

2013/2014
ARE PMClab

Bee Florian
Ben Ali Souleyma
Boucherka Karima Emma
Cooray Dimitri
Corbin Alexis
Florian Royce
Ephrème Mélanie Sh. M.
Lasmartres Alexandre

UPMC

 SORBONNE UNIVERSITÉS

PMCLAB

 CRÉONS ENSEMBLE

2013

[RAPPORT FINAL]

CONSTRUCTION DU POLARIMÈTRE

Sommaire

I – Introduction	5
i – Constitution du groupe et détermination du choix de l'appareil à réaliser	5
ii – Objectifs fixés	5
iii – Remerciements	5
1 – Encadrement du projet.....	6
1.1 – Organisation du groupe suivant les qualités de chacun	6
1.2 – Diagramme de Gantt	7
2 – Pré-requis à la fabrication d'un polarimètre	8
2.1 – Bases physiques du polarimètre.....	8
2.1.1 – Rappel des principes de polarimétrie	8
2.1.2 – Schéma de base d'un polarimètre.....	8
2.1.3 – Essais empiriques (à la main avec polaroids).....	9
2.2 – Rôle des pièces principales constituant un polarimètre	10
2.2.1 – Apport de lumière, laser ou lampe sodium ?.....	10
2.2.2 – Polariseur et analyseur : leurs caractéristiques.....	10
2.2.3 – Photodiode, transformateurs	11
3 – Apport des technologies du PMClab.....	15
3.1 – Présentation de Blender et de la Makerbot (imprimante 3D).....	15
3.1.1 – Blender	15
3.1.2 – Makerbot (présentation des atouts et inconvénients).....	15
3.2 – Caractéristiques du LCD trouvé sur place	15
4 – Utilisation en Chimie	17
4.1 – Introduction à l'utilisation de la polarimétrie en Chimie.....	17
4.1.1 – Molécules R/S.....	17
4.1.2 – Pouvoir rotatoire d'une espèce:	18
4.2 – Choix d'une espèce à étudier.....	19
4.2.1 – Dilution	19
4.2.2 – Loi de Biot.....	19
4.2.3 – Prévion des angles α	20
4.2.4 – Différents tests de solutions (limonène - et L-proline)	22
5 – Réalisation des schémas du polarimètre	23
5.1 – Avancement avec la makerbot.....	23
5.1.1 – Schémas sur Blender.....	23
5.1.2 – Réalisation pièce par pièce et assemblage	24

5.1.3 – Problèmes rencontrés lors de la fabrication des pièces, ajustements	28
6 – Réalisations physiques	31
II – Conclusion	33
III – Références	34
I – Webographie :	34
ii – Bibliographie.....	34

Table des figures

Figure 1 : Diagramme de Gantt (tableau).....	7
Figure 2 : Diagramme de Gantt (graphique)	7
Figure 3 : Spath d'Islande, la double réfraction	8
Figure 4 : Principe de fonctionnement d'un polarimètre	9
Figure 5 : Essai empirique légendé.....	9
Figure 6 : lampe laser.....	10
Figure 7 : Représentation de la polarisation d'une onde en fonction de l'angle de l'analyseur	11
Figure 8 : Représentation courants continu et alternatif	13
Figure 9 : Schéma d'un transformateur	13
Figure 10 : Makerbot du PMClab.....	15
Figure 11 : Représentation de l'écran LCD et pins	16
Figure 12 : Représentation de la symétrie du carbone	17
Figure 13 : Rappels de chiralité des molécules	18
Figure 14 : Effet du pouvoir rotatoire sur les molécules chirales	19
Figure 15 : Photo de nos 4 solutions diluées	21
Figure 16 : Dilution test chimie	22
Figure 17 : Schéma primitrif	23
Figure 18 : Ajout d'une plaque	23
Figure 19 : Ajout des bouchons	24
Figure 20 : Cylindre.....	25
Figure 21 : Dessous de la machine	25
Figure 22 : Parois de la machine.....	25
Figure 23 : Chambre à cuve	26
Figure 24 : Schéma des cuves	26
Figure 25 : Socle électronique	27
Figure 26 : Forme éclatée de la machine.....	27
Figure 27 : Figure montée cache	28
Figure 28 : Cuve, moteur, premiers engrenages	31
Figure 29 : Montage typique breadboard, arduinos, shield	31
Figure 30 : LCD en cours de soudure	32
Figure 31 : Polarimètre final, en cours d'utilisation	32

I – Introduction

i – Constitution du groupe et détermination du choix de l'appareil à réaliser

Le groupe s'est rapidement mis en place. On s'est trouvés pour la simple raison qu'on se savait tous travailleurs et que nous voulions avancer vite et bien. A huit, tout n'a pas toujours été facile mais de façon générale nous sommes tous très heureux d'avoir collaboré les uns avec les autres, et par dessus tout, nous sommes fiers du résultat.

Nous avons travaillé suivant les groupes ci-dessous :

Communication : Karima et Mélanie

Physique : Alexandre et Florian

Informatique : Dimitri et Royce

Chimie : Alexis et Souleyma

Bien évidemment, tous, nous avons avancé suivant nos goûts, nos envies d'apprendre et bien souvent nos connaissances et nos apports ne se sont pas limités au domaine préalablement établi au départ. D'un commun accord le choix de travailler sur le polarimètre s'est de lui-même imposé.

ii – Objectifs fixés

L'objectif était clair et fixé par nos enseignants dès le début : construire un polarimètre, pilotable par ordinateur à l'aide d'un arduino jouant le rôle d'interprète entre les deux machines.

iii – Remerciements

Bien évidemment, nous tenons à remercier en premier lieu Christian Simon et Vincent Dupuis pour nous avoir lancé dans ce projet, nous espérons que nous avons rempli notre devoir d'élèves autant que vous avez rempli votre devoir d'enseignant !

Nous voulions remercier aussi l'ensemble du PMClab qui nous a toujours guidé, répondu à nos questions, surveillé le wiki, apporté des solutions et nous a encouragé, et en particulier Mathieu Moog. Dans le même esprit nous voulions remercier madame Pellerin, monsieur Raynaud et madame Pilo qui nous ont apporté une aide précieuse au bâtiment K, sans qui nous n'aurions pas eu les solutions tests de chimie.. De même Laurent Teixeira pour son aide en physique, sans qui nous n'aurions pas réussi à nous procurer une partie de nos pièces.

Nous voulions, à titre plus personnel, remercier nos proches qui ont pu relire ce rapport et nous guider pour le parfaire, en particulier L. pour ses réflexions pertinentes.

1 – Encadrement du projet

1.1 – Organisation du groupe suivant les qualités de chacun

L'organisation du groupe fut simple à définir, nous avons été très vite d'accord pour travailler en binômes, nous avons alors défini 4 binômes ayant chacun sa spécialité :

Le *groupe Physique* composé de Florian BEE et d'Alexandre LASMARTRES, a été chargé de recueillir toutes les informations sur la polarimétrie et les polarimètres, trouver les lois physiques qui interviennent, ainsi que de définir les composantes du polarimètre. Ce qui n'a pas empêché ce groupe d'être polyvalent, par exemple Alexandre a contribué à la modélisation 3D sur *Blender* ainsi qu'aux impressions 3D avec la *MakerRobot*, et Florian de son côté a prêté main forte à la Programmation, jusqu'à la rédaction de la partie « Physique » sur le Wiki, ainsi qu'en Chimie.

Le *groupe Chimie* quant à lui est composé de BEN ALI Souleyma et de CORBIN Alexis, voulant faire une L2 chimie, ils avaient en charge l'intégralité de la partie chimie : détermination des lois chimiques ainsi que choix de la solution à étudier, calcul de la concentration des solutions, mise en évidence de problèmes avec la loi Biot et solutions, dilutions... De plus ce groupe s'est également illustré par sa polyvalence : Alexis a contribué lors des tests, à la mise en place de l'écran LCD ainsi que des moteurs, et avec l'aide de Souleyma à la rédaction de la partie « Chimie » dans le Wiki ainsi que de la recherche des solutions au CAP6.

Le *groupe Informatique* composé de COORAY Dimitri et de FLORIAN Royce. Les tâches étaient très bien définies étant donné que chacun avait sa spécialité : Dimitri était chargé de toute la Programmation sur *Arduino* ainsi que la rédaction de la partie « Programmation » du Wiki. Quant à FLORIAN Royce, il était chargé de la modélisation 3D sur *Blender* ainsi que des impressions avec le *MakerRobot*. Ce qui n'empêche pas l'entraide lorsqu'un membre du binôme rencontre des difficultés. De plus Royce c'est illustré dans la compréhension des lois physiques et plus particulièrement en optique, et ses qualités d'apprentissage sur Blender lui a permis d'en faire profiter tous les autres groupes de l'ARE, voire les professeurs !

Le *groupe Communication* est quant à lui formé d'EPHREME Mélanie et de BOUCHERKA Karima. Ce binôme était chargé de la coordination du groupe, de la définition des tâches à faire chaque semaine, des commandes, que de la maintenance du Wiki (articles, photos, vidéos) et de la rédaction des différents rapports : rapport d'Etape et rapport final (avec l'aide des différents membres du groupe). Comme les autres binômes, ce groupe a aussi participé aux différentes étapes de mise en œuvre du polarimètre en prêtant main forte aux autres binômes, par exemple BOUCHERKA Karima a contribué à la modélisation 3D sur *Blender* ainsi qu'aux impressions 3D avec le *MakerRobot* et des commandes. EPHREME Mélanie a rédigé de la partie « Introduction à la Polarimétrie » que l'on peut trouver sur la Wiki. De plus ce binôme est allé recueillir des informations auprès de Jean-Claude Boulliard à l'IMPMC, pour ce qui concernait nos connaissances sur les cristaux.

1.2 – Diagramme de Gantt

Nom de la tâche	Durée	Début	Fin	Attribuée à
Polarimètre				
Communication	46	26/02/14	07/01/15	Karima - Mélanie
Mise à jours du Wiki	46	26/02/14	07/01/15	Karima - Mélanie
Commandes	25	05/03/14	20/08/14	Karima
Solutions aux problèmes	46	26/02/14	07/01/15	Tous
Rédaction du Rapport d'étape	6	19/03/14	23/04/14	Karima
communication au sein du lab				Karima - Melanie
Mise en Place du projet	6	26/02/14	02/04/14	Tous les membres du groupe
recherches Bibliographiques	6	26/02/14	02/04/14	
mise en place des groupes de travail: 4 binômes	6	26/02/14	02/04/14	
Performances attendues	12	26/02/14	14/05/14	Tous les membres du groupe
pilotable par ordinateur	1	26/02/14	26/02/14	
4 cuves	1	05/03/14	05/03/14	
Schemat sur Blender	11	05/03/14	14/05/14	
incorporation de deux moteurs	1	05/03/14	05/03/14	
2 Arduino	1	12/03/14	12/03/14	
Ecran LCD	1	19/03/14	19/03/14	
Solution (chimique) à tester	6	26/02/14	02/04/14	
Programmation	13	05/03/14	28/05/14	Dimitri
Arduino-LED	1	05/03/14	05/03/14	
Arduino-moteur	6	12/03/14	16/04/14	
Arduino - Arduino (maitre / esclave)	6	19/03/14	23/04/14	
maitre - esclave et 2 moteurs	11	19/03/14	28/05/14	
écran LCD	1	09/04/14	09/04/14	Dimitri - Florian
Modélisation et impression 3D	25	05/03/14	20/08/14	
Cuves et Cylindre du milieu	2	05/03/14	12/03/14	Royce
plateau pour soutenir les 2 moteurs	6	19/03/14	23/04/14	Royce
Engrenages	6	26/03/14	30/04/14	Royce - Alexandre - Florian
Bouchons et couvercle	1	26/03/14	26/03/14	Karima et Alexandre
Impression des pièces à problèmes	21	02/04/14	20/08/14	Alexandre - Royce
Tests	26	05/03/14	27/08/14	
tests des programmes	26	05/03/14	27/08/14	Dimitri - Florian - Alexandre - Royce
1er Test: carton - Laser - polariseurs - solution d'eau sucrée	6	12/03/14	16/04/14	Karima - Alexis - Mélanie
2nd Test: carton - Laser - polariseurs - solution de Limonène (-)	1	26/03/14	26/03/14	Karima - Mélanie
3e Test: railles - Laser - polariseurs - solution de L - Proline	1	09/04/14	09/04/14	Karima - Dimitri
Commendes	7	02/04/14	14/05/14	Karima
Polariseurs	7	02/04/14	14/05/14	
Améliorations éventuelles	11	16/04/14	25/06/14	
changement de solutions	11	16/04/14	25/06/14	Alexis
Mise en oeuvre définitive	26	26/03/14	17/09/14	Tous les membres du groupe

