

# Récap

## Séance de Révision de Physique n° 1

### Pr. LEGRAND 2016/2017

## Mécanique Newtonienne

Diapo :

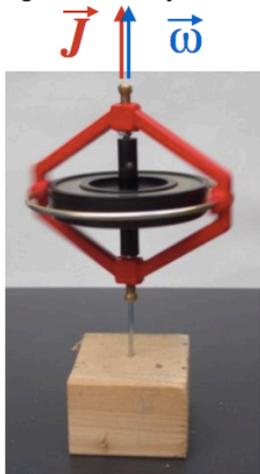
### 1. Notion de moment cinétique/angularaire

**2.3 Le moment angulaire ou moment cinétique** d'une distribution de masses ponctuelles  $m_i$  est défini par:

$$\vec{J} = \sum_i m_i \vec{r}_i \wedge \vec{v}_i$$

### 2.4 Moment d'inertie

Lorsqu'un objet tourne autour d'un axe de symétrie,  $\vec{J} = I \vec{\omega}$  où  $\vec{\omega}$  est la vitesse angulaire de l'objet et  $I$  est appelé **moment d'inertie** par rapport à l'axe de rotation.



$$J = \sum_i \Delta m_i \|\vec{r}_i \wedge \vec{v}_i\|$$

$$\vec{J} = \sum_i \Delta m_i r_i^2 \vec{\omega} \rightarrow I_{\text{disque}} = \sum_i \Delta m_i r_i^2 = \frac{1}{2} m r^2$$

Cylindre :  $I_{\text{cylindre}} = \frac{1}{2} m r^2$

Sphère :  $I_{\text{sphère}} = \frac{2}{5} m r^2$

etc...

$$\vec{J} = I \vec{\omega}$$

<https://youtu.be/r2Z6dbyDadU>

### Explications du prof :

Le moment angulaire  $\vec{J}$  est un **vecteur** qui permet de comprendre par rapport un solide en rotation 2 choses :

- Comment il tourne → **vitesse angulaire de rotation** = norme du vecteur  $\vec{\omega}$  associée au moment d'inertie  $I$
- Quelle est la direction de l'axe de rotation → le **vecteur moment cinétique est parallèle à l'axe de rotation**.

Pour un objet qui tourne autour de son axe de rotation, le moment cinétique  $\vec{J}$  est le **produit de son moment d'inertie** par rapport à cet axe **et** du vecteur **de la vitesse angulaire** de rotation (vecteur  $\vec{\omega}$  donne la **vitesse angulaire** de rotation (norme du vecteur : « nombre d'angle parcouru par unité de temps) **et l'axe** de rotation (direction de oméga) :  $\vec{J} = I \vec{\omega}$

Photo du gyroscope (équivalent à une toupie) :

La partie massive noire, c'est une sorte de disque un peu épais qui tourne autour de l'axe vertical. Cette partie noire va avoir un moment angulaire  $\vec{J}$  parallèle à l'axe vertical et à  $\vec{\omega}$  ( $\vec{\omega}$  caractérisé par une certaine **norme, direction et sens**)

A.N : Si  $\vec{\omega}$  et  $\vec{J}$  dirigés vers le haut → le solide tourne dans le sens direct (sens inverse des aiguilles d'une montre en vue supérieure).

### 2 phénomènes de rotation :

- **Disque noir autour de l'axe du gyroscope** : tourne très vite ( $\approx$  plusieurs 100aines de tours/min)
- Axe du gyroscope autour de l'axe vertical = **Précession** (1-2 tours/s).

Au fur et à mesure du mouvement à cause des frottements :

- **La vitesse de rotation du disque noir diminue**
- L'angle, l'**inclinaison** de la précession **augmente**. La rotation de l'axe principale du disque noir autour de la verticale se fait de plus en plus rapidement. → **Précession augmente**
- A la fin le gyroscope touche le bureau

N'hésitez pas à aller voir la petite vidéo, ça permet de mieux comprendre ©

## Diapo :

### 2.7 Mouvement de **précession**

Lorsqu'une toupie, possédant un moment angulaire  $\vec{S} = I \vec{\omega}$  est inclinée par rapport à la verticale, elle subit un moment de force:  $\vec{\Gamma}_{tot} = \vec{r}_G \wedge m\vec{g}$  donc  $\frac{d\vec{S}}{dt} = \vec{r}_G \wedge m\vec{g}$

avec  $\vec{r}_G = \frac{\vec{S}}{I\omega} l$  ( $\|\vec{r}_G\| = l$ )

