

Sophia Zerouali

Groupe 2205

Cahier de Charge

Rapport de laboratoire présenté à

Madame Johanne Roby

Département de Chimie

Pour le cours

Intégration en chimie – Pollution lumineuse-

Cégep de Sherbrooke

21 Mai 2014

Cahier de charge pour le cours d'intégration en chimie

Résumé

La lumière artificielle formée par des diodes électroluminescente, une idée autrefois révolutionnaire qui devient peu à peu une source de danger autant pour la santé humaine que la santé de la faune et de la flore. La recherche sur la pollution lumineuse, tout juste commencée, nous amène à nous demander qu'est-ce que réellement la lumière artificielle blanche ?, Qu'est-ce que les consommateurs de tous les jours achètent réellement en magasin ? Et comment savoir qu'est-ce qui compose réellement une diode électroluminescente ? Le groupe travaillant sur la vulgarisation de cette recherche se sont attardé à ces questions et tentent d'y répondre à l'aide de moyens simples, afin de sensibiliser la population pour qu'ils fassent des achats réfléchis, dont la démarche est présentée dans même laboratoire.

Contexte et fondement

Tout d'abord, un projet de recherche sur la pollution lumineuse réunis 15 étudiants, du Cégep de Sherbrooke, dans le but de connaître les impacts de la lumière artificielle sur la faune, la flore ainsi que sur les sociétés humaines. C'est un projet de recherche faisant partie du cours d'intégration avec le département de chimie, un cours préalable à l'obtention du diplôme d'étude collégiale dans certains programmes. Suite à une sélection d'étudiants, chacun d'entre nous, sommes répartis dans différents groupes qui sont devenus des sous-groupes travaillant chacun sur des projets différents, soit sur la santé humaine, l'impact sur la flore et finalement le groupe de vulgarisation qui a pour mandat d'expliquer tous ce que les consommateurs doivent savoir lors de l'achat d'ampoules, ainsi qu'expliquer la réaction du corps humain lorsqu'il est constamment soumis à la lumière artificielle.

Ceci dit, le présent rapport porte sur un travail réalisé par le groupe de vulgarisation qui était d'illustrer les théories reliées au contenu, fonctionnement et la construction de la lumière artificielle émise par des diodes électroluminescentes (DEL), ainsi que les différences entre les différentes DEL offertes sur le marché.

Les différentes théories expliquées dans ce laboratoire sont d'abord les différences entre les DEL blanche chaude, froide, neutre et chaude filtrée que l'on retrouve sur le marché. Ces trois ampoules sont des diodes électroluminescentes qui émettent de la lumière blanche. Cependant, la couleur de ces trois types de DEL sont différentes et sont répertoriées selon une différence de température attribué de façon normative par la population scientifique mondiale. En effet, dans ces trois catégories, les DEL dites blanches chaudes sont des DEL émettant de la lumière blanche ayant une teinte jaune, jaunâtre. Cette lumière n'est pas très aveuglante et donne un sentiment de chaleur et de détente lorsque installé dans une pièce. C'est donc pour cette unique raison que la

population mondiale a caractérisé ce type de DEL comme étant blanche mais chaude. D'ailleurs, ce sont des DEL qui sont généralement posé dans les chambres à coucher et les salons familiales. L'antithèse de cette DEL est la DEL blanche froide qui elle, contrairement à la première présentée, émet une lumière blanche s'apparentant au bleu. C'est une lumière aveuglante et forte, qui donne un sentiment de réveil et de froideur lorsque placé dans une salle. En ce sens, les experts en luminosité se sont entendus pour dire que cette lumière était une lumière blanche froide et ce sont des ampoules que l'on utilise dans les milieux de travail, dans les cuisines et dans les salles de bains et d'autres endroits qui ont des exigences spécifiques quant à la luminosité nécessaire. Ensuite, pour bien faire, il existe le milieu de ces deux types de DEL nommé précédemment, et on parle en ce moment des DEL blanches neutres. C'est une DEL qui est à la fois composé d'une DEL chaude et d'une Del froide, et émettant une lumière blanche très légèrement jaunâtre, mais ayant une forte luminosité. Les DEL blanches neutres sont très rare et très rarement utilisé, puisqu'elles ne sont pas tout à fait adaptées pour illuminer une pièce chaleureuse, tout comme elles n'offrent pas une lumière suffisamment blanche pour les milieux de travail spécifiques. Ceci fait que ces DEL sont utilisés à des fins de recherche et de réalisation de travaux scientifiques très spécifiques où la neutralité de ces DEL devient utile. Finalement, il existe aussi des DEL chaudes filtrées où l'onde électromagnétique bleu contenue dans ces DEL est totalement filtrée, donc inexistante lorsqu'elle sort dans l'aire ambiante. Cette DEL est montrée sur le démonstrateur pour expliquer aux gens que c'est ce genre de lumière que les gens devraient avoir dans les endroits où les ondes électromagnétiques bleues sont à proscrire comme dans les chambres à coucher.

Les informations reliés aux différences entre les DEL blanches pouvant être retrouvé dans le marché étant dit. Nous illustrons aussi sur le démonstrateur, ce qui compose la lumière artificielle des DEL blanches, ainsi que leurs méthodes de construction. Tout d'abord, la lumière blanche est formée selon trois méthodes principales.

La première (voir l'Annexe 1 pour une illustration simplifiée de la méthode), qui est la plus rependue, la moins dispendieuse et la meilleur en terme de qualité est celle où nous faisons la synthèse additives d'une onde électromagnétique bleue, dont le spectre s'étend de 435 à 465 nm, avec une onde complémentaire au bleu, émise un luminophore excité par l'énergie présentes dans la DEL. L'onde complémentaire au bleu est l'onde électromagnétique jaune et ces deux ondes combinées ensemble forment de la lumière blanche. À ce point, il est possible de faire un lien avec les théories énoncé précédemment, car si nous fabriquons la lumière blanche de manière à ce que la lumière bleu soit la plus forte. Alors, nous allons obtenir une lumière blanche s'apparentant au bleu, donc ayant une teinte froide, ce qui fait que nous avons fabriqué de la lumière blanche froide. En revanche, si nous faisons en sorte que l'onde émise par le luminophore, c'est-à-dire l'onde électromagnétique jaune, soit plus forte que l'onde

électromagnétique bleu. Alors, nous obtenons une lumière blanche s'apparentant au jaune et ayant une teinte plus jaune ce qui fait nous avons pour résultat une DEL blanche chaude. C'est la méthode la plus répandue car, c'est la méthode la moins dispendieuse. En effet, il suffit d'émettre une seule onde électromagnétique, c'est-à-dire la bleu, et l'émission de cette onde va exciter le luminophore, qui est un composé chimique majoritairement composé de phosphore, et cette excitation va permettre l'émission de l'onde complémentaire jaune pour que la synthèse additive de ces deux ondes forment du blanc dont nous pouvons contrôler sa couleur. Aussi, grâce aux avancés technologiques, c'est devenue maintenant la méthode pouvant former les meilleurs DEL en terme de qualité. Effectivement, il est maintenant possible de limiter au maximum la dégradation du luminophore, car auparavant, le luminophore se dégradait à une plus grande vitesse et laissait l'onde électromagnétique bleue passer plus facilement. Maintenant, les compagnies s'assurent de poser le luminophore équitablement sur toute la DEL afin que la dégradation soit au même niveau à tout moment. Aussi, ils ont réunis de nouvelle façon des composés chimiques qui ont pour effet de ralentir cette dégradation, rendant cette méthode plus efficace que les autres.

