



HAL
open science

UNE MODÉLISATION DE L'INTERFÉROMÈTRE DE MICHELSON - MORLEY DANS UN ESPACE QUADRIDIMENSIONNEL PLATONICIEN

Alain Jégat

► **To cite this version:**

Alain Jégat. UNE MODÉLISATION DE L'INTERFÉROMÈTRE DE MICHELSON - MORLEY DANS UN ESPACE QUADRIDIMENSIONNEL PLATONICIEN . 2015. hal-01247382

HAL Id: hal-01247382

<https://hal.science/hal-01247382v1>

Preprint submitted on 21 Dec 2015

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNE MODÉLISATION DE L'INTERFÉROMÈTRE DE MICHELSON - MORLEY
DANS UN ESPACE QUADRIDIMENSIONNEL PLATONICIEN

A MODELING OF MICHELSON - MORLEY INTERFEROMETER
IN A PLATONIC FOUR-DIMENSIONAL SPACE

Alain Jégat

Résumé

Pour illustrer l'article hal-01081576 (« Un modèle platonicien pour la théorie de la relativité restreinte ») est proposée ici une modélisation de la célèbre expérience de Michelson-Morley réalisée à la fin du 19^{ème} siècle dont le résultat a conduit à avancer l'hypothèse de l'invariance de la célérité c de la lumière dans le vide, dans tout référentiel galiléen.

Compte-tenu du mouvement de la Terre, cette expérience devait déceler une variation de la vitesse de la lumière sur des trajets de longueurs identiques, mais dont les durées de parcours étaient attendues différentes. Or l'expérience a montré que les temps de parcours sont toujours identiques.

Cette modélisation propose une explication géométrique de ce résultat dans un espace quadridimensionnel platonicien.

Abstract

To illustrate the article hal-01165196 (« A Platonic model for the special theory of relativity ») is proposed here a modeling of the famous Michelson - Morley experiment in the late 19th century whose result led to venture the hypothesis of the invariance of the speed of light c in any inertial reference frame .

Considering the movement of the earth, this experiment was to detect a variation in the speed of light over paths of identical length, but whose travel times were expected different. However experience has shown that travel times are always identical.

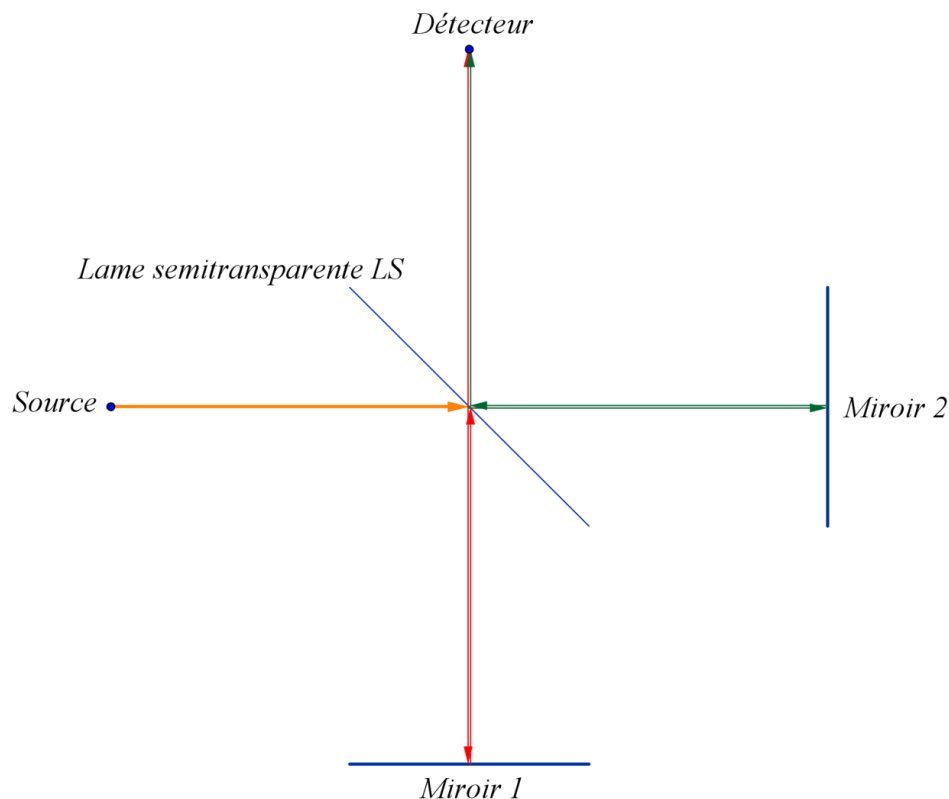
This modeling provides a geometrical explanation for this result in a Platonic four-dimensional space.

