

## Exemple n°2 (C. Baradel, LEGTPA de Rouffach)

### 1. Présentation générale de la séquence

La démarche d'investigation que j'ai souhaité expérimenter cette année a pour objectif de mettre en évidence les paramètres intervenant dans le phénomène de réfraction, plus précisément l'influence de la nature du matériau traversé et la nature de la lumière utilisée.

#### *Contexte de la séance*

Cette démarche a été réalisée avec une classe de Seconde Générale et Technologique de 20 élèves, lors d'une séance de Travaux Pratiques d'une durée de 1h30 en groupe de 10 élèves. Cette situation est très favorable à ce type de pratique, car le faible effectif m'a permis d'être un maximum disponible pour observer le comportement des élèves face à une situation de pratique qui n'est pas celle qu'ils ont l'habitude de rencontrer.

#### *Prérequis et place dans le référentiel*

La séance s'inscrit à la fois dans le domaine de la Santé et dans celui de l'Univers (extrait du BO spécial n°4 du 29 avril 2010) :

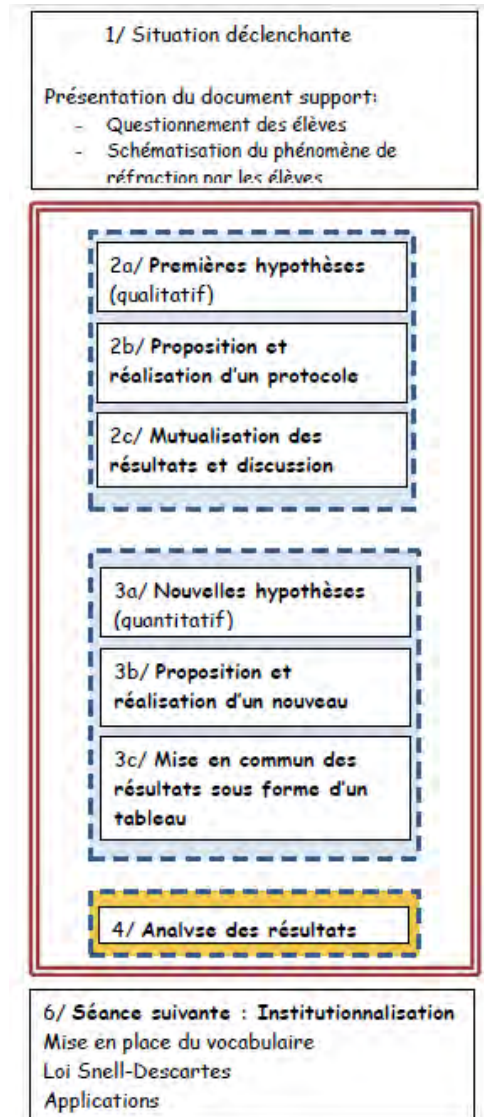
LA SANTE	
NOTIONS ET CONTENUS	COMPETENCES ATTENDUES
<b>Le diagnostic médical</b> : l'analyse de signaux périodiques, l'utilisation de l'imagerie et des analyses médicales permettent d'établir un diagnostic. Des exemples seront pris dans le domaine de la santé (électrocardiogramme, électroencéphalogramme, radiographie, échographie, fibroscopie, ...). L'observation de résultats d'analyses médicales permet d'introduire les notions de concentration et d'espèces chimiques ainsi que des considérations sur la constitution et la structure de la matière.	
Réfraction et réflexion totale.	Pratiquer une démarche expérimentale sur la réfraction et la réflexion totale. Pratiquer une démarche expérimentale pour comprendre le principe de méthodes d'exploration et l'influence des propriétés des milieux de propagation.

L'UNIVERS	
NOTIONS ET CONTENUS	COMPETENCES ATTENDUES
<b>Les étoiles</b> : l'analyse de la lumière provenant des étoiles donne des informations sur leur température et leur composition. Cette analyse nécessite l'utilisation de systèmes dispersifs.	
Dispersion de la lumière blanche par un prisme. Réfraction. Lois de Snell-Descartes.	Pratiquer une démarche expérimentale pour établir un modèle à partir d'une série de mesures et pour déterminer l'indice de réfraction d'un milieu. Interpréter qualitativement la dispersion de la lumière blanche par un prisme.

