

Situation professionnelle 2

Le changement conceptuel : Déstabilisation des conceptions des élèves à l'égard de la propagation de la lumière

Objectif de la séquence

On vise le dépassement des obstacles dans le raisonnement des élèves, obstacles dus à leurs conceptions. Autrement dit, on vise la déstabilisation didactique d'une conception « horizontale » de la propagation de la lumière chez des élèves du primaire et du collège.

Problématique :

Dans cette formation, on présente une séquence d'enseignement de l'optique géométrique. Des travaux qui ont été fait, sur les conceptions de la lumière et des effets qui lui sont associés chez des enfants de 8 à 15ans, ont montré que l'obstacle principal à l'acquisition de ces notions découle de la difficulté qu'éprouvent ces élèves à reconnaître la lumière en tant qu'entité autonome dans l'espace. Afin que l'élève s'engage activement dans une démarche de re-modélisation à partir de ces « théories en action » sur la propagation de la lumière dans l'espace, et afin qu'il puisse reconnaître la validité de ce qui lui est proposé à travers l'interaction de tutelle.

Hypothèse de la séquence :

On s'attend à ce que lors des deux post-tests, les élèves du groupe expérimental reconnaissent plus souvent que les élèves du groupe témoin, la propagation de la lumière, aussi bien du bas vers le haut que dans la direction opposée, du haut vers le bas. Par ailleurs, ces mêmes élèves du groupe expérimental devraient reconnaître plus fréquemment que ceux du groupe témoin la propagation rectiligne de la lumière dans les cas où celle-ci forme une ombre.

Méthode :

La procédure de ce travail, visait à conduire les élèves à un conflit cognitif par une intervention didactique dans deux directions :

- On a étudié les conceptions des élèves sur la trajectoire de la lumière, avant qu'ils en reçoivent un enseignement systématique à l'école ;
- On a organisé, dans la situation expérimentale, la procédure didactique de déstabilisation des conceptions des élèves.

Etapas de ce travail :

- Préparer des questions adéquates afin de faire émerger leurs conceptions des élèves.
- Adopter une approche constructiviste dans laquelle les apprenants jouent un rôle actif dans la réorganisation de leurs connaissances autour de la propagation de la lumière.
- Mener une interaction didactique conflictuelle afin de dépasser les obstacles dans le raisonnement des élèves basés sur leurs propres conceptions.

- Dans toutes les situations expérimentales étudiées, lister les progrès les plus marquants entre le pré-test et les post-tests au niveau de l'explication des phénomènes liés à la propagation de la lumière.

1. Dispositif et entretiens lors du pré-test et des post-tests

Situation 1: « On pose verticalement deux cartons de 17cm x 25cm sur des supports horizontaux stables de façon à ce qu'ils se trouvent à une distance de 12cm l'un de l'autre (Figure 1). Le premier de ces cartons comporte un orifice circulaire de 0.5cm à une hauteur de 17 cm de son point d'appui. À une distance de 8cm diagonalement et au-dessous de l'orifice on place une source lumineuse » (voir figure1 c'est dessus)

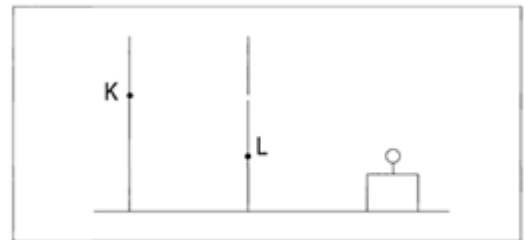


Figure 1 : Dispositif de la situation

Objectif : Etude des conceptions des sujets quant à la propagation de la lumière (prévoir de la trajectoire de la lumière)

Avant d'allumer la lampe, **On demande au sujet de prévoir si le deuxième carton va être éclairé lorsqu'on allumera la lampe.** Deux scénarii auront lieu :

- Si la réponse est positive, on poursuit l'entretien en demandant des précisions. Par exemple :
Sujet A : Oui
On demande au sujet : Sur quel point sera-t-il éclairé ?
Sujet A : Sur ce point, en face du trou (il montre le point K)
On demande :
- Si la réponse est négative, **on demande au sujet de décrire quelle sera, à son avis, la trajectoire de la lumière.** Par exemple :
Sujet B : Non. Le premier carton est épais, la lumière ne passera pas.
On demande : Comment la lumière y arrivera-t-elle ?
Sujet B :