Figure 1 : Diagramme de Gantt (tableau)

Nom de la tâche	Durée	Début	Fin	Attribuée à	T2			
					Mars 2014	Avr 2014	Mai 2014	Juin 2014
Polarimètre					[Gantt bars for T2]			
Communication	10	26/02/14	30/04/14	Karima - Mélanie	[Gantt bar for Communication]			
Mise en Place du projet	2	26/02/14	05/03/14	Tous les membres du groupe	[Gantt bar for Mise en Place du projet]			
Performances attendues	8	26/02/14	16/04/14	Tous les membres du groupe	[Gantt bar for Performances attendues]			
Physique et Chimie	8	26/02/14	16/04/14	Alexandre - Florian - Souleyma - Alexis	[Gantt bar for Physique et Chimie]			
Programmation	6	06/03/14	09/04/14	Dimitri	[Gantt bar for Programmation]			
Modélisation et impression 3D	9	05/03/14	30/04/14	Royce - Alexandre - Karima	[Gantt bar for Modélisation et impression 3D]			
Tests	7	05/03/14	16/04/14	Tous les membres du groupe	[Gantt bar for Tests]			
Commendes	2	02/04/14	09/04/14	Karima	[Gantt bar for Commendes]			
Améliorations éventuelles	3	16/04/14	30/04/14	Tous les membres du groupe	[Gantt bar for Améliorations éventuelles]			
Mise en oeuvre définitive	6	26/03/14	30/04/14	Tous les membres du groupe	[Gantt bar for Mise en oeuvre définitive]			

Figure 2 : Diagramme de Gantt (graphique)

2 – Pré-requis à la fabrication d'un polarimètre

2.1 – Bases physiques du polarimètre

2.1.1 – Rappel des principes de polarimétrie

En premier lieu, définissons la polarimétrie.

« En Optique, la polarimétrie est la mesure de la rotation de plan de polarisation de la lumière, utilisée en particulier en analyse chimique pour déterminer la concentration d'une substance ayant une activité optique. » dicit Le petit Larousse illustré.

Les ondes électromagnétiques se propagent en vibrant, et la polarimétrie est une science qui se propose d'étudier la répartition privilégiée de l'onde qui compose en particulier, ici, la lumière.

C'est la propriété chimique que mesure un polarimètre, il analyse l'angle de rotation du plan de polarisation de la lumière se propageant à travers une espèce chimique donnée.

2.1.2 – Schéma de base d'un polarimètre

La science de la polarimétrie auraient été utilisée en premier lieu par les Vikings pour se repérer [1].

A la suite des travaux de Descartes (1596-1650) et de Newton (1643-1727) sur l'optique, Huygens (1629-1695) s'intéresse aux propriétés de la lumière passant dans un spath d'Islande, une *calcite*, phénomène observé par Berthelsen (1625-1698). Puis, après Huygens, Malus (1775-1812) s'y intéressera également. En faisant passer une lumière par l'un des côtés du cristal, il s'aperçoit que deux faisceaux distincts sortent du côté opposé.

Les propriétés de la lumière données dans le 2.1.1 ne seront alors pas découvertes avant Maxwell (1831-1879) et l'unification des théories magnétiques et électriques. Ainsi, on ne sait pas encore que la double réflexion de la calcite provient d'un phénomène de biréfringence dû à la polarisation de la lumière.

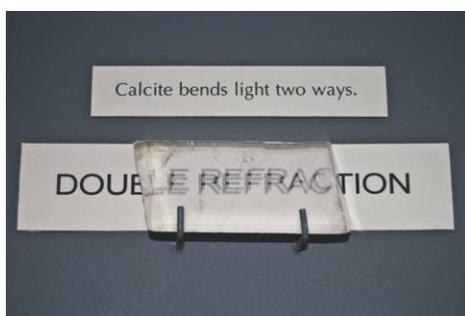


Figure 3 : Spath d'Islande, la double réfraction

[1] http://www.saga-geol.asso.fr/Geologie_page_trib_libres_pierre_soleil_Vikings.html

Les premiers polariseurs sont en réalité deux calcites comme celui représenté ci-dessus.
Le premier s'appelle polariseur, et le second analyseur, on les nomme nicols.
A la main, on faisait alors tourner l'analyseur, suivant le schéma expliqué suivant :

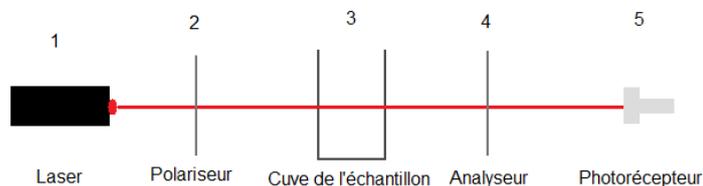


Figure 4 : Principe de fonctionnement d'un polarimètre

- 1) Source laser monochromatique.
- 2) Le polariseur (polarise cette lumière).
- 3) L'échantillon analysé (modifie l'angle de polarisation).
- 4) L'analyseur (atténue/bloque la lumière, il s'agit également d'un polariseur).
- 5) Le photorécepteur analyse les données reçues (s'il y a de la lumière ou non)

2.1.3 - Essais empiriques (à la main avec polaroids)

Nous avons repris le principe expliqué ci-dessus et nous l'avons fait par nous-mêmes.

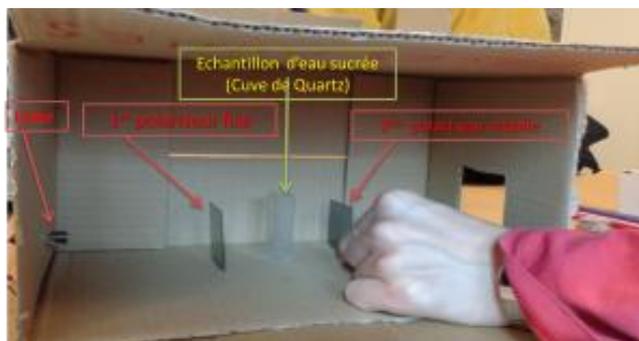


Figure 5 : Essai empirique légendé

Nous avons mis sous forme d'un tableau le résultat filmé à l'aide d'une caméra l'expérience [1], avec une cuve vide :

Temps : 0 sec	Temps : 9 sec	Temps : 10 sec	Temps : 14 sec	Temps : 15 sec
10 degrés	45 degrés	70 degrés	80 degrés	90 degrés

Nous observons donc que la lumière est polarisée lorsque l'analyseur effectue une rotation de 90 degrés. (Le temps correspond au moment où vous pouvez retrouver cette image dans notre vidéo).

[1] <http://www.youtube.com/watch?v=qNE9FRNef8Y>.

2.2 – Rôle des pièces principales constituant un polarimètre

2.2.1 – Apport de lumière, laser ou lampe sodium ?

Il est évident que pour pouvoir analyser une lumière, il faut pouvoir en avoir une source.

Un laser émet soit un rayonnement lumineux monochromatique, soit un rayonnement lumineux polychromatique. À chacun de choisir selon son type d'appareil et surtout selon la nécessité. Une lampe à sodium émet un flux de lumière forcément polychromatique puisqu'il s'agit de lumière blanche, et la lumière blanche est composée du référentiel RVB c'est-à-dire du rouge, du vert et du bleu en proportions égales. Ainsi, nous avons le choix entre plusieurs types de lumière pour notre appareil.

Or, pour les besoins de notre appareil, nous utilisons une photodiode (qui sera décrite dans la partie 2.2.3) et celle-ci, dès réception du premier photon du rayonnement lumineux, émet un courant électrique. Par souci de facilité, il est préférable que la lumière fournie soit de type monochromatique.

De plus, la lampe à sodium est notamment utilisée pour les éclairages de type standard, que ce soit pour les éclairages intérieurs ou extérieurs, mais lors d'une utilisation prolongée, elle commence à chauffer. Il y a donc ici un inconvénient pour l'utilisation de la lampe à sodium. De plus, elle est «envahissante», dans le sens où elle est assez grosse, et qu'il faut ainsi prévoir de la place en conséquence.

Le laser, (comme décrit précédemment) ne chauffe pas, malgré le fait qu'il ne faut pas regarder directement un laser, car cela pourrait provoquer une perte de l'acuité. Dans le cas de notre appareil, nous allons ainsi utiliser un laser monochromatique rouge de longueur d'onde $\lambda = 635$ nm. Pourquoi le rouge, et non une autre couleur ? Car c'est la seule couleur de laser qu'il y avait au bâtiment des Licences de Physique. Nous avons adapté notre appareil pour que les mesures soient concordantes avec cette longueur d'onde spécifique. Un laser a également l'avantage d'émettre dans une seule direction de l'espace d'où son aspect rectiligne, et ainsi il n'influe pas avec l'environnement qui l'entoure, ce qui n'est pas le cas de la lampe à sodium.



Figure 6 : lampe laser

Conclusion, on utilise un laser monochromatique rouge avec $\lambda = 635$ nm, plus efficace qu'une lampe à sodium.

2.2.2 – Polariseur et analyseur : leurs caractéristiques

Maintenant que nous avons notre source lumineuse il faut la polariser, ce sera le rôle du polariseur.

Il s'agit d'un disque de verre généralement constitué de cristaux microscopiques, qui ont la propriété de polariser la lumière. Pour obliger la lumière à vibrer dans une seule direction, tous les cristaux doivent être orientés dans le même sens.

Il existe également des polariseurs en plastique mais ceux-ci produisent des rayonnement parasite par réfraction ce qui perturberait nos mesures.

Pour l'analyseur il s'agit également d'un polariseur qui aura pour seul but de bloquer (ou de fortement atténuer) le faisceau incident.

Cela est expliqué par la loi de Malus :

Lorsque la lumière est polarisée, son intensité diminue suivant la loi suivante :

$$I_f = I_0 * \cos^2(\alpha)$$

I_f : l'intensité finale

I_0 : l'intensité initiale

α : l'angle entre le polariseur et l'analyseur

Nota Bene : Notez que si l'angle $\alpha = 90^\circ$ alors l'intensité finale est nulle.

