

MP 12 Emission et absorption dans le domaine optique

Bin. 2: Olivier Chamebat & Agnès de Montaigne

Bibliographie

- [1] Sextant, Optique expérimentale
- [2] Duffaut, Expériences d'optique
- [3] Cohu, Sources lumineuses, éd Masson
- [4] JFLM, Chimie expérimentale t4
- [5] Quarenta, Dictionnaire II (thermodynamique)

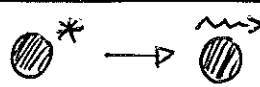
Rapports, corrections

- connaître les ordres de grandeur des raies, et leurs origine
- bien distinguer l'émission spontanée et l'émission induite
- "L'utilisation des récents spectromètres à fibre optique interfères nécessite la connaissance de son mode de fonctionnement."

Points théoriques à connaître au cas a)

- Le corps noir [5] p394
- Les coefficients d'Einstein [R Taulet, Optique physique, éd de Boeck] p232
- Fonctionnement du laser
- Tout ce qui concerne les transitions électroniques.

I. Émission spontanée

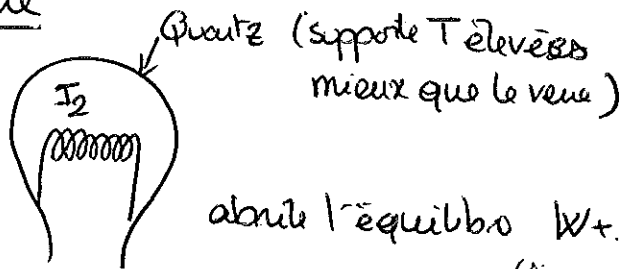


≠ moyens d'avoir un atome excité au départ
→ ≠ caractéristiques de la lumière.

1. Excitation thermique

Lampe Quartz - Iode:

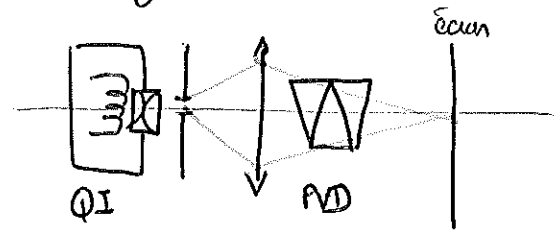
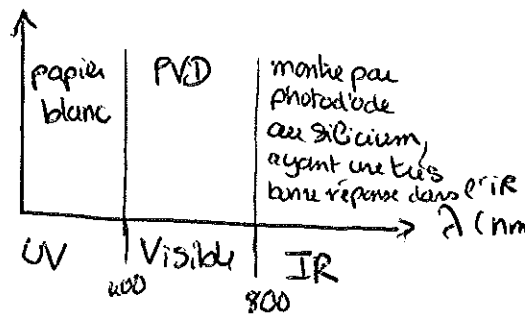
Filament en tungstène (W)



[1] p 11

* Rayonnement:

[1] p 225 (v. 1.5)



(le papier contient des "azurants optiques" absorbent le proche UV et réémettent dans le visible → phén. d'absorption + émission).

* Son rayonnement est ≈ celui du corps noir.

Loi de Wien:

$$\lambda_{\text{max}} T = 2898 \mu\text{m} \cdot \text{K}$$

[5] p 375

On mesure au pyromètre

$$T = \pm \text{ } ^\circ\text{C}$$

(1560 °C précision)

Ppe du pyromètre [5] p 372

: compare les luminances d'un filament (étalon) avec l'objet visé, pour $T \geq 900^\circ\text{C}$

On utilise celui de marque Raytek, très perfectionné, car le Chauvin Arnoux semble ne plus fonctionner) → précis à $\pm 1^\circ\text{C}$

Wien ⇒

$$\lambda_m = \pm \text{ } \text{nm}$$

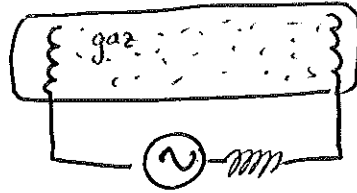
(1705 nm = IR)

le maximum d'émission est dans le domaine de l'IR.

