


MP10 : Spectrométrie optique

Bibliographie :

 *Physique expérimentale–optique, mécanique des fluides, ondes et thermodynamique*, M. Fruchart, P. Lidon, E. Thibierge, M. Champion, A. Le Diffon. 1

 Sextant

Rapports de jury :

2017 : *Quel que soit l'appareil de mesure utilisé, notamment le spectromètre à entrée fibr e interfacé avec l'ordinateur, son principe de fonctionnement et ses caractéristiques d'utilisation, en particulier son pouvoir de résolution, doivent être connus. S'il souhaite utiliser un réseau en incidence normale, le candidat doit s'assurer de la réalisation expérimentale correcte de cette incidence particulière.*

Table des matières

1	Détermination de la constante de Rydberg	2
2	Réseau optique : détermination de la longueur d'onde moyenne du doublet du sodium	2
3	Interféromètre de Michelson : mesure de l'écart en longueur d'onde du doublet du sodium	3
4	Idées de manipulations :	4
4.1	PVD	4
4.2	Spectromètre commercial : constante de Rydberg	5
4.3	Goniomètre : mesure de la longueur d'onde moyenne du doublet du sodium . . .	5
4.4	Interféromètre de Michelson : �cart en longueur d'onde du doublet du Sodium .	5
5	Remarques et questions	6

Introduction

La spectrométrie optique est l tude de la répartition énergétique du rayonnement lumineux en fonction de la longueur d'onde.

Dès 1666, Newton observe la décomposition de la lumière blanche avec un Prisme   Vision Directe.

Manip : PVD. On réalise cette manip d'abord de la même manière que l'avait fait Newton, c'est-à-dire pour décomposer la lumière blanche. Puis on remplace la lampe blanche par une lampe à vapeur de Mercure.

Si on remplace cette lampe blanche par une lampe à vapeur de Mercure, on voit l'apparition d'un spectre de raies, ainsi, on obtient des informations sur les caractéristiques sur les atomes. Enfin au début XX^e siècle, cela a permis de conduire à la formulation de la mécanique quantique.

Problématique

Proposition de plan :

Transition : Dans un premier temps, on va donc tenter de confirmer les prédictions de la mécanique quantique. On va notamment étudier l'Hydrogène puisque c'est l'élément le plus simple et donc pour lequel on connait des résultats que l'on est capable de calculer. On va donc essayer de mesurer la constante de Rydberg à partir d'un spectromètre commercial

1 Détermination de la constante de Rydberg

Nous allons donc étudier une lampe à hydrogène et un spectromètre commercial (présentation du dispositif).

Nous allons étudier les transitions énergétiques ayant lieu dans le domaine du visible. On appelle cela la série de Balmer. Et on peut relier, la longueur d'onde et le numéro quantique par la constante de Rydberg.

Manip : Spectromètre commercial Cela va nous permettre de vérifier cette loi, de retrouver la constante de Rydberg.

On a d  commencer par étalonner le spectro avec la lampe à la vapeur de mercure. On a constaté qu'il y avait un décalage constant d'environ 6nm.

Une fois la mesure faite on montre donc que l'on est capable de remonter à une valeur théorique et on montre que le spectro commercial est fiable (ou non).

Transition : On vient d'utiliser un spectro commercial pour étudier la lampe à vapeur d'hydrogène. Mais on va maintenant s'intéresser au sodium qui possède un doublet, que l'on va tenter de séparer. Toutefois on va commencer par essayer de déterminer la longueur d'onde moyenne avec un goniomètre et un réseau.

2 Réseau optique : détermination de la longueur d'onde moyenne du doublet du sodium

Le goniomètre est composé d'un collimateur accolé à la source. On souhaite réaliser une image de la source à l'infini car nous sommes dans la diffraction de Fraunhofer : On veut attaquer

le réseau avec des rayons parallèles. Et on regarde les rayons qui passent à travers le réseau à l'infini grâce à une lentille afocale. Le réticule de la lunette est placé au plan image de l'objectif, et au plan focal image de l'oculaire (pour un oeil emmétrope, car *punctum remotum* à l'infini), réglé à la vue de l'expérimentateur.

La mesure du minimum de déviation nous donne accès au pas de réseau lorsqu'on connaît la longueur d'onde (étalonnage avec le mercure) et à la longueur d'onde lorsqu'on a fait l'étalonnage (sodium). Il nous permet **surtout** de s'affranchir du fait d'être en incidence normale (c'est pas évident expérimentalement, il y a un protocole... cf commentaire jury).