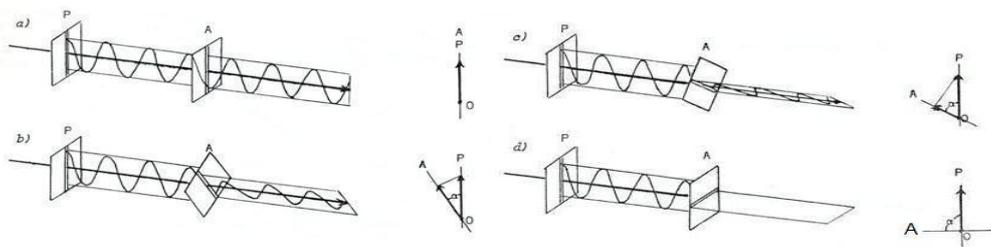


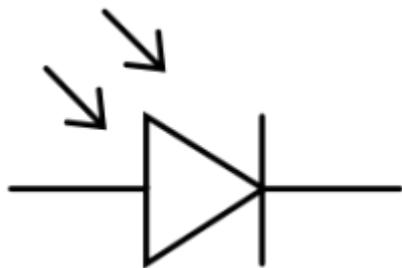
Figure 7 : Représentation de la polarisation d'une onde en fonction de l'angle de l'analyseur

2.2.3 - Photodiode, transformateurs

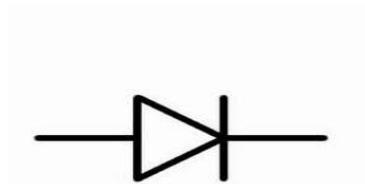
La photo diode est assimilée à une diode semi-conductrice, c'est-à-dire à un matériau dont les propriétés de conductivité électriques se situent entre celles des métaux et des isolants (les métaux étant conducteurs et les isolants non-conducteurs).

En d'autres termes, la photodiode produit une variation du courant électrique grâce au rayonnement lumineux incident d'une source de lumière. Dans notre polarimètre, la photo diode est située en bout de montage, après le polariseur, l'échantillon et l'analyseur. Ainsi, une photodiode a les mêmes propriétés qu'une diode à cela près qu'elle se sert de la lumière pour produire du courant.

Le semi-conducteur utilisé pour la photodiode est une jonction P-N. Cette fonction a pour but de déplacer des électrons de la couche P vers la couche N avec la couche P qui est plus proche de l'anode et la couche N qui est plus proche de la cathode. Nous savons que le sens conventionnel du courant électrique se fait du + vers le - (cathode vers anode) et ainsi les électrons se déplacent dans le sens non-conventionnel du courant électrique. Par conséquent, les lois fondamentales et habituelles de l'électricité ne sont pas appliquées à la photo diode.



(1)



(2)

À droite, nous avons une photo diode qui est symbolisée de la même manière qu'une diode (qui est à droite), mais il y a en plus, 2 flèches qui montrent l'apport de lumière et plus particulièrement de photons d'où le préfixe photo, devant le mot diode. Ainsi une photo diode a les mêmes fonctions qu'une diode, sauf qu'elle utilise l'énergie des photons pour créer une variation de courant électrique.

Le fonctionnement d'une photo diode est lié à la loi d'Ohm qui lie l'intensité du courant électrique I , donc issue de l'intensité lumineuse, la tension aux bornes U et la résistance aux bornes R . Ainsi on a $U = RI$.

Dès que le rayonnement lumineux passe au niveau des capteurs de la photo diode (au moment où les photons passent au niveau des capteurs), il y a une émission d'un courant électrique qui s'établit, c'est-à-dire proportionnel à l'intensité lumineuse que reçoit la photo diode. Ce courant est ensuite converti en une tension par un système d'amplificateur. Pour un montage de bonne qualité, il faut utiliser une photo diode avec une alimentation linéaire constituée de régulateurs de +12 V ET -12 V avec un découplage massif. Une alimentation linéaire est la mise en cascade d'un transformateur (qui sera détaillé dans le prochain paragraphe), d'un montage redresseur de tension et d'un régulateur linéaire, le tout permettant de changer la tension délivrée au montage.

Un transformateur est un composant électronique qui permet de transformer une tension et une intensité d'une source électrique (alimentation générale ou plus précisément les prises de courant) en une tension et une intensité différente afin de pouvoir répondre au besoin de l'appareil qu'on utilise et par conséquent, évite tout surmenage ou court-circuit de l'appareil.

Il fait partie intégrante d'un adaptateur électrique qui est constitué d'un transformateur et d'un pont diviseur pour abaisser la tension et transformer le courant alternatif, délivré par les prises de courant, en courant continu.

La différence de courant s'explique ainsi dans les mots « alternatif » et « continu ». Un courant alternatif délivre un courant ayant une variation de tension, c'est-à-dire durant son motif élémentaire qui est la plus petite tension qui se répète identique à elle-même.

Par conséquent, il y a obligatoirement un passage dans des tensions positives et des tensions négatives qui forment un signal sinusoïdal.

Quand la tension est positive, le courant électrique passe et quand la tension est négative, le courant électrique ne passe pas, il y a ainsi comme des sortes de pulsations pour un courant alternatif car ce courant électrique est fourni par intermittence. Or, le courant continu a une tension toujours positive et ainsi le courant électrique passe tout le temps, d'où le terme « courant continu ».

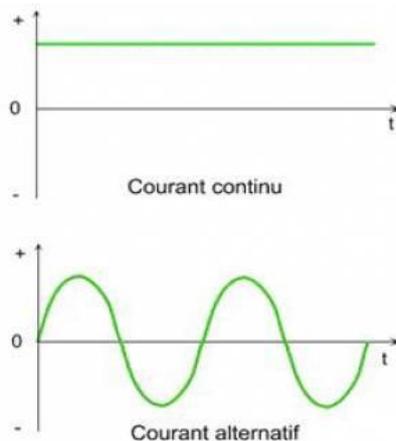


Figure 8 : Représentation courants continu et alternatif

Chaque transformateur délivre une tension spécifique c'est-à-dire qu'un transformateur de 9 V n'est utilisable que pour un composant qui a besoin d'avoir une tension de 9 V ou plus. Ainsi, si nos moteurs ont une tension très différente, il faut utiliser deux transformateurs différents. Par contre, si les tensions pour les moteurs sont proches (de l'ordre de 1 ou 2 V), on peut utiliser des ponts diviseurs qui abaissent la tension d'un transformateur pour pouvoir alimenter les deux moteurs ont deux tensions différentes.

Les transformateurs sont utilisés pour beaucoup d'appareils qui n'ont pas la possibilité d'être alimentés en 230 V (tension fournie par les prises de courant qui sont elles-mêmes issues de transformateurs et de ponts diviseurs à la suite des hautes centrales électrique qui délivrent du 10000 V), car avec cette tension les appareils auraient des court circuits ou ne fonctionneraient pas, tout simplement. Les appareils ménagers nécessitant une forte tension fonctionnent avec les prises de courant et par conséquent, ce sont des appareils fonctionnant en courant alternatif.

Le rendement est proche de 1.

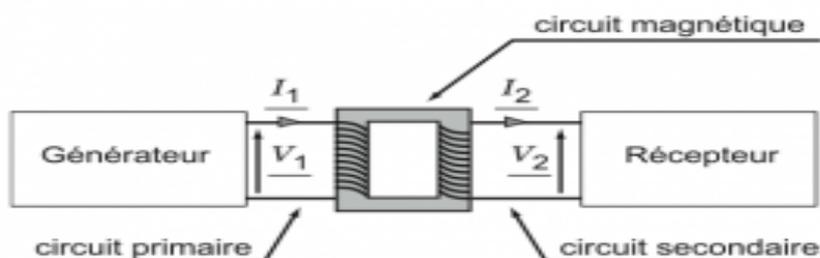


Figure 9 : Schéma d'un transformateur

Le circuit magnétique transforme une tension et une intensité initiale en une autre tension et une intensité plus petite. Ainsi, l'appareil peut donc fonctionner mais il y a toujours du courant alternatif et non du courant continu, et pour que ce courant soit transformé, il y a un mise au point de condensateur et de régulateur de tension qui abaisse la tension puis la transformer en courant continu.

Comme nous l'avons dit précédemment, il nous faut un transformateur commun pour les deux moteurs pas à pas utilisés. Ce transformateur doit délivrer une tension de 9 V et pour savoir lequel il nous faut, il faut regarder pour chaque adaptateur (qui contient par conséquent le transformateur) la tension du circuit secondaire.

Le transformateur nous permettra ici de faire fonctionner nos moteurs pas à pas sans qu'il y ait un court-circuit. Ainsi, le transformateur a un rôle primordial pour le fonctionnement de notre appareil car l'utilisation de piles pour les moteurs pas à pas serait trop coûteuse en énergie et il faudrait remplacer les piles très souvent. Par contre, la photo diode et le laser utilisant peut d'énergie, ces deux

composants fonctionneront avec des piles de 1,5 V car le laser a une capacité de tension maximale de 3 V, d'où un boîtier de deux piles de 1,5 V.

3 – Apport des technologies du PMClab

3.1 – Présentation de Blender et de la Makerbot (imprimante 3D)

3.1.1 - Blender

Blender est l'outil principal qui peut conduire l'imprimante en 3D à concrétiser l'idée, bien qu'il existe d'autres logiciels ayant la même fonction.

Gratuit, ce logiciel sert à faire de la modélisation en 3 dimensions, à partir de figures simples qui viennent se mêler entre elles pour faire l'objet idéal.

Sa maîtrise n'est cependant jamais parfaite, même si quelques heures de manipulation sont nécessaires pour fabriquer des pièces simples.

3.1.2 - Makerbot (présentation des atouts et inconvénients)



Figure 10 : Makerbot du PMClab

Cet outil est le pivot de tout notre travail.

C'est grâce à cette machine que de nombreuses pièces ont pu être réalisées, dans leur détail, leur unicité, et leur fonctionnalité.

Le défaut majeur de l'imprimante est on côté aléatoire, on ne sait jamais si elle va exécuter parfaitement la pièce ou si un problème va surgir, par exemple une pièce non conforme au dessin, une pièce non parfaitement droite etc.

3.2 – Caractéristiques du LCD trouvé sur place

Le LCD (Liquid Crystal Display ou écran à cristaux liquides) est un composant électronique qui est généralement utilisé pour tout ce qui est affichage électronique. On le retrouve couramment dans les

appareils photo, les téléviseurs, les écrans d'ordinateur et même dans les ordinateurs de bord pour les avions et les voitures.

L'écran que nous allons utiliser est un écran qui a les mêmes caractéristiques que le Hitachi HD44780 (LCD utilisé par arduino pour faire les tests de la bibliothèque LiquidCrystal.h) et qui nous permet donc de pouvoir utiliser les lignes de codes de cette dernière. Cette bibliothèque nous permet donc de pouvoir travailler soit 4 bits ou soit avec 8 bits. Dans notre cas, notre écran nous permet de travailler avec 4 bits ce qui nous facilite la vie au niveau des câblages.

