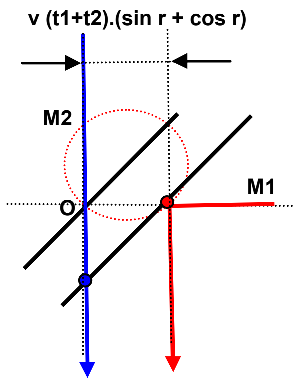


Et pourquoi existe-il quand même une interférence ?

Pour cela, regardons quelques schémas d'impacts des rayons en marche "droite".



On voit que, sur le parcours vers l'écran d'interférence, les rayons sont colinéaires mais comme leurs points d'impact respectifs sur la séparatrice ne sont pas confondus, nous avons donc une variation de l'écart entre ces rayons suivant l'angle r.



Le lieu des points d'impact des rayons M1 et M2 sur la séparatrice SP , en fonction de r, forment des cercles passant par O et de diamètre respectif : v(t1+t2)√2 et v(t3+t4)√2.

Comme le rayon M2 repasse toujours par O, l'écart avec le rayon M1 est la distance de O à un point du cercle de lieu d'impact de M1.

Sa valeur est donc : **e = v . (t1 + t2) . (sin r + cos r)**

Nous avons donc **présence de franges d'interférence** entre 2 rayons cohérents à la sortie de la séparatrice et espacés de e. Mais les franges ne doivent donc "bouger" que dans cette proportion au maximum.

Calculons la valeur de l'interfrange i pour une lumière de longueur d'onde λ égale à 0,6 µm et une distance O à l'écran D = 5 m pour différentes valeurs de r.

On a la relation :

i = λ.D / e avec e = v.(t1+t2).(sin r + cos r)

La vitesse de la Terre peut être déduite de la valeur d'interfrange mesurée.On a :

v = λ.D / i.(t1+t2).(sin r + cos r)

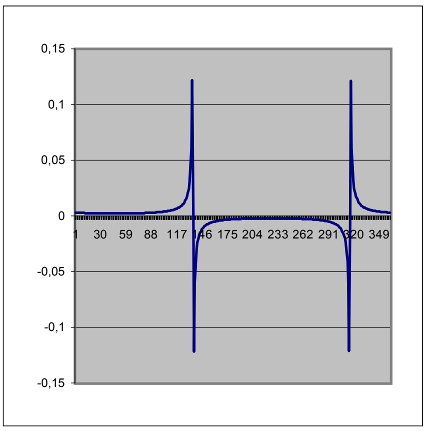
Calculons i avec : λ (en m) = 6,00E-07 et D (en m) = 5

r (en °)	r (en rd)	sinr+cosr	TM1 = t1+t2	e	i		Δ i (0°, r)
0	0	1	3,33333E-08	0,001	3,00E-03		**r=90,180,270**
45	0,785398163	1,41421356	3,3331E-08	0,001414114	2,12E-03		
90	1,570796327	1	3,333E-08	0,0009999	3,00E-03		3,00E-07
135	2,35619449	0	3,3331E-08	0			
180	3,141592654	-1	3,33333E-08	-0,001	3,00E-03		4,34E-19
225	3,926990817	-1,41421356	3,33357E-08	-0,00141431	2,12E-03		
270	4,71238898	-1	3,33367E-08	-0,0010001	3,00E-03		3,00E-07
315	5,497787144	0	3,33357E-08	0			
360	6,283185307	1	3,33333E-08	0,001	3,00E-03		
					3,00E-03	**Moyenne =**	2,00E-07

On remarque que pour les positions 0°, 90°, 180° et 270°, la valeur de l'interfrange est en moyenne égale 3 mm. La variation moyenne de l'interfrange est faible (de l'ordre de 0,2 µm) ce qui pourrait expliquer le résultat "nul" de Michelson.

Par contre, **pour les valeurs de r = 135° et 315°, les 2 rayons sont confondus en O et il devrait avoir disparition des franges.** En effet, ce sont les positions où les 2 miroirs M1 et M2 sont placés symétriquement par rapport à l'axe du mouvement de la Terre. Les effets de la vitesse de la Terre sur la propagation des rayons sont donc identiques pour les 2 parcours. Je sais que c'est un point faible de mon explication et où je n'ai pas de confirmation pratique. S'il s'avère qu'il n'y ait pas de variation des franges autour de ces positions, je dois humblement reconnaitre l'argument relativiste d'un monde élastique. Mais le doute est permis et je pense que mon point de vue mérite d'être exposé.

Variation de i suivant r



Conclusion

La représentation de la marche des rayons "en biais", que l'on retrouve d'ailleurs dans l'expérience de pensée d'Einstein, n'est pas conforme à tout ce qui m'a été enseigné jusqu'ici en matière d'optique. Mais il a permis aux relativistes d'expliquer la différence entre les 2 parcours d'une manière visuelle. L'égalisation théorique des travaux de Michelson ne peut donc se faire que par intégration du coefficient de Lorentz. On a vu qu'on arrive au même résultat si nous interprétons la marche de ces rayons suivant des lois optiques bien connues de nos écoles.