1. Un bref rappel de l'expérience

Une onde lumineuse L est dédoublée par une lame séparatrice LS en deux sous-faisceaux, qui convergent après avoir parcouru deux chemins différents (cf. schéma ① ci-dessous).

Compte-tenu du mouvement de la Terre, cette expérience devait déceler une variation de la vitesse de la lumière sur des parcours identiques en longueur, mais dont les durées étaient attendues différentes.

Or l'expérience montre que les temps de parcours sont toujours identiques.



2. Le cadre géométrique de la modélisation

Cette modélisation a pour cadre l'espace platonicien proposé dans les articles intitulés :

« UN MODÈLE PLATONICIEN (EUCLIDIEN-PROJECTIF) POUR LA THÉORIE DE LA RELATIVITÉ RESTREINTE » (pré-publication hal-01081576, version 1).

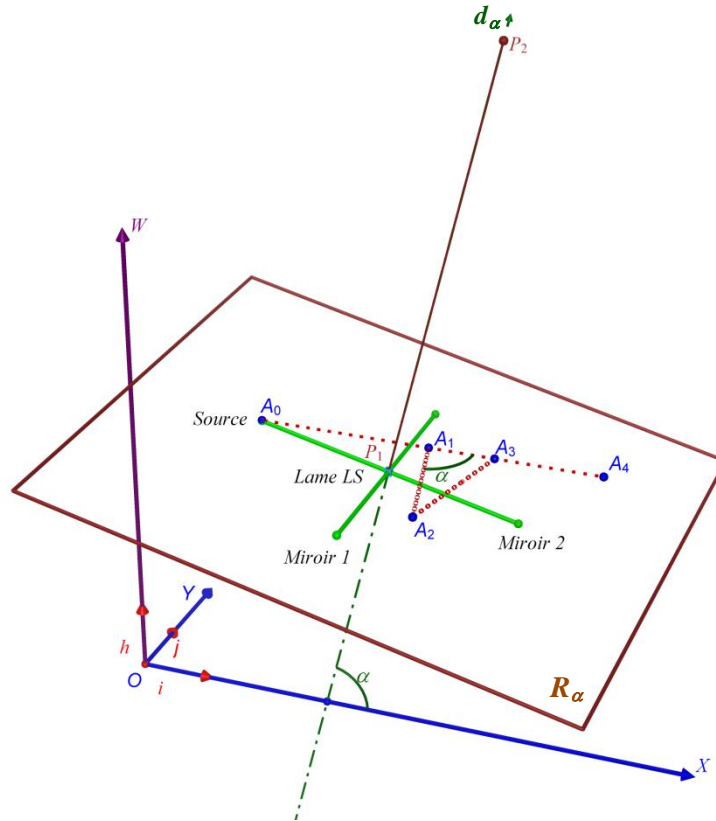
« A PLATONIC (EUCLIDEAN-PROJECTIVE) MODEL FOR THE SPECIAL THEORY OF RELATIVITY » (pré-publication hal-01165196, version 1).

L'espace quadridimensionnel euclidien est rapporté à un repère orthonormé $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k}, \vec{h})$, dont les axes sont notés (OX) , (OY) , (OZ) , (Ow) ; la direction de la projection est celle du vecteur \vec{h} .