D'où  $\frac{d\vec{S}}{dt} = \vec{\Omega} \wedge \vec{S}$  avec  $\vec{\Omega} = -\frac{mgl}{I\omega}$

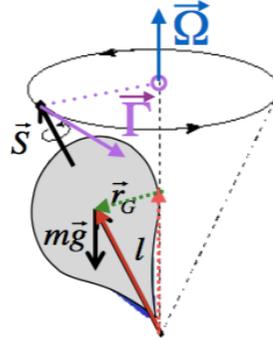
Donc le vecteur  $\vec{S}$  (donc l'axe de la toupie) tourne autour de son point d'appui avec une vitesse angulaire:  $\Omega = \frac{mgl}{I\omega}$

Ce mouvement est appelé **précession**.

On le trouve également dans le contexte de la RMN ou de l'astronomie...

Rem : il faut supposer  $\Omega \ll \omega$

<https://youtu.be/r2Z6dbyDadU>



### Explications du prof :

- A.N : 1. La description de la précession qu'on fait ici ne fonctionne que si **on suppose que la toupie tourne suffisamment rapidement sur elle même** : la rotation de la toupie autour de son axe est beaucoup plus rapide que la précession.  
2.  $\|\vec{r}_G\| = l$

Ici, on note le **moment cinétique de la toupie**  $\vec{S}$  (c'est exactement la même chose que  $\vec{J}$  mais on change juste de lettre parce-que c'est plus rigolo ☺)

Le vecteur  $\vec{r}_G$  relie le point fixe tout en bas au centre d'inertie de l'objet (vecteur rouge plein).

On néglige les frottements, la seule force qui s'exerce c'est le poids  $m\vec{g}$ .

On peut décomposer le vecteur  $\vec{r}_G$  en une somme de deux vecteurs perpendiculaires l'un à l'autre : **le vertical** et **l'horizontal**.

Rmq :  $m\vec{g}$  est vertical donc :

$$\begin{aligned} & (\text{vecteur vertical} + \text{vecteur horizontal}) \wedge m\vec{g} \\ &= \text{vecteur vertical} \wedge m\vec{g} + \text{vecteur horizontal} \wedge m\vec{g} \\ &= 0 + \text{vecteur horizontal} \wedge m\vec{g} = \text{vecteur horizontal} \wedge m\vec{g} \end{aligned}$$

Qu'on prenne le **vecteur rouge** en trait plein ou **le vert**, on a le **même résultat** : perpendiculaire au **vecteur horizontal** et perpendiculaire au **poids vertical** (déf. du produit vectoriel : le produit vectoriel de deux vecteurs est un troisième vecteur perpendiculaire au plan formé par les deux premiers).

Le résultant est donc le vecteur  $\vec{\Gamma}$  tangent au cercle qui décrit les variations de position de l'extrémité de  $\vec{S}$  pendant la précession.

Même si  $\vec{S}$  est modifié au cours du temps  $\vec{\Gamma}$  **reste tangentiel**.

Le vecteur  $\vec{\Omega}$  est vertical.

Lors de la précession,  $\vec{S}$  **tourne autour de**  $\vec{\Omega}$  et  $\|\vec{\Omega}\|$  = vitesse de rotation de  $\vec{S}$  autour de l'axe vertical. Comme  $\vec{\Omega}$  est dirigé vers le haut, la rotation se fait dans le sens direct = sens anti-horaire.

**/!/Important!/!** : D'après la formule  $\Omega = \frac{mgl}{I\omega}$ ,  $\Omega$  est :

- **Inversement proportionnel à l**
- **Inversement proportionnel à  $\omega$**  => si la toupie tourne de plus en plus lentement (à cause des frottements par exemple),  $\omega \searrow \Rightarrow \Omega \nearrow$

C'est ce qu'on a vu dans la vidéo ! Quand la **rotation du disque noir ralenti, la précession augmente**.