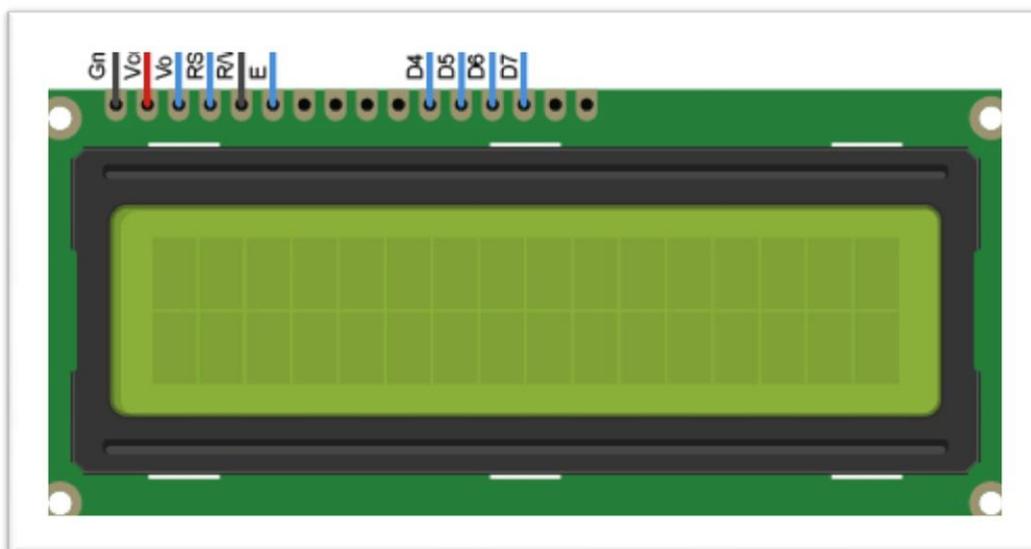


Figure 11 : Représentation de l'écran LCD et pins

Les pins Gnd, V₀ et RW sont connectés à la terre (RW peut être connecté à un potentiomètre), V_{cc} est connecté à +5V, ce qui induit que le LCD fonctionne avec une tension d'entrée de 5V, et RS et E sont connectés suivant les pins que l'on indique dans la ligne de code (lignes de codes ci-dessous). Enfin, les pins D4 à D7 sont les pins data qui envoient l'information qui sont connectés suivant les pins que l'on indique dans la ligne de code.

Lignes de codes possibles :

- LiquidCrystal(rs, enable, d4, d5, d6, d7)
- LiquidCrystal(rs, rw, enable, d4, d5, d6, d7)
- LiquidCrystal(rs, enable, d0, d1, d2, d3, d4, d5, d6, d7)
- LiquidCrystal(rs, rw, enable, d0, d1, d2, d3, d4, d5, d6, d7)

Les 2 premières lignes de codes fonctionnent pour 4 bits et les deux suivantes pour 8 bits (Si RW est branché à la terre, pas besoin de le mentionner dans la ligne).

Exemple :

```
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2)
```

Cela revient à dire que rs : pin #12, enable (ou E) : pin #11 et les pins data D4 à D7 : pin #2 à #5

L'ensemble du programme n'a pas été rajouté dans ce rapport pour une question de lisibilité de celui-ci, il est cependant disponible dans notre wiki, rubrique programmation.

4 – Utilisation en Chimie

4.1 – Introduction à l'utilisation de la polarimétrie en Chimie

4.1.1 – Molécules R/S

Pour commencer, rappelons qu'une espèce chimique est avant tout un ensemble d'atomes liés entre eux par des liaisons. On trouve des liaisons électrostatiques (telles que les liaisons de Van Der Waals) ou encore les liaisons dites fortes (les liaisons covalentes).

Parmi tous les atomes répertoriés dans le tableau périodique des éléments, le plus présent parmi les molécules organiques est le carbone (C). De façon générale, en chimie organique, on se sert des polarimètres pour étudier des solutions de molécules organiques.

Intéressons-nous à la notion de carbone asymétrique (largement visible dans les molécules organiques), qui est un carbone dont les 4 ramifications sont différentes les unes des autres. Dès lors qu'une molécule possède un carbone on peut chercher à savoir s'il s'agit d'un carbone asymétrique. Pour cela, on regarde les ramifications de ce carbone ; en représentant ce carbone dans l'espace, et dans le cas présenté ci-dessous, on illustre alors aisément la définition.

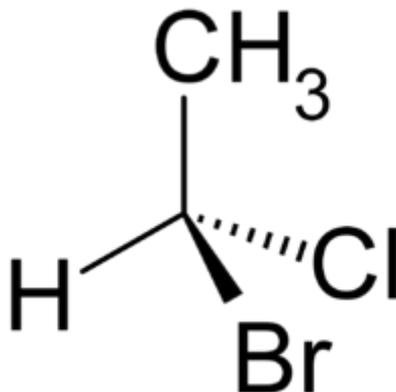


Figure 12 : Représentation de la symétrie du carbone

Si une molécule possède un carbone asymétrique on cherche si ce carbone est "S" ou "R" pour cela on regarde son "sens de rotation" en suivant l'ordre de priorité des atomes qui l'entoure :



Cependant il faut faire attention: si la 4e ramification est vers l'avant du plan, alors le sens du carbone est l'inverse du sens trouvé.

Ainsi la molécule possédant le carbone asymétrique sera qualifiée de molécule R ou de molécule S ou encore de molécule RR ou SR etc (en fonction du nombre de carbones asymétriques) :

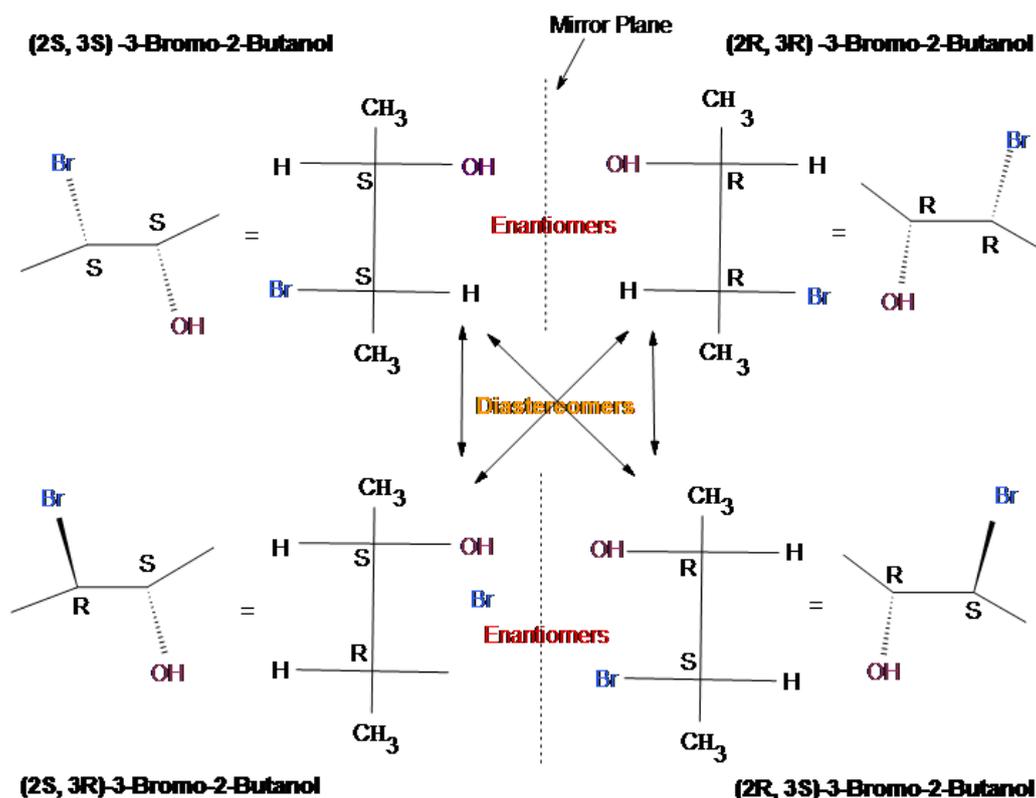


Figure 13 : Rappels de chiralité des molécules

D'un point de vue chimique, cela apporte des propriétés intéressantes et particulières aux molécules, parmi lesquelles on s'intéressera en particulier au pouvoir rotatoire des molécules et des solutions chimiques.

4.1.2 - Pouvoir rotatoire d'une espèce:

Dès lors qu'une espèce possède un carbone asymétrique elle possède également un pouvoir rotatoire. Ainsi, si cette espèce est mise en solution, la solution possédera un pouvoir rotatoire, ce dernier est en réalité la somme des pouvoirs rotatoires des molécules présentes en solution possédant au moins 1 carbone asymétrique.

Nota bene : Le pouvoir rotatoire d'une solution se montre d'une manière simple : un polarimètre se base justement sur ce principe.

PROTOCOLE : On met dans la cuve du polarimètre une solution avec un pouvoir rotatoire. Un faisceau lumineux passera alors à travers et l'analyseur tournera de façon à ne plus laisser la lumière passer, cela nous donnera donc l'angle cherché, couramment appelé α .

On considère que le faisceau lumineux qui traverse la solution est polarisé (qu'il possède un vecteur directionnel de propagation de l'onde) ainsi lorsque le faisceau passera à travers la solution étudiée, le pouvoir rotatoire de celui-ci fera tourner le vecteur du faisceau de lumière vers la droite ou vers la gauche.

S'il tourne vers la droite, $\alpha > 0$ et on désignera la solution comme dextrogyre, si il tourne vers la gauche, $\alpha < 0$ et désignera la solution comme lévogyre.

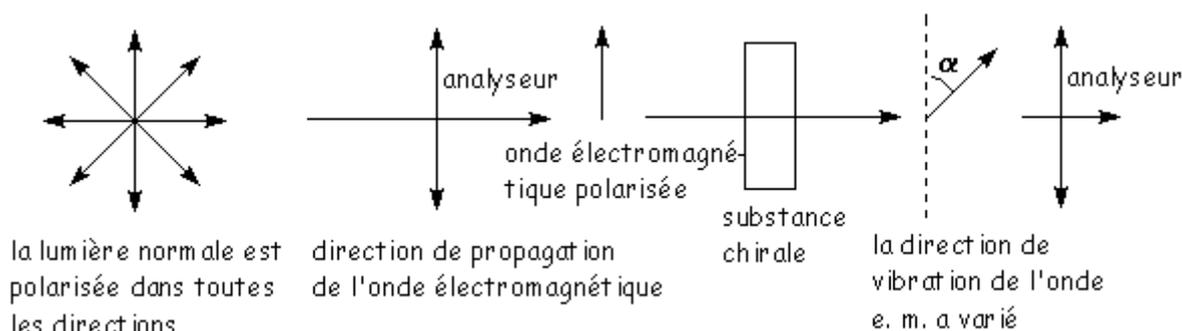


Figure 14 : Effet du pouvoir rotatoire sur les molécules chirales

4.2 – Choix d'une espèce à étudier

4.2.1 – Dilution

Afin de tester notre polarimètre, nous avons décidé de réaliser des dilutions d'une même solution mère possédant un pouvoir rotatoire. Ainsi on devrait logiquement observer un angle de rotation évoluant de manière décroissante. En effet, nous avons installé un plateau tournant pour 4 cuves et nos dilutions sont faites de façon à ce que les solutions filles soient de moins en moins concentrées.

Pour réaliser ces dilutions nous nous sommes rendus dans des laboratoires de chimie équipés de toute la verrerie dont nous aurions besoin et utiliser une solution mère obtenue à l'étage du CAPES de chimie.

Nous pouvons affirmer que l'angle alpha évoluera de façon décroissante grâce à la loi de Biot.

4.2.2 – Loi de Biot

Intéressons-nous maintenant à la loi de Biot. En effet, cette loi nous permet de calculer l'angle de rotation du faisceau lumineux ayant traversé la solution étudiée. On peut dire que c'est à partir de cette loi que l'on peut voir une influence sur l'angle du vecteur lumineux en fonction de la concentration massique de l'échantillon, de la longueur d'onde du laser et de l'épaisseur de la cuve ainsi que du pouvoir rotatoire spécifique.

$$\alpha = [\alpha] \cdot l \cdot C_m$$

On donne:

- α , le pouvoir rotatoire de la solution en **degrés** (mesure de l'angle).
- $[\alpha]$, le pouvoir rotatoire spécifique, il dépend de la température de la solution, de la longueur d'onde du faisceau lumineux et du solvant de la solution en **degrés/millilitre/gramme/décimètre**.
- l , l'épaisseur de solution traversé par le laser en **décimètre**.
- C_m , la concentration massique de la solution en **gramme par millilitre**.