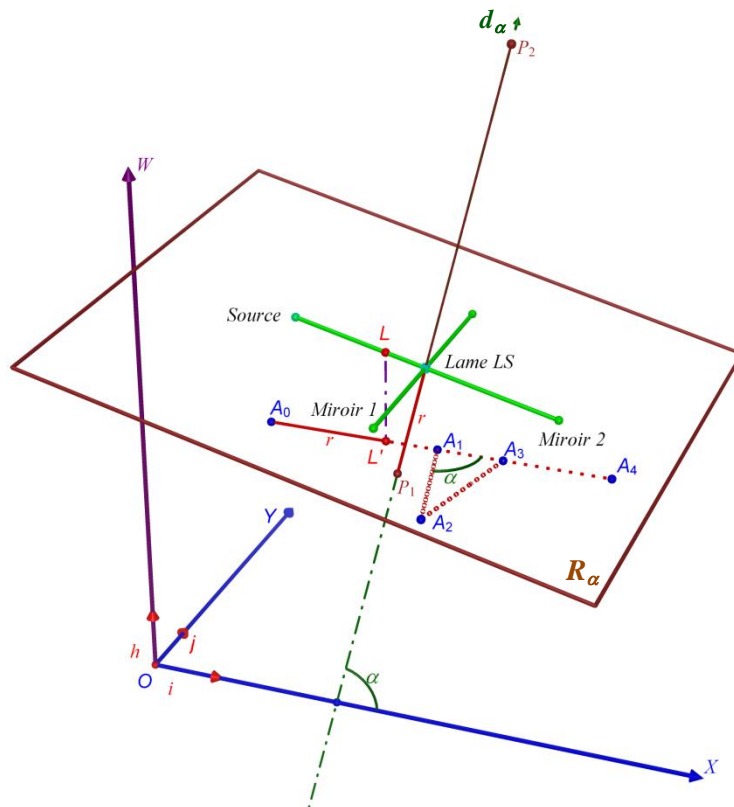
3. Modélisation

Nous pouvons modéliser cette situation de la façon suivante : le dispositif expérimental est lié au référentiel R_α se déplaçant selon la direction d_α (cf. schémas ci-après).

Au début de l'expérience, la lame séparatrice LS est en P_1 et la source est au point A_0 .