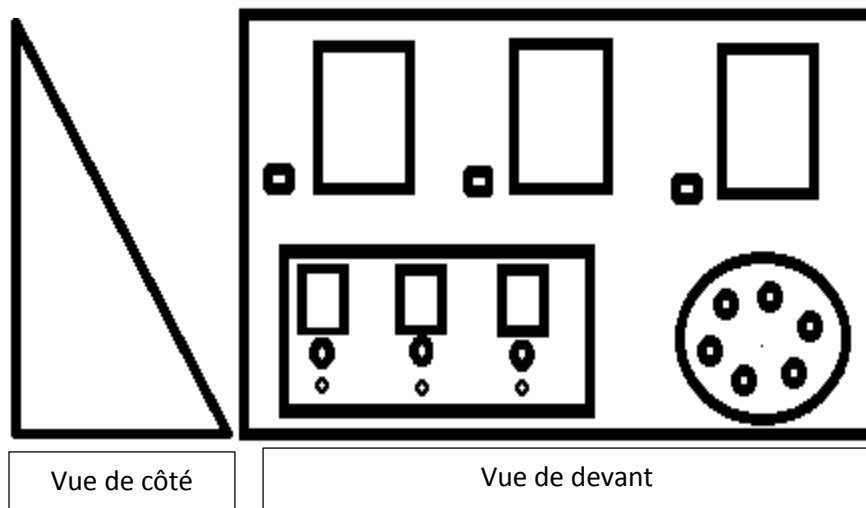
La deuxième méthode (voir en l'Annexe 2 pour une illustration simplifiée de la méthode) qui est semblable à la première, mais elle n'est pas démontré sur le démonstrateur et elle n'est pas vendu sur le marché, tout simplement parce que cette méthode combine onde ultra-violette avec un luminophore ce qui est potentiellement dangereux puisqu'il est reconnu dans la littérature du monde que les ondes ultra-violette sont très nocives pour la santé.

Finalement, la troisième méthode (voir l'Annexe 3 pour une illustration simplifiée de la méthode) présentée est la synthèse additive des trois couleurs primaires, soit les ondes de couleurs rouge bleue et verte. En effet, dépendamment de leur luminosité, ces ondes peuvent former de la lumière blanche. C'est la méthode la plus dispendieuse car elle demande de construire trois DEL différentes et de les combiner ensemble. Aussi, ce n'est pas la plus efficace pour une raison de dégradation encore une fois. Effectivement, l'onde électromagnétique rouge qui va du 615nm à 660nm, s'approche énormément de l'infra-rouge et puisque émettre une onde électromagnétique c'est émettre de l'énergie, alors presque la moitié de l'énergie émise pour former l'onde rouge s'en va sous forme de chaleur. Et plus on allume longtemps la DEL blanche formé de ces trois ondes, plus l'onde électromagnétique perd de son énergie sous forme de chaleur. Ceci fait qu'au bout du compte, il faudra changer la DEL plus rapidement qu'avec l'autre méthode, car il n'y a aucune façon de contrôler cette perte d'énergie, ou du moins cette façon n'a pas été encore découverte. Finalement, sur le démonstrateur il est possible de remarquer qu'il y a les spectres électromagnétiques des DEL blanches chaude, froide et neutre, ainsi que des DEL rouge, verte et bleue. Les spectres électromagnétiques des DEL blanches peuvent nous servir à déterminer quelles DELs ont le meilleur indice de rendu de couleur. Ceci

peut être identifié par la quantité d'onde compris sous la « cloche » formé sur le spectre. Plus il y a d'ondes électromagnétique compris sous cette « cloche » plus l'indice de rendu de couleur est bon. Les spectres électromagnétique des DEL rouge, verte et bleu servent exactement à la même fonction, car pour savoir le spectre électromagnétique de la lumière blanche formée par ces trois ondes, il suffit de combiné ensemble les trois spectres de ces ondes. En ce sens, il est même possible de comprendre dès maintenant que l'indice de rendu de couleur la DEL blanche formé par la synthèse additive de ces trois ondes ne sera pas très élevé, car le spectre électromagnétique de cette lumière blanche sera formé de trois pics d'onde élevé et non pas d'une « cloche » couvrant plusieurs ondes électromagnétiques. Alors, que les DEL blanches composés d'une onde électromagnétique avec un luminophore couvrent plusieurs ondes parce que la « cloche » formé par le luminophore est très grande.

Méthodologie

Tout d'abord, il a fallu que l'on construise le démonstrateur avec du bois, peinturé en noir. Le démonstrateur ressemble à ceci :

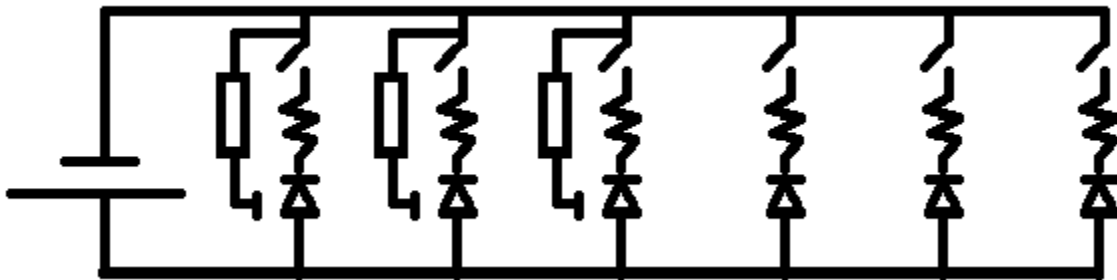


La hauteur du triangle est de 35,5cm, la base est de 18cm et l'hypoténuse est de 39,5cm. En ce qui concerne les trois carrés de plexiglas qui seront illuminés par les DEL blanche chaude filtrée, froide et chaude, respectivement en partant de la droite (du point de vue du démonstrateur), leur hauteur est de 15cm et leur largeur de 10cm. Cependant, les spectres électromagnétiques qui seront installé sur ces plexiglas ont une hauteur de 8cm et une largeur de 10cm. La plate-forme rectangulaire est de 15cm de hauteur et 23 cm de largeur. Elle contient les spectres électromagnétiques des DEL rouge, verte et bleue qui sont de 5,7cm de hauteur et de 7,2cm de largeur. De plus, cette plate-forme contient aussi

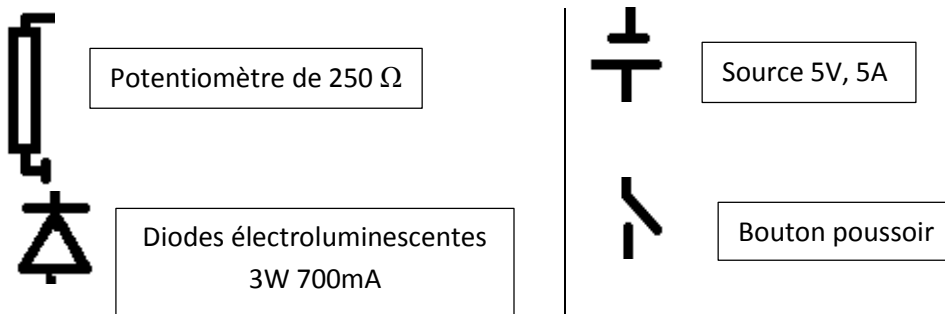
trois potentiomètres et trois boutons poussoirs tous placé en-dessous du spectre électromagnétique de la DEL avec laquelle ils sont reliés. Finalement, il y a une autre plate-forme circulaire ayant un diamètre de 14cm et contenant 6 petits trous circulaires dans lesquels il y a 4 luminophores, dont un est de 4000k, l'autre de 3000k et les deux autres de 2700k, un autre trou contient du plexiglas blanc qui sert à combiné les trois DEL de couleurs et un autre trou vide pour que les gens puissent observer à quoi ressemble l'intérieur.