Notons que parmi toutes les valeurs de la loi de Biot, une seule ne peut pas se mesurer: *le pouvoir rotatoire spécifique*. En effet cette valeur se trouve dans les tables chimiques; elle a été déterminée en

laboratoire en conditions normales de pression et à température. (A pression atmosphérique, une température de 25°C, pour un solvant donné et pour une lampe à vapeur de sodium comme source de lumière.)

Comme dit précédemment, cette loi chimique nous permet par une simple application numérique de prévoir l'angle de rotation d'une solution pure d'un énantiomère donné. C'est de cette façon que nous pourrions tenter de voir si notre appareil fonctionne correctement tout en prévoyant une marge d'erreur car, en effet, le pouvoir rotatoire spécifique est donné non pas par pour un laser comme source de lumière, mais pour une lampe à vapeur de sodium.

4.2.3 - Préviation des angles α

On doit prévoir au préalable l'angle α de la solution que l'on va utiliser, puisque il faut qu'on ait un ordre de grandeur avant de mesurer α avec le polarimètre mais on devra prévoir une marge d'erreur vu que l'on va utiliser l'eau comme solvant. On va donc utiliser la loi de Biot pour le calculer. Avec le temps en refaisant nos calculs, on a compris que la loi de Biot était valable pour une ordre de grandeur du décimètre, au niveau de la cuve, et c'est ce que nous aurions dû faire, avoir une cuve de l'ordre du décimètre. Nous avons essayé de réimprimer la pièce plusieurs fois mais jusqu'à maintenant, l'imprimante nous donnait une pièce bourrée de défauts et nous avons recommencé plusieurs fois ; sans succès.

On aura donc dans les calculs un manque dû à la taille des cuves.

Pour compenser cette lacune on cherchera à utiliser une solution ayant une très forte solubilité. En effet, plus la solubilité est grande, plus la masse diluée sera grande, plus la concentration aqueuse est élevée, et donc, plus la concentration massique sera élevée.

Donc d'après la loi de Biot l'angle α sera plus grand donc plus facilement détectable.

Exemple : Avec la L-proline (3 solutions que l'on a dilué dans différentes quantités d'eau)

- *Solution 1:*
 - $[\alpha] = -86,3 \text{ SI}$
 - $cm1 = 0.30/10 \text{ g/ml}$
 - $l = 0,08 \text{ dm}$
 - $a1 = -86,3 * 0,08 * 0,03 = \mathbf{-0,207 \text{ deg}}$
- *Solution 2:*
 - $[\alpha] = -86,3 \text{ SI}$
 - $cm2 = 0.20/10 \text{ g/ml}$
 - $l = 0,08 \text{ dm}$
 - $a2 = -86,3 * 0,08 * 0,02 = \mathbf{-0,138 \text{ deg}}$
- *Solution 3:*
 - $[\alpha] = -86,3 \text{ SI}$
 - $cm3 = 0.10/10 \text{ g/ml}$
 - $l = 0,08 \text{ dm}$
 - $a3 = -86,3 * 0,08 * 0,01 = \mathbf{-0,069 \text{ deg}}$

On voit ici qu'effectivement les angles sont petits pour se baser sur la L-proline. C'est pourquoi nous avons choisi de nous baser sur une solution de glucose.

Nouveau problème de solution:

D'après les calculs précédents nos angles prévus sont beaucoup trop petits pour être détectables par notre polarimètre, nous avons donc cherché une espèce qui dispose d'une très forte solubilité dans l'eau.

En effet, plus la solubilité d'une espèce est grande, plus on pourra diluer une grosse quantité dans l'eau, plus la quantité diluée sera élevée plus la masse diluée sera élevée, plus la masse diluée est élevée, plus la concentration massique sera élevée (car $C_m = \text{masse/volume}$) ce qui aura pour conséquence de donner un angle supérieur d'après la loi de Biot.

Suite à nos recherches il semblerait que le alpha-D-glucose soit l'espèce dont nous aurions besoin.

Solutions d'alpha-D-glucose:

Nouvelles prévisions d'angles:

soit: $\alpha = [\alpha] \cdot l \cdot C_m$ la loi de Biot, avec:

- $[\alpha] = 122.2 \text{ degrés} \cdot \text{cm}^3/\text{dm} \cdot \text{g}$
- $l = 0.11 \text{ dm}$
- C_m en g/cm^3

On a donc pour 4 masses de alpha-D-glucose différentes:

solution 1:

- $C_{m1} = 0.9 \text{ g}/\text{cm}^3$
- $\alpha_1 = 12.1 \text{ degrés}$

solution 2:

- $C_{m2} = 0.7 \text{ g}/\text{cm}^3$
- $\alpha_2 = 9.4 \text{ degrés}$

solution 3:

- $C_{m3} = 0.5 \text{ g}/\text{cm}^3$
- $\alpha_3 = 6.7 \text{ degrés}$

solution 4:

- $C_{m4} = 0.3 \text{ g}/\text{cm}^3$
- $\alpha_4 = 4.03 \text{ degrés}$

On constate que ces angles sont beaucoup plus grands et donc détectables.



Figure 15 : Photo de nos 4 solutions diluées

4.2.4 - Différents tests de solutions (limonène - et L-proline)

Nous avons voulu au départ utiliser le limonène “-” pour faire des tests avec le polarimètre mais nous avons changé d’avis en réalisant que celui-ci n’est pas soluble dans l’eau . Il peut être soluble dans l’hexane mais celui-ci est très dangereux pour la santé en cas d’inhalation.

Preuve que le limonène”-” n’est pas soluble dans l’eau :



Figure 16 : Dilution test chimie

Nous sommes allés par la suite au Capes de chimie pour demander une solution qui serait soluble dans l’eau et ayant un angle alpha spécifique, nous nous sommes vus proposés un solide blanc nommé la L-proline (acide aminé et est un précurseur de l’hydroxylysine, un composant important du collagène). Nous avons voulu faire 3 solutions avec différentes masses de L-proline dilués dans 10ml d’eau chacune à partir de cela nous avons calculés les concentrations des 3 différentes solutions.

Notons aussi que l’acide aminé non hydraté était pur à 99%.

Soit:

- M (L-proline) = 115,13 g/mol
- $V = 10\text{mL}$ le volume totale de solution

On utilise toujours la formule:

$$C = m / (M * V)$$

- solution 1: $m_1 = 0,30\text{g}$ ce qui donne $C_1 = 2,6 \text{ mol/L}$
- solution 2: $m_2 = 0,20\text{g}$ ce qui donne $C_2 = 1,74 \text{ mol/L}$
- solution 3: $m_3 = 0,10\text{g}$ ce qui donne $C_3 = 0,87 \text{ mol/L}$

Notons qu’en faisant varier la masse on fera de toute façon varier la concentration car on utilise un solide et non un liquide.

Incertitudes:

- **balance:** +/- 0,01 g
- **fiolle jaugée:** +/- 0,1 mL

On a fait les tests et on s’est rendus compte que notre machine n’était pas assez précise.

Suivant les mêmes procédés, on a dissout le glucose suivant les concentrations :

$$C_{m1} = 0.9 \text{ g/cm}^3$$

$$C_{m2} = 0.7 \text{ g/cm}^3$$

$$C_{m3} = 0.5 \text{ g/cm}^3$$

$$C_{m4} = 0.3 \text{ g/cm}^3$$

Les calculs des angles étant établis dans le paragraphe précédent.

5 – Réalisation des schémas du polarimètre

5.1 – Avancement avec la makerbot

5.1.1 – Schémas sur Blender

Blender fut une source de création très importante toute au long de notre projet. En effet la grande majorité de nos pièces ont été produites par impression 3D.

Blender est un logiciel gratuit et libre, de modélisation et d'animation 3D. De plus il est multiplateforme (Windows, Linux, Mac OS X...). Le principal outil que nous avons eu à notre disposition pour apprendre à utiliser ce logiciel, était le site internet *OpenClassrooms* que l'on peut trouver à l'adresse suivante :

<http://fr.openclassrooms.com/informatique/blender/cours>.

Pour commencer un premier schéma a été produit par produit mettant en place l'ossature de notre Polarimètre : il était constitué d'un cylindre (au milieu), de deux parois de part et d'autres et d'une cuve centrale.

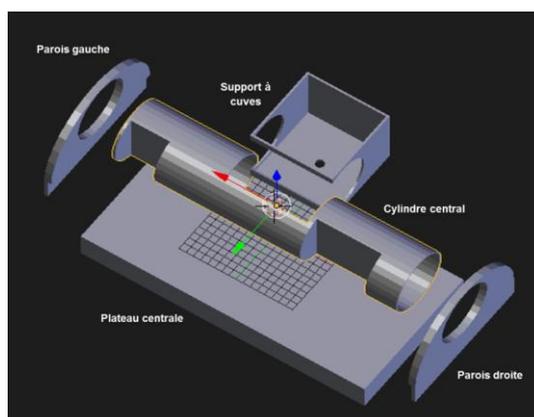


Figure 17 : Schéma primitif

Ensuite est venue s'ajouter une plaque tournante ayant 4 cuves ainsi que les découpes pour les deux moteurs pas à pas :

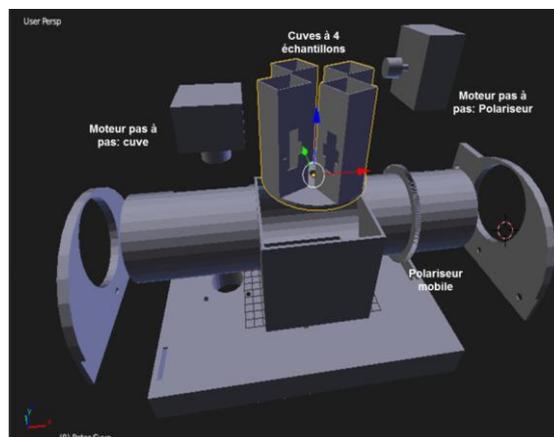


Figure 18 : Ajout d'une plaque

Et pour finir deux bouchons de part et d'autre du cylindre, un engrenage et un couvercle pour le socle tournant des cuves ainsi qu'un boîtier pour les Arduino et les composants électroniques ont été modélisés.

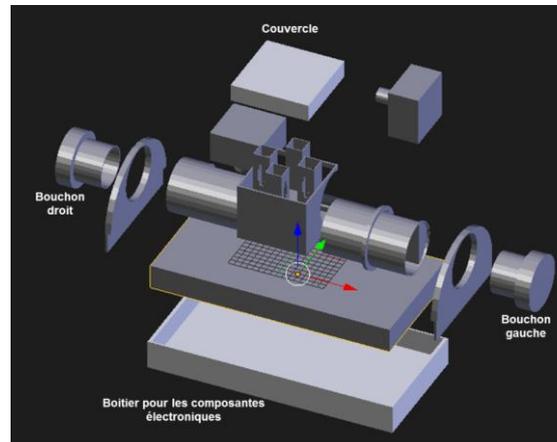


Figure 19 : Ajout des bouchons

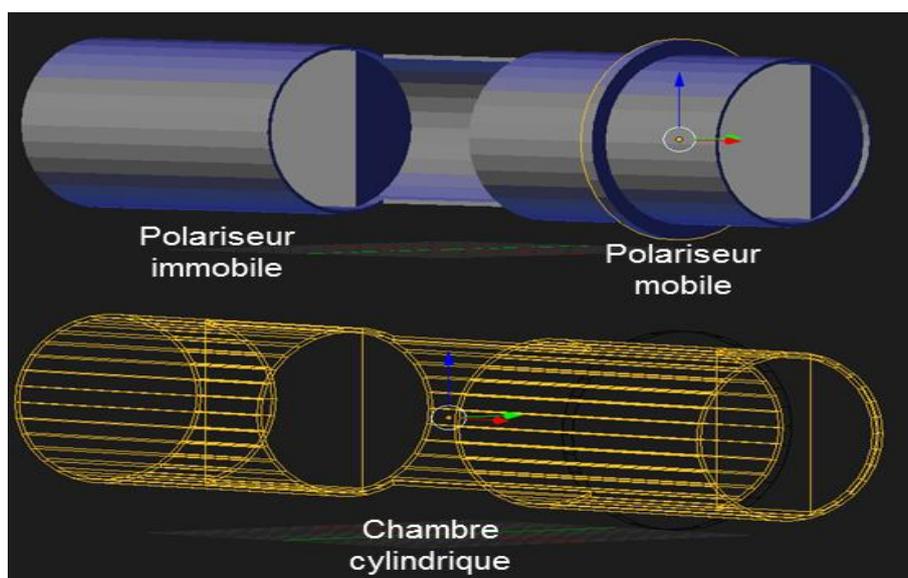
5.1.2 – Réalisation pièce par pièce et assemblage

Comme dit précédemment la réalisation du polarimètre s'est faite pièce par pièce.