Situation 2 : « On répète la même expérience en posant la source de lumière à une distance de 8 cm diagonalement au-dessus de l'orifice » (voir figure 2 ci-dessus)

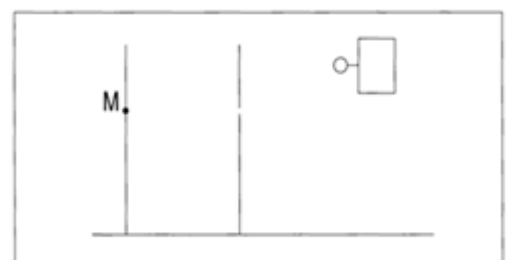


Figure 2 : Dispositif de la situation 2

On poursuit la même démarche que dans la situation 1, on pose au sujet les mêmes questions que dans l'expérience précédente.

On demande : On allume la lampe. Est-ce que le carton qui est derrière va être éclairé ? Par exemple :

Sujet C : Il va être éclairé... la lumière passera par ce trou et elle pourra aussi éclairer l'autre carton... mais seulement ici en face du trou (point M).

On demande : Est-ce que tu peux montrer où ira la lumière ?

Sujet C : De la lampe au trou... et du trou à ce point-ci (point M).

.....

Situation 3: « On pose verticalement deux cartons de hauteur inégale (17 cm x 25 cm et 17 cm x 19 cm)

sur des supports stables, de façon à ce qu'ils se trouvent à une distance de 10 cm l'un de l'autre (voir figure 3). À une distance de 15 cm et à une hauteur de 6 cm, sous le bord supérieur du plus petit de ces cartons, on pose une source lumineuse non allumée pendant l'expérience » (voir figure 3 c'est dessus)

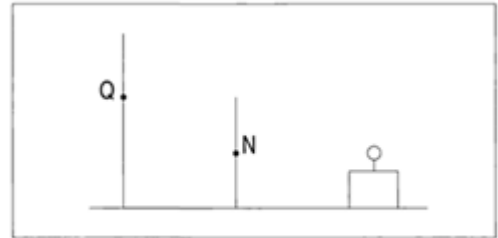


Figure 3 : Dispositif de la situation 3

Objectif : contrôler les conceptions de la propagation de la lumière dans les cas où le faisceau n'est pas modelé par un orifice mais diffusé dans toutes les directions.

La démarche expérimentale se fait en **deux étapes avant et après l'allumage de la lampe**

On demande : Si on allume la lampe, est-ce qu'on verra de la lumière sur le deuxième carton ?

Sujet D : Non... la lumière sera ici seulement, sur le premier carton... si on allume la lampe, elle va éclairer... le premier carton (point N).

On demande : Si on allume la lampe, est-ce qu'on verra de la lumière sur le deuxième carton ?

Sujet G : Oui, parce que le premier carton est court et la lumière passe en haut et éclaire l'autre...

On demande : Où, exactement ?

Sujet G : Seulement jusqu'au point où commence le carton court... jusqu'au point où est le carton court, il y a de l'ombre partout... à partir de ce point-là il y a de la lumière partout (point Q).

2. Déstabilisation didactique et apprentissage.

Situation 4: « Dans un premier temps on a utilisé un support expérimental comportant une source lumineuse et une poupée située à 50 cm de cette source, de façon à ce que le visage de la poupée se trouve en face de la lampe et par la suite on déplace par la suite la poupée vers le haut dans un

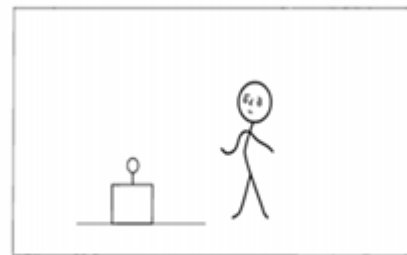


Figure 4 : Position de la poupée par rapport à la lampe

angle de 45° par rapport à la ligne horizontale, en maintenant constante la distance de 50 cm entre la poupée et la source » (voir figure 4 c'est dessus)

Objectif.1 : Propagation de la lumière dans toutes les directions :

● Phase de l'expérimentation

- Une série d'interventions sont conçues pour conduire à un conflit avec les conceptions des élèves.
- Un modèle « correct-progressif » dont les caractéristiques correspondent à ceux de l'optique géométrique est adopté.

