



# **Les enjeux des Travaux Pratiques en Sciences Physiques**



Pôle Scientifique  
Saint Leu



2003/2004  
U.P.J.V

# SOMMAIRE

	Page...
⇒ Introduction .....	1
<b>I. <u>Confrontation avec la Nature</u> .....</b>	<b>2</b>
1. Faire manipuler pour intéresser l'élève .....	2
2. Rompre avec l'image Théorique des Sciences Physiques .....	2
3. Transmettre des Techniques .....	3
4. Transmettre une attitude .....	4
<i>α. L'amélioration</i> .....	4
<i>β. La persévérance</i> .....	5
<i>γ. L'objectivité</i> .....	5
<i>δ. La patience</i> .....	6
<b>II. <u>Structurer la réflexion</u> .....</b>	<b>7</b>
1. Utiliser la pédagogie différenciée .....	7
2. Saisir les concepts en formant l'intuition .....	8
3. Intégrer la symbolique des mathématiques en Sciences Physiques .....	9
<i>α. Briser l'appréhension à l'encontre des mathématiques en             physique-chimie</i> .....	9
<i>β. Aider l'élève à formaliser ce qu'il observe</i> .....	10
4. La démarche scientifique .....	11
⇒ Conclusions .....	13
⇒ Bibliographie .....	14
⇒ Annexes :	
1. Le Lycée d'Hirson .....	16
2. Le déroulement du stage .....	17
3. Richard Feynman .....	18
4. T.P Informatisé .....	19
5. La devise Shadok .....	20
6. Réalisation d'une échelle de teinte .....	21

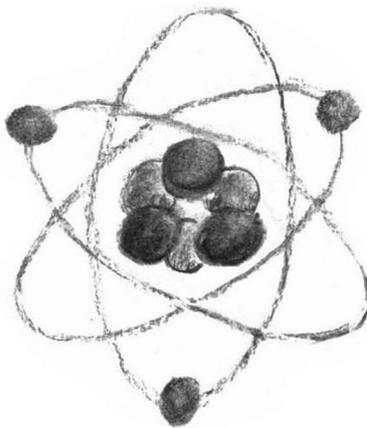
# INTRODUCTION

Les sciences physiques ne peuvent se réduire à un tas de formules, aussi complexes soient elles. N'importe quel élève peut être capable de retenir la formule de l'attraction gravitationnelle, ou même l'équation de Schrödinger, même si elle est enseignée bien après le lycée. Néanmoins, savoir de quoi ces formules parlent et ce qu'elles impliquent nécessite un travail certain et une réflexion très poussée.

Mais au lycée, les professeurs de sciences physiques ont un vecteur d'approche qui leur permet de confronter les élèves avec la nature, et de structurer leur réflexion, par leur propre expérience. Depuis 1902, les séances de travaux pratiques (T.P.) font partie de l'enseignement des sciences physiques. Le volume horaire si important m'a toujours intrigué, et je me suis souvent demandé pourquoi tant d'efforts, aussi bien humainement que financièrement, sont déployés pour ces travaux pratiques.

Le choix de mon lieu de stage s'est porté naturellement sur le lycée (annexe 1) dans lequel j'ai étudié, pour y retrouver le cadre qui m'a donné envie d'enseigner cette matière. Les quatre jours de stage (annexe 2) m'ont permis de suivre des élèves de différentes filières et niveaux, pour observer ce qui est proposé aux élèves, et la manière dont ils s'investissent dans ces séances.

La problématique du dossier et de savoir quels sont les enjeux réels de travaux pratiques, afin de montrer qu'ils participent à l'acquisition du raisonnement scientifique par l'élève.



# **I. Confrontation avec la nature**

## **1. Faire manipuler pour intéresser l'élève**

Depuis le début de sa scolarité, l'élève a été confronté à des activités manuelles. De la création d'un cadre décoré avec des pâtes pour la fête des mères, à la peinture (de la maternelle à la troisième), ces activités sont le plus souvent appréciées par les élèves, puisqu'elles leur permettent de sortir du cadre purement scolaire d'apprentissage. Ces heures particulières leur permettent d'être réellement acteurs de leurs découvertes.

Dans les couloirs, on entend d'ailleurs beaucoup moins d'élèves se plaindre en disant qu'ils vont en Travaux pratiques que d'élèves faisant la moue à l'idée de faire la moindre heure de sciences ! Et ce goût pour les travaux pratiques est à lier directement avec l'ambiance plus décontractée qui règne dans ces salles si spéciales du lycée. Voir des élèves aussi bien de seconde que de terminale se lever en pleine séance ne choque pas, la liberté de mouvement étant accordée aux élèves pour faire face à un quelconque défaut de produits chimiques, ou de matériel physique ! Et cette liberté n'est pas contre-productive, au contraire, car l'élève va aussitôt chercher ce qu'il lui manque pour achever sa manipulation.

Bref, « l'intelligence de la main » existe bel et bien, et l'expérience des enseignants (et des chercheurs !) nous dit qu'elle amène à l' « envie du cerveau » !

## **2. Rompre avec l'image Théorique des Sciences Physiques**

L'aversion d'une grande part des élèves vis-à-vis de cette matière est palpable, les grognements d'élèves dans les couloirs où même devant le professeur auraient de quoi décourager. On entend les pires adjectifs à propos de l'enseignement : ennuyeux, inutile, trop « space » (adjectif lycéen, qualifiant toute chose étrange et inintelligible !), pour ne citer que les plus corrects. Il est vrai qu'ouvrir un livre de physique, même de terminale, pourrait faire peur à beaucoup de personnes. Mais le mérite n'est pas de constater le caractère ardu de certains cours, mais bien de s'intéresser à ce paquet d'équations, aussi atroce soit il.

Mais si ce paquet d'équations forme la finalité de cette science dure, ces élèves oublient qu'il n'a pas été trouvé en regardant le ciel (sauf pour les astrophysiciens, peut être !). Il s'appuie sur des phénomènes bien réels, des phénomènes de la Nature, comme aime l'expliquer Richard Feynman (Annexe 3) dans ses nombreux ouvrages. Les travaux pratiques mettent l'élève dans la même situation que Galilée, Newton, et autres Dieux du Parthénon de la Physique, face à ces phénomènes naturels, que l'ont étudié au travers d'expériences. Et tout élève peut alors ressentir un sentiment d'impuissance, à décrire ce qu'il a sous les yeux avec rigueur.