Les composants du polarimètre ont été obtenus soit par impression 3D, soit par commandes ou alors trouvées au sein même du Fablab ou dans les différents UFR de la faculté.

Voici des différentes pièces réalisant notre projet :

La pièce maîtresse de notre polarimètre est une chambre cylindrique de 20cm de long et 4,6cm de diamètre. Ce cylindre traverse le polarimètre de part et d'autre en passant par la chambre à cuves ainsi que par les deux polariseurs. Notre objectif premier était d'avoir un cylindre complètement hermétique au passage de la lumière, car si une source lumineuse autre que le laser passait cela fausserait nos résultats.



Nous avons donc mis de part et d'autre de ce cylindre deux Bouchons (L : 4,7 cm ; l : 4,7 et h : 2,5 cm) : l'un avec un orifice au milieu laissant passer le laser et le second a une cavité afin de laisser la place à l'un des moteurs pas à pas.

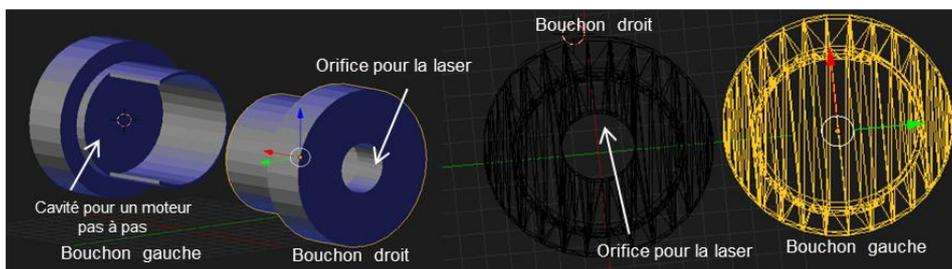


Figure 20 : Cylindre

Cette pièce fut posée sur un socle portant tous les composants de la machine. Sa dimension est de 20 cm de longueur, 10 cm de largeur et 2.1 cm de hauteur. Elle est encadrée de part et d'autre de deux parois permettant de soutenir la structure. Ces deux cadrans ont été vissés à la plaque.

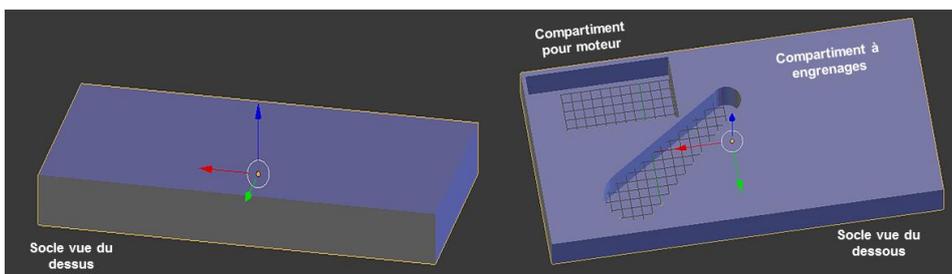


Figure 21 : Dessous de la machine

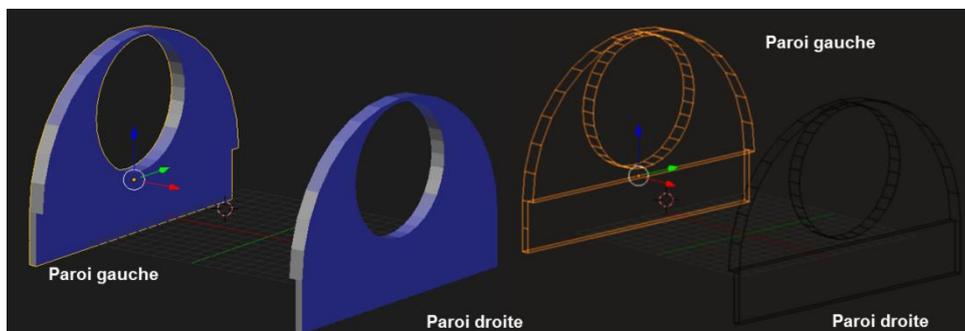


Figure 22 : Parois de la machine

Au milieu de ce cylindre se trouve une chambre (L : 11 cm, l : 11cm, h : 10 cm) portant la plaque tournante des cuves. Elle est aussi elle-même vissée au socle du bas et est traversée d'une tige reliée à un engrenage lui-même relié à un moteur pas à pas qui est lui-même relié à l'Arduino Maître permettant de faire tourner les cuves.

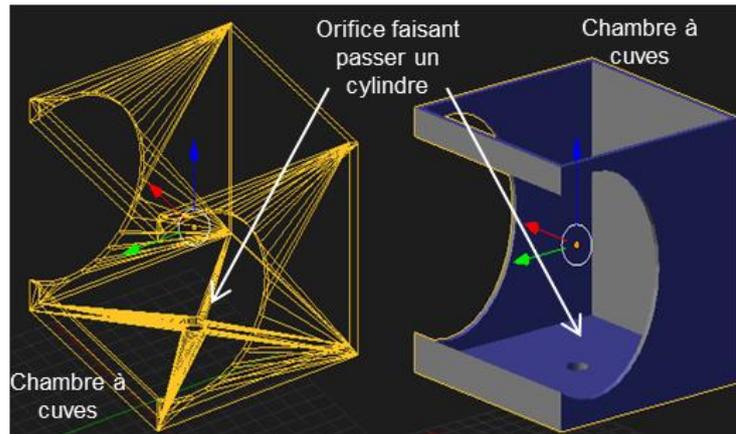


Figure 23 : Chambre à cuve

La plaque tournante est constituée d'un cercle portant quatre compartiments à cuves et au milieu un orifice permettant de faire passer le cylindre relié à un engrenage. Ces compartiments à cuves sont dotés d'orifices sur deux cotés parallèles permettant de laisser passer le laser.

$$\text{Calcul de la rotation de la cuve : } \frac{90}{1.8 \cdot \frac{25}{16}} = 32^\circ$$

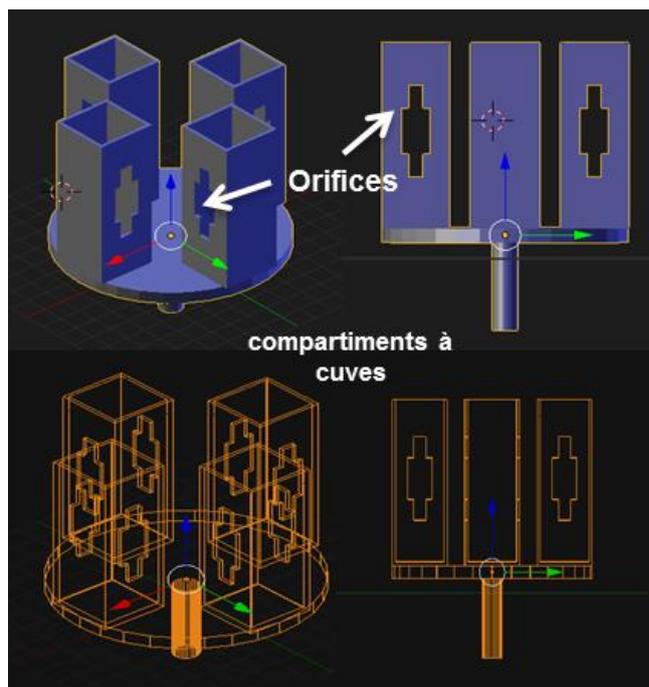


Figure 24 : Schéma des cuves

Des polariseurs ont été commandés chez Edmund Optics Ltd de 30 mm et ont été intégrés dans la chambre cylindrique.

Des moteurs pas à pas ont été ensuite intégrés à notre montage. L'un ayant comme fonction de faire tourner la plaque contenant les quatre cuves, l'autre tournée à 90° permettant de faire tourner le polariseur mobile.

Et pour finir nous avons ajoutés un couvercle (L : 13 cm ; l : 13 cm et h : 3 cm) au-dessus de la chambre ainsi qu'un socle (L : 40 cm, l : 21 cm et h : 3 cm) permettant de cacher et de mettre les composants électroniques de notre Polarimètre.

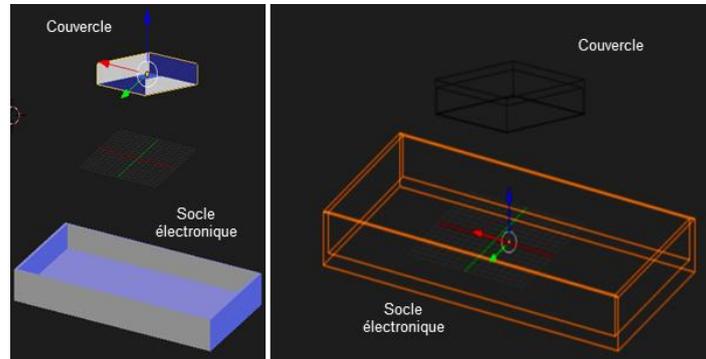


Figure 25 : Socle électronique

On obtient alors le résultat suivant:

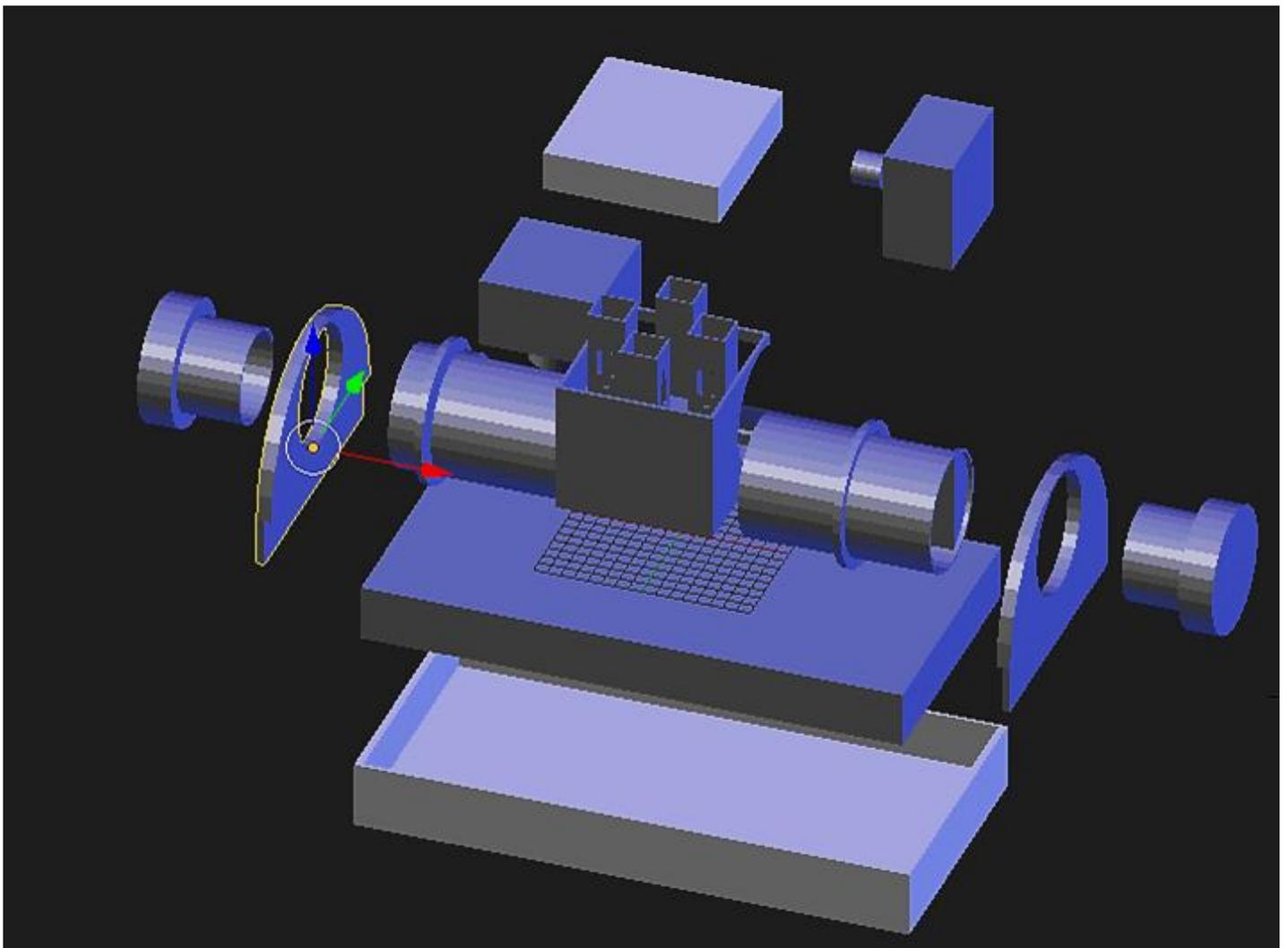


Figure 26 : Forme éclatée de la machine

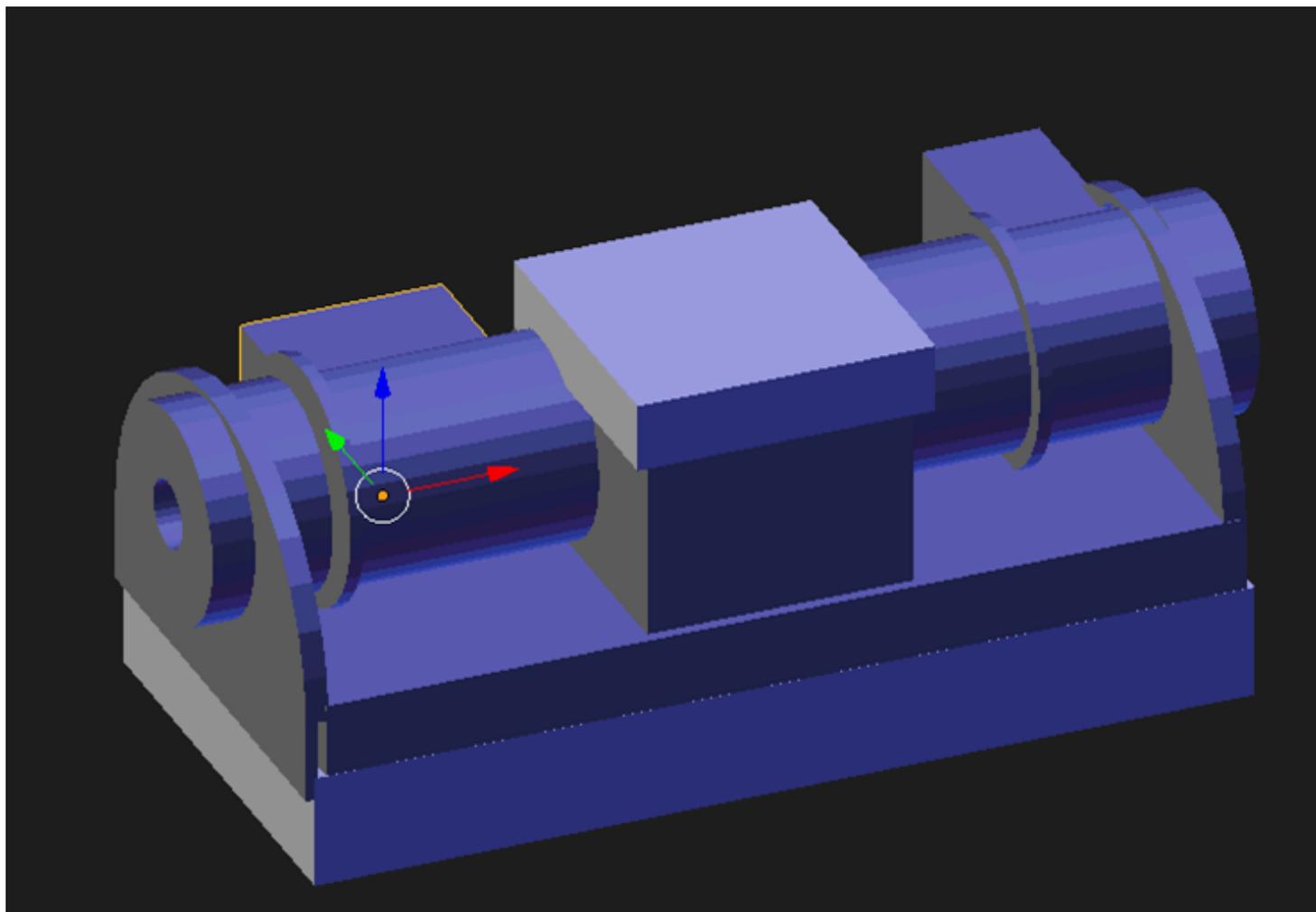


Figure 27 : Figure montée cache

5.1.3 – Problèmes rencontrés lors de la fabrication des pièces, ajustements

Au cours de la réalisation de notre projet nous avons rencontré de nombreux problèmes, voici donc une liste des différents problèmes techniques rencontrés ainsi que leurs solutions.

- **Budget**

Pour commencer, le montant de 200€ fut un frein important lors de la détermination des objectifs du projet. En effet si nous avions commandé chaque composant de notre machine, excepté les pièces imprimées en 3 dimensions, nous aurions certainement dépassé le montant de 200€.

- **Arduino-Uno / Arduino-Motor-Shield**

Un autre problème c'est très vite pausé : la liaison entre les cuves et le polaroïd mobile. Afin de pouvoir avoir une valeur de l'angle de rotation de chacune des quatre solutions présentes dans les cuves, il fallait relier : la cuve, le polaroïd mobile ainsi que l'ordinateur.

Pour ce fait nous avons utilisé deux moteurs pas à pas, ayant chacun une fonction : Le premier devait faire tourner la plaque tournante des cuves et le second avait comme fonction de faire tourner le polaroïd mobile. Il faut donc relier les deux moteurs ensemble afin qu'ils puissent communiquer. En utilisant un Arduino-Motor-

Shield la programmation aurait été bien plus simple, mais étant donné que l'on ne pouvait pas y avoir accès, nous avons finalement choisi d'utiliser 2 Arduinos-Uno reliés entre eux par un programme « Maître/Esclave ».

- **Programme « Maître / Esclave »**

Le programme « Maître/Esclave » est censé déterminer le pouvoir rotatoire d'une solution nous a posé quelques difficultés. Un premier test entre 2 Arduino-Uno et une LED fut concluant, mais dès que le branchement entre les Arduino-Uno et les moteurs fut fait le programme ne répondait plus. Le premier moteur (maître) tournait et lorsqu'il envoyait un signal au second celui-ci ne recevait aucun message. Grâce aux étudiants présent au LAB nous avons pu constater qu'il y avait un problème dans les branchements du circuit et donc que le programme « maitre/esclave » n'était pas en tore.

- **Moteur pas à pas de la plaque tournante des cuves**

Cette fois ci, le moteur initialement trouvé au Lab n'était pas assez puissant pour faire tourner les quatre cuves de notre polarimètre. A première vue notre seule alternative aurait été de changer de moteur pour un moteur continu plus performant, mais cela nous aurait aussi contraint à revoir le programme de nos Arduinos.

Nous avons finalement trouvé le moyen permettant de ne pas modifier les programmes des Arduinos mais aussi de conserver le moteur pas à pas. Nous avons modifié les axes de rotations des engrenages afin de supprimer les frottements qui empêchaient la rotation de la courroie.

- **Engrenage de la plaque tournante des cuves**

Pour faire tourner le plateau des cuves il fallait trouver un moyen de relier l'engrenage du plateau à l'engrenage du moteur pas à pas qui s'occupe de faire tourner les cuves. Pour remplir cette fonction nous avons choisi d'utiliser une courroie mais cette dernière s'est révélé être beaucoup trop grande par rapport à l'espace prévu initialement. Nous n'avons pas réussi à en trouver une de taille inférieure sans perdre la rigidité, ce qui est nécessaire aux rotations des engrenages.

Afin de ne pas refaire toute la maquette sur Blender nous avons décidé de conserver cette courroie trop grande initialement et d'enlever de la matière au socle principal afin d'installer un troisième engrenage de façon à obtenir une forme triangulaire pour la courroie.

Nous avons eu de nombreux contre temps lors des impressions 3D, voici les problèmes principaux :

- **Impression 3D de l'engrenage**

Lors de l'impression de l'engrenage destiné à faire tourner le polariseur, nous nous sommes rendu compte que les dents de l'engrenage imprimé étaient trop fines par rapport aux dent de l'engrenage du second moteur pas à pas. Pour éviter de commander cette pièce nous avons décidé de la fabriquer d'une manière différente que les autres pièces du polarimètre : en choisissant d'utiliser une fraiseuse automatique, ce qui nous a permis d'avoir une meilleure précision dans l'impression et donc une meilleure précision dans les mesures du polarimètre.

- **Impression 3D du Cylindre**

L'impression 3D du cylindre réalisé avec *Blender* fut un problème majeur, étant donné que ce cylindre est la colonne vertébrale de notre polarimètre car il contient les 2 polariseurs ainsi que le socle portant les quatre cuves. Avec sa forme cylindrique nous avons oublié d'augmenter l'épaisseur de ses parois. Nous avons remarqué qu'à la fin de l'impression la pièce s'effritait à la moindre pression.

Pour y remédier nous sommes allé chercher à l'UFR de Physique une cylindre de PVC ce qui nous a permis dans un premier temps de faire les découpes dans un matériau résistant et de pouvoir un aperçu du résultat final. Dans un second temps nous avons réimprimer une seconde fois la pièce principale du polarimètre.

- **Ecran LCD**

Au début du projet nous avons comme but de mettre les résultats des mesures faites par notre appareil sur un écran d'ordinateur relié à la machine grâce à l'Arduino « maître ». Pour rendre notre appareil plus maniable nous nous sommes vite intéressé à l'idée selon laquelle il fallait afficher le résultat de l'expérience directement

sur l'appareil. On a donc installé un écran LCD sur le polarimètre. Mais il nous fallait pour cela améliorer le programme des Arduinos « maitre / esclave », de plus les programmes types trouvés sur le site : www.arduino.cc/fr/, ne fonctionnaient pas correctement, il n'y avait pas de messages d'inscrit.