→ ici lumière et rayonnement thermique sont liés (vive le Soleil)

2. Excitation par décharge électrique

Lampe spectrale



décharge aux électrodes
→ flux d'électrons
collisions avec le gaz
⇒ excitation

La désexcitation des atomes de gaz

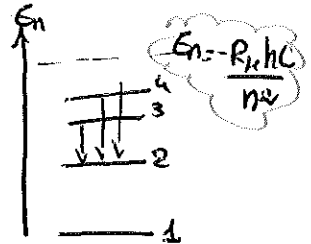
(Hg-Cd ou Na ou D_2 etc.) se fait par des transitions entre des états électroniques ⇒ quantification de l'énergie

Spéctre de raie (non plus continu comme J.1)

* Quantification du rayonnement

Les niveaux de H → émission dans le visible

correspondent à $n \geq 3 \rightarrow n=2$: série de Balmer



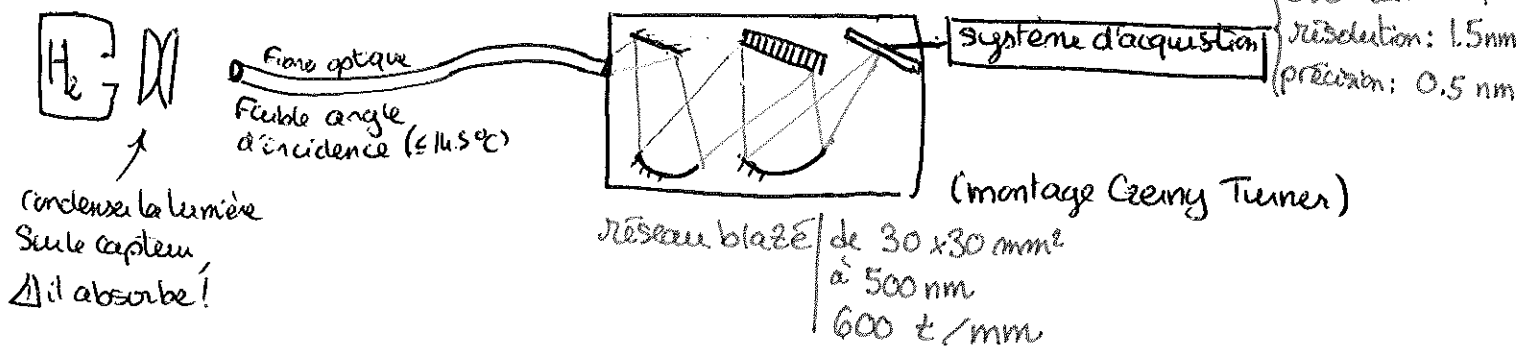
[2]. p134 (V.43)

On se propose de vérifier la valeur de

la constante de Rydberg grâce à $\frac{1}{\lambda_{m \rightarrow n}} = R_H \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$
 $n=2$

Spéctre de l'Hydrogène (lampe à H)

avec le Spectroscopie SPUD HR, Ulice



→ ne pas se fier aux % des radiations car le condenseur absorbe l'IR, la réponse du capteur est limitée au visible et sa réponse n'est pas plate

On trouve

$\lambda_{3 \rightarrow 2} =$	$\pm 1.5 \text{ nm}$
(attendu: 656.3 nm, rouge)	
$\lambda_{4 \rightarrow 2} =$	$\pm 1.5 \text{ nm}$
(attendu: 486.1 nm, bleu)	
$\lambda_{5 \rightarrow 2} =$	$\pm 1.5 \text{ nm}$
(attendu: 434.1 nm, indigo)	