L'élève est-il désarmé ? Feynman ne le pense pas :

« La vie sur notre planète a évolué, jusqu'à ce qu'apparaissent des animaux évolués, doués d'intelligence. Je ne

pense pas seulement aux humains, mais aussi à ceux des animaux qui sont capables de jouer et de **tirer des leçons de l'expérience** (les chats, par exemple). ».

Par là, il explique que son intelligence naturelle lui permet de tirer des leçons de ce qu'il vit, de ses gestes, de ce qu'il provoque sur la Nature. Les séances de travaux pratiques sont le lieu où l'on permet à l'élève de suivre ce cheminement, qui fait bien sûr référence aux travaux de Piaget, sur le développement cognitif de l'enfant. L'élève est en interaction avec la Nature lors de l'expérience, tout comme Galilée l'était avec les planètes du système solaire, ou Newton... avec sa pomme !

Les sciences physiques sont une science expérimentale, qui tire ses leçons de l'observation de la Nature. Les séances de travaux pratiques sont la preuve pour les élèves du caractère expérimental des sciences physiques. En effet, rares sont les lycées proches de laboratoires de recherches d'université. Le lycée d'Hirson est éloigné des pôles scientifiques qui l'entourent (Lille, Paris, Amiens). Et dans un cadre rural où les déplacements sont réduits au maximum, la physique (plus que la chimie il est vrai) paraît effectivement des plus abstraites...

### 3. Transmettre des techniques

Le fait que les Sciences Physiques soient une science expérimentale étant acquis, intéressons nous aux moyens de cette discipline, qui sont parfois pour les travaux pratiques une finalité. Chaque branche de la matière a son matériel, qui implique plus ou moins de précaution. Cependant, il n'est pas rare de manquer de ce matériel, et d'en être réduit au système D, au lycée d'Hirson comme dans beaucoup d'autres.

L'élève reçoit la responsabilité de son matériel, qu'il doit savoir nommer, et utiliser correctement. Certaines séances sont consacrées exclusivement à l'étude d'un appareil, c'est le cas du célèbre T.P. « oscilloscope ». Il est très courant en physique, de part ses nombreuses fonctions et paramétrages. Il m'a été permis d'assister à cette séance, où des élèves de 1<sup>ère</sup> Génie Electrique découvraient l'appareil et ses nombreux boutons... Du fait de la complexité de l'appareil, la séance lui a été entièrement consacrée, mais en général, l'apprentissage de l'utilisation d'un appareil de mesure ou d'un outil expérimental est intégré dans un TP dont le but est plus général.



A chaque séance, l'enseignant distribue un polycopié (ou alors utilise celui déjà présent dans le livre) contenant toutes les manipulations à réaliser par l'élève, des questions pour l'observation, et demandant certains calculs. Ce document est appelé protocole. En le suivant tel une recette de cuisine, on amène en une ou deux heures l'élève aux mêmes observations que des scientifiques ont mis des jours à obtenir.

On peut ranger les transmissions de savoirs techniques dans deux catégories : l'expérimentation et la mesure. Il est du ressort de l'enseignant de faire acquérir ces deux facettes de la manipulation scientifique. Prenons un exemple de travaux pratiques en chimie, le dosage, c'est-à-dire la mesure de la concentration, de soude dans le Destop. Ce produit étant très concentré, on le dilue, ce qui oblige l'élève à savoir utiliser pipette et propipette correctement. Il doit aussi respecter une règle d'or en chimie, celle de ne pas prélever directement dans le flacon de destop, pour éviter de le polluer. Ensuite, il doit effectuer le montage du dosage, en manipulant une verrerie très fragile. Le remplissage de la burette, la préparation du destop à doser, tout s'effectue avec attention, rigueur, en faisant appel à l'intelligence de l'élève, qui doit comprendre la fragilité du matériel et la nécessité de précision que la mesure requiert. Enfin, l'utilisation d'appareils électroniques peut compléter cette expérience, appareil que l'on peut à cette occasion faire découvrir à l'élève. Les deux facettes du savoir technique, expérimentation et mesure sont intégrées dans le même protocole.

J'ai pu assister à un T.P. effectués par des élèves de seconde suivant l'option MPI (Mesures Physiques et Informatiques). Il s'agit du dosage du destop déjà évoqué, auquel on a soustrait la préparation de la solution. Ils ont effectué la mesure de la concentration. Rien d'extraordinaire apparemment, sauf que l'on ne fait ce T.P. qu'en Terminale ! En effet le but du T.P. n'était pas de comprendre réellement ce qu'était la réaction, mais de savoir effectuer cette mesure si banale dans les laboratoires. Cet exemple est donné pour insister sur le côté « recette de cuisine » que peut prendre un protocole.

(Il m'a été permis de travailler sur l'élaboration d'un protocole, toujours d'un dosage, mais celui-ci étant informatisé (annexe 4). J'ai alors pu comprendre le besoin de préparation que nécessitait un T.P, pour que l'élève ne soit pas encombré de manipulations inutiles !)

La mémoire des gestes est ici fort utile, puisque les élèves auront toujours les mêmes bases de manipulation lors des T.P. de Chimie, en permettant d'augmenter la complexité théorique de la séance.

## **4. Transmettre une attitude**

### **α. L'amélioration**

Chaque séance de travaux pratiques requiert des gestes particuliers, parfois répétitifs. Le cadre de la séance, dans lequel le professeur peut se déplacer de groupe en groupe est propice aux conseils. Se tenir debout pour travailler à hauteur d'œil, garder un plan de travail organisé, ajuster correctement le niveau d'un produit dans une pipette, toujours partir d'un même point pour des mesures en mécanique, attendre le moment idéal avec le chronomètre, voici des conseils distillés au fur et à mesure aux binômes, ou à voix haute si tous les binômes font la même erreur de manipulation.

En suivant des élèves de Terminale Scientifique, j'ai assisté à une de ces améliorations qu'apportent un élève. Lors d'une électrolyse (technique utilisée en industrie pour entre autre déposer du chrome sur des pièces de voitures), on utilise un

générateur qui devait selon le protocole être réglé sur 1V. L'élève en question, décida de pousser le générateur à 12V, en pensant accélérer la réaction qui devait durer une bonne demi-heure. Et en à peine dix minutes, il observait les changements de couleurs qui devaient apparaître ! La nouvelle se répandit alors comme une traînée de poudre, le professeur ne broncha guère, puisque aucun risque n'était encouru ni par les élèves ni par le matériel ! La question du rendement temporel en chimie étant abordée, l'entrave au protocole s'avéra fructueuse !

