Table des matières

1. Introduction _____ **p. 5-9**

1. 1. Les conceptions des élèves en sciences _____ p. 5-6

1. 2. Exemples de conceptions erronées _____ p. 6-8

1. 3. Des conceptions erronées en physique _____ p. 8-9

1. 4. La reconfiguration du savoir _____ p. 9

2. La problématisation _____ **p. 9-14**

2. 1. Définition de l'enseignement _____ p. 9-11

2. 2. Les didactiques des sciences : le modèle allostérique _____ p. 11-12

2. 3. Les conceptions erronées en optique _____ p. 12-13

2. 4. Des références communes _____ p. 14

3. Cadre théorique _____ **p. 14-21**

3. 1. Concepts scientifiques et concepts quotidiens _____ p. 15-16

3. 2. Le concept quotidien peut jouer le rôle d'obstacle _____ p. 16-17

3. 3. Les obstacles épistémologiques _____ p. 17-18

3. 4. La synthèse additive et la synthèse soustractive _____ p. 18-20

3. 5. Nos questions de recherche _____ p. 21

4. Méthodologie _____ **p. 21-29**

4. 1. Analyse préalable _____ p. 21-22

4. 2. Analyse *a priori* _____ p. 22-24

4. 3. Planification argumentée _____ p. 24-28

4. 4. La composition du recueil de données _____ p. 28-29

5. Analyse du recueil de données _____ **p. 29-37**

5. 1. Evaluation diagnostique pré-séquence _____ p. 29-31

5. 2. Evaluation diagnostique post-séquence _____ p. 31-34

5. 3. Item 2 et item 3 de l'évaluation sommative _____ p. 34-35

5. 4. Interprétation des données recueillies _____ p. 35-37

6. Conclusion _____ **p. 37-38**

7. Bibliographie des références _____ **p. 39**

Annexe : Matériel utilisé durant la séquence _____ **p. 40-68**

1. Introduction

En abordant une séquence dôenseignement de sciences durant le secondaire, nous prenons le temps de convoquer les conceptions des élèves, et sommes souvent surpris par lôexotisme de ces dernières. Et pourtant, la plupart du temps, cette thématique a déjà été abordée par les élèves durant leur parcours scolaire. Dès lors, il devient légitime de nous questionner sur les possibilités que nous avons de permettre à lôélève de transformer une conception erronée en une autre qui serait en accord avec les connaissances scientifiques actuelles.
Cette étude poursuit le dessein de comprendre davantage le processus dôapprentissage des élèves durant une séquence de sciences. Des conceptions initiales semblent exister. Il sôagira de comprendre dôoù elles proviennent et sôil est important dôen tenir compte lorsque nous construisons une séquence.

1.1. Les conceptions des élèves en sciences

La notion de conception a rapidement été évoquée. Nous nous devons de préciser notre pensée en exposant ce que nous entendons par ce terme.
Notons pour commencer, quô « un apprenant nôest nullement un sac vide que lôon peut "remplir de connaissances", et encore moins un objet de cire conservant en mémoire les empreintes quôon y a moulées » (Giordan & de Vecchi, 1987, p. 66).
Giordan et de Vecchi précisent que lôélève serait plutôt :

> Un organisme "acteur " [é] construisant au cours de son histoire sociale, au contact de lôenseignement, mais bien plus encore à travers toutes les informations médiatisées et les expériences de la vie quotidienne, une structure conceptuelle dans laquelle sôinsèrent et sôorganisent les connaissances appropriées et les opérations mentales maîtrisées. Cet assemblage est à la fois une structure dôaccueil permettant dôassimiler ou non les informations nouvelles et un outil à partir duquel chacun va déterminer ses conduites et négocier ses actions. (Giordan & de Vecchi, 1987, p. 66)

Giordan et de Vecchi constatent que cette structure conceptuelle individuelle constitue un sujet dôétude assez récent. Leibniz prétendait que lôesprit nôétait pas une table rase, mais quôau contraire, il existait en lui quelque chose de préformé, une sorte de bloc de marbre à façonner. Condillac, au contraire, affirmait que lôesprit était passif et ne faisait que recevoir sans réagir. Ces affirmations demeuraient au stade dôintuitions et ne reposaient sur aucune étude approfondie auprès de sujets.
Plus tard, Piaget a mis en évidence lôexistence dôun développement cognitif. Afin de parvenir à ses conclusions, Piaget a utilisé une méthodologie inévitable lorsque nous cherchons à analyser les conceptions dôun sujet : lôentretien clinique. Néanmoins, Giordan et de Vecchi reprochent à Piaget de ne pas sôintéresser directement à lôapprenant mais à une espèce de "modèle", de ne pas tenir compte des aspects dynamiques, et finalement, dôéluder les contenus et de ne pas sôintéresser à chaque domaine particulier du savoir.
Lôanalyse des représentations des élèves en sciences a connu un fort essor depuis une quarantaine dôannées. La volonté initiale était de découvrir davantage certains paramètres dont il faut tenir compte lors de la construction dôune séquence dôenseignement. « A cette époque, les représentations [é] sont des sortes de "choses" existant dans la tête des élèves, de nature stable quelles que soient les circonstances et à connaître en préalable à un cours » (Giordan & de Vecchi, 1987, p. 74).
Sous lôimpulsion de personnes comme Giordan, Astolfi, ou encore Martinand, on développe un certain nombre de travaux de catégorisation des représentations et des obstacles aux apprentissages. Depuis, 1980, ce genre dôétudes se sont multipliées et se sont affinées. Les représentations ne sont plus étudiées en tant que produit, mais comme processus.

Elles sont considérées comme des sortes de structures mentales mises en î uvre face à des situations-problèmes particulières.
Nous souhaitions définir davantage la notion de conception, et pourtant, nous parlons actuellement de représentation. Il sôagit du terme utilisé historiquement, mais, Giordan et de Vecchi le précisent :

> Aussi à ce terme de "représentation", nous préférons, pour des raisons de clarté, celui de "conception" ou de "construct". Le premier met lôaccent sur le fait quôil sôagit, à un premier niveau, dôun ensemble dôidées coordonnées et dôimages cohérentes, explicatives, utilisées par les apprenants pour raisonner face à des situations-problèmes, mais surtout il met en évidence lôidée que cet ensemble traduit une structure mentale sous-jacente responsable de ces manifestations contextuelles.
> Quant au second, il met en valeur lôidée, essentielle à nos yeux, dôélément moteur entrant dans la construction dôun savoir, et permettant même les transformations nécessaires. (Giordan & de Vecchi, 1987, p. 79)

La conception est, donc, le processus dôune activité de construction mentale du réel. Lôapprenant la réalise par lôintermédiaire de ses sens, mais également par le biais de relations quôil entretient avec autrui, ainsi qu'avec d'autres savoirs, et qui demeurent notés dans sa mémoire. Tous ces éléments sont codés dans un système cognitif global et cohérent. Ces conceptions antérieures filtrent, trient et élaborent les informations reçues. Ce processus engendre, parfois, de nouvelles conceptions.
Giordan et de Vecchi résument cela en expliquant quôune conception peut être représentée comme étant une fonction dépendant des variables suivantes : problème, cadre de référence, opérations mentales, réseau sémantique et signifiants.
Le problème constitue lôélément déclencheur permettant à la conception de naître et dôémaner. Le cadre de référence est dû à toutes les connaissances et représentations que possède lôapprenant et sur lesquelles il va se baser pour construire une conception. Les opérations mentales représentent lôensemble des opérations intellectuelles que lôapprenant maîtrise et quôil va mettre en jeu. Le réseau sémantique permet de donner une cohérence à la conception créée. Finalement, les signifiants constituent lôensemble des traces, signes et symboles qui permettent la production de la conception.
Convoquer les conceptions des élèves recèle une grande richesse pour lôenseignant de sciences. Elles lui permettent de circonscrire les connaissances initiales des élèves, mais surtout, dôobserver comment elles seront mis en jeu face à une situation-problème donnée.
Tentons dôêtre pragmatique en illustrant cette notion de conception avec des exemples concrets.

1.2. Exemples de conceptions erronées

Commençons par évoquer un sujet lié à la biologie et plus précisément à la reproduction des végétaux. Giordan et de Vecchi ont réalisé une étude auprès de 200 personnes âgées de 6 à 30 ans en leur demandant de dessiner lôintérieur dôune graine puis de décrire les mécanismes de la germination. Précisons pour commencer que cette étude a été réalisée auprès dôenfants et dôadultes. Nous avons associé, à plusieurs reprises, la notion de conception avec celle d'élève. Notons bien quôun adulte possède, tout comme un enfant son cadre de référence et quôil est parfaitement possible de convoquer ses conceptions également.
Giordan et de Vecchi ont constaté quôà quelques rares exceptions près, il était possible de regrouper lôensemble des réponses en trois catégories. Ces dernières correspondent à trois types de conceptions distinctes.

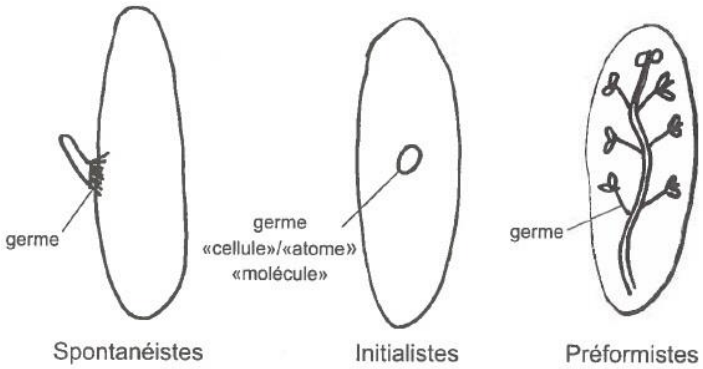


Figure 1 : Différentes conceptions d'une graine (Giordan & de Vecchi, 2002, p. 192)

Une première catégorie peut être qualifiée de "spontanéistes". Pour eux, la graine ne possède pas de structure, ni dôorganisation. Soudainement, un germe va émerger de la graine ce qui permettra à la plante de croître. « Le germe est mal défini anatomiquement et correspond surtout à une potentialité de lôensemble de la graine : "la graine germe" » (Giordan & de Vecchi, 2002, p. 192).
Il existe une deuxième catégorie qui est nommée "initialistes". Ces personnes « sont gênées de faire apparaître une structure organisée à partir de la matière inorganisée » (Giordan & de Vecchi, 2002, p. 192). Cela va à lôencontre de leurs représentations sur le développement de la vie. Ces personnes trouvent une solution pour surmonter cette difficulté en insérant à lôintérieur de la graine une structure organisées dont les potentialités sont importantes. Elles utilisent généralement un vocabulaire scientifique mais ne semblent pas maitriser les vocables quôelles mettent en jeu.
La troisième catégorie est constituée par les "préformistes". Ils se retrouvent confrontés à la même difficulté que les "initialistes" mais proposent une solution différente. Pour eux, il y a préexistence, dans la graine, dôune plante entière repliée sur elle-même. Cette plante jouerait le rôle de germe, à ceci près quôil nôy aurait plus de développement à réaliser, car la plante existe déjà.
Pour les "spontanéistes" et les "initialistes", un contact avec lôeau est nécessaire afin de stimuler la graine et permettre une constitution des différentes parties de la plante. Cela sôavère plus simple à décrire pour les "initialistes", car ils ont défini un élément supplémentaire riche en potentialité.
La germination est aisée à décrire pour les "préformistes", il sôagit dôun simple déploiement.
Cet exemple nous permet de comprendre comment certaines expériences vécues peuvent servir de substrats, afin de répondre au mieux à un problème demandant de fournir une explication à un phénomène scientifique. Notons quôil semblerait que ces conceptions soient catégorisables. Cela rendrait le travail de lôenseignant, cherchant à gérer lôhétérogénéité de sa classe, possible.
Evoquons un second exemple lié au fonctionnement de notre organisme. Giordan et de Vecchi se sont intéressés, cette fois-ci, à la conception dôune seule élève. Cette analyse nous permet de cerner encore un peu mieux ce quôest une conception.
La question posée à cette élève était : « que devient la pomme que tu as mangée ? »
Lôélève cherche à montrer la progression de lôaliment dans lôorganisme. « Elle a étudié précédemment le squelette ; il semble que la colonne vertébrale soit assimilée à un "tuyau digestif" et certaines côtes à des "boyaux" (confirmé par un entretien ultérieur) » (Giordan & de Vecchi, 1987, p. 80).

Figure 2 : Conception du système digestif (Giordan & de Vecchi, 1987, p. 80)

La conception de lôélève est quôun organe nôest pas défini par son rôle ou sa structure. Seule sa localisation est importante. Le dessin réalisé nôest que lôémergence dôune représentation. La conception constitue un élément sous-jacent à sa réalisation. Il ne semble pas aisé dôy avoir accès. Cela demande une dévolution dôun problème finement construit et une analyse nécessaire du résultat produit. Un entretien individuel peut également, dans certains cas, constituer une nécessité

1.3. Des conceptions erronées en physique

Nous venons de décrire quelques conceptions qui sôavèrent incorrectes en biologie. Ces conceptions fausses ne sôarrêtent pas à ce domaine.

Lors de nos premiers pas dans lôenseignement, nous avons été étonné par la réaction des élèves lorsquôils sont confrontés à une superposition de faisceaux lumineux rouge, vert et bleu. Ils semblent convaincus quôelle sera observée sous une teinte tendant vers le brun foncé. Toutefois, il nôen est rien, le résultat observé sera blanc.

Viennot a étudié la thématique et obtenu des résultats tendant à prouver que lôimpression que nous avions concernant la réaction de nos élèves constitue une réalité constatée par des personnes ayant analysé de près ce phénomène.

Viennot nous présente une étude réalisée auprès dôétudiant-e-s en section de Techniciens Supérieurs dôArts Appliqués avant leur cours de physique sur la couleur.

La question posée à ces 60 étudiant-e-s était :

« Au cours dôun spectacle, on projette au même endroit dôun décor blanc un faisceau de lumière rouge et un faisceau de lumière verte. Quôobserve-t-on là où les faisceaux se superposent ? » (Viennot, 1996, p. 42)

Les propositions de réponses étaient les suivantes : "du blanc", "du marron", "du jaune", "du rouge et du vert", "je ne sais pas" ou "autre".

Il nôest, peut-être, pas inutile de rappeler que la bonne réponse à cette question est "jaune". «Elle est donnée par 3 % des étudiants, tandis que la moitié répond "marron" » (Viennot, 1996, p. 42).

Une conception erronée est, certainement, observable. Nous souhaitons comprendre pourquoi seuls 3% des personnes interrogées répondent convenablement à la question. Il sôagit de déterminer les représentations mises en jeu afin dôaboutir à une réponse incorrecte. De plus, 50% optent pour une réponse similaire. Cela tendrait à prouver quôil existe une catégorie assez conséquente de personnes qui se fourvoient pour des raisons qui pourraient être

similaires. Durant cette étude, nous allons tenter dôappréhender davantage cet enjeu lié à la superposition de faisceaux lumineux.

1.4. La reconfiguration du savoir

Il semblerait, donc, quôen optique, les élèves produisent initialement une conception erronée. Par la suite, ils sont appelés à assimiler un nouveau savoir qui pourrait leur sembler contre-intuitif. En effet, leur conception initiale est sensiblement différente de la réalité physique observable.

Durant ce travail, nous souhaitons découvrir certaines pistes permettant aux élèves dôacquérir de nouvelles connaissances, de reconfigurer efficacement leurs savoirs, dans le domaine de lôoptique, sans que la conception initiale ne perturbe cet apprentissage.

Pour ce faire, nous nous appuierons notamment sur des travaux de Vygotski. Une citation nous permet de comprendre comment Vygotski concevait le développement de l'enfant :

> L'essence même d'un tel développement (par évolution et révolution) est ainsi le conflit entre les formes culturelles et évoluées du comportement avec lesquelles l'enfant entre en contact et les formes primitives qui caractérisent son propre comportement. [é] Le nouveau stade émerge non pas en vertu de ce qui est déjà potentiellement contenu dans ce qui précède, mais d'un conflit réel entre organisme et environnement et de l'adaptation active à l'environnement. (Vygotski, 1931-2014, p. 190-191)

Il devrait être nécessaire de ne pas occulter les connaissances premières qui font partie intégrante des éléments sur lesquels lôélève peut sôappuyer. Néanmoins, lôapprenant se doit de les faire évoluer, voire même de réaliser une véritable révolution. Il nous est nécessaire de définir plus précisément certaines notions afin de trouver les stratégies les plus probantes et efficientes possibles permettant à l'élève d'y parvenir.

2. La problématisation

Ces premières considérations sur les conceptions nous montrent qu'il n'est pas simple de comprendre comment les élèves appréhendent le monde qui les entoure. Il est nécessaire de concevoir des dispositifs permettant de cerner au mieux une conception.

Une réflexion préalable est nécessaire et parfois, une discussion avec l'élève s'avère nécessaire. D'ailleurs, Giordan et de Vecchi le précisent en parlant des réponses d'élèves permettant de cerner une conception :

« Si celles-ci sont dignes d'intérêt, on peut aussi choisir de poser des questions portant sur l'explication de faits ou sur des éléments plus ponctuels ; cela permet d'éviter de croire que, parce qu'un phénomène est à peu près correctement décrit, il est valablement interprété » (Giordan & de Vecchi, 1987, p. 98).

Afin de parvenir à cerner comment les élèves appréhendent le fonctionnement du monde qui les entoure, il convient de définir clairement quels sont les moyens que l'enseignant peut mettre en î uvre durant une séquence de sciences.

2.1. Définition de lôenseignement

Avant d'entrer dans des considérations propres aux sciences, il ne nous a pas paru inutile de nous attarder quelques instants sur la définition de l'enseignement lui-même. Cette dernière devrait nous permettre de délimiter notre zone d'action initiale, avant de la circonscrire davantage avec des outils intimement liés à la didactique spécifique de la physique.

Approchons-nous de cette définition avec une référence assez ancienne qui a le mérite de la clarté. Marx nous explique que « dans le procès de travail, l'activité effectue à l'aide de moyens de travail une modification voulue de son objet » (Marx, 1867-1976, p. 138).

Il s'agit de comprendre si cette définition peut être réinvestie afin de nous éclairer sur ce qu'est l'enseignement. Schneuwly estime que c'est possible. Il prétend que « l'objet du travail enseignant sont les processus psychiques des élèves ; ce sur quoi il travaille sont des modes de penser, de parler et d'agir qu'il doit transformer en fonction de finalités définies par le système scolaire » (Schneuwly, 2009, pp. 29-30). Or, il n'est guère aisé de modifier des processus psychiques, qui sont immatériels et sur lesquels « il nôy a pas dôaction directe possible de lôenseignant » (Schneuwly, 2009, p. 33). Schneuwly s'appuie sur les travaux de Vygotski afin de trouver une réponse à cet épineux problème. Pour travailler sur les processus psychiques des élèves, il est nécessaire d'avoir recours à des instruments psychologiques.

> Les instruments psychologiques sont des élaborations artificielles, ils sont sociaux par nature, et non pas organiques et individuels, ils sont destinés au contrôle de processus du comportement propre ou de celui des autres, tout comme la technique est destinée au contrôle des processus de la nature. (Vygotski, 1930-1985, p. 38)

Ce sont ces instruments psychologiques qui permettraient la modification des processus psychiques des élèves. Plus précisément, pour lôenseignant, « les systèmes sémiotiques sont [é] des outils qui agissent sur les fonctions psychiques des autres en vue de les transformer » (Schneuwly, 2009, p. 31). Mais, n'oublions pas que « ce n'est en fait pas lui qui transforme le mode de penser, de parler et d'agir ; il ne fait que créer les conditions de leur éventuelle transformation par les élèves eux-mêmes » (Schneuwly, 2009, p. 33).

Un lien peut aisément être réalisé avec la définition de conception fournie par Giordan et de Vecchi. En effet, la situation-problème dévolue aux élèves constitue une manière indirecte d'aller sonder leurs "processus psychiques". Notons que pour l'instant, nous n'avons que peu développé d'exemples concrets d'outils que l'enseignant peut utiliser.

Afin de clarifier la situation, citons quatre gestes fondamentaux, retenus par Schneuwly, qui permettraient dôobserver la modification souhaitée des processus psychiques des élèves.

> Ces quatre gestes fondamentaux du travail de lôenseignement en classe concernant lôobjet dôenseignement se trouvent dans un rapport entre eux quôon peut décrire comme une suite temporelle qui va de la mise en place du dispositif, en passant par la régulation pour arriver à lôinstitutionnalisation, la construction de la mémoire étant [é] transversale. (Schneuwly, 2009, p. 41)

Précisons, si besoin était, que la situation nôest pas aussi simple que nous pourrions lôimaginer. Ces quatre gestes fondamentaux ne se déroulent pas toujours dans cet ordre qui se voudrait chronologique, ils peuvent être intervertis, sôentremêler. Néanmoins, « on se trouve [é] dans un système dynamique derrière lequel on peut cerner un flux temporel dominant » (Schneuwly, 2009, p. 41).

Un dispositif didactique implique une mobilisation de divers moyens fort différents. On peut noter « lôagencement même de la classe [é], des textes écrits ou des supports pour écrire [é], le discours de lôenseignant comprenant différentes modalités, y compris la gestualité et le déplacement dans lôespace » (Schneuwly, 2009, p. 37). Il en découle que « le choix même du dispositif didactique [é] participe à la détermination de lôobjet qui est en construction et permet de voir comment il est découpé, comment il est abordé, comment il est mis dans une séquence progressive dôélaboration » (Schneuwly, 2009, p. 37).

Une fois le dispositif construit, lôenseignent joue un rôle actif en cours de séquence. Il se doit de réguler les dispositifs déployés. « Les régulations ont souvent comme point de départ lôexplication ou le constat dôobstacles rencontrés par les élèves, ou des apports dôélèves à la construction de lôobjet » (Schneuwly, 2009, p. 38). Schneuwly conçoit « le geste de régulation comme la prise dôinformation, lôinterprétation et, le cas échéant, la correction concernant lôavancement du travail dans les dispoitifs en cours de construction » (Schneuwly, 2009, p.38). Comme nous le verrons par la suite, il existe plusieurs stratégies possibles à appliquer, en fonction de la typologie de l'obstacle.

Rapport-gratuit.com

Durant une séquence, il est nécessaire de marquer un temps d'arrêt afin de stabiliser certains savoirs construits pas les élèves. L'institutionnalisation est « le processus par lequel l'enseignant montre aux élèves que les connaissances qu'ils ont construites se trouvent déjà dans la culture (d'une discipline) et par lequel il les invite à se rendre responsables de savoir ces connaissances » (Sensevy, 2001, p. 211).
Comme nous l'avons vu, le dispositif déployé découpe l'objet d'enseignement afin que les élèves puissent modifier, petit à petit, leurs processus psychiques. Cependant, il pourrait générer une compréhension trop morcelée des savoirs. « Créer de la mémoire didactique, notamment à travers ce qui a été vu, est vu et va être vu permet de reconstituer le tout, le sens, la compréhension contre la chronologie séquentielle » (Schneuwly, 2009, p. 40). En fait, « le rappel et l'anticipation pour la construction de la mémoire sont le correctif que l'enseignant utilise pour faciliter la compréhension » (Schneuwly, 2009, p. 40). Cela permet, notamment, aux élèves de comprendre que les connaissances ne sont pas parcellisées.