**Les astres subissent également la précession**. Dès qu'un couple de force s'exerce sur un objet qui tourne, il y a précession.

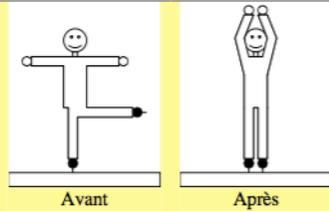
Ex : interaction Terre/Lune, Terre/soleil. La terre a un axe de précession.

**2.6 Exemple du patineur**

(D'après Marc Séguin, Physique XXI Volume A)

**Situation 1 : La physique du patinage artistique.**

Un patineur tourne sur lui-même avec une de ses jambes et ses bras perpendiculaire à son corps (schéma ci-contre) : sa vitesse angulaire vaut 8 rad/s et son moment d'inertie vaut 3,6 kg · m<sup>2</sup>. En ramenant sa jambe à la verticale et en levant ses bras au-dessus de sa tête (schéma ci-contre), il diminue son moment d'inertie à 1,6 kg · m<sup>2</sup> et sa vitesse angulaire augmente pour atteindre 18 rad/s. On désire analyser cette manœuvre à l'aide du principe de conservation du moment cinétique et du principe de conservation de l'énergie.



Évaluons le moment cinétique du patineur avant (i) et après (f) :

$$L_{z,i} = I \omega_{z,i} \Rightarrow L_{z,i} = I_i \omega_{z,i} = (3,6)(8) \Rightarrow L_{z,i} = 28,8 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$$

$$L_{z,f} = I_f \omega_{z,f} = (1,6)(18) \Rightarrow L_{z,f} = 28,8 \text{ kg} \cdot \text{m}^2/\text{s}$$

Cette situation est **physiquement acceptable**, car il y a conservation du moment cinétique en l'absence de moment de force extérieur :

$$L_{z,i} = L_{z,f}$$

Évaluons l'énergie cinétique du patineur avant (i) et après (f) :

$$K = \frac{1}{2} I \omega^2 \Rightarrow K_i = \frac{1}{2} I_i \omega_i^2 = \frac{1}{2} (3,6)(8)^2 \Rightarrow K_i = 115 \text{ J}$$

$$K_f = \frac{1}{2} I_f \omega_f^2 = \frac{1}{2} (1,6)(18)^2 \Rightarrow K_f = 259 \text{ J}$$

Dans cette situation, il n'y a pas conservation de l'énergie cinétique :

$$K_i \neq K_f$$

Évaluons à l'aide du principe de conservation de l'énergie le travail  $W_{nc}$  effectué sur le patineur entre la situation avant et après : ( $E = K$ )

$$E_f = E_i + W_{nc} \Rightarrow (259) = (115) + W_{nc} \quad (\text{Remplacer valeurs num.})$$

$$\Rightarrow W_{nc} = 144 \text{ J} \quad (\text{Évaluer } W_{nc})$$

Explications du prof :

Dans le cas du patineur, on **néglige les forces de frottement** entre les patins et la glace et les forces de frottement entre le patineur et l'air. Si on les néglige on peut admettre qu'il n'y a **pas de couple exercé sur le système**. → Le **moment cinétique doit être conservé**.

$$\vec{L} = I \vec{\omega}$$

Donc puisque  $\vec{L}$  est constant, si l change,  $\vec{\omega}$  change aussi.

*Rmq : on change encore de lettre pour parler du moment cinétique, je sais que ça peut parfois être déstabilisant mais faut pas que ça vous désoriente complètement. On prend la lettre que donne le prof, les formules sont les mêmes et hop on fait les calculs avec, dites-vous que ça ne change absolument rien 😊*

Cependant, il existe quand même des **forces internes** au corps du patineur. Ces forces **vont travailler** (pour lever le bras, baisser la jambe...), donc faire varier l'énergie du système.

→ Le **moment cinétique n'a pas changé** mais **l'énergie a changé**.

