

## La matière comme voie pour révéler ce que la lumière occulte

Les expériences optiques classiques se heurtent à une limite fondamentale : une mesure strictement one-way exige deux horloges distantes déjà synchronisées. Or cette synchronisation repose généralement sur des signaux électromagnétiques et réintroduit la symétrie aller-retour que l'on voulait éviter.

Les trajets réciproques effacent ainsi les asymétries directionnelles du premier ordre. L'invariance observée peut alors refléter autant la structure du protocole que l'absence réelle d'anisotropie.

Ce document explore une rupture possible de cette symétrie : le signal part sous forme lumineuse, puis revient sous forme mécanique, porté par la matière. L'enjeu est double : tester si la propagation mécanique reproduit la compensation attendue par la composition relativiste des vitesses, et déterminer si cette invariance relève d'une propriété universelle ou d'une reconstruction propre aux protocoles électromagnétiques réciproques.

Aimé Savouret

[aimesavouret@protonmail.com](mailto:aimesavouret@protonmail.com)

Langue originale : Français

Créé le 14 mai 2026

Modifié le 20 mai 2026

# Table des matières

<b>1</b>	<b>Idée directrice</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Pourquoi le retour mécanique ne doit pas être relativisé d'emblée</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Montage mixte lumière aller, onde mécanique retour</b>	<b>5</b>
3.1	Trajet lumineux isolé . . . . .	5
3.2	Trajet mécanique comme grandeur à tester . . . . .	6
<b>4</b>	<b>Résultat central</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>Mesure différentielle avec une seule horloge</b>	<b>9</b>
<b>6</b>	<b>Ce que la matière peut éventuellement compenser</b>	<b>10</b>
<b>7</b>	<b>Variante : retour par corps matériel isolé</b>	<b>12</b>
<b>8</b>	<b>Considérations expérimentales</b>	<b>13</b>
8.1	Ordre de grandeur du signal recherché . . . . .	13
8.2	Support mécanique recommandé . . . . .	14
8.3	Méthode de mesure : phase plutôt qu'impulsion . . . . .	15
8.4	Inversion du dispositif . . . . .	15
8.5	Stabilité thermique . . . . .	16
8.6	Dimensions réalistes . . . . .	16
8.7	Configuration minimale . . . . .	16
<b>9</b>	<b>Critère de décision</b>	<b>18</b>
<b>10</b>	<b>Conclusion</b>	<b>19</b>
<b>11</b>	<b>Références</b>	<b>20</b>

# 1 Idée directrice

L'objectif est d'étudier si une transmission d'information par onde mécanique, dans un corps matériel, peut rompre la symétrie propre aux transmissions électromagnétiques réciproques.

Un dispositif purement optique construit sur des trajets réciproques tend à masquer les contributions du premier ordre associées à un éventuel mouvement dans le milieu énergétique. L'aller et le retour ne sont pas identiques séparément, mais leur somme reconstruit une grandeur insensible à l'orientation.

L'idée proposée consiste à briser cette réciprocity de nature physique. On conserve un trajet lumineux dans un sens, mais on remplace le trajet retour par une onde mécanique se propageant dans un solide. Le signal ne parcourt donc plus deux fois le même canal physique.

Deux effets principaux peuvent affecter un corps matériel en mouvement dans le milieu énergétique. Tous deux découlent de la propagation finie des interactions électromagnétiques qui assurent la cohésion de la matière : la contraction des longueurs dans la direction du mouvement, et le ralentissement des processus internes lié à l'augmentation de l'inertie électromagnétique des constituants matériels.

Une onde mécanique correspond à une perturbation collective de la matière qui se propage de proche en proche à travers les liaisons internes du solide. Transmettre une information par onde mécanique revient donc à transmettre cette information par une réorganisation locale de la matière, et non par une propagation électromagnétique libre dans le vide.

La question centrale devient alors :

La propagation mécanique dans un solide en mouvement dans le milieu énergétique produit-elle spontanément l'anisotropie exacte nécessaire pour compenser le terme directionnel du trajet lumineux ?

La réponse ne doit pas être imposée par avance. Elle constitue précisément l'objet du test.

## 2 Pourquoi le retour mécanique ne doit pas être relativisé d'emblée

Dans un solide, la vitesse d'une onde longitudinale peut être écrite, à l'ordre de grandeur :

$$u_m = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (1)$$

où  $E$  représente un module élastique effectif et  $\rho$  la masse volumique du matériau.