2.2 Les didactiques des sciences : le modèle allostérique

Nous souhaitons que les élèves modifient leur processus psychique concernant des savoirs scientifiques. Il nous sera nécessaire de penser des dispositifs didactiques le permettant. Cependant, nous avons constaté que les représentations que se faisaient les élèves de nombre de sujets scientifiques étaient, pour le moins, fantaisistes. Et pourtant, elles sont le fruit d'une construction mentale et possèdent une stabilité certaine. Nous nous devons d'en tenir compte.
Le modèle allostérique développé par Giordan et de Vecchi propose une stratégie intéressante afin de permettre aux élèves de modifier leurs processus psychiques tout en acquérant de nouveaux concepts.
« Le consensus actuel est [é] que l'enfant n'est pas une "page blanche" sur laquelle on peut imprimer un savoir ; il possède des conceptions et c'est leur évolution progressive qui va constituer un niveau de connaissance de plus en plus opératoire et proche du savoir scientifique » (Giordan & de Vecchi, 1987, p. 127). Si nous acceptons cela, il est nécessaire de découvrir les conceptions des élèves, car nous souhaitons que l'élève parvienne à les faire évoluer. Le véritable défi commence à ce stade pour l'enseignant. Que faire lorsqu'un dispositif judicieux permettant d'observer les conceptions a été mis en place ? Comment en tenir compte dans son enseignement ?
Certains professionnels s'accordent sur l'importance des conceptions, mais prétendent qu'il est « extrêmement difficile de prendre en compte ces conceptions, car elles sont trop diverses et risquent d'entraîner la classe dans des directions multiples » (Giordan & de Vecchi, 1987, p. 127).
D'autres évoquent les programmes en arguant qu'ils sont "démentiels" et qu'on ne demandera aux élèves que des "savoirs ponctuels" ou des "exercices qu'ils devront s'être entraîné à réaliser".
Il est, pourtant, indispensable de comprendre que « si les représentations initiales sont seulement refoulées, le sujet n'acquiert qu'une illusion de connaître [é] ; et les vieilles conceptions referont surface à la première occasion un peu inhabituelle. » (Giordan & de Vecchi, 1987, p. 128)
En fait, ces conceptions représentent un pont entre l'élève et les savoirs à construire. Elles constituent sa "grille de lecture" qu'il utilisera pour comprendre le monde qui l'entoure.
Afin de percevoir comment tenir compte des conceptions de l'apprenant, nous allons analyser trois types de comportement possible de l'enseignant.
Certains désirent travailler "contre" les conceptions. L'enseignant va chercher à faire émerger les conceptions de ses élèves. Par la suite, il va faire en sorte que des contradictions entre les conceptions émanent, ou encore les "remettre en cause" lui-même. Le but est de « montrer aux élèves le décalage existant entre leur savoir et la réalité » (Giordan & de Vecchi, 1987, p.

131). Le formateur ne va, par la suite, plus en tenir compte si ce n'est « en mettant en avant leur côté pittoresque » (Giordan & de Vecchi, 1987, p. 132). A ce stade de la séquence, l'élève n'aura encore construit aucun savoir. Il aura juste entendu son enseignant déclamer certaines vérités, mais ne sera pas apte à les assimiler. Il est nécessaire de s'approprier les nouveaux concepts avant de pouvoir revenir sur ses représentations initiales.

> Il n'est pas évident de réfuter directement un savoir préalable, celui-ci résistant même à des argumentations très élaborées, puisqu'il est en liaison avec une structure cohérente plus vaste, celle de la pensée de l'apprenant, qui porte en elle sa logique et ses systèmes de signification propres. (Giordan & de Vecchi, 1987, p. 132)

D'autres désirent travailler "avec" les conceptions. L'enseignant va chercher à faire émerger les conceptions de ses élèves. Par la suite, il va faire en sorte que les élèves travaillent par groupe ou utiliser la classe entière. « Il fait se rencontrer et se confronter les diverses représentations. Il en résulte des débats qui amènent les élèves à prendre du recul par rapport à leurs propres conceptions et à proposer des idées de plus en plus élaborées » (Giordan & de Vecchi, 1987, p. 129). Cela est envisageable lorsqu'il existe une "continuité" entre les représentations initiales et les savoirs scientifiques qui sont en jeu. Or, ce n'est que rarement le cas. Il est, donc, nécessaire de mettre en î uvre une stratégie qui n'irait pas "contre" les conceptions initiales, mais qui ne tenterait pas de faire "avec" ces dernières.

Une troisième stratégie consiste à créer un dispositif didactique « ayant pour but de créer une motivation et de faire émerger un questionnement réel de la part des apprenants » (Giordan & de Vecchi, 1987, p. 156). Ainsi, on pourra faire naître une certaine curiosité. « Une problématique peut naître également de paradoxes, cœst-à-dire de situations qui vont à l'encontre du "bon sens" de l'élève » (Giordan & de Vecchi, 1987, p. 156). Cette phase de questionnement et de déstabilisation est nécessaire afin de pousser l'élève à reconsidérer son point de vue initial. De plus, elle permet « d'accélérer le processus d'apprentissage » (Giordan & de Vecchi, 1987, p. 157). En faisant cela, une tension est générée chez l'apprenant et il va chercher à l'apaiser. Les confrontations entre ses conceptions et la réalité observée « créent une frustration culturelle qui pousse celui qui apprend à réagir ; elles l'obligent à expliciter ses propos, à tenter de les justifier, éventuellement à les infirmer, et ainsi à les rectifier progressivement » (Giordan & de Vecchi, 1987, p. 159). Nous constatons que les apprenants doivent faire évoluer une conception, afin d'apaiser les tensions entre leurs représentations initiales et le nouveau savoir en jeu. Cela n'est pas aisé car la représentation initiale possédait un champ de validité et était en accord avec l'environnement entourant les élèves, jusqu'au moment où l'enseignant est venu déstabiliser cela avec un dispositif didactique. Elle n'est pas totalement erronée mais elle s'avère insuffisante et doit être modifiée.

Citons Giordan et de Vecchi qui résument cela avec les mots suivants :

> Il ne s'agit donc plus [é] de travailler "contre" ou "avec les représentations des apprenants, mais les deux à la fois et en interaction allostérique ; de même, il est difficile de parler de conceptions "fausses" ou "vraies". Nous préférons substituer à cela l'idée de "champ de validité" d'une représentation. On pourra conserver cette dernière tant qu'elle permettra de comprendre les phénomènes qui se présentent et tant qu'elle sera adaptée aux prévisions à la portée des apprenants. Lorsqu'on atteindra son "niveau de rupture", il sera temps d'en changer. Une conception peut être considérée comme une structure utilisable dans un champ d'application donné, plus ou moins restreint [é]. Une représentation fausse n'est pas toujours erronée ; elle peut n'être que "relativement fausse". (Giordan & de Vecchi, 1987, p. 170)

2.3 Les conceptions erronées en optique

Le modèle allostérique nous fournit des pistes exploitables lorsque nous souhaitons mettre sur pied un dispositif didactique afin d'enseigner une séquence de sciences. Comme nous l'avons

rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

écrit en introduction, nous sommes particulièrement intéressé par la thématique liée au domaine de l'optique.
Nous avons déjà évoqué les représentations fréquemment observées chez les apprenants à l'entame d'une séquence d'optique. Nous désirons les cerner davantage, afin de découvrir, si possible, les cadres de référence utilisés par ces personnes. Rappelons que la plupart des personnes interrogées dans l'étude évoquée par Viennot ont estimées qu'une superposition de faisceaux rouge et vert serait observée sous une teinte marron. Cette affirmation ne nous permet pas de comprendre comment la réponse a été construite par les sondés.
Une discussion clinique entre un enseignant (E), ainsi que deux étudiants en Arts Appliqués (A et B) nous permet d'en apprendre davantage :

E : - Quôest-ce que vous voyez ?

A : - Ca tend vers lôocreé Côest pas ocre, mais ça tend vers le marron, dans les mélanges picturaux, en principe, le rouge et le vert mélangés deviennent généralement une couleur marron.

E : Mais quand vous regardez, côest marron ?

B : En pratique,é

A : Côest un orange.

B : Moi, je vois du jaune. (Viennot, 1996, p. 42)

Cet entretien nous rappelle un élément évoqué par Giordan et de Vecchi : « il n'est pas évident de réfuter directement un savoir préalable » (Giordan, de Vecchi, 1987, p. 132). L'étudiant A observe une couleur jaune mais, même confronté à l'évidence, il ne parvient pas à l'exprimer, et donc, à le concevoir. Ce résultat est trop éloigné de son cadre de référence pour qu'il puisse l'admettre. Mais justement, quel est son cadre de référence ?
La personne interrogée s'en réfère à l'expérience connue qui lui semble la plus utile pour anticiper l'observation qui sera faite de deux faisceaux de lumière superposés, à savoir les mélanges picturaux. Viennot l'exprime d'ailleurs ainsi : « ces réponses et commentaires traduisent une compréhension de la couleur comme caractéristique intrinsèque, imprégnée dans la matière et relevant des règles propres aux peintures » (Viennot, 1996, p. 42).
Afin de confirmer cette intuition, une autre question a été posée à un échantillon de 14 étudiant-e-s en Diplôme de Métiers d'Arts :
« Deux faisceaux laser de couleur différente, l'un rouge, l'autre vert. Se croisent dans l'espace. La lumière de chacun sera-t-elle modifiée après avoir traversé la zone de croisement ? » (Viennot, 1996, p. 43)
Un tiers des sondés imaginent que ce croisement jouera un rôle "durable". On peut lire diverses réponses telles que :
« Non, la couleur ne sera pas la même après le croisement, il y aura un mélange de couleurs » (Viennot, 1996, p. 43).
« Chaque faisceau de couleur joue le rôle d'un filtre pour l'autre » (Viennot, 1996, p. 43).
Le cadre de référence utilisé par les personnes fournissant ce genre de réponses est constitué par l'expérience connue. « La lumière colorée est en quelque sorte "choséifiée" » (.Viennot, 1996, p. 43). La lumière immatérielle acquiert un statut de matière, ainsi l'étudiant interrogé est capable de construire une réponse qui lui semble cohérente et pertinente. Précisons, toutefois, que cette option, fréquemment utilisée, est assez singulière. En effet, les objets en jeu dans ces questions sont « particulièrement peu matériels au sens commun du terme : [é] un faisceau de lumière ne pèse pas lourd, une sensation de couleur encore moins » (Viennot, 1996, p. 43).

2.4 Des références communes

Ces références, que sont Viennot, ainsi que Giordan et de Vecchi, nous offrent des stratégies afin de parfaire l'enseignement des sciences. Ils nous rendent également attentifs à certains écueils qui nous attendent.

Nous nous devons de noter que leurs recherches nous ramènent souvent à deux autres auteurs antérieurs sur lesquels ils se sont appuyés. Nous pensons à Vygotski et Bachelard qui sont évoqués clairement ou dont nous pouvons sentir l'î uvre transparaître en toile de fond.

Nous venons de transcrire les réponses fournies par des étudiant-e-s concernant la teinte de l'observation que nous pourrions faire de la superposition de deux faisceaux lumineux, ainsi que le cadre de référence utilisé par ces dits étudiants. Viennot le dit clairement : « le statut de matérialité communément attribué aux concepts de la physique est à rapprocher de ce que Bachelard nommait "l'obstacle substantialiste" » (Viennot, 1996, p. 43).

De même Giordan et de Vecchi estiment que les enseignants pensant qu'il faut apprendre "contre" les conceptions se trompent. Ils les considèrent comme des disciples de Bachelard, qui seraient allés trop loin. « Cette conception a débouché sur des pédagogies de la "réfutation", dépassant en cela la pensée de Bachelard qui ne prônait qu'un enseignement de la "rectification" » (Giordan & de Vecchi, 1987, p. 131).

Ils arrivent également à la conclusion que la conception fausse peut permettre à l'apprenant de progresser. Elle peut lui être utile. « Les conceptions de l'apprenant ne correspondent pas uniquement à des images de la réalité ; elles lui servent de point d'ancrage pour s'approprier d'autres savoirs, car elles constituent les "structures d'accueil" qui permettent de fédérer de nouvelles informations » (Giordan & de Vecchi, 1987, p. 133). Cette affirmation pourrait nous ramener aux nécessaires concepts quotidiens, permettant d'assimiler un concept scientifique, tels que décrit par Vygotski : « le développement du concept quotidien doit atteindre un certain niveau pour que de manière générale l'enfant puisse assimiler un concept scientifique et en prendre conscience » (Vygotski, 1935-1997, p. 382).

Dès lors, il ne nous semble pas inutile de mettre en avant quelques thèses de ces deux scientifiques afin de comprendre davantage certains mécanismes inhérents à l'enseignement des sciences.

3. Cadre théorique

Nous concevons bien volontiers que notre volonté de nous en référer à Vygotski et Bachelard peut sembler cavalière. C'est pourquoi, nous souhaitons expliciter davantage ce choix avant de présenter leurs thèses.

Le cadre scolaire, puisqu'il en est question, constitue une relation à trois pôles que sont les élèves, l'enseignant et le savoir. Le "modèle allostérique", décrit ci-dessus, met clairement en interaction ces trois pôles. Cette interaction tend à nous montrer le besoin qu'a l'élève de l'enseignant pour progresser. « L'état de développement d'un enfant doit donc être considéré de manière dynamique englobant ce qu'il peut apprendre avec l'aide d'un adulte » (Joshua, 2002, p. 30). L'élève est capable de résoudre un certain nombre de problèmes individuellement. Il en existe également un certain nombre qu'il peut actuellement résoudre avec l'accompagnement d'un adulte ou d'un camarade, et qu'il devrait pouvoir résoudre individuellement dans un intervalle de temps assez ténu. En ceci, on constate que les conceptions des élèves sont appelées à évoluer par l'intermédiaire d'une déstabilisation, suivie d'un nombre plus ou moins important de rectifications. Ces dernières sont possibles grâce au dispositif didactique choisi. Ces problèmes, accessibles avec l'appui d'un tiers, appartiennent à ce qu'on nomme sa "zone proximale de développement". Certains la considèrent comme une «zone sans faille, sans rupture de registre, bref sans obstacles réellement consistants »

(Joshua, 2002, p. 30). Or, Vygotski estimait que « la zone de développement devait plutôt être pensée comme une zone aux contours flous, aux frontières mouvantes, au contenu incertain, et comportant parfois des failles imposantes » (Joshua, 2002, p. 30).
Afin de donner de la consistance à ce qu'il nomme la "zone proximale de développement", «Vygotski a la particularité [é] d'insister sur la spécificité des apprentissages scientifiques[2]. Il donne une description des "concepts scientifiques" comme organisés en système, caractérisés par une structuration systématique interne, et des intermédiaires sémiotiques propres [é] » (Joshua, 2002, p. 30). Il définit d'autres types de concepts, plus spontanés, qu'il nomme "quotidiens". « Les seconds essaiment "par le bas", alors que les premiers auraient une logique "descendante" » (Joshua, 2002, p. 30). Il nous semble que ces concepts "quotidiens" sont à mettre en relation avec les conceptions initiales des élèves. Tandis que les savoirs à construire durant une séquence de sciences sont à relier aux concepts "scientifiques". Vu sous cet angle, le modèle développé par Vygotski pourrait nous sembler basique en comparaison au "modèle allostérique". Toutefois, cette approche nous permet de comprendre un grand nombre d'enjeux liés au développement d'une séquence d'enseignement de sciences.
Néanmoins, nous nous devons d'ajouter un bémol à la manière dont nous interprétons les thèses de Vygotski. L'élève devrait s'appuyer sur ces concepts "quotidiens" afin de parvenir à développer des concepts "scientifiques" comme nous l'explique Vygotski. Or certains concepts "quotidiens" « peuvent venir faire obstacle aux apprentissages "scientifiques" » (Joshua, 2002, p. 30). Dans certains cas, la conception initiale présente une forte résistance. « Les élèves ne disposent tout simplement pas des moyens cognitifs de la dépasser aisément. On tient là l'exemple de ces obstacles épistémologiques » (Joshua, 2002, p. 31). Il nous semble nécessaire de nous attarder également sur la longue analyse qu'a faite Bachelard des obstacles de ce type afin de donner davantage de relief aux théories de Vygotski.
Ces deux sources devraient nous permettre d'observer l'évolution de quelques élèves de manière efficiente et pertinente.

3.1. Concepts scientifiques et concepts quotidiens

Afin de décrire lôévolution des processus psychiques et la manière avec laquelle les apprenants assimilent de nouveaux savoirs, Vygotski en vient à définir deux types de concepts. Bien que diamétralement opposés, ces derniers sôenrichissent par le biais dôune fine interaction.
Dôune part, il existe des concepts dit "quotidiens". Lôenfant peut les manier spontanément. Toutefois, sôil « a conscience de lôobjet même qui est représenté dans le concept, il nôa pas conscience du concept lui-même, de son propre acte de pensée grâce auquel il se représente lôobjet » (Vygotski, 1935-1997, p. 378). Citons un exemple de concept quotidien avec le terme "frère". Lôenfant comprend parfaitement ce que signifie ce mot et peut aisément lôutiliser dans des phrases. « Ce qui fait la force du concept quotidien est quôil est gorgé de contenu empirique » (Vygotski, 1935-1997, p. 379). Néanmoins, il peinera à utiliser le concept "frère". Si on lui demande qui est le frère de son frère, il sera certainement emprunté pour répondre. En effet, « manier ce concept dans une situation non concrète [é] est au-dessus de ses forces. » (Vygotski, 1935-1997, p. 379)
Dôautre part, le concept dit "scientifique" connaît un développement tout autre. Il nôest pas médiatisé par un objet, mais, « commence habituellement par un travail sur le concept même en tant que tel, par sa définition, par des opérations qui impliquent un emploi non spontané de ce concept » (Vygotski, 1935-1997, p. 379). Lôenfant parvient immédiatement à utiliser le concept scientifique « dans différentes opérations logiques » et « découvre le rapport quôil a avec dôautres concepts » (Vygotski, 1935-1997, p. 379). Citons, cette fois-ci, un exemple de

[2] Précisons que le terme scientifique est à comprendre au sens large du terme et ne s'arrête pas aux sciences dites dures.

concept "scientifique" avec la notion de "famine". Lôenfant pourra définir les conditions dans lesquelles sôapplique ce concept. Il parviendra à en déterminer les causes et les conséquences, qu'elles soient naturelles ou politiques. Néanmoins, il peinera à donner du relief à ce concept. Si on lui demande d'expliquer ce que ressentent les personnes vivant une famine, il se retrouvera emprunté. Il manque cruellement dôempirisme vécu.
Or ces deux types de concepts ont besoin lôun de lôautre pour évoluer. Lôassimilation du concept scientifique est possible par lôintermédiaire dôun tiers, mais la présence du formateur nôest pas suffisante. « Le développement du concept quotidien doit atteindre un certain niveau pour que de manière générale lôenfant puisse assimiler un concept scientifique et en prendre conscience » (Vygotski, 1935-1997, p. 382). En dôautres termes, le concept scientifique se situe dans la zone proximale de développement de lôenfant, à condition que le concept quotidien ait atteint un niveau suffisant. De plus le développement du concept scientifique permettra une évolution du concept quotidien. Ce dernier deviendra utilisable de manière non spontanée. Lôenfant pourra le convoquer volontairement afin de parvenir à résoudre un problème qui se présente à lui. Vygotski résume cela ainsi :

> Les concepts scientifiques commencent à se développer dans la sphère du conscient et du volontaire et poursuivent leur développement en germant vers le bas dans la sphère de lôexpérience personnelle et du concret. Les concepts spontanés commencent à se développer dans la sphère du concret et de lôempirique et évoluent vers les propriétés supérieures des concepts : le caractère conscient et volontaire. La véritable nature du lien qui unit dans leur développement ces deux lignes de sens opposé se manifeste dans toute son évidence : côest celui qui unit la zone prochaine de développement et le niveau présent de développement. (Vygotski, 1935-1997, p. 383)

3.2 Le concept quotidien peut jouer le rôle dôobstacle

Or, nous lôavons évoqué, les concepts quotidiens sur lesquels les élèves vont sôappuyer afin dôassimiler des concepts scientifiques peuvent, parfois, constituer un obstacle. Avant dôapprofondir cette thématique, il semble nécessaire de comprendre quels sont les obstacles pouvant intervenir durant une séquence dôenseignement. Cela nous permettra de construire des dispositifs didactiques appropriés.
En guise de préambule, il sôagit de différencier les obstacles des erreurs qui « consistent en des écarts locaux à la norme, à la forme ou à la réponse attendue » (Glossaire de didactique générique). Lôerreur nôest pas systématique. Comprenons également que les obstacles ne sont pas des difficultés. « On dira dôun élève quôil est en difficulté, dôun point de vue didactique, lorsquôil ne parvient pas à dépasser un ou plusieurs obstacles » (Glossaire de didactique générique).
Ces éléments se devaient dôêtre définis afin que nous ne les confondissions pas avec ce qui nous intéresse particulièrement : les obstacles.
Brousseau estime qu' « un obstacle se manifeste [é] par des erreurs, mais ces erreurs ne sont pas dues au hasard. Fugaces, erratiques, elles sont reproductibles, persistantes » (Brousseau, 1998, p. 121). En d'autres termes, on parle d'obstacles lorsqu'on constate la présence d'erreurs persistantes. Elles prennent racine au sein d' « une conception caractéristique, cohérente, sinon correcte, une "connaissance" ancienne et qui a réussi dans tout un domaine d'actions » (Brousseau, 1998, p. 121). L'élève doit abandonner un système qui a fait ses preuves s'il veut accéder aux nouveaux savoirs en jeu, ou tout du moins, le rectifier. Cela ne se fait pas sans heurts. Brousseau résume cela ainsi : « le franchissement d'un obstacle exige un travail de même nature que la mise en place d'une connaissance, côest-à-dire des interactions répétées, dialectiques de l'élève avec l'objet de sa connaissance » (Brousseau, 1998, p. 123).

Tentons de comprendre davantage ce que sont ces obstacles, en suivant la catégorisation réalisée par Brousseau : les obstacles d'origine ontogénétique, ceux d'origine didactique et ceux d'origine épistémologique.
« Les obstacles d'origine ontogénétique sont ceux qui surviennent du fait des limitations (neurophysiologiques entre autres) du sujet à un moment de son développement » (Brousseau, 1998, p. 124). Ces derniers ne devraient pas nous concerner dans cette étude car les éléments à enseigner se situent dans le Plan dôEtude et doivent être accessibles cognitivement parlant à des enfants de cet âge. Toutefois, nous nous devrons de sélectionner judicieusement les objectifs spécifiques car la thématique abordée peut devenir très complexe si nous nôy prenons garde.
« Les obstacles d'origine didactique sont ceux qui semblent ne dépendre que d'un choix ou d'un projet de système éducatif » (Brousseau, 1998, p. 125). Lôenseignant devra veiller à éviter que des élèves se retrouvent confrontés à ce type dôobstacle. Le déploiement du dispositif didactique, ainsi que les régulations réalisées, doivent être adaptés aux apprenants afin d'éviter ce potentiel type d'obstacle.
Finalement, les obstacles peuvent être épistémologiques. Ils « se situent dans lôécart entre des états de savoir : entre ceux qui précédent lôenseignement et lôapprentissage et ceux, nouveaux, dont lôapprentissage est visé par lôintermédiaire des objectifs généraux et spécifiques retenus par lôenseignant » (Glossaire de didactique générique). Il peut sôavérer nécessaire quôun élève rencontre un obstacle épistémologique. Lorsque les états de savoir antérieurs doivent être rectifiés, il est indispensable de déstabiliser quelque peu lôélève, comme lôont décrit Giordan et de Vecchi dans leur modèle "allostérique". Brousseau corrobore ce sentiment en affirmant que « les obstacles d'origine proprement épistémologiques sont ceux auxquels on ne peut, ni ne doit échapper, du fait même de leur rôle constitutif dans la connaissance visée » (Brousseau, 1998, p. 125). Analysons davantage ce type précis d'obstacles.

3.3 Les obstacles épistémologiques

Bachelard nous explique qu'une construction scientifique ne se fait pas sans heurts. Il est loin d'être aisé de comprendre le monde qui nous entoure. L'histoire des sciences nous montre qu'il est nécessaire de « passer de l'image à la forme géométrique, puis de la forme géométrique à la forme abstraite » (Bachelard, 1938, p. 8). Or, la géométrisation est loin d'être aisée, « on ne s'étonnera guère qu'elle s'offre longtemps comme une conquête définitive » (Bachelard, 1938, p. 8). Le cas échéant, il ne restera guère de place pour la nécessaire abstraction. Or, sans cette dernière, il n'est pas possible de véritablement construire des savoirs scientifiques et nous nous retrouvons dans une impasse. En effet, l'abstraction « débarrasse l'esprit, allège l'esprit et le dynamise » (Bachelard, 1938, p. 6). Sans elle, nous ne pouvons pas maîtriser des concepts scientifiques. Bachelard le précise : « on ne peut se prévaloir d'un esprit scientifique tant qu'on n'est pas assuré, à tous les moments de la vie pensive, de reconstruire tout son savoir » (Bachelard, 1938, p. 7). Nous comprenons bien que cela est loin d'être aisé. La pertinence d'un dispositif didactique et la motivation de l'élève représentent une nécessité si on espère atteindre cette abstraction.
Nous désirons clarifier nos propos. Les savoirs scientifiques ne sont pas un Graal à atteindre, ils sont mouvants et en perpétuelle évolution. « La connaissance du réel est une lumière qui projette toujours quelques zones d'ombres » (Bachelard, 1938, p. 13). Toutefois, dans le cadre de cette étude, nous nous intéressons à des concepts scientifiques ayant atteint une stabilité certaine et qui ne devraient pas être appelés à évoluer grandement.
Cette affirmation est vraie pour la communauté scientifique au sein de laquelle les savoirs enseignés durant la scolarité obligatoire ont été stabilisés et constituent des bases sur lesquelles il est possible de construire sereinement. Or, cela n'est pas vrai pour les apprenants. Ces derniers possèdent des conceptions qui sont appelés à évoluer dans ces domaines.