C'est ce qui en est pour l'apparence du démonstrateur. Suite à cela, nous voulons contrôler l'intensité de lumière des DEL de couleurs, pour cela nous avons branché des potentiomètres de 250Ω chacun en série avec leur DEL respective. Et plus on augmente la tension avec les potentiomètres, plus l'intensité de la lumière devient forte. En générale, l'intensité de lumière de la DEL rouge doit être plus grande que l'intensité de lumière des DEL bleue et verte, car comme dit précédemment la DEL rouge perd beaucoup d'énergie sous forme de chaleur. Aussi, chaque DEL ainsi que les DEL blanches chaudes, froides et neutres sont relié en série avec des boutons poussoirs afin que l'on puisse éteindre et allumer les DEL selon nos besoins. Finalement toutes les DEL sont reliés en parallèles entres elles, afin que s'il arrive un bris les autres DEL n'en seront pas affectées et aussi cette façon de faire était primordiale puisque les DEL sont reliés chacune en série avec un bouton poussoir donc cela nous permet d'éteindre une DEL sans éteindre les autres.

Le circuit ressemble à ceci :



Légende :





Résistances 5W

Les trois DEL de couleurs sont reliées en séries chacune avec un potentiomètre et un bouton poussoir, alors que les DEL blanches sont reliées en série avec un bouton poussoir uniquement. Et toutes les DEL sont reliées entre elles, en parallèle.

Matériels

- 6 boutons poussoirs
- 6 résistances 5W
- Une DEL verte, rouge, bleue, blanche chaude, blanche froide et blanche neutre (Pour chaque DEL 3W, 700mA)
- Une source portable (5A, 5V)
- 3 potentiomètres de 250Ω
- Un luminophore 4000k avec indice de rendu de couleur de 80%
- Un luminophore 3000k avec indice de rendu de couleur de 80%
- Un luminophore 2700k avec indice de rendu de couleur de 80%
- Un luminophore 2700k avec indice de rendu de couleur de 90 %
- du plexiglas
- du bois
- De la peinture noire
- Des ciseaux
- Rouleau adhésif
- Couteau exacto
- des vis
- Fils électriques en cuivre entouré d'une gaine en caoutchouc
- Pince à dénuder
- Un long fil d'étain pour la soudure
- le bâton à souder
- Plusieurs pinces crocodiles

Mesures, calculs et résultats

Tout d'abord, étant donné la rareté des DEL, nous avons une contrainte quant à la puissance qu'il fallait leur fournir. En ce sens, nous avons sélectionné nos composantes en fonction de la puissance nécessaire au DEL. C'est pourquoi il y a présence de calculs pour la formation du circuit. De plus, il est important d'agencer correctement toutes les composantes du circuit, sinon on court le risque de créer des courts-circuits et de griller

certaines composantes. En ce sens, en fonction des DEL de 3W et 700mA ou 0,7A que nous avons, nous avons pour 6 DEL déterminé le courant total (I_{tot}) nécessaire.

Le courant dans un circuit en parallèle s'additionne et reste semblable en série.

En ce sens : $I_{tot} = I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 + I_6$

$$I_{tot} = 0,7 + 0,7 + 0,7 + 0,7 + 0,7 + 0,7$$

$$I_{tot} = 4,2A$$

Ainsi, nous savons que le courant total doit être environ de 4,2 A.

De plus, par logique il est possible de comprendre que les résistors, chacun affilié à une DEL, doit avoir la même valeur de résistance partout, puisque le courant doit être le même dans toutes les branchements en parallèles du circuit, c'est-à-dire de 0,7 A dans toutes les DEL, donc dans tous les résistors.

Ensuite, nous avons attribué un voltage de manière arbitraire à 12V pour la source de courant. Avec cela, il nous a été possible de déterminer la valeur que les résistors devraient avoir dans le circuit pour protéger toutes les DEL d'un court-circuit.

Puisque la tension ne change pas pour tous les branchements en parallèle, nous pouvons considérer qu'une DEL et un résistor reçoivent une tension de 12V. Cependant, la tension s'additionne en série ce qui fait que nous pouvons déterminer grâce à cela la tension que l'on retrouve dans la DEL qui est d'environ 3V et la tension déterminée qui est de 12V

$$V_{tot} = V_D + V_R$$

$$12 = 3 + V_R$$

$$12 - 3 = V_R$$

$$9v = V_R$$

Par la suite, puisque nous savons le courant ainsi que la tension dans le résistor il nous est possible de calculer la résistance du résistor :

$$V = RI$$

$$\frac{V}{I} = R$$

$$\frac{9}{0,7} = R$$

$$12,9\Omega = R$$

Finalement, nous avons calculé la puissance de ces résistors.

$$P = R(I_1)^2$$

$$P = 12.9(0,7)^2$$

$$P = 9W$$

Voici les calculs ayant été réalisés dans le laboratoire et qui ont été nécessaire afin de choisir et de bien agencer tous

Analyse de la précision

Toutes les composantes utilisées dans le circuit électrique comporte des incertitudes quant aux valeurs qui leur sont attribuées. Cependant, il est important de préciser que ces incertitudes ne sont pas importantes dans la construction du démonstrateur puisque la précision n'est pas primordiale. En effet, nous ne tenons pas à avoir une intensité lumineuse particulière ou un voltage ou un courant particulier. Le but est simplement de pouvoir observer à l'œil nu des particularités tels que les différences de couleurs entre les DEL blanches ou la formation de lumière blanche à l'aide des DEL de couleurs. En ce sens, les incertitudes ne sont pas nommées et pris en compte dans ce laboratoire.

Analyse des graphiques (spectres électromagnétiques)

Comme expliqué dans la section contexte et fondement, il est possible de déduire plusieurs caractéristique des DEL à l'aide des spectres électromagnétiques. En effet, sur le spectre électromagnétique des DEL blanches froide (Annexe 4), chaude (Annexe 5) et filtré(Annexe 6) nous pouvons observer un pic dans la zone de l'onde électromagnétique bleue à intensité différente dépendamment de la DEL, ainsi qu'une large « cloche » donc le pic le plus haut est situé dans la zone de l'onde électromagnétique jaune. Ainsi, il est possible de comprendre que la DEL a été formée à l'aide de la première méthode illustré dans ce laboratoire, c'est-à-dire que la DEL est composée d'une onde électromagnétique bleue jumelée avec un luminophore qui, sous l'excitation causé par l'émission d'énergie, émet une onde complémentaire au bleu c'est-à-dire une onde électromagnétique jaune. L'indication de la présence d'un luminophore peut aussi se soit voir par une forme dans le spectre qui forme justement la « cloche ». Puis plus la DEL est dite « froide » plus l'intensité de l'onde électromagnétique bleue est grande, qui peut s'observer par le fait que le pic de cette onde sera beaucoup plus élevé que dans les autres DEL, soit la DEL chaude et la DEL filtré. Aussi, chose importante à mentionner, la DEL filtré est composé d'un DEL chaude et d'un filtre, et avec le spectre il est possible de remarquer que l'onde électromagnétique bleue de la DEL filtrée est beaucoup moins intense que la DEL chaude. En ce sens, ce qu'il faut comprendre de ces deux faits est que le filtre posé sur la DEL chaude, filtre l'onde électromagnétique bleue.

Quant aux spectres électromagnétiques des DEL de couleur bleue (Annexe 7), rouge (Annexe 8) et verte (Annexe 9), Il devrait normalement y avoir un seul pic s'élevant, respectivement, dans les zones des ondes électromagnétiques bleue, rouge et verte. Ce qui est particulièrement intéressant d'analyser avec ces spectres est qu'il nous est possible de connaître ou de déduire à quoi ressemblera le spectre électromagnétique de la lumière blanche formée par la synthèse additive des trois couleurs primaires. En effet, il suffit superposé les trois spectres électromagnétiques des DEL rouge, verte et bleue. Ainsi, le spectre final, c'est-à-dire le spectre de la lumière blanche formée par ces trois DEL (annexe 10), est composé de trois pics, dont un est dans la zone de l'onde électromagnétique bleue, le deuxième dans la zone de l'onde électromagnétique verte et le troisième dans la zone de l'onde électromagnétique rouge.