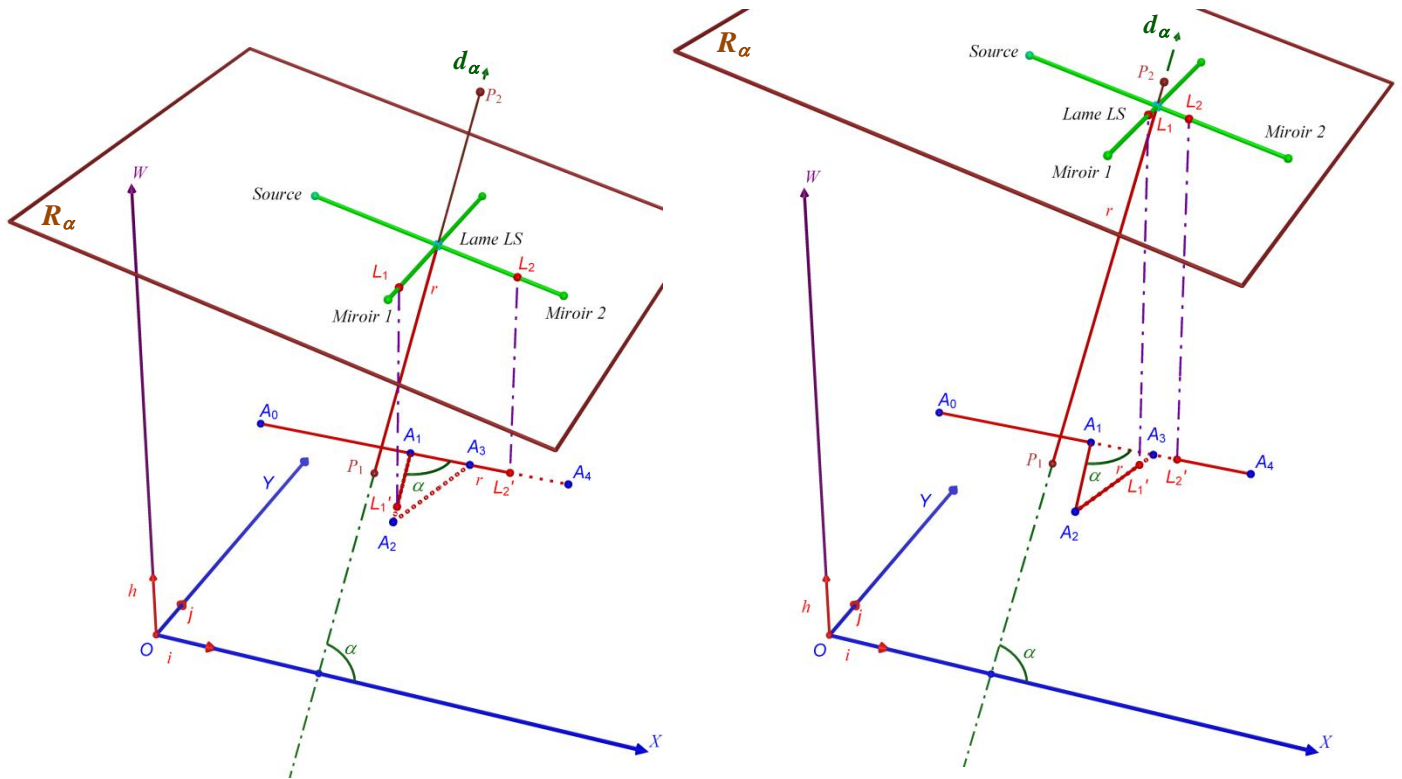
L'onde lumineuse émise par la source, dont le trajet perçu par le référentiel R_α est celui indiqué en introduction (cf. schéma \mathcal{D}), parcourt en fait les trajets suivants (représentés par les lignes pointillées), dans un hyperplan orthogonal à la direction de projection \vec{h} :



- Le faisceau initial parcourt le segment A_0A_1 (qui correspond en projection pour R_α au trajet *Source-LS*). A noter qu'au cours de ce trajet (et des suivants), la distance r parcourue par L' est égale à la distance r parcourue par LS .

En désignant par l la longueur du bras *Source-LS*, nous avons : $A_0A_1 = \frac{l \sin \alpha}{1 - \cos \alpha}$.

(Cf. détail des calculs en fin d'article, notamment à propos de l'angle de réflexion $A_3A_1A_2$.)

