



THEME : REACTIONS NUCLEAIRES

TITRE DE LA LEÇON : MODÈLE ONDULATOIRE DE LA LUMIÈRE

I. SITUATION D'APPRENTISSAGE

Lors d'une visite des locaux de Côte d'Ivoire-Télécom d'Abengourou, un élève en classe de Terminale C au Lycée Moderne entend parler d'ondes courtes, d'ondes moyennes, de modulations de fréquence. Il apprend aussi que les pylônes sont des relais téléphoniques d'ondes hertziennes. Curieux de comprendre ces termes techniques, il en discute avec ses camarades de classe. Ensemble, ils décident de définir une onde électromagnétique, de déterminer la longueur d'onde d'une onde électromagnétique et de dégager l'importance de quelques ondes électromagnétiques.

II. CONTENUS

▪ PHENOMENE DE DIFFRACTION

<p>○ Diffraction de la lumière par un trou</p> <p>laser, support, trou, écran, anneaux de diffraction</p>	<p>○ Diffraction de la lumière par une fente</p> <p>Laser, Fente, a, Ecran</p>
---	--

○ Interprétation

En considérant le **modèle du rayon lumineux**, on peut penser pouvoir « extraire » un rayon lumineux en dirigeant un faisceau de lumière sur un orifice très étroit. Mais le faisceau s'étale à la traversée de l'orifice. C'est une manifestation du phénomène de **diffraction**. Elle est caractéristique des **ondes**. Ce phénomène se manifeste lorsque les dimensions d'une ouverture ou d'un obstacle sont inférieures ou de l'ordre de grandeur de la longueur d'onde.

▪ INTERFERENCES LUMINEUSES

○ Les fentes d'Young

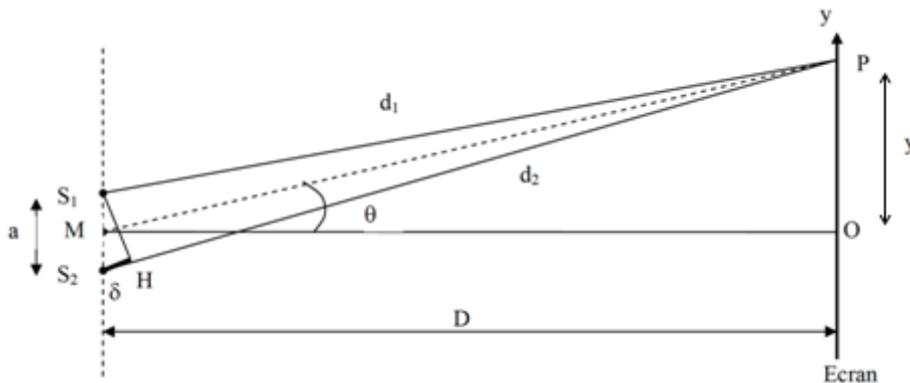
<p>2.1.1 Schéma de principe</p> <p>S, S1, S2, Ecran</p>	<p>2.1.2 Observation</p>
--	---------------------------------

--	--

○ **Interprétation**

Les ondes issues de la source se propagent jusqu'aux deux trous. Au niveau de chacun d'eux, l'onde passant à travers est **diffractée**. Les trous S_1 et S_2 se comportent comme deux sources ponctuelles. On a **interférence** lorsque deux ondes, de même nature, de fréquence identique se superposent.

3. DIFFERENCE DE MARCHE DE LA SUPERPOSITION DE DEUX INTERFERENCES



- La **différence de marche** δ (en m) est la **différence entre les distances parcourues par les deux ondes** : $\delta = S_2P - S_1P$
 En P, la différence de marche δ entre les 2 rayons (S_2P et S_1P) vaut : $\delta = \frac{ay}{D}$
- **Si : $\delta = k\lambda$, il y a interférences constructives** et on observe des **franges brillantes** pour :
 $y = k \frac{\lambda D}{a}$ avec $k \in \mathbb{Z}$, λ est la longueur d'onde de la lumière.
 La distance entre 2 franges brillantes est appelée interfrange i : $i = \frac{\lambda D}{a}$
- **Si : $\delta = (2k + 1)\frac{\lambda}{2}$, il y a interférences destructives** et on observe des **franges sombres** pour :
 $y = (2k + 1) \frac{\lambda D}{2a}$
 La distance entre 2 franges sombres est encore égale à : $i = \frac{\lambda D}{a}$