Finalement, lorsque l'on compare le spectre électromagnétique de la lumière blanche formée à l'aide de la synthèse additive des trois couleurs primaires avec les spectres électromagnétiques des DEL blanches froide, chaude et filtrée, qui sont les trois composées d'une onde électromagnétique bleu et d'un luminophore, il est possible de déduire laquelle des deux méthodes apporte le meilleur rendu de couleur. En effet, pour qu'une lumière puisse bien rendre toutes les couleurs il faut que les courbes présentes dans leur spectre électromagnétique englobent le plus d'ondes électromagnétiques possible. Ainsi, si l'on observe les spectres électromagnétiques de chaque, il est évident que les DEL comportant des luminophores (dont la courbe forme une large « cloche » comme dit précédemment) englobent une plus grande quantité d'onde électromagnétique donc ont un meilleur indice de rendu de couleur.

Témoignage et difficultés rencontrées.

Pour faire un retour sur la réalisation de projet, la construction du démonstrateur s'est en très grande majorité très bien déroulé. En effet, ce projet permettait d'apporter énormément d'idée, tout en se concentrant sur le but réel de cette unité mobile c'est-à-dire : Faire en sorte que la population fasse des choix réfléchit et de manière avertie quant aux ampoules qu'ils utiliseront à leurs domiciles, en milieu de travail et tout autre endroit nécessitant un éclairage artificielle.

De plus, ce projet devait aussi faire suite aux présentations de mes autres camarades travaillant eux aussi sur la thématique de vulgarisation. En ce sens, nous nous sommes concentrées sur l'explication des différentes méthodes pour former de la lumière blanche à l'aide des diodes électroluminescentes, aussi nous avons mis l'emphase sur les différents types de lumière blanche que l'on retrouve sur le marché.

Puisque nous voulions absolument tout montrer à l'aide du démonstrateur, il nous fallait trouver le moyen que tout soit d'une grandeur raisonnable et puisse être vu facilement même dans les moments des présentations où il y aurait foule. Nous avons souvent penser

à construire un dôme dans lequel la synthèse additive des couleurs pourrait ressortir vers le haut afin que tout le monde puisse voir, mais en raison de la difficulté à contrôler le mélange des couleurs et la lumière, nous avons opté pour quelque chose de plus simple. C'est-à-dire que nous avons construit le démonstrateur selon une pente inclinée ce qui facilite grandement lors des présentations.

Ensuite, encore avec la synthèse additive des trois couleurs primaires, il nous a fallu parler à des spécialistes en électricité pour trouver le moyen de contrôler l'intensité lumineuse des DEL puisque le mélange doit se faire selon des « concentrations » de lumière différentes pour chaque DEL. C'est pourquoi ces spécialistes nous ont proposé d'utiliser des potentiomètres et nous ont aussi montré comment les installer.

La majeure partie de la construction a été de souder toutes les composantes ensemble. En effet, il y a des techniques spécifiques qu'il a fallu pratiquer et recommencer à plusieurs reprises puisqu'il fallait que les contacts soient bien mis et qu'ils soient très solidement mis. Effectivement, le démonstrateur doit pouvoir être déplacé facilement et donc les contacts doivent être assez solides pour que le démonstrateur soit utilisable encore longtemps.

Aussi, initialement nous voulions comparer les DEL blanches froide, chaude et neutre, mais en raison de la rareté de cette dernière DEL nous avons combiné une DEL blanche chaude et un filtre à onde monochromatique bleue qui a été mis au point par un des enseignants participant au projet, c'est-à-dire M. Martin Aubé.

Autre que ces quelques points mentionnés ci-haut, tout le reste du projet c'est merveilleusement bien déroulé. Rapidement, nous avons eu énormément d'idées pour réaliser le projet et nous avons reçu aussi énormément d'aide pour que tout se déroule pour le mieux et pour que tout soit complété selon les temps.

Points à conserver et à améliorer

Beaucoup d'idées n'ont pas pu être réalisées durant la session et plusieurs ont dû être abandonnées en raison du manque de temps et d'effectif. En premier lieu, je trouve important que l'on inclue la DEL blanche neutre dans le démonstrateur ou au moins dans les présentations. C'est un type de lumière que l'on retrouve sur le marché et donc il est essentiel que la population soit informée de ce type de lumière aussi.

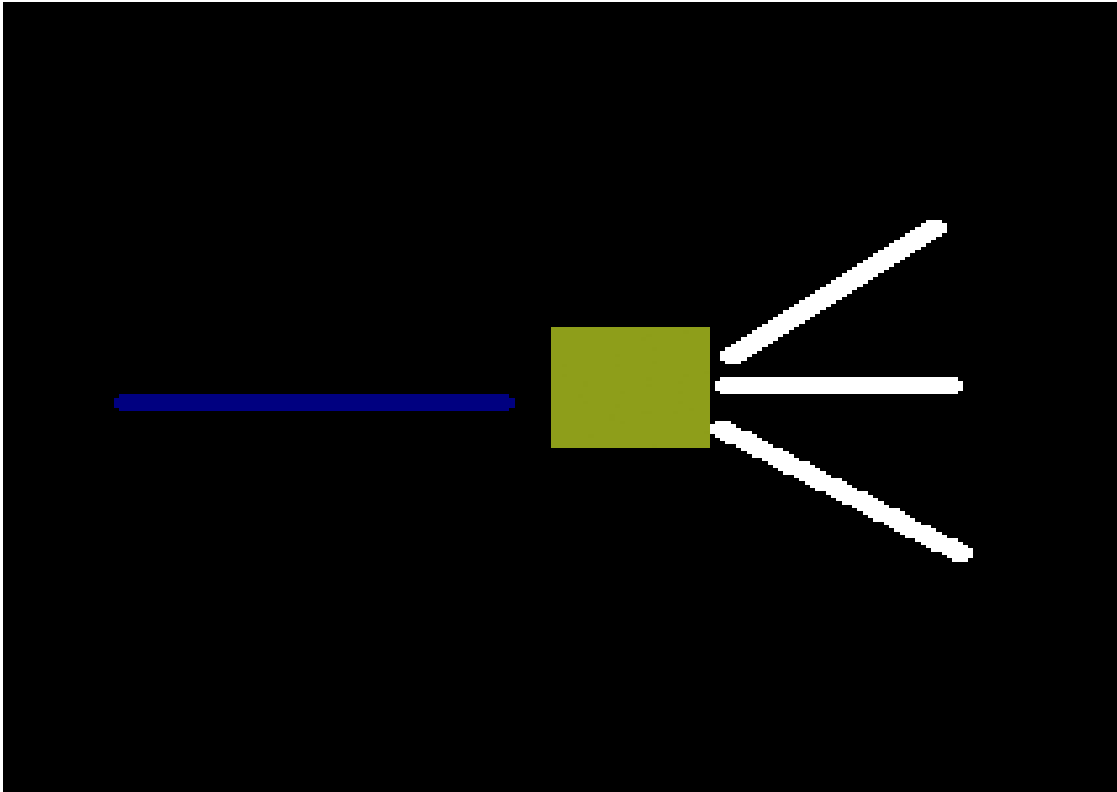
De plus, durant la session nous avons réalisé que c'était d'une chose d'avertir les gens du danger potentiel que peut avoir l'éclairage artificiel, mais s'en est une autre de leur donner les solutions aux problèmes dont on les avise. En effet, il est impossible d'empêcher les gens d'utiliser la lumière artificielle en ce sens, il serait très important

qu'il y ait plus de recherche réalisée sur le type de lumière privilégié dans les endroits où la majeure partie de la population passe son quotidien. Donc, je propose et même j'insiste sur la réalisation d'un groupe axé sur l'aménagement et le design intérieur qui avertira la population du type de lumière devant être utilisé dans certains endroits afin qu'il y ait le moins d'impact possible sur leurs santé.