L'abstraction n'a pas encore eu lieu, mais les obstacles existent. « Quand il se présente à la culture scientifique, l'esprit n'est jamais jeune. Il est même vieux car il a l'âge de ses préjugés» (Bachelard, 1938, p. 14). L'enseignant doit avoir conscience qu'il ne s'agit pas, pour l'élève, «d'acquérir une culture expérimentale, mais bien de changer de culture expérimentale, de renverser les obstacles déjà amoncelés par la vie quotidienne » (Bachelard, 1938, p. 18). Cela a déjà été évoqué mais il s'agit de comprendre que Bachelard ne prétend pas qu'il faut réfuter toutes les conceptions initiales afin de pouvoir créer sur une page devenue blanche. Il a pleinement conscience de cette impossibilité. Au contraire, il faut « donner enfin à la raison des raisons d'évoluer » (Bachelard, 1938, p. 19).

Ces obstacles épistémologiques peuvent être catégorisés. Notre intention n'est pas d'exposer tous les types d'obstacles épistémologiques, mais de définir clairement celui qui devrait intervenir dans la suite de notre recherche, à savoir l'obstacle substantialiste.

Historiquement, nous constatons que l'Homme a une tendance naturelle à « unir directement à la substance des qualités diverses, aussi bien une qualité superficielle qu'une qualité profonde, aussi bien une qualité manifeste qu'une qualité occulte » (Bachelard, 1938, p. 97). En effet, une substance est tangible et manipulable. Elle « vaut quelque chose. C'est un bien » (Bachelard, 1938, p. 119). De plus, le cî ur des substances contiendrait leur essence même. L'alambic, outil indispensable de l'alchimiste, permettrait d'atteindre cette essence de la substance et donc une meilleure compréhension. « On serait étonné du nombre de rêveries qui accompagnent l'usage de cet appareil » (Bachelard, 1938, p. 118). Et pourtant, il ne permet que d'augmenter la concentration d'un produit en suivant une simple logique liée aux suites géométriques.

Or, il deviendra ardu pour un apprenant de travailler le rapport qu'il entretient avec la substance elle-même. Si l'apprenant estime que la superposition de deux faisceaux lumineux, immatériels, est à relier avec le "merveilleux" mélange de peintures tangibles et manipulables qui permet à une troisième couleur de "naître" grâce à l'alliance des deux autres, l'obstacle substantialiste constituera une réalité. Le nécessaire concept "quotidien" entravera la construction du concept "scientifique". En effet, « dès que l'esprit accepte le caractère substantiel d'un phénomène particulier, il n'a plus aucun scrupule pour se défendre contre les métaphores » (Bachelard, 1938, p. 111).

Bachelard l'exprime clairement :

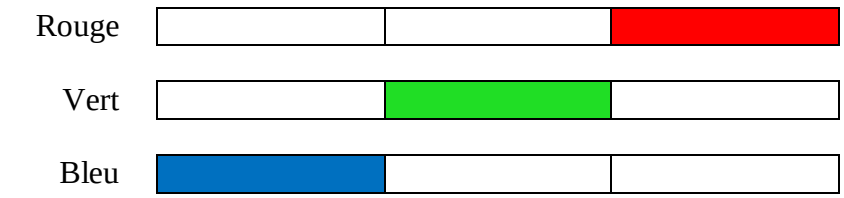
> L'imagination travaille en dépit des oppositions de l'expérience. On ne se détache pas du merveilleux quand une fois on lui a donné sa créance, et pendant longtemps on s'acharne à rationnaliser la merveille plutôt qu'à la réduire. (Bachelard, 1938, p. 108)

3.4 La synthèse additive et la synthèse soustractive

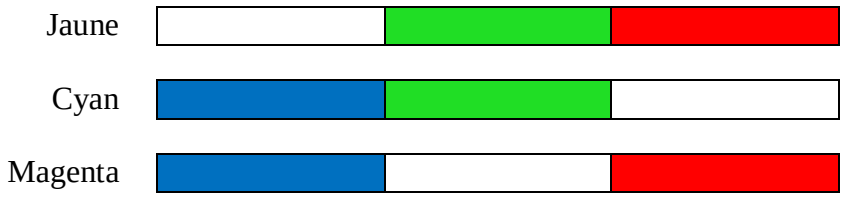
Durant cette étude, nous allons analyser finement comment les élèves construisent des concepts scientifiques pendant une séquence traitant de la lumière, et particulièrement des couleurs associées à la lumière. Les élèves travailleront notamment sur les superpositions de faisceaux lumineux, l'effet des filtres, ainsi que sur les mélanges de pigments fins ou de liquides colorés, tels que la peinture. Nous nous devons dôamener des précisions concernant la thématique afin que les bases de la problématique scientifique abordée soient claires.

« La couleur est une réponse perceptive à une excitation lumineuse de lôî il » (Viennot, 1996, p. 39). Cette excitation lumineuse est constituée dôondes électromagnétiques dont la longueur dôonde varie entre 400 nm et 700 nm. Or, « une lumière produit une sensation de couleur sôil y manque certaines radiations » (Viennot, 1996, p. 39). Plus précisément, la lumière produira une sensation de couleur si dans le paquet dôondes parvenant dans lôî il, il manque des radiations ayant une certaine longueur dôonde comprise entre 400 et 700 nm. Si tel nôest pas le cas, si toutes les longueurs dôonde comprises entre 400 et 700 nm sont présentes en proportion convenable, lôî il observera de la lumière blanche.

Néanmoins, nous se saurions réduire la couleur a une simple longueur d'onde et ceci pour trois raisons.
Premièrement, « si on dirige deux faisceaux laser, l'un rouge, l'autre vert, sur la même plage d'un écran (blanc en lumière blanche), celle-ci apparaît du plus beau jaune sans que la moindre "longueur d'onde jaune" ne soit présente dans le spectre de la lumière qui parvient sur l'écran » (Viennot, 1996, pp. 39-40).
Deuxièmement, si on réalise l'expérience précédemment décrite avec des faisceaux laser rouge et bleu, leur superposition apparaît magenta. Or le magenta n'est nullement présent dans le spectre lumineux. Bien que le spectre lumineux soit constitué d'une infinité de teintes différentes, on ne les retrouve pas toutes. Une infinité ne signifie pas la totalité !
Troisièmement, la couleur que nous observons ne dépend pas de la longueur d'onde. En effet, un rayon rouge pénétrant dans de l'eau change de direction et de vitesse. On dit qu'il est réfracté. Or, la vitesse d'une onde est définie comme étant le produit de la longueur de l'onde par la fréquence de cette dernière. Mais n'oublions pas qu'il n'y a aucune perte d'énergie durant le phénomène de réfraction, cela signifie que la fréquence de l'onde demeure[3]. Nous pouvons en conclure, étant donné que la vitesse varie, que la longueur d'onde subit une modification. Le rayon étant toujours observé avec la même teinte, il convient d'affirmer que cette dernière dépend uniquement de la fréquence de l'onde.
Néanmoins, les tableaux que nous utiliserons par la suite constituent une réalité physique dans le vide et une approximation très acceptable dans l'air, car les indices de réfraction sont similaires. De plus, ils permettront aux apprenants d'assimiler certains outils, tout en possédant un cadre de validité ayant une largeur fort acceptable.
Mais revenons à l'expérience de départ afin de mieux comprendre pourquoi nous observons du jaune. Cela est « dû à la structure des récepteurs de la rétine » (Viennot, 1996, p. 40).
« Lorsque plusieurs lumières colorées entrent simultanément dans l'î il, on parle de "synthèse additive" » (Viennot, 1996, p. 40). A lôaide des diagrammes suivants, il est possible de comprendre comment fonctionne cette synthèse additive de la lumière.
Il s'agit « d'une analyse simplifiée à partir de lumières comportant chacune un tiers de l'étendue du spectre visible, de couleurs respectives rouge, verte et bleue. Ce sont les couleurs primaires de la synthèse additive » (Viennot, 1996, p. 40).
« Des lumières colorées ayant chacune un spectre correspondant à un tiers du [spectre visible] sont respectivement » (Viennot, 1996, p. 41) :



« L'addition de ces lumières deux à deux en proportion convenable donne respectivement une lumière » (Viennot, 1996, p. 41) :



[3] En se basant sur la quantité d'énergie contenue dans un quanta E = hɜ, où h est la constante de Planck et ɜ la fréquence de l'onde

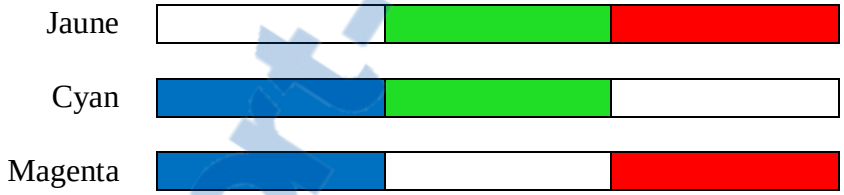
Notons que nous n'avons pas encore parlé de matière. Or, les élèves devraient s'appuyer sur leur concept quotidien, qui est directement lié à des mélanges de différentes peintures. Avant de montrer qu'il existe un lien entre cette synthèse additive et leur idée initiale, il est nécessaire de comprendre comment la lumière interagit avec la matière.

> La couleur des corps éclairés par des sources de lumière fait intervenir un autre aspect : l'action de la matière sur la lumière. Celle-ci comporte souvent une absorption sélective: la matière ne diffuse qu'une partie des radiations reçues. Les matériaux sont caractérisés par la bande de radiations qu'ils absorbent, c'est-à-dire qu'ils ne diffusent pas, ou, dans le cas de filtre, qu'ils ne transmettent pas. Lorsqu'on dit qu'un objet est jaune, par exemple, cela signifie qu'il absorbe surtout le bleu et qu'il parait jaune en lumière blanche. Eclairé en lumière bleue, il parait d'un gris très sombre. Les objets ne sont donc pas propriétaire d'une couleur, ils sont "transformateurs de lumière". (Viennot, 1996, p. 40)

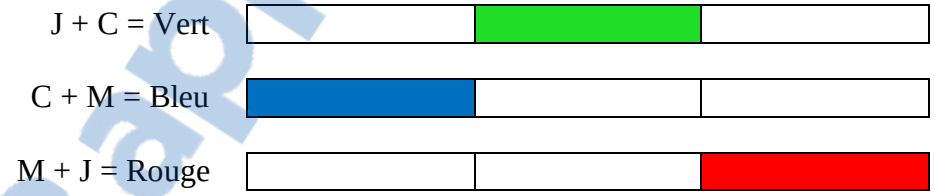
Lorsque nous superposons des filtres ou lorsque nous mélangeons finement des pigments, nous ne faisons que cumuler des actions soustractives, des actions d'absorption. La lumière capable d'émerger de ce mélange ou de cette superposition ne sera, donc, absorbée ni par l'un, ni par l'autre matériau.

Dans ce cas qui est celui de l'action de la matière sur la lumière, c'est une "synthèse soustractive" qui permet d'appréhender le sujet.

« Un filtre (ou un pigment) absorbe une partie de la lumière blanche. Un filtre jaune absorbe la lumière bleue et [transmet] la rouge et la verte. Un filtre cyan absorbe la lumière rouge et [transmet] la verte et la bleue. Un filtre magenta absorbe la lumière verte et [transmet] la rouge et la bleue. Sur les diagrammes suivants, nous pouvons observer la lumière diffusée par un filtre : » (Viennot, 1996, p. 41) :



« Eclairés en lumière blanche, deux filtres superposés ou deux pigments mélangés ne renvoient vers l'œil (transmettent ou diffusent) que la partie commune des spectres qui les caractérisent » (Viennot, 1996, p. 41) :



Ces deux synthèses sont fort différentes. Nous constatons qu'une superposition de rouge et de vert nous fournit du jaune si nous en faisons un bilan additif. Toutefois, un mélange de rouge et de vert nous fournira du marron si nous en faisons un bilan soustractif. Ce cas pourrait être celui d'un mélange de peinture rouge et de peinture verte.

La synthèse soustractive correspond au mélange de peintures et constitue un concept quotidien pour les élèves.

La synthèse additive, quant à elle, correspond à la superposition de faisceaux lumineux et constitue un concept scientifique qui devrait être à construire.

Rapport-Gratuit.com

3.5 Nos questions de recherche

En analysant les différentes références choisies, nous pensons que lors d'une séquence d'optique sur la lumière, les élèves vont s'en référer à un concept quotidien, celui de mélange de couleurs en peinture.

L'enseignement du nouveau concept scientifique qu'est celui de la synthèse additive doit en tenir compte. Il s'agit de montrer qu'il existe un lien entre le nouveau concept scientifique et l'ancienne conception. Ce lien devrait participer à rendre le nouveau concept scientifique assimilable. Les explications théoriques justifiant le concept scientifique ne sont pas simples d'accès pour des adolescent-e-s ; c'est pourquoi la volonté de tisser un lien entre le concept quotidien et le concept scientifique nous semble indispensable. Cela permettra d'apaiser les tensions générées en début de séquence entre leurs conceptions probables et la réalité physique. Ainsi nous maximiserons les possibilités offertes à l'élève d'intégrer la synthèse additive à long terme dans son esprit.

En énonçant ceci, nous ne faisons qu'imaginer les contours d'un dispositif en nous basant sur des hypothèses. Même si ces dernières sont le fruit d'une recherche fondée sur certaines sources probantes, nous souhaitons les expérimenter afin de répondre à différentes questions :

- Pour développer leur compréhension du phénomène, les élèves s'appuient-ils sur leur concept quotidien de mélange de couleurs ?
- En fin de séquence, les élèves sont-ils capables, dans une perspective applicationniste, d'utiliser les concepts scientifiques de synthèses additive et soustractive dans des situations d'applications directes des concepts ?
- En fin de séquence, les élèves sont-ils capables, dans une perspective applicationniste, de déterminer de quelle couleur sera observé un objet d'une couleur primaire ou complémentaire donnée éclairé par un rayon d'une couleur primaire ou complémentaire donnée ?
- Les justifications du nouveau concept scientifique découvert sont-elles catégorisables, et, si oui, comment ?
- La synthèse additive n'est pas une simple connaissance déclarative mais bien un concept scientifique en ceci que le phénomène peut être expliqué rigoureusement et qu'elle peut être convoquée volontairement dans un raisonnement scientifique ?

4. Méthodologie

Afin de répondre à ces différentes questions, nous avons conçu une séquence sur cette thématique dans une classe dont nous sommes en charge. Le but était double. D'une part, nous souhaitions que les élèves maitrisent un certain nombre d'objectifs spécifiques en fin de séquence. D'autre part, nous cherchions à récolter des données nous permettant de répondre à nos questions de recherche. Dans ce chapitre, nous nous proposons de vous présenter de manière détaillée la séquence enseignée tout en justifiant certains choix liés aux dispositifs didactiques construits.

4.1 Analyse préalable

Avant de poursuivre notre étude, nous nous devons de présenter la classe à qui s'adresse cette séquence d'enseignement. Nous nous concentrons grandement sur les savoirs en jeu, mais nous ne saurions oublier que ces derniers doivent être transmis à des élèves. Il est, dès lors, important de les découvrir, afin de pouvoir justifier certains choix se trouvant dans la planification qui va suivre.

Il s'agit d'une classe de 16 élèves constituée de 6 filles et 10 garçons. Ils ont tous entre 14 et 15 ans et sont scolarisés en 11CO. Ils suivent le cours de sciences en niveau 1[4]. Tous ces jeunes vivent dans la commune de Savièse et sont scolarisés au CO Moréchon. Cet établissement accueille tous les élèves de la commune de Savièse, mais aucun élève en provenance d'une autre commune. Cette précision nous permet d'affirmer que ces élèves se connaissent très bien. Ils sont scolarisés dans le même établissement depuis leur troisième primaire[5].

Les éléments qui vont suivre possèdent une part de subjectivité mais nous tenons à les énoncer. Nous avons le sentiment qu'au sein de cette classe règne une ambiance de travail agréable et que les élèves s'entendent bien entre eux. Il y a, certes, des relations plus fortes que d'autres. Néanmoins, nous pouvons créer les groupes que nous souhaitons pour des travaux en commun et le résultat est toujours à la hauteur des espérances en matière de collaboration.

Ces élèves entretiennent des liens agréables avec le milieu scolaire. Etant scolarisés en niveau 1 de sciences, ils ne rencontrent pas de difficultés majeures à obtenir des résultats d'ensemble probants. Certains manquent parfois d'entrain pour découvrir les mystères du monde scientifique. Toutefois, si la tâche leur semble intéressante, ils font preuve de bonne volonté. Nous n'avons pas développé dans le cadre de cette étude, et ne souhaitons le faire, des éléments liés à la motivation des élèves. Notons que des réponses à ces questions d'entrain s'y trouvent certainement.

En quelques mots, nous osons affirmer que le contexte est favorable à la mise en place de tâches diverses permettant d'atteindre les objectifs fixés.

4.2. Analyse *a priori*

L'étude que nous avons réalisée du concept à étudier ï la synthèse additive ï nous permet de délimiter certains points nodaux d'une séquence traitant de cette thématique.

Il est indispensable que nous cherchions à faire émaner les conceptions initiales et que nous les déstabilisions. Avec des dispositifs didactiques pertinents, nous pouvons espérer que les élèves les fassent évoluer et puissent assimiler le concept en jeu. Le concept quotidien permettra au concept scientifique d'être intégré.

Notons bien que si nous cherchons à déstabiliser le concept quotidien, c'est pour éviter qu'il ne joue le rôle d'obstacle substantialiste inhibant les élèves dans leur tentative de construire de nouveaux savoirs.

Le concept scientifique sera assimilé et aura dépassé le stade de simple connaissance déclarative s'il peut être défini et analysé. Précisons que cela ne sera pas simple pour des adolescent-e-s. Nous tenterons de donner du volume au concept scientifique par l'intermédiaire des tiers de spectre mais sommes conscient que l'explication n'est pas si simple d'accès. Elle recèle des écueils en matière de compréhension. Nous pensons souvent que les conceptions erronées proviennent de la "vie courante". Or nombre de physiciens, dont nous étions, ont tendance à imaginer qu'une couleur et une longueur d'onde sont unies par une relation bijective[6]. L'emploi des longueurs d'onde est loin d'être aisée pour des adolescent-e-s et n'est pas une voie simple d'accès. Toutefois, il ne nous semble pas inutile d'observer de près un autre aspect du concept scientifique.

L'élève devrait parvenir à utiliser le concept scientifique "dans différentes opérations logiques" et "découvrir le rapport quôil a avec dôautres concepts". C'est en cela que nous

[4] Contrairement à ce qui se trouve dans le Plan d'étude romand (PER), en Valais, le niveau 1 est suivi par les élèves réalisant les meilleurs résultats.

[5] Dans l'intervalle, la troisième année primaire est devenue la cinquième année Harmos (5H).

[6] Si c'était le cas, à une longueur d'onde donnée, nous ne pourrions associer qu'une seule et unique couleur et à une couleur donnée, nous ne pourrions associer qu'une seule et unique longueur d'onde.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

allons tenter de faire construire un pont à l'élève entre son concept quotidien et le nouveau concept scientifique découvert. L'observation de faisceaux lumineux devrait le surprendre car il s'en référera à ce qu'il a expérimenté : le mélange de "matière". Une fois, cette déstabilisation vécue, nous espérons que l'élève puisse cerner les enjeux de l'interaction entre la lumière et la matière afin d'amener une explication rigoureuse à ce qu'il connaissait à savoir les mélanges de "matière" grâce à l'interaction précitée. D'une part, la tension initiale sera apaisée et, d'autre part, nous aurons mis en place un dispositif permettant au concept quotidien de mûrir et d'accéder au stade de concept scientifique.

Afin d'y parvenir, nous nous sommes grandement inspiré de Viennot et de sa méthode dite "chaîne". Ce terme semble tombé de nulle part, il s'agit donc de le définir.

Nous l'avions dit : la lumière est une réponse perceptive à la lumière reçue. Nous souhaitons que « la chaîne de transformation de l'information lumineuse dans son voyage de la source jusqu'au système visuel de l'observateur devienne, de ce fait, le schéma d'analyse privilégié » (Viennot, 2002, p. 191). Ce fil conducteur aura comme effet de « renforcer les liens entre les différentes parties de la séquence » (Viennot, 2002, p. 197). Non seulement, cela devrait permettre à l'élève de s'y retrouver plus aisément, mais cela pourrait faciliter la germination potentielle du concept quotidien vers le concept scientifique. De plus, en optant pour cette stratégie, nous rompons avec la méthode standard qui « dicte souvent l'usage d'une combinatoire de couleurs mémorisées, du type : X + Y donnent Z » (Viennot, 2002, p. 192).

Dans ce type de séquence, les expériences jouent un rôle certain. Viennot le précise : « [elles] sont esthétiquement très belles tout en étant réalisées avec un matériel extrêmement simple » (Viennot, 2002, p. 198). De plus, elles permettront de remettre en questions les conceptions initiales et de confirmer certains développements théoriques réalisés par les élèves. Durant cette séquence, nous souhaitons que les élèves réalisent des expériences durant un intervalle de temps équivalent, de manière cumulée, à un cours sur les sept cours d'enseignement que comptera la séquence. Toutefois, comme le dit Viennot, « il est naïf de croire que cela suffit pour faire comprendre » (Viennot, 2002, p. 198). Il est nécessaire de mettre sur pied des dispositifs permettant aux élèves de construire des savoirs efficacement et de ne pas être uniquement en contemplation devant des jeux de lumière colorée. De plus, il se peut que les conditions ne soient pas idéales lors de la réalisation de certaines expériences. Par exemple, « éclairée en lumière verte, une lettre rouge se devrait d'être noire. [é] Réalisons l'expérience aussi bien que possible en situation normale, cœst-à-dire "approximativement" dans le noir. La lettre en question est marron » (Viennot, 2002, p. 199). La faible quantité de lumière ambiante résiduelle vient perturber le bon déroulement de l'expérience. Il nous est nécessaire d'en tenir compte si ce phénomène venait à se produire. En effet, sans cela, les élèves pourraient réinvestir faussement leur concept quotidien initial et le conforter. Notons qu'en utilisant la méthode "chaîne", nous parvenons assez facilement à expliquer aux élèves la provenance de cet hypothétique marron.

Un second exemple montre l'importance des choix réalisés lors de la construction du dispositif didactique. En effet, le schéma résumant la synthèse additive et celui résumant la synthèse soustractive peuvent se présenter de manière similaire par l'intermédiaire de trois cercles de même rayon, dont les centres seraient confondus avec les sommets d'un triangle équilatéral, qui scinderaient le plan en huit zones. Or ils définissent chacun une réalité fort différente ï la superposition de faisceaux lumineux ou la superposition de filtres. La possibilité d'amalgame existe et ceci d'autant plus que la conception initiale possible possède une grande stabilité et s'en retrouverait renforcée. Certains enseignants « parlent de compléter ces schémas par les dispositifs utilisés en pratique, mais on ne dénonce pas la non différenciation des symboles » (Viennot, 2002, p. 208). Cela ne nous semble pas suffisant.

Ces premières considérations permettent de saisir quelles pistes nous suivrons afin de penser nos dispositifs didactiques. Ces derniers seront présentés dans la planification argumentée.

Avant de le faire, il nous semble nécessaire de définir les objectifs que nous avons sélectionnés. Les choix liés à la planification prendront, ainsi, davantage de volume.
La carte conceptuelle suivante nous permet de comprendre comment nous avons choisi notre objectif général.