Une valeur typique de travail est :

$$u_m = 5\,000 \text{ m s}^{-1} \quad (2)$$

alors que :

$$c = 299\,792\,458 \text{ m s}^{-1} \quad (3)$$

On obtient donc :

$$\frac{u_m}{c} = 1.6678204759907602 \times 10^{-5} \quad (4)$$

et :

$$\frac{c}{u_m} = 59\,958.4916 \quad (5)$$

Une onde mécanique à  $5\,000 \text{ m s}^{-1}$  est donc environ 59 958.5 fois plus lente que la lumière.

Ce contraste est expérimentalement intéressant, mais il introduit aussi une difficulté conceptuelle. Il serait tentant d'appliquer directement à l'onde mécanique la composition relativiste des vitesses :

$$w_{\pm} = \frac{v \pm u_m}{1 \pm vu_m/c^2} \quad (6)$$

En relativité standard, cette loi est généralisée à toute composition de vitesses et ne dépend pas de la nature du signal considéré. Dans le cadre étudié ici, son statut est différent : elle est comprise comme une loi de reconstruction cinématique établie dans des conditions précises, notamment à partir de mesures aller-retour de signaux électromagnétiques. Elle ne doit pas être automatiquement étendue à une propagation mécanique sans vérifier que la matière produit la même structure de compensation.

L'appliquer directement à un retour mécanique reviendrait donc à supposer que la propagation dans la matière obéit d'emblée à la même structure de compensation que celle des signaux électromagnétiques.

Il faut donc traiter la propagation mécanique comme une grandeur dynamique propre, susceptible ou non de posséder une anisotropie liée au mouvement du solide dans le milieu énergétique.

### 3 Montage mixte lumière aller, onde mécanique retour

On considère deux points matériels  $A$  et  $B$ , solidaires d'un même dispositif. La distance propre entre eux, mesurée localement dans le dispositif, est notée  $L$ .

Le dispositif se déplace à vitesse constante  $v$  dans le milieu énergétique. On étudie d'abord le cas où l'axe  $AB$  est colinéaire à ce mouvement. Le point  $A$  est situé à l'arrière, le point  $B$  à l'avant, et le mouvement se fait de  $A$  vers  $B$ .

Le trajet aller est réalisé par un signal lumineux. Le trajet retour est réalisé par une onde mécanique se propageant dans un solide reliant  $B$  à  $A$ . La conversion opto-mécanique introduit un délai fixe  $\tau_0$ .

Dans le référentiel du milieu énergétique, la longueur matérielle longitudinale est contractée :

$$L_{\text{abs}} = \frac{L}{\gamma} \quad (7)$$

avec :

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - v^2/c^2}} \quad (8)$$

#### 3.1 Trajet lumineux isolé

Lorsque le signal lumineux se propage de  $A$  vers  $B$ , dans le sens du mouvement, le point  $B$  s'éloigne pendant la propagation. Le temps absolu du trajet lumineux aller est :

$$t_{L,+} = \frac{L_{\text{abs}}}{c - v} \quad (9)$$

soit :

$$t_{L,+} = \frac{L}{\gamma(c - v)} \quad (10)$$

En utilisant :

$$\frac{1}{\gamma(1 - v/c)} = \gamma(1 + v/c) \quad (11)$$

on obtient :

$$t_{L,+} = \frac{\gamma L}{c}(1 + v/c) \quad (12)$$

Le temps local mesuré par une horloge solidaire du dispositif vaut :

$$\tau_{L,+} = \frac{t_{L,+}}{\gamma} \quad (13)$$

Donc :

$$\boxed{\tau_{L,+} = \frac{L}{c}(1 + v/c)} \quad (14)$$

Si le montage est inversé, le trajet lumineux se fait en sens opposé au mouvement. On obtient alors :

$$\boxed{\tau_{L,-} = \frac{L}{c}(1 - v/c)} \quad (15)$$

Le trajet lumineux one-way conserve donc une dépendance directionnelle en  $v/c$  lorsqu'il est isolé.

### 3.2 Trajet mécanique comme grandeur à tester

On note  $u_{m,+}(v)$  la vitesse effective de l'onde mécanique dans le solide pour une propagation dans le sens du mouvement absolu, et  $u_{m,-}(v)$  la vitesse effective pour une propagation en sens opposé.

