

## Miroir, Oh mon beau miroir, dis moi ...

Une fois que ces buts existent, la méthode scientifique fournit les moyens de les atteindre. Mais elle ne peut fournir les buts mêmes.

A. Einstein <sup>(1)</sup>

### Introduction

Cette séquence de sciences physiques a été programmée pour une classe de seconde BEP des métiers de l'Électronique.

Dans cette approche sur les concepts de réflexion, de réfraction et de lumière, nous allons nous intéresser à la notion d'obstacle épistémologique et à l'introduction d'un concept par une problématique impliquant une démarche scientifique.

À un moindre degré, nous allons présenter une articulation entre les deux heures de travaux pratiques quinzaine et l'heure en classe entière hebdomadaire.

### Préparation de la séquence et hypothèses de progression :

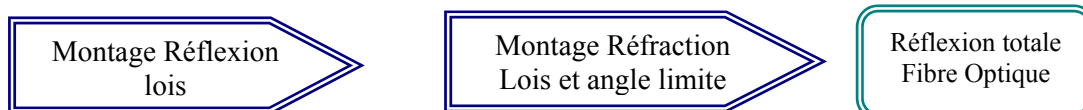
Dans cette manière de procéder, les préparations des séquences ne sont que des pistes, ou des fils conducteurs qui peuvent diverger selon l'intérêt et l'interaction avec les élèves. Il ne peut être question d'élaborer des stratégies « rigides », néanmoins la planification est nécessaire et les objectifs doivent être clairs pour l'enseignant.

#### Hypothèses de progression du cours / T.P sur l'optique

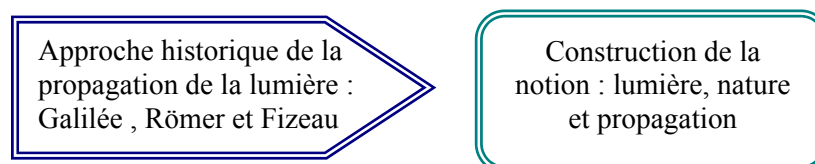
Lundi : cours en classe entière



Vendredi : Groupe A



Lundi : cours en classe entière



Vendredi : Groupe B, même démarche que le groupe A avec peut-être quelques différences dans la trace écrite (à rectifier par la suite)

Lundi : cours en classe entière

Retour sur la problématique, afin de justifier ou de contredire les réponses des élèves, cela à l'aide des concepts et lois élaborés.

## ☐ Stratégie à développer lors de la problématique

Il s'agit ici d'hypothèses de cheminement lors de la discussion avec les élèves (les réponses attendues sont en italique dans le texte).

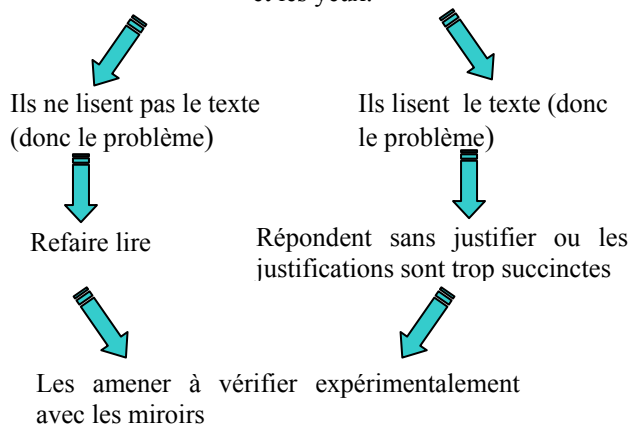
### RÉFLEXION :

Il s'agit d'un problème à tiroir (ou gigogne) ; avec des miroirs à disposition sur le chariot.

#### Réactions possibles des élèves

Préparer la problématique avec une feuille bristol collée derrière (au cas où les élèves lisent par transparence)

Instrument → miroir  
Manière → miroir est tel qu'il se situe entre le texte et les yeux.



Montrer que c'est une vérification et non une justification scientifique ⇒ Construire une théorie sur ce phénomène. ⇒ **Phénomène de réflexion**

Question : Pourquoi le miroir permet-il de lire facilement ?

⇒ *L'image d'un objet, dans un miroir est symétrique à l'objet par rapport au miroir.*

Question : En fait que voit-on en réalité, l'objet lui-même ou autre chose ?

⇒ *On voit la lumière qui se réfléchit sur l'objet.*

Question : Comment peut-on représenter les rayons lumineux ?

⇒ *Par des traits ; la lumière se propage en ligne droite.*

Question : La position du miroir est-elle importante ?

⇒ À partir d'expériences montrer l'importance de l'incidence du rayon, la manière dont il est réfléchi par rapport au miroir.

⇒ On veut monter un TP pour établir un modèle scientifique ou des lois : Matériel ?

⇒ On s'intéresse aux paramètres géométriques liés aux rayons incident et réfléchi.

**Établir un modèle ou des lois qui permettent de justifier et prévoir certains phénomènes.**

### RÉFRACTION :

Matériel : 1 pièce de 20 Centimes ; 1 ou 2 gobelets en plastique et de l'eau à disposition.

- Lecture des consignes et mise en œuvre expérimentale.
- En cas d'échec (pièce qui semble bouger) → reformuler la manipulation avec deux tasses.
- Discuter les réponses possibles des élèves, et les amener à utiliser des rayons lumineux qui arrivent aux yeux de l'observateur ⇒ déjà un début de modélisation.
- **Revenir sur la propagation rectiligne de la lumière ⇒ nécessité d'un milieu homogène.**

#### Faire ressortir les observations :

- ✓ On a l'impression que la pièce a bougé avec **l'apport de l'eau**, alors que tout est immobile.
- ✓ On observe un effet de grossissement de la pièce (loupe)

#### Conclusions :

- ❖ Lors d'un changement de milieu, il y a un changement de direction des rayons lumineux ⇒ phénomène de réfraction.
- ❖ Nécessité de modéliser par des lois.
- ❖ Validation expérimentale.

#### Protocole de TP :

Source lumineuse  
Possibilité de 2 milieux.

**On s'intéresse aux paramètres géométriques qui caractérisent le rayon lumineux dans les 2 milieux.**

## □ Découpage horaire de la première séquence (Problématique)

RÉFLEXION

**Problématique :**  
Recherche (4 à 5 mn)  
Remédiation  $\Rightarrow$  retour (3 à 5 mn)

**Discussion :**  
Avec prise de notes (tableau) et sur la feuille  
(12 à 15 mn)

Conclusions :

- *Phénomène de réflexion*
- *L'image d'un objet est semblable à l'objet, et symétrique par rapport au miroir*
- *La lumière se propage en ligne droite ...*
- *Nécessité d'un modèle théorique*

**Protocole expérimental** (4 à 5 mn)

- ✓ Matériel
- ✓ Objectif : Trouver des relations entre des paramètres géométriques liés aux rayons incident et réfléchi

RÉFRACTION

**Problématique :**  
Expérience (2 à 3 mn)  
Echec : reprise avec 2 gobelets (2 à 3 mn)

**Discussion :** (10 à 12 mn)  
Début de modélisation (construction de rayons)

Conclusions :  
*Existence de 2 milieux transparents*  
*Changement de milieu*  
*Retour à la propagation rectiligne de la lumière, rajouter la condition **d'un milieu homogène.***  
*Phénomène de réfraction*

**Protocole expérimental** (4 à 5 mn)

- ✓ Matériel
- ✓ Objectif : relier la déviation (en angles) au milieu, lors du passage entre les deux milieux (Observation d'une fibre optique, si reste du temps)

Cette progression a été légèrement changée. À la fin de la première séance une insatisfaction de ma part s'ajoutant à un sentiment de frustration de ne pas être arrivé à une **conclusion nette et claire** avec les élèves m'ont incité à reprendre la discussion avec ces derniers le mercredi lors de la séance de mathématiques (2 heures).

Une des difficultés recensées lors de la première discussion (lundi) fut l'écrit de l'apprenant qui est une forme privée du travail de l'élève, donc difficile à exprimer. Par contre, il devient une composante publique lors de la seconde discussion (mercredi). Comme l'explique S. COPPÉ<sup>(2)</sup>, le travail écrit de l'élève comporte une composante publique et une composante privée. La composante privée comporte ce qui est hors de la vue du maître (brouillon, vérification ...). La composante publique est l'écrit évalué par le maître. Selon notre approche de la différenciation des composantes (privée, publique), l'écrit visible à l'enseignant possède une partie privée qui devient publique si l'enseignant reprend cet écrit avec les élèves ; en fait cela dépend de la définition des domaines privé et publique.

Il y avait deux choix possibles pour poser la problématique et la discuter :

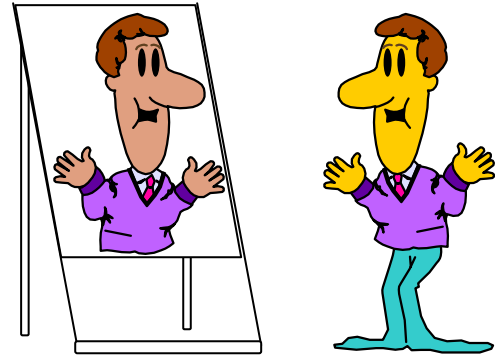
- Donner le temps de la réflexion et de la prise de notes aux élèves, discuter et argumenter par la suite sur les réponses et justifications exprimées oralement et noter au tableau les éléments clefs du débat.
- Reprendre au tableau les réponses écrites des élèves (avec une première classification) et débattre par la suite sur ces écrits.