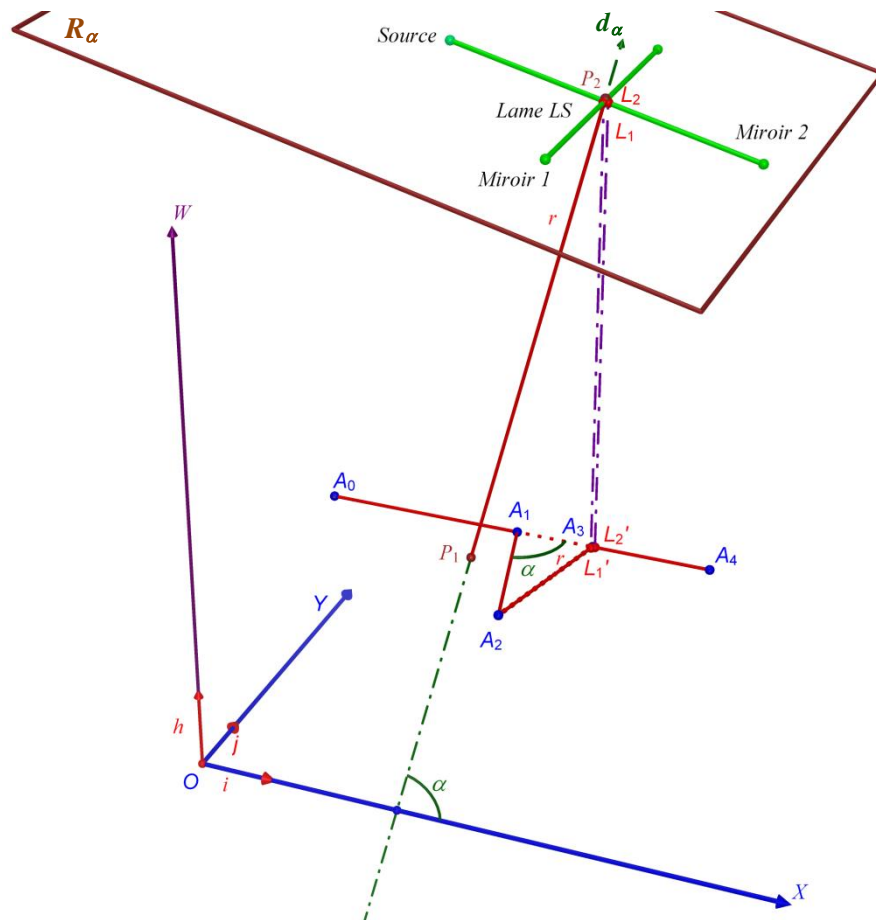


- Puis un sous-faisceau L'_1 parcourt le chemin $A_1A_2-A_2A_3$ (qui correspond en projection pour le sous-faisceau L_1 , compte-tenu du déplacement du référentiel R_α , au trajet aller-retour *LS-Miroir1* puis *Miroir1-LS*) ; avec $A_1A_2 = A_2A_3 = \frac{l}{\sin \alpha}$.
- Tandis que le sous-faisceau L'_2 parcourt le chemin $A_1A_4-A_4A_3$ (qui, compte-tenu du déplacement de R_α , correspond en projection pour le sous-faisceau L_2 au trajet aller-retour *LS-Miroir2* puis *Miroir2-LS*) ; avec $A_1A_4 = \frac{l \sin \alpha}{1 - \cos \alpha}$ et $A_4A_3 = l \tan\left(\frac{\alpha}{2}\right)$.

Les deux sous-faisceaux L'_1 et L'_2 se rejoignent en A_3 (ce qui correspond en projection dans R_α à la rencontre des sous-faisceaux L_1 et L_2 à la nouvelle position de la lame LS), après avoir parcouru, au cours de ces différents trajets, une distance Δr égale à celle P_1P_2 parcourue par le référentiel contenant le dispositif.

$$\text{Avec } \Delta r = A_0A_1 + A_1A_4 + A_4A_3 = A_0A_1 + A_1A_2 + A_2A_3 = P_1P_2 = l \left(\frac{2}{\sin \alpha} + \frac{\sin \alpha}{1 - \cos \alpha} \right).$$

(La dernière partie du trajet vers le détecteur étant parcourue par le faisceau alors reconstitué ne présente, elle, pas d'intérêt réel.)