Transition : Cependant, nous avons une limite de résolution importante. C'est pourquoi pour résoudre le doublet du sodium nous devons utiliser une autre méthode de spectrométrie : la spectrométrie par interférométrie. On utilise un spectromètre à division d'amplitude pour ne pas avoir de problème de cohérence spatiale.

3 Interféromètre de Michelson : mesure de l'écart en longueur d'onde du doublet du sodium

On a déjà réglé le Michelson en lame d'air (observation d'anneaux) avec une lame à vapeur de sodium.

En préparation : on a relevé différentes positions du vernier pour lesquelles il y avait des antioïncidences (par exemple 7-8). Et on les a rentrées sur Igor.

En direct : on se met à un endroit où on voit bien les anneaux (pour montrer qu'on a bien régler le Michelson) puis on dit ce qu'on a fait en préparation, on se place à la position sur le vernier où on avait repéré la dernière antioïncidence, et on continue à repérer une ou deux antioïncidences que l'on ajoute sur le Igor.

Exploitation : On utilise la formule dans le livre d'ALD, pour en déduire $\Delta\lambda$.

Conclusion :

On a présenté deux techniques de spectrométrie : La spectrométrie dispersive (utilisation de spectromètre) et la spectrométrie par interférométrie.

ON caractérise une source via l'étude de la lumière qu'elle émet, d'où l'importance de bien choisir des spectromètres en fonction des propriétés de la lumière. C'est important par exemple lors de l'étalonnage d'un spectromètre commercial, mais aussi pour des mesures en astro.

Il est également important d'avoir en tête que l'on doit adapter le choix du spectro en fonction de l'utilisation que l'on veut en faire : si on veut seulement voir un spectre sur une grande plage de longueurs d'ondes, un réseau ou un PVD suffit, tandis que si on a besoin de résoudre un doublet il faudra utiliser un spectro du genre Michelson.

Enfin, ce montage nous permet également de vérifier la justesse et la précision des spectro étudiés.

4 Idées de manipulations :

4.1 PVD

Objectif : Montrer la décomposition spectrale de la lumière blanche et d'une lampe à vapeur de Mercure.

Matériel
Lampe QI (+alim +2 fils)
Lampe à vapeur de Mercure
Filtre AntiCalorique
Fente
Lentille de focale $f'=200\text{mm}$
Grand ��cran
Prisme �� Vision Directe
1 support élévateur
5 pieds croissant

En préparation :

- ✓ On aligne tous les éléments selon le schéma suivant **Mettre la photo du schéma optique**
- ✓ On ferme assez la fente pour avoir une bonne résolution, c'est elle qui contrôle la résolution.
- ✓ On fait l'image de la fente avec la lentille sur l'écran.
- ✓ On ajoute le PVD, **ATTENTION : le prisme à un sens il faut mettre le coté protégé avec un verre du coté de la source**
- ✓ Avec la lumière blanche, on observe la décomposition de cette lumière blanche.
- ✓ Avec la lampe à vapeur de Mercure, on met en évidence l'existence de spectres de raies, dus aux transitions énergétiques des atomes.

En direct :

- ✓ On allume la lampe blanche et on observe la décomposition de la lumière blanche comme l'avait fait Newton.
- ✓ On remplace la lampe blanche par la lampe à vapeur de Mercure, pour mettre en évidence l'existence de spectres de raies.

Théorie :

- ✓ Le prisme à vision directe est composé de trois prismes dont deux qui dévient peu les rayons lumineux et l'un qui les dévie beaucoup.
- ✓ Le prisme est conçu tel qu'il ne dévie pas le doublet du sodium
- ✓ Le verre dévie les rayons lumineux, car d'après la loi de Cauchy, l'indice du verre dépend de la longueur d'onde selon : $n(\lambda) = A + \frac{B}{\lambda^2}$
- ✓ Les raies des lampes à vapeur sont dues à des transitions atomiques entre niveaux d'énergie.

4.2 Spectromètre commercial : constante de Rydberg

Objectif : Mesurer la constante de Rydberg à partir d'un spectromètre commercial.
En déduire aussi les caractéristiques du spectromètre.

Matériel
Lampe à hydrogène LEYBOLD PH.01
Malette spectro Avantes (contient : une fibre optique, un support de fibre optique, un boîtier Ph.03 (AvaSpec2048))
1 pied croissant
logiciel AvaSoft 7.5 for USB1 (cf dessus du boîtier)

En préparation :

- ✓ On choisit un temps d'intégration et un moyennage
- ✓ On fait le noir en ne mettant pas de lumière devant la fibre optique.
- ✓ On fait l'étalonnage du spectro avec la lampe à vapeur de mercure
- ✓ Puis on ajoute la lampe à hydrogène, on voit différents pics. **ATTENTION :** Il faut savoir quelles sont les longueurs d'onde que l'on cherche environ, parce qu'il y a pleins de pics, dont ceux de O (car lampe au H₂O)

4.3 Goniomètre : mesure de la longueur d'onde moyenne du doublet du sodium

Objectif : Utiliser un réseau et un goniomètre pour mesurer la longueur d'onde moyenne du doublet du sodium.