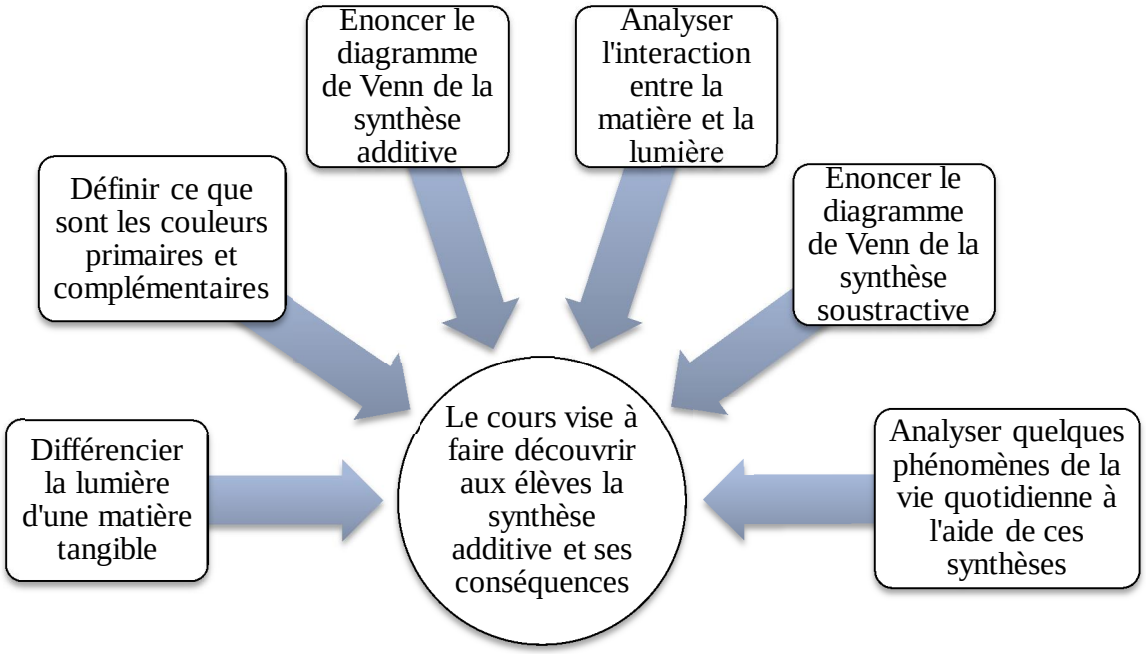


Figure 3 : Carte conceptuelle de la séquence enseignée

Cet objectif général a, par la suite, été subdivisé en objectifs spécifiques. Notre vî u est qu'à la fin de la séquence sur la lumière, les élèvent soient capables de :

- Différencier une source primaire et une source secondaire tout en donnant des exemples.
- Définir ce quôest le spectre lumineux et citer quelques cas le faisant apparaître au quotidien.
- Dessiner un schéma représentant la synthèse additive des couleurs.
- Définir ce qu'est une couleur primaire et une couleur complémentaire.
- Déterminer de quelle couleur sera perçu un rayon obtenu en superposant deux rayons de couleurs primaires ou complémentaires.
- Déterminer de quelle couleur sera perçu un objet dôune couleur primaire ou complémentaire donnée éclairé par un rayon dôune couleur primaire ou complémentaire donnée.
- Déterminer de quelle couleur sera perçu un mélange de pigments ou une superposition de filtres de deux couleurs primaires ou complémentaires données.
- Dessiner un schéma représentant la synthèse soustractive des couleurs.

4.3 Planification argumentée

Une transparence concernant le dispositif didactique construit est une nécessité si nous souhaitons comprendre ce qui s'est déroulé durant la séquence enseignée. Toutefois, nous ne pourrons présenter objectivement que la partie concernant les tâches dédiées et expliciter la volonté qui s'y cache. Les autres gestes contenus dans le dispositif ne seront pas exposés dans ce travail. Cela serait trop fastidieux et trop subjectif. Toutefois, les éléments exposés permettent de circonscrire convenablement le cheminement parcouru afin que les élèves puissent modifier efficacement leurs processus psychiques.

Nous allons donc présenter le détail de la planification séance par séance. Le but est de montrer ce qui est visé. Cela nous permettra de justifier le choix de la tâche sélectionnée afin de montrer comment nous souhaitons que les conceptions des élèves se reconfigurent.

4. 3. 1. Séance 1 : L'évaluation diagnostique

Nous avons précédemment grandement parlé d'obstacle substantialiste qui est un des obstacles épistémologiques décrits par Bachelard. Nous souhaitons analyser les connaissances des élèves concernant la superposition de deux rayons lumineux de couleur primaire. Nous allons demander aux élèves ce qui est observé lorsque deux rayons de couleurs rouge et verte se superposent (*cf*. Annexe, p. 41).

Avant de justifier notre démarche, il est nécessaire de marquer un temps d'arrêt afin de parler de nuances sémantiques qui ont leur importance. Dans cette étude, nous tentons d'être le plus précis possible concernant l'emploi des vocables scientifiques. Néanmoins, il existe des imprécisions dans les documents des élèves. Ces dernières ne sont pas des erreurs dues à l'enseignant, mais des choix que nous nous proposons d'analyser en prolongement. Lorsque nous réalisons une mise en signe, « le choix des mots nous semble [é] primordial. Ceux-ci doivent être simples et précis, afin d'éviter toute ambiguïté. Certains termes peuvent être adoptés en fonction de leur signification pour l'apprenant même si, scientifiquement, ils ne correspondent pas au choix le plus pertinent » (Giordan & de Vecchi, 1987, p. 100).

Ces choix ne devraient pas jouer un grand rôle concernant nos deux objectifs que sont l'enseignement de la séquence et la réponse à nos questions de recherche. Il n'est, toutefois, pas inutile de mettre cette remarque en perspective, après avoir analysé les données recueillies. Afin d'illustrer ce propos, précisons qu'il est demandé aux élèves ce qui est obtenu en mélangeant un rayon vert et un rayon rouge, un dessin étant lié à la question afin de la rendre accessible.

Revenons à l'analyse de cette question. Nous demandons le résultat observé lors de la superposition de faisceaux rouge et vert afin d'utiliser des couleurs primaires. Notons qu'il existait deux autres superpositions possibles que sont le rouge et le bleu ou le vert et le bleu. Les réponses correctes à ces autres questions auraient été respectivement "magenta" et "cyan". Or, nous ne sommes pas persuadé que ces termes appartiennent au vocabulaire des élèves suivant la séquence contrairement au terme "jaune". De plus, nous souhaitons qu'une comparaison soit possible avec le test effectué auprès d'étudiant-e-s, décrit par Viennot. Il n'est, d'ailleurs, pas impossible que le choix effectué par les personnes ayant conçu ce test soit dû aux mêmes motifs que ceux que nous venons d'exposer. Nous demandons également aux élèves une justification de leur réponse ainsi que leur degré de certitude.

Cette première partie de l'évaluation diagnostique nous permet de convoquer les conceptions des élèves concernant la superposition de faisceaux lumineux et d'obtenir des indicateurs nous permettant de répondre à notre question de recherche.

L'évaluation diagnostique contient également une deuxième partie concernant les sources primaires et les sources secondaires (*cf*. Annexe, p. 42). Rappelons que les sources primaires produisent elles-mêmes la lumière qu'elles émettent, tandis que les sources secondaires sont tributaires d'une source primaire, car elles ne font que renvoyer la lumière qu'elles reçoivent. Les sources primaire et secondaire ont été survolées durant une autre séquence. L'évaluation diagnostique nous permettra de cerner les éventuelles lacunes liées à ces concepts. Elles interviendront dans un deuxième temps lorsque nous analyserons de quelle manière la matière interagit avec la lumière. Mais surtout, elles nous permettront de mettre convenablement en avant notre fil rouge qu'est la "chaîne" se déroulant de la source à l'observateur.

Une remédiation sera réalisée au besoin. Nous créerons des groupes hétérogènes travaillant sur une tâche qui consistera à réaliser un poster mettant en jeu simultanément une source

primaire et une source secondaire. Cela permettra à ceux qui rencontrent des doutes de remettre au point leurs connaissances et aux autres de leur servir dôappui.
Chaque poster sera confectionné par un binôme. Ensuite, deux binômes se rejoindront afin de parler de leur poster respectif et de comparer leur travail. Au besoin, une discussion avec le groupe classe mettra un terme à cette remédiation.

4. 3. 2. Séance 2 : L'expérience contre-intuitive

Comme déjà évoqué, la conception initiale doit être déstabilisée en début de séquence. Cela se fera par le biais dôune expérience qui devra être contre-intuitive.
Analysons cette expérience dôun peu plus près, car elle constitue, selon nous, le point névralgique de la séquence.
Commençons par énoncer une évidence : une expérience pour quôelle soit contre-intuitive demande une préparation. Si les élèves ne font que réaliser lôexpérience sans réflexion préalable, ils ne risquent pas dôêtre surpris car ils ne se seront pas posés la question cruciale : que va-t-il se passer durant lôexpérience. Dès lors, il n'y aura plus de contre-intuition possible, mais une simple observation.
Il est important quôils réfléchissent individuellement à une réponse avant dôeffectuer lôexpérience eux-mêmes (*cf.* Annexe, p. 43). Je dis bien individuellement car il est possible que certains élèves possèdent la bonne réponse. Cela pourrait nuire à la surprise que doivent ressentir ceux qui ne la connaissent pas.
Comme nous l'avons dit, l'assimilation du concept scientifique de la synthèse additive nécessite une connaissance du concept quotidien du mélange des peintures. Il est légitime de se demander pourquoi. Un apprenant qui n'aurait jamais vu deux couleurs se mélanger pour en former une troisième ne serait pas surpris par la couleur observée, mais par le phénomène lui-même. Il lui faudrait du temps pour accepter ce fait et il pourrait insérer ce nouveau concept dans son réseau de connaissances existant seulement dans un deuxième temps. Au contraire, une personne consciente du phénomène sera uniquement surprise par le résultat, car le concept quotidien de mélange de couleur sera déjà en place. Dès lors, il sera possible de construire un dispositif didactique, afin que l'explication de ce phénomène, côest-à-dire, le concept scientifique, se situe dans sa zone proximale de développement.
Nous utiliserons cette expérience comme base afin que les élèves puissent faire évoluer leurs conceptions initiales (*cf.* Annexe, pp. 44 et 46). La question à laquelle ils devront répondre est pourquoi le résultat observé est contraire aux attentes. Ils doivent comprendre que leur cadre de référence est fondé sur des mélanges de matières et que dans ce cas, nous sommes confrontés à de la superposition de lumière immatérielle. Cette constatation ne sera, bien sûr, pas suffisante pour que le nouveau savoir soit assimilé. Cela nous permettra de stabiliser les savoirs construits.

4. 3. 3. Séance 3 : L'interaction entre la matière et la lumière

Comprenons bien que notre volonté est d'apaiser la nécessaire tension que nous avons fait naître. L'apprenant ne doit pas considérer le résultat de l'expérience contre-intuitive comme un fait, mais doit gérer la déstabilisation vécue afin de construire un édifice solide tenant compte du nouveau concept scientifique et de son ancien concept quotidien. Cela se fera par une utilisation probante du nouveau concept qui permettra de prédire correctement le résultat de certaines expériences, par un pont construit entre le concept quotidien et le concept scientifique, ainsi que par une explication rigoureuse du nouveau concept découvert.
Durant cette séance, les élèves seront appelés à construire de nouvelles connaissances à l'aide de la synthèse additive.
Nous mettrons de multiples éléments entre leurs mains afin qu'ils puissent saisir comment la lumière interagit avec la matière (*cf.* Annexe, pp. 47-48). Ils travailleront individuellement en

ayant chacun une tâche différente. Dans un deuxième temps, ils formeront des groupes, au sein desquels chaque élève apportera à travers sa tâche un élément qui permettra à l'équipe de réaliser la synthèse demandée. Finalement, une discussion avec le groupe classe devrait permettre aux élèves de faire le point sur la situation et de comprendre comment la matière interagit avec la lumière.
Une série d'expériences sera, ensuite, menée, afin de valider les réponses trouvées (*cf.* Annexe, p. 50).

4. 3. 4. Séance 4 : Une situation-problème
Cette séance permettra aux élèves de consolider leur acquis concernant l'interaction entre la lumière et la matière.
Les élèves devront tenter de comprendre pourquoi des policiers ont arrêté la mauvaise personne lors d'un excès de vitesse (*cf.* Annexe, pp. 51-52). Naturellement, la réponse leur est accessible grâce à leurs nouvelles connaissances.
Au-delà de l'aspect ludique mis en jeu afin de motiver les élèves, il convient de préciser que ce genre de tâche contribue à rendre le nouveau concept découvert "scientifique". En effet, il est utilisé volontairement et en interaction avec le concept de sources primaire et secondaire.

4. 3. 5. Séance 5 : Un pont entre le concept scientifique et le concept quotidien
Les élèves sont, à présent, capables de prédire quelle sera la couleur d'un faisceau lumineux renvoyé par un objet d'une couleur primaire ou complémentaire donnée, lorsque nous projetons sur lui un faisceau d'une couleur primaire ou complémentaire donnée.
Une question doit se poser : que se passe-t-il lorsque nous superposons deux filtres différents ou lorsque nous mélangeons finement deux pigments différents ? Nous questionnerons les élèves concernant un mélange de jaune et de cyan (*cf.* Annexe, p. 54). Leur réponse sera certainement correcte, mais quoi qu'il en soit, nous réaliserons l'expérience. Les élèves auront comme mission d'en interpréter le résultat à l'aide des outils développés durant cette séquence. Ils pourront, dès lors, construire le concept de synthèse soustractive. Cet élément primordial leur permettra d'obtenir une explication scientifique, fondée sur la synthèse additive, justifiant les mélanges picturaux. La synthèse additive, concept scientifique entravé par le concept quotidien de mélange de peinture, permettra de justifier ce dernier.
Comme nous l'avons dit, cela devrait permettre d'apaiser la tension générée et contribuer à rendre le concept scientifique plus acceptable.

4. 3. 6. Séance 6 : Une explication scientifique du nouveau concept, enfiné
Le nouveau savoir abordé, qu'est la synthèse additive des couleurs, est en train d'atteindre un statut de concept scientifique. A ce stade de la séquence, il devrait répondre partiellement aux critères exigés. Nous souhaitons qu'il puisse réellement devenir un concept scientifique pour les élèves, en y apportant une dernière touche que nous plaçons volontairement en fin de séquence.
A travers une question, les élèves vont pouvoir découvrir la notion de tiers de spectre et ainsi offrir davantage de volume au nouveau concept étudié (*cf.* Annexe, p. 56). Notons qu'il serait nécessaire de parler en détail du fonctionnement rétinien, afin de parachever cette séquence. Toutefois, il nous semble nécessaire de savoir rester modeste. Ce choix constitue selon nous un risque de voir un fragile édifice s'effondrer.
Notons que durant cette séance, les élèves réaliseront également une évaluation formative visant à consolider les acquis, tout en leur permettant de sonder leur maîtrise des objectifs et recevront un résumé des éléments découverts (*cf.* Annexe, pp. 57-61).

4. 3. 7. Séance 7 : Un temps de consolidation

Le but de cette séance est que les élèves puissent continuer à consolider leurs acquis ou questionner leur enseignant s'ils en ressentent le besoin. Cette consolidation sera possible par le biais d'expériences et d'un recours à des outils multimédias (*cf.* Annexe, p. 62). L'un de ces derniers permettra de travailler encore la notion de "chaîne" qui a servi de fil rouge à la construction de cette séquence.

4. 3. 8. Séance 8 : L'évaluation sommative

L'évaluation nous permettra d'attester de la maîtrise ou non des objectifs spécifiques par les différents élèves de la classe (*cf.* Annexe, pp. 64-68).
Elle nous permettra également de recueillir un certain nombre de données que nous pourrons analyser, afin de répondre à nos questions de recherche.

4.4 La composition du recueil de données

Afin de clore la présentation de notre dispositif méthodologique, nous souhaitions sélectionner précisément les données qui nous permettront dôapprofondir les questions que nous nous posons. Reprenons-les une par une afin de circonscrire les items qui nous serons nécessaire.
Nos questions sont les suivantes :

- Pour développer leur compréhension du phénomène, les élèves sôappuient-ils sur leur concept quotidien de mélange de couleurs ?

La manière la plus sûre de sôen assurer consiste à observer les conceptions des élèves en début de séquence. Cela nous permettra de cerner le cadre de référence sur lequel se reposent les élèves. Les deux premières parties de lôévaluation diagnostique nous permettront de répondre à cette question (*cf.* Annexe, p. 41).

- En fin de séquence, les élèves sont-ils capables, dans une perspective applicationniste, dôutiliser les concepts scientifiques de synthèses additive et soustractive dans des situations dôapplications directes des concepts ?

Afin de trouver des pistes nous permettant de nous en assurer, il sôagira dôobserver finement les réponses des questions à lôitem 3 de lôévaluation sommative, ainsi que la première partie de lôévaluation diagnostique que nous avons demandée aux élèves de remplir une seconde fois, trois semaines après la fin de la séquence (*cf.* Annexe, pp. 41 et 65-66). Notons que la troisième partie de lôitem 3 ne sera pas analysée. En effet, elle nôapporte rien concernant la question que nous nous posons.

- En fin de séquence, les élèves sont-ils capables, dans une perspective applicationniste, de déterminer de quelle couleur sera observé un objet d'une couleur primaire ou complémentaire donnée éclairé par un rayon d'une couleur primaire ou complémentaire donnée ?

La forme de cette interrogation est très similaire à la précédente. Nous allons également procéder de manière similaire pour y répondre. Une analyse des deux premières parties de lôitem 2 de lôévaluation sommative nous semble judicieuse (*cf.* Annexe, p. 65).

- Les justifications du nouveau concept scientifique découvert sont-elles catégorisables, et, si oui, comment ?

Une question ouverte est nécessaire afin de cerner les pistes utilisées par les élèves afin de justifier le concept de synthèse additive. Nous estimons que la deuxième partie de lôévaluation diagnostique remplie après la séquence devrait nous permettre dôen apprendre davantage (*cf.* Annexe, p. 41).

- La synthèse additive nôest pas une simple connaissance déclarative mais bien un concept scientifique en ceci que le phénomène peut être expliqué rigoureusement et qu'elle peut être convoquée volontairement dans un raisonnement scientifique ?

Une part de subjectivité pourrait sôimmiscer dans notre réponse. Nous tenterons dôêtre le plus clair possible en nous appuyant sur les données utilisées afin de répondre à la question précédente. En effet, les catégorisations utilisées par les élèves pour justifier le concept scientifique, si elles existent, constitueront une source intéressante nous permettant de comprendre si les élèves ont mémorisé un principe ou sôils ont construit un savoir.

5. Analyse des données recueillies

Nous allons analyser les tâches sélectionnée une par une. Conscient que nous connaissons, peut-être, trop bien les élèves, nous tenterons de conserver le plus de distance possible en réalisant une étude quantitative. Toutefois, pour certaines tâches, il nous sera nécessaire dôobserver finement les données recueillies par le biais dôune étude qualitative. Nous la désirons la plus objective possible et pour ce faire, nous sélectionnerons certains termes clés que notre étude qualitative nous permettra de déceler et nous les dénombrerons.
Ce pan de lôanalyse nous permettra également de donner un peu de relief aux réponses des élèves et de cerner davantage leur manière dôutiliser les outils. Afin dôêtre honnête, nous nous devons de reconnaître deux choses. Dôune part, des entretiens cliniques permettraient de confirmer ou dôinfirmer certaines pistes. Une réponse peut nous sembler très pertinente, mais en interrogeant lôapprenant, nous pourrions déceler une conception erronée. Néanmoins, la manière de procéder choisie nous permet de trouver quelques pistes qui ne seront pas inintéressantes. Dôautre part, la taille de lôéchantillon[7] est relativement ténue. A ce second bémol, nous rétorquons également que lôétude permet, tout de même, dôémettre de premières hypothèses demandant un approfondissement.
Finalement, précisons que lôanalyse qualitative nous permettra de mettre en exergue certains éléments ne répondant pas directement aux questions de recherche mais laissant transparaître la manière dont évoluent les processus psychiques de certains élèves.

5.1. Evaluation diagnostique pré-séquence

Contrairement au test réalisé par Viennot, les élèves interrogés pouvaient opter pour la réponse de leur choix. Aucune option ne leur était proposée. Notre souhait était de leur offrir une question la plus ouverte possible.
Commençons par dénombrer leurs réponses avant dôobserver finement leur explication justifiant leur choix. Observons cela à l'aide du tableau suivant :

Réponse donnée à la question	Nombre d'élèves ayant fait ce choix
Brun	6
Orange	1
Violet	2
Bleu	1
Une couleur entre le rouge et le vert	1
Vert clair	1
Rouge-vert	1

[7] N=13 pour lôévaluation diagnostique pré-séquence, N=14 pour lôévaluation post-séquence, N=16 pour lôévaluation sommative

Six élèves ont, donc, opté pour du brun. Trois sôen réfèrent directement à la peinture. Citons lôun dôeux qui nous dit : « car côest comme la peinture. Quand on mélange du rouge et du vert, ça donne du brun. Côest de la logique. » Il est intéressant de noter la conclusion qui ne sôen réfère même plus à la peinture, mais à la logique. Le monde tourne ainsi et il ne peut en être autrement. Cette affirmation nous laisse penser que lôélève aura dû réaliser un important travail, en cours de séquence, afin de modifier son cadre de référence initial. Un quatrième élève ne cite pas le terme "peinture". Toutefois, il note : « si on mélange du rouge et du jaune, on obtient du orange. Si on mélange du rouge et du bleu, on obtient du violet. On utilise principalement les couleurs primaires, alors je pense que la nuance de rouge et de vert sera plutôt dirigée vers le foncé. » De plus, cet élève précise quõil a vérifié son hypothèse. Il note entre parenthèses : « stabilos rose et vert = brun bizarre ». Ces éléments nous montrent que lôélève a convenablement assimilé des éléments liés à la démarche expérimentale. Il a tenté de vérifier ses hypothèses. Malheureusement, il pense que la matière et la lumière se comportent de la même manière. Son expérience ne peut que conforter son erreur due à un obstacle substantialiste clair. Un cinquième élève ne justifie pas sa réponse. Il ne fait que dire : « il me semble que ça donne du brun. » Finalement, le dernier élève a opté pour la réponse "brun" nous dit : « donc les deux couleurs primaires du début produiront une couleur secondaire. » Il nôest pas aisé dôanalyser cette réponse sans la trahir. Nous pourrions penser que les couleurs primaires et secondaires qui sont évoquées sont à relier avec le cours dôarts visuels durant lequel ces termes sont utilisés. Cela demeure une hypothèse. Sur ces six élèves, nous pouvons affirmer que quatre ont construit leur réponse en sôappuyant sur le mélange de peinture, ou tout du moins de matériaux tangibles.

Lôélève ayant opté pour le "orange" ne justifie pas réellement sa réponse. Il ne fait quôaffirmer que sa réponse est évidente : « ce mélange de couleur donnera une autre couleur : le orange, car quand on mélange le vert et le rouge, ça donne du orange. » Nous ne parvenons pas en déduire une interprétation pertinente.

Comme nous lôavons dit, deux élèves ont opté pour du "violet". Le premier ne justifie pas réellement sa réponse. Le second considère que les couleurs sont actives lorsqu'elles se retrouvent en un même lieu. Il lôénonce ainsi : « étant donné que le vert se fera "aspirer, cacher" par le rouge, il lui donnera cette couleur un peu plus sombre pour arriver à peu près à du violet ». Nous pourrions en inférer que cet élève considère les couleurs comme des organismes vivants qui interagissent pour nous permettre dôobserver une nouvelle couleur. Il nôest, cependant, pas aisé de comprendre quel est le cadre de référence de lôélève lui ayant permis dôarriver à la couleur choisie.

Lôélève ayant choisi le "bleu" nous fournit une justification en deux temps qui demeure sibylline. Premièrement, il nous apprend que « ce mélange de couleur peut former du bleu. Mais le bleu est une couleur primaire. » Sôen réfère-t-il aux couleurs primaires liées à la lumière que sont le rouge, le vert et le bleu ? Le bleu serait la troisième couleur, celle qui nôapparaît pas dans le problème soumis. Rien ne nous permet de lôaffirmer et si tel est le cas, le concept de couleur primaire ne serait clairement pas acquis. Cette explication nous fait penser à une tentative dôexpliquer scientifiquement un phénomène en utilisant des termes "techniques". La réponse spontanée semble intervenir dans la seconde moitié de lôexplication : « mais le brun peut être possible car ce sont deux couleurs foncées. » Cette phrase nous laisse penser que sur les treize personnes interrogées, une septième souhaitait répondre « brun » mais ne lôa pas fait.