On peut caractériser l'énergie d'un corps qui tourne autour de son axe et qui a un moment d'inertie l par la formule  $K = \frac{1}{2} I \omega^2$

Vous voyez avec les calculs avant/après le mouvement, que l'énergie cinétique de rotation a augmenté (115->259J) donc des forces ont travaillé.

$$W = E_f - E_i = 144 \text{ J}$$

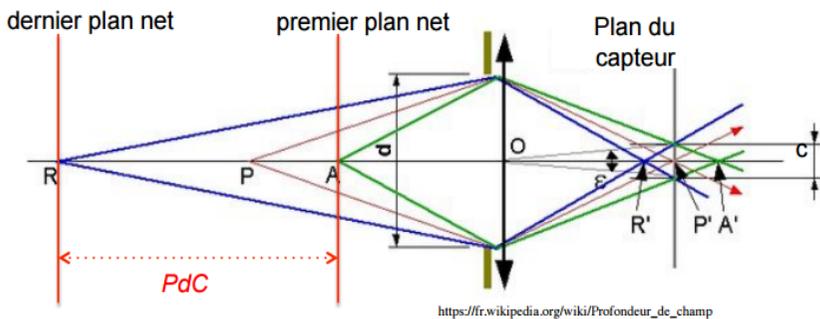
*La prof à rajouter la partie basse de la diapo par rapport au cours pour que vous puissiez mieux comprendre.*

# La distance hyperfocale :

## Diapo :

Beaucoup d'étudiants ne comprennent pas la partie du cours concernant notamment la profondeur de champs et la distance hyperfocale. Plus précisément, ils ne comprennent pas comment la distance de mise au point peut être inférieure à la distance hyperfocale.

La **profondeur de champ** est la distance entre le premier et le dernier plan de l'espace des objets qui apparaîtront nets sur le capteur.



[https://fr.wikipedia.org/wiki/Profondeur\\_de\\_champ](https://fr.wikipedia.org/wiki/Profondeur_de_champ)

Soit la **distance de mise au point**  $D = |OP|$ , ouverture  $d$ , **cercle de confusion**  $c$

On définit la **distance hyperfocale** :  $H = f d / c$ . On peut démontrer qu'il s'agit de la distance du premier plan net lorsque la mise au point est faite à l'infini.

Alors si  $D \geq H$ , la **PdC est infinie**, sinon : 
$$PdC = 2 \frac{H D^2}{H^2 - D^2}$$
  
A.N. Pour l'œil, si  $d=5\text{mm}$ ,  $f=25\text{mm}$ ,  $c=5\mu\text{m}$ , alors  $H=25\text{m}$ .

## Explications :

Vous avez un capteur placé à droite d'une lentille. C'est un système optique très simple.

Ce capteur est dans un plan positionné au point  $p'$ , conjugué du point  $p$  qui se trouve de l'autre côté. Donc si vous placez un objet au plan  $P$ , son image sera exactement au plan  $p'$ , soit exactement sur le capteur.

Maintenant imaginez que le capteur soit composé de cellules (comme l'œil avec les bâtonnets).

Si des éléments plus petits que le **cercle de confusion (=taille du capteur)** arrivent dessus, on ne les verra pas.

En effet le capteur reçoit une information sur son état d'illumination, mais pas sur des détails plus petits que lui.

Si je regarde le point conjugué de  $A$ , il sera plus loin que le capteur et celui de  $R$  plus près, mais les rayons vont passer exactement dans la limite du cercle de confusion.

→ Donc on peut se permettre de déplacer l'objet entre les plans  $A$  et  $R$  qui sont le premier et le dernier plan net.

**Entre  $A$  et  $R$  quelque soit la position de l'objet, le capteur recevra la même information. La distance  $RA$  est la profondeur de champ.**

On définit maintenant l'**ouverture** du système optique = la dimension du diaphragme  $d$ .

La **distance de mise au point** c'est la distance à laquelle je me place de l'objet pour avoir une image nette sur le plan du capteur ( $OP$ )

Maintenant on va démontrer que  $H=fd/c$ ,  $H$  étant la distance entre la lentille et le premier plan net lorsque la mise au point est faite à l'infini = **distance hyperfocale**.