Aussi, il est très difficile de trouver des informations détaillées sur la formation et la composition des luminophores. J'ai, durant la session, essayé à plusieurs reprises de contacter des personnes expertes dans le domaine, sans avoir de grands résultats, et en raison du temps restreint qu'il me restait durant la session j'ai dû abandonner l'idée d'avoir des informations supplémentaires. En ce sens, je propose malgré tout de continuer à chercher cette information et à étudier plus en détail la composition chimique des luminophores et de cette façon, peut-être même que la réalisation d'un luminophore sera possible. Ce qui serait d'ailleurs une nette avancée dans le projet puisque cela permet une grande polyvalence au niveau des DEL qui pourront être construites par le projet de recherche dans les années futures.

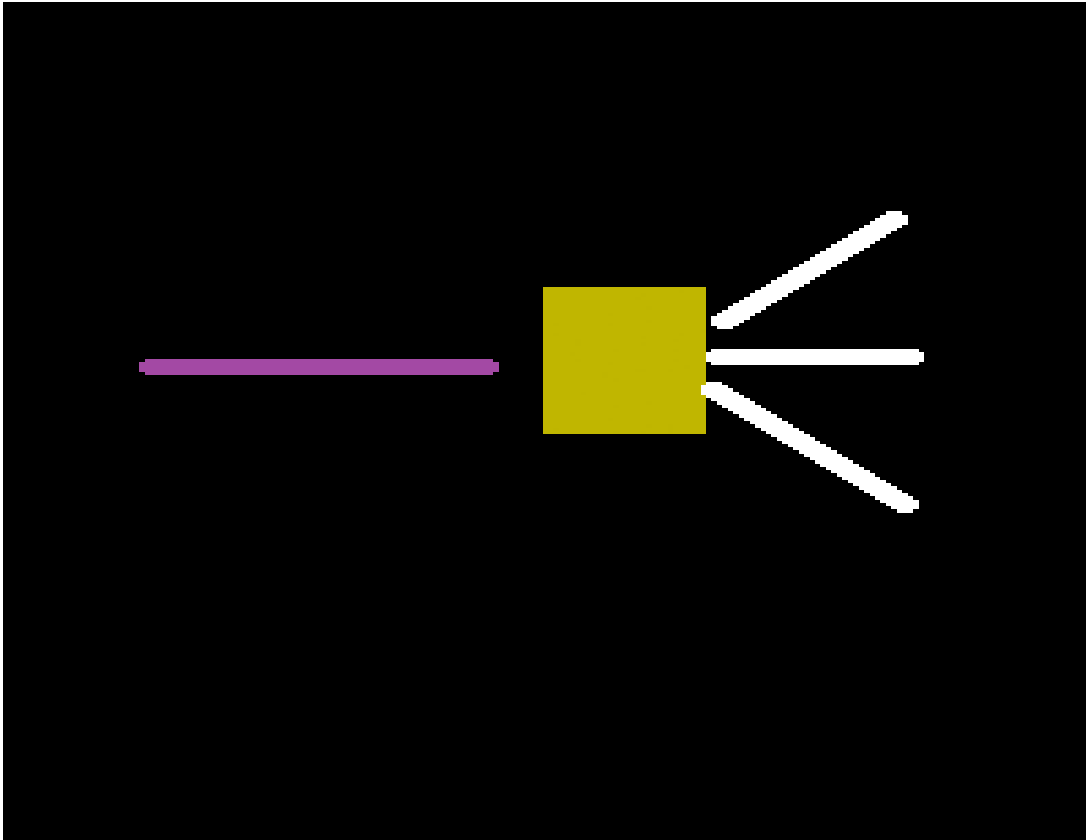
Finalement, je conseille fortement de ne pas se contenter d'expliquer la lumière artificielle et la formation des DEL. Maintenant que ceci est fait, il faut aller de l'avant, apporter des idées nouvelles et devenir des leaders dans la construction des diodes électroluminescentes et en savoir plus que quiconque sur l'impact de la pollution lumineuse dans le quotidien des humains que nous sommes.

Annexe 1



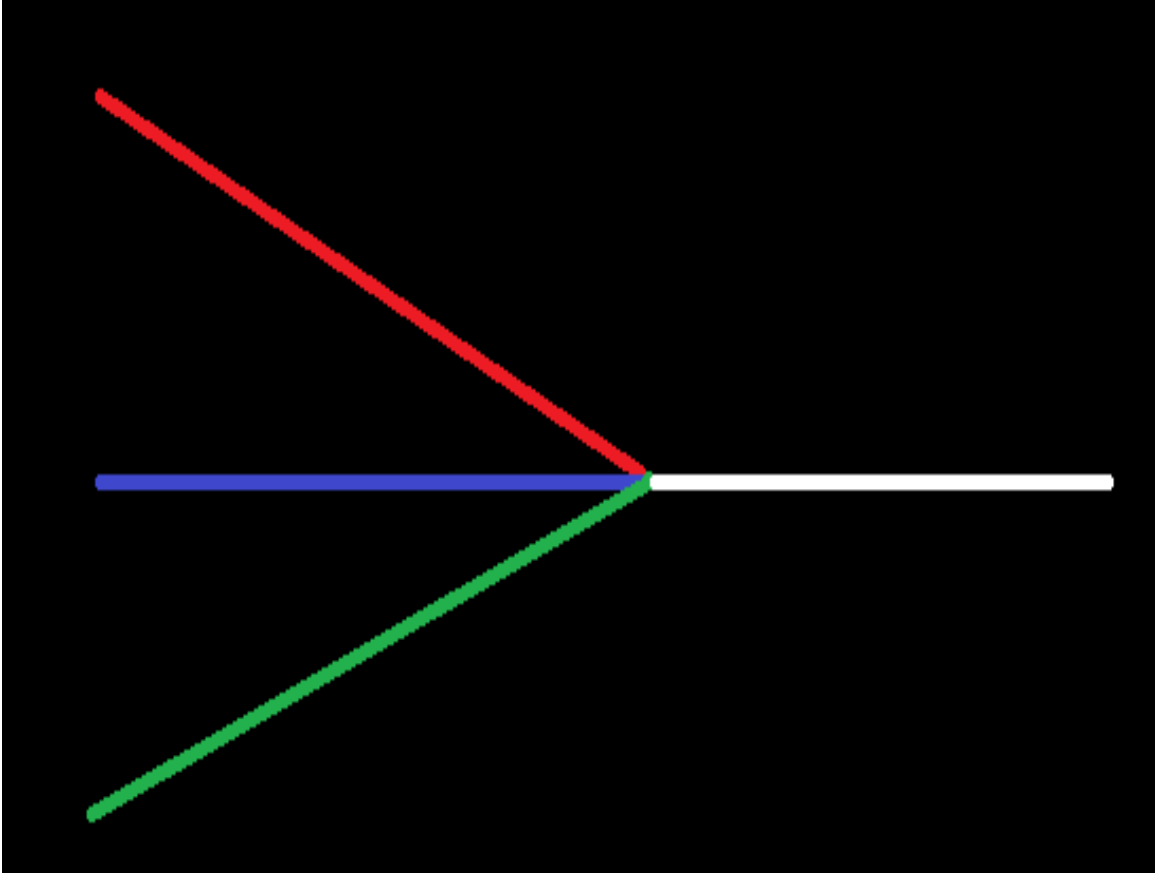
Sophia Zerouali, Image simplifiée de la combinaison de l'onde électromagnétique bleue et du luminophore qui forme la lumière blanche.