Lôélève répondant "une couleur entre rouge et vert" fournit une explication très conforme à sa réponse. « Si on mélange rouge et vert, on obtiendra une couleur entre les deux, côest comme si on mélange du noir et du blanc, ça fait du gris. » Selon lui, lorsque deux couleurs entrent en interaction, une sorte de moyenne arithmétique est réalisée. Les couleurs seraient régies par

une relation dôordre entre elles. Cette réponse ne nous permet, cependant, pas de comprendre quel est le cadre de référence sur lequel sôappuie lôélève.
Lôélève répondant "vert clair" fournit une explication dont les éléments se retrouvent dans certaines justifications de ses camarades. Il nous dit que : « le vert est plus sombre et le rouge plus clair. Donc, on garde le vert (sombre) et on lôéclaircit avec le rouge (clair) ce qui donne du vert clair. » Les couleurs seraient dotés de caractéristiques propres qui sont utilisées lorsquôelles entrent en interaction. De nouveau, il est difficile de circonscrire les fondements permettant à une telle réponse dôémaner. Cependant, il est possible de remarquer que certains élèves semblent considérer quôune couleur contient deux caractéristiques : sa teinte et sa luminosité qui peut être claire ou foncée. Ces caractéristiques permettraient dôexpliquer la couleur obtenue lorsque deux couleurs initiales se mélangent.
Finalement, une justification très intéressante nous est fournie par lôélève ayant répondu "rouge-vert". Il nous dit que « la couleur ne se mélange pas car ce nôest pas un liquide. » Certes, la réponse fournie nôest pas la bonne. Néanmoins, il convient de noter que cet élève est le seul à différencier lôinteraction entre deux lumières colorées et deux matières colorées. Distinction nécessaire pour comprendre pleinement la synthèse additive. En effet, les "photons" rouges et verts nôinteragissent pas lorsque deux rayons lumineux sont superposés. Ils conservent leur fréquence propre et de ce fait, les cônes spécifiques liés à ces deux types de couleurs seront activés sur la rétine. Par la suite, le cerveau interprétera cela comme du jaune. Le commentaire de cet élève nous laisse présager une assimilation relativement aisée du concept scientifique découvert durant la séquence. Nous nous devons de préciser que, pour des raisons indéterminées, cet élève obtient le moins bon résultat de la classe à lôévaluation sommative. Les seize élèves réunis obtiennent 74% des points et cet élève nôen glane que 40%. Comme nous lôavons expliqué, notre dispositif didactique tendait à apaiser les tensions entre lôexpérience contre-intuitive réalisée en début de séquence et ce que les élèves ont vécu depuis leur plus jeune âge en mélangeant de la peinture. Cette volonté pourrait avoir perturbé lôélève en question et nous aurions dû davantage différencier. Il ne nous est pas aisé de lôaffirmer et cette tentative dôexplication nôest quôune hypothèse.

5.2. Evaluation diagnostique post-séquence

Commençons par une petite précision. Une évaluation diagnostique se réalise habituellement à lôentame dôune séquence. Nous avons opté pour ce titre, car le questionnaire rempli par les élèves en fin de séquence est exactement le même que celui quôils ont complété en début de séquence.
Les quatorze élèves ayant répondu aux questions optent pour le "jaune". Nous constatons, donc, quôil y a 100 % de bonnes réponses ; pourtant, cela ne nous permet nullement de savoir si les élèves ont mémorisé des réponses ou assimilé un concept. Il nous est nécessaire dôanalyser leur justification afin dôen apprendre davantage.
Notons pour commencer la diversité des réponses. Certaines sont très minimalistes : « je ne peux pas vous fournir une explication. Jôai juste appris par cî ur la synthèse additive des couleurs sans trop me poser de questions. » Dôautres sont beaucoup plus étoffées : « quand on parle des couleurs avec des rayons lumineux, il y a la synthèse additive des couleurs. Le rouge, le vert et le bleu sont les couleurs primaires. En les mélangeant à certains degrés, on peut avoir toutes les couleurs. Si elles sont mélangées de façon régulière, on peut obtenir des couleurs complémentaires : jaune, cyan, magenta. Si les trois couleurs primaires sont mélangées à la même intensité, ça fait du blanc. » Nous constatons que le deuxième élève utilise certains termes en plus, afin de tenter de montrer une certaine maîtrise du sujet. Nous pensons aux "couleurs primaires" et aux "couleurs complémentaires". Néanmoins, sa longue justification le pousse à énoncer des éléments erronés lorsquôil parle de mélange avec la même intensité qui nous permettrait dôobserver une teinte blanche. Au final, il nôest pas

inenvisageable dôaffirmer que ces deux élèves nous fournissent la même justification : « nous nous en référons à la synthèse additive. » Il nous est nécessaire de déterminer un certain nombre de critères et de dénombrer leur itération. Cela nous évitera de nous perdre dans des réponses parfois difficilement intelligibles.

Toutefois, il est intéressant de mettre en exergue certaines réponses dôélève. Il nôest pas simple de comprendre ce qui se cache derrière ces mots mais elles offrent au lecteur une possibilité de donner davantage de volume au dénombrement qui sera pratiqué dans un second temps.

Plusieurs élèves réalisent une distinction claire entre la synthèse additive et la synthèse soustractive afin de justifier la réponse choisie. Ils sôen réfèrent au contexte fourni dans cette tâche, à savoir celui de la superposition de faisceaux lumineux, afin dôaffirmer que le "jaune" est un choix probant. On nous dit que « dans les éclairages, côest pas la même chose quôen peinture et quôen imprimerie. Durant tout le chapitre, on a pu constater que le bleu et le rouge donnent du magenta, le bleu et le vert du cyan et le rouge et le vert donnent du jaune (les trois couleurs primaires en éclairage sont le bleu, le rouge et le vert). » Au vu des choix que nous avons réalisés lors de la construction de notre dispositif didactique, la remarque qui va suivre peut sembler bien cavalière. Néanmoins, nous nous permettons de nous interroger sur le choix du verbe "donner". Nous nous devons et nous le ferons de nous questionner sur les biais que le vocabulaire que nous avons choisi a pu engendrer.

Dôautres élèves sôen réfèrent à une expérience réalisée en classe ou tentent un raisonnement logique afin de prouver quôils ont opté pour la bonne réponse. On nous explique que : « dans le jaune, il y a de minuscules points rouge et vert (exemple : écran dôordinateur). » Et on nous affirme que : « la lumière jaune est créée grâce au rouge et au vert car, dans le jaune (des lumières), se cachent du rouge et du vert. Si on éclaire du jaune par du vert, le vert ressortira, et pareil pour le rouge. Mais si on y met du bleu, le jaune deviendra noir, car pas de bleu dans du jaune. » Dans le premier cas, on justifie son choix par le biais dôune observation directe. Dans le second cas, on utilise certaines notions découvertes et on crée un raisonnement inductif afin de parvenir à une conclusion. On tente de démontrer par la raison la réponse fournie. Cela tendrait à nous montrer que ces dites notions découvertes sont devenues des concepts scientifiques, car elles peuvent être convoquées volontairement et mises en interaction avec dôautres concepts dans un raisonnement construit.

Deux autres justifications nous semblent également intéressantes à analyser. Le premier corrobore son choix du "jaune" par lôintermédiaire des propos suivants : « tous les rayons lumineux, de nôimporte quelle couleur, sont constitués de filtres bleu, rouge, vert qui sont les trois couleurs primaires du domaine de lôoptique. La projection de lumière rouge est due au fait quôil ne renvoie que le rouge et lôautre, il ne renvoie que le vert parmi les couleurs primaires du filtre ce qui fait, si on a appris le tableau par cî ur, jaune = vert + rouge. » Sa justification semble provenir dôune mémorisation de la synthèse additive. Toutefois, cet élève met en jeu de multiples éléments vus en cours tels que les les filtres ou les couleurs primaires. Les éléments ne semblent pas être stabilisés, mais on y décèle le fait que le rouge et le vert sont des couleurs primaires et quôil est nécessaire dôavoir recours à la synthèse additive si nous souhaitons anticiper la couleur que nous observerons en superposant deux faisceaux de couleurs primaires différentes. Nous souhaitions également présenter la justification fournie par lôélève qui sôen référait à la logique pour affirmer que son choix pré-séquence, à savoir le "brun", était le bon. Rappelons-nous que cet élève avait répondu ainsi : « car c'est comme la peinture. Quand on mélange du rouge et du vert, ça donne du brun. C'est de la logique. » Cette fois-ci, cet élève nous affirme que : « car on lôa vu en sciences que le rayon rouge mélangé à un rayon vert donne du jaune. Il nôy a pas dôautres explications, côest comme ça. » La réponse a évolué mais la justification demeure. Le rapport entretenu par cet élève avec les sciences mériterait, à lui seul, dôêtre approfondi. Nous nous permettons, néanmoins, une

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

remarque en affirmant que sa réponse n'est pas en phase avec ce qui est considéré comme un savoir scientifique. « Les caractéristiques fondamentales des savoirs scientifiques sont [é] à chercher ailleurs que dans l'opposition entre le vrai et le faux » (Orange, 2012, p. 39). Un savoir scientifique nécessite une autre approche. « Il faut savoir pourquoi ça ne peut pas être autrement [é] à un moment et dans un cadre donné » (Orange, 2012, p. 39). Lorsqu'une justification est demandée, nous devrions estimer que notre réponse ne saurait être différente et de fournir les raisons qui nous poussent à affirmer cela. Ceci nous permet de comprendre la pertinence des justifications au sein desquelles les élèves ont tenté de construire un raisonnement logique. En effet, leur souhait devait être de prouver que leur réponse était nécessairement la bonne.

Nous nôavons pas voulu utiliser le degré de certitude des élèves concernant leur réponse car ces derniers se sont énormément questionnés sur ce que signifiait un degré de certitude et peinaient à en fournir un en début de séquence. Notons tout de même quôils sont davantage convaincus par leur réponse en fin de séquence. Ce degré de certitude sôélève, en moyenne, à 99%. Toutefois, nous allons les utiliser afin dôillustrer comment un élève en particulier a vécu la séquence proposée. Nous souhaitons évoquer cet élève, car il sôagit de celui qui a émis deux degrés de certitude entre le début et la fin de la séquence présentant la plus grande différence. En effet, lors de lôévaluation diagnostique initiale, cet élève optait pour le "violet" avec un degré de certitude de 0%. Lors de lôévaluation sommative, 74% des points ont été obtenus ce qui est similaire au résultat dôensemble de la classe. Toutes les questions liées à une simple application des concepts découverts nôont généré aucune difficulté pour cet élève. Lors de lôévaluation diagnostique de fin de séquence, la bonne réponse a été trouvée avec un degré de certitude de 100 %. Nous souhaitions évoquer cet élève afin de souligner un élément qui est, parfois, oublié. Si nous souhaitons que les élèves osent nous fournir une conception initiale et acceptent de la remodeler en la travaillant, il nous faut instaurer un climat de confiance. Certains nôont aucune confiance en leurs réponses et craignent la faute. Il nôest pas inutile dôexpliciter la volonté qui se cache derrière un dispositif proposé aux élèves. Dôailleurs le fait, pour lôenseignant, dôexpliciter son souhait fait partie intégrante du dispositif lui-même. Une sorte de contrat relie l'enseignant à ses élèves et doit leur permettre de saisir les enjeux qui se cachent derrière les questions posées. Brousseau nomme cela le "contrat didactique et précise que « le contrat didactique n'est pas un contrat pédagogique générale. Il dépend étroitement des connaissances en jeu » (Brousseau, p. 60). Observons sa définition plus fine du contrat didactique:

> Ainsi, dans toutes les situations didactiques, le professeur tente de faire savoir à l'élève ce qu'il veut qu'il fasse. Théoriquement, le passage de l'information et de la consigne du professeur à la réponse attendue, devrait exiger de la part de l'élève la mise en î uvre de la connaissance visée, qu'elle soit en cours d'apprentissage ou déjà connue. [é] Le maître doit donc effectuer, non la communication d'une connaissance, mais la dévolution du bon problème. Si cette dévolution s'opère, l'élève entre dans le jeu et s'il finit par gagner, l'apprentissage s'opère.
>
> Mais si l'élève refuse ou évite le problème, [é] alors se noue une relation qui détermine [é] ce que chaque partenaire, l'enseignant et l'enseigné, a la responsabilité de gérer et dont il sera d'une manière ou d'une autre, responsable devant l'autre. (Brousseau, p. 60)

Cette petite digression nous montre la quantité de variables que recèle le dispositif didactique et qui peut mener à des réponses diverses de la part des apprenants.

Après avoir observé attentivement les justifications émises par les élèves, nous allons tenter de gagner en clarté en dénombranté

Afin de gagner en clarté, nous allons dénombrer le nombre dôitération de quelques critères qui ont été induits par l'analyse qualitative que nous venons de réaliser. Pour justifier leurs réponses, les élèves ont :

- Invoqué la synthèse additive
- Explicité les différences entre le contexte lié à la superposition de faisceaux lumineux et celui lié aux mélanges de peintures
- Evoqué une expérience réalisée
- Tenté de construire un raisonnement logique induisant leur réponse

Observons le nombre d'élèves qui optent pour ces différentes options parmi les quatorze élèves ayant répondu à ce questionnaire à l'aide du tableau suivant:

Option choisie	Nombre d'élèves
Synthèse additive	4
Différenciation des contextes	7
Expérience	1
Raisonnement logique	2

5.3 Item 2 et item 3 de lôévaluation sommative

Lôanalyse de ces deux items sera uniquement quantitative. Ici, les justifications ne nous intéressent pas, seules les réponses seront retenues dans cette analyse. Notre souhait est uniquement de dénombrer le nombre de réponses correctes fournies par les élèves.

Dans la première partie de lôitem 2, il est demandé aux élèves de déterminer de quelles couleurs apparaitra un drapeau malien (vert-jaune-rouge) sôil est éclairé par une lumière rouge. La réponse attendue est "noire-rouge-rouge". Cette question permet aux élèves de montrer quôils savent déterminer de quelle couleur apparaitra un objet dôune couleur primaire ou complémentaire sôil est éclairé par une lumière de couleur primaire.

Dans la deuxième partie de lôitem, le même drapeau est éclairé par une lumière cyan. Cette fois-ci, la réponse attendue est "verte-verte-noire". Les élèves doivent prévoir de quelle couleur apparaitra un objet dôune couleur primaire ou complémentaire sôil est éclairé par une lumière complémentaire. Observons les résultats obtenus :

		Couleur du faisceau lumineux			
		Rouge		Cyan	
Couleur du drapeau	Verte	Noire	94 %	Verte	81 %
	Jaune	Rouge	94 %	Verte	81 %
	Rouge	Rouge	100 %	Noire	94 %
		Teinte observée	Pourcentage de réponses correctes	Teinte observée	Pourcentage de réponses correctes

Lôitem 3 questionne les élèves sur la synthèse additive. Il leur demande de déterminer quelles couleurs primaires sont utilisées si nous observons une couleur complémentaire donnée, ou encore, si nous observons du blanc ou du noir. Observons les résultats obtenus :

		Luminophore(s) allumé(s)	Pourcentage de réponses correctes
Couleur observée	Noire	Aucun n'est allumé	94 %
	Jaune	Rouge et vert	100 %
	Cyan	Vert et bleu	100 %
	Magenta	Bleu et rouge	100 %
	Blanche	Rouge, vert et bleu	100 %

Dans sa deuxième partie, lôitem 3 questionne les élèves sur la couleur quôils observeront sur une zone dôun écran dôordinateur. Afin de la déterminer, ils savent quelle est la couleur qui devrait apparaître dans cette zone et savent également que les luminophores bleus ne fonctionnent plus. Observons les résultats obtenus :

		Couleur observée lorsque les luminophores bleus ne s'allument pas	Pourcentage de réponses correctes
Couleur de la zone observée en l'absence de dysfonctionnement	Verte	Verte	94 %
	Cyan	Verte	81 %
	Bleue	Noire	75 %

Finalement, dans la dernière partie de lôitem 3, les élèves doivent déterminer quelles couleurs primaires du monde de lôimprimerie seront nécessaires afin que le mélange réalisé soit observé sous une teinte verte.
88 % des élèves répondent convenablement en écrivant quôil est nécessaire de mélanger des pigments jaunes et cyan afin dôobtenir une teinte verte.

5.4 Interprétation des données recueillies

Grâce à lôanalyse du recueil de données, nous pouvons, maintenant, tenter de répondre à nos questions de recherche.

- Pour développer leur compréhension du phénomène, les élèves sôappuient-ils sur leur concept quotidien de mélange de couleurs ?

Nous constatons quôen début de séquence, six élèves répondent que la superposition des faisceaux lumineux sera observée sous une teinte brune. Un autre élève répond "bleu" et, lors de sa justification, nous fournit une deuxième réponse possible : le brun. Nous obtenons des chiffres similaires à ceux de Viennot, à savoir 50%. Trois élèves évoquent clairement la peinture pour justifier leur réponse. Un quatrième réalise un lien clair avec le mélange de matière en testant son hypothèse à lôaide de deux stabilos. Les couleurs primaires et secondaires sont parfois évoquées. Il est possible dôinférer que les personnes qui évoquent ces notions pensent au mélange de peintures car ces termes ne semblent pas pouvoir se rattacher à un autre concept au vu des élèves interrogés. Les autres explications sont davantage floues.

Elles ne nous permettent pas dôaffirmer que les élèves sôen réfèrent à la peinture, mais nôinfirment pas ce fait. Les personnes nôexplicitent pas le cadre de référence choisi mais émettent des hypothèses « pseudo-scientifiques » afin de justifier leur réponse.
Comme nous lôavons évoqué, la méthode pourrait être affinée par lôintermédiaire dôentretiens cliniques. Néanmoins, il existe de réelles pistes qui peuvent nous laisser penser que les élèves vont majoritairement sôappuyer sur leur concept quotidien de mélange de couleurs. Néanmoins, il ne sôagit dôune certitude que pour quatre élèves sur les treize interrogés.

- En fin de séquence, les élèves sont-ils capables, dans une perspective applicationniste, dôutiliser les concepts scientifiques de synthèses additive et soustractive dans des situations dôapplications directes des concepts ?

La réponse à cette question est plus aisée car elle sôappuie sur une analyse quantitative. Afin dôy répondre nous allons observer les réponses fournies à la première question de lôévaluation diagnostique de fin de séquence, ainsi quôaux questions posées dans lôitem 3 de lôévaluation sommative.
Sur les dix questions auxquelles les élèves devaient répondre, nous constatons que le taux de réponses correctes oscille entre 75% et 100%. Si nous réalisons une moyenne, nous obtenons un taux de bonnes réponses sôélevant à 93%.
Il semblerait que les élèves parviennent à utiliser les synthèses additive et soustractive dans des situations simples.

- En fin de séquence, les élèves sont-ils capables, dans une perspective applicationniste, de déterminer de quelle couleur sera observé un objet d'une couleur primaire ou complémentaire donnée éclairé par un rayon d'une couleur primaire ou complémentaire donnée ?

La réponse à cette question repose également sur une analyse quantitative. Cette dernière est à mettre en relation avec lôitem 2.
Nous constatons que les six questions posées ne mettent pas réellement les élèves en difficulté. Ils atteignent des taux de bonnes réponses oscillant entre 81% et 100%, pour une moyenne de 91%.
Ces chiffres nous permettent également de penser que les élèves parviennent à utiliser les outils découverts dans des situations simples où la lumière et la matière interagissent.

- Les justifications du nouveau concept scientifique découvert sont-elles catégorisables, et si oui, comment ?

Nous avons demandé, en fin de séquence, de quelle couleur nous observerons une superposition de faisceaux lumineux rouge et vert. Toutes les personnes interrogées ont fourni les bonnes réponses mais nous pouvons constater que les justifications diffèrent dôun élève à lôautre. Il serait faux dôaffirmer que nous pouvons les ranger dans des tiroirs distincts en fonction de leur genre. Mais, tout de même, certaines manières de prouver le bienfondé de leur réponse émergent chez les élèves. La synthèse additive, le recours à lôexpérience, la différenciation entre les situations liées à lôemploi de la synthèse additive et celles liées à lôemploi de la synthèse soustractive, et finalement le recours à une tentative de démonstration sont quatre stratégies distinctes utilisées par les élèves. Sur lôensemble de lôéchantillon (N = 14), seul un élève nôa pas recours à lôune ou lôautre de ces méthodes. Nous ne saurions être catégorique en affirmant que les justifications sont catégorisables. Néanmoins, nous nous devons de relever que certaines constantes semblent émaner.

- La synthèse additive nôest pas une simple connaissance déclarative mais bien un concept scientifique en ceci que le phénomène peut être expliqué rigoureusement et qu'elle peut être convoquée volontairement dans un raisonnement scientifique ?

Cette question nous impose de rappeler précisément ce que nous appelons un concept scientifique. Pour que nous puissions affirmer que les élèves aient assimilé un concept scientifique, il sôagit dôobserver sôils peuvent le définir et lôutiliser dans des situations où il

intervient de manière non spontanée. De plus, les élèves doivent être capables d'utiliser le concept dans différentes opérations logiques et découvrir le rapport qu'il a avec d'autres concepts.
Commençons par l'élément qui pose le plus de problème. Les élèves ne parviennent pas à définir le concept de synthèse additive. Certains ont conscience de son domaine de validité mais aucun ne se réfère aux tiers de spectre qui ont été vus en fin de séquence. Le choix que nous avons fait de mettre grandement en avant la première partie de la "chaîne" décrite par Viennot joue un rôle. Notre dispositif insistait sur la chaîne de transformation de l'information lumineuse dans son voyage de la source à l'œil. Les aspects liés au fonctionnement rétinien permettant au cerveau de construire une image jaune n'ont été que survolés. A ce bémol, nous nous devons de préciser que nombre d'élèves sont capables d'utiliser la synthèse additive afin de répondre à des questions concernant l'interaction entre la lumière et la matière. Si les élèves désirent y parvenir en mémorisant les résultats, ils se doivent de retenir 64 "formules". Justifions ce nombre en précisant que durant la séquence proposée, les rayons lumineux pouvaient être de huit couleurs différentes : "blanche", "jaune", "cyan", "magenta", "rouge", "verte", "bleue" ou "noire", ce qui revient à dire qu'il n'y a pas d'éclairage. Les objets éclairés pouvaient également être de huit couleurs différentes[8] : les mêmes que les rayons lumineux. En combinant le fait qu'il y a huit éclairages différents et huit types d'objets différents, nous obtenons 64 cas de figure possibles à mémoriser. Il nous paraît guère probable que les élèves aient procédé de la sorte, il semblerait qu'ils soient capables, cette fois-ci grâce à la méthode "chaîne" d'utiliser le concept dans des situations où il intervient et de réaliser des opérations logiques avec ce dit concept.
Nous estimons que les élèves ont intégré la méthode "chaîne" qui constitue le fil rouge de notre séquence inspirée par Viennot. « La lumière et la réponse perceptive de l'œil [ont été mis] au cœur du débat dès le début [de la séquence] » (Viennot, 2002, p. 197). Ce fait permet aux élèves de construire un véritable concept scientifique car ils seront capables de l'utiliser dans certaines opérations logiques. Toutefois, ils ne parviennent pas à définir les bases qui se cachent derrière ce concept. De ce fait, la construction demeure fragile pour certains élèves. La nécessité d'un recours à la mémoire didactique constitue une réalité. Il nous est possible, dans un intervalle de temps assez restreint, de créer des conditions permettant aux élèves de terminer convenablement leur construction si des doutes subsistent.

6. Conclusion

Nos sources théoriques nous laissaient penser que les élèves allaient initialement construire une conception en se référant aux mélanges picturaux. De ce fait, un potentiel obstacle épistémologique de type substantialiste pouvait émaner. Les données analysées nous poussent à penser que cela s'avère correct. Pour que les élèves ne se retrouvent pas inhibés par cet obstacle, nous souhaitions les déstabiliser en début de séquence et leur permettre de construire des savoirs apaisant les tensions entre leurs conceptions initiales et le résultat de l'expérience de début de séquence régie par le nouveau concept à construire et assimiler. En cela, nous avons mis en avant la méthode « chaîne » qui nous semble être une méthode appropriée afin de construire un pont entre un concept quotidien connu et un concept scientifique à assimiler. Le résultat d'ensemble semble probant. Toutefois, nous devons nous questionner sur la pertinence de ce choix. Faudrait-il imaginer une alternative pour les élèves qui produisent une conception initiale différente de celle attendue ? Nous estimons que le choix du dispositif devrait permettre à tous les apprenant-e-s d'y trouver leur compte et la différenciation est

[8] On dit qu'un objet est de couleur cyan, par exemple, s'il apparaît "cyan" lorsqu'il est éclairé par une lumière blanche.

pratiquée durant toute la séquence. Néanmoins, nous souhaitons que cette question reste ouverte.

Nous constatons que les élèves parviennent à déterminer de quelle couleur sera observé un objet d'une couleur primaire ou complémentaire éclairé par une lumière d'une couleur primaire ou complémentaire. Nous en sommes très satisfaits pour deux raisons. D'une part, cela nous laisse penser que les élèves parviennent à mettre en jeu volontairement la synthèse additive afin de répondre à des questions, et ainsi, de dépasser la simple mémorisation du concept découvert. Mais surtout, d'autre part, ce fait constitue une condition nécessaire permettant aux élèves de construire un pont entre superposition de lumière et mélange de matière. Notre désir étant d'apaiser les tensions vécues en début de séquence afin d'éviter que le nouveau concept ne soit simplement rejeté, nous nous montrons satisfait que les élèves maîtrisent les éléments de base permettant d'intégrer ces deux aspects dans une construction large les englobant et les reliant.