La séance se positionne à la suite du cours portant sur les spectres d'émission et d'absorption. Les élèves sont alors en mesure de réinvestir des compétences, telles que « utiliser un système dispersif pour visualiser des spectres » ou les notions de lumière monochromatique et polychromatique. En effet, lors de la séquence précédente, les élèves ont pu observer les méthodes d'obtention de spectres de lumières, et se familiariser avec le matériel utilisé au laboratoire, comme le prisme, les lampes monochromatiques ou polychromatiques, l'écran ou le banc optique.

## Synopsis de la séquence

La démarche d'investigation s'articule autour de 2 séances : **la première, présentée ici**, en groupe, consacrée à la mise en place de la situation problème et à la phase hypothèses-expérimentation, **la seconde**, en classe entière, permettant l'institutionnalisation de la situation et à la mise en forme d'une trace écrite constituant le cours.



## 2. Description de la DI

### 2.1 Consignes de travail données oralement aux élèves

Après une phase de contextualisation de la méthode de travail envisagée et de l'explication de l'intérêt de cette méthode en vue des différentes épreuves que les élèves pourront rencontrer à la fois dans leur futures études mais aussi dans leur futur parcours professionnel, les apprenants se répartissent en 5 binômes. Je leur explique le déroulement de la séance qui va suivre, ainsi que l'objectif principal de la séance, en leur demandant s'ils savent en quoi consiste une démarche d'investigation et si tel est le cas de m'en décrire les principales étapes. Ils m'informent alors qu'ils en ont déjà parlé avec l'enseignant de SVT. Il est alors plus facile pour eux de m'exposer les différentes étapes rencontrées lors d'une démarche

d'investigation : mise en place de la situation-problème / hypothèse / élaboration et mise en œuvre d'un protocole vérifiant les hypothèses / validation ou non des hypothèses / conclusion. Cette séance me permet donc de faire un lien avec une autre discipline, et de rappeler ainsi aux élèves l'inter-connectivité des différentes matières de leur formation. A partir de ce constat, je présente l'activité du jour à partir d'un document qui est distribué à chaque élève. (Voir Annexe)

## 2.2 Mise en place de la situation problème – Temps estimé : 5'

Situation déclenchante fournie aux élèves :

Observer les deux images suivantes :



Figure 2 : [www.astronoo.com](http://www.astronoo.com)



Figure 1 : [www.diamant-bijoux-vuitet.com](http://www.diamant-bijoux-vuitet.com)

Que se passe-t-il lors de la formation d'un arc-en-ciel ?

Quelle solution expérimentale proposez-vous afin de répondre à la question posée ?

Suite à la distribution du document support, les élèves paraissent décontenancés : je leur précise que cette étape doit leur permettre de poser toutes les questions qui leur viennent naturellement à l'esprit, qu'ils doivent d'une part les noter sur leur feuille de prise de notes, et qu'ils ne doivent surtout pas hésiter à en faire part à tout le groupe.

La prise de parole de façon aussi libre n'est pas de coutume dans cette classe. Passé les premières hésitations, le questionnement des élèves se met rapidement en place. Parmi les questions que l'on peut retrouver dans les deux demi-groupes : Dans quelles conditions obtient-on un arc-en-ciel ? L'arc-en-ciel est-il le même à la sortie du verre et à la sortie de l'eau ?

La plupart des questions posées s'accompagnent généralement d'un schéma essayant de représenter le phénomène de réfraction. Les élèves éprouvent un réel besoin de représentativité simple d'une situation qui peut leur paraître complexe.

## 2.3 Partie expérimentale (Approche qualitative) : Mise place des hypothèses – Temps estimé : 15'

Afin de répondre aux questions précédemment évoquées, les élèves formulent plusieurs hypothèses, plus ou moins vérifiables avec le matériel disponible au laboratoire. Chaque

hypothèse doit également être notée sur leur document de travail, et est ensuite proposée à l'ensemble du groupe.

Quelques hypothèses émises par les élèves :

- L'obtention d'un arc-en-ciel dépend des éléments rencontrés
- L'objet de dispersion doit être irrégulier, dans le sens où il ne doit pas être formé de deux faces parallèles – type vitre.
- La lumière se « reflète » sur les gouttes d'eau ou sur le verre
- La taille (variation de l'angle de déviation des couleurs) dépend de la température du matériau utilisé.