Matériel
Goniomètre
Lampe à vapeur de Mercure
Lampe à vapeur de Sodium
Réseaux de 300 et 600 traits par mm
D��poli
Support ��l��vateur
Miroir plan
1 pied croissant

4.4 Interféromètre de Michelson :   cart en longueur d'onde du doublet du Sodium

Objectif : Mesurer l'écart en longueur d'onde du doublet du sodium avec un interféromètre de Michelson.

Matériel
1 laser (rouge)
Lampe à vapeur de Sodium
1 objectif de microscope
(diaphragme)
Condenseur
Interféromètre de Michelson
Grand ��cran
Lentille de focale $f'=1\text{m}$ ou 50cm (en fonction de la place pour projeter)
4 pieds croissant

5 Remarques et questions

Remarques :

Questions :

Tableau de l'année

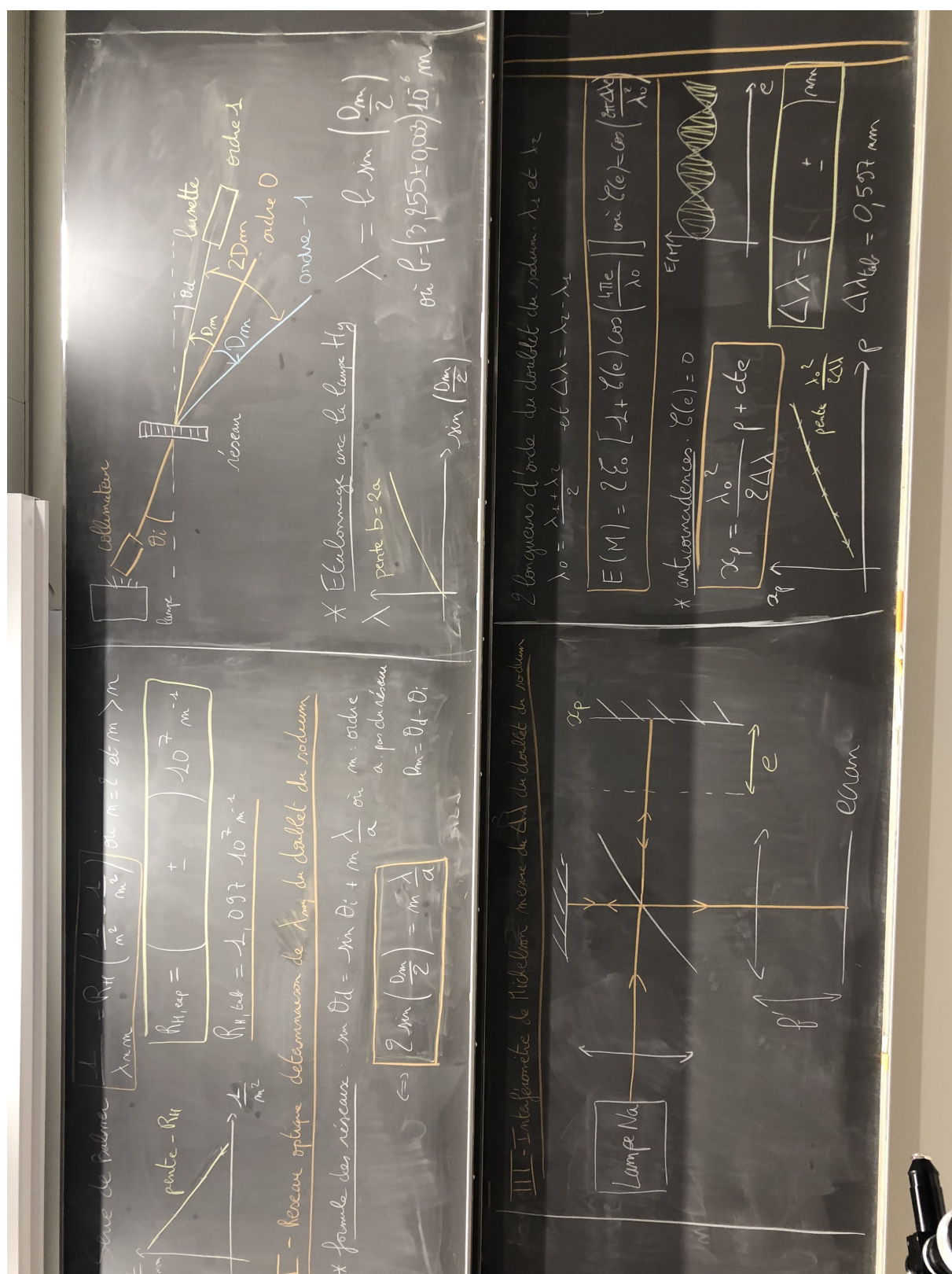
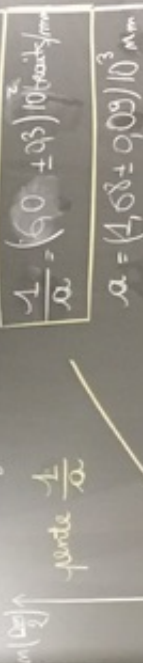