Regression linéaire $\frac{1}{\lambda} = f\left(\frac{1}{m^2}\right)$

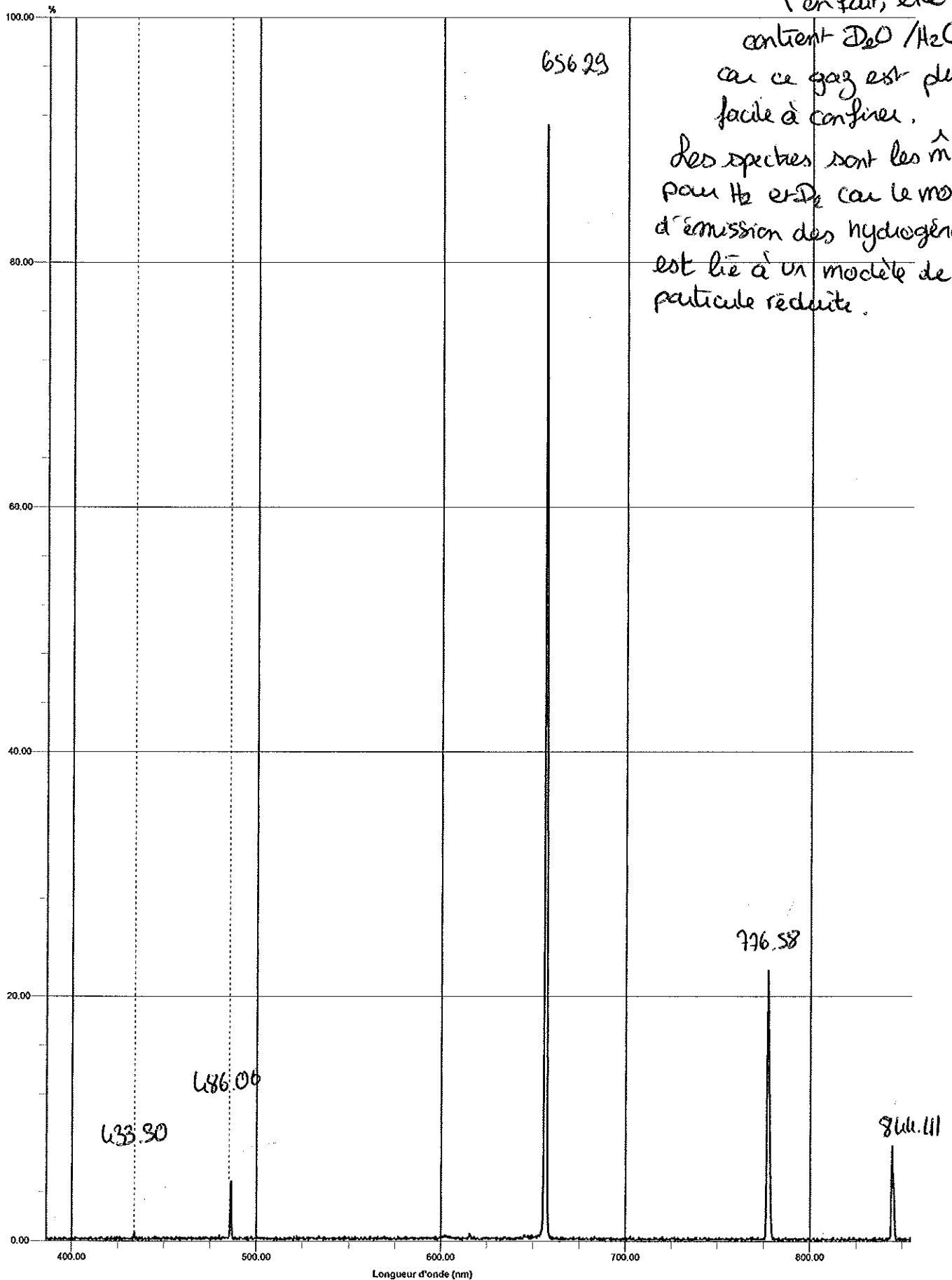
→ Pente: $R_H =$ $\pm$ cm^{-1}

attendu: $R_H = 109677 \text{ cm}^{-1}$ $\downarrow$ 70% 3

MP12

I. 2 lampe H $\rightarrow$ en fait, elle
contient D_2O / H_2O
car ce gaz est plus
facile à confiner.

Les spectres sont les m[^]
pour H_2 et D_2 car le modèle
d'émission des hydrogénoides
est lié à un modèle de
particule réduite.



X1: 403.31

X2: 394.44

Rappel: $R_H = \frac{R_{\infty}}{1 + \frac{m_e}{m_H}}$ donc on peut trouver pour la constante de Rydberg
 109677 cm^{-1} ou 109737 nm^{-1}

selon qu'on la calcule avec la masse réduite ou pas,

(4)