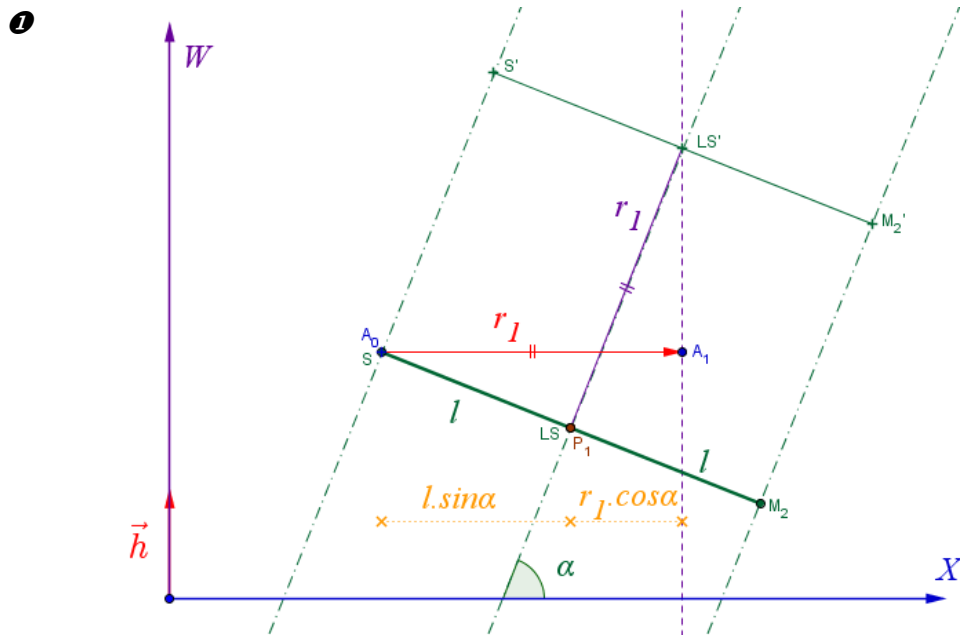


4. Conclusion

Les égalités ainsi établies, vraies quel que soit l'angle α (non multiple de π), traduisent le fait que lorsqu'un observateur situé en LS perçoit le retour du sous-faisceau L_1 , il perçoit **simultanément** le retour du sous-faisceau L_2 , quelle que soit la vitesse de déplacement du référentiel galiléen lié à la Terre.

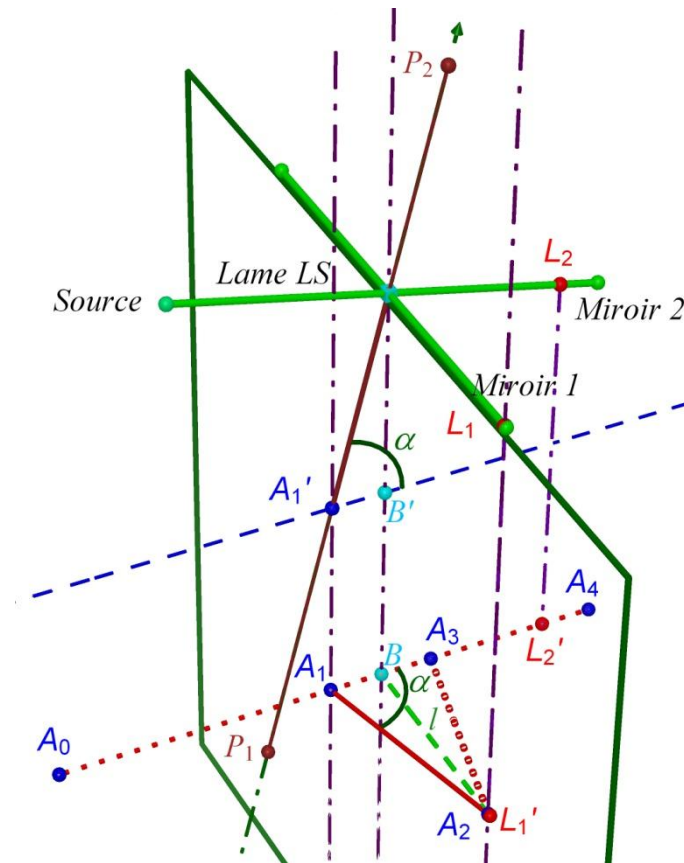
Les mesures effectuées par Michelson et Morley correspondent à cette perception *simultanée*, dont le résultat a conduit à avancer l'hypothèse de l'invariance de la célérité c de la lumière dans le vide dans tout référentiel galiléen... Puis, subséquemment, à l'élaboration du modèle platonicien qui en offre ici une illustration purement géométrique.

5. Calculs annexes



A partir de : $r_1 = l \sin \alpha + r_1 \cos \alpha$, avec $r_1 = A_0A_1$, on obtient : $A_0A_1 = \frac{l \sin \alpha}{1 - \cos \alpha}$.

②



Ce schéma représente la modélisation de l'expérience lorsque le sous-faisceau L_1 est perçu au Miroir 1 ; ce qui correspond au positionnement de L'_1 en A_2 .