Avant d'élargir la thématique, nous souhaitions revenir sur un dernier élément. La dernière question de recherche que nous nous posions consistait à déterminer si le concept scientifique était une simple connaissance déclarative ou s'il avait été assimilé par les élèves. Nous avons exposé des pistes nous laissant penser qu'une assimilation avait été réalisée par certains élèves. Notre réflexion dépasse le cadre de cette étude. Néanmoins, nous désirons préciser qu'il nous faudrait davantage de temps pour y répondre précisément. Nous devrions revoir les mêmes élèves dans une année, puis dans quelques années afin de comprendre ce qu'il advient de la modification des processus psychiques qu'ils ont réalisée durant cette séquence. Il ne serait pas, non plus, inutile d'augmenter la taille de l'échantillon. A ce bémol, ajoutons, tout de même, que nous avons pu dégager certaines pistes nous permettant de répondre à nos questions de recherche. De plus, cette démarche est loin d'être inutile pour la suite de notre carrière. Nous avons pris conscience notamment de l'importance de fouiller la littérature afin d'anticiper le plus finement possible l'émergence d'obstacles épistémologiques associés aux nécessaires concepts quotidiens permettant la construction des savoirs.

Nous évoquons la stratégie « chaîne » que nous avons mise en avant dans notre dispositif et les raisons qui nous ont poussé à opter pour cette stratégie. Il nous faut, maintenant, revenir sur un autre choix qui peut être soumis à caution. Nous avons décidé d'utiliser des vocables qui permettent aux élèves de s'approprier les consignes des tâches fournies. Cependant, les mots utilisés pourraient entraver l'assimilation de concepts par les élèves. Il nous est nécessaire de peser convenablement chaque terme utilisé afin de trouver un équilibre entre accessibilité et rigueur. Notre expérience nous laisse imaginer que notre choix est le bon et qu'il permet aux élèves de construire efficacement les nouveaux concepts scientifiques abordés. Il est impératif que nous prenions de la hauteur sur ce que nous venons d'écrire. Cette étude nous expose clairement le nombre incommensurable de paramètres qui se cachent derrière tous les choix associés à la construction d'un dispositif didactique. Il nous est nécessaire d'approfondir cette thématique avant de pouvoir nous positionner. Cela ne constitue pas notre dessein en cette conclusion. Néanmoins, il ne nous semble pas inutile d'ouvrir cette deuxième question en cette fin d'étude. Les réponses qui pourraient y être apportées constitueraient des pistes nous permettant de mieux comprendre de quelle manière évoluent les conceptions des élèves durant une séquence d'enseignement.

Ces deux questions qui constituent les points de suspension marquant la fin de notre étude ne doivent pas nous laisser un goût d'inachevé. Au contraire, ils ne sont qu'une preuve si elle était nécessaire du nombre astronomique d'écueils que recèle le souhait d'enseigner une séquence de sciences. Cela ne doit pas être considéré comme une gageure insurmontable, ni comme un obstacle infranchissable si nous osons ce terme. Au contraire, cela doit constituer un défi intellectuel qui nous accompagne tout au long de notre carrière et que nous acceptons, avec plaisir, de relever.

7. Bibliographie des références

Bachelard, G. (1938). *La formation de lôesprit scientifique*. Paris : Vrin.

Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques*. Grenoble : La pensée sauvage.

Giordan, A., & de Vecchi, G. (1987). *Les origines du savoir. Des conceptions des apprenants aux concepts scientifiques*. Neuchâtel - Paris : Delachaux & Niestlé.

Giordan, A., & de Vecchi, G. (2002). *Lôenseignement scientifique, Comment faire pour que "ça marche" ?*. Paris : Delgrave.

Glossaire de didactique générique

Johsua, S. (2002). « Les "obstacles épistémologiques" et le cadre vggotskien. » in Brossard, M., & Fijalkow, J.. *Apprendre à lôécole : perspectives piagétiennes et vygotskiennes* (pp. 27-36). Bordeaux : PUB.

Marx, K. (1867-1976). *Le Capital* (Vol. 1). Paris : Editions sociales.

Orange, C. (2012). *Enseigner les sciences. Problèmes, débats et savoirs scientifiques en classe*. Bruxelles : De Boeck.

Schneuwly, B. (2009). « Le travail enseignant », in Schneuwly, B., & Dolz, J.. *Des objets enseignés en classe de français* (pp. 29-43). Rennes : PUR.

Sensevy, G. (2001). « Théories de lôaction et action du professeur », in Baudoin, J.-M. & Friedrich J. (Ed), *Théories de lôaction et éducation* (pp. 203-224). Bruxelles : De Boeck.

Viennot, L. (1996). *Raisonner en physique, la part du sens commun*. Bruxelles : De Boeck.

Viennot, L. (2002). *Enseigner la physique*. Bruxelles : De Boeck.

Vygotski, L. S. (1930-1985). « La méthode instrumentale en psychologie ». In Schneuwly, B., & Bronckart J.-P. (Ed), *Vygotski aujourdôhui* (p. 39-48). Neuchâtel et Paris : Delachaux et Niestlé.

Vygotski, L. S. (1931-1974). *Storia dello sviluppo delle funzioni psichiche superiori e altri scritti*. Florence : Giunti-Barbera.

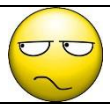
Vygotski, L. S. (1934-1997). *Pensée et langage* (4ème éd.). Paris : La Dispute.

Annexe : Matériel utilisé durant la séquence

Les sources de lumière et la lumière

Source : wallpaperbross.com

Objectifs du chapitre[9]

			
Différencier une source primaire et une source secondaire tout en donnant des exemples.			
Dessiner un schéma représentant la synthèse additive des couleurs.			
Définir ce qu'est une couleur primaire et une couleur complémentaire.			
Déterminer de quelle couleur sera perçu un rayon obtenu en mélangeant deux rayons de couleurs primaires ou complémentaires.			
Déterminer de quelle couleur sera perçu un objet d'une couleur primaire ou complémentaire donnée éclairé par un rayon d'une couleur primaire ou complémentaire donnée.			
Déterminer de quelle couleur sera perçu un mélange d'encres ou de peintures de deux couleurs primaires ou complémentaires données.			

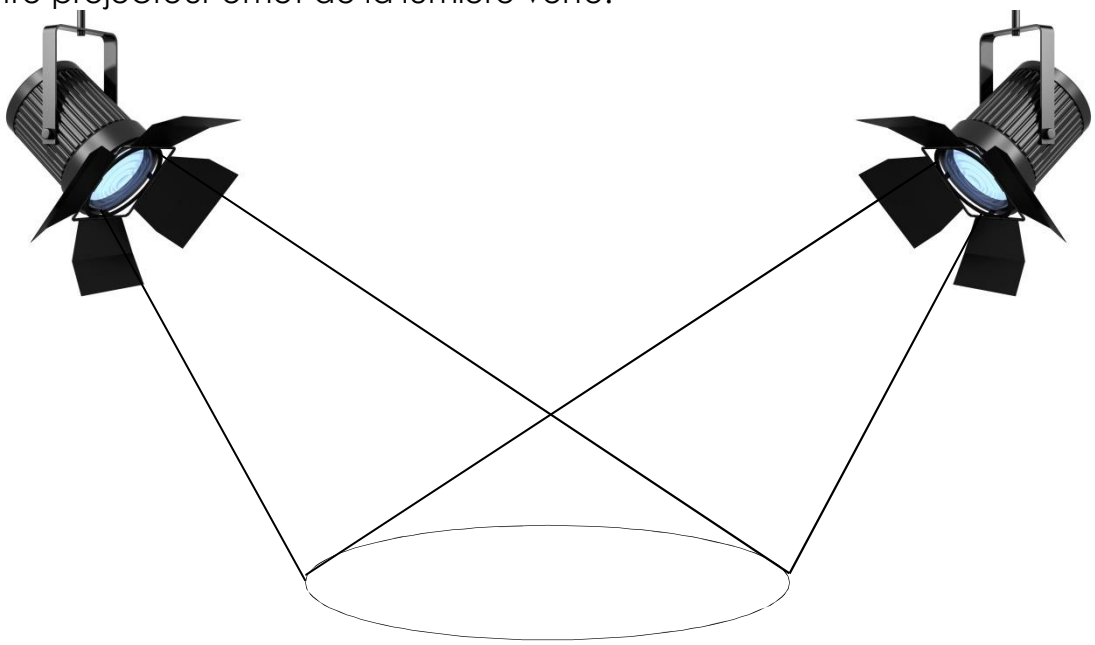
[9] Les objectifs ont été distribués aux élèves après la phase de remédiation liée à l'évaluation diagnostique, ainsi qu'après l'expérience initiale du début de séquence ï la superposition de faisceaux lumineux rouge et vert. Nous ne souhaitions pas que certains élèves anticipent des éléments de réponse. Notre désir était de découvrir leurs conceptions sans les influencer.

Rapport-Gratuit.com

Séance 1 : L'évaluation diagnostique

Exercice 1

Deux projecteurs mélangent leur faisceau comme tu peux le voir ci-dessous.
Un projecteur émet une lumière rouge.
L'autre projecteur émet de la lumière verte.



Source : Montage réalisé à partir d'une image issue de www.choixdunet.fr

1. Détermine quelle couleur nous obtiendrons en mélangeant ces rayons de couleur rouge et de couleur verte.

_____

2. Fournis une explication qui justifie ta réponse ci-dessus. Sur quels éléments t'appuies-tu pour déterminer cette couleur ? Développe au maximum ta réponse.

_____

_____

_____

_____

3. Détermine en % le degré de certitude que tu as de ta réponse à la question 1.

_____

Exercice 2[10]

1. Relie les éléments de la colonne de gauche à ceux de la colonne de droite.

Lune	
Soleil	
Ecran de cinéma	Source primaire
Planète	
Ecran de télévision	Source secondaire
Etoile	

2. Explique en quelques mots ce qu'est une source primaire

_____

_____

3. Explique en quelques mots ce qu'est une source secondaire

_____

_____

4. Fournis un exemple faisant intervenir une source de lumière primaire et une source de lumière secondaire

_____

_____

_____

5. Es-tu une source de lumière ?

_____

_____

[10] Cette partie nous permettra de déterminer si une tâche afin de réactiver certaines connaissances s'avère nécessaire. Si tel est le cas, il est prévu que les élèves réalisent un poster par binômes. Ces derniers seront idéalement composés d'un élève maîtrisant le concept de source primaire et source secondaire et d'un élève le maîtrisant moins. Ils devront illustrer ce que sont les sources primaires et les sources secondaires par le biais d'un poster faisant intervenir ces deux types de sources.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Séance 2 : L'expérience contre-intuitive

Aujourd'hui, nous allons mélanger des rayons de différentes couleurs.

A. Les premières questions[11]

1. Tu as certainement déjà assisté à un mélange de rayons de couleurs différentes. Cite un exemple issu de la vie de tous les jours où tu as vu cela.

_____

2. Si nous mélangeons un rayon de couleur rouge et un rayon de couleur verte, quelle couleur obtiendra-t-on ?

_____

3. Si nous mélangeons des rayons rouge, vert et bleu, quelle couleur obtiendra-t-on ?

_____

4. Si nous éclairons un objet jaune par une lumière rouge, de quelle couleur, le verra-t-on ?

_____

5. Si nous éclairons un objet vert par une lumière rouge, de quelle couleur le verra-t-on ?

_____

[11] L'expérience sera réalisée durant la deuxième séance de cette séquence. Afin que les élèves soient surpris par le résultat, il nous a semblé utile de leur demander, à nouveau, de réfléchir au résultat qui allait se produire avant de réaliser l'expérience.

B. L'Expérience

1. Matériel

- _____ - _____

- _____ - _____

2. Protocole

Nous avons fixé une pile sur le dispositif fourni.
Nous avons appuyé sur différents boutons afin d'émettre des rayons de couleur rouge, verte ou bleue.
Nous avons réalisé un mélange de ces différents rayons.

3. Dessin scientifique

4. Résultats

	Rouge	**Vert**	**Bleu**
Rouge	Rouge		
Vert		Vert	
Bleu			Bleu

Et mélangeant les 3 couleurs ensemble nous obtenons du _____

5. Interprétation

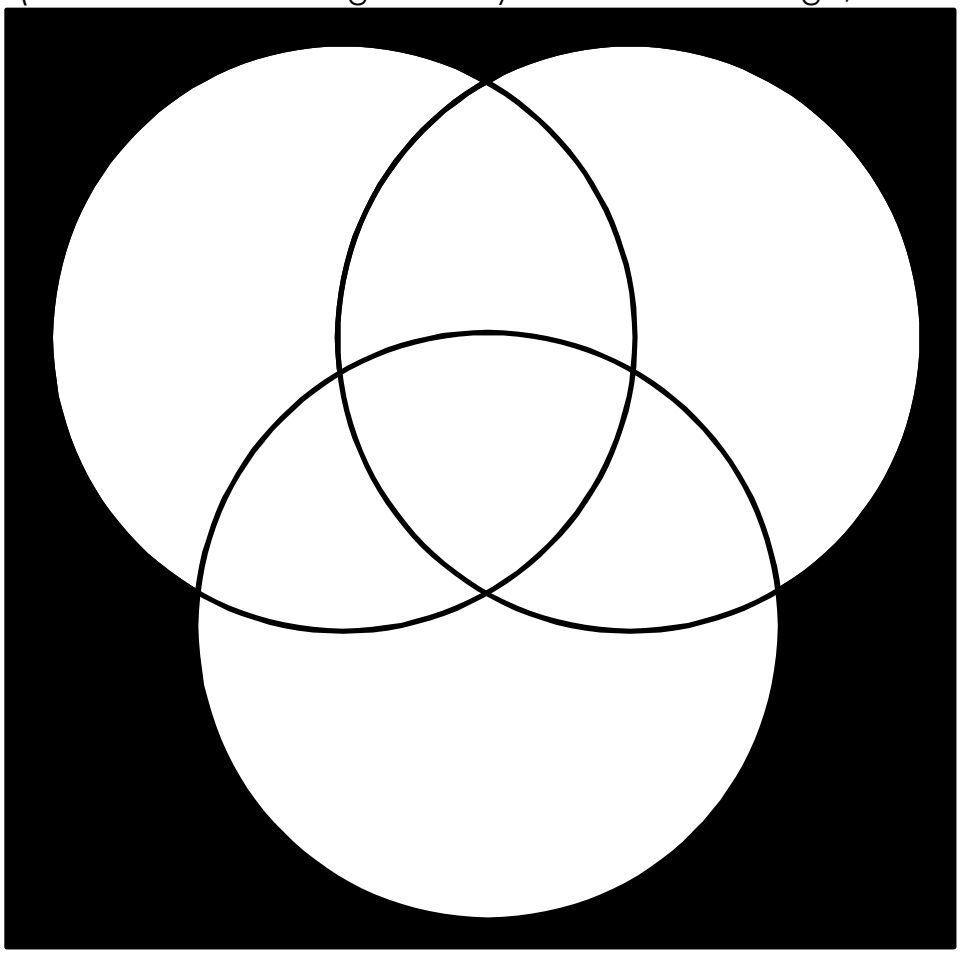
As-tu été surpris par les résultats ? Si tel est le cas, explique en quoi ils t'ont surpris.

_____

_____

C. La synthèse additive des couleurs

Complète ce diagramme de Venn qui représente **la synthèse additive des couleurs** (c'est à dire le mélange des rayons de couleur rouge, vert et bleu).



D. Les couleurs primaires et les couleurs complémentaires

Une couleur primaire ne peut pas être obtenue en mélangeant d'autres couleurs disponibles.

Lorsque nous diffusons de la lumière, les trois couleurs primaires sont le rouge, le vert et le bleu.
Un peintre choisira d'autres couleurs primaires en fonction de son projet.
Un imprimeur choisira également d'autres couleurs primaires.
Etc.

Lorsqu'on mélange une couleur primaire avec une couleur complémentaire, on obtient une teinte sans couleur (blanc, gris ou noir).

Si nous parlons de lumière, nous constatons que :

- Le jaune est une couleur complémentaire car jaune + bleu = blanc.
- Le cyan est une couleur complémentaire car cyan + rouge = blanc.
- Le magenta est une couleur complémentaire car magenta + vert = blanc.

E. Les sources

Une **source primaire** produit elle-même sa propre lumière. (Exemple : Le Soleil)
Une **source secondaire** reçoit de la lumière et la renvoie. (Exemple : La Lune)

Matériel utilisé durant cette deuxième séance

Nous avons privilégié un emploi de matériel simple que nous possédons en grande quantité, plutôt qu'un matériel plus pointu. En effet, nous souhaitons que les élèves puissent travailler par binôme et découvrir les résultats expérimentaux par eux-mêmes plutôt que de suivre des démonstrations magistrales.

Lors de cette deuxième séance, les élèves ont pu allumer une, deux ou trois lampes simultanément afin d'observer le résultat obtenu lors de la superposition éventuelle de faisceaux lumineux.

Photo personnelle – Sébastien Python

Séance 3 : L'interaction entre la matière et la lumière

Exercice individuel[12]

En pensant aux trois couleurs primaires de la lumière, pourquoi un objet jaune nous apparaît-il jaune ?

_____

En pensant aux trois couleurs primaires, de quelle couleur apparaitra un objet jaune éclairé par une lumière verte ? Justifie

_____

Exercice de groupe : Groupe «Groupe»[13]

Avec les camarades de ton groupe, remplis le tableau suivant.
Ce tableau nous permet de prédire de quelle couleur apparaitra un objet d'une couleur donnée éclairée par un rayon d'une couleur donnée.

		Objet de couleur :	
		«Couleur 1 maj»	«Couleur 2 maj»
Rayon de couleur :	Vert		
	Rouge		
	Bleu		
	Jaune		
	Cyan		
	Magenta		

Comment "fonctionne" un objet «Couleur 1 min» ?

_____

_____

Comment "fonctionne" un objet «Couleur 2 min» ?

_____

[12] La question est, sans doute, hors de portée pour majorité des élèves. Le but poursuivi est de susciter l'intérêt et de fournir certaines clés afin que les élèves trouvent une réponse à cette question d'ici la fin de la séance.
[13] Les éléments entre guillemets indiquent une marque de publipostage ayant comme objectif de différencier les tâches dévolues afin que les élèves réfléchissent, par groupes, à différents cas de figures possibles.
Les tableaux liés à ce publipostage se trouvent en page 49.

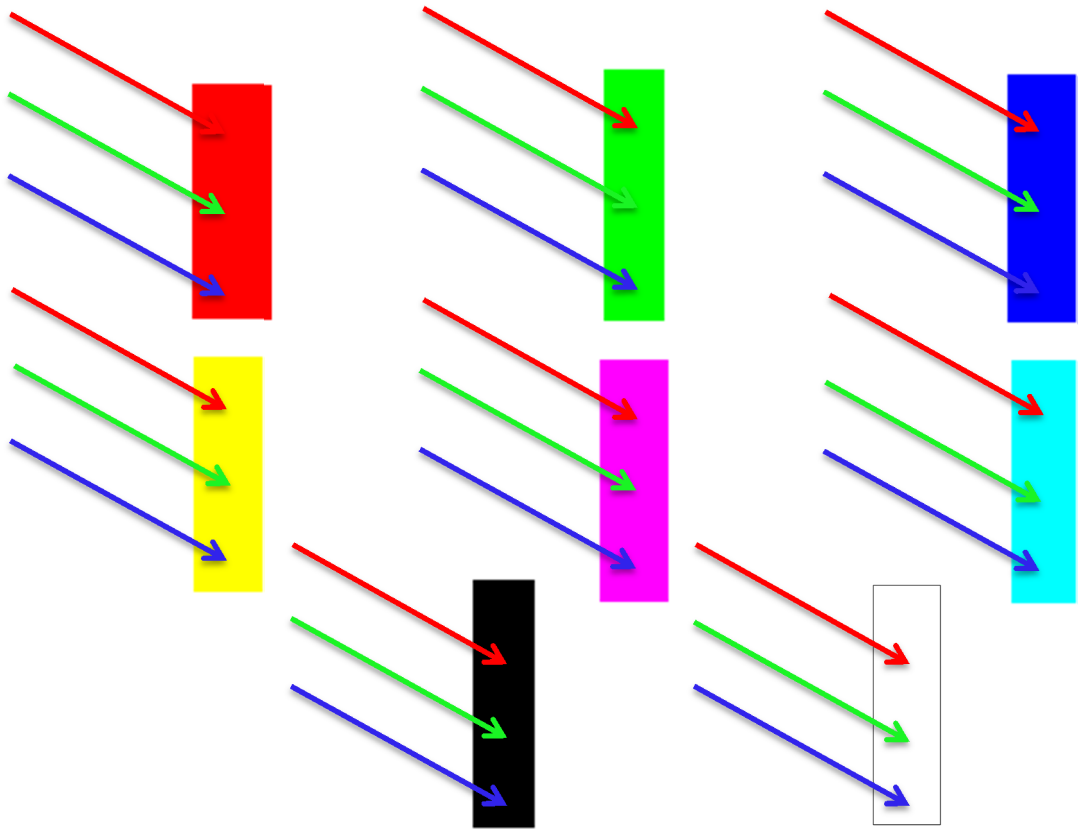
Exercice de groupe : Mise en commun du groupe «Groupe final»[14]

1. Complète le tableau ci-dessous en t'aidant des abréviations suivantes :

Rouge = R Verte = V Bleu = Ble Blanc = Bla
Jaune = J Cyan = C Magenta = M Noir = N

		Objet de couleur :							
		R	V	Ble	J	C	M	N	Bla
Rayon de couleur :	R								
	V								
	Ble								
	J								
	C								
	M								
	N								

2. Utilise et complète les dessins ci-dessous pour analyser le fonctionnement de ton tableau.



[14] Durant cette deuxième phase de travail par équipes, les groupes ont été créés en mélangeant les groupes initiaux. Cela permettait aux élèves de se retrouver avec des pairs ayant réfléchi à un autre cas de figure possible et de parvenir à une synthèse.
S'il n'y parvenait pas, les figures de la deuxième partie de la page, une expérience et une discussion avec le groupe classe devraient les y aider. La correction de cette tâche constituera une phase d'institutionnalisation.

Tableau nous ayant servi à réaliser le publipostage

Nous y retrouvons les 16 élèves de la classe.
Notons que ce tableau a été prévu afin que les feuilles imprimées soient distribuées en suivant la logique du plan de classe.
Cela permet une première interaction entre des élèves se situant les uns à côté des autres.

Groupe	Couleur 1 min	Couleur 1 maj	Couleur 2 min	Couleur 2 maj	Groupe final
1	vert	Vert	jaune	Jaune	A
1	vert	Vert	jaune	Jaune	B
2	vert	Vert	jaune	Jaune	B
2	vert	Vert	jaune	Jaune	C
2	vert	Vert	jaune	Jaune	D
3	bleu	Bleu	cyan	Cyan	A
3	bleu	Bleu	cyan	Cyan	C
3	bleu	Bleu	cyan	Cyan	D
4	bleu	Bleu	cyan	Cyan	B
4	bleu	Bleu	cyan	Cyan	C
4	bleu	Bleu	cyan	Cyan	D
5	rouge	Rouge	magenta	Magenta	A
5	rouge	Rouge	magenta	Magenta	C
5	rouge	Rouge	magenta	Magenta	D
6	rouge	Rouge	magenta	Magenta	A
6	rouge	Rouge	magenta	Magenta	B

Matériel utilisé durant la troisième séance

Lors de cette troisième séance, les élèves utiliseront les lampes déjà décrites afin de produire de la lumière rouge, verte, bleue, jaune, cyan, magenta ou blanche. Ils projeteront cette lumière sur différents objets dont des filtres posés sur leur table blanche. Ils auront six filtres à disposition. Ils sont rouge, vert, bleu, jaune, cyan et magenta.