Chaque hypothèse est alors le siège d'un véritable débat entre les élèves, à la fois au niveau critique, positif ou négatif, des concepts évoqués par les élèves qu'au niveau de la faisabilité de vérifier l'hypothèse en laboratoire.

Les élèves éprouvent à ce moment de la démarche beaucoup de difficultés à débattre seuls, sans arbitrage directif de l'enseignant. Le fait de devoir choisir seuls les hypothèses qu'ils vont pouvoir vérifier les perturbe.

#### **2.4 Partie expérimentale (Approche qualitative) : Proposition et réalisation d'un protocole – Temps estimé : 15'**

A l'issue de la discussion liée à la mise en place des hypothèses, les élèves élaborent un protocole leur permettant d'affirmer ou d'infirmer leurs hypothèses. Rapidement, la limite imposée par le matériel mis à disposition leur permet d'effectuer un premier choix dans les hypothèses évoquées. Ainsi, l'hypothèse relative à la température du matériau utilisé est d'emblée écartée, au profit de celles impliquant la nature du matériau et sa forme, et la nature de la lumière utilisée.

Chaque binôme est, à ce moment de la séance, amené à dresser la liste du matériel nécessaire afin de vérifier la ou les hypothèses sur lesquelles il souhaite travailler. Avant de procéder à la manipulation, les élèves sont tenus de schématiser le montage qu'ils vont utiliser ce qui leur permet de vérifier la faisabilité de leur expérience. De plus cela leur fait également travailler la schématisation normalisée et utilisant ou en mettant en place des symboles communs à tous les binômes. Associé à cette représentation d'expérience, chaque binôme essaie de prévoir les résultats qu'ils seront susceptibles d'obtenir.

Après vérification de la liste du matériel utilisé, des schémas de réalisations et des résultats prévisionnels avancés, les élèves passent à la phase de réalisation de leur expérience.

Lors de cette partie, quelques problèmes émergent dans la quasi-totalité des groupes :

- **L'utilisation du matériel d'éclairage** pose problème à bon nombre d'élèves : en effet, la source de lumière blanche est constituée d'un boîtier ouvert sur les deux faces qui contient l'ampoule, un système de fente et une lentille convergente. Le système de fente et la lentille ne sont disponibles que sur une seule face du boîtier, or les élèves n'ont jamais rencontré ce matériel et utilisent directement la sortie non-équipée du dispositif de convergence, et ils n'obtiennent donc pas un rayon lumineux suffisamment fin pour avoir des résultats concluants.

Certains restent alors désespérés devant leur expérience et n'osent pas m'appeler afin de débloquent la situation. Il est donc indispensable pour moi de circuler dans l'ensemble de la salle afin de déceler ce genre de problème. Lors d'une prochaine séance, il serait intéressant pour les élèves d'avoir, au choix, soit un mode d'emploi du dispositif à disposition, soit d'avoir réalisé avec l'ensemble de la classe lors

d'une séance préalable une vue d'ensemble des différents appareils disponibles au laboratoire.

- **Le positionnement du prisme** sur le disque gradué : comment positionner le prisme judicieusement afin d'obtenir l'arc en ciel recherché ?
- **Le positionnement des demi-disques de plexiglas** : faut-il faire entrer le rayon lumineux par la face plane ou par la face circulaire ?
- **Le chiffrage des résultats** : comment faire pour effectuer des mesures d'angles ? quels angles prendre en compte et comment les lire en utilisant un prisme ?

Toutes ces questions provoquent chez les élèves de vives discussions au sein des binômes, et leur font faire de multiples manipulations afin d'essayer d'y faire face par leurs propres moyens.

Pour chaque manipulation, les élèves notent toutes les observations qu'ils peuvent relever, afin de pouvoir en faire part à l'ensemble du groupe par la suite.

Ils notent, non seulement les résultats obtenus, mais aussi les problèmes rencontrés pour permettre aux autres binômes, lors de la partie mutualisation des résultats, d'apporter des solutions si le souci n'a pas été résolu. Enfin, les élèves refont une représentation schématique de leur expérience en corrigeant ou modifiant les éléments supposés de leur précédent schéma réalisé avant expérience.