# Interférences et diffraction :

Diapo :

## 1. Diffraction et interférences :

On envoie un faisceau laser ( $\lambda=0,6\mu\text{m}$ ) sur un cheveu d'une épaisseur de  $60\mu\text{m}$ . L'intensité lumineuse est mesurée sur un écran situé à 2m du cheveu. On observe :

- A) Une figure d'interférence avec des franges claires espacées de 2cm **FAUX**
- B) Une figure d'interférence avec des franges claires espacées de 4cm **FAUX**
- C) Une figure de diffraction présentant une tâche lumineuse centrale de 2cm **FAUX**
- D) Une figure de diffraction présentant une tâche lumineuse centrale de 4cm **VRAI**
- E) Les propositions A, B, C et D sont fausses

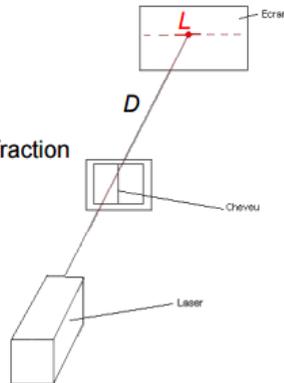
$$L = D \times 2\lambda / b = 2 \times 2 \times 0,6 / 60 = 0,04 \text{ m}$$

Exemples de manipulations physiques. (2)

La figure de diffraction par un fil d'épaisseur  $b$  est semblable à celle d'une fente de largeur  $b$ .

Une expérience classique consiste à observer la diffraction d'un champ laser par un cheveu.

Si l'écran est à une distance  $D$  du cheveu, et que la tache centrale a une largeur totale  $L$ , on en déduit que l'épaisseur  $b$  du cheveu est telle que  $L/D \sim \Delta\theta = 2\lambda/b$ .



## Résolution de ce qcm d'annale :

Premier aspect : diffraction simple sur une fente ou un fil.

Le prof a repris le qcm du concours de l'an dernier pour en éclaircir les termes.

On parlera d'**interférences** uniquement quand on aura **plusieurs sources**. Par exemple, dans l'expérience des trous d'Young.

Et sur le phénomène d'interférence **se rajoutera éventuellement le phénomène de diffraction**, de façon plus ou moins marquée. Maintenant si j'ai une seule source, j'aurai toujours le phénomène de diffraction, mais sans interférences.

Résumé :

1 source → diffraction

2 sources ou plus → interférences + diffraction

Deuxième aspect :

On peut hésiter entre les items C et D et pour cela on va simplement utiliser la formule du cours, comme expliqué sur le diaporama.

# Interférences sur des lames minces :

Diapo :

## b) Interférences dans des lames minces

**Principe :** on considère un milieu transparent mince délimité par 2 dioptres (par ex. une lame de verre, ou la membrane d'une bulle de savon...). En éclairant la lame avec une source monochromatique on peut observer des franges dues à l'interférence entre la lumière réfléchi sur le premier dioptre et celle réfléchi sur le second (qui traverse deux fois la lame, cf. figure)

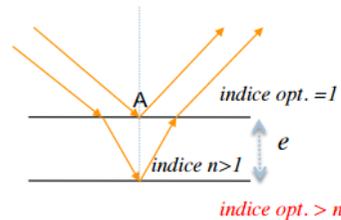
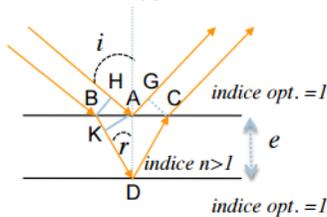
Dans ce cas on montre que, pour un angle d'incidence  $i$  très faible, la différence de marche entre les rayons réfléchis sur le premier et le second dioptre est:

$$\delta = 2ne + \frac{\lambda}{2}$$

### Interférences dans des lames minces (suite)

Cependant, si le film est déposé sur un support d'indice optique supérieur à  $n$ , on montre que, pour un angle d'incidence  $i$  très faible, la différence de marche entre les rayons réfléchis sur le premier et le second dioptre devient :

$$\delta = 2ne$$



Vous l'attendiez tous avec impatience celle-là !

## Explications :

### Quelle est la différence entre les cas ?

Le prof revient sur ce qu'il avait précisé en cours : quand on a réflexion d'un milieu moins réfringent vers un milieu plus réfringent, l'onde va subir un changement de signe.

*(petit aparté : ça peut se comprendre grâce au cours sur l'impédance. On passe d'un milieu de faible impédance vers un milieu d'impédance élevé donc le coefficient de réflexion est négatif)*

Ce changement de signe va « retourner » l'onde. Puisque l'onde est un phénomène périodique on a le même résultat que si l'onde s'était décalée de  $\lambda/2$ .