Si A'_1 désigne la position de la lame LS alors que le faisceau est en A_1 , on a $A'_1LS = A_1A_2 = \Delta r$.

Par ailleurs, en considérant le plan L'_1L_1LS , orthogonal à (A_0A_4) et les points d'intersection B et B' représentés sur le schéma, il vient $A_1B = A'_1B'$ puis $BA_1A_2 = B'A'_1LS = \alpha$ (triangles isométriques)*.

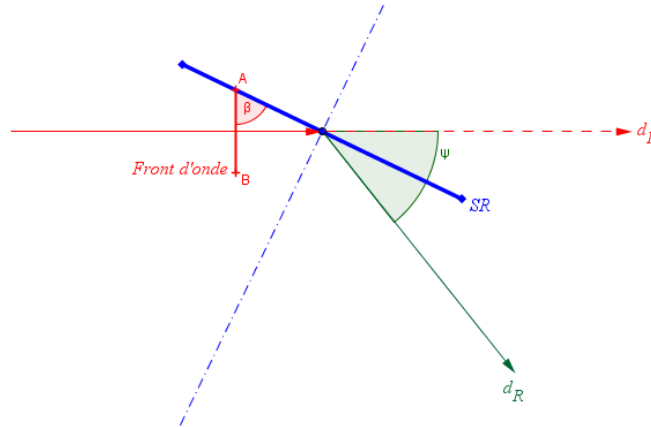
$$D'où \Delta r = A_1A_2 = \frac{l}{\sin \alpha} \text{ puis, par raison de symétrie, } A_2A_3 = \frac{l}{\sin \alpha}.$$

$$\text{Pour terminer, } A_4A_3 = A_1A_4 - A_1A_3 = \frac{l \sin \alpha}{1 - \cos \alpha} - 2 \frac{l}{\tan \alpha} = l \tan \left(\frac{\alpha}{2} \right).$$

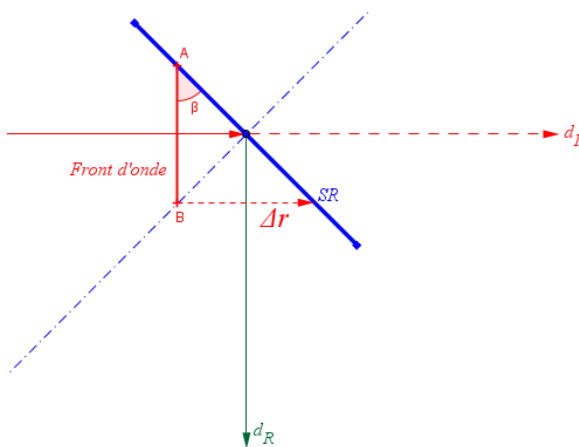
(* cf la remarque ③ pour une justification à caractère **physique** du résultat $A_3A_1A_2 = \alpha$.)

⑤ On peut avancer le raisonnement physique suivant pour la mesure de l'angle de réflexion du sous-faisceau L'_1 :

- de façon classique, un faisceau lumineux rencontrant une surface réfléchissante SR est dévié et l'on a : $\psi = (\vec{d}_R, \vec{d}_I) = \pi - 2\beta$, où β est une mesure de l'angle formé par un front d'onde infinitésimal et la paroi réfléchissante.

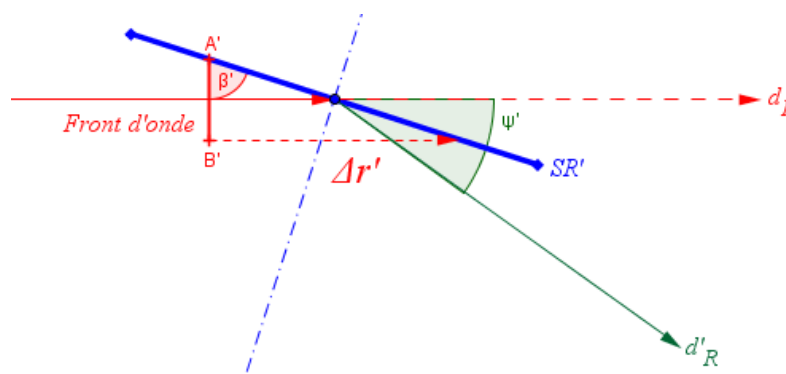


- Dans l'expérience de Michelson-Morley, on a $\beta = \frac{\pi}{4}$ et $\psi = \frac{\pi}{2}$, angles mesurés dans R_α .