Le professeur doit chercher à amener l'élève à la plus grande rigueur, la plus grande précision, de manière à améliorer le calcul d'une constante physique, la mesure d'une concentration. Et au fur et à mesure des expériences, l'élève trouve de lui-même ses petites astuces, gagner un peu de temps pour faire une analyse théorique plus pointue, pour frôler la perfection avec un rendement de presque 100%. Améliorer le geste pour augmenter la précision, la rigueur, l'efficacité, si l'enseignant y travaille, c'est parce que dans leur vie professionnelle, cette faculté sera un réel atout.

### **β. La persévérance**

Un comportement m'a particulièrement frappé lors d'une séance avec des élèves de seconde. Un élève qui n'observait pas la bonne couleur du fait d'une mauvaise manipulation s'écria « ça marche pas, c'est nul. », et laissant alors seul son camarade manipuler. La réponse du professeur fut claire, en lui indiquant qu'à toute erreur on peut donner une cause, et que ce ratage est bien plus productif qu'une expérience se déroulant sans problème, la perte de temps mise de côté.

Les expériences peuvent rater, mais est-ce pour autant que l'on arrivera à rien ? Le devise de ce professeur est issue de la pensée Shadok (annexe 5) :

« En essayant continuellement on finit par réussir. Donc plus ça rate, plus on a de chances que ça marche. ».

On est peut être loin de la vraie philosophie, mais c'est bien ce que l'enseignant essaye de transmettre au travers de tous ses travaux pratiques, et ce qui se pratique dans les laboratoires de recherches !

### **γ. L'objectivité**

Cette qualité est d'après une chercheuse de l'Université d'Amiens, primordiale en sciences. Les professeurs du lycée d'Hirson me l'ont d'ailleurs confirmé, et m'avaient annoncé que je verrais forcément le travail de cette attitude en T.P.

En effet, bien que l'élève ait persévéré pour trouver la cause d'une plausible erreur, il se peut qu'il doive toujours faire face à une incohérence. Une absence de précipitation, une couleur plus que suspecte, très fréquentes en chimie, du fait de la difficulté à contrôler l'invisible à l'œil nu, ces ratages ne doivent pas être passés sous silence. Au contraire, les professeurs incitent les élèves à admettre l'erreur,

l'incohérence dans une manipulation, et aussi à tenter de donner les causes d'une valeur saugrenue ou d'un rendement anormalement faible.

### **δ. La patience**

Cette partie peut sembler en contradiction avec le  $\alpha$ ), mais la patience est aussi une attitude à transmettre, dans la mesure où le caractère de l'élève est un tant soit peu malléable ! Quand on ne peut améliorer l'efficacité temporelle d'une manipulation, cette qualité s'avère fort utile...

Feynman trouve cette qualité primordiale chez un esprit tentant de résoudre un problème. Dans son autobiographie, il l'évoque lorsqu'il raconte sa passion pour ouvrir les coffres-forts de ses supérieurs. A propos des gens qui n'attendaient que très peu, il écrit :

« Ils n'avaient pas eu la patience d'attendre ; alors que la seule façon d'y arriver, c'est précisément la patience ! ».

Et il y parvenait, lentement, mais il y arrivait !

En chimie notamment, certaines expériences sont lentes, les espèces ayant du mal à réagir pour des raisons dites thermodynamiques. On dit parfois à l'élève dans son protocole d'agiter, de chauffer, pour accélérer la réaction et ainsi faire en deux heures une réaction qui mettrait plusieurs jours à se faire. Mais il doit tout de même faire preuve de patience, tout dans la nature ne s'effectuant pas en un instant. L'initiative d'accélération de l'électrolyse citée plus haut a d'ailleurs légèrement irrité l'enseignant, leur disant qu'il ne faut pas vouloir avoir tout et tout de suite. La précipitation est souvent cause de beaucoup d'erreurs dans les manipulations, c'est pour cela qu'il faut faire comprendre aux élèves que la patience, alliée au désir d'optimisation et à la persévérance, permet d'avoir des résultats fiables donc scientifiquement exploitables !

## **II. Structurer la réflexion**

### **1. Utiliser la pédagogie différenciée**

Les classes qu'un professeur doit enseigner sont le plus souvent des plus hétérogènes, tant au niveau des capacités que des comportements. De plus, les effectifs sont le plus souvent réduits, avec des systèmes de groupes avec les Sciences de la Vie et de la Terre. Des conditions particulières, qu'il est possible d'exploiter au mieux.

Nous avons déjà parlé des protocoles qui peuvent n'être qu'un recueil d'instructions, compilation de tâches de bas niveau que n'importe quel élève peut effectuer. Mais le plus souvent, on trouve des questions d'observation et d'analyse d'expérience, en demandant à l'élève de tirer des conclusions de ce qu'il vient de réaliser. Il est souvent difficile de trouver le juste milieu entre la recette de cuisine et la véritable situation de recherche.

Les discussions avec les enseignants m'ont amené à une affirmation. Les T.P. trop directifs n'ont que peu d'intérêt, sauf s'ils doivent apprendre à l'élève une technique particulière comme le dosage. Mais un T.P. dit conceptuel, où l'on demande à l'élève de trouver en quelques minutes ce que d'autres ont mis bien plus de temps à comprendre et expliquer, n'est pas plus fructueux. Le plus souvent, l'élève, et c'est normal, ne peut arriver à comprendre ce qui se cache derrière les manifestations d'un phénomène, comme le retard du courant électrique dû à une bobine. Mais les professeurs ne savaient ce qui était le moins préjudiciable pour l'élève...

Claudine Larcher dans ses recherches sur les travaux pratiques a aussi constaté les défauts des T.P. directifs et conceptuels dans ses classes, et a décidé d'exploiter les conditions d'organisation du T.P. En effet, elle concède que donner un T.P. conceptuel peut amener l'élève à de sérieux blocages, mais il appartient à l'enseignant de distiller des consignes de manipulation, des explications au fur et à mesure des besoins. Cette méthode d'action différenciée à l'avantage de créer un dialogue entre élèves et enseignant, et de rendre la séance moins ennuyeuse.