Nous nous sommes rendu compte que dans notre montage, il manquait un potentiomètre qui servait de résistance. En cherchant plus d'informations à ce sujet nous nous sommes rendu compte que nous pouvions réaliser ce montage sans potentiomètre et c'est ce montage ci qui a été retenu à finalement.

6 – Réalisations physiques

Nous voulions vous présenter notre polarimètre réalisé.



Figure 28 : Cuve, moteur, premiers engrenages

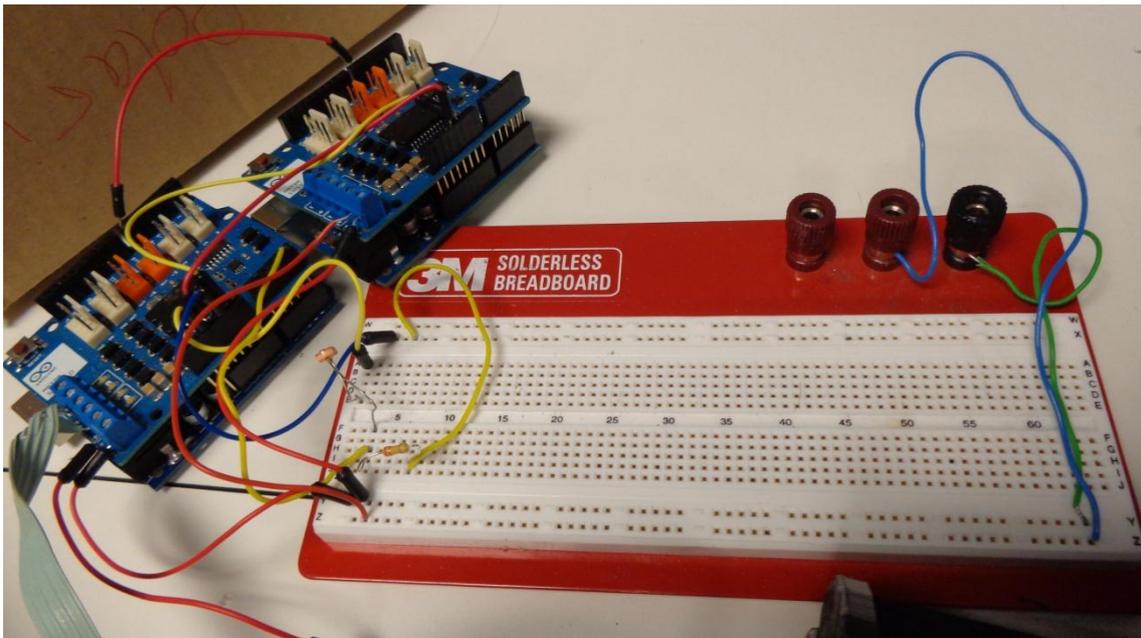


Figure 29 : Montage typique breadboard, arduinos, shield

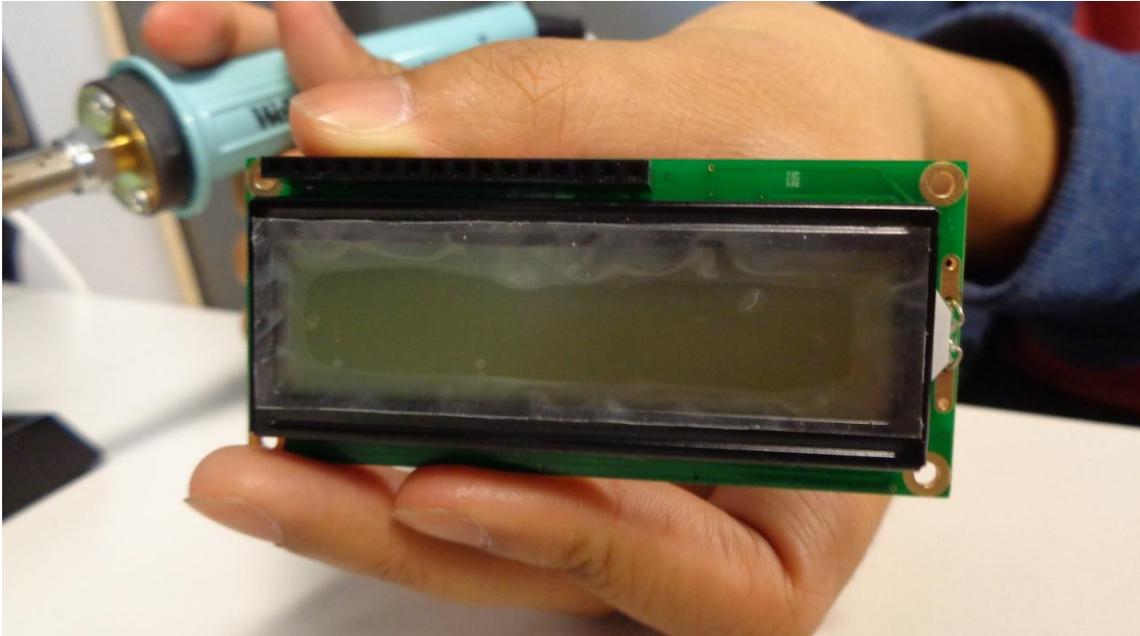


Figure 30 : LCD en cours de soudure

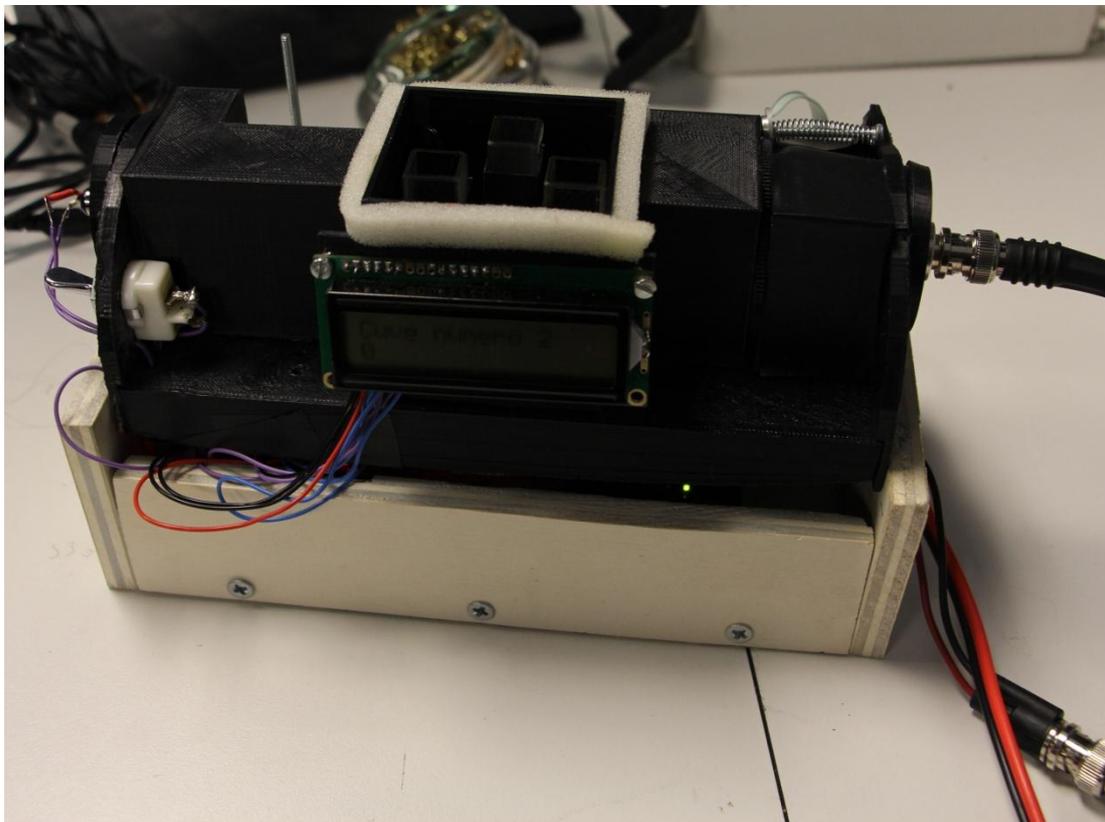


Figure 31 : Polarimètre final, en cours d'utilisation

II – Conclusion

Au cours de ce semestre, nous avons appris beaucoup de choses, mais surtout, le côté « équipe », bien plus que « groupe » a pris tout son sens.

Ce que nous avons produit, cependant, mérite-t-il d'être appelé polarimètre ?! En effet, il a beaucoup de fonctions, mais à l'heure où nous devons rendre ce rapport, ce n'en est pas complètement un.

Cela a principalement résulté d'une organisation efficace mais parfois trop laxiste envers les membres de l'équipe, et pas assez centré sur le cahier des charges dont le but était clair : construire un polarimètre. Pour cela, nous en tiendrons compte lors de notre futur, professionnel et bien sûr, personnel.

Ce défaut (majeur !) passé, nous sommes satisfaits de ce que nous avons pu apprendre, partager, de discussions enrichissantes qui ont été les nôtres, du partage, et de la motivation globale de tous.

Nous nous sommes vraiment impliqués, comme rarement dans une matière, nous retrouvant la plupart du temps au PMClab qui est lui-même un endroit qui par sa fonction, son humanité, et son efficacité, a toute sa raison d'exister au sein de l'université qui devrait bien plus le promouvoir. Nous, étudiants, sommes fiers d'y avoir contribué.

Il est venu de façon naturelle que malgré la deadline passée, nous voulions continuer ce projet, pour la satisfaction de dire « ça marche ! » et d'être allé au bout de notre projet.

Il ne nous reste plus qu'à remercier une fois de plus Christian Simon et Vincent Dupuis pour leur implication dans notre apprentissage universitaire.

Ce rapport ne constitue donc pas le point final de notre aventure.

III – Références

I – Webographie :

<http://www.youtube.com/watch?v=qNE9FRNef8Y>

<http://sb.epfl.ch/files/content/users/123314/files/OPo.pdf>

<http://www.larousse.fr/encyclopedie/divers/polarim%C3%A8tre/81039>

<http://sb.epfl.ch/files/content/sites/fsb/files/sph/unil/Notices%20TP/OPo.pdf>

<http://www.cnrs.fr/rechercher/>

http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/71/36/56/PDF/2011MULH5731_these_GENDRE.pdf

http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/60/29/23/PDF/ThA_se_Matthieu_Dubreuil_version_finale.pdf

<http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/04/54/44/PDF/tel-00003057.pdf>

http://www.physique.univ-rennes1.fr/digitalAssets/298/298111_L2_Stage_Polarim_treInfrarouge.pdf

http://www.physique.univ-rennes1.fr/digitalAssets/298/298111_L2_Stage_Polarim_treInfrarouge.pdf

<http://fr.openclassrooms.com/informatique/cours/debutez-dans-la-3d-avec-blenderr>

<http://fr.openclassrooms.com/sciences/cours/arduino-pour-bien-commencer-en-electronique-et-en-programmationn>

<http://wiki.pmclab.fr/doku.php?id=wiki:ateliers:arduino>

ii – Bibliographie

Lumières sur les couleurs : le regard du physicien, M. BLAY, Ellipses, Paris, 2001

Traité de Polarimétrie, G. Bruhat, collection Revue d'Optique théorique et instrumentale, Paris, 1930

Polarisation de la lumière, S. HUARD, 334 p., Masson, Paris, 1993

Optique: Fondements et applications, José-Philippe Pérez