De façon générale, l'interfrange i correspond à la distance séparant 2 franges brillantes ou 2 franges sombres : $i = \frac{\lambda D}{a}$

▪ **ONDE ELECTROMAGNETIQUE**

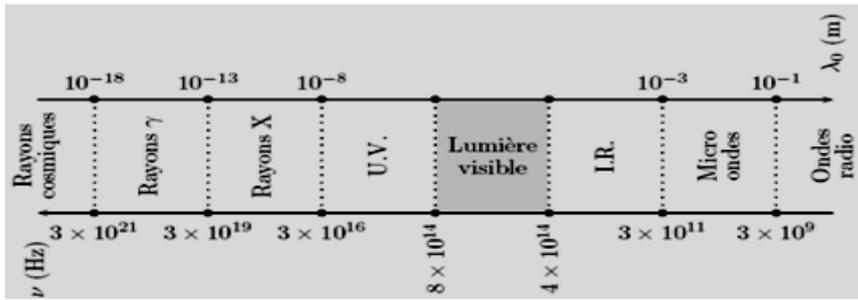
○ **Définition**

Une onde électromagnétique est le résultat de la vibration couplée d'un champ électrique et d'un champ magnétique variables dans le temps.

Une onde électromagnétique est susceptible de se propager dans l'air comme dans le vide. Elle est caractérisée par sa longueur d'onde λ (m) et sa fréquence ν (Hz)

On a : $\nu = 1/T$; T est la période.

$\lambda = \nu \cdot T$, ν (m/s) la vitesse de l'onde, dans le vide $\nu = C$.

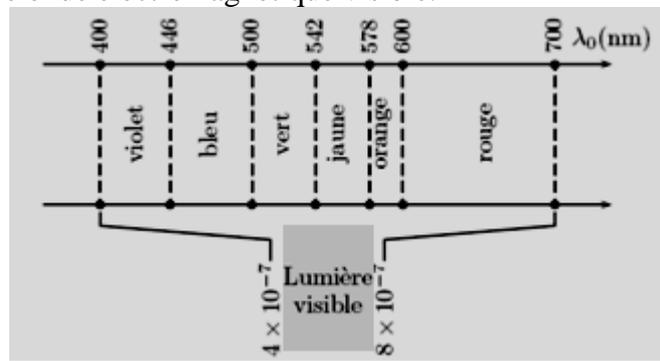


○ Propriétés

Les ondes électromagnétiques interagissent avec la matière de manière différente selon leur fréquence ν . Plus la fréquence est grande et plus l'énergie E transportée par l'onde est grande : $E = h \cdot \nu$
où $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$ est la constante de Planck

▪ ONDE LUMINEUSE

Une onde lumineuse est une onde électromagnétique visible.



▪ IMPORTANCE DE QUELQUES ONDES ELECTROMAGNETIQUES

On utilise les ondes électromagnétiques dans l'industrie, dans les télécommunications.....

SITUATION D'EVALUATION

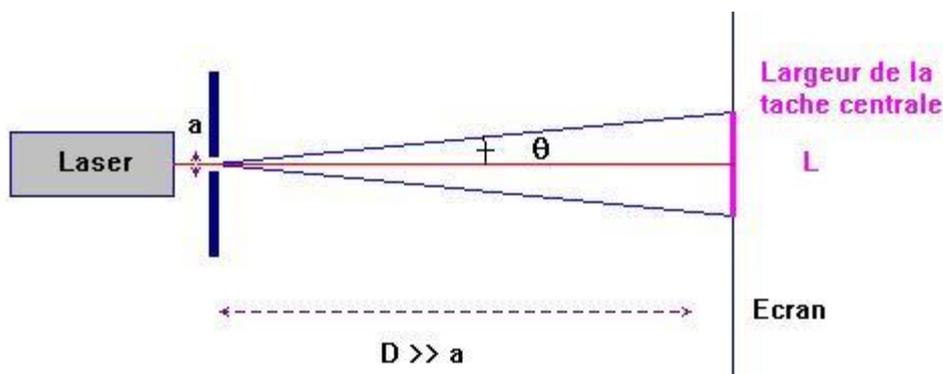
Le faisceau lumineux émis par un pointeur optique laser, dirigé en direction d'un écran, forme un point rouge très lumineux et de petites dimensions.