D'un point de vue psychologique, cela revient à exploiter les travaux de Vygotsky, sur la composante sociale de l'apprentissage. Des débats improvisés sur telle ou telle manipulation ne doivent pas faire peur, et au contraire doivent être encouragés, car ils permettent aux élèves d'argumenter leur point de vue, pour tomber en accord sur une méthode qui remplira le plus de conditions nécessaires. Et en quoi ces débats sont plus instructifs pour l'élève ? Tout simplement parce qu'ils permettent de fixer les idées correctes, et ne pas laisser en une heure trente se construire de fausses connaissances, car il sera alors difficile de corriger une éventuelle erreur de compréhension en cours, où les conditions sont beaucoup moins propices à ce genre de pédagogie, notamment dans les classes chargées de seconde.

En salle de T.P, cette facette de l'apprentissage se remarque dans des questions portant sur le choix du matériel, sur l'utilisation d'un matériel particulier, bref, les questions menant aux attitudes que l'on cherche à transmettre, vues dans la première partie du dossier. Les questions d'ordre théorique en font bien sûr aussi partie, car un

élève aura peut être plus de mal à conclure sur une expérience, à expliquer un phénomène. C'est alors à l'enseignant d'amener l'élève, et lui seul, à la solution. J'ai pu voir cela, et observer à la fois la démarche du professeur et le progrès de l'élève. Sachant ce que l'élève a dans son bagage scientifique, le professeur pose des questions sur ce que l'élève peut remarquer dans l'expérience. Jusqu'à ce que celui-ci les organise et explique de lui-même pourquoi de l'eau froide peut faire bouillir de l'eau (expérience surprenante en chimie) !

La pensée de Feynman sur sa vision de l'enseignement le plus efficace permet de conclure sur cette pédagogie différenciée, cette façon d'enseigner qui doit aller de pair avec les conditions si particulières des T.P :

« Le meilleur enseignement ne peut être obtenu que lorsqu'il y a une relation directe et individuelle entre un étudiant et un bon professeur (une situation dans laquelle l'étudiant discute les idées, pense sur les choses et parle des choses)... ».

## 2. Saisir les concepts en formant l'intuition

Les Travaux pratiques ont lieu le plus souvent avant le cours. Ils sont donc un bon terrain de découverte d'un phénomène. Le but est en fait de faire réfléchir l'élève sur un phénomène plus ou moins ordinaire, de manière à ce qu'il saisisse le sens du cours qui lui sera fait par la suite.

Ces travaux pratiques dits aussi « T.P découverte » incitent l'élève à observer plus particulièrement une donnée physico-chimique (une tension, la couleur d'une solution), et à en tirer une conclusion, ou à expliquer ce qui s'est produit. Avec plus ou moins d'aisance (on fera alors appel à la pédagogie différenciée), l'élève peut comprendre ce qu'il s'est passé, et s'il a déjà quelques connaissances préalables, il arrivera à intégrer ses observations dans des structures cognitives préexistantes.

L'énoncé de T.P. peut également l'inciter à prévoir ce qui va se passer, et ce dans deux optiques différentes :

- $\pi$  l'aider à assimiler ce qu'il vient de découvrir, en le faisant démontrer la véracité de ses conclusions.
- $\pi$  Provoquer un « conflit cognitif ».

Le premier point est particulièrement utilisé lors de la vérification de lois physiques, pour que l'élève ait confiance en la loi, et qu'il ait ainsi une vision de l'étendue du champ d'application de l'équation. En Terminale scientifique, les élèves suivant la spécialité physique-chimie ont un enseignement d'optique, cela permet à l'élève de vérifier l'exactitude des formules de conjugaison, qui sont la base du fonctionnement des lunettes de vue.

Le second point est très riche d'un point de vue pédagogique. En effet, on peut amener l'élève devant le fait accompli, en lui démontrant que son intuition l'a trompé, ou alors que là même où il pensait que rien n'allait se produire, il s'est passé quelque chose d'étrange. Cette manière de procéder est une formidable source de motivation, et

un moteur d'apprentissage certain. L'étonnement laissant vite place à la curiosité, l'élève s'intéresse alors à tous les facteurs mis en jeu. La réflexion qu'a imposé ce conflit cognitif mène à une conclusion, que celle-ci ait été trouvée par l'élève seul ou ait été donnée par l'enseignant n'a pas tant d'importance, l'impact est réel sur l'esprit de l'élève.

Ce n'est pas une guerre menée contre l'intuition, loin de là. On cherche à faire découvrir à l'élève que la vie courante amène à plein de préjugés, et qu'ils sont bien infondés scientifiquement. Les expériences qu'on montre à l'élève, notamment en électricité sont de ce point de vue souvent marquantes. La psychologie de l'électron étant mal connue, on se trompe souvent quand on l'imagine dans un circuit contenant un condensateur et une bobine ! Il se met à aller dans un sens, puis dans l'autre, jusqu'à ce qu'il se fatigue, et arrête d'osciller entre les composants. Les clignotements d'une lampe ont d'ailleurs été suivis de « ooh » admiratifs...

Ces questions de prévisions font bien appel à l'intuition, preuve qu'on l'encourage, mais l'apprentissage par conflit cognitif sert à faire prendre en compte à l'élève tous les facteurs mis en jeu dans l'expérience. En sciences physiques, les concepts sont légion, et à force de travail, ils font partie intégrante de l'intuition. Cela va du concept le plus simple comme la gravité abordée en classe de seconde, à des principes plus élaborés comme la conservation de l'énergie, fondamentale en physique nucléaire, enseignée aux élèves de terminale.

### **3. Intégrer la symbolique des mathématiques en Sciences Physiques**

En classe de seconde notamment, où le professeur est confronté aussi bien à des élèves allant aussi bien en filières scientifiques que littéraires, le recours quasi systématique aux mathématiques est déroutant pour beaucoup. En effet, beaucoup d'élèves en seconde voient les mathématiques comme rébarbatives, non intuitives, et la principale critique émise à l'encontre de la matière est « La physique chimie, ce ne sont que des maths ». Mais la connaissance des lois alliée à la maîtrise des règles mathématiques permet à l'élève de se constituer un bagage scientifique certain, et d'avoir des possibilités de prévision et d'action sur la nature considérables. Tous les T.P avant les cours abordent la mathématisation des problèmes, c'est pourquoi ils participent à cette intégration de la symbolique mathématique (les vecteurs pour les forces, les ondes, les fonctions à une variable).

Le travail du professeur sur cette intégration se fait donc en deux points.