- La procédure didactique a été étayée par une expérience directement observable permettant aux élèves de vérifier chaque fois leurs hypothèses sur la trajectoire de la lumière.
- Au cours de l'enseignement, il a été demandé aux sujets de prévoir si la lumière atteindrait leurs yeux.

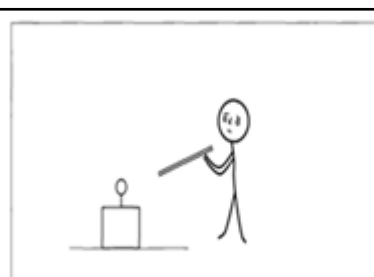
Les enseignements effectués auprès des 11 équipes de 3-5 sujets du groupe expérimental ont duré 10 minutes. Des enseignements de même durée ont été réalisés pour le groupe de contrôle, enseignements assurés dans ce cas dans la classe par les maîtres, et basés sur une présentation orale du phénomène de la propagation de la lumière ainsi que sur une riche documentation de photos et d'expériences simples.

On demande ensuite aux sujets si la lumière ira dans les yeux de la poupée si on allume la lampe.

- **Phase de déstabilisation des idées spontanées des sujets.**

- On allume la lampe et les sujets vérifient expérimentalement la propagation de la lumière dans toutes les directions.
- Pour procéder à la réorganisation de leurs conceptions, on demande enfin aux sujets d'expliquer « comment la lumière a atteint le visage de la poupée sur élevée ».

Objectif.2 : Propagation rectiligne de la lumière : Guidage du sujet vers une démarche de preuve et de re-modélisation de ses conceptions.

<p>Situation 5 : « Source lumineuse et un tuyau plastique opaque de 32 cm de longueur ouvert aux deux bouts. Remplaçons le premier tuyau par un autre tuyau dont l'une des extrémités est retournée de façon à empêcher complètement la propagation du faisceau lumineux, et on place l'extrémité retournée exactement sur la source lumineuse »</p>	 <p>Figure 5 : Utilisation du premier tuyau</p>
---	--

Question 1 : On allume la lampe et on demande aux sujets de prévoir si, en regardant par l'ouverture du tuyau, la lumière atteindra leurs yeux et bien entendu, on s'attend à des réponses affirmatives. (Figure.5)

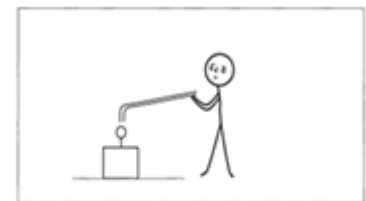


Figure 6 : Utilisation du deuxième tuyau

Question 2 : On pose aux sujets la même question que précédemment et, avant la vérification empirique, on s'attend à des réponses en majorité affirmatives, dans la mesure où dans les conceptions schéma de la propagation rectiligne n'est pas encore construit. (Figure. 6)

- **Phase finale :**

- Les sujets procèdent à la vérification leurs hypothèses et d'essayer d'expliquer la contradiction entre les deux conditions (tuyau droit et courbé).
- Les sujets indiquent la trajectoire de certains rayons qui « partent de la lampe et se propagent dans toutes les directions.

Référence : Rayanis, K. & Papamickaël, Y. (1995). Procédures didactiques de déstabilisation du système de représentations spontanées des élèves pour la propagation de la lumière. *Didaskalia*, n°7, pages 43-61.

Consignes

1. Identifier les différents types de difficultés rencontrées par des sujets à l'égard de la propagation rectiligne de la lumière.
2. Quelle est la stratégie utilisée dans le travail présenté pour remédier à ces difficultés ?
3. A quel modèle de changement conceptuel appartient votre stratégie ?
4. Est -ce qu'il y a d'autres stratégies ou d'autres méthodes pour faire cette remédiation ?

Situation de professionnelle 2

Le changement conceptuel

Déstabilisation des conceptions des élèves à l'égard de la loi d'Avogadro

Objectif

Amener les élèves de la classe de seconde (niveau 10) à vérifier la loi d'Avogadro, à bien comprendre que cette loi est une conséquence de la structure des gaz et qu'elle s'explique par le modèle microscopique.

La situation – problème

Quatre bouteilles identiques remplies par le butane, le dichlore, le dioxygène et le gaz carbonique à la même température et sous la même pression (valeurs locales). « Selon toi, les bouteilles contiennent-elles le même nombre de molécules ? Si oui, explique pourquoi. Si non, quelle est celle qui en contient le plus grand nombre et pourquoi ? »

1. Travail individuel de durée :5 minutes

Les élèves n'avaient pas la loi et ne l'avaient jamais expérimenté en classe. Il s'agissait en l'occurrence de repérer les conceptions des élèves et les amener à les expliciter en s'engageant individuellement par rapport à la question posée.