Nous avons opté pour le premier choix, afin de privilégier la communication orale de la part des élèves. Mais la possibilité d'utiliser les heures de mathématiques, pour prolonger le débat avec les réponses écrites des élèves, nous permet de rectifier notre démarche. Cette possibilité n'était nullement planifiée de ma part mais les stratégies pédagogiques doivent avoir une certaine souplesse et adaptabilité.

## Miroir, Oh mon beau miroir, dis moi ...

« - Papa , il me faudrait une nouvelle glace ! Maintenant je suis grand et je ne me vois plus de la tête au pieds dedans.  
- Recule donc d'un pas !  
- Mais ça ne change rien !»

Qui a raison ? le père ou l'enfant ?



1. De quelle manière, et en utilisant quel instrument, peut-on lire facilement le problème ci-dessus ?

Réponses des élèves :

- En mettant le miroir au bout du texte perpendiculairement à celui-ci, le texte est reflété à l'endroit sur le miroir.
- Avec un miroir, ou à partir du dos de la feuille, par transparence ; on voit écrit à l'envers.
- En posant un miroir à côté du texte.
- Un miroir (4)
- Avec un miroir en le mettant en face de la feuille (5)
- Avec un miroir ou par transparence
- à l'aide d'un miroir, que l'on pose à côté de la feuille.
- Avec un miroir, en le posant à gauche de la feuille.
- Avec un miroir, on met la feuille à l'envers et on met le miroir devant. Après, il faut lire.
- En utilisant un miroir devant, mais décalé.

2. Répondre à la question du problème, en justifiant votre réponse.

Réponses des élèves :

- ✓ Le père a raison, plus la personne s'éloigne face au miroir plus l'axe du reflet s'agrandit.
- ✓ Le père, quand on se recule, il y a plus de champ de visibilité grâce au miroir.
- ✓ Le père a raison : lorsqu'**on éloigne un objet** d'une miroir **on le voit plus petit**, donc en entier. (2)
- ✓ Le père a raison, car si on recule, on se voit de plus en plus loin.
- ✓ On a vérifié expérimentalement sur le fils avant.
- ✓ Le père car en reculant l'image du miroir diminue.
- ✓ Le père a raison, car si l'enfant recule il pourrait de nouveau se voir dans le miroir. **Plus un objet est loin, plus il est petit**. Donc si l'enfant recule, il rentrera de nouveau dans le miroir.
- ✓ Par rapport à l'inclinaison du miroir si le fils venait à reculer, il se verrait encore moins. Il faut qu'il se rapproche ! c'est le fils qui a raison.
- ✓ C'est le fils qui a raison car le miroir est penché vers l'avant. Il faudrait que le miroir soit droit pour que le problème soit résolu.
- ✓ C'est le fils **car en reculant c'est pareil**
- ✓ L'enfant a raison, il recule, **il verra une partie en plus** de son corps mais il **ne verra plus sa tête**.(2)
- ✓ Le père, car si il recule, il va s'**éloigner** du miroir donc **il paraîtra plus petit** et on pourra le voir en entier dans le miroir.
- ✓ Le père a raison, plus nous reculons et plus nous devenons petit donc forcément on se verra en entier, de la tête aux pieds .
- ✓ Le père a raison, car cela fait un plan plus large de l'objet car lorsque l'on recule, on s'éloigne et l'on devient plus petit.
- ✓ C'est le père qui a raison car en reculant, **l'angle de vue** est plus important.
- ✓ Il ne peut pas se voir dans le miroir car il est trop près de celui-ci.
- ✓ Le miroir renvoie un reflet.

### 3. Discussion et conclusions :

#### Première discussion :

Chaque élève, ayant uniquement ses réponses.

Question : Comment doit être le miroir par rapport au texte ?

Réponse : En face

Conclusion : **Le texte n'est pas en face du miroir, mais décalé légèrement .**

Après statistique la majorité des élèves considère que le père a raison sauf 4 élèves.

*Vérification expérimentale, à l'aide de miroirs de leurs assertions (en éloignant et rapprochant le miroir devant leur visage).*

Question : En faisant l'expérience, a-t-on justifié que le fils avait raison ?

Conclusion : **On a vérifié expérimentalement que le fils avait raison .**

Question : Comment peut-on faire pour justifier (scientifiquement) et comment se nomme ce phénomène physique ?

Conclusion : En étudiant le phénomène de **réflexion** et en **établissant des lois (modèle)**

Question : En fait , que voit - on dans un miroir ?

Réponse : Moi, Monsieur, mon visage !

Question : et lorsque l'on éteint la lumière ?

Réponse : un léger reflet.

Question : Et dans le noir total ?

*Hésitation de la part des élèves .*

Réponse : **On voit dans le miroir, la lumière qui se reflète sur l'objet**

#### Seconde discussion :

Les élèves ayant la totalité des réponses.

Analyse des réponses :

Question : énoncent-elles toutes la même chose ?

Réponse : cela dépend, dans toutes ; il y a la nécessité du miroir mais une différence dans la position de celui-ci

Réponse : Ceux qui ont dit que l'on doit mettre le miroir devant (en face) ont oublié de préciser que l'on doit regarder par en haut.

Conclusion : **Il était nécessaire de préciser la position des yeux de l'observateur** (pour toutes les réponses)

On peut classer les réponses en deux catégories :

- ✓ Nécessité du miroir + position
- ✓ Miroir uniquement

À ce stade de la discussion, si on doit répondre à la question « qui a raison ? » ; quelle serait la réponse :

- Le père (8 élèves)
- Le fils (10 élèves)

L'idée que le père a raison est justifiée par le fait que lorsque l'on s'éloigne, on voit les choses plus petites (Zoom arrière).

Il y a un problème c'est que le miroir rétrécit aussi.

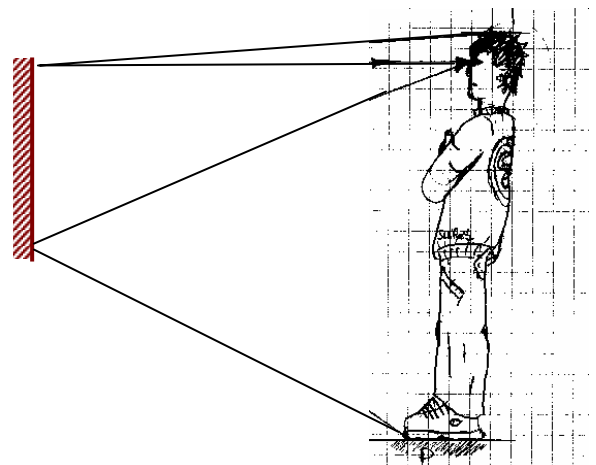
**Il y a une confusion entre la vision et ce qui doit se refléter dans le miroir**

#### Posons le problème :

Les éléments qui nous intéressent sont :

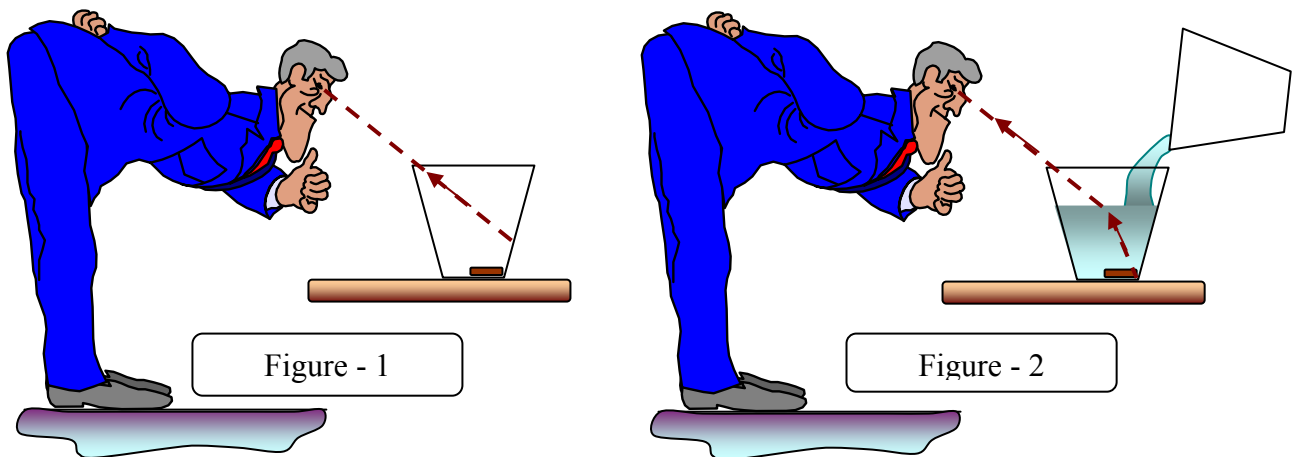
- La lumière , donc les rayons lumineux que l'on peut représenter par des traits ; donc des droites : **La lumière se propage en ligne droite ...**
- L'objet et son image dans le miroir

Schématisons le problème :



**Conclusion : les paramètres à analyser sont des paramètres d'ordre géométrique (distances ; angles ...)**

## LA PIÈCE MAGIQUE



**1<sup>ère</sup> étape :** Vous disposez de 2 gobelets, remplissez un gobelet d'eau ; placez une pièce de monnaie dans le second gobelet vide, reculez votre visage jusqu'au moment où le bord du gobelet cache la pièce (figure – 1).

**2<sup>de</sup> étape :** videz, doucement, le gobelet d'eau dans le second gobelet, sans bouger votre visage, comme le montre la figure – 2 .

### Qu'observe-t-on

- Dans le gobelet 2, la pièce paraît plus grosse et plus haute. (2)
- Plus l'eau est versée, plus on voit la pièce.
- On voit que la pièce devient visible, plus on remplit le verre.
- On voit la pièce après avoir mis de l'eau ; cela fait un effet de loupe.
- La pièce grossit (5)
- Que la pièce réapparaît. (2)
- On voit la pièce
- J'observe que la pièce devient de plus en plus visible.
- On peut voir la pièce sans avoir besoin de bouger (2)
- On voit la pièce bouger, on la voit par reflet, le volume de l'eau augmente.
- La pièce de la figure – 1 , on ne la voit pas. La pièce de la figure – 2 , on la voit.
- Dans le gobelet 2, la pièce paraît plus haute et plus grosse.

### Donner une explication de ce phénomène :

- L'eau a un effet grossissant sur la pièce. (2)
- C'est un phénomène de réflexion du à l'eau qui doit **courber la lumière**.
- La présence de l'eau change l'angle de vue.
- C'est avec la masse de l'eau.
- L'eau fait **effet de loupe** (3)
- La **lumière est déviée** de sa trajectoire **grâce à l'eau**.
- L'eau réagit comme une loupe sur la pièce. On a l'impression que la pièce est plus proche que l'autre.
- L'eau et la lumière font une réaction qui donne l'impression que la pièce est plus haute.
- Le phénomène est que : le volume de l'eau qui augmente la masse de la pièce.
- Cela grossit la pièce.
- Ça grossit la pièce et on a l'impression qu'elle est plus près.
- L'eau fait un décalage

### Discussion et conclusions :

Unanimité sur l'observation : **La pièce paraît plus haute et plus grosse**

Déterminons la phrase la plus explicative :

5<sup>ème</sup> phrase : (10 élèves sont pour) C'est plus une explication par analogie à un autre phénomène.

3<sup>ème</sup> phrase : (3 élèves sont pour) Ici c'est l'eau, uniquement qui change la manière de voir

6<sup>ème</sup> phrase : (2élèves sont pour) Comme on a vu précédemment que les rayons se propagent en ligne droite. Cette explication permet de tracer des rayons lumineux allant à l'œil de l'observateur(voir schéma).

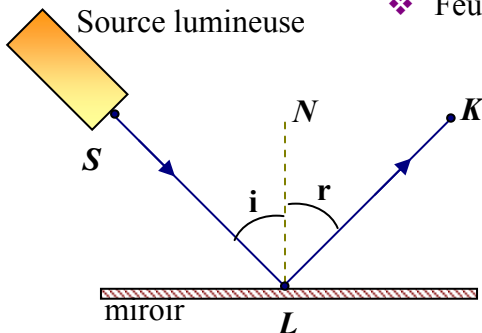
# RÉFLEXION ~ RÉFRACTION

## I / LOIS DE LA RÉFLEXION

### a) Montage expérimental :

À partir de la discussion précédente, le matériel nécessaire est :

- ❖ Générateur à courant continu et lampe
- ❖ Miroir
- ❖ Feuille support, afin de mesurer les angles



(SL) = rayon incident

(LK) = rayon réfléchi

(LN) = Perpendiculaire (normale) au plan du miroir

$\hat{i}$  = angle d'incidence

$\hat{r}$  = angle de réflexion

### b) Mesures expérimentales :

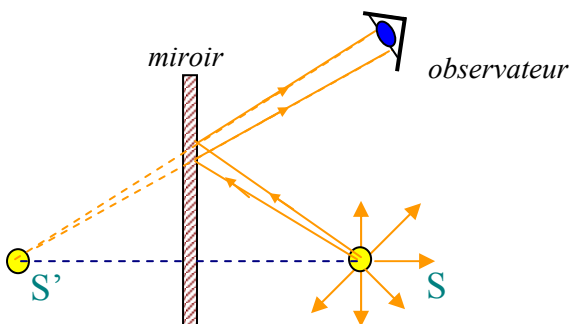
Faisons varier  $\hat{i}$  et mesurons  $\hat{r}$

$\hat{i}$	60°	70°	40°	50°	20°
$\hat{r}$	60°	70°	40°	50°	20°

### c) Lois de la réflexion :

- ✓ Le rayon incident (SL), le rayon réfléchi (LK) et la normale (LN) au miroir sont sur le même plan.
- ✓  $\hat{i} = \hat{r}$

### d) Construction d'une image par réflexion :



Soit un objet S qui émet des rayons lumineux de manière isotrope.

À partir de deux rayons lumineux, et de la construction de leurs rayons réfléchis ; on constate que l'image S' de l'objet, est le symétrique de S par rapport au plan du miroir.

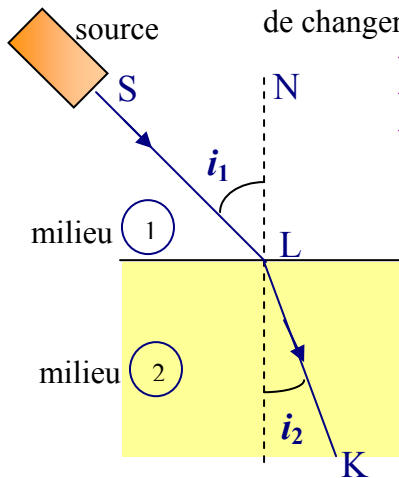


## II / LOIS DE LA RÉFRACTION

### a) Montage expérimental :

Lors de la discussion sur « la pièce magique », nous avons constaté la nécessité de changer de milieu. Le matériel nécessaire est

- ❖ Générateur à courant continu et lampe
- ❖ Demi-cercle de Plexiglas
- ❖ Feuille support, afin de mesurer les angles



(SL) = rayon incident

(LK) = rayon réfracté

(LN) = normale au plan de séparation des deux milieux

$i_1$  = angle d'incidence

$i_2$  = angle de réfraction

### b) Mesures expérimentales

Faisons varier  $\hat{i}_1$  et mesurons  $\hat{i}_2$

$i_1$	0°	20°	30°	40°	50°	70°	75°	88°
$i_2$	0°	13°	18°	25°	30°	37°	38°	40°
*								
*								
$\sin(i_1)$	0	0,342	0,500	0,643	0,766	0,940	0,966	0,999
$\sin(i_2)$	0	0,225	0,309	0,423	0,500	0,602	0,615	0,642
$\frac{\sin(i_1)}{\sin(i_2)}$	?** $\approx 1,5$	1,520 $\approx 1,5$	1,618 $\approx 1,6$	1,520 $\approx 1,5$	1,532 $\approx 1,5$	1,561 $\approx 1,6$	1,570 $\approx 1,5$	1,56 $\approx 1,6$

**On constate que le rapport  $\frac{\sin(i_1)}{\sin(i_2)}$  reste constant**

- Dans ces deux lignes, nous avons demandé aux élèves de trouver une relation entre  $i_1$  et  $i_2$  de manière que le résultat reste constant : certains ont proposés  $i_1 + i_2$ ,  $\frac{i_1}{i_2}$ ,  $\sqrt{\frac{i_1}{i_2}}$  ... les résultats ont été discutés, aucun n'était concluant. Nous avons alors, indiqué aux élèves de calculer  $\sin(i_1)$ ,  $\sin(i_2)$  et le rapport  $\frac{\sin(i_1)}{\sin(i_2)}$ .



\*\* Dans cette case, beaucoup d'élèves avaient estimé que c'était impossible. Nous avons repris le cours sur les équations. A partir de la remarque « cas particuliers » :

$0.x = a$  (avec  $a \neq 0$ )  $\Rightarrow$  pas de solution et  $0.x = 0 \Rightarrow$  une infinité de solution

ce qui aboutit à :  $\frac{a}{0}$  **impossible** et  $\frac{0}{0}$  **indéterminé**, ce qui donnait le choix pour la valeur

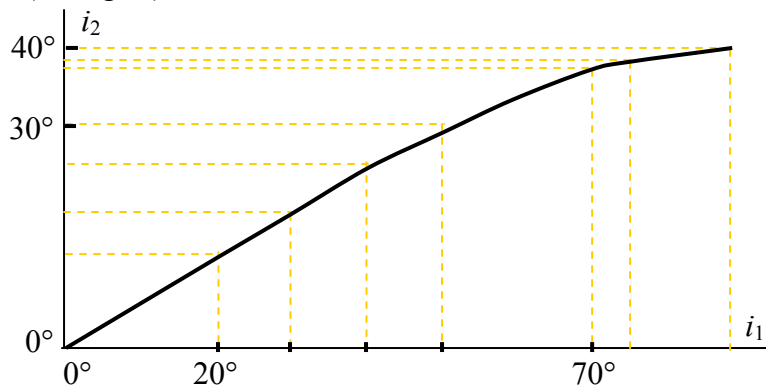
c) Lois de la réfraction :

✓ (SL) rayon incident, (LK) rayon réfracté et (LN) normale au plan de séparation, sont dans le même plan.

✓  $n_1 \sin(i_1) = n_2 \sin(i_2)$   
 $n_1 =$  indice de réfraction du milieu 1  
 $n_2 =$  indice de réfraction du milieu 2

d) Angle limite de réfraction :

Lors de l'expérience précédente, le rayon lumineux passait du milieu 1 (air) au milieu 2 (Plexiglas).

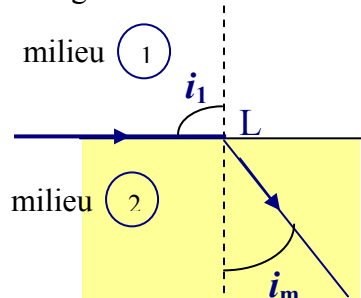


Pour l'air l'indice de réfraction est  $n_1 = 1$ , d'après les résultats précédents  $\frac{n_2}{n_1} \approx 1,5$  ; donc

l'indice de réfraction du Plexiglas est  $n_2 \approx 1,5$ .

Si on représente  $i_2$  en fonction de  $i_1$  ; on constate que l'angle  $i_2$  tend vers une valeur limite, lorsque  $i_1$  se rapproche de  $90^\circ$ .

L'angle limite de réfraction  $i_m$  s'obtient pour une incidence rasante ( $i_1 = 90^\circ$ ).



Pour le cas particulier de notre expérience :  $n_1 = 1$ ,  $n_2 = 1,5$  et  $i_1 = 90^\circ$

$$1 \times \sin(90^\circ) = 1,5 \times \sin(i_m)$$

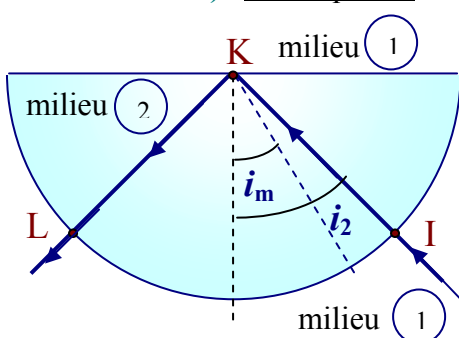
$$\sin(i_m) = \frac{1}{1,5} \Rightarrow i_m = 42^\circ$$

Dans le cas général où  $n_1 < n_2$ , on obtient :

$$n_1 \times \sin(90^\circ) = n_2 \times \sin(i_m) , \quad \text{donc}$$

$$\sin(i_m) = \frac{n_1}{n_2}$$

e) Conséquence :



Faisons pénétrer le rayon incident par l'arrière du demi-cercle de Plexiglas.

- En I et en L le rayon lumineux n'est pas dévié, car IK et IL sont rayons du cercle (perpendiculaires à la tangente). C'est une « incidence normale » donc pas de déviation.
- En K le rayon incident fait un angle  $i_2 > i_m$  ; le rayon est réfléchi.

Lorsque l'on passe d'un milieu plus réfringent vers un milieu moins réfringent  $n_2 > n_1$  ; et que l'angle d'incidence  $i_2 > i_m$  ; on obtient alors le phénomène de *réflexion totale*.

Prévision algébrique du phénomène de réflexion totale :

À partir de l'expérience précédente ( rayon lumineux passe du milieu 2 au milieu 1), que peut-on conjecturer lorsque  $i_2 = 60^\circ$  ;  $n_2 = 1,5$  et  $n_1 = 1$  ?

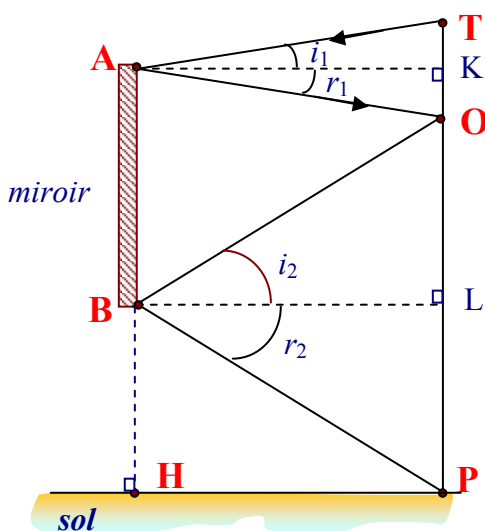
Appliquons la seconde loi de la réfraction :  $n_1 \times \sin(i_1) = n_2 \times \sin(i_2) \Rightarrow \sin(i_1) = \frac{n_2}{n_1} \times \sin(i_2)$

Application numérique :  $\sin(i_1) = \frac{3}{2} \times \frac{\sqrt{3}}{2} \approx 1,3 > 1 \Rightarrow$  pas de solution

Car pour tout  $x$ ,  $-1 \leq \sin(x) \leq +1$  , on en conclut que le rayon ne peut passer dans le milieu 1 ce qui implique que le rayon est réfléchi à la surface de séparation.

Application industrielle : La fibre optique (voir exercice d'application)

### III/ RETOUR À LA PROBLÉMATIQUE DU MIROIR



Soit un miroir vertical de longueur AB, accroché à une hauteur BH du sol, et un enfant debout.

T = sommet de la tête de l'enfant, O = œil de l'enfant, P = pieds de l'enfant, (AH) normale au miroir au point A et (BL) normale au miroir au point B

On considère un rayon lumineux (TA) qui est émis par le sommet de la tête de l'enfant, et le rayon réfléchi (AO) qui arrive à l'œil de l'enfant.

Loi de la réflexion :  $i_1 = r_1$

Donc dans le triangle TAO la hauteur (AK) est aussi bissectrice. TAO est donc un triangle isocèle. (AK) est aussi

médiane et médiatrice donc  $KO = \frac{TO}{2}$

On considère un rayon lumineux (PB) qui est émis par les pieds de l'enfant, et le rayon réfléchi (BO) qui arrive à l'œil de l'enfant.

Loi de la réflexion :  $i_2 = r_2$

On utilise le même raisonnement que précédemment, on aboutit à la conclusion que le triangle

PBO est isocèle et que  $LO = \frac{PO}{2}$  , en conclusion :  $LK = \frac{TP}{2}$  De plus le quadrilatère ABKL

est un parallélogramme { (AB) // (KL) et (AK)//(BL)} et c'est un rectangle car (AK)⊥(AB) et (BL) ⊥ (AB) ⇒  $AB = KL$

En conclusion  $AB = \frac{TP}{2}$  , la grandeur du miroir doit être égale, au moins, à la moitié de la taille de l'enfant; pour qu'il puisse se voir entièrement. [AB] est indépendant de la distance entre l'enfant et le miroir. **L'enfant a, à priori, raison.**

Par-contre, il apparaît une 2<sup>o</sup> condition : Le miroir doit être à une hauteur telle  $BH = \frac{OP}{2}$  ,

donc il est possible que le miroir soit mal positionné en hauteur.

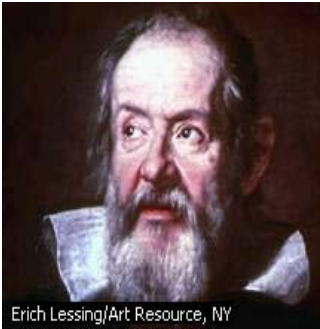
## NATURE & PROPAGATION DE LA LUMIÈRE

### Différentes mesures de la vitesse $c$ de la lumière

#### I- Activités : mesures de la vitesse de la lumière :

La valeur de  $c$  admise, actuellement, est de  $3 \cdot 10^8$  m/s

#### Le premier essai de mesure (début XVII):

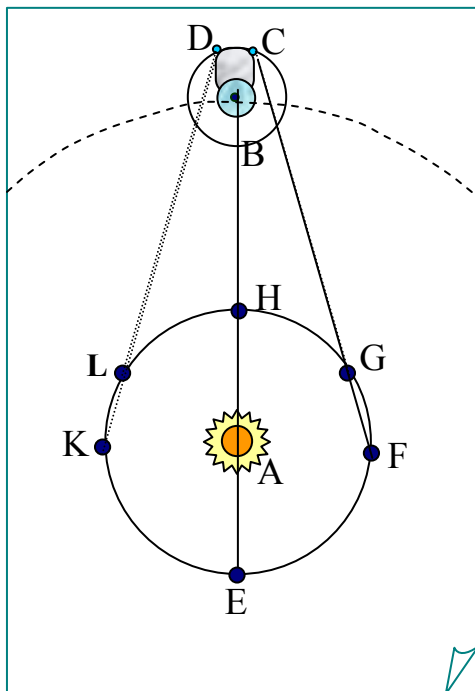


La tentative de la première mesure de la vitesse de la lumière date du début du XVII<sup>e</sup> siècle. Elle a été réalisée par GALILÉE : en utilisant des lanternes, munies de cache-lumière, distantes de quelques kilomètres. Cette expérience ne donna pas de résultat tangible ; la valeur mesurée du temps restait sensiblement la même lorsque la distance entre les deux lanternes variait. Connaissant  $c$ , maintenant, on réalise que la méthode de mesure du temps ainsi mise en œuvre est totalement inadaptée à la très faible valeur du temps à mesurer. Néanmoins, Galilée a tout de même écrit : “ Si la propagation n’est pas instantanée, elle est extraordinairement rapide. ”

Question 1 : Sachant que  $c = 3 \cdot 10^5$  km/s, et que la distance séparant les deux lanternes est de 6 km. Déterminer l’intervalle de temps  $\Delta t$ , que met la lumière pour faire un aller-retour

Question 2 : Cet intervalle de temps est-il discernable pour un observateur humain ?

#### La mesure de RÖMER (1676) :



Soit **A** le soleil, **B** Jupiter, **C** le premier satellite qui entre dans l'ombre de Jupiter pour en sortir en **D**, et soit **E**, **F**, **G**, **H**, **K**, **L**, la Terre placée à diverses distances de Jupiter. Or supposé que la terre étant en **L** vers la seconde quadrature de Jupiter, ait vu le premier satellite, lors de son émergence ou sortie de l'ombre en **D** ; et qu'ensuite, environ 42 heures et demie après, savoir après une révolution de ce satellite, la terre se trouvant en **K**, le voit de retour en **D** : il est manifeste que si la lumière demande du temps pour traverser l'intervalle **LK**, le satellite sera vu plus tard de retour en **D**, qu'il n'aurait été si la terre était demeurée en **L** ; de sorte que la révolution de ce satellite, ainsi observé par les émergences, sera retardée d'autant de temps que la lumière en aura employé à passer de **L** en **K**, et qu'au contraire dans l'autre quadrature **FG**, où la terre en s'approchant, va au devant de la lumière, les révolutions des immersions paraîtront autant raccourcies que celles des émergences.

Extrait du rapport de Rômer, Journal des sçavans  
Lundy 7 décembre 1676 (page 234)

Jupiter et ses satellites Io et Europe ont été découverts par Galilée. Dans le texte ci-dessus, le satellite cité est Io.

À partir de cette méthode, **Ole Römer** astronome danois (1644-1710) détermine une mesure de  $c$  tel que :  $c \approx 212\,000$  km/s

## PARTIE -I

- Utiliser un dictionnaire afin de déterminer la signification des mots : quadrature, émerison, immersion et révolution.
- Préciser, sur le schéma, le sens de rotation des différents astres

## PARTIE II : Expressions des longueurs de l'arc LK et du segment [LK]

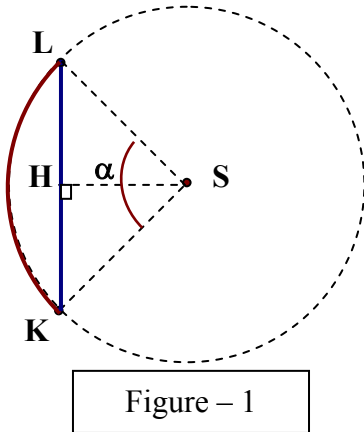


Figure – 1

La figure – 1 représente la révolution de la terre autour du soleil S (les échelles ne sont pas respectées). On suppose que l'orbite de la terre autour du soleil est circulaire. Pour une période de révolution  $T = 365,25$  Jours, la terre a parcouru un angle de  $360^\circ$  ; et pour un intervalle de temps  $T_0$  ( la terre allant de L à K), cela correspond à un angle  $\alpha$ .

- Déterminer  $\alpha$ , en fonction de T et  $T_0$  .
- De la même manière, pour un angle de  $360^\circ$  la terre parcourt la circonférence C de rayon D (distance SL ou SK ). Pour un angle  $\alpha$ , elle parcourt l'arc LK.

Exprimer LK en fonction de  $\alpha$  et D. En déduire LK en fonction de D, T et  $T_0$

- Quelle est la nature du triangle SLK ?
- Sachant que SH est la hauteur issue de S.
  - Quelles sont les autres natures de SH ?
  - quelle est la nature du triangle SHL ?
  - À partir des relations trigonométriques, déterminer LH en fonction de D et  $\alpha$ .
  - En déduire LK en fonction de D et  $\alpha$ , et par la suite en fonction de D, T et  $T_0$ .

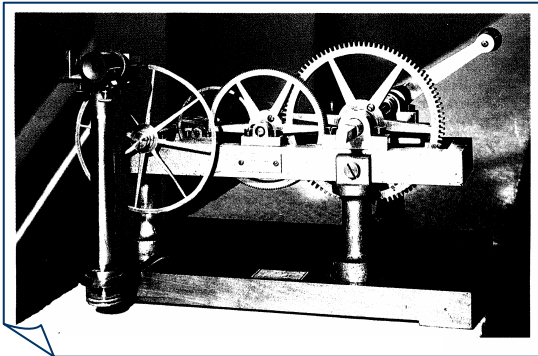
## PARTIE III : Expression de la vitesse de la lumière selon Römer

On suppose qu'à l'origine des dates ( $t = 0$ ), la terre est en L et on assiste à l'émerison de Io de l'ombre de Jupiter. La seconde émerison observée est au bout de  $n$  périodes de révolution de Io autour de Jupiter. L'intervalle de temps qui s'est écoulé entre les 2 émerisons observées est  $T_0$ .

- Exprimer l'instant  $T_0$  en fonction de  $T_1$ ,  $n$  et  $\Delta t$ . la terre étant en K, on observe l'émerison suivante de Io de l'ombre de Jupiter (sachant que la lumière aura à parcourir une distance plus grande, occasionnant un retard  $\Delta t$ , et que  $T_1$  est la période de révolution de Io autour de Jupiter).
- Si on suppose que la lumière aura à parcourir, pour la seconde émerison, une distance supplémentaire LK. Afin que l'approximation  $LK \approx LK$  soit cohérente, il est nécessaire de considérer une seule révolution du satellite Io ( $n = 1$ ) . En prenant les valeurs actuelles de  $c$  et  $D = 1,5 \cdot 10^8$  km et celle de  $T_1$  exprimée dans le texte de Römer, déterminer la valeur de l'arc LK; en déduire le retard  $\Delta t$  de la seconde émerison. Que peut-on conclure ?
- Si on veut éviter la mesure de l'arc et utiliser une mesure (simple) de corde, il faut supposer que la terre est en H à la première émerison et en E à la seconde émerison (au bout de  $n$  révolutions de Io) . En prenant la valeur  $c$  de Römer, sachant que la lumière a parcouru HE, occasionnant un retard  $\Delta t = 16$  mn , déterminer la valeur  $D_0$  (distance Terre-Soleil) qui était utilisée en 1676. Que peut-on conclure ?

### La mesure de FIZEAU (1849) :

Hippolyte Fizeau (1819-1896), physicien français, réalisa la première mesure terrestre de la vitesse de la lumière.

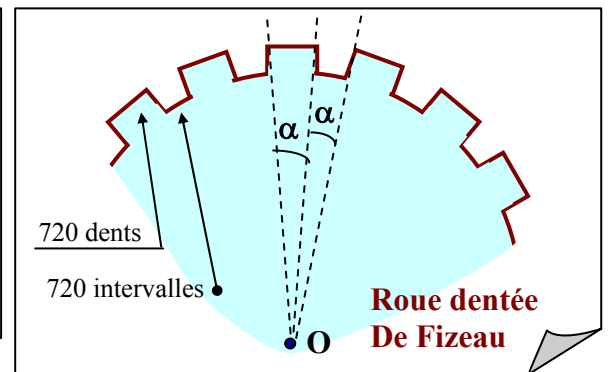
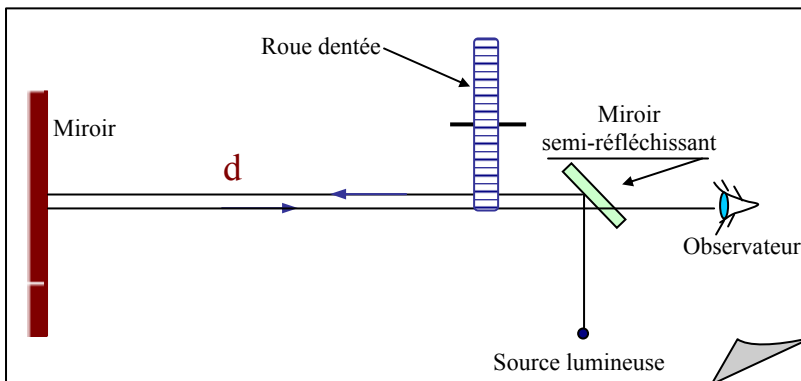


1-La roue dentée de Fizeau (Palais de la découverte)

En utilisant une roue dentée (fig – 1), dans un dispositif représenté dans la figure – 2 (fabriquée par Gustave Froment) : La lumière émise par la source, est réfléchi par la lame. Le rayon lumineux passe par un creux de la roue dentée, parcourt la distance  $d$ , est réfléchi par le miroir revient vers l'observateur en passant par un creux de la roue dentée.

Fizeau effectua ses expériences entre Montmartre et le mont Valérien à Suresnes distants de **8,600 km** ; il trouva finalement une valeur de **315 000 km/s**.

1. Déterminer l'erreur de la mesure de Fizeau, par rapport à la valeur admise.
2. En déduire la précision de cette mesure.



3. Exprimer la durée  $\Delta t_1$  du trajet aller-retour de la lumière en fonction de sa vitesse  $c$  et de la distance  $d$ .
4. La roue dentée comportait 720 échancrures et 720 dents. Quelle est sur cette roue dentée, la valeur de l'angle  $\alpha$  correspondant à une échancrure (ou une dent).
5. La lumière, au retour, était arrêtée par une dent si la roue tournait à 12,7 tours par seconde (celle-ci étant la plus petite vitesse où le rayon lumineux n'est pas observable). Quelle était la durée  $\Delta t_2$  d'une rotation d'un angle  $\alpha$  de cette roue ?
6. Les durées  $\Delta t_1$  et  $\Delta t_2$  sont égales ; en déduire une valeur de la vitesse de la lumière

### Autres mesures :

- ❑ Le physicien français Léon Foucault en 1862, remplaça la roue dentée de Fizeau par un miroir tournant.
- ❑ Le physicien américain Albert Michelson améliora le dispositif de Foucault et parvint, en 1927 à la valeur :  $c \approx 299\,800 \text{ km/s}$
- ❑ La valeur admise depuis 1972 est :  $c = (299\,792\,458 \pm 1,2) \text{ m/s}$ . Elle résulte des mesures de la fréquence et la longueur d'onde d'un laser.

## II- Sources lumineuses :

Les objets qui émettent de la lumière sont des sources lumineuses.

### A) Sources primaires :

On appelle sources primaires, les objets qui produisent de la lumière.

→ Sources primaires naturelles

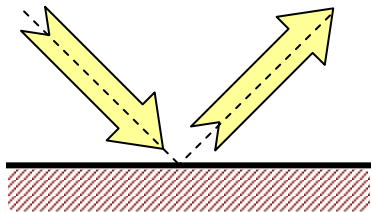
- ✓ Soleil, étoiles
- ✓ Le feu, bougie (réaction chimique vive)
- ✓ La lave

→ Sources primaires artificielles

- ✓ Néon, ampoule à incandescence,
- ✓ Laser.

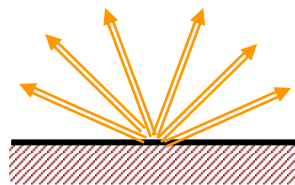
### B) Sources secondaires :

Les sources secondaires sont des corps qui émettent de la lumière, lorsqu'ils sont éclairés.



#### Réflexion

Miroir, Cataphote ...



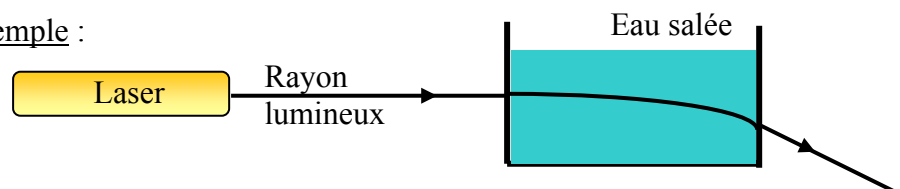
#### Diffusion

Planète, Ciel, Papier ...

## III- Propagation de la lumière

- ❖ Tout milieu homogène est ISOTROPE (mêmes propriétés de l'espace, dans toutes les directions); ce qui implique qu'une source lumineuse émet de la lumière dans toutes les directions.
- ❖ La lumière se propage en ligne droite, dans un milieu homogène et transparent. Les rayons lumineux sont représentés par des droites.

Contre – exemple :



L'eau salée est un milieu non homogène transparent, le rayon lumineux ne se propage pas en ligne droite. Explication des mirages : la température des différentes couches d'air n'est pas constante, l'air devient un milieu transparent non-homogène.

## IV- Indice de réfraction

La lumière ne se propage pas à la même vitesse dans des milieux transparents différents; dans le vide (ou l'air)  $C_0 = 3 \cdot 10^8$  m/s et dans un autre milieu transparent  $C_1$ .

L'indice de réfraction ( $n$ ) d'un milieu transparent est le rapport des vitesses de la lumière dans le vide et dans le milieu.

$$n = \frac{C_0}{C_1} \quad \text{avec } C_1 < C_0$$



## Problématique et démarche scientifique et/ou expérimentale

Dans cette approche pédagogique, introduire un concept par un « problème » à résoudre donne un sens à l'apprentissage, et un « alibi » (ou une caution) à l'enseignant qui doit devancer la question « *à quoi, cela sert-il ?* ». Par contre, il n'est pas certain que la situation - problème ou l'activité préliminaire permette un ancrage durable du concept. Une des causes de cette difficulté (ou obstacle) est que l'élève associe le concept uniquement à l'activité (ou l'exemple<sup>(3)</sup> pour l'élève) ce qui ne lui permet pas de généraliser.

La problématique peut être issue, principalement, de trois champs :

- Domaine purement scolaire, exemples : résoudre telle équation du second degré<sup>(3)</sup>, vérifier expérimentalement les relations  $P = m.g$  et  $F_r = k.\Delta l$ .
- Champ de la pratique professionnelle<sup>(4)</sup>, exemple : introduction de la notion de champ magnétique créé par un solénoïde à partir d'un limiteur de pression à commande proportionnelle (BAC MSMA).
- Champ de la pratique quotidienne, exemple : la situation problème utilisée pour l'optique, une situation dessinée dans un ouvrage de Tintin (Théorème des moments).

Il est difficile de dire que tel champ aura plus d'impact qu'un autre sur l'apprentissage de l'élève ; par contre la diversité d'approche des concepts peut permettre à l'élève une vision plus générale et une curiosité plus grande vis à vis de son environnement. Néanmoins, introduire un concept de sciences par une activité issue de la pratique quotidienne, et le réinvestir ensuite dans une situation issue de la pratique professionnelle (applications technologiques) nous semble plus conforme aux objectifs de *l'enseignement général* qui, entre autres, est de trouver une intersection entre le territoire de la pratique quotidienne et celui de la formation professionnelle<sup>(5)</sup>.

Les deux situations – problèmes sont inspirées de « *La physique de tous les jours* »<sup>(6)</sup> de Istvan Berkes pour le phénomène de réflexion et « *Méga expériences* »<sup>(7)</sup> pour la réfraction ; le matériel nécessaire reste simple : miroir pour la réflexion et une pièce de monnaie et un verre d'eau pour la réfraction. Cette seconde expérience est connue depuis l'antiquité. La simplicité des expériences permet de situer ces concepts dans la pratique quotidienne des apprenants ; l'objectif de l'enseignant est d'inciter ces élèves à modéliser une situation et à élaborer un protocole expérimental.

Afin d'initier les élèves à une démarche scientifique, les textes et les recommandations préconisent d'utiliser la *méthode active*. Mais comme l'explique A. Giordan<sup>(8)</sup>, celle-ci ne doit pas impliquer une « théorie sensualiste » de l'exploration du réel, s'appuyant sur un empirisme dogmatique et une conception « positiviste » de la méthode expérimentale. Cette *méthode active* doit s'articuler autour de deux axes « investigation – structuration ».

La question qui se pose d'emblée est : *Comment se définit une démarche scientifique et/ou expérimentale ?*

À travers la vision de certains scientifiques, philosophes et didacticiens, nous allons tenter d'élaborer une définition.

Selon H. Poincaré<sup>(9)</sup>, la science ne peut pas être qu'observations ; la démarche expérimentale n'est pas une accumulation de mesures ou de faits isolés, elle permet de prévoir donc une généralisation, et toute généralisation est une hypothèse soumise à la vérification. W. Einsenberg<sup>(10)</sup> pense que la méthode scientifique, qui choisit, explique et ordonne, admet des limites qui lui sont imposées par le fait que l'emploi de la méthode transforme son objet ; et que, par conséquent, la méthode ne peut plus se séparer de son objet. Cela signifie que la démarche scientifique permet une accommodation de la pensée et de la méthode, lors de son interaction avec l'objet d'étude. D'après Einstein et Infeld<sup>(11)</sup>, la démarche scientifique s'apparente à une investigation policière, avec le recueil de certains indices et l'abandon de certains autres ; avec un temps à la réflexion (abstraction pure) et un retour à l'enquête



lorsqu'une issue (loi ou concept) semble apparaître. L'objectif est de "rassembler les faits chaotiques qui lui sont accessibles et de les rendre cohérents et intelligibles par la pensée créatrice". R. Feynman<sup>(12)</sup> définit la science et la démarche scientifique comme un perpétuel doute qui induit un questionnement et que le nom (définition ou loi) d'un objet (ou phénomène) n'est pas l'objet lui-même, que "la science est la croyance en l'ignorance des experts... Je suis bien décidé à explorer le monde sans en avoir de définition".

Cette vision de la démarche scientifique et/ou expérimentale qui, nécessairement, lie la démarche à l'objet d'étude; nous permet de dire qu'il n'existe pas UNE MÉTHODE scientifique unique et préétablie, mais qu'elle est multiple. De plus, la démarche ou la pensée scientifique est rattachée à un *paradigme*, comme le souligne T. Kuhn<sup>(13)</sup>, et que la nécessité de révolution scientifique est conditionnée par un changement de paradigme. L'évolution de la pensée scientifique le montre: nous sommes passés d'un déterminisme absolu à une pensée probabiliste relative.

La définition de la méthode scientifique pour des chercheurs s'applique, avec quelques variantes, sur l'apprentissage des sciences expérimentales en classe. En cela, la démarche expérimentale (scientifique) n'est pas construite sur un moule; mais elle se décline sur plusieurs modes, selon le concept étudié et la discipline enseignée. Dans certains concepts, on insiste plus sur la modélisation (passage de la situation quotidienne à une situation expérimentale quantifiable); sur d'autres notions on insistera sur l'invariant et sur la qualité des mesures... selon les prérequis nécessaires.

Dans les situations d'apprentissages, l'initiation à la démarche scientifique et/ou expérimentale, selon A. Giordan<sup>(14)</sup>, gravite autour de trois paramètres:

- Questions (Situation – Problème)
- Hypothèses (Conjectures ou lois)
- Argumentations (Expériences)

Avec des interférences et des aller – retour entre ces trois paramètres. Cette démarche s'intègre dans le modèle *allostérique* d'apprentissage élaboré par A. Giordan et G. De Vecchi<sup>(15)(16)</sup>

De même, D. Gil – Perez<sup>(17)</sup> développe une stratégie d'enseignement pour un apprentissage par la recherche en quatre points; qui se résume ainsi:

- Situation – Problème
- Étude qualitative
- Organisation du traitement scientifique du problème
- Maniement réitéré des concepts nouveaux dans des situations diverses

L'inconvénient de cette stratégie est la linéarité de la démarche, sans des retours successifs, mais cet inconvénient est parfois imposé par des contraintes scolaires (emploi du temps, référentiels à respecter, maturité scientifique et intérêt des élèves...). Néanmoins, nous sommes en accord avec lui lorsqu'il insiste sur le fait qu'un changement conceptuel est conditionné par des changements méthodologiques et épistémologiques (de la part de l'élève et de l'enseignant); et que le principal défaut de l'enseignement des sciences est celui d'être centré sur des savoirs déclaratifs (les "quoi") en négligeant les connaissances procédurales (les "comment").

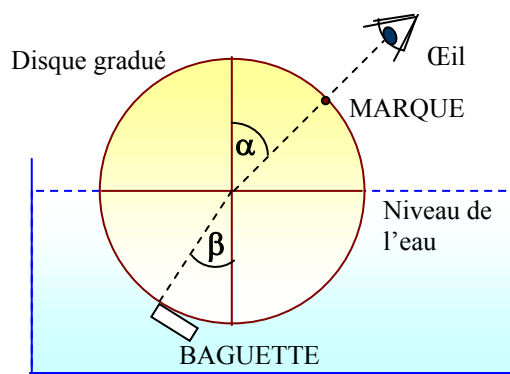
En conclusion, la définition, si on peut en donner une, d'une démarche scientifique dans l'enseignement des sciences serait la suivante:

Problématique – Conjectures – Questionnements – Modélisation des faits – Mise en relation avec un modèle expérimental – Validation (élaboration) des lois et concepts – Retour à la problématique – Questionnement sur les paramètres mis en évidence ou ceux négligés – Nouvelles hypothèses.

Cette définition d'une méthode scientifique et/ou expérimentale est idéalisée. Elle est difficile à mettre en œuvre dans un cadre scolaire classique.

### Approche historique des concepts d'optique géométrique <sup>(18) (19) (20)</sup>

Les phénomènes d'optique géométrique sont connus depuis l'antiquité. Dans la science grecque, les phénomènes de réflexion et réfraction étaient déjà étudiés. On accorde à Archimède (287 – 212 avant J. C.) la fabrication de miroir concave, afin de concentrer les rayons lumineux par réflexion, et un traité d'optique. L'expérience du verre d'eau et de l'eau (réfraction) était connue dès cette période. Ptolémée (100 – 170 ) définit les principes fondamentaux de la réflexion ; il construisit un appareillage (voir figure) et élabora une



méthode de mesure des angles d'incidence et de réfraction , décrit dans le livre V de l'*Almageste*. Cette méthode consiste, après avoir aligné la marque et le centre du disque gradué, à déplacer une baguette dans l'eau jusqu'à ce qu'elle soit visible. Cette méthode lui permet d'énoncer sa loi générale :  $\beta = a.\alpha - b.\alpha^2$  ( où a et b sont des paramètres qui dépendent des milieux étudiés).

Cependant il a "corrigé" quelques mesures expérimentales, qui ne cadraient pas avec sa loi. Ce qui confirme que dans la science grecque (antique) l'expérimentation est considérée comme une attitude mineure. Elle est subordonnée à la théorie. De plus, Ptolémée considérait, comme ses prédécesseurs, que la lumière était issue de l'œil et non comme une entité physique indépendante.

En Chine (vers 300 avant J. C.), les mohistes avaient déjà réalisé des expériences sur l'optique. Ils savaient que l'image d'un objet lointain s'inverse, lorsque la lumière traverse une fente. Ils avaient défini la notion d'image "virtuelle" et d'image "réelle", et savaient que la lumière se propage en ligne droite.

Mais on pense que les développements de ces sciences (grecque et chinoise) étaient indépendants.

Au XI<sup>e</sup> siècle, Ibn El-Haytem (Alhazen) s'illustra par ses travaux sur l'optique géométrique et sur la lumière. Il énonce que la lumière est une chose émise par toutes les sources auto-lumineuses d'où il définit une "émission primaire" : dans sa théorie de la réflexion sur les surfaces polies, il montre que celles-ci ne *reçoivent* pas la lumière de l'œil mais qu'elles la renvoient instantanément. Il envisage aussi la notion "d'émission secondaire" d'objet opaque, mais de plus faible intensité ; ce qui rejoint le concept d'onde secondaire de C. Huygens. Il émet l'hypothèse de l'isotropie de l'espace pour la lumière : la lumière émanant d'une source est émise "en forme de sphère" dans toutes les directions. Il représente de manière physique le rayon lumineux et sa propagation en ligne droite. Il émet l'hypothèse que la réfraction est due à des rayons lumineux qui se propagent à des vitesses différentes dans les matériaux transparents. L'apport de Ibn El-Haytem est son approche des sciences physiques, il met en relation les mathématiques et l'expérimentation comme deux éléments essentiels d'une conceptualisation.

Au XIII<sup>e</sup> siècle R. Grosseteste et R. Bacon deux scientifiques anglais ont travaillé sur les phénomènes d'optique géométrique guidés, entre autres, par les ouvrages traduits de Ibn El-Haytem. Ces ouvrages trouvèrent une plus grande audience à la fin du XIII<sup>e</sup> siècle par l'invention des lunettes correctrices ; d'autres écrits ont vu le jour : celui de John Pecham et *Perspectiva* de Witelo. D'autres ouvrages sur l'optique furent publiés, *Photismi de lumine et*

*umbra* en 1567 par Francesco Maurolico, *Magia naturalis* en 1558 et *De réfractione* en 1593 par Giambattista della Porta.

En fait on considère, J. Kepler comme l'initiateur de l'optique géométrique au XVII<sup>e</sup> siècle. Il énonça la première loi de la réfraction (petits angles) :  $i = n \times r$ . Par la suite Snell (1625) et Descartes (1637) établirent la loi de la réfraction enseignée de nos jours.

P. de Fermat, un des détracteurs de la loi de Descartes, définit l'indice de réfraction (1662) comme étant le rapport des vitesses de la lumière dans les deux milieux ; Il posa le principe suivant "*La nature agit toujours par les voies les plus courtes*" analogue au principe de moindre action de Maupertuis. Il sous-entend que la propagation de la lumière ne se fait pas instantanément, à l'opposé de la pensée de Descartes. En 1676 Römer mesura la vitesse de la lumière.

### Obstacles épistémologiques et conflits socio-cognitif

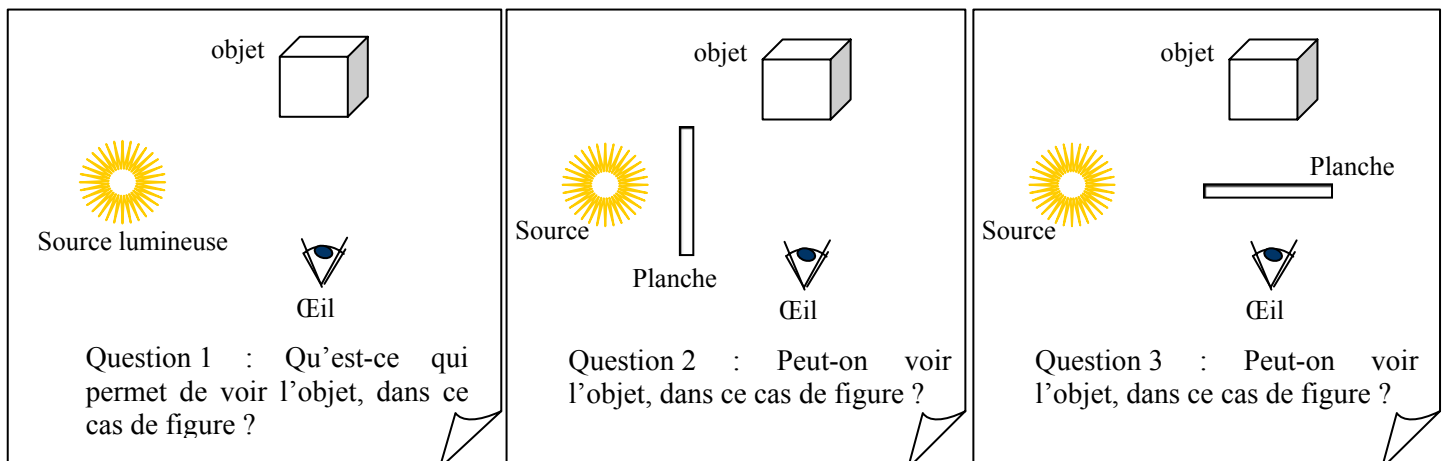
Les objectifs de l'enseignant et de l'élève dans l'apprentissage ne se situent pas sur le même plan :

- ✓ L'enseignant tend à privilégier la démarche, et l'appropriation du concept en tant qu'abstraction.
- ✓ L'élève recherche la méthode "algorithmique" qui lui permet de résoudre les exercices comme l'explique A. Tiberghien<sup>(21)</sup>. La nécessité de fournir une "bonne" réponse peut amener les apprenants à s'écarter de la signification des connaissances pour utiliser, seulement, les règles de fonctionnement de l'école.

Dans ce contexte, l'élève évitera d'intervenir dans un débat s'il n'est pas certain de la justesse de ses réponses. Le statut de l'erreur à l'école est, quasiment, pénal : l'erreur est souvent suivie de sanction. Donc il s'agit toujours, pour l'enseignant, de clarifier sa démarche et ses objectifs ; allant même jusqu'à quantifier, dans ses évaluations, la démarche de l'élève. C'est ici que se situe le premier conflit socio-cognitif ; entre la représentation de l'apprentissage de l'élève et celui de l'enseignant.

Les obstacles épistémologiques liés à la conception de la lumière sont issus de présuppositions matérialistes (Reiner, Chi et Resnick ; Reiner et Finegold 1987) : la lumière est composée de particules qui peuvent générer un mouvement, de la chaleur par friction ; le mouvement de la lumière ralentit puis se meurt. On retrouve ces suppositions dans des phrases d'élèves telle que : « L'eau et la lumière font une réaction... » ; ce qui donne une vision mécaniste du phénomène comme le suppose I. Newton dans son traité d'optique.

L'hypothèse que la lumière est issue de l'œil, lors de la vision, reste un obstacle difficile à franchir. Cette représentation de la lumière par les penseurs grecs jusqu'à Descartes, reproduite par les apprenants a été étudiée par C. Pratt<sup>(22)</sup>. Il aurait été intéressant de débiter la situation – problème par ces questions



Nous aurions pu ainsi obtenir une “ cartographie ” de la représentation des apprenants du concept de lumière. Mais cette dernière n’aurait pu se faire qu’a posteriori, en dépouillant et en analysant les réponses des élèves. Néanmoins en analysant les réponses des élèves au problème du miroir, on peut supposer que la liaison lumière – vision est implicite. Cette liaison s’est retrouvée dans le débat lors de l’hésitation des élèves sur le fait que l’on éteigne la lumière (le chat de Descartes).

La pratique quotidienne de la vision (image d’un objet se formant sur la rétine à travers le cristallin) conduit à assimiler ce phénomène à celui de la réflexion ; ce qui implique la réponse des élèves au problème du miroir : *plus on s’éloigne d’un miroir, plus l’image s’élargit* (zoom arrière). Une remarque sur les difficultés à surmonter ce genre d’obstacle issu de la pratique quotidienne : pour convaincre un élève, qui avait des doutes sur la justesse de la réponse du fils, nous avons fait l’expérience en positionnant le miroir et demandé à l’élève de décrire son reflet ; nous avons reculé le miroir, l’élève a constaté qu’il voyait dans le miroir toujours la même partie de son corps ; mais il conclut “ *c’est quand même le père qui a raison...* ”. Je ne pense pas que la difficulté psychologique de s’opposer à “ l’autorité du père ” en soit l’origine ; mais qui sait ... De même lors du sondage dans la seconde discussion, la moitié de la classe considère que le père a raison. Dans ce genre de situation, le sentiment de l’enseignant d’être totalement démuné et impuissant, peut pousser au découragement ; mais aussi à diagnostiquer les origines des obstacles (celles qui découlent de la pratique de l’enseignant, et celles qui sont épistémologiques) afin de tenter d’y remédier.

Lors du premier débat, cinq réponses sur vingt-deux précisent la position (décalée) du miroir par rapport au texte, sans justifier cette nécessité. Au cours du second débat, la position des yeux de l’observateur est devenue un paramètre important dans l’étude ; ce qui a permis aux élèves de sérier les éléments les plus importants du problème :

- L’objet,
- Le miroir,
- Les yeux de l’observateur.

Les rayons lumineux sont le lien entre ces trois invariants de la problématique ; d’ailleurs la modélisation (voir schéma dans la discussion - conclusions) de la situation-problème réalisée par les élèves l’illustre parfaitement.

La manière d’exposer une situation-problème peut induire des déviations, si l’on n’est pas vigilant sur le choix des mots et des schémas. L’inclinaison du miroir dans le problème de la réflexion a été un élément perturbateur pour deux élèves. Ils ont fait intervenir ce paramètre comme une hypothèse dans la problématique, alors que le schéma n’était qu’une illustration. La difficulté de généralisation, donc d’abstraction du problème, devient une source d’obstacle qui ne permet pas de dépasser “ l’exemple ”.

Si on considère les réponses écrites des élèves sur le problème du miroir ; on constate que deux élèves ont donné raison au fils, en justifiant leurs réponses (... *il recule, il verra une partie en plus de son corps, mais il ne verra plus sa tête*). Cependant ces deux élèves ne sont pas intervenus dans le débat pour défendre leur position ; ce qui nous ramène aux notions de composantes privée et publique du travail de l’élève, difficiles à délimiter. Ceci constitue un obstacle pour l’enseignant dans les choix des stratégies à adopter ; une des possibilités (manquées) aurait été de demander à quelques élèves de lire leurs réponses écrites, lors du premier débat ; afin d’instaurer des conflits socio-cognitifs entre les représentations des élèves.

L'aspect positif de ce premier débat se retrouve dans les réponses écrites au problème de réfraction, posé par la suite.

- ... l'eau qui doit courber la lumière.
- L'eau change l'angle de vue.
- La lumière est déviée de sa trajectoire grâce à l'eau
- ... l'eau et la lumière font une réaction ...

On constate que les élèves font intervenir les notions de lumière et de sa trajectoire (rayon lumineux ?) dans ce phénomène ; l'apport d'un second milieu (l'eau) est mis en évidence ; même si la dernière réponse présente un aspect animiste ou mécaniste, selon le sens que l'on donne au mot " réaction ".

L'approche historique de la mesure de la vitesse de la lumière <sup>(23)</sup> <sup>(24)</sup> (Galilée, Römer et Fizeau) a suscité de l'intérêt, de la part des apprenants car elle est en liaison avec le projet de frise chronologique, sur l'évolution des sciences et techniques, réalisée en module par l'équipe pédagogique (électronique, lettre-histoire, arts appliqués et math. sciences). Afin de mettre en évidence la transdisciplinarité des connaissances et la notion de trame conceptuelle. Les méthodes de mesure de Galilée et Römer ont été des activités préliminaires aux notions de lumière, source lumineuse, rayon lumineux et indice de réfraction. La méthode de mesure de Fizeau sera étudiée dans le chapitre " Mouvement circulaire uniforme ".

## Conclusion

Ce genre d'approche pédagogique et didactique, qui permet l'interaction entre l'élève et une problématique, peut impliquer un intérêt nouveau pour l'apprenant. Cet intérêt doit être souvent suscité car l'élève, dans le système scolaire, subit plus qu'il ne participe. Ceci est une réalité : l'élève n'intervient ni dans le choix des horaires, ni dans celui des disciplines et encore moins dans le contenu des disciplines enseignées. Cependant, l'approche pédagogique constructiviste peut être inefficace dans certaines classes où " l'inertie " est trop importante et/ou la démarche de l'équipe pédagogique est autre. Dans cette situation les stratégies ouvertes deviennent nuisibles et incomprises par l'élève, qui les subit une fois de plus. Il est donc nécessaire de moduler les stratégies en fonction du public et des " cultures scolaires ".

Il apparaît, dans cette analyse, que l'initiation à la démarche scientifique et/ou expérimentale reste une problématique difficile à résoudre pour l'enseignant ; car celle-ci est souvent tributaire de la vision de l'enseignant et non de celle de l'élève. La démarche scientifique peut être modélisée ; mais comme tous les modèles cela se traduit par un " **appauvrissement** " de la réalité. Par contre il en ressort que les représentations et les obstacles des élèves sont des constantes importantes dans notre démarche pédagogique. La nécessité de retour en arrière s'impose de manière systématique.

Le doute et l'esprit critique restent les éléments de base de la démarche scientifique ; comme l'exprime R. Feynman <sup>(12)</sup> : " *Parmi les disciplines enseignées, la science est la seule qui porte en elle cette leçon : il est dangereux de croire en l'infaillibilité des maîtres de la génération précédente* ".

CHERITI Zine Eddine  
Lycée Clément ADER (Tournan en Brie)

## BIBLIOGRAPHIE

- (1) « *Conceptions scientifiques* » A. Einstein . Ed. FLAMMARION 1990
- (2) « *Types de connaissances mises en œuvre par l'élève dans la détermination de la composante publique de son travail* » S. COPPÉ ; Différents types de savoirs et leur articulation.  
Ouvrage Collectif Ed. La pensée sauvage 1995
- (3) Cet obstacle de *l'exemple* sera détaillé dans un article ultérieur sur les obstacles en mathématiques
- (4) « *Exemple de travail pluridisciplinaire : les pertes de charges* » G. Becquet  
« *Exemples de séquences s'appuyant sur des situations professionnelles* » D. Trouillet, A. Fiquet et B. Jouin.  
Vecteur n°36 Ed CRDP
- (5) « *La notion de territoire, analyse des savoirs mis en jeu au sein d'une activité de TP à caractère industriel* » B. Pateyron. Différents types de savoirs et leur articulation.  
Ouvrage Collectif Ed. La pensée sauvage 1995
- (6) « *La physique de tous les jours* » I. Berkes ; Ed VUIBERT 1998
- (7) « *MEGA expériences* » Encyclopédie sous la direction de M.-O. Le Goff ; Ed Nathan 1995
- (8) « *L'élève et/ou la connaissance scientifique* » A. GIORDAN ; Approche didactique de la construction des concepts scientifiques par les élèves.  
Ouvrage Collectif Ed. Peter LANG Berne 1983
- (9) « *La science et l'hypothèse* » H. Poincaré ; Ed. Flammarion 1968
- (10) « *La nature dans la physique contemporaine* » W. Einsenberg ; Ed. Gallimard 1962
- (11) « *L'évolution des idées en physique* » A. Einstein, I. Infeld ; Ed. Flammarion 1983
- (12) « *La nature de la physique* » R. Feynman ; Ed. du seuil 1980
- (13) « *La structure des révolutions scientifiques* » T. Kuhn ; Ed. Flammarion 1998.
- (14) « *Une didactique pour les sciences expérimentales* » A. Giordan ; Ed. Belin 1999
- (15) « *Les origines du savoir, des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques* »  
A. Giordan, G. De Vecchi ; Ed. Delachaux & Niestlé 1987
- (16) « *Vers un modèle didactique d'apprentissage allostérique* » A. Giordan  
Construction des savoirs – Obstacles et Conflits C.I.R.A.D.E. 1989
- (17) « *Apprendre les sciences par une démarche de recherche scientifique* »  
D. Gil – Perez A.S.T.E.R. n°17 ; Ed. I.N.R.P.
- (18) « *Histoire mondiale des sciences* » C. Ronan ; Ed. du Seuil traduction française 1988.
- (19) « *Une histoire de la science grecque* » G. E. R. Loyd ; Ed. la découverte 1990.
- (20) « *Une petite histoire de la physique* » I. Desit – Ricard ; Ed. Ellipses 2001.
- (21) « *Phénomènes et situations matérielles : Quelles interprétations pour l'élève et le physicien* »  
Construction des savoirs – Obstacles et Conflits C.I.R.A.D.E. 1989
- (22) « *Conception des élèves du collège sur la lumière* » C. Pratt ; B.U.P. n° 710 janvier 89
- (23) « *Physique, Chimie 2<sup>de</sup>* » R. Gentric, R. Dahringer, M. Etienne ; Ed. HATIER 93
- (24) « *Physique 2<sup>de</sup>* » A. Pénigaud ; A. Tomasino ; Ed. NATHAN 93