Faites un petit dessin d'onde, ensuite dessinez la version opposée et vous verrez qu'on a le même motif que celui situé à une distance de  $\lambda/2$

Donc le résultat final, c'est l'apparition d'un déphasage de  $\lambda/2$ .

➔ Maintenant, si on est dans le cas de la **bulle de savon** (1<sup>er</sup> schéma) le rayon qui se réfléchit en A va induire le déphasage, mais pas celui qui se réfléchit en D. Donc **on doit ajouter  $\lambda/2$**  pour connaître la différence de marche entre eux.

➔ Dans le cas de la **couche anti reflet** (2<sup>eme</sup> schéma), par contre, on aura une réflexion du deuxième rayon qui va aussi entraîner un changement de signe, donc un déphasage de  $\lambda/2$ . Au final, les deux ondes ont un déphasage identique, qui ne se ressent pas : il **n'apparaît donc pas** dans la formule.

# Limite de résolution

## Diapo :

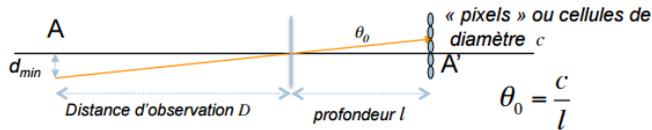
### Critère lié au capteur

#### a) Limite de résolution d'un système optique

La plupart des capteurs optiques sont cellularisés. Dès lors tout système optique possède une **limite de résolution angulaire**  $\theta_0 = c/l$ , où  $c$  est le diamètre d'un « pixel » du capteur et  $l$  la profondeur du système optique.

Il s'ensuit que ce système possède un **pouvoir séparateur**,  $d_{min}$ , qui est la plus petite distance entre deux objets ponctuels permettant encore de les distinguer.

Lorsque la distance objet est  $D$ , on a la relation  $d_{min} \sim D \theta_0$ .



A.N. Pour l'œil, on estime  $c = 5 \mu\text{m}$ ,  $l = 23 \text{mm}$ , ce qui donne  $\theta_0 = 0.22 \cdot 10^{-3} \text{ rad}$   
 Par convention une acuité visuelle de 10/10 correspond à  $\theta_0 = 0.3 \cdot 10^{-3} \text{ rad}$   
 Cette limite de résolution angulaire donne un pouvoir séparateur de 3mm à 10 m.

Dans le cas où on se trouve avec un capteur composé de pixels, on va avoir une limite de résolution uniquement liée à la **taille des pixels**.

Sur le schéma, on va définir l'angle  $\theta_0$ .

Si on poursuit le rayon, à une distance donnée  $D$ , le rayon est écarté de l'axe optique d'une certaine distance  $d_{min}$  : je ne pourrai pas distinguer sur le capteur des détails inférieurs à  $d_{min}$ . C'est une limite de résolution angulaire et purement liée au capteur.

Cette distance  $d_{min}$  est appelée pouvoir séparateur.

(/!\ selon les références la définition peut varier n peu donc restez bien sur le cours du prof +++).

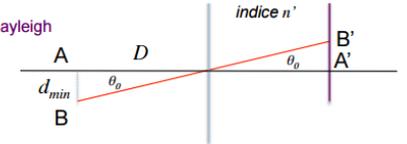
Donc quand  $d_{min}$  est petit le pouvoir séparateur est petit, donc l'instrument est performant.

L'application numérique de la diapo correspond à l'œil.

## Diapo :

### Critère lié à la diffraction

Cas limite où A et B sont résolus suivant le critère de Rayleigh



On définit le **pouvoir séparateur**  $d_{min}$  d'un instrument optique comme l'écart minimum entre 2 objets ponctuels permettant encore de les distinguer.

Notons la distance objet  $D$ .