Annexe 2



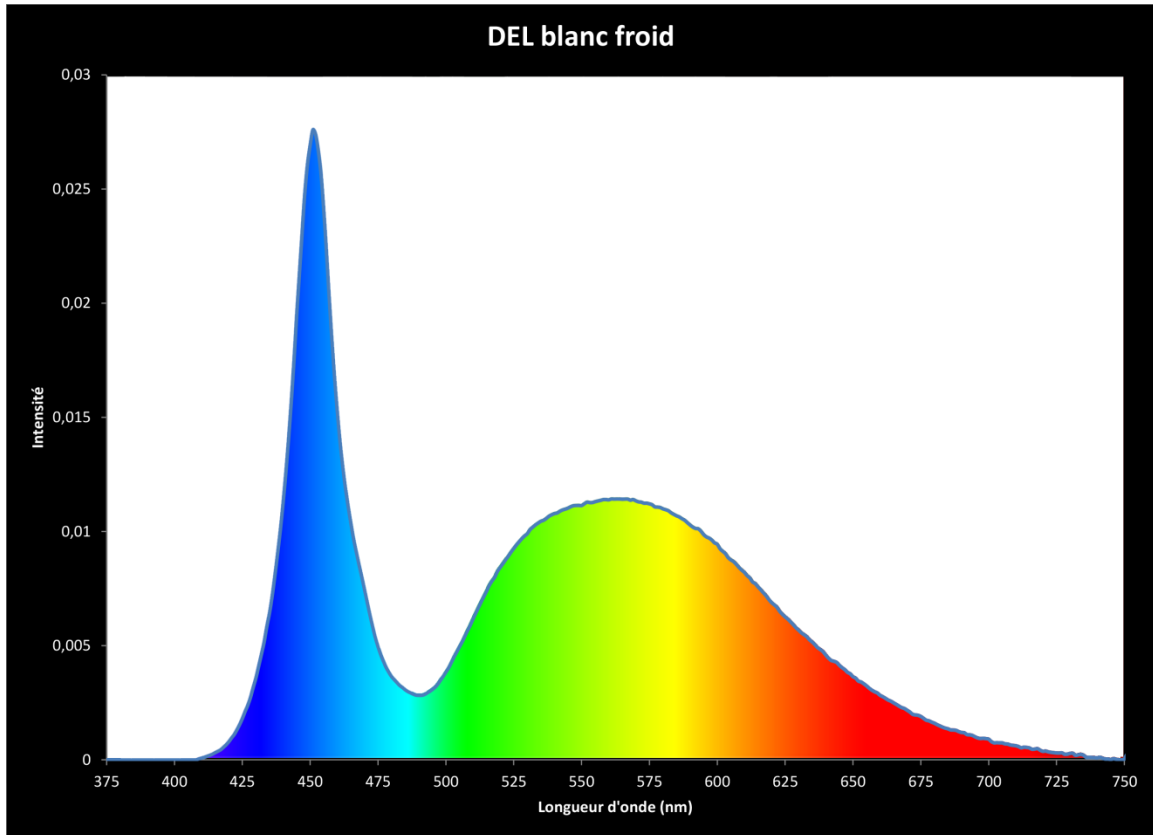
Sophia Zerouali, image simplifiée de la combinaison de l'une onde ultra-violette et d'un luminophore qui forme de la lumière blanche.

Annexe 3



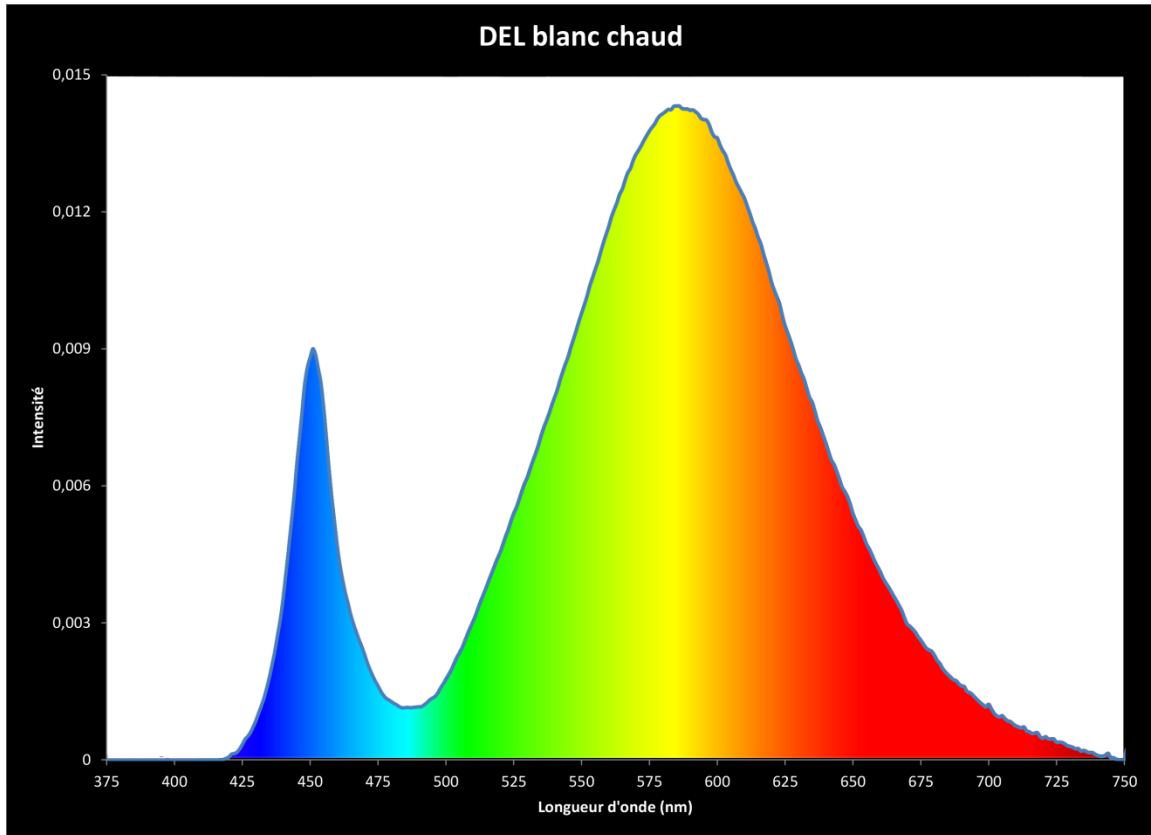
Sophia Zerouali, image simplifiée de la synthèse additive des trois couleurs primaires qui forme de la lumière blanche.