## **2.5 Partie expérimentale (Approche qualitative) : Mutualisation des résultats et discussion – Temps estimé : 10'**

Pour cette première mutualisation des résultats, je prends en charge la partie organisationnelle afin que tous les élèves puissent apporter leurs conclusions et leurs remarques. A tour de rôle, les élèves présentent à leurs camarades les observations, les problèmes rencontrés et les conclusions qu'ils ont obtenues.

Les résultats obtenus sont assez confus. Le manque de précision et de normes généralisées sur l'utilisation du matériel font que les résultats obtenus sont difficilement comparables.

Un élève souligne à de nombreuses reprises qu'il faut, je cite, « comparer ce qui est comparable ! ».

Il ressort principalement de la discussion qui a suivi qu'il est indispensable d'effectuer des mesures afin de pouvoir répondre aux différentes questions posées lors de la partie « Mise en place des hypothèses ». De ces différents points, quelques pistes sont ouvertes :

- Il faut définir un mode de mesure d'angles d'entrée, de sortie, et réfléchi, *commun à tous les groupes*.
- Dans le même ordre d'idée, *il faut imposer à tout le monde*, la même valeur d'angles d'entrée afin de mettre en évidence d'éventuelles variations d'angles de sortie et d'angles réfléchis.
- Afin de *pouvoir comparer les résultats*, il ne faut faire varier qu'un seul paramètre, en gardant tous les autres rigoureusement identiques.

## **2.6 Partie expérimentale (Approche quantitative) : Mise place des hypothèses – Temps estimé : 5'**

Certaines hypothèses émises lors de la première partie sont reprises ici, et d'autres émergent de la discussion précédente.

- L'angle « réfléchi » dépend de la nature du matériau
- Les matériaux changent la direction de l'angle de sortie.
- L'angle de sortie dépend de la couleur de la lumière et de la nature de la lumière.

Afin de vérifier l'importance de la nature de la lumière, un binôme me demande s'il est possible de travailler avec un laser rouge, non disponible sur l'échantillon de matériel qui leur est mis à disposition. Je m'empresse donc de leur sortir un boîtier laser et son mode d'emploi.

## **2.7 Partie expérimentale (Approche quantitative) : Proposition et réalisation d'un protocole – Temps estimé : 15'**

Afin de vérifier ces trois hypothèses, les élèves se répartissent le travail en fonction des matériaux utilisés et du type de source lumineuse employée (Voir Annexe 1).

Des angles d' « entrée » communs à tous les binômes sont également définis, ici 30° et 40°. La méthode de mesure est également uniformisée au sein du groupe afin de prendre en compte la remarque « Comparer ce qui est comparable ».

Comme pour la partie qualitative, les élèves procèdent aux différentes expériences et notent au fur et à mesure leurs résultats dans un tableau qui sera utilisé par la suite lors de la mutualisation des résultats obtenus.

A ce stade de la séance, les élèves sont en totale autonomie et ne m'appellent que pour me faire vérifier la conformité des résultats notés avec l'observation de la situation. Ils ont avant tout besoin de se rassurer sur la méthode de lecture des angles et veulent s'assurer qu'ils font les bonnes mesures pour pouvoir par la suite comparer leurs résultats avec ceux de leurs collègues.

## **2.8 Partie expérimentale (Approche quantitative) : Mutualisation des résultats et discussion – Temps estimé : 5'**

Lors de cette seconde phase de mutualisation, les élèves sont également en totale autonomie, et calquent très vite la méthode que j'avais employée pour la première mutualisation.

L'ensemble des résultats est présenté sous forme d'un tableau (Voir Annexe 2) qui permet d'avoir une vue d'ensemble des valeurs relevées, et de pouvoir facilement les comparer. Les comparaisons effectuées par les élèves sont de différents niveaux :

- Comparaisons au sein du même milieu, pour des angles d' « entrée » différents
- Comparaisons, pour un même angle d' « entrée », des angles de sortie pour des milieux différents
- Comparaison des angles réfléchis sur différents milieux pour un même angle d' « entrée »
- Comparaison des angles réfléchis au sein d'un même milieu pour des angles d' « entrée » différents

Lors de la phase de discussion, les problèmes rencontrés lors de l'utilisation du prisme et sur la difficulté à relever des mesures avec un prisme sont parfaitement illustrés par les résultats obtenus entre le groupe 1 et le groupe 2 (voir annexe 2).