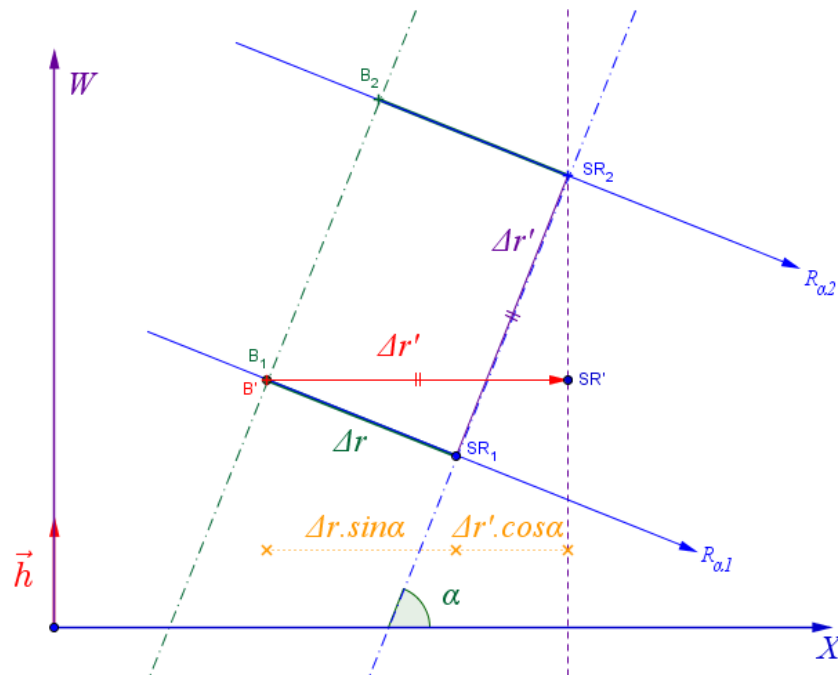
Ainsi, si AB désigne la largeur infinitésimale du front d'onde au moment de son premier contact avec SR et Δr la distance parcourue par le faisceau jusqu'au second contact, on a dans ce cas : $AB = \Delta r$.

- En fait, dans l'espace quadridimensionnel projectif, on a la situation suivante :
 - ✓ au premier contact, le faisceau perçu dans R_α en A est en fait en A' et celui perçu en B est en B' ; avec $A'B' = AB = \Delta r$.



✓ Compte-tenu du déplacement du référentiel R_α auquel est lié le dispositif,

$$\text{on a alors } \Delta r' = \frac{\Delta r \cdot \sin \alpha}{1 - \cos \alpha} = \frac{\Delta r}{\tan\left(\frac{\alpha}{2}\right)}.$$



Ainsi, lorsque le front d'onde entre en contact (en projection) pour la seconde fois avec la surface réfléchissante, il a parcouru dans l'espace 4D la distance $\Delta r'$ et l'angle β' correspondant est tel que :

$$\tan \beta' = \frac{\Delta r'}{A'B'} = \frac{\Delta r'}{\Delta r} = \frac{1}{\tan\left(\frac{\alpha}{2}\right)};$$

$$\text{i.e. } \beta' = \frac{\pi}{2} - \frac{\alpha}{2}.$$

Si l'on conserve la loi classique de la réflexion rappelée au début de cette remarque, on a donc le résultat suivant :

$$\psi' = \pi - 2\beta' = \alpha.$$

6. Bibliographie

De l'Allégorie de la Caverne à la Relativité Restreinte

Auteur : Alain Jégat

Les Éditions du Net

ISBN: 978-2-312-02454-7