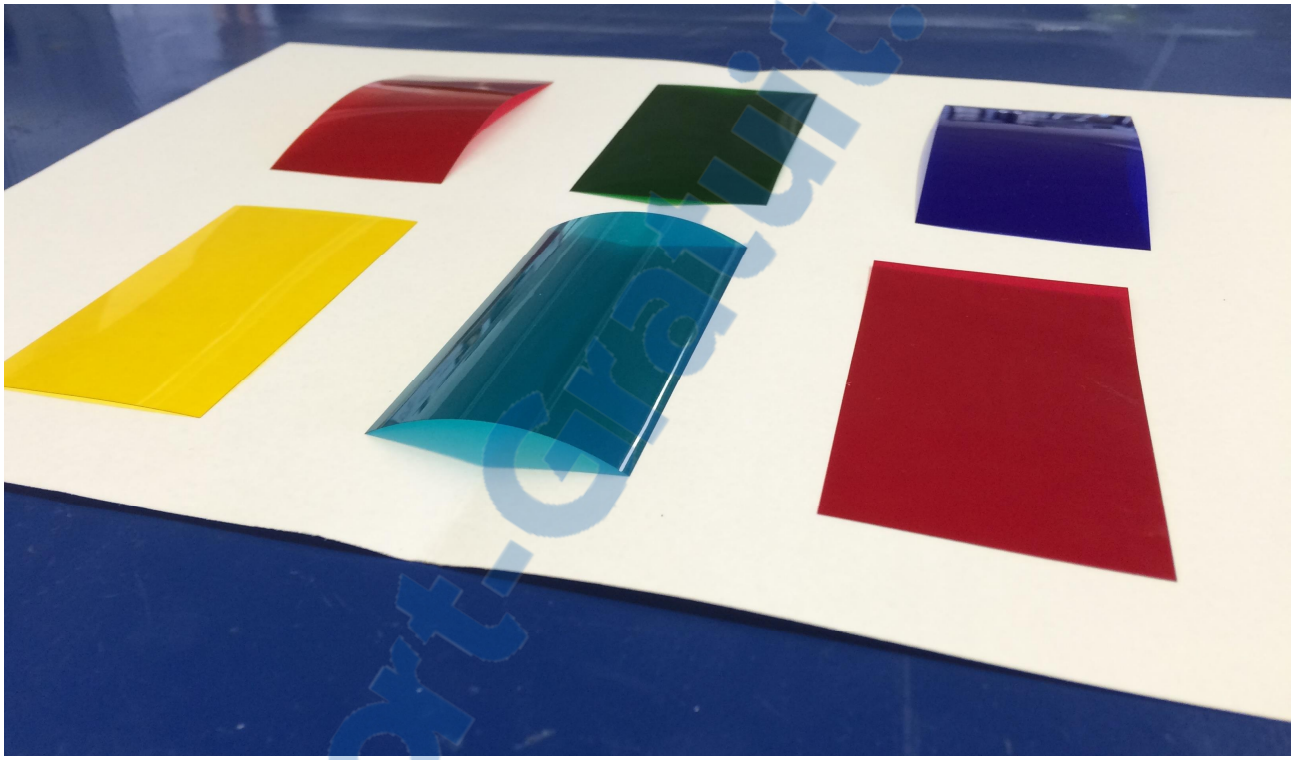


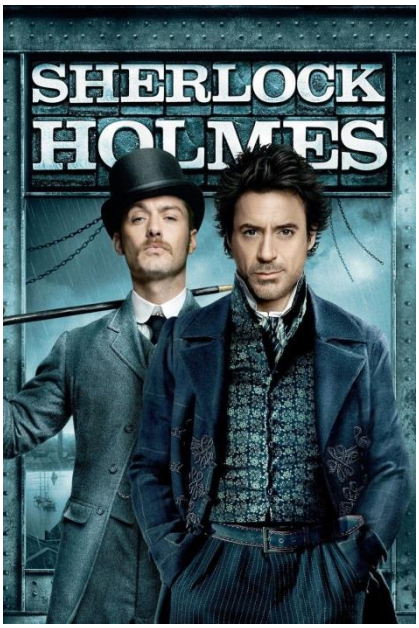
Photo personnelle – Sébastien Python

Nous leur fournirons également quelques supports tels que celui qui se trouve ci-dessous afin qu'ils puissent placer des filtres dessus et observer si le résultat est conforme à leurs attentes.

Rapport-Gratuit.com

Séance 4 : Une situation-problème

Une enquête policière[15]



Source : www.vostfr.club

L'agent Longtarin est en faction, un soir d'hiver dans une avenue commerçante avec un radar. Les néons rouges d'un magasin illuminent la rue.
Une voiture surgit à vive allure. L'agent Longtarin saisit son talkie-walkie : « chef, chef, un excès de vitesse ! Une voiture noire à 72km/h ! »
Ses collègues postés un kilomètre plus loin ne vont pas tarder à intercepter le chauffard. Ils voient passer dans la lumière blanche de leurs phares, une voiture rouge, une verte, puis une blanche. Enfin apparaît la voiture noire. Ils l'arrêtent. Son chauffeur conteste l'infraction :
« Ma voiture est incapable de dépasser les 45 km/h. »
Tu es expert scientifique auprès du tribunal ; réalise un montage qui l'aide à prouver son innocence.

1. Réalise un dessin scientifique de l'expérience.

2. Ecris le protocole que tu suivras.

_____

_____

_____

[15] A ce stade, le concept scientifique, ainsi que ses premières conséquences (interaction lumière ï matière) devraient être utilisables volontairement. Cette tâche constitue une situation-problème permettant aux élèves d'utiliser leurs nouveaux savoirs dans une situation concrète. Le résultat proposé pourra, d'ailleurs, être vérifié expérimentalement avec le matériel déjà décrit. De plus, nous pouvons jouer avec les variables didactiques si les élèves se retrouvent bloqués. Ils pourraient continuer leur travail par groupe, ou vérifier leurs hypothèses en cours de route à l'aide du matériel à disposition.

3. Imagine un scénario similaire où on aurait laissé passer un chauffard et arrêté une voiture noire par erreur. Mais dans ce scénario, les néons du magasin ne seraient pas rouges, mais cyans.[16]

4. Imagine un scénario similaire où on aurait laissé passer un chauffard et arrêté une voiture noire par erreur. Mais dans ce scénario, la voiture qu'on aurait laissé passer par erreur ne serait pas verte mais jaune.[17]

5. Imagine un scénario similaire où on aurait laissé passer un chauffard et arrêté une voiture noire par erreur. Mais dans ce scénario, la voiture qu'on aurait laissé passer par erreur ne serait pas verte mais blanche.[18]

[16] Cette question devrait générer une réflexion sur le rôle joué par la couleur du faisceau lumineux.
[17] Cette question devrait générer une réflexion sur le rôle joué par la couleur de la matière qui va interagir avec le faisceau lumineux.
[18] Cette question est troublante car la réponse est que ce scénario est inenvisageable et les élèves devront le prouver. Toutefois, on ne leur dit pas que le scénario décrit n'est pas possible. Le degré de difficulté augmente.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Matériel utilisé durant la quatrième séance

Lors de cette quatrième séance, les élèves pourront parallèlement à la situation-problème se questionner sur la manière dont fonctionne un pixel sur un écran d'ordinateur.
Dans un deuxième temps, ils pourront utiliser une lentille, de focale égale à 3 cm, qu'ils approcheront de l'écran afin de comprendre comment il fonctionne. Ils devraient constater que, par exemple, derrière une zone qui apparaît jaune, il y a des lampes rouges et vertes allumées. Cela leur permettra de confirmer ou d'infirmer leurs hypothèses.

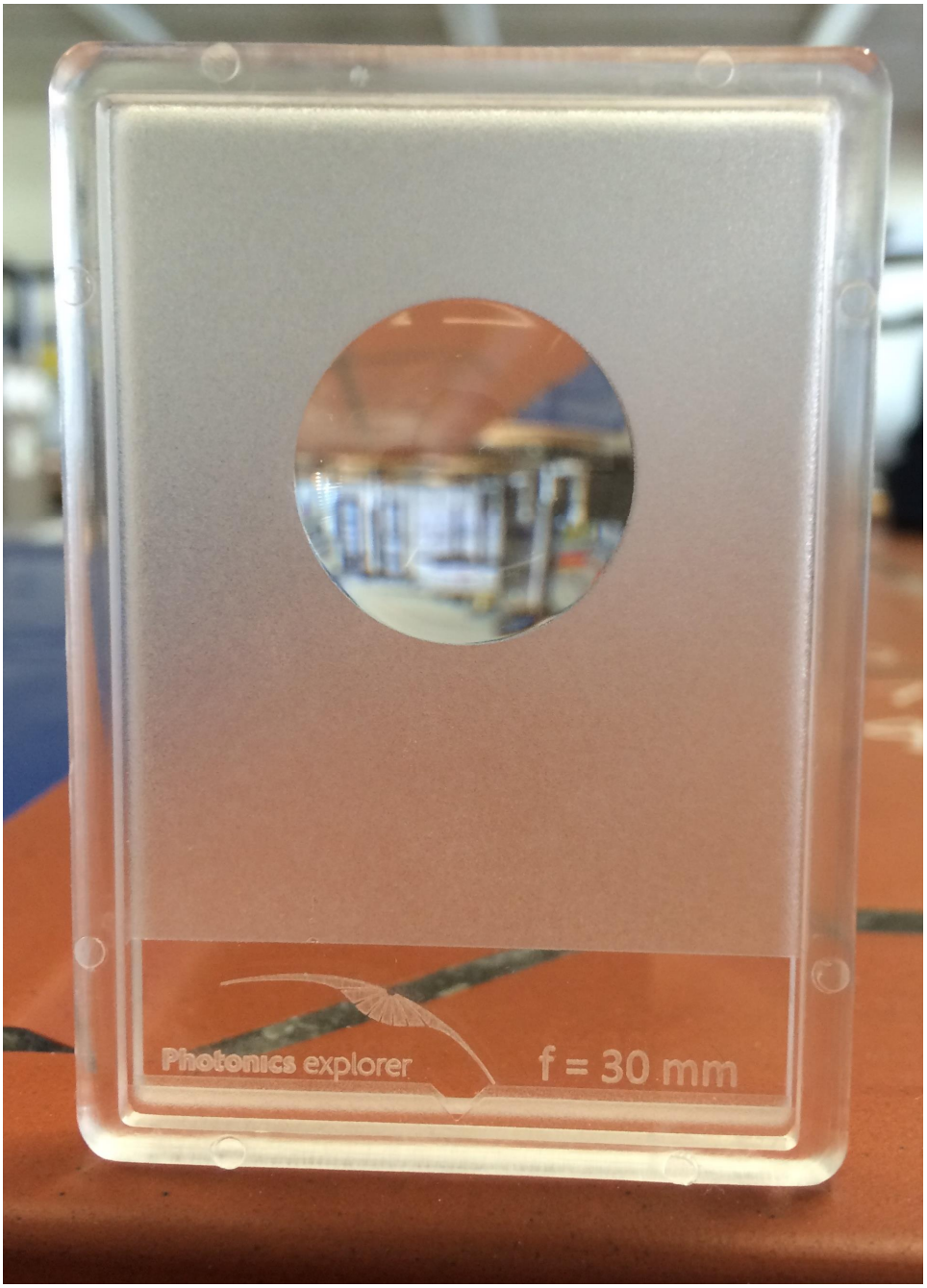


Photo personnelle – Sébastien Python

Séance 5 : Un pont entre le concept scientifique et le quotidien

Nous avons vu qu'un objet est une source secondaire qui joue le même rôle qu'un filtre. Cela nous permet de comprendre qu'une goutte de peinture jaune, par exemple, n'est qu'une sorte de filtre qui autorise notre œil à recevoir des rayons rouge et vert. Leur mélange formera cette couleur jaune.

Utilise cela afin de répondre aux questions suivantes tout en illustrant ta réponse.

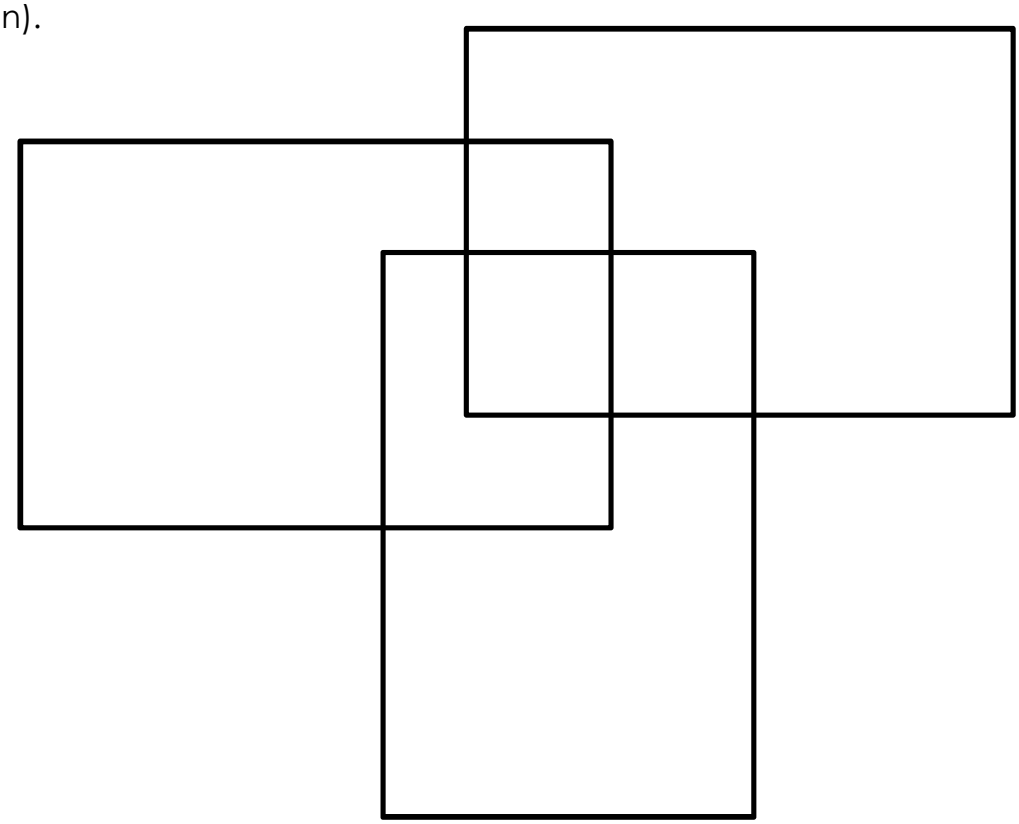
1. Quelle couleur obtiendra-t-on en mélangeant de la peinture jaune avec de la peinture cyan ?

2. Quelle couleur obtiendra-t-on en mélangeant de la peinture jaune avec de la peinture magenta ?

3. Quelle couleur obtiendra-t-on en mélangeant de la peinture magenta avec de la peinture cyan ?

A. La synthèse soustractive des couleurs[19]

Complète ce diagramme de Venn qui représente **la synthèse soustractive des couleurs** (c'est-à-dire le mélange de différentes encres ou peintures jaune, magenta et cyan ou la superposition de filtre jaune, magenta et cyan).



B. Les couleurs primaires et les couleurs complémentaires

Une couleur primaire ne peut pas être obtenue en mélangeant d'autres couleurs disponibles.

Lorsque nous imprimons une feuille, les trois couleurs primaires sont le jaune, le magenta et le cyan.
Un peintre choisira d'autres couleurs primaires en fonction de son projet.
Un projectionniste choisira également d'autres couleurs primaires.
Etc.

Lorsqu'on mélange une couleur primaire avec une couleur complémentaire, on obtient une teinte sans couleur (blanc, gris ou noir).

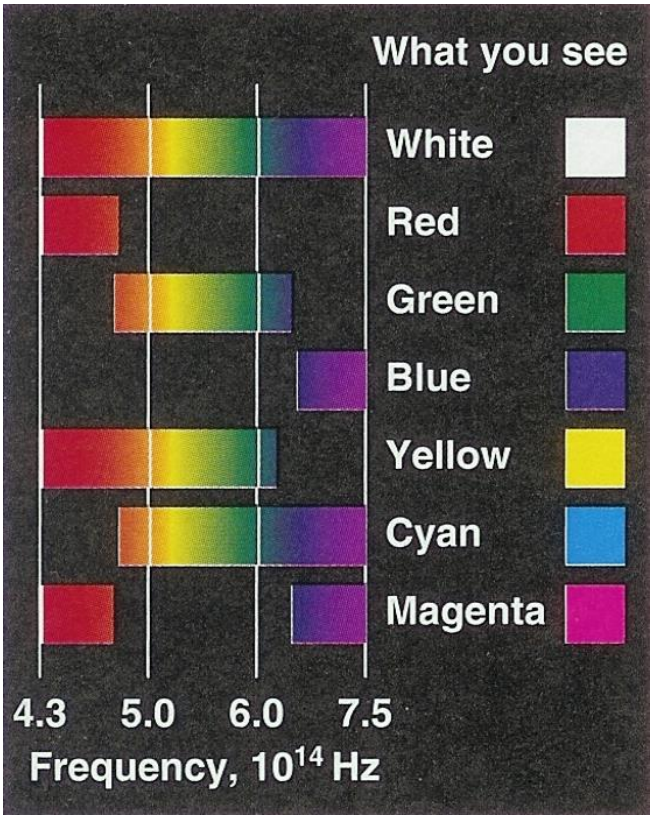
Si nous parlons d'encre, nous constatons que :

- Le rouge est une couleur complémentaire car rouge + cyan = noir
- Le vert est une couleur complémentaire car vert + magenta = noir
- Le bleu est une couleur complémentaire car bleu + jaune = noir.

[19] Cette institutionnalisation est volontairement similaire à celle réalisée en début de séquence sur la synthèse additive. Nous souhaitons que le concept quotidien puisse s'élever au rang de concept scientifique. Notons tout de même qu'il existe des différences entre les deux figures présentant les synthèses. Le but est de différencier, tout de même, les deux cas.

Séance 6 : Une explication scientifique du nouveau concept, enfiné

Voici un schéma qui nous permet de comprendre un peu mieux ce que tu as découvert durant ce chapitre.
Utilise-le afin de répondre aux deux questions suivantes :



Paul G. Hewitt ©

Comment se fait-il qu'un mélangeant de la lumière rouge et bleue nous obtenions du magenta ?

Comment se fait-il qu'un mélange d'encre jaune et d'encre cyan nous apparaît d'une belle teinte verte ?

Evaluation formative

Exercice 1

Tu peux observer ci-dessous le spectre de lumière émis par un objet éclairé par une lumière blanche.
Déduis-en la couleur de cet objet. Justifie.

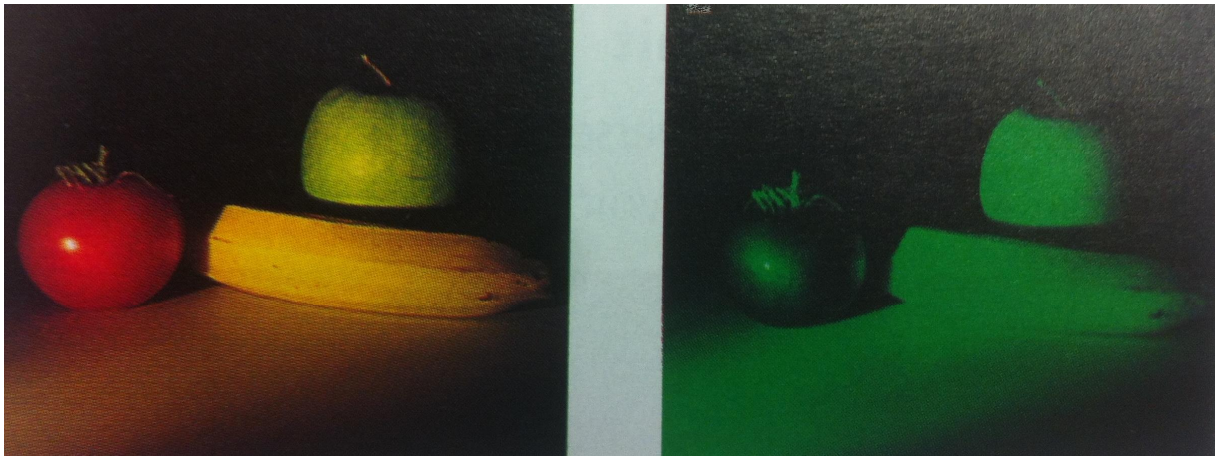
_____

_____

Source : Sciences 9e, DECS, Etat du Valais, 2002

Exercice 2

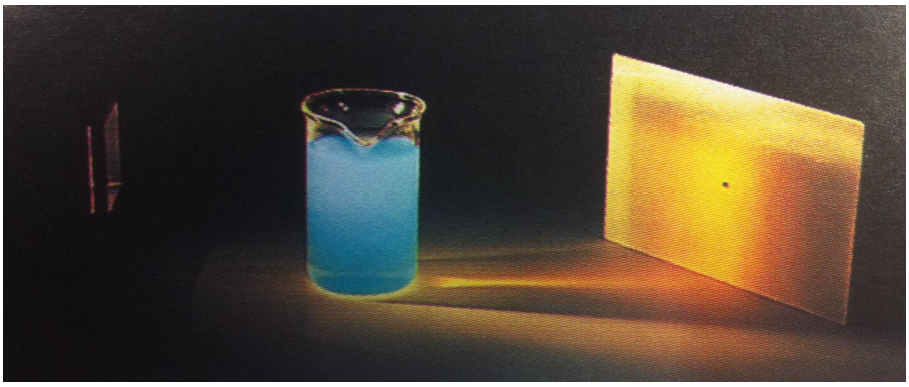
1. Note tes différentes observations concernant les deux images ci–dessous.
2. Fournis une interprétation à ces observations.



Source : Sciences 9e, DECS, Etat du Valais, 2002

Mes observations	**Mes observations**
_____	_____
_____	_____
Mon interprétation	**Mon interprétation**
_____	_____
_____	_____
_____	_____
_____	_____

Exercice 3
Observe le dessin de l'expérience ci-dessous.
Une lumière blanche est projetée à travers un liquide.



Source : Sciences 9e, DECS, Etat du Valais, 2002

1. Quelle(s) est (sont) la (les) couleur(s) primaire(s) qui parvient (parviennent) à traverser ce liquide ? _____

2. Quelle(s) est (sont) la (les) couleur(s) primaire(s) qui est (sont) diffusée(s) par ce liquide ? _____

3. Utilise cette expérience afin d'expliquer comment fonctionne notre atmosphère.

_____

_____

Exercice 4
Un drapeau italien (vert-blanc-rouge) et un drapeau français (bleu-blanc-rouge) ont l'air similaire lorsqu'ils sont éclairés par une certaine couleur.

1. Détermine cette couleur. _____

2. Enonce les couleurs que nous observerons sous cet éclairage

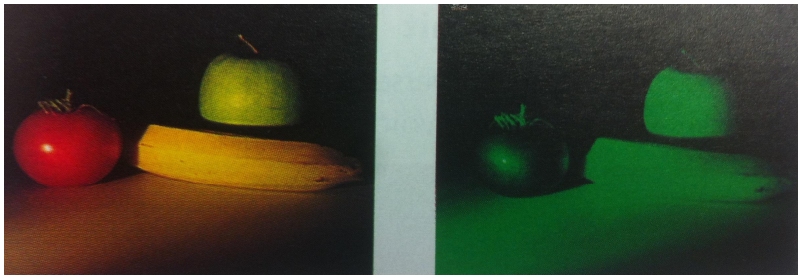
Drapeau italien et français éclairé par la couleur _____

_____	_____	_____

Réponse aux exercices

Exercice 1
L'objet émet des rayons de couleur verte et bleue.
Il s'agit d'un objet de couleur cyan.

Exercice 2



Source : Sciences 9e, DECS, Etat du Valais, 2002

Observations :
La tomate est rouge, la banane est jaune et la pomme est verte

Interprétation :
Les rayons rouges et verts sont renvoyés par les objets.
Ils doivent donc les recevoir.
On ne sait rien des rayons bleus.
Ils sont éclairés par une lumière blanche ou jaune.

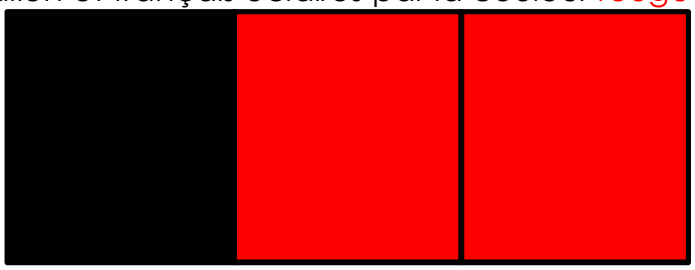
Observations :
La tomate est noire, la banane est verte et la pomme est verte.

Interprétation :
Les rayons verts sont renvoyés par les objets.

Les rayons rouges ne sont pas renvoyés.
On ne sait rien des rayons bleus.
Ils doivent donc recevoir des rayons verts mais pas des rouges.
Ils sont éclairés par une lumière verte ou cyan.