FIGURE 1 – Tableau de Fabien

+ étalonnage avec une lampe au mercure.



$$\frac{1}{a} = (60 \pm 03) 10^3 \text{ nm}^{-1} \text{ m}^{-1}$$

$$a = (1,68 \pm 0,03) 10^3 \text{ m}^{-1}$$

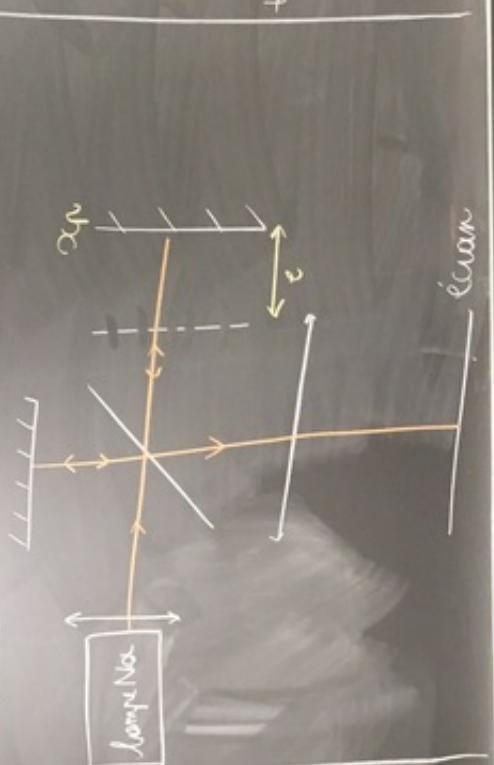
+ mesure de λ_0

$$2D_m = (41,7 \pm 0,1)^\circ$$

$$\lambda_{0, Na} = (681 \pm 03) \cdot 10^2 \text{ nm}$$

$$\Delta \lambda_0 = \lambda_0 \times \left(\frac{\Delta a}{a} \right)$$

III) Interféromètre de Michelson mesure de l'écart en longueur d'onde du doublet du sodium dispositif.



$\lambda_0 = \frac{c}{\nu}$ et $\Delta \lambda = \lambda_2 - \lambda_1$

L'éclairement total vaut:

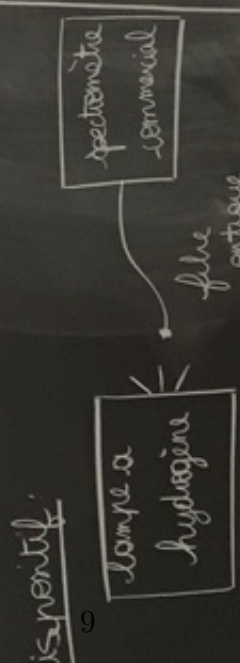
$$E = 2E_0 \left[1 + C(e) \cos\left(\frac{2\pi e}{\lambda_0}\right) \right]$$



antinœuds $C(e) = 0 \Rightarrow \lambda_0 = \frac{c}{\nu}$

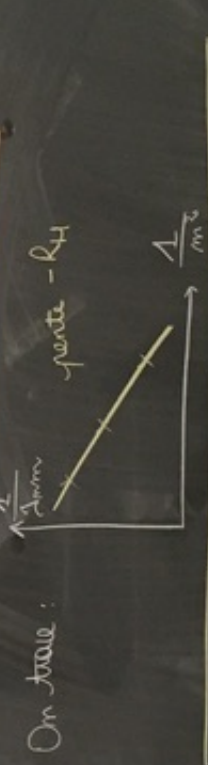
MP10: Spectrométrie optique.

-) Détermination de la constante de Rydberg.