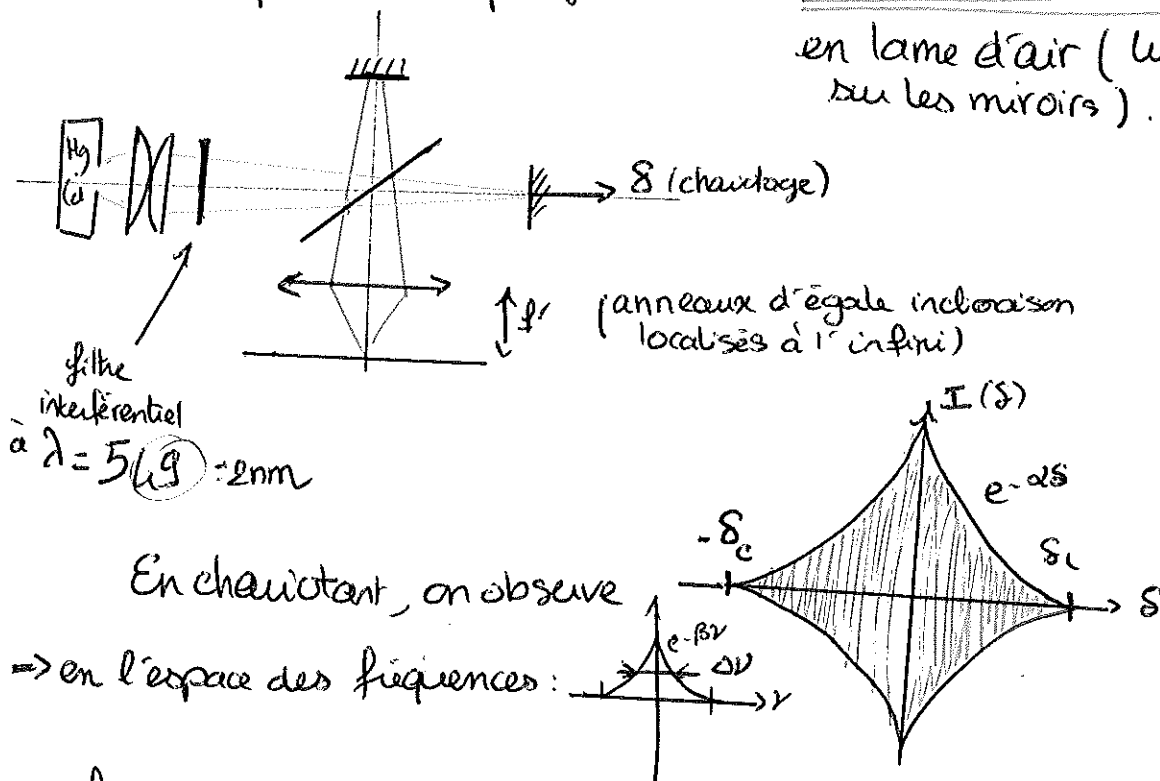
* Coherence temporelle réduite

L'étude d'interférences à 2 ondes par division d'amplitude permet de connaître le profil spectral d'une source lumineuse :

Le facteur de visibilité correspond à la TF de ce profil spectral.

Raie verte du Mercure (lampe Hg-Cd) : $\lambda = 546.1 \text{ nm}$
est-elle $\Delta\lambda$ fine ?

→ On récupère son profil avec l'interféromètre de Michelson
en lame d'air (lumière CV sur les miroirs).



En changeant, on observe

→ en l'espace des fréquences :

Longueur de cohérence : $2\delta_c = \pm \text{ mm}$

[1] p 240 (D 2.18) et $\frac{\Delta\lambda}{\lambda^2} = \frac{1}{L_{\text{coh}}} \Rightarrow \Delta\lambda = \frac{(546.1 \cdot 10^{-9})^2}{\pm \text{ mm}} = \pm \text{ nm}$
 $\Delta\lambda \sim 0.2 \text{ nm}$

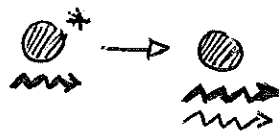
Δ • l'égalité $\tau \Delta\nu = \frac{\delta}{c} \times \frac{c}{\Delta\lambda} = \frac{\delta}{\Delta\lambda} = 1$ n'est calculée que pour un profil rectangulaire. $\Delta\lambda$ ne correspond qu'à un ordre de grandeur.

• Lampe BP : profil Gaussien } car élargissement par choc
Lampe HP : profil Lorentzien } et $L_{\text{coh}}(\text{HP}) < L_{\text{coh}}(\text{BP})$.

On n'a pas de lampe BP pour montrer cette différence.