Alors le critère de Rayleigh implique que :  
 (en ayant fait l'approximation  $\theta_0 \sim d_{min}/D$ )

$$\theta_0 = 0.61 \frac{\lambda}{n' r} \Rightarrow d_{min} = 0.61 \frac{\lambda D}{n' r}$$

**Exemple.** Supposons que l'ouverture d'un microscope soit de 1 cm et que l'objet soit placé à 1 cm de l'objectif. Soit  $n' = 1.5$  et  $\lambda = 0.47 \mu\text{m}$  (bleu). Alors  $d_{min} = 0.2 \mu\text{m}$ .

**On voit que les instruments optiques (performants) ne peuvent révéler des détails de dimension inférieure à quelques dixièmes de  $\mu\text{m}$ .**

Ceci mit un frein pendant longtemps au développement de la biologie intracellulaire à cause de l'impossibilité de visualiser les organelles, les virus, l'ADN, les protéines...

On sait que toute lumière qui passe par une ouverture entraîne un phénomène de diffraction. Mais cette fois-ci c'est la taille de l'ouverture qui va la déterminer.

Donc le pouvoir séparateur n'a plus la même origine : ici il est défini comme l'écart minimum entre deux points qu'on peut distinguer **malgré le phénomène de diffraction**.

Si on a une ouverture circulaire, alors la formule est celle du diapo.

Après, il faut savoir que **pour l'œil, on a la combinaison des deux phénomènes** à l'origine de la limite de résolution :

- Le capteur (cônes et bâtonnets)
- Le diaphragme (l'iris)

Et bien il suffit de savoir qu'en fait les deux produisent un pouvoir séparateur équivalent, il n'y en a pas un pour limiter l'autre.

## Cours d'optique n°2

Diapo :

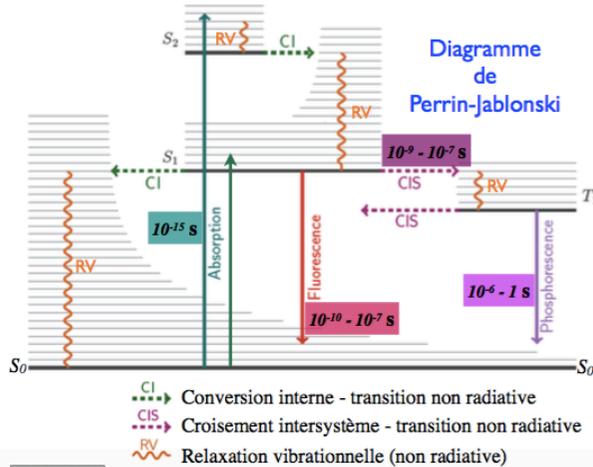
### Cours d'optique n°2

#### 1. Diagramme de Perrin-Jablonski

A propos du diagramme de Perrin-Jablonski, les étudiants se demandent comment un sous niveau excité de S1 par exemple peut avoir une énergie supérieure au niveau d'énergie S2.

#### Luminescence moléculaire.

Comme pour les atomes, les électrons d'une molécule peuvent transiter vers des niveaux d'énergie supérieure si la molécule absorbe de l'énergie. Dans une molécule ces niveaux électroniques présentent des sous-niveaux vibrationnels et rotationnels (voir schéma).



Après absorption d'un photon, les molécules excitées relaxent vers le premier niveau vibrationnel du premier état excité S<sub>1</sub> en 10<sup>-13</sup> à 10<sup>-11</sup> s (temps 100 à 10 000 x plus long que le temps d'excitation).

Puis, après un certain temps (durée de vie τ de l'état excité S<sub>1</sub> ~ quelques dizaines de ps à quelques centaines de ns) qui dépend du milieu et du type de molécule, les molécules se désexcitent selon diverses voies :

- retour au fondamental avec émission de photons vibrationnels de l'état fondamental ;
- retour au fondamental sans émission de photon (désexcitation non radiative appelée conversion interne).
- transition vers un autre état excité intermédiaire T<sub>1</sub> avec inversion de spin de l'électron promu. Cette transition est appelée croisement intersystème. La durée de vie de l'état T<sub>1</sub> est en principe beaucoup plus longue que celle de l'état S<sub>1</sub> (quelques μs à plusieurs heures). La désexcitation de l'état triplet T<sub>1</sub> avec émission de photons, c'est-à-dire la phosphorescence, n'est pas observée en solution à température ambiante (du fait des collisions avec les molécules du solvant) mais peut l'être dans un milieu rigide.