## **2.8 Partie expérimentale (Approche quantitative) : Analyse des résultats – temps estimé : 10'**

A partir des différentes comparaisons effectuées grâce au tableau récapitulatif précédent, les élèves sont amenés à faire le bilan de la séance.

J'interviens à ce moment pour leur demander de rappeler le but de la séance. Il est alors temps d'essayer de formuler une réponse au problème posé.

Les élèves insistent alors pour répondre aux deux questions initialement proposées lors de la phase de mise en place de la situation problème :

- Dans quelles conditions obtient-on un arc-en-ciel ?

- L'arc-en-ciel est-il le même à la sortie du verre et à la sortie de l'eau ?

Pour chacune de ces questions, les élèves sont unanimes : la nécessité d'utiliser un système dispersif à bordure non linéaire est nécessaire, l'utilisation d'une lumière polychromatique est indispensable (car le laser n'a pas formé d'arc-en-ciel), et la dispersion dépend à la fois de la nature du milieu utilisé, et de la couleur de la lumière.

L'ensemble de cette démarche s'est déroulée sans aucun apport de vocabulaire, car je souhaitais que les élèves m'expliquent, avec leurs propres mots et leurs propres représentations, les phénomènes qu'ils mettaient en œuvre et qu'ils observaient. L'apport de vocabulaire technique tels que les termes de rayon et angle incidents, rayon et angle réfractés ou encore longueur d'onde ont été fait lors de la séance suivante accompagné de l'apport de l'outil mathématique lié aux lois de Snell-Descartes.

### **3. Bilan de ma démarche d'investigation**

Beaucoup de points seront à améliorer pour une future réutilisation de cette démarche d'investigation. Par exemple, il me faut :

- Prévoir du matériel de forme identique pour tous les types de matériaux utilisés, principalement des demi-cylindres de verre, car l'utilisation du prisme par les élèves pour réaliser des mesures d'angles est particulièrement difficile, voire impossible pour certains.
- Prévoir le mode d'emploi des différents appareils susceptibles d'être utilisés par les élèves
- Prévoir, sous forme de fiche « coup de pouce » des questions pouvant orienter les élèves dans les différentes phases de mise en place du problème ou dans l'émission d'hypothèses.

Pour conclure cette analyse, je pense qu'elle m'a permis d'aborder avec une bien meilleure représentation des élèves une situation qui leur pose souvent beaucoup de problème. En effet, ayant tous travaillé et réfléchi au problème posé, l'apport de vocabulaire et d'une notion aussi abstraite que la réfraction s'est déroulée dans un temps très amoindri par rapport à une présentation du cours plus classique. De plus, les élèves m'ont confirmé qu'il était beaucoup plus simple pour eux de retenir ces notions car ils pouvaient en permanence se référer à leurs propres expériences afin d'assimiler plus rapidement le cours qui en a découlé.



## ANNEXES – exemple n°2

### **Annexe 1 : Répartition des différentes tâches à exécuter par binôme :**

- 2 binômes réalisent une série de mesures avec un prisme en verre et de la lumière blanche pour 2 angles d'entrée différents en relevant les 2 valeurs d'angles extrêmes de sortie et l'angle réfléchi
- 1 binôme réalise une série de mesures avec une cuve d'eau et de la lumière blanche pour 2 angles d'entrée différents en relevant les 2 valeurs d'angles extrêmes de sortie et l'angle réfléchi
- 1 binôme réalise une série de mesures avec un demi-cylindre de plexiglas et de la lumière blanche pour 2 angles d'entrée différents en relevant les 2 valeurs d'angles extrêmes de sortie et l'angle réfléchi
- 1 binôme réalise une série de mesures avec un prisme en verre d'une part et le demi-cylindre en plexiglas d'autre part et de la lumière monochromatique (laser rouge) pour 2 angles d'entrée différents et l'angle réfléchi

### **Annexe 2 : Tableau des résultats des mesures d'angle des 5 groupes**

Binôme	Milieu	Angle d'« entrée » en degré	Angle réfléchi en degré	Angle de « sortie » en degré	
				Rayon rouge	Rayon bleu
1	Verre	30	28	70	75
		40	41	50	55
2		30	32	45	49
		40	43	29	35
3	Eau	30	34	40	44
		40	42	61	65
4	Plexi	30	29	52	55
		40	38	72	74
5	Verre	30	31	64	
		40	40	52	
	Plexi	30	32	54	
		40	41	73	