• la manip a planté (le moteur pas à pas se bloquant, pas de pointe à la tablete $\text{sin}(\dots)$) (5)

II. Émission induite



Exemple typique: le LASER

Différence avec une source lumineuse spectrale :

le gaz (He + Ne) est excité, une raie à $\lambda = 632.8 \text{ nm}$ est sélectionnée et renforcée par émission induite

-> Prendre le LASER transparent (on voit sa cavité)

(On voit sa cavité qui émet une lumière rose)

Caractéristiques { la directivité du faisceau (poches de cône)
sa grande cohérence temporelle

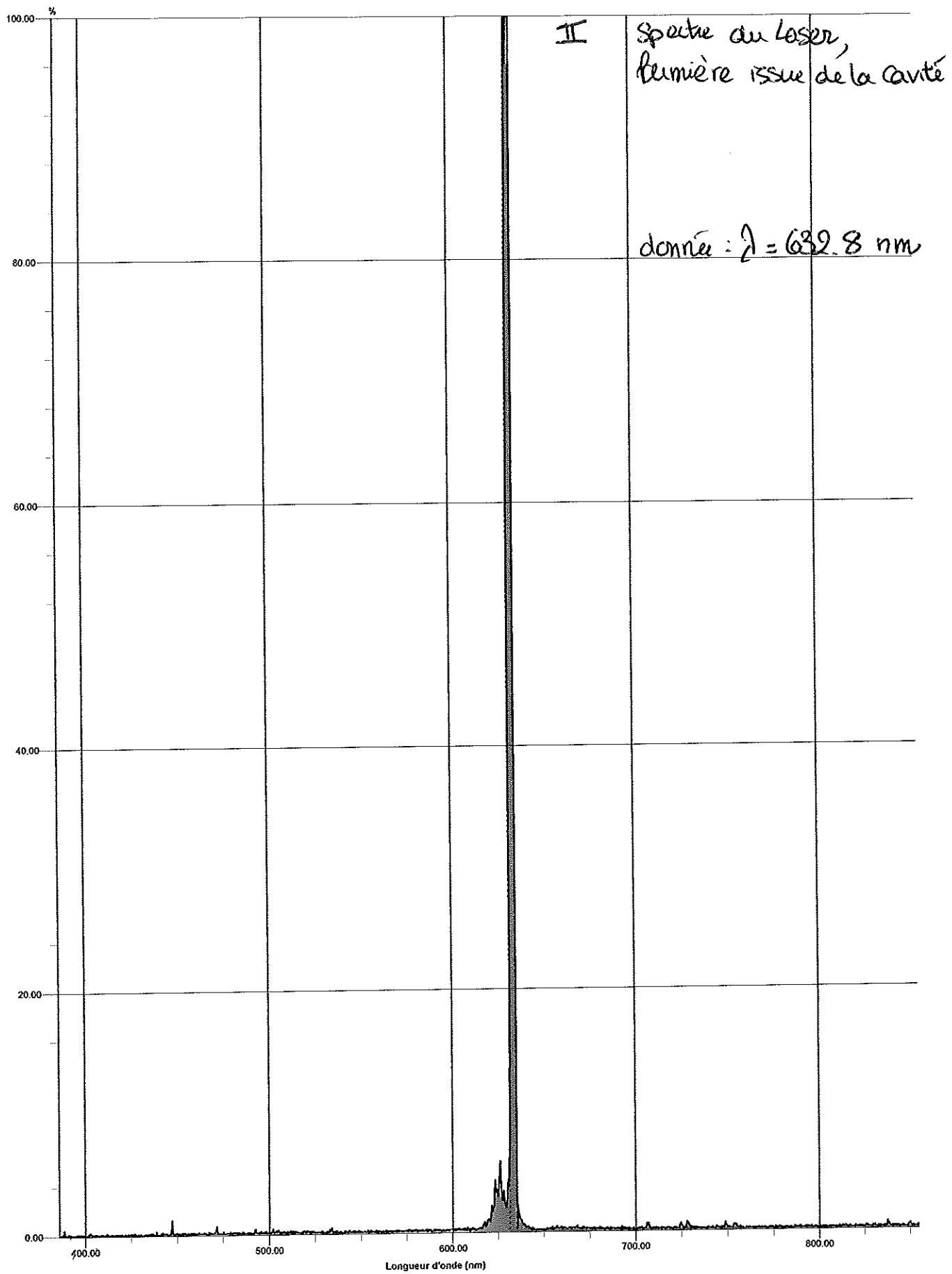
Avec Ulice, on va mesurer les spectres -

- dans la direction du faisceau LASER
- de la lumière émise par la cavité

→ la raie $\lambda = 632.8 \text{ nm}$ n'est pas la plus importante sur le spectre transversal.