#### **α. Briser l'appréhension à l'encontre des mathématiques en physique-chimie**

Ce premier temps consiste à faire accepter à l'élève que les mathématiques sont le langage le plus efficace pour décrire avec rigueur les phénomènes naturels, d'un point de vue quantitatif. Certains élèves se sentent provoqués lorsque le professeur leur

dit que les mathématiques sont le langage de la Nature. L'enseignant peut alors entendre des phrases comme « On a jamais vu un cosinus sur la branche d'un arbre, ou une intégrale pousser entre les jonquilles ».

En lisant une conférence de Feynman sur l'enseignement des sciences physiques, et après des discussions avec des élèves de seconde, j'en suis arrivé à ce constat, qui se fait avec une analogie à propos des matières littéraires. L'objet des sciences physiques étant la description quantitative systématique des phénomènes de la nature, elle a besoin d'outils pour atteindre un degré de précision que seul le langage mathématique lui a permis d'atteindre. Est-ce que les œuvres de Victor Hugo, Edmond Rostand, ou tout autres Hommes de Lettres auraient été si respectées si les règles d'orthographe et de conjugaison n'y étaient pas appliquées ? Ces écrivains ont appris ces règles, les ont maîtrisées, et la perfection grammaticale de leurs ouvrages est certaine. De même, Feynman a appris les règles des mathématiques, et ses travaux sur la théorie de l'électrodynamique quantique ont permis d'atteindre la plus grande précision de toutes les théories physiques (équivalentes à l'épaisseur d'un cheveu sur la distance Los-Angeles New-York).

(L'argument peut aussi être retourné envers des élèves en classes scientifiques peu ouverts d'esprit qui négligent des matières comme le Français ou la philosophie !)

Ces débats ne sont pas rares, et il appartient au professeur de faire comprendre à un élève qui prône que l'enseignement ne consiste qu'à faire des mathématiques, qu'il oublie que ce ne sont qu'un outil, qui a besoin d'être maîtrisé pour décrire avec la plus grande précision les phénomènes qu'il rencontre. Les travaux pratiques sont de ce point de vue là fort utiles, puisqu'on permet aux élèves de constater l'exactitude d'une loi mathématique, ou même à l'élaboration la plus exacte d'une de ces lois.

Ces lois mathématiques qui ont d'ailleurs un sens physique, Claudine Larcher l'explique d'ailleurs très bien :

« Mais ce n'est pas la syntaxe qui leur confère leur valeur, c'est leur relation au référent qui leur donne sens ».

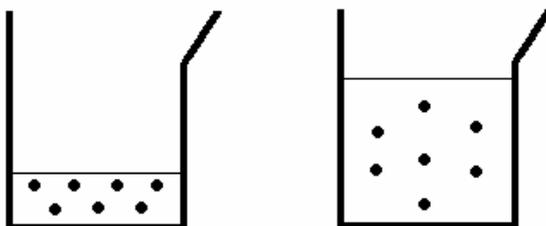
La salle de travaux pratiques est l'endroit où ces équations prennent leur sens physique, puisque l'élève comprend **de quoi** parlent ces équations.

### **β. Aider l'élève à formaliser ce qu'il observe**

Il a été montré que les concepts font partie de l'intuition, mais une grande difficulté rencontrée notamment en classe de seconde est de formaliser, c'est-à-dire de mettre en équation ce qu'il observe. Formaliser un concept, ou formaliser l'influence d'un paramètre, voilà un travail qui demande à l'élève beaucoup d'entraînement.

En suivant un T.P de seconde (annexe 6), il m'a été possible de comprendre la difficulté pour l'élève de formaliser un concept simple, la conservation de la matière. Ils devaient effectuer plusieurs dilutions, comme celle d'un sirop de menthe dans l'eau. La classe étant dédoublée, l'enseignant a pu corriger le tir avec le second groupe. Le

premier ne saisissait pas tout à fait qu'après qu'on ait ajouté de l'eau au sirop, il y avait autant de sirop qu'avant l'ajout. On décide alors de schématiser la manipulation ainsi :



Le volume total a bien augmenté, mais il y a autant de molécules de menthe (dans le T.P, de diiode) avant et après. La difficulté suivante a été de faire utiliser la loi liant la quantité de molécules, la concentration dite molaire, et le volume. Peu de variables, mais on remarqua que beaucoup d'élèves ne savaient pas ce que l'on cherchait alors. Les difficultés étaient compréhensibles, puisque cela correspond aux premières utilisations par les élèves de ces lois simples, mais déroutantes, sur le comptage de la matière à l'échelle macroscopique.

L'élève doit aussi savoir trouver le type de relation mathématique reliant plusieurs variables. Par exemple, lors d'un T.P électricité sur la bobine, le protocole les incitait à déterminer la relation liant l'inductance d'une bobine (sa capacité à retarder le courant), la résistance du circuit, et le temps mis pour que le courant ait atteint un instant particulier pour son établissement (observé à l'oscilloscope). Des relations de multiplication, d'addition, des relations de proportionnalité inverse, en maîtrisant ces outils mathématiques, il pose des variables réelles sur ce que sont les  $x$  et les  $y$  en cours de mathématiques !

Personne ne nie que les sciences physiques fassent appel aux mathématiques, bien au contraire. Certaines branches de la physique sont d'ailleurs très abstraites, du fait des outils mathématiques très élaborés qu'elles utilisent. Mais cette mathématisation participe à l'effort de précision que le scientifique développe.

Toute la symbolique utilisée, les flèches, les vagues, les sommes, etc., peut devenir abstraite si l'on travaille sur une portée universelle, c'est l'objet des mathématiques. Mais en physique, la portée universelle existe aussi, mais on parle de choses qui existent, la température, la masse, des choses que l'on peut sentir, toucher, mesurer, c'est pourquoi l'argument de sciences physiques abstraites est difficilement défendable ! Au lycée, quoi de mieux qu'un bon T.P pour que les élèves s'en rendent compte ?

#### **4. La démarche scientifique**

A la croisée de la manipulation et de la cognition, la démarche scientifique dite Galiléenne, est parfois abordée en exercices, mais elle est transmise et mise en application lors des séances de T.P.

Cette méthode de travail consiste à ne faire varier qu'un seul facteur à la fois entre deux expériences, de manière à pouvoir effectuer une réelle comparaison de résultats. On peut ainsi déterminer l'influence de ce facteur sur un phénomène physico-

chimique. L'importance de cette démarche dans la réflexion de l'élève est scientifiquement fondamentale, que ce soit en physique, en chimie, en médecine,...