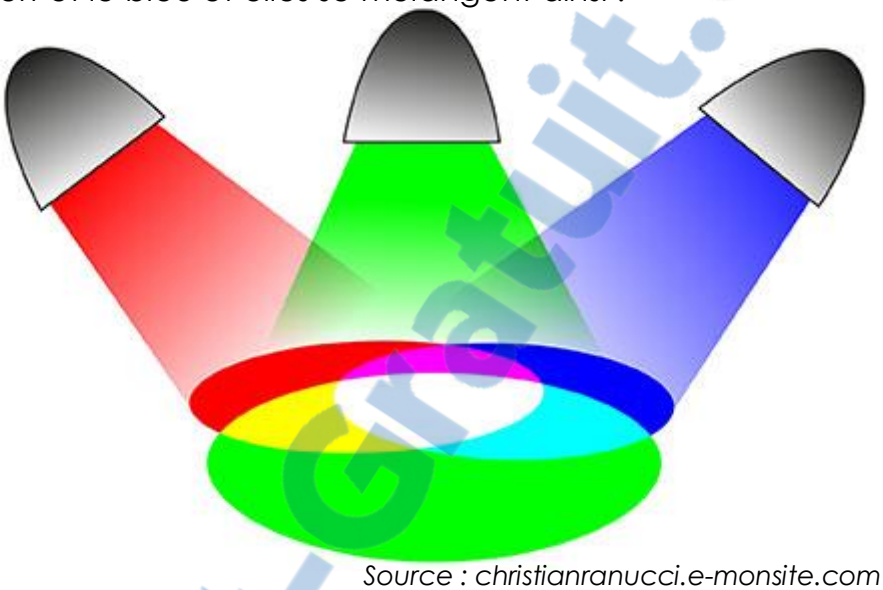
Exercice 3
1. La couleur jaune traverse le liquide. Les couleurs primaires verte et rouge traversent le liquide.
2. Le bleu est diffusé par le liquide.
3. Le soleil diffuse des rayons rouges, verts et bleus. Les rouges et les verts parviennent jusqu'à notre œil. Les bleus sont diffusés par l'atmosphère ce qui donne au ciel son aspect bleu.

Exercice 4
Les drapeaux italien et français éclairés par la couleur rouge sont similaires.



Résumé[20]

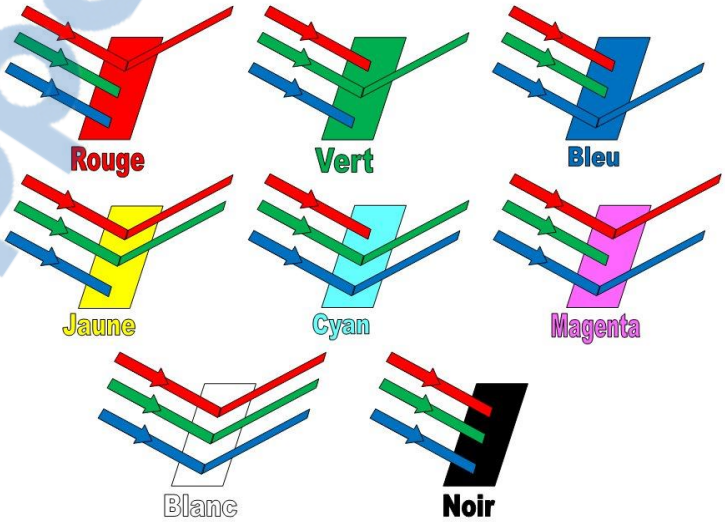
Tu connaissais déjà la manière dont se mélange la peinture.
La plupart d'entre vous pensaient qu'il en allait de même pour les rayons lumineux.
Or, après l'avoir testé en classe, vous avez pu constater que cela ne fonctionnait pas de la même manière.
Les trois couleurs primaires lorsqu'on mélange des rayons lumineux sont le rouge, le vert et le bleu et elles se mélangent ainsi :



Source : christianranucci.e-monsite.com

Cela s'appelle la **synthèse additive des couleurs**.

On peut **utiliser** cette dernière afin de prévoir de quelle couleur apparaîtra un objet d'une couleur donnée s'il est éclairé par une couleur donnée.
Nous pouvons comprendre cela à l'aide des dessins ci-dessous.



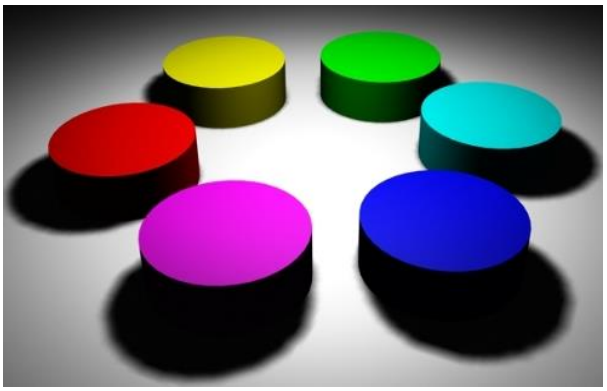
Source : Manuel RGB Flashlight kit – ABRA Electronics

[20] Cette page, ainsi que la suivante, sont fournies en fin de cette séquence afin d'aider les élèves à stabiliser les nouveaux savoirs découverts.

Rapport-Gratuit.com

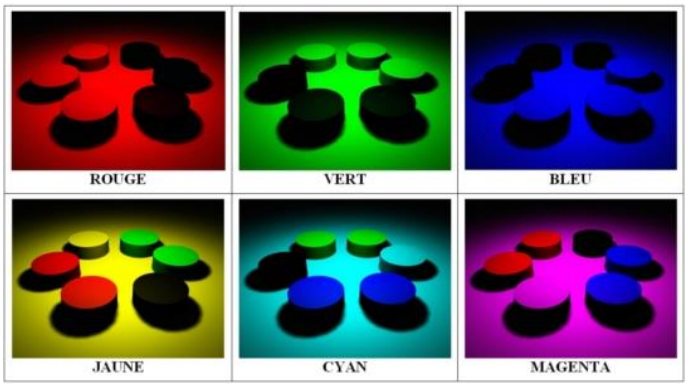
Voici deux images pour t'aider davantage. Mais n'oublie pas, le seul élément qu'il faut connaître par cœur est la synthèse additive. Tout le reste peut en être déduit.

6 cylindres



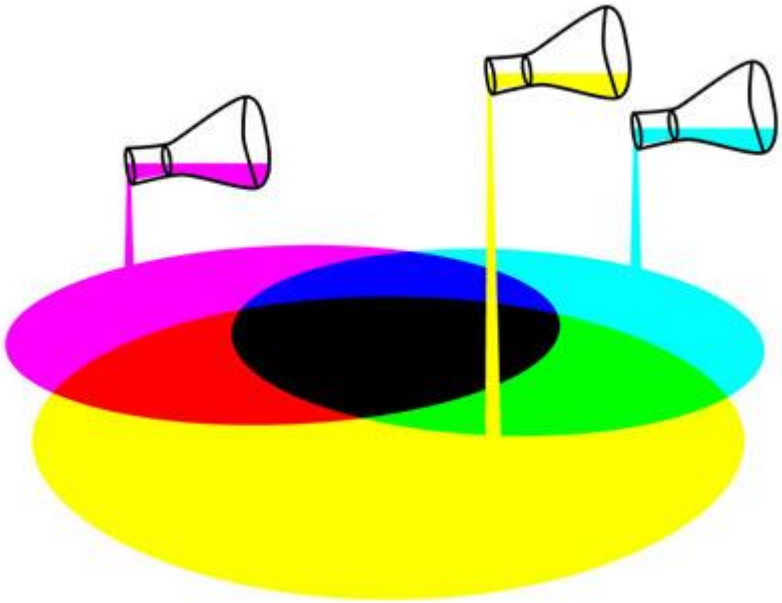
Source : maxicours.com

sous différents éclairages



Source : maxicours.com

La peinture, tout comme l'encre ou les objets qui nous entourent joue le rôle de filtre.
Si nous mélangeons du jaune et du cyan, seul le vert est capable de s'extraire de ces deux filtres. Nous verrons donc ce mélange … vert.
Cela peut se résumer à l'aide du schéma suivant qui se nomme la synthèse soustractive des couleurs.

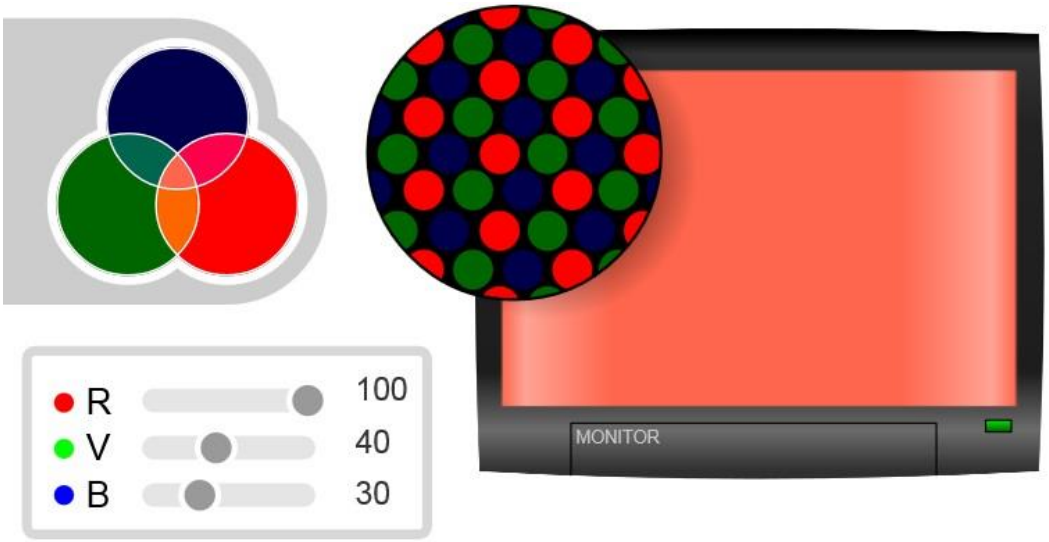


Source : livementor.com

Il est inutile d'apprendre ce schéma. Durant le cours, tu as été capable de l'obtenir à partir de la synthèse additive des couleurs. **Ce schéma n'est qu'une conséquence de la synthèse additive**.

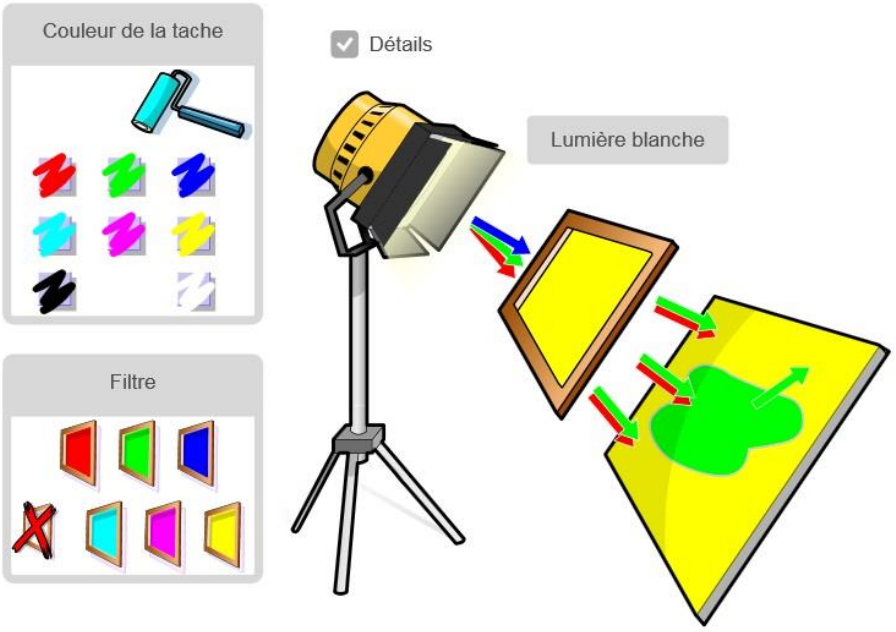
Séance 7 : Un temps de consolidation

Voici quelques images issues du site internet utilisé afin de permettre aux élèves de réviser[21] :



Source : edumedia-sciences.com

Au sein de chaque pixel, les luminophores rouges sont allumés avec une intensité de 100 %, les verts le sont également avec une intensité de 40 % et les bleus avec une intensité de 30 %.



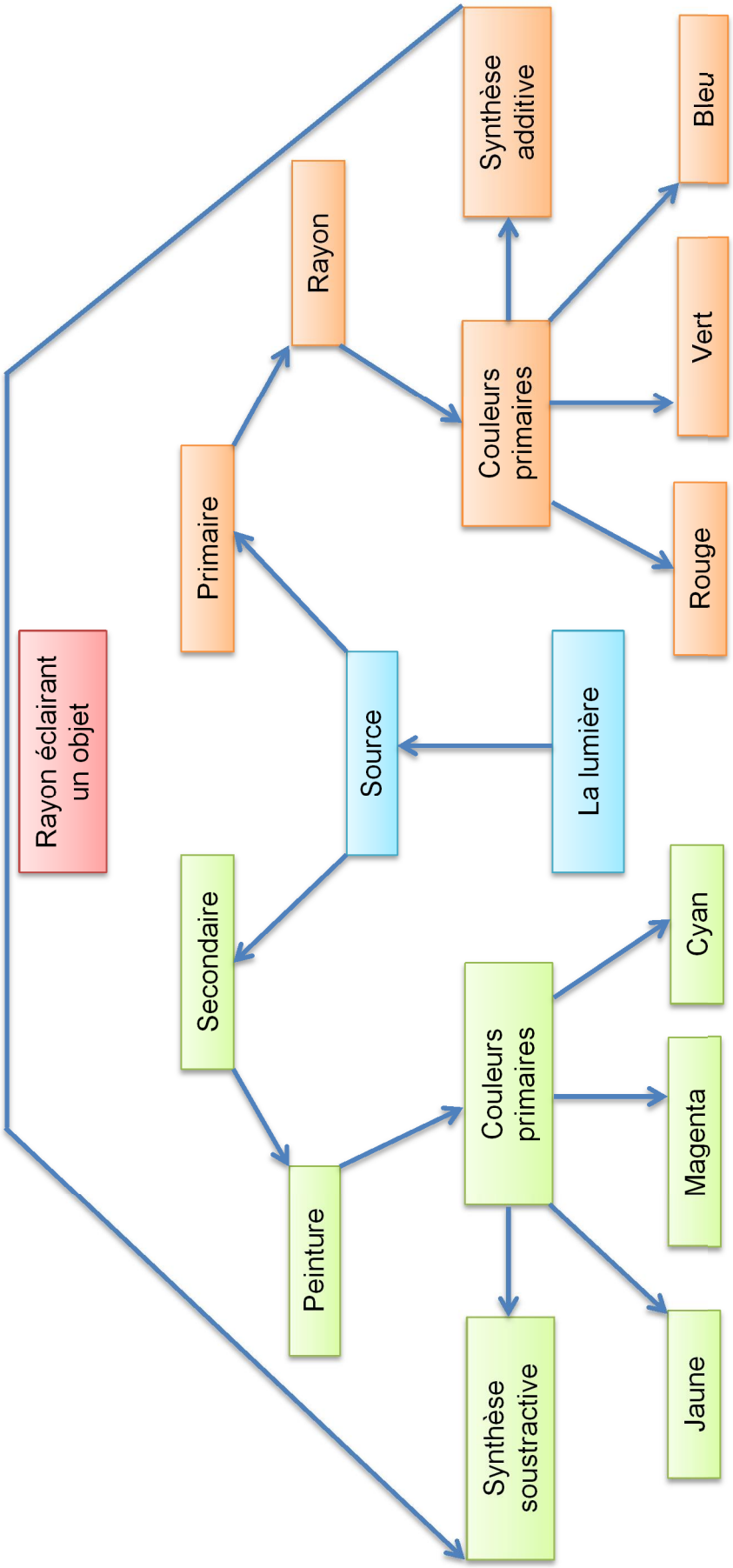
Source : edumedia-sciences.com

La lumière blanche passe à travers un filtre jaune afin d'éclairer une tache cyan.

[21] Les élèves pouvaient aussi terminer l'évaluation formative, analyser un schéma conceptuel de révision (*cf.* page suivante) et utiliser à nouveau le matériel expérimental déjà décrit.

Rapport-gratuit.com
LE NUMERO 1 MONDIAL DU MÉMOIRES

Voici un schéma conceptuel qui devrait aider certains élèves à comprendre les liens entre les différentes éléments intervenant durant cette séquence.



Séance 8 : L'évaluation sommative

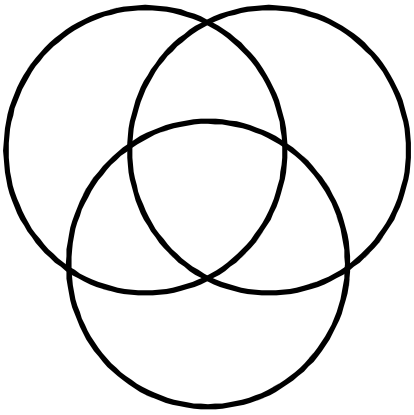
Exercice 1

1. Range ces objets selon le critère suivant : sources primaires ou secondaires.
Lune – Lampe – Planète – Soleil – Tableau interactif – Ecran de smartphone
Bougie – Ecran de cinéma – Eclair – Projecteur

Source primaire	Source secondaire

2. Choisis un objet de chaque colonne et réalise un dessin qui illustre ce qu'est une source primaire et ce qu'est une source secondaire.

3. Complète ce schéma afin qu'il représente la synthèse additive des couleurs.



4. Quelle(s) couleur(s) primaire(s) est (sont) conservée(s) par ta plante verte d'appartement ? Justifie

_____

_____

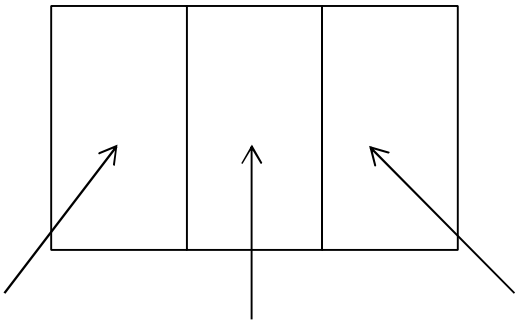
_____

Exercice 2

Voici le drapeau du Mali (vert, jaune, rouge) éclairé par de la lumière blanche :

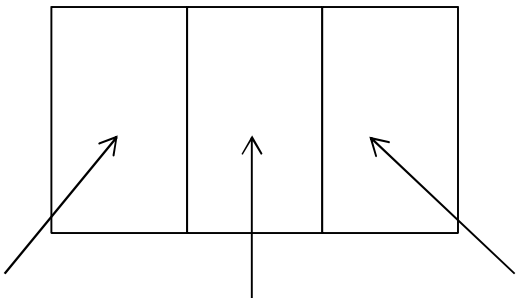
Source : wikipedia.org

1. Quelles couleurs apparaitront lorsque ce drapeau est éclairé par une lumière rouge ?



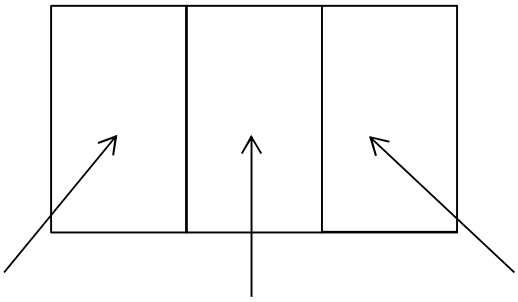
_____ _____ _____

2. Quelles couleurs apparaitront lorsque ce drapeau est éclairé par une lumière cyan ?



_____ _____ _____

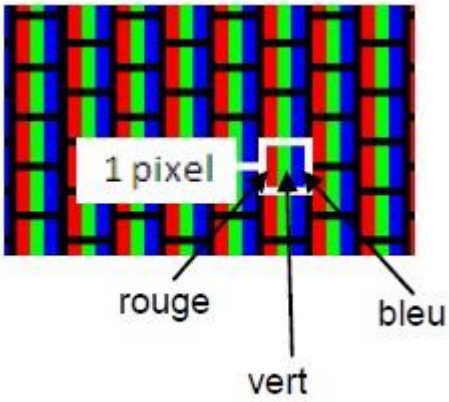
3. Ce drapeau est imprimé. Malheureusement, l'imprimante ne contient plus d'encre cyan. Quelles seront les couleurs du drapeau malien imprimé ?



_____ _____ _____

Exercice 3

Les écrans qui équipent les téléviseurs utilisent les trois couleurs primaires et la synthèse additive.
Un pixel est composé de trois rectangles minuscules que l'on appelle des luminophores. Dans chaque pixel, un luminophore est bleu, un autre est vert et le dernier est rouge. L'activation d'un ou plusieurs de ces trois luminophores avec des intensités différentes permet d'obtenir toutes les couleurs et nuances imaginables.



Source : math.univ-lyon1.fr

Un dessin animé passe à la télévision. Nous y voyons un cousin d'Olaf rencontrer l'amour.

Source : maths.sciences.fr

1. Dans les schémas ci-dessous, les trois cases R, V et B correspondent aux types de luminophore. Pour chaque couleur affichée à l'écran marque d'une croix le (les luminophore(s) qui éclaire(nt) en suivant l'exemple fourni.

Chapeau vert		
R	V	B
	X	

Ombre noire		
R	V	B

Rayure jaune		
R	V	B

Ciel cyan		
R	V	B

Nœud magenta		
R	V	B

Neige blanche		
R	V	B

2. Une panne survient et les luminophores bleus ne fonctionnent plus.

Détermine quelle sera la couleur du chapeau vert. _____

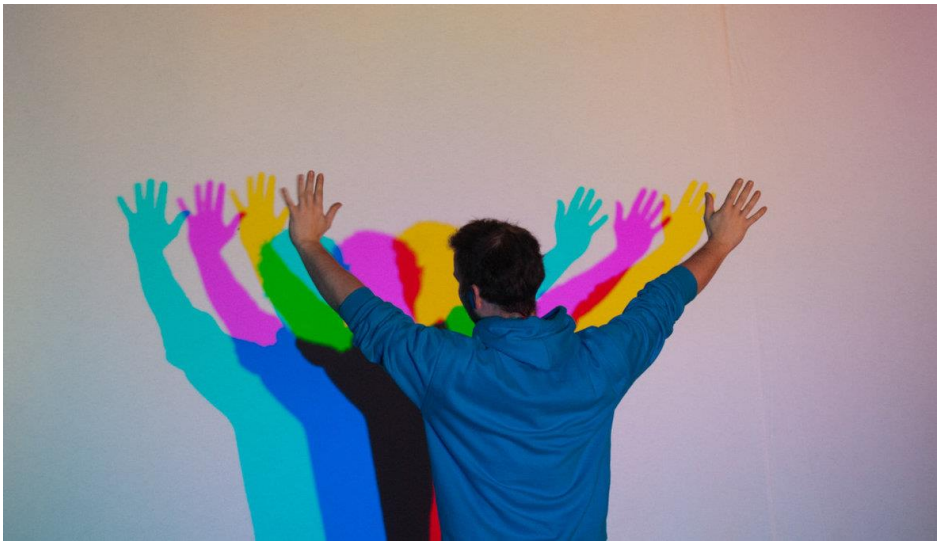
Détermine quelle sera la couleur du ciel cyan. _____

Détermine quelle sera la couleur de la rayure bleue. _____

3. On retrouve cette image sur internet et on l'imprime. Comment obtiendra-t-on la couleur verte du chapeau une fois l'image imprimée ? Justifie

Exercice 4

Observe l'image obtenue à l'aide d'une expérience et réponds aux questions suivantes.



Source : pinterest.com

1. Quel matériel est nécessaire à la réalisation de cette expérience ?

_____

_____

2. Explique comment se déroulera cette expérience à l'aide d'un schéma et d'un petit texte de 20-30 mots

_____

_____

_____

_____

_____

_____

_____

3. Analyse le résultat de l'expérience qui est visible sur la photo. Explique la provenance de chaque couleur que tu peux observer sur les ombres de l'image fournie.

Exercice 5

Cette image contient trois paires de lèvres, respectivement, vert, cyan, bleu.
Eclairées sous une certaine couleur, ces lèvres deviennent, respectivement, vert, vert, cyan.
Détermine la ou les couleurs d'éclairage possible(s). Justifie ta réponse.

Source : pinterest.com

Exercice 6

Orson et Pablo discutent de couleurs.
Orson prétend qu'en mélangeant toutes les couleurs, nous obtenons du blanc. Pablo est atterré par de tels propos et affirme, au contraire, que le mélange de couleurs nous fournit du noir.
Aide-les à se mettre d'accord.

Formation professionnelle - Secondaire I
Mémoire professionnel - Volée 2013/2016

Attestation dôauthenticité

Je soussigné certifie que ce mémoire constitue un travail original et jôaffirme en être lôauteur. Je certifie avoir respecté le code dôéthique et de déontologie de la recherche en le réalisant.

Lieu :

Date :

Nom, prénom :

Signature :