→ les # raies correspondent à celles d'une lampe spectrale He-Ne

MP12

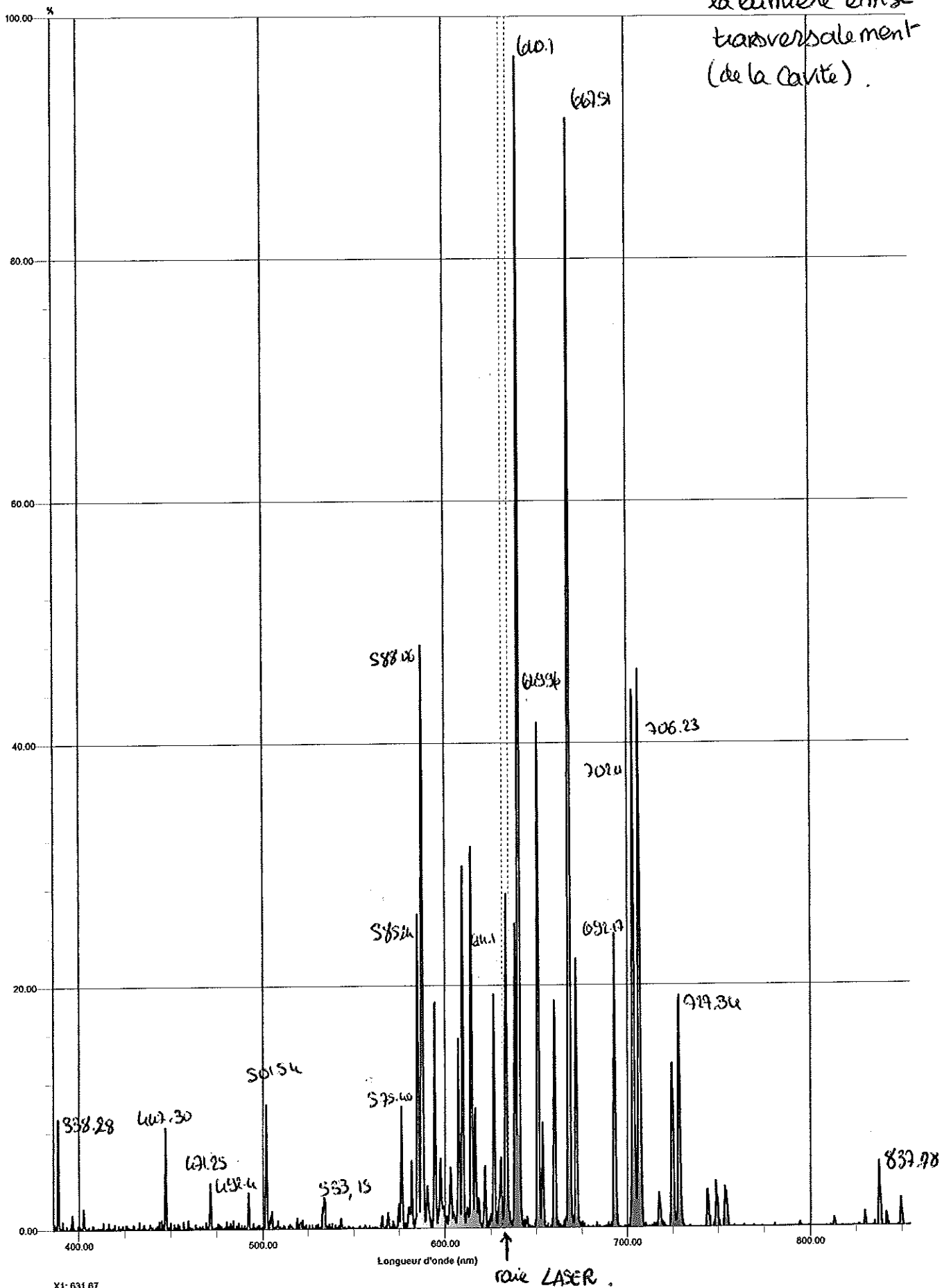


X1: 631.67

X2: 635.19

MP 12

II Laser: Spectre de la lumière émise transversalement (de la cavité).