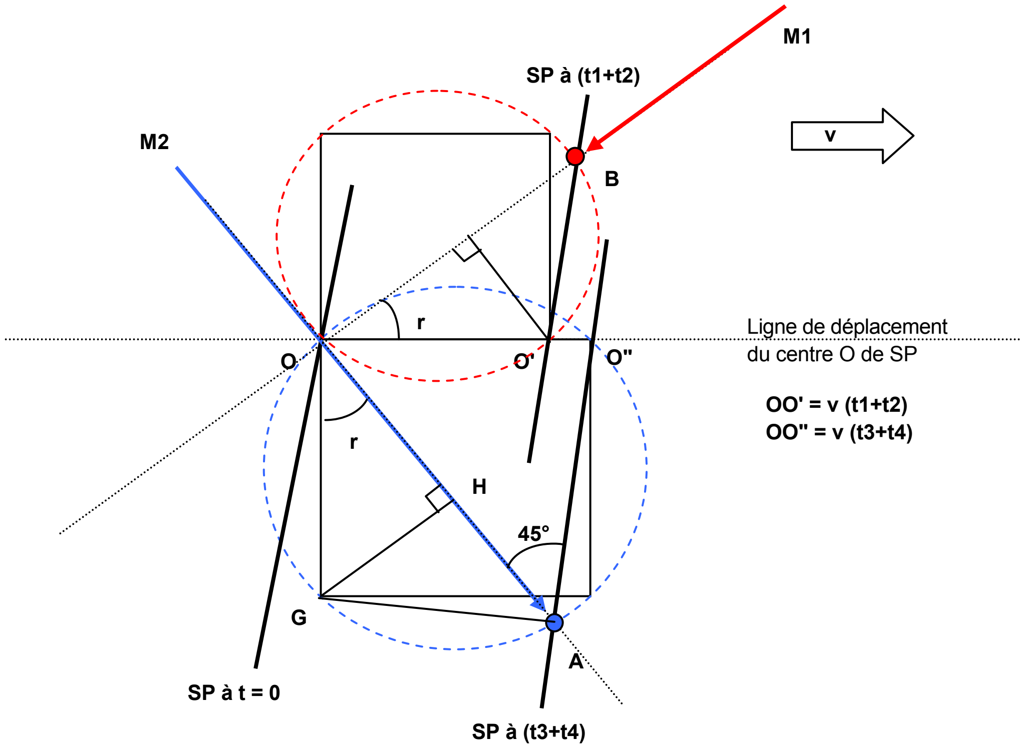
Quant au dispositif inventé par Michelson et d'après ce qu'on vient de voir, il ne permet pas de différencier les parcours optiques car, quelque soit l'orientation de l'appareillage, les 2 rayons sortent parfaitement cohérents de la séparatrice. Par contre, l'observation de franges d'interférence ne peut donc être possible que s'il existe un écart d'impact entre les rayons colinéaires. Condition que ne vérifie pas le schéma de la marche "en biais" des relativistes. Car si on ne tient compte que de la compensation de Lorentz, on devrait plutôt constater l'absence d'interférences à cause de l'unicité des points d'impact.

La conclusion que je peux tirer de cette expérience, c'est que la vitesse de la lumière n'est pas indépendante du mouvement d'un observateur, comme le prétendait Einstein. Car s'il est admis qu'aucun objet ne peut aller plus vite que la lumière, nous savons tous que notre championne n'a pas une vitesse infinie. Par conséquent, l'addition et la soustraction des vitesses s'opèrent pour la lumière comme pour n'importe quel autre mobile. Le résultat "nul" constaté par les savants Michelson et Morley en est une parfaite vérification.

Annexe A

Après réflexion sur les miroirs M1 et M2, les 2 rayons reviennent vers la séparatrice. Comme l'angle d'incidence est normal aux miroirs par construction, ce trajet de retour suivra la même droite de marche qu'à l'aller.

A cause du mouvement de la séparatrice, on peut assimiler ce trajet pour l'un des 2 rayons à son trajet aller (retour jusqu'à O) ***plus*** une distance supplémentaire OA à faire pour atteindre la séparatrice et pour l'autre, son trajet aller ***moins*** une autre distance OB



Le lieu de ces points d'impact des rayons M1 et M2 sont des cercles circonscrits aux carrés de côté respectivement égal à v(t1+t2) et v(t3+t4) et passant par O.

Projetons orthogonalement le point G sur le segment OA en H.

Nous avons OH/OG = cos r et GH/OG = sin r avec OG = v(t3+t4)

Or l'angle OAO" = 45° (par construction), le triangle HGA est isocèle. On a : HG = HA.

Par conséquent, la distance OA = OH + HG = v(t3+t4).cos r + v(t3 + t4). sin r

ou **OA = v(t3+t4)(sin r + cos r)**

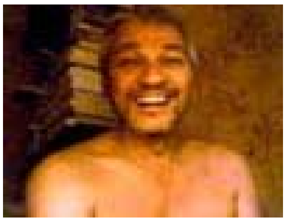
On démontre, de même, que :

OB = v(t1+t2)(sin r + cos r)

TRES IMPORTANT

Pour permettre de préserver l'antériorité de cette découverte, ce document a fait l'objet d'un courrier électronique de la part de l'auteur vers les adresses eMail suivantes, la date de distribution du courrier faisant foi :

jean.david@sncf.fr
jeandavid54@aol.com
jean.david@free.fr



Pour toute suite utile.