Annexe 4



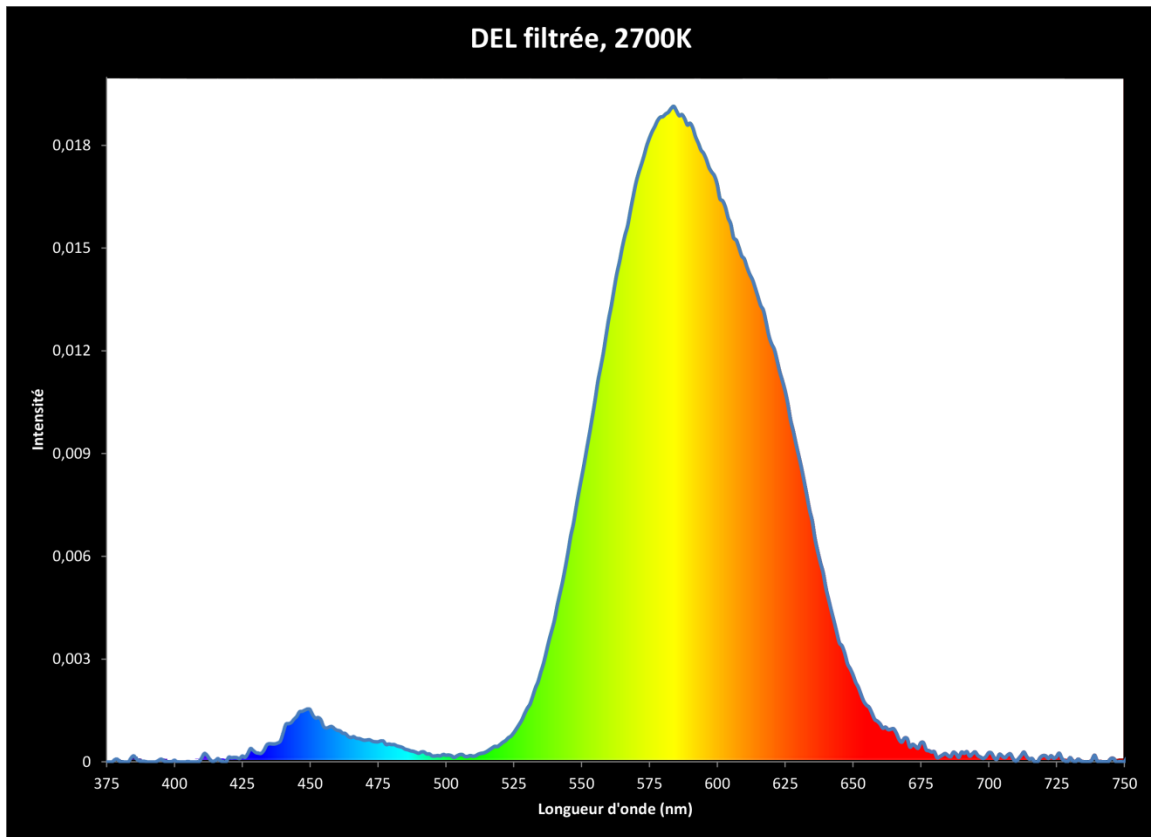
Johanne Roby et Sophia Zerouali, spectre électromagnétique de la diode électroluminescente blanche froide.

Annexe 5



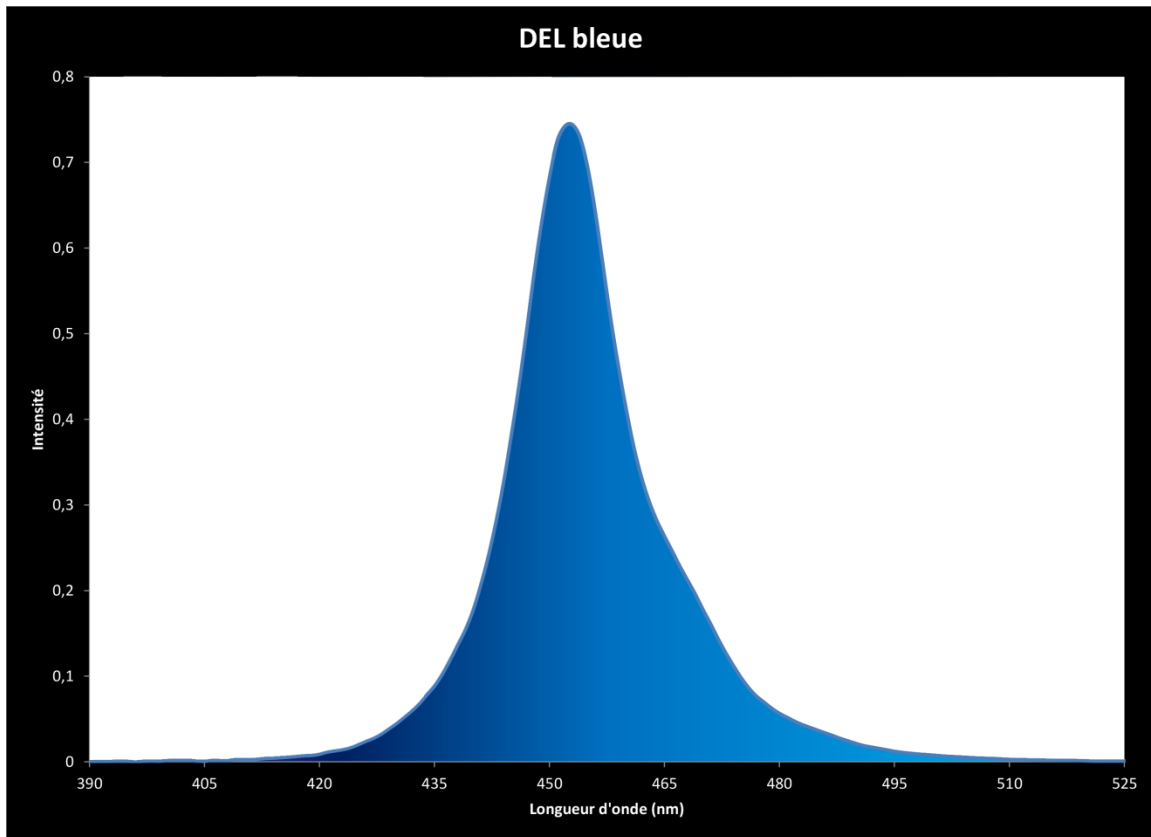
Johanne Roby et Sophia Zerouali, spectre électromagnétique de la diode électroluminescente blanche chaude.

Annexe 6



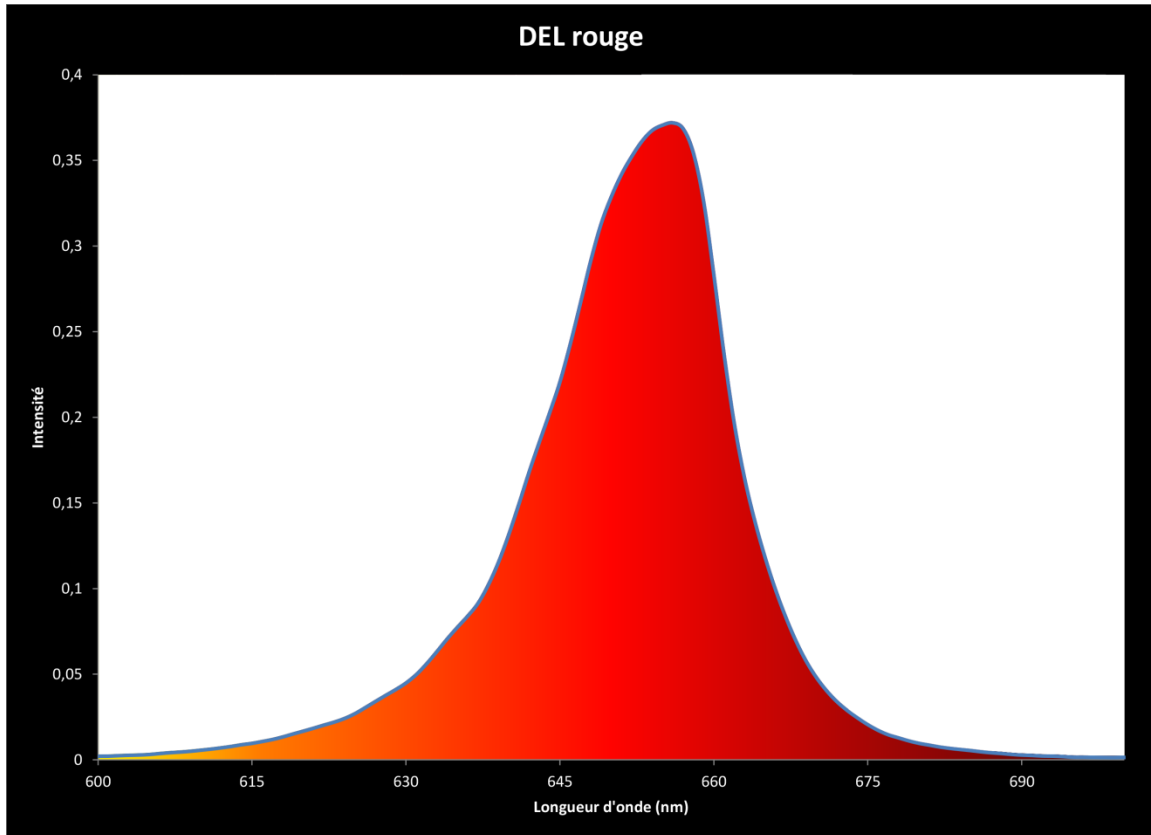
Johanne Roby et Sophia Zerouali, spectre électromagnétique de la diode électroluminescente blanche filtrée.