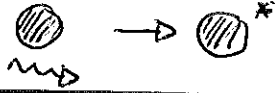


X1: 631.67

X2: 635.19

Donc on a vu comment on pouvait créer $\neq$ sources lumineuses en faisant émettre un milieu excité. Cependant la lumière interagit encore avec la matière.

III. Absorption



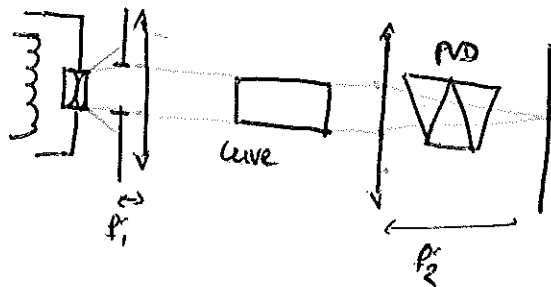
1. Substances absorbantes (dans le visible, donc souvent colorées!)

On rencontre souvent des solides / liquides / gaz qui absorbent certaines λ . longueurs d'onde ($\rightarrow$ l'atmosphère par ex.)

i.e. la lumière excite les e^- ; le rayonnement correspondant à $\nu = \frac{\Delta E}{h}$ n'est plus présent.

$\rightarrow$ filtres colorés (Δ non interférentiels)

Mise en évidence de l'absorption de lumière visible par une solution:



Dans la cuve :

- eau $\rightarrow$ spectre complet
- I_2 $\rightarrow$ manque les λ ≤ 500 nm (couleur complémentaire)
- bcp I_2 $\rightarrow$ voit plus rien sauf le rouge!

2. Loi de Beer-Lambert

On dispose d'une relation pour quantifier la lumière transmise et la quantité de matière absorbante :

$$A = \ln \frac{I_{\text{incidente}}}{I_{\text{trans}}}$$

$\downarrow$ dim pour l'usage
coefficient d'absorption molaire.

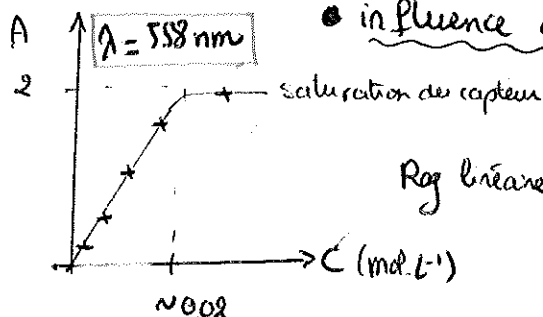
Al Ulice

Inspiré [4] p.127

• $A = f(\lambda)$: spectre d'absorption

• influence de l : tourner la cuve

• influence de C : tracer $A = f(C)$ pour $\neq C$, ajout d'un p'tendirect.