Il permet ainsi à un conférencier de montrer à distance un point précis sur un document projeté.

Des élèves de terminale C se proposent avec l'aide de leur professeur de P-C de retrouver expérimentalement l'ordre de grandeur de la longueur d'onde λ de la lumière émise par le pointeur dont la fiche technique est donnée ci-dessous. :

- Diode émissive 5 mW – Rouge (compris entre 660 nm et 680 nm) – Alimentation par piles R3 – 3 heures d'autonomie ;
- Portée supérieure à 100 m dans l'obscurité – Diamètre du spot à la sortie 2 mm ; diamètre du spot à 6 m : 12 mm.

Pour cette étude, les élèves placent une fente verticale, de largeur a très petite, sur le trajet du faisceau lumineux produit par un laser et on positionne un écran à la distance D de la fente.



Ils réalisent en outre trois expériences dont les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous :

	Source	Distance fente-écran	Fente	Tache centrale
Expérience 1	$\lambda_1 = 543 \text{ nm}$ (vert)	D	a_1	$L_1 = 3,2 \text{ cm}$
Expérience 2	Pointeur de longueur d'onde λ_0	D	a_1	$L_2 = 4,0 \text{ cm}$
Expérience 3	$\lambda_1 = 543 \text{ nm}$ (vert)	D	$a_3 < a_1$	$L_3 > L_1$

Tu fais partie de ces élèves, réponds aux questions ci-dessous :

1) Donne la définition d'une onde lumineuse

2) Donne l'expression de la largeur L de la tache centrale.

3)

3.1) Établis la relation liant L_1 , L_2 , λ_1 et λ_2 .

3.2) Calcule, en nm, la valeur numérique de λ_0 .

3.3) Compare ce résultat avec les données la notice technique donnée pour le pointeur optique à laser.

III. EXERCICES

Exercice 1

Deux fentes de Young sont distantes de 0,2 mm.

L'écran d'observation est distant de 1 m.

1. La 3^{ème} frange brillante est située à 7,5 mm de la frange centrale.

Calcule la longueur d'onde de la lumière utilisée.

2. Même question en supposant que c'est la 3^{ème} frange sombre qui est à 7,5 mm de la frange centrale.

Solution :

1) Rappelons la formule de l'interfrange : $i = \lambda \cdot D / a$

$a = 0,2 \text{ mm}$; $D = 10^3 \text{ mm}$; $i = 7,5 / 3 = 2,5 \text{ mm}$

On a donc : $\lambda = a / iD = 0,5 \times 10^{-3} \text{ mm} = 0,5 \mu\text{m}$

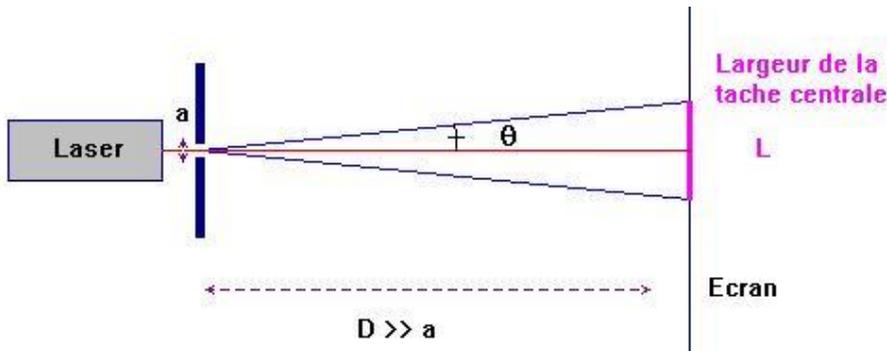
2) La distance à la frange centrale de la 3^{ème} frange sombre étant de 2,5 interfranges, on

a : $i' = 7,5 / 2,5 = 3 \text{ mm}$

On a donc : $\lambda' = a / i'D = 0,6 \times 10^{-3} \text{ mm} = 0,6 \mu\text{m}$