Annexe 7



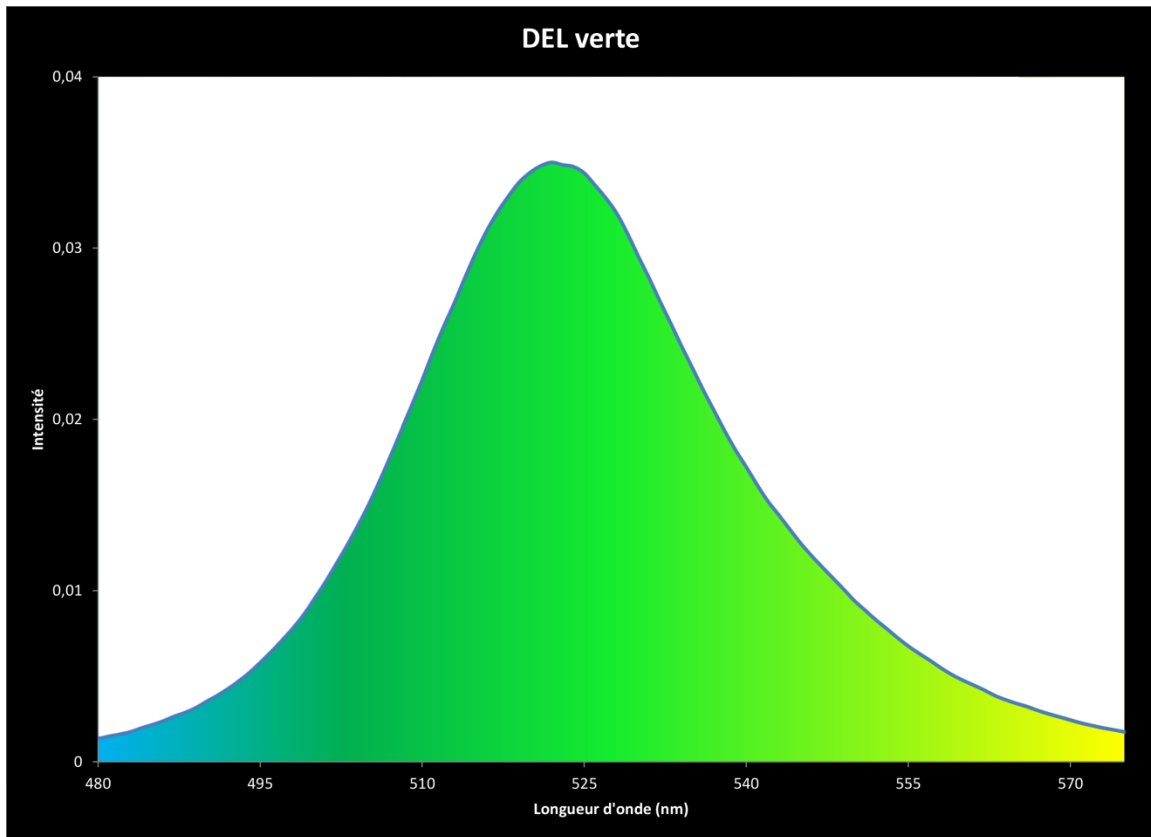
Johanne Roby et Sophia Zerouali, spectre électromagnétique de la diode électroluminescente bleue.

Annexe 8



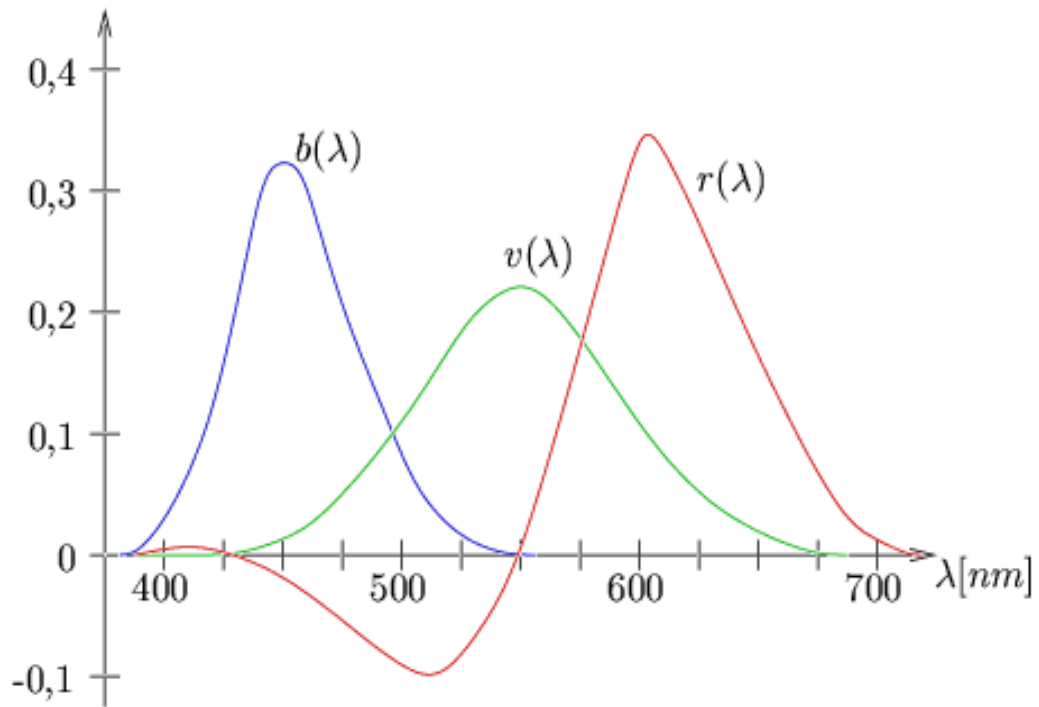
Johanne Roby et Sophia Zerouali, spectre électromagnétique de la diode électroluminescente rouge.

Annexe 9



Johanne Roby et Sophia Zerouali, spectre électromagnétique de la diode électroluminescente verte.

Annexe 10



Spectre électromagnétique de la lumière blanche formée par la synthèse additive des trois couleurs primaires.

<http://www2.ulg.ac.be/telecom/teaching/notes/totali/elen016/ponderationCouleur.gif>

Médiagraphie

Anses, Effet sanitaires des systèmes d'éclairage utilisant des diodes électroluminescentes (LED), Rapport d'expertise collective, Octobre 2010, Édition scientifique, 310p.

Standart, Comment choisir la bonne température de couleur ?,
<http://www.standardpro.com/fr/informations-produits/temperature-de-couleur>.