Dispositif Polarisation d'une onde mécanique 09874

NOTICE

Retrouvez l'ensemble de nos gammes sur : www.pierron.fr

PIERRON
ÉQUIPEMENT PÉDAGOGIQUE SCIENTIFIQUE

PIERRON - ASCO & CELDA • CS 80609 • 57206 SARREGUEMINES Cedex • France
Tél. : 03 87 95 14 77 • **Fax :** 03 87 98 45 91
E-mail : education-france@pierron.fr

1 - Introduction

Cette maquette permet :

- de produire une onde mécanique non plane (en « volume » qui occupe donc l'espace suivant ses trois dimensions) ;
- de polariser rectilignement cette onde mécanique ;
- de montrer l'effet de l'analyseur selon sa position par rapport au polariseur et particulièrement dans le cas où polariseur et analyseur sont parallèles ou perpendiculaires (croisés).

Le caractère très visuel de ces expériences de mécanique constitue un support pédagogique particulièrement bien transposable à la polarisation de la lumière, afin de mieux comprendre ce phénomène évidemment pas visible puisque associé à la nature électromagnétique de la lumière.

La maquette est constituée par une source très spécifique qui, par un mouvement de rotation, produit une onde mécanique transversale le long d'une corde élastique. On peut alors rapprocher ce mouvement à celui du vecteur champ électrique correspondant à une onde lumineuse naturelle (voir *§ 1.2.2*).

Une première fente joue le rôle de polariseur. Elle produit en sortie une onde mécanique polarisée rectilignement.

Une deuxième fente joue le rôle d'analyseur. Selon la position relative polariseur/analyseur, on obtient à la sortie de l'analyseur :

- soit une onde mécanique qui n'est pas affectée par l'analyseur et qui est restée polarisée rectilignement, dans le cas où le polariseur et l'analyseur sont parallèles ;
- soit l'extinction de l'onde mécanique, dans le cas où le polariseur et l'analyseur sont croisés.

2 - Contenu de l'emballage

- Un banc métallique avec deux pieds, muni d'une graduation
- Une source d'onde mécanique sur support vertical à alimenter sous une tension de 3,0 V
- Une corde élastique
- Une tige, statif vertical pour fixer la corde et régler sa tension
- Une fente, polariseur, sur cavalier mobile
- Une fente, analyseur, sur cavalier mobile

(1) : Source de l'onde sur support
(2) : Pied pour le banc (x2)
(3) : Banc métallique gradué
(4) : Fente mobile (ici polariseur)
(5) : Fente mobile (ici analyseur)
(6) : Corde élastique
(7) : Vis de réglage de la tension de la corde
(8) : Cavalier, support de fente (x2)
(9) : Tige - statif vertical

Montage

Le dispositif est rapidement prêt à l'emploi.

- Clipser les deux pieds *(2)* sous le banc métallique *(3)*, au voisinage des deux extrémités.
- Fixer la source de l'onde *(1)*, au moyen des deux vis et deux écrous fournis, à l'extrémité du banc, prévue à cet effet.
- Fixer la tige *(9)* au moyen de la vis fournie, à l'autre extrémité du banc, prévue à cet effet.
- Passer l'extrémité libre de la corde *(6)* dans le trou de l'axe vertical *(9)* ; tendre légèrement la corde à l'horizontale et serrer la vis *(7)* pour l'immobiliser à l'horizontale.

❑ Selon le besoin, placer le (ou les) cavalier(s) *(8)* sur le banc pour positionner la (ou les) fente(s) (*4* ou *5*, polariseur/analyseur) sur le banc.

- Connecter les cordons d'alimentation de la source (1) à un générateur de courant continu (non fourni).

Remarques pratiques importantes :

- Alimenter la source sous une tension inférieure à 6,0 V sous peine de la détériorer.
- Le mode opératoire proposé permet d'obtenir facilement des conditions expérimentales qui s'avèrent plus spectaculaires que d'autres.

Une vidéo de ce dispositif, consultable sur le site Pierron, peut s'avérer être une ressource très utile.

1 - Production d'une onde mécanique non plane

1.1. Matériel nécessaire

- ❑ Banc métallique *(3)* + Tige *(9)* + Source *(1)* avec la corde élastique : ensemble monté
- ❑ Générateur de tension continu (3,0 V) (non fourni)

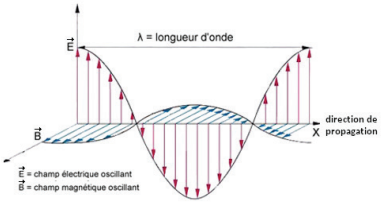
1.2. Parallèle Mécanique - Optique

1.2.1. But de l'expérience

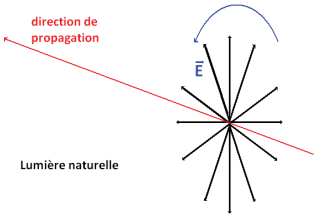
Il s'agit de produire une onde mécanique non plane, en 3D : ce qui est mis à profit pour faire le parallèle avec une onde lumineuse naturelle.

1.2.2. Rappel : onde lumineuse non polarisée

Une onde lumineuse est une onde électromagnétique où les vecteurs champ magnétique $\vec{B}$ et champ électrique $\vec{E}$ oscillent perpendiculairement à la direction de propagation de la lumière.



Dans le cas d'une source naturelle, la lumière n'est pas polarisée. Les trains d'ondes produits par les atomes de la source lumineuse qui la composent, ne sont pas produits en même temps (même pour une onde monochromatique) mais aléatoirement : ainsi $\vec{E}$ peut prendre n'importe quelle orientation dans le plan perpendiculaire à la direction de propagation (de même pour $\vec{B}$). L'ensemble des trains d'onde donne ainsi au vecteur $\vec{E}$ toutes les orientations possibles comme suggérées sur le schéma ci-contre.



1.2.3. Choix de la source mécanique

La source s'inspire des caractéristiques du vecteur champ électrique d'une onde lumineuse non polarisée, à savoir un ensemble de vecteurs prenant toutes les orientations perpendiculaires à la direction de propagation.

On choisit pour cela une source qui impose un mouvement de rotation à une extrémité de la corde.

La rotation de la source suggère une onde lumineuse non polarisée.

Remarques importantes :

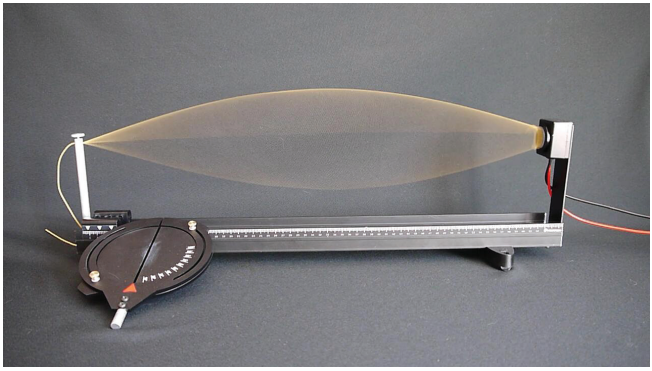
Le dispositif permet de faire un « parallèle » avec la lumière mais pas une analogie avec la polarisation de la lumière : en effet, tout d'abord, le milieu de propagation ne pouvant pas être infini, il se produit nécessairement une onde réfléchie, et par suite, des ondes stationnaires.

L'expérimentation exploite ces deux aspects : polarisation et ondes stationnaires.

1.3. Mode opératoire et expérimentation

- Positionner la corde à l'horizontale, légèrement tendue : vis *(7)* serrée.
- Alimenter la source de l'onde mécanique *(1)* au moyen d'un générateur de tension continue 3,0 V.
- Desserrer la vis *(7)* et tendre la corde de façon à obtenir une « fuseau » d'environ 11 cm de largeur. Ce maximum, à ne pas dépasser par la suite, correspond à la largeur utile des fentes *(4 ou 5)*.
- Serrer la vis *(7)* pour garder cette tension.
- Observer l'onde mécanique obtenue.

1.4. Résultat



On observe une onde mécanique qui occupe l'espace dans ses trois dimensions.

La forme d'un « fuseau 3D » résulte d'un phénomène d'ondes stationnaires (différent de celui obtenu dans le cas de la corde de Melde où les ondes sont dans un plan vertical).

L'extrémité fixe de la corde constitue nécessairement un nœud, l'autre extrémité décrit un cercle.

2 - Polarisation rectiligne d'une onde mécanique

2.1. Matériel nécessaire

- ❏ Même matériel monté qu'en *§ 1.1* ; générateur courant continu (3,0 V)
- ❏ Fente-polariseur *(4)*
- ❏ Cavalier *(8)*

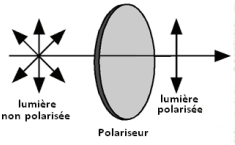
2.2. Parallèle Mécanique - Optique

2.2.1. But de l'expérience

Il s'agit d'obtenir une onde mécanique polarisée rectilignement, c'est-à-dire telle que ses oscillations se produisent toujours dans le même plan.

2.2.2. Rappel : onde lumineuse polarisée

Une lumière est polarisée rectilignement lorsque $\vec{E}$ oscille toujours dans le même plan.



2.2.3. Choix du polariseur mécanique

On utilise une fente rectangulaire, ici en position verticale, que l'on intercale dans le milieu de propagation.

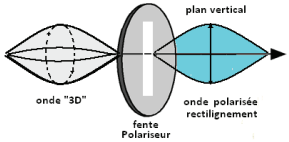


Schéma de principe

2.3. Mode opératoire et expérimentation

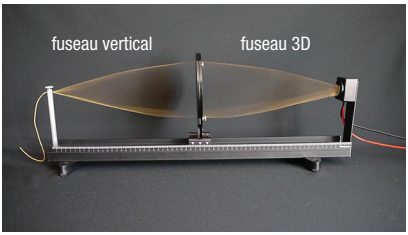
- Réutiliser le montage précédent *§ 1.1*, la tension de la corde étant réglée comme au *§ 1.3*.
- Mettre le générateur hors tension.
- Placer le cavalier *(8)* en butée contre le statif *(9)*.
- Passer la corde dans la fente du polariseur *(4)* et la poser sur son cavalier *(8)*, fente verticale.
- Mettre sous tension (3,0 V) l'alimentation de la source. On se retrouve pratiquement dans les conditions du *§ 1.3*.
- Déplacer le polariseur *(4 et 8)* le long de la corde en le rapprochant de la source, jusqu'au voisinage de la division 32 cm.
- Comparer la forme de l'onde avant le polariseur et après le polariseur.
- Faire tourner le polariseur de 0° à 90° en utilisant ses petites « poignées » latérales. Observer comment évolue le plan de l'onde polarisée. Serrer au besoin les vis pour immobiliser le polariseur selon un certain angle de rotation.

Variante :

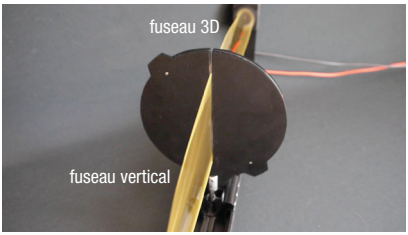
Le résultat peut être plus « tranché » encore si on pince la corde (vers la division 36 cm) « avant » le polariseur. On veillera alors à ce que le polariseur ne se trouve pas à un nœud d'amplitude. Auquel cas modifier légèrement sa position. Voir exemple ci-après *§ 2.5. Variante*.

Faire tourner le polariseur pour observer comment évolue la position du plan de l'onde polarisée.

2.4. Exemple de résultat



Vue de face

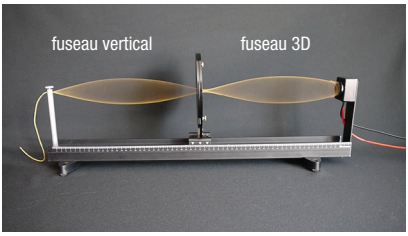


Vue légèrement désaxée

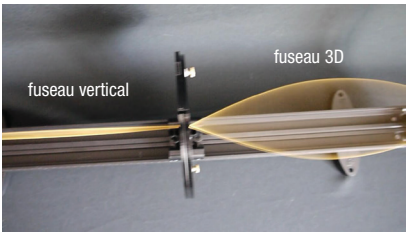
On constate que :

- avant le polariseur, l'onde incidente occupe les trois directions de l'espace.
- après le polariseur, l'onde est polarisée rectilignement : située dans un plan vertical, parallèle à la fente.

2.5. Variante après avoir pincé la corde



Vue de face



Vue de dessus, légèrement désaxée

Cette variante présente l'intérêt de mieux différencier l'aspect des différentes ondes : en « fuseau 3D », en fuseau plan vertical (polarisation rectiligne).

3 - Effet d'un second polariseur : l'analyseur

3.1. Matériel nécessaire

- ❏ Même matériel qu'en *§ 2.1.* ; générateur courant continu (3,0 V)
- ❏ Fente-analyseur *(5)*
- ❏ Cavalier *(8)*

3.2. Parallèle Mécanique - Optique

3.2.1. But de l'expérience

Il s'agit de montrer le rôle d'un second polariseur sur une onde mécanique polarisée rectilignement.

Autrement dit, selon l'orientation de l'analyseur par rapport à celle du polariseur, il s'agit d'observer l'effet produit sur l'onde mécanique initialement polarisée.

3.2.2. Rappel dans le cas d'une onde lumineuse polarisée

Lorsque l'analyseur et le polariseur sont parallèles, l'intensité de l'onde émergente est maximale.

Lorsqu'ils sont croisés (perpendiculaires), l'intensité de l'onde émergente est nulle.

3.2.3. Choix du polariseur-analyseur mécanique

On utilise à nouveau une fente rectangulaire que l'on intercale dans le milieu de propagation, après le polariseur.

3.3. Mode opératoire et expérimentation

- Réutiliser le montage précédent *§ 2.1 - § 2.3* : en gardant la même tension de la corde et le polariseur vertical sur la division 32 cm.
- Mettre hors tension le générateur.
- Placer le cavalier *(8)* en butée contre le statif *(9)*.
- Passer la corde dans la fente de l'analyseur *(5)* et la poser sur son cavalier *(8)*, fente verticale.
- Mettre sous tension l'alimentation de la source. On se retrouve pratiquement dans les conditions du *§ 2.3*.
- Déplacer l'analyseur *(5 et 8)*, fente verticale, le long de la corde en se rapprochant de la source, jusqu'au voisinage de la division 16 cm.
- Observer et comparer la forme de l'onde après le polariseur et après l'analyseur : polariseur et analyseur parallèles.
- Faire tourner l'analyseur de 0° à 90° à l'aide des poignées latérales.
- Observer et comparer la forme de l'onde après le polariseur et après l'analyseur : polariseur et analyseur parallèles ou croisés.

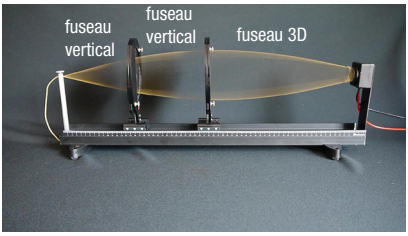
Variante :

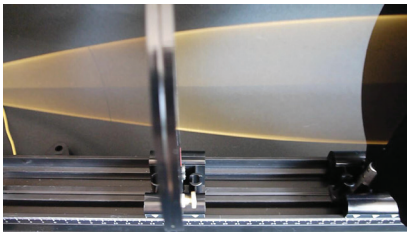
Le résultat peut être plus « tranché » selon les positions du polariseur et de l'analyseur sur le banc et si on pince la corde « avant » le polariseur. On veillera alors à ce que le polariseur ne se trouve pas à un nœud d'amplitude. Auquel cas modifier légèrement sa position.
Voir exemple ci-après *§ 3.5. Variantes*.