Exercice 2

Des élèves réalisent l'expérience suivante :



Tu fais partie de ces élèves, réponds aux questions ci-dessous :

1. Complète la phrase :
« Le phénomène observé sur l'écran s'appelle ; son importance est liée au rapport de la largeur a de la fente sur la »
2. On te propose quatre expressions possibles pour la largeur L de la tache centrale observée sur l'écran.

(1) $L = \frac{2 \lambda D}{a}$; (2) $L = \frac{2 a D}{\lambda}$; (3) $L = \frac{2 D^2}{\lambda a}$; (4) $L = \frac{2 a \lambda}{D}$

Ecris le numéro qui correspond à la bonne réponse.

Solution

1. « Le phénomène observé sur l'écran s'appelle **la diffraction** ; son importance est liée au rapport de la largeur a de la fente sur **la longueur d'onde** »
2. (1)

Exercice 3

Dans le tableau ci-dessous sont données les fréquences de quatre radiations lumineuses monochromatiques.

1. Donne l'expression de la longueur d'onde λ .
2. Reproduit et complète le tableau

Fréquence f (Hz)	$7,14 \cdot 10^{14}$	$5,45 \cdot 10^{14}$	$5,00 \cdot 10^{14}$	$4,00 \cdot 10^{14}$
Λ (nm)				
Couleur				

Solution

1. Expression de λ : $\lambda = \frac{c}{f}$
2. Complétons le tableau

Fréquence f (Hz)	$7,14 \cdot 10^{14}$	$5,45 \cdot 10^{14}$	$5,00 \cdot 10^{14}$	$4,00 \cdot 10^{14}$
Λ (nm)	120	550	600	750

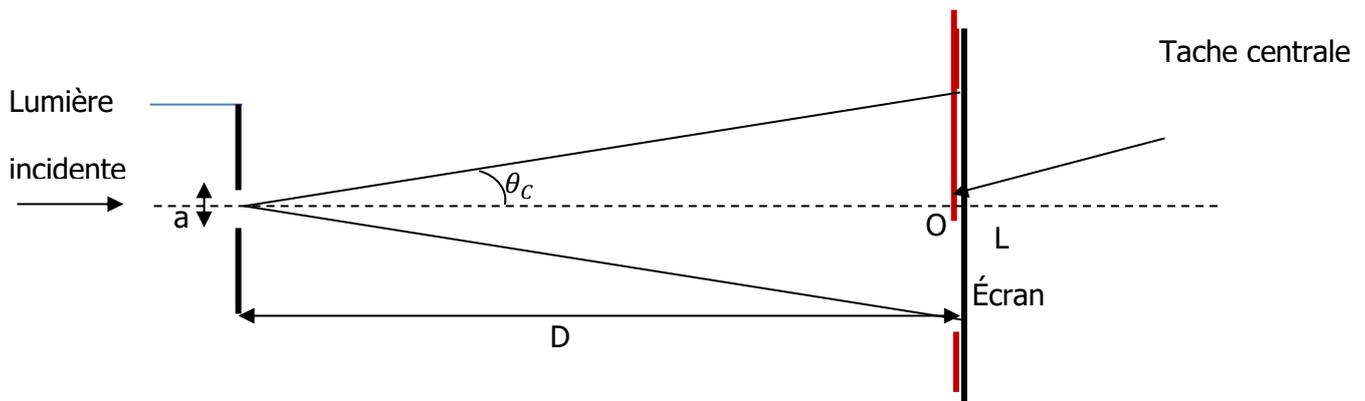
Couleur	Violet	Vert	Jaune	Rouge
---------	--------	------	-------	-------