Les réponses individuelles ont été communiquées à la classe. Elles se répartissent de la façon suivante :

Réponse donnée	Nombre de réponses	Argumentation avancée
Les 4 bouteilles contiennent le même nombre de molécules	0	
La bouteille de dioxygène contient le plus grand nombre de molécules	14 2	La molécule n'a que 2 atomes, elle est petite et il y en aura plus La molécule a la masse la plus faible donc il y en aura plus
La bouteille de dichlore contient le plus grand nombre de molécules	5	Le dichlore a la plus grande masse il y en a donc plus
La bouteille de butane contient le plus grand nombre de molécules	6 1 1	La molécule de butane contient beaucoup d'atomes. il y en aura donc plus dans la bouteille Elle contient beaucoup d'hydrogène et l'hydrogène est très léger La molécule de butane est longue donc plus compressible. On pourra en mettre plus

- Remarquons que personne n'a fourni la réponse exacte ce qui était d'ailleurs attendu.
- Un premier débat spontané entre les élèves s'est traduit par le retrait des quatre dernières argumentations et des conjectures correspondantes.
- A l'issue du débat, tout le monde s'accorde sur le dioxygène même si les arguments diffèrent

2. Travail collectif de vérification des hypothèses (travail en petits groupes de 4 à 5 élèves. durée: 15 min.).

La consigne « Comment pourrait-on déterminer le nombre de molécules de chacun des gaz contenus dans les bouteilles? Faites une proposition de mesure expérimentale ou de calcul. Dans ce dernier cas, indiquez les données qui vous seraient utiles ».

Selon les groupes, les élèves proposent deux méthodes:

- Un calcul est possible en partant du volume v d'une molécule de chaque gaz. On connaît le volume V des bouteilles donc $N = \frac{V}{v}$.
- Une mesure de la masse m des gaz contenus dans les bouteilles permettrait d'avoir la réponse puisqu'on connaît la masse molaire moléculaire M de chacun.

$$N = \frac{m}{M} \times N_A \quad (N_A : \text{la constante d'Avogadro})$$

On a alors proposé à la classe de procéder aux deux vérifications. La première fut réalisée immédiatement, la deuxième fit l'objet d'une séance de travaux expérimentaux dont le protocole fut conçu avec la classe lors d'un débat:

- Quelle balance choisir.
- Influence de la nature des bouteilles (on avait choisi des bouteilles d'eau minérale).
- Comment tenir compte de l'air présent dans une bouteille "vide" ?
- Que faire de la poussée d'Archimède? etc.

La séance de mesures terminée, les résultats obtenus ayant été affichés, on a demandé à la classe de les comparer avec les valeurs obtenues par le calcul² (tableau ci-dessous).

	butane	dioxygène	dichlore	gaz carboniaue
Men g/mol	58	32	71	44
vol. d'une molécule (en 10^{-29} m ³)	20,3	5,28	9,33	7,08
N par la mesure de la masse	$3,6 \cdot 10^{22}$	$3,7 \cdot 10^{22}$	$3,6 \cdot 10^{22}$	$3,6 \cdot 10^{22}$
N calculé par les volumes	$0,73 \cdot 10^{25}$	$2,9 \cdot 10^{25}$	$1,6 \cdot 10^{25}$	$2,1 \cdot 10^{25}$

3. le débat scientifique.

Les élèves constatent très vite que, même si les calculs portant sur les volumes semblent conforter la conjecture retenue, les deux méthodes conduisent à des résultats différents. Cela n'avait pas été prévu.

Il faut alors choisir et argumenter.

"- *Le calcul par les masses est faux : on trouve toujours la même chose.*

- *Oui mais le nombre de molécules dépend du remplissage... on peut toujours en mettre plus et le calcul effectué n'en tient pas compte..* .".

"Qu'est-ce que tu veux dire par en mettre plus ?"

"-*Ça veut dire rapprocher les atomes.*

-*Non, les molécules, elles se serrent, on en met plus .*

-Mais alors, c'est le calcul par les volumes qui est faux...il ne tient compte que du volume des molécules.

-C'est comme si elles étaient serrées les unes contre les autres. La valeur calculée représente le nombre maximum qu'on pourrait mettre mais pas celui qui y est réellement et qui est plus petit".