Les travaux pratiques sont le seul endroit où l'élève peut pratiquer réellement cette démarche. On insiste toujours, dans le protocole ou à l'oral, sur la nécessité de ce mode de pensée et d'action, jusqu'à ce que celle-ci devienne naturelle pour l'élève. En ressentant la véracité de ses conclusions, cette forme d'argumentation quasi-infaillible (les interférences entre facteurs ne sont étudiées qu'à l'Université) devient une partie intégrante de son raisonnement, lui permettant de compléter une de ses expériences ou de mettre en défaut des conclusions un peu hâtives de ses camarades !

Beaucoup de T.P font appel à la démarche Galiléenne. Celui concernant la réalisation d'une échelle de teinte (annexe 6), a fait comprendre aux élèves cette démarche, seul le facteur de la concentration (donc la couleur) variait (volumes fixés, tubes à essai identiques, l'espèce est toujours la même...).

## CONCLUSIONS

La caricature du raisonnement scientifique est très ressemblante ! Observation, hypothèse, expérience, conclusions. En suivant ces traits grossiers, on comprend l'intérêt des travaux pratiques pour l'élève, dans le cadre de sa formation scientifique.

Un élève un tant soit peu curieux peut apprendre une démarche complète, de la manipulation aux conclusions théoriques, il lui est alors possible d'aborder un problème physico-chimique avec beaucoup moins d'appréhension. Il dispose d'un véritable arsenal pour saisir la structure d'un nouveau T.P, ou plus tard mener à bien des recherches dans le cadre de son doctorat. On lui apprend à interroger la nature, avec rigueur par la démarche scientifique, on lui apprend à quantifier les phénomènes, à atteindre un niveau de précision élevé lors de cette quantification, à exploiter ces valeurs par le traçage de courbes, parfois à trouver la loi qui régit cette courbe, à expliquer les causes d'un phénomène, les conséquences d'éventuelles manipulations,...

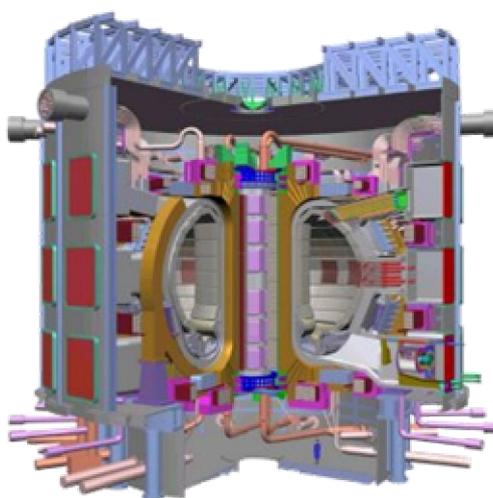
En fonction de leur niveau de guidage, les travaux pratiques permettent d'insister sur telle ou telle facette du raisonnement scientifique. C'est pourquoi lors de tout son cursus lycéen, les travaux pratiques permettent à l'élève d'acquérir ce raisonnement. Cette si grande place des travaux pratiques est loin d'être une utopie ou un délire pédagogique. Si cela était le cas, on n'accorderait pas 1h30 (un tiers de l'enseignement de la discipline) par semaine à chaque élève de seconde, on ne trouverait pas autant de matériel dans les lycées pour une seule discipline. L'acquisition de ce raisonnement est un long processus, mais les ingrédients sont simples. Du travail manuel, un peu de fils, de verrerie, de maths, et ont aboutit à une discipline qui tire toutes ses conclusions de ses observations de la Nature. Et dans ces temps de pénurie d'esprit scientifiques, le tremplin semble être ces séances si particulières dans l'emploi du temps d'un lycéen...

Ce stage, en plus d'avoir renforcé mon désir d'enseigner, m'a fait me poser nombre de questions sur la manière d'aborder la discipline, sur la présentation de concepts, sur le simple fait de comprendre. De plus, le fait d'avoir côtoyé les enseignants hors des cours, d'avoir travaillé sur l'élaboration d'un T.P, ou de me rendre au C.R.D.P m'a fait basculer du côté de l'enseignement, me donnant ainsi une idée plus exacte de cette profession qu'il me tarde d'exercer !

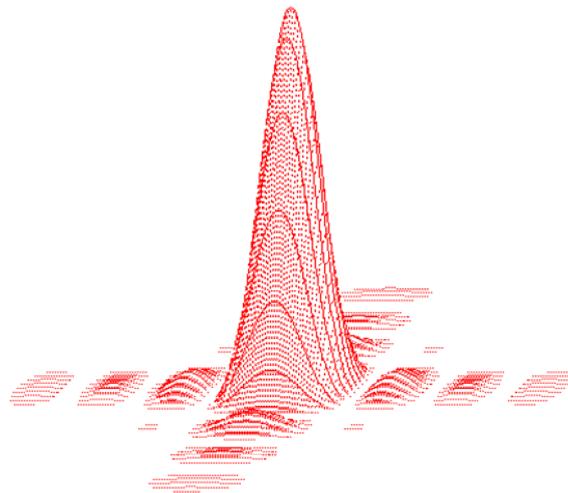
# BIBLIOGRAPHIE

Voici les documentations et livres qui m'ont aidé à élaborer ce dossier :

- Ω « Activités expérimentales en physique-chimie », Claudine Larcher, éditions du CRDP de Caen.
- Ω « Construire des concepts en physique », Gérard Lemeignan, Hachette Education.
- Ω « Enseigner la Physique », Laurence Viennot.
- Ω « La nature de la Physique », Richard Feynman, éditions du Seuil.
- Ω « Méthodes Pratiques en Sciences Physiques en classe de seconde », éditions du CRDP de Lille.
- Ω « Vous Voulez rire, Monsieur Feynman ! », Richard Feynman, éditions Odile Jacob.



# ANNEXES



## ANNEXE 1

### Le Lycée d'Hirson (Aisne)

Agé d'une quarantaine d'année, le lycée Joliot-Curie accueille environ 1500 élèves. Les trois Baccalauréats généraux (Littéraire, Economique et Social, Scientifique), et les baccalauréats Techniques (Tertiaire et Génies Electrique et Mécanique) y sont préparés.

Depuis deux ans, l'option Mesure Physique et Informatique y est implantée, avec une salle spécifique. Il y a deux groupes de Secondes qui suivent cette option. Toutes les classes bénéficient du nouveau matériel qui a été offert avec l'ouverture de l'enseignement, hors des heures réservées à cette option.

Les Sciences Physiques sont enseignées au troisième étage, conjointement avec les Sciences de la Vie et de la Terre.