• moyen de mesure: $C = ?$ det. grâce à la droite

Rég linéaire

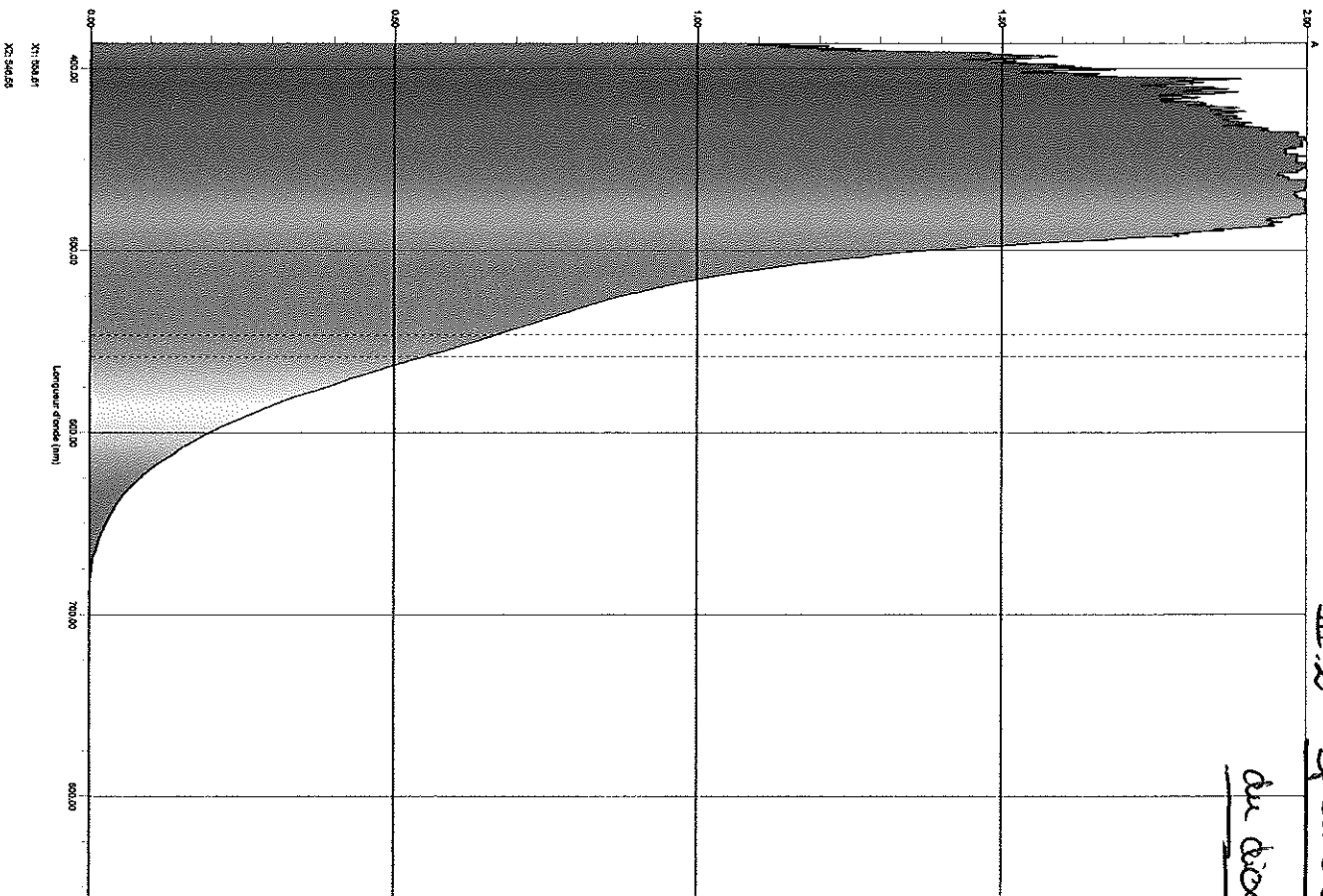
$$\text{Pente} = \epsilon(\lambda) \times l = \quad \pm \quad \text{L} \cdot \text{mol}^{-1}$$

$$\Rightarrow \epsilon(\lambda) = \quad \pm \quad \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$$

on attend $\epsilon(558 \text{ nm}) = 105 \text{ mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{L}$

HP 12

III.2. Spectre d'absorption
du diode.

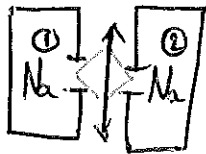


IV Émission + Absorption

[2] p132 (IV.4.2)

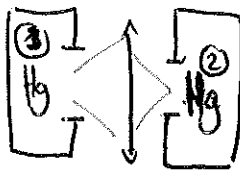
Et lorsque l'on a une substance qui absorbe et émet en même temps ?

Résonance optique :



On éteint après quelques min la lampe ②.
Elle apparaît blanchâtre.

Éclairage de lum blanche : elle apparaît transparente.



→ m manip, on n observe rien !

Interprétation :

- la lampe ② est encore lumineuse car elle réémet de façon isotrope la lumière reçue de ① (état fondamental $\Rightarrow$ état excité)
- Pour Hg, les raies correspondent à des transitions entre 2 niveaux excités et ils ne sont pas assez peuplés

→ voir [2] p 13

Conclusion

La connaissance des phénomènes d'émission permet de fabriquer des sources de lumières avec $\neq$ propriétés.

Le phénomène d'absorption, lui, permet d'explorer les propriétés de la matière.

Tout ça c'est de la mécanique quantique !