### Explications du prof :

En physique quantique, on a montré en utilisant l'interaction proton/électron et l'équation de Schrödinger que les **niveaux d'énergie de l'atome étaient forcément quantifiés**.

Dans une molécule, les noyaux et électrons vont d'arranger entre eux pour former une entité.

Les électrons vont avoir différents états qui correspondent aux **niveaux électronique de la molécule : S1, S2, T1 ..**

De la même façon que les électrons interagissent entre eux, **les noyaux des atomes de la molécule vont également interagir entre eux** donnant des niveaux d'énergie beaucoup **plus serrés**.

En conséquence, les niveaux d'énergie de la molécule ont des **sous niveaux** qui correspondent au **degré d'excitation des noyaux les uns pas rapport aux autres** (ex : énergie de vibration, de rotation : un noyau peut tourner autour d'un autre, ...).

Ces sous niveaux ils peuvent être très nombreux et **les sous niveaux qui correspondent à un niveau électronique particulier peuvent avoir une énergie plus élevée qu'un sous niveau du niveau excité supérieur**.

Ex : Un sous niveau très excité de S1 peut avoir une énergie supérieure à un sous niveau associé à S2. Très fréquent.

Petit rappel : Il existe des états électroniques qui ont une énergie donnée qui peuvent être différents d'un autre état électronique qui a la même énergie = **Conversion interne** (changement de configuration électronique sans changement d'énergie).

## Petit topo sur la notion de « laser à deux niveaux » :

*Est-ce qu'on peut vraiment parler de « laser à deux niveaux » puisqu'un système à deux niveaux ne fonctionne pas ?*

« Laser à deux niveaux est un abus de langage », mais comme **il s'agit d'un concept** plus que d'une réalité physique, peut-on le qualifier de faux ?

Si on considère la signification de l'acronyme **LASER : lumière amplifiée par émission stimulée de rayonnement**, (*rappel sur l'émission stimulée : un photon vient exciter le système et le système retourne au fondamental en émettant en plus de ce photon initial un photon identique*), le phénomène d'amplification, même dans le système à deux niveaux, il existe.

Mais dans le laser à deux niveaux, le **taux d'émission stimulée = taux d'absorption**, donc **il ne va pas pouvoir entretenir l'oscillation** et avoir de plus en plus de photons. Il faudrait avoir plus d'atomes dans le niveau excité que le niveau → **pas possible**.

Conceptuellement, on peut parler de laser à deux niveaux (l'émission stimulée est bien présente dans le système à deux niveaux), mais un laser à deux niveaux **n'aura jamais un gain >1** : on aura jamais plus que photons émis que de photons absorbés.

Donc :

- **Une insertion du style « Dans le laser à deux niveau ... » => ne rend pas l'item faux**
- **Mais un truc du style « On peut fabriquer un laser à deux niveaux => FAUX**

## A propos de l'item B d'un QCM de mécanique Newtonienne tombé au tutorat l'année passée

**Dans un mouvement circulaire uniforme :**

- A) La vitesse est proportionnelle à la vitesse angulaire **VRAI**
- B) L'accélération varie avec la vitesse **AMBIGU**
- C) L'accélération est proportionnelle à la vitesse au cube **FAUX**
- D) Lorsque le rayon du cercle augmente, l'accélération augmente aussi **AMBIGU**
- E) Aucune des réponses n'est correcte

Compté **VRAI** au tutorat.

*Le fait qu'il ne soit pas précisé "varie avec le carré de la vitesse" ne rend-il pas l'item faux ?*

Vrai, mais ambigu car on ne dit pas plus que « varie avec la vitesse ». Le prof ne formulera pas d'item aussi ambigu.

On espère que cette séance de révision vous a plu et vous a permis d'éclaircir les petits points que vous nous aviez fait remonter.

Les cours de physique sont maintenant tous passés, mais c'est pas pour autant qu'il faut les oublier ! ;)

On vous retrouve, en présence du pr.LEGRAND, pour la seconde séance de révision le Jeudi 24 Novembre. Ce sera une séance d'entraînement de qcms de physique, uniquement faits par le prof, et il vous expliquera en direct leur correction.

**Ne lâchez rien ! <3**

La Team Physique <3