Le « troisième »

## ANNEXE 2

### Le déroulement du stage

Le stage a été effectué les 26, 27, 29 et 30 Janvier 2004. Sous la tutelle de Mr Guilment, professeur de physique-chimie au lycée, voici jour par jour, les séances auxquelles j'ai assisté :

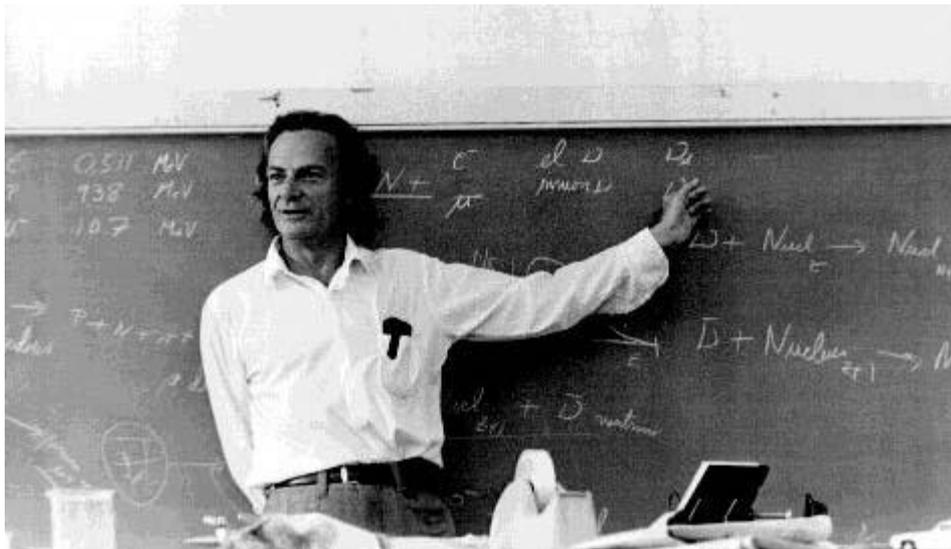
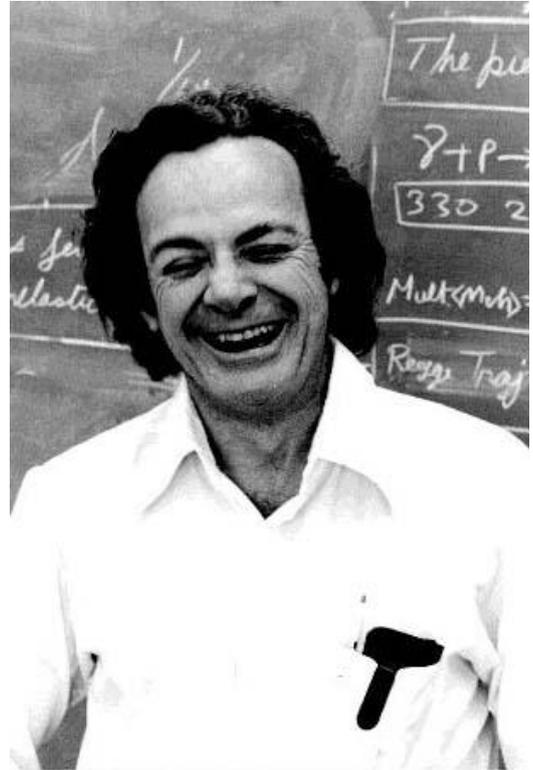
Jour	Heures	Séances
<i>Lundi</i>	8h-9h 9h-11h 14h-17h	Accueil avec Monsieur Guilment Travaux Pratiques avec les 1 <sup>ères</sup> Génie Electrique (avec Mr Lemieux) T.P Seconde option M.P.I (avec Mr Guilment)
<i>Mardi</i>	8h-11h 14-18h	T.P Seconde M.P.I (avec Mme Lefranc) Conception d'un T.P informatisé en salle M.P.I
<i>Jeudi</i>	8h-10h 10-12 14-16	T.P Terminale Scientifique Spécialité Physique- Chimie (avec Mr Mestdagh) Cours Terminale Scientifique T.P Terminale Scientifique (avec Mr Lindekens)
<i>Vendredi</i>	8h-9h 9h-12h 14h-16h 16-18h	Cours Terminale Scientifique T.P Seconde (2x1h30) T.P Terminale Scientifique Entretien avec Mr Guilment } avec Mr Guilment

Les heures sans Cours ni T.P ont été exploitées pour l'étude de sujet de T.P dans les livres scolaires, pour des entretiens avec des enseignants et aussi d'élèves, afin d'avoir différents points de vue sur les sciences physiques et plus précisément sur les travaux pratiques.

## ANNEXE 3

### Richard Feynman

Né en 1918 et décédé en 1988, cet homme a contribué au développement de très nombreux domaines de la physique moderne. Exubérant, curieux, imaginatif et ouvert d'esprit, Feynman fut un professeur respecté et admiré dans les Universités de Cornell et CalTech où il a exercé. Les « cours de Feynman » (5 tomes) ont eu un succès mondial, et sont un compagnon idéal de travail pour tout étudiant en physique. Son autobiographie (« Vous voulez rire, Monsieur Feynman ») est un régal, son point de vue sur la discipline (« la Nature de la Physique ») est magistral, ses conférences sont des plus originales. Il parvient à rendre abordable une théorie qu'on enseigne qu'en troisième cycle universitaire, celle de l'électrodynamique quantique, dans « Lumière et Matière ». La lecture de ses livres m'a beaucoup inspiré pour élaborer ce dossier, et m'a appris beaucoup de choses sur la manière d'enseigner les sciences sans tromper l'autre.

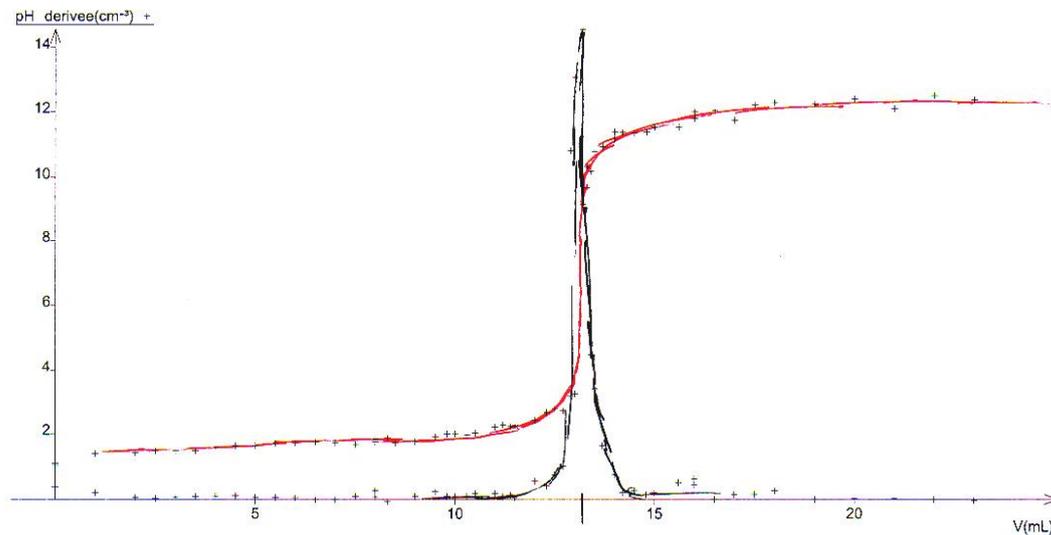


## ANNEXE 4

### T.P Informatisé

Voici le résultat de quatre heures de préparation, une courbe apparemment quelconque, mais chimiquement très utile. Le temps mis s'explique par la préparation de toutes les solutions, du montage de l'expérience, et surtout... de l'informatisation, les capteurs utilisés l'étaient pour la première fois, les réglages se sont donc avérés fastidieux !

27/01/2004  
'Acquisition par Orphy GTS-2  
'ph  
'V=Volume Versé  
'pH=pHmètre  
derivee=DIFF(pH,V)  
Modélisation  
 $\text{pH}(V)=a \cdot V^b$



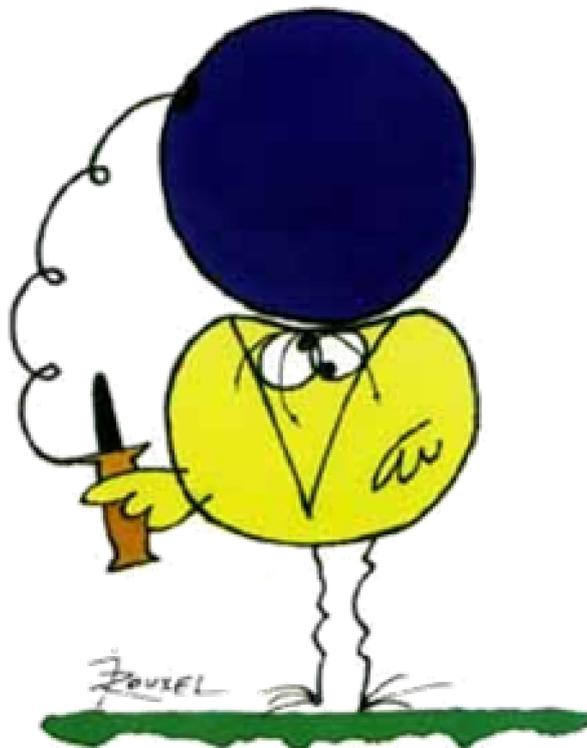
Cette séance m'a permis de recevoir les conseils d'un professeur sur la rédaction du protocole, en fonction du but du T.P (manipulation ou exploitation théorique).

## ANNEXE 5

### La devise Shadok

Cette image est affichée au troisième étage du lycée, près du laboratoire de physique, pour rappeler aux élèves que l'erreur peut arriver, mais que ce n'est pas pour autant qu'il faut abandonner !

### Les devises Shadok



EN ESSAYANT CONTINUUELLEMENT  
ON FINIT PAR RÉUSSIR. DONC:  
PLUS ÇA RATE, PLUS ON A  
DE CHANCES QUE ÇA MARCHE.

## ANNEXE 6

### Réalisation d'une échelle de teinte

Ce T.P est mis en annexe puisqu'il m'a paru des plus intéressants, aussi bien d'un point de vue manipulation que réflexion. Les attitudes des élèves, leurs difficultés à manier le concept de dilution, la recherche du schéma l'expliquant, bref, apprendre des difficultés des élèves précédents pour mieux aborder les choses avec les suivants (le T.P était fait successivement par les deux groupes d'une classe).

#### REALISATION D'UNE ECHELLE DE TEINTE

*En préparant des solutions de différentes concentrations, nous allons obtenir une échelle de teinte, utile pour évaluer une concentration inconnue. Un compte rendu complet et détaillé est demandé.*

#### I- RAPPELS : LES SOLUTIONS.

Une solution est obtenue en dissolvant un soluté dans de l'eau ou en diluant une solution déjà prête. Chaque solution possède une concentration molaire, notée C, obtenue par la relation :

$$C = \frac{n}{V}$$

n : quantité de matière ( mol )  
V : volume de la solution ( L )  
C : concentration molaire ( mol.L<sup>-1</sup> )

Lors d'une dilution, la quantité de matière n introduite reste la même. La solution initiale est appelée solution mère, la finale solution fille. On peut alors écrire que n ( mère ) = n ( fille )

#### II- PREPARATION DE L'ECHELLE DE TEINTE.

A partir d'une solution A de diiode dans l'eau, de concentration C<sub>1</sub> = 1,0.10<sup>-2</sup> mol. L<sup>-1</sup>, nous allons préparer une série de solutions de différentes concentrations, dans des tubes à essais. Verser dans chaque tube, le volume de solution A indiqué dans le tableau. Compléter chaque tube de manière à avoir un volume final de 10 ml.

Numéro de la solution	1	2	3	4	5	6
Volume de la solution A versé (mL)	1	2	3	4	5	6
Volume final de la solution (mL)	10	10	10	10	10	10
Concentration de la solution ( mol.L <sup>-1</sup> )						

- 1) Décrire la préparation de cette échelle de teinte et préciser la verrerie utilisée.
- 2) Une fois les différentes solutions préparées, qu'observez-vous ? Comment varie la teinte des solutions avec leur concentration ?
- 3) Calculer la concentration des solutions obtenues. Compléter le tableau précédent.

#### III- EVALUATION DE LA CONCENTRATION D'UNE SOLUTION INCONNUE

On dispose d'une solution de diiode dans l'eau de concentration inconnue. Dans un tube à essai, verser un volume V = 10 mL de cette solution. Comparer ce tube à l'échelle de teinte précédente.

- 1) Déterminer la valeur de la concentration de la solution inconnue. Justifier.
- 2) Ce renseignement est-il précis ?