On étudie la série de Balmer avec $m=2$ et $m>m$:

$$\frac{1}{\lambda_{mm}} = R_H \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{m'^2} \right)$$



$$R_{H, \text{exp}} = (1,10 \pm 0,02) 10^7 \text{ m}^{-1}$$

$$R_H \text{ tab} = 1,097 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$$

II) Réseau optique, détermination d'onde moyenne du doublet du

* formule des réseaux: $\sin \theta_i = n \sin \theta_r$ où n est l'indice de réfraction

La déviation vaut $D = \theta - \theta_0$
Au minimum de déviation D_m

$$\Rightarrow 2 \sin\left(\frac{D_m}{2}\right) = n \frac{\lambda}{a}$$

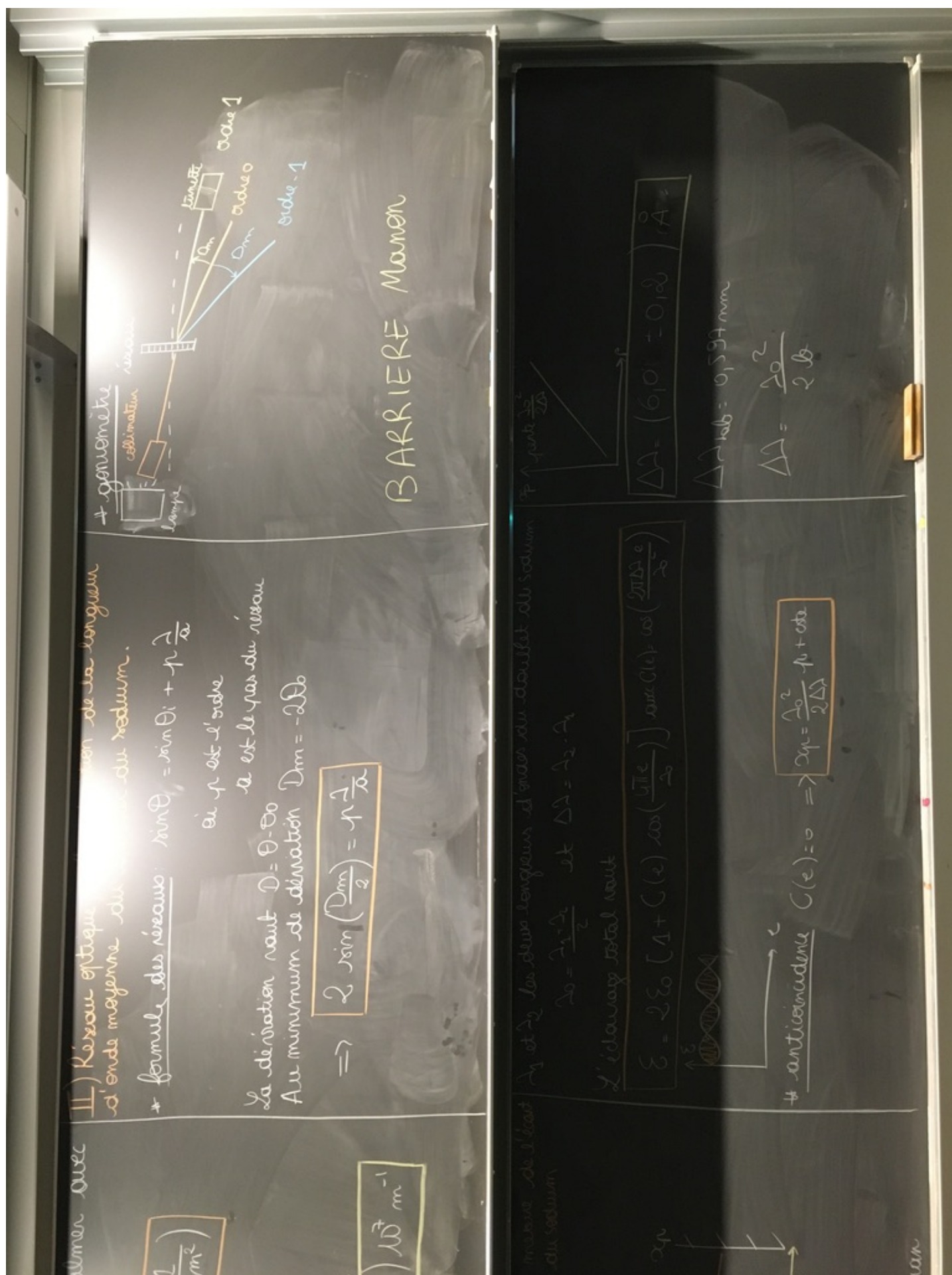


FIGURE 4 – Tableau de Manon