"Et entre les molécules de gaz qu'est-ce qu'il y a ?

"-De l'air.

-Rien.... Du vide.

-Des molécules de vide.

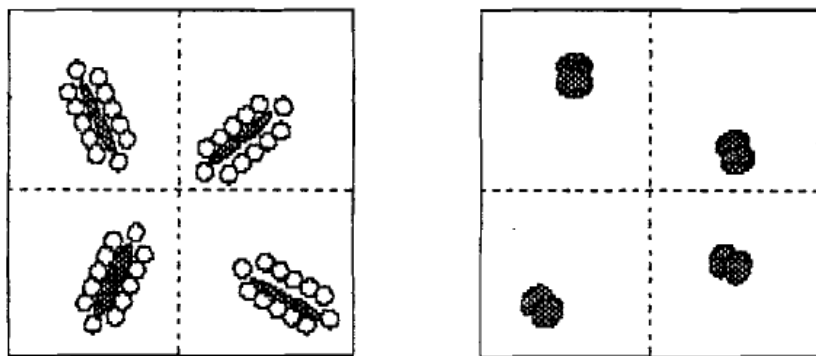
-Idiot, le vide ça veut dire rien !

-Mais alors s'il n'y a rien entre les molécules c'est le calcul par les masses qui est exact.

-Impossible, on trouve toujours pareil.

- !... !..."

Il fallait sortir de l'impasse, et inciter les élèves à se représenter les molécules de gaz dans un modèle compatible avec les résultats expérimentaux obtenus par les masses. Dans la séquence décrite ici, une représentation a été proposée aux élèves à ce stade de la discussion :



La construction de la représentation par les élèves eux-mêmes, aurait certainement été préférable, cependant, l'évolution du débat a été positive.

"-Ah oui, ça veut dire qu'elles ont le même encombrement.

-Leurs mouvements sont pareils".

"Alors quel est le calcul acceptable et pourquoi ?"

"-Ce qui compte, c'est la place qu'elles prennent dans leur mouvement.

-Il y en a le même nombre dans toutes les bouteilles, peu importe ce qu'elles sont".

Dès lors que les élèves avaient bien saisi qu'il fallait analyser la situation au moyen du modèle microscopique des gaz, ils devenaient capables de donner tout son sens à la loi d'Avogadro. C'était le moment d'institutionnaliser le savoir c'est-à-dire, pour l'enseignant, d'écrire la loi et de demander aux élèves de calculer la valeur du volume molaire moléculaire correspondant aux conditions de l'expérience, ce qui fut fait sans difficulté.

4. Evaluation de l'apprentissage.

Quelques jours après, les élèves ont eu à résoudre le problème suivant au cours d'une interrogation écrite:

« Une cartouche de "gaz de camping" contient 420 g de butane liquide. Calcule le volume de gaz qu'on pourra espérer recueillir de cette cartouche lors de son utilisation ». Parmi les données ci-dessous, tu pourras utiliser celles qui conviennent".

- Formule du butane: C_4H_{10} , densité: 2,00, volume d'une molécule: $2,09 \cdot 10^{-28} \text{ m}^3$.
- Volume molaire dans les conditions locales : $25 \text{ l} \cdot \text{mol}^{-1}$.
- Masses molaire atomiques exprimées en $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$ C:12 H: 1.

Le problème a été parfaitement bien traité par la moitié des élèves. En majorité, les autres élèves ont montré qu'ils avaient compris la loi d'Avogadro même s'ils ne sont pas parvenus à la solution. Fait remarquable, aucun élève n'a utilisé les données superflues non pertinentes. A l'issue de ce travail, aucune erreur sur l'emploi de cette loi ne fut plus jamais constatée dans cette classe. En particulier la loi n'a jamais été employée pour des liquides ou des solides, ce qui est une erreur couramment rencontrée.

Référence : Robardet, G. (1990). Enseigner les sciences physiques à partir de situations – problèmes. Bulletin de l'union des physiciens, n° 720

Consignes

5. Identifier les différents types de difficultés rencontrées par des sujets à l'égard de la loi d'Avogadro.
6. Quelle est la stratégie utilisée dans le travail présenté pour remédier à ces difficultés ?
7. A quel modèle de changement conceptuel appartient votre stratégie?
8. Est-ce qu'il y a d'autres stratégies ou d'autres méthodes pour faire cette remédiation ?