3.4. Exemples de résultats

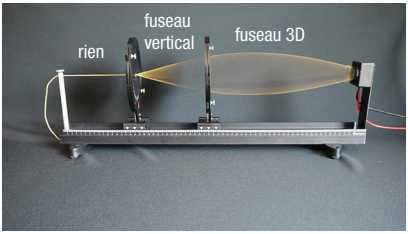
On constate que :

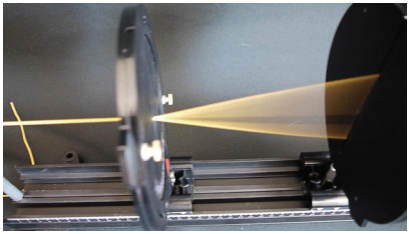
- lorsque le polariseur et l'analyseur sont parallèles, l'onde n'est pas affectée et reste polarisée rectilignement.





- lorsque le polariseur et l'analyseur sont perpendiculaires (croisés), l'onde subit une extinction : corde sans amplitude.

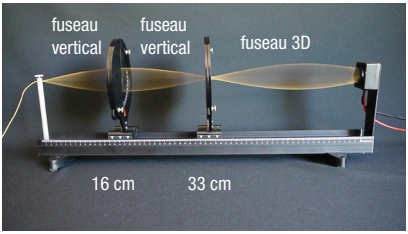




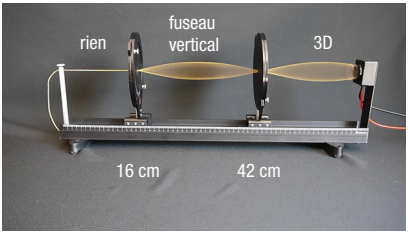
3.5. Variantes

Selon la position du polariseur (**P**) et de l'analyseur (**A**), on peut obtenir des aspects différents de la corde qui résultent de la réflexion de l'onde à l'extrémité de la corde et par suite d'ondes stationnaires.
Ces aspects peuvent être mis à profit pour mieux différencier les phénomènes :
- l'onde produite par la source, « fuseau 3D » ;
- l'onde polarisée après la traversée de (**P**), « fuseau » plan vertical ;

- l'onde polarisée après la traversée de (**A**) :
  - soit un « fuseau » plan vertical, polariseur et analyseur parallèles,
  - soit un segment de droite horizontal, polariseur et analyseur croisés.



Polariseur et analyseur parallèles



Polariseur et analyseur croisés

Remarque pratique :

Il peut être nécessaire de pincer la corde près du polariseur pour produire l'effet souhaité.

1 - Entretien

Aucun entretien particulier n'est nécessaire au fonctionnement de votre appareil.
Toutes les opérations de maintenance ou de réparation doivent être réalisées par PIERRON - ASCO & CELDA. En cas de problème, n'hésitez pas à contacter le Service Clients.

2 - Garantie

Les matériels livrés par PIERRON - ASCO & CELDA sont garantis, à compter de leur livraison, contre tous défauts ou vices cachés du matériel vendu. Cette garantie est valable pour une durée de 2 ans après livraison et se limite à la réparation ou au remplacement du matériel défectueux. La garantie ne pourra être accordée en cas d'avarie résultant d'une utilisation incorrecte du matériel.
Sont exclus de cette garantie : la verrerie de laboratoire, les lampes, fusibles, tubes à vide, produits, pièces d'usure, matériel informatique et multimédia.
Certains matériels peuvent avoir une garantie inférieure à 2 ans, dans ce cas, la garantie spécifique est indiquée sur le catalogue ou document publicitaire.
Le retour de matériel sous garantie doit avoir notre accord écrit.
Vices apparents : nous ne pourrons admettre de réclamation qui ne nous serait pas parvenue dans un délai de quinze jours après livraison au maximum. À l'export, ce délai est porté à un mois.
La garantie ne s'appliquera pas lorsqu'une réparation ou intervention par une personne extérieure à notre Société aura été constatée.

PIERRON
ÉQUIPEMENT PÉDAGOGIQUE SCIENTIFIQUE

PIERRON - ASCO & CELDA
CS 80609 • 57206 SARREGUEMINES Cedex • France
Tél. : 03 87 95 14 77
Fax : 03 87 98 45 91
E-mail : education-france@pierron.fr