Si la propagation mécanique interne ne porte aucune anisotropie directionnelle, alors :

$$u_{m,+}(v) = u_{m,-}(v) = u_m \quad (16)$$

Mais si le mouvement dans le milieu énergétique modifie la dynamique interne du solide de façon anisotrope, alors :

$$u_{m,+}(v) \neq u_{m,-}(v) \quad (17)$$

C'est précisément cette éventuelle différence qui doit être recherchée.

## 4 Résultat central

Dans la première orientation, le signal lumineux va de  $A$  vers  $B$ , puis l'onde mécanique revient de  $B$  vers  $A$ . Le retour mécanique s'effectue donc en sens opposé au mouvement. Sa temps local s'écrit :

$$\tau_{M,-} = \frac{L}{u_{m,-}(v)} + \tau_0 \quad (18)$$

Le temps total vaut donc :

$$T_+ = \tau_{L,+} + \tau_{M,-} \quad (19)$$

soit :

$$\boxed{T_+ = \frac{L}{c}(1 + v/c) + \frac{L}{u_{m,-}(v)} + \tau_0} \quad (20)$$

Après inversion du dispositif, le trajet lumineux se fait en sens opposé au mouvement, tandis que le retour mécanique se fait dans le sens du mouvement. On obtient :

$$T_- = \tau_{L,-} + \tau_{M,+} \quad (21)$$

et donc :

$$\boxed{T_- = \frac{L}{c}(1 - v/c) + \frac{L}{u_{m,+}(v)} + \tau_0} \quad (22)$$

La différence entre les deux orientations vaut :

$$\Delta T = T_+ - T_- \quad (23)$$

On obtient alors :

$$\boxed{\Delta T = \frac{2Lv}{c^2} + L \left( \frac{1}{u_{m,-}(v)} - \frac{1}{u_{m,+}(v)} \right)} \quad (24)$$

Cette équation est le point clé du document.

Elle sépare clairement deux contributions. La première est la contribution directionnelle du trajet lumineux :

$$\frac{2Lv}{c^2} \quad (25)$$

La seconde est la contribution propre du retour mécanique :

$$L \left( \frac{1}{u_{m,-}(v)} - \frac{1}{u_{m,+}(v)} \right) \quad (26)$$

Pour que la compensation soit exacte, il faudrait que :

$$L \left( \frac{1}{u_{m,-}(v)} - \frac{1}{u_{m,+}(v)} \right) = -\frac{2Lv}{c^2} \quad (27)$$

c'est-à-dire :

$$\boxed{\frac{1}{u_{m,-}(v)} - \frac{1}{u_{m,+}(v)} = -\frac{2v}{c^2}} \quad (28)$$

Dans une lecture relativiste standard, cette compensation est garantie par l'invariance des lois physiques et par la composition relativiste des vitesses. Dans le cadre du milieu énergétique, son statut est différent : elle ne peut pas être postulée d'emblée, car la composition relativiste est ici comprise comme une reconstruction cinématique établie dans des conditions précises, notamment à partir de mesures électromagnétiques réciproques.

La condition précédente est donc très contraignante. Pour être satisfaite, elle devrait émerger de la dynamique propre du solide : de ses liaisons internes, de son inertie effective, de ses constantes élastiques et de la manière dont une onde mécanique s'y propage.

Le montage ne cherche donc pas seulement une différence de temps. Il teste si la matière produit réellement la compensation attendue, ou si cette compensation appartient spécifiquement aux protocoles optiques réciproques. Autrement dit, il interroge le statut même de la composition relativiste des vitesses : loi universelle de toute propagation, ou loi de reconstruction propre aux mesures électromagnétiques.

## 5 Mesure différentielle avec une seule horloge

Le montage ne nécessite aucune synchronisation distante. Une seule horloge placée au point  $A$  suffit, car l'expérience ne cherche pas à mesurer séparément le temps de propagation de  $A$  vers  $B$ , puis celui de  $B$  vers  $A$ . Elle mesure uniquement un temps total de parcours, entre l'émission du signal depuis  $A$  et son retour au même point.

Dans la première orientation du dispositif, le signal part de  $A$  sous forme lumineuse, atteint  $B$ , puis revient vers  $A$  sous forme mécanique. L'horloge locale mesure alors le temps total :

$$T_+ = T_{\text{phys},+} + \tau_0 \quad (29)$$

où  $T_{\text{phys},+}$  représente le temps physique associé au trajet lumière aller plus retour mécanique dans cette orientation, et où  $\tau_0$  regroupe les délais internes du montage : émission, détection, conversion opto-mécanique, réponse des transducteurs et électronique de lecture.

Après inversion du dispositif, c'est-à-dire après une rotation de  $180^\circ$ , on mesure de la même manière :

$$T_- = T_{\text{phys},-} + \tau'_0 \quad (30)$$

L'observable expérimentale serait la différence entre les deux orientations :

$$\Delta T = T_+ - T_- \quad (31)$$

Si les délais internes du montage restent stables pendant la comparaison, on a :

$$\tau'_0 \simeq \tau_0 \quad (32)$$

La différence mesurée devient alors :

$$\Delta T \simeq T_{\text{phys},+} - T_{\text{phys},-} \quad (33)$$

Ainsi, les délais fixes disparaissent par différence. Le point essentiel est que la mesure ne dépend pas d'une synchronisation entre  $A$  et  $B$ . Elle dépend seulement de la stabilité différentielle du montage entre les deux orientations.

Cette structure expérimentale contourne donc l'une des difficultés classiques des mesures one-way. Le temps lumineux aller n'est pas mesuré isolément ; il est inclus dans un temps de retour local. Ce que l'on teste, ce n'est pas une synchronisation distante, mais l'existence éventuelle d'une variation de temps total lorsque l'on inverse l'orientation du trajet mixte lumière-matière.

## 6 Ce que la matière peut éventuellement compenser

La vitesse mécanique dépend des constantes internes du matériau. Or ces constantes ne sont pas indépendantes de la structure électromagnétique de la matière. Les liaisons entre constituants, les distances d'équilibre, les modules élastiques et l'inertie effective des atomes résultent tous, directement ou indirectement, des interactions électromagnétiques qui assurent la cohésion du solide.

Dans le cadre étudié, un corps matériel en mouvement dans le milieu énergétique subit deux effets physiques fondamentaux : la contraction des longueurs dans la direction du mouvement et le ralentissement des processus internes associé à l'augmentation de l'inertie électromagnétique des constituants matériels.

Cependant, ces effets ne doivent pas être ajoutés séparément aux temps de trajet déjà exprimés localement. La longueur  $L$  est une longueur propre mesurée avec les étalons du dispositif, et les temps  $T_+$  et  $T_-$  sont mesurés par l'horloge embarquée au point  $A$ . Or ces étalons et cette horloge sont affectés de la même manière que le montage lui-même. Les effets globaux de contraction des longueurs et de ralentissement des horloges sont donc déjà inclus dans la définition des grandeurs locales utilisées précédemment.

Le point encore ouvert est différent. Il ne concerne pas la conversion entre grandeurs absolues et grandeurs locales, mais la dynamique propre de la propagation mécanique dans le solide. Une onde mécanique n'est pas un signal abstrait se déplaçant dans un support inchangé. Elle est une perturbation collective transmise de proche en proche par les liaisons internes du matériau. Si le mouvement dans le milieu énergétique modifie les constantes élastiques effectives, l'inertie volumique ou la réponse directionnelle du réseau matériel, alors la vitesse mécanique locale peut elle-même devenir anisotrope.

La vitesse mécanique effective doit donc être comprise à partir de :

$$u_m = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (34)$$

mais en tenant compte du fait que le module élastique  $E$  et la densité inertielle effective  $\rho$  peuvent dépendre de l'orientation du solide et de son mouvement dans le milieu énergétique.

On peut résumer cette dépendance par :

$$E \rightarrow E_{\parallel}(v), E_{\perp}(v) \quad (35)$$

$$\rho \rightarrow \rho_{\parallel}(v), \rho_{\perp}(v) \quad (36)$$

$$u_m \rightarrow u_{m,+}(v), u_{m,-}(v) \quad (37)$$

La question n'est donc pas de savoir si les étalons locaux se contractent ou si l'horloge locale ralentit : ces effets sont déjà intégrés dans les grandeurs mesurées. La question est de savoir si la propagation mécanique, exprimée dans ces mêmes grandeurs locales,

possède une anisotropie propre capable de compenser exactement le terme directionnel du trajet lumineux.

Cette compensation exigerait :

$$\frac{1}{u_{m,-}(v)} - \frac{1}{u_{m,+}(v)} = -\frac{2v}{c^2} \quad (38)$$

Tant que cette relation n'est pas dérivée dynamiquement à partir de la structure du solide, il n'est pas possible d'affirmer que le retour mécanique masque nécessairement le terme lumineux one-way.

La conclusion conceptuelle est donc la suivante : le montage mixte est pertinent non parce qu'il garantit une détection, mais parce qu'il déplace la question vers la dynamique interne de la matière. Il oblige à déterminer si la propagation mécanique produit, dans les grandeurs locales déjà corrigées par les étalons et les horloges du dispositif, la compensation exacte que les trajets électromagnétiques réciproques imposent naturellement.

## 7 Variante : retour par corps matériel isolé

Le retour mécanique par onde dans un solide n'est pas la seule possibilité.

On peut imaginer une variante plus radicale : remplacer l'onde mécanique par le déplacement d'un corps matériel isolé. Le signal de retour ne serait alors plus une contrainte se propageant dans un réseau continu, mais un objet localisé se déplaçant de  $B$  vers  $A$ .

Cette distinction est importante.

Dans le cas d'un solide reliant  $A$  et  $B$ , l'information mécanique se propage à l'intérieur d'un support matériel continu, dont les propriétés dynamiques peuvent être affectées par son mouvement dans le milieu énergétique.

Dans le cas d'un corps isolé, il n'existe plus de support matériel continu entre  $A$  et  $B$ . Le corps mobile traverse l'espace séparant les deux extrémités du dispositif sans être porté par une structure matérielle intermédiaire. Il n'interagit avec le montage qu'au moment de son émission en  $B$  et de sa réception en  $A$ .

Ainsi, si le retour est assuré par un corps isolé, il devient difficile d'identifier un mécanisme additionnel capable de produire une compensation exacte.

La question devient alors :

Un corps matériel isolé, lancé entre deux points du dispositif, peut-il introduire un délai de retour compensant exactement l'asymétrie du trajet lumineux aller ?

À ce stade, rien ne semble imposer une telle compensation.

Cette variante est donc conceptuellement intéressante, mais expérimentalement plus difficile : lancement reproductible, contrôle de la vitesse initiale, perturbations mécaniques, interaction avec les dispositifs d'émission et de réception, frottements résiduels...

On peut résumer la distinction ainsi :

$$\begin{aligned} \text{retour par onde mécanique} &= \text{propagation dans un support matériel continu} \\ \text{retour par corps isolé} &= \text{transport d'une structure matérielle localisée} \end{aligned} \quad (39)$$

La première voie est plus réaliste expérimentalement. La seconde est plus décisive conceptuellement, mais beaucoup plus exigeante.

## 8 Considérations expérimentales

L'objectif expérimental n'est pas de mesurer un temps absolu de propagation. Il est de rechercher une variation différentielle lorsque l'orientation du dispositif est inversée.

Le montage minimal utilise deux points  $A$  et  $B$ , séparés par une distance propre  $L$ . Le trajet aller est optique. Le trajet retour est mécanique. La mesure compare deux orientations opposées du même dispositif.

Les délais fixes liés à l'émission optique, à la détection, à la conversion opto-mécanique et à l'électronique peuvent être importants. Ils ne sont pas problématiques s'ils restent stables entre deux orientations.

On écrit :

$$T_{\text{mes}} = T_{\text{phys}} + \tau_0 \quad (40)$$

Après inversion :

$$T'_{\text{mes}} = T'_{\text{phys}} + \tau_0 \quad (41)$$

La différence élimine l'offset fixe :

$$\Delta T_{\text{mes}} = T'_{\text{mes}} - T_{\text{mes}} = T'_{\text{phys}} - T_{\text{phys}} \quad (42)$$

Le critère expérimental n'est donc pas la connaissance absolue de  $\tau_0$ , mais sa stabilité pendant la durée de comparaison.

### 8.1 Ordre de grandeur du signal recherché

Le terme lumineux directionnel attendu est :

$$\Delta T_{\text{L}} = \frac{2Lv}{c^2} \quad (43)$$

Pour :

$$v = 30\,000 \text{ m s}^{-1} \quad (44)$$

et :

$$L = 1 \text{ m} \quad (45)$$

on obtient :

$$\Delta T_{\text{L}} \simeq 6.67 \times 10^{-13} \text{ s} \quad (46)$$

soit :

$$\Delta T_L \simeq 0.67 \text{ ps} \quad (47)$$

Pour :

$$L = 10 \text{ m} \quad (48)$$

on obtient :

$$\Delta T_L \simeq 6.67 \text{ ps} \quad (49)$$

Ce niveau est faible, mais il peut devenir accessible par comparaison de phase et accumulation statistique, plutôt que par chronométrage direct d'une impulsion unique.

## 8.2 Support mécanique recommandé

Le support mécanique doit être simple, stable et bien caractérisé.

Une première solution raisonnable est une barre métallique, une fibre solide ou un guide mécanique rectiligne, excité par des transducteurs piézoélectriques.

Avec :

$$u_m = 5\,000 \text{ m s}^{-1} \quad (50)$$

et :

$$L = 10 \text{ m} \quad (51)$$

le temps mécanique est :

$$T_m = \frac{L}{u_m} = 2.0 \times 10^{-3} \text{ s} \quad (52)$$

soit :

$$T_m = 2 \text{ ms} \quad (53)$$

La difficulté apparaît immédiatement : il faut chercher une variation de quelques picosecondes sur un temps mécanique de l'ordre de la milliseconde. La stabilité relative visée est donc de l'ordre :

$$\frac{6.7 \text{ ps}}{2 \text{ ms}} \simeq 3.3 \times 10^{-9} \quad (54)$$

Cette exigence est sévère. Elle devient plus réaliste si l'on mesure une différence entre deux orientations avec le même support, les mêmes transducteurs et la même électronique.

### 8.3 Méthode de mesure : phase plutôt qu'impulsion

Il est préférable de ne pas mesurer un temps de vol absolu par impulsions isolées.

La méthode recommandée est une excitation périodique avec mesure de phase. Un oscillateur de référence pilote l'émission lumineuse depuis  $A$ . Le signal reçu en  $B$  déclenche l'excitation mécanique. L'onde mécanique revient vers  $A$ , où elle est détectée par un transducteur piézoélectrique.

Le temps total est converti en phase par rapport à l'oscillateur :

$$\phi = 2\pi f T_{\text{mes}} \quad (55)$$

Une variation de temps produit :

$$\Delta\phi = 2\pi f \Delta T \quad (56)$$

Pour :

$$f = 10 \text{ MHz} \quad (57)$$

et :

$$\Delta T = 6.7 \text{ ps} \quad (58)$$

on obtient :

$$\Delta\phi \simeq 4.2 \times 10^{-4} \text{ rad} \quad (59)$$

Cette variation est faible, mais accessible à une détection synchrone si les dérives lentes sont suffisamment rejetées.

### 8.4 Inversion du dispositif

La mesure doit être réalisée dans deux orientations opposées. On note  $T_+$  le temps mesuré dans la première orientation et  $T_-$  le temps mesuré après rotation de  $180^\circ$ .

L'observable pertinente est :

$$\Delta T = T_+ - T_- \quad (60)$$

Cette différence présente plusieurs avantages :

- elle élimine les délais fixes de l'électronique
- elle réduit l'influence des offsets de synchronisation
- elle supprime une grande partie des dérives communes
- elle isole le terme qui change de signe avec l'orientation

Il est donc préférable de tourner ou d'inverser périodiquement le dispositif complet, plutôt que de comparer deux montages distincts.

## 8.5 Stabilité thermique

La principale difficulté pratique est la température.

La vitesse du son dans un solide dépend des constantes élastiques et de la masse volumique, toutes deux sensibles à la température. Une variation thermique modifie donc directement :

$$T_m = \frac{L}{u_m} \quad (61)$$

Une faible variation de  $u_m$  peut produire un effet beaucoup plus grand que le signal recherché.

La stratégie doit donc être différentielle :

- maintenir le support dans une enceinte thermique stable
- mesurer rapidement les deux orientations
- utiliser le même trajet mécanique dans les deux sens
- rechercher uniquement la composante qui change de signe lors de l'inversion

La stabilité thermique absolue n'a pas besoin d'être parfaite si la dérive est lente et commune aux deux orientations. Ce qui compte est la stabilité différentielle pendant le cycle d'inversion.

## 8.6 Dimensions réalistes

Un dispositif de 1 m est facile à stabiliser, mais le signal attendu est inférieur à la picoseconde.

Un dispositif de 10 m donne un signal de quelques picosecondes, tout en restant réalisable en laboratoire sous forme de barre, de rail, de fibre enroulée ou de guide mécanique.

Un dispositif de 100 m améliore le signal, mais devient très sensible aux gradients thermiques, aux vibrations, aux contraintes mécaniques et aux délais parasites.

Un compromis raisonnable pour une première expérience est donc :

$$L = 5 \text{ à } 10 \text{ m} \quad (62)$$

avec un support mécanique simple, massif, isolé thermiquement, et une mesure de phase.

## 8.7 Configuration minimale

Pour une première réalisation, il faut privilégier la simplicité :

- un seul oscillateur de référence
- un seul trajet mécanique
- deux transducteurs piézoélectriques identiques
- une excitation sinusoïdale stable
- une détection synchrone de phase
- une rotation ou inversion du dispositif complet

— une enceinte thermique passive

Il faut éviter dans une première étape :

- plusieurs horloges indépendantes
- des trajets mécaniques différents
- des géométries complexes
- des matériaux composites
- des dispositifs de lancement de corps isolés

Ces variantes pourront être étudiées ensuite, mais elles introduisent trop de paramètres libres pour une première validation.

## 9 Critère de décision

L'expérience doit répondre à une question simple :

Le temps total lumière aller plus retour mécanique change-t-il lorsque l'orientation du dispositif est inversée ?

Si aucune variation n'est observée au niveau attendu, cela indiquerait que la dynamique interne du solide produit elle aussi une compensation effective.

Si une variation est observée, si elle change de signe avec l'orientation, et si elle suit la dépendance attendue en  $L$ , alors elle pourrait indiquer une rupture entre propagation électromagnétique et propagation mécanique.

Le critère essentiel est la dépendance en longueur. Un effet de propagation doit croître linéairement avec  $L$  :

$$\Delta T \propto L \tag{63}$$

Un délai électronique parasite, au contraire, reste principalement indépendant de  $L$ .

Une stratégie robuste consiste donc à répéter la mesure pour plusieurs longueurs :

$$L_1, L_2, L_3 \tag{64}$$

et à vérifier si la différence mesurée suit une loi linéaire.

## 10 Conclusion

Le montage lumière aller, onde mécanique retour constitue une voie expérimentale pertinente parce qu'il modifie la nature physique de la réciprocity.

Dans un dispositif purement optique, les effets directionnels du premier ordre sont masqués par la symétrie des trajets lumineux et par la structure des mesures aller-retour. Dans un dispositif mixte, le retour n'est plus assuré par la même propagation. Il dépend de la dynamique interne de la matière.

La compensation n'est donc plus automatique.

Le point à tester n'est pas :

Peut-on décrire le retour mécanique avec la même composition cinématique que la lumière ?

mais :

La matière produit-elle, par sa dynamique interne, l'anisotropie exacte nécessaire pour effacer le terme lumineux one-way ?

Si oui, l'invariance apparente s'étendrait aux propagations matérielles internes. Si non, le montage pourrait laisser apparaître une dissymétrie mesurable liée au mouvement dans le milieu énergétique.

La première expérience réaliste devrait rester modeste : une longueur de quelques mètres à une dizaine de mètres, un support mécanique simple, une détection synchrone de phase, une inversion périodique de l'orientation et une analyse de la dépendance linéaire en  $L$ .

La valeur du montage ne réside donc pas dans la promesse d'une détection immédiate, mais dans le critère qu'il impose. L'enjeu est double : vérifier si la propagation mécanique dans la matière respecte la même compensation que celle attendue par la composition relativiste des vitesses, et déterminer si cette composition doit être comprise comme une loi universelle de toute dynamique matérielle, ou comme une reconstruction propre aux protocoles électromagnétiques réciproques.

## 11 Références

1. Aimé Savouret, *Quand la lumière expose la réalité que nous ne voyons pas : une réévaluation moderne des expériences de premier ordre*, 2026. [Lien](#)
2. Aimé Savouret, *L'espace-temps : Une abstraction émergente de la dynamique d'un milieu énergétique*, 2026. [Lien](#)
3. Aimé Savouret, *Le principe de relativité comme manifestation observable d'un absolu sous-jacent*, 2026. [Lien](#)
4. Aimé Savouret, *Invisibilité du mouvement absolu dans les expériences interférométriques et accès aux effets du premier ordre*, 2026. [Lien](#)