Exercice 3

Au cours d'une séance de TP sur le modèle ondulatoire de la lumière, votre professeur de Physique – chimie met à votre disposition :

- une fente de largeur $a = 0,10 \text{ nm}$;
- un laser de longueur d'onde $\lambda = 632,8 \text{ nm}$
- un écran

En vue de déterminer la largeur d'une tache émise par une lumière, sous la supervision de votre professeur de physique – chimie, un élève de ton groupe éclaire la fente à l'aide d'un laser. Vous observez des rayons lumineux sur un écran perpendiculaire à la direction initiale du faisceau qui est situé une distance $D = 2,0 \text{ m}$ de la fente (Voir figure



Tu es sollicité pour être le rapporteur du groupe

1. Définis l'écart angulaire θ_c
2. Donne son expression
- 3.
- 3.1.Établis l'expression de la largeur L de la tache centrale ;
- 3.2. Calcule sa valeur

Solution

1. Définition : l'écart angulaire θ_c est l'angle sous lequel on voit la moitié de la tache centrale de diffraction

2. Donnons son expression : $\theta_c = \frac{\lambda}{a}$

3.

3.1. Expression de la largeur :

$$\tan \theta_c = \frac{L}{2D}, \text{ par approximation on pose que } \tan \theta_c = \theta_c ; \text{ donc on trouve alors } \frac{\lambda}{a} = \frac{L}{2D}$$

$$\text{d'où } L = \frac{2D\lambda}{a}$$

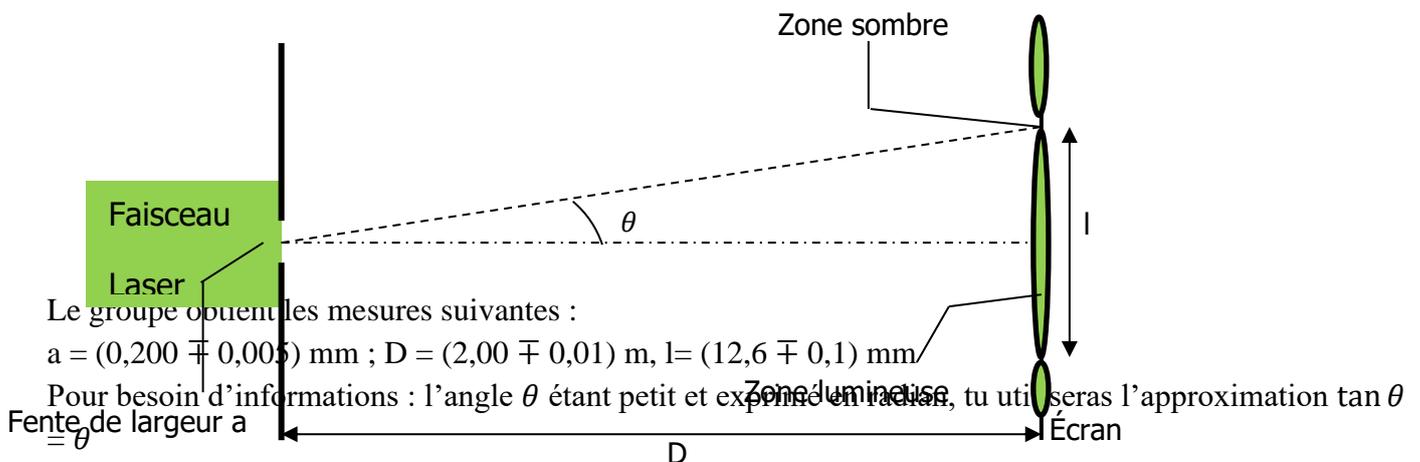
3.2. La valeur de L :

$$L = \frac{2 \times 2 \times 632,8 \cdot 10^{-9}}{0,1 \cdot 10^{-3}}$$

$$L = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}$$

Situation

En vue de mesurer la largeur de la fente (a), la distance de la fente à l'écran (D) et la largeur de la zone lumineuse centrale (l). Un groupe d'élèves de ta classe réalise sous la supervision de ton professeur de Physique-chimie une expérience sur le caractère ondulatoire de la lumière à l'aide du dispositif représenté ci-dessous.



Tu es sollicité par le groupe pour faire le rapport

1. Donne le phénomène observé
2. Calcule la valeur de l'angle θ en radian
3.
 - 3.1. Écris la relation qui lie l'angle θ , la longueur d'onde λ de la lumière et la largeur a de la fente ;
 - 3.2. Calcule la longueur d'onde λ .
4.
 - 4.1. Écris la relation liant la longueur d'onde λ , la célérité c de la lumière dans le vide et la fréquence de la radiation ν
 - 4.2. Exprime la relation l et λ .

Solution

1. Nom du phénomène : la diffraction
2. la valeur de θ : $\tan \theta = \frac{l}{2D}$ or $\tan \theta \approx \theta$ donc $\theta = \frac{l}{2D} = 3,15 \cdot 10^{-2} \text{ rad}$
3.
 - 3.1. La relation est : $\theta = \frac{\lambda}{a}$
 - 3.2. Calcule $\lambda = \theta a$,
 A.N: $\lambda = 3,15 \cdot 10^{-2} \cdot 0,200 \cdot 10^{-2} = 6,30 \cdot 10^{-7} \text{ m} = 630 \text{ nm}$
- 4.1. La relation entre λ , c et ν

$$\lambda = \frac{c}{\nu}$$

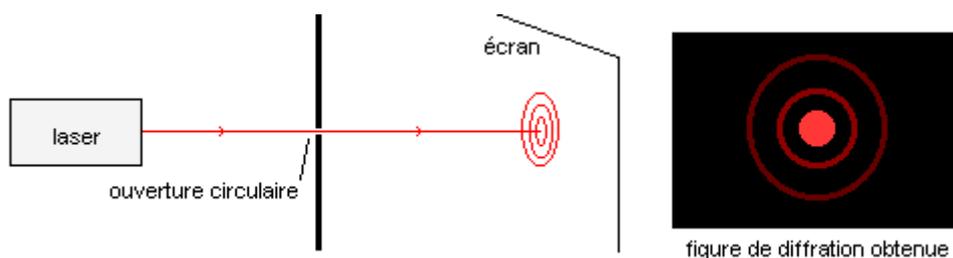
4.2. $1 = \frac{2D\lambda}{a}$

IV. DOCUMENTATION

Le modèle ondulatoire de la lumière

1. Diffraction de la lumière

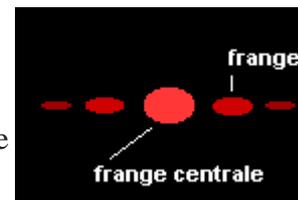
Réalisons l'expérience suivante :



On observe sur l'écran une figure de diffraction. Ce phénomène se produit lorsque l'ouverture par laquelle passe la lumière est de petite taille. On dit que l'ouverture a diffracté la lumière du laser.

Remarques:

- Plus l'ouverture est petite, plus le phénomène de diffraction est marqué.
- Le phénomène de diffraction met en défaut le principe de propagation rectiligne de la lumière dans un milieu homogène.
- Si l'ouverture est une fente, on observe la figure ci-contre.



2. Interprétation ondulatoire

De façon générale, la lumière peut-être considérée comme une onde électromagnétique. En particulier, la lumière émise par le laser peut-être décrite comme une onde électromagnétique sinusoïdale de fréquence donnée.

La lumière se propage dans le vide, et dans les milieux transparents (air, eau, gaz, verre, etc...).

Dans le vide, la célérité de la lumière est $c = 299\,792\,458 \text{ m.s}^{-1}$ (on retiendra $c \simeq 3.108 \text{ m.s}^{-1}$).

Remarques:

- La célérité de la lumière dans le vide ne dépend pas de la fréquence de l'onde.
- La célérité de la lumière dans l'air est pratiquement égale à sa célérité dans le vide ($c_{\text{air}} \simeq c_{\text{vide}}$).

Couleur et longueur d'onde

1. Lumière monochromatique

Définition On appelle lumière monochromatique une onde électromagnétique progressive sinusoïdale de fréquence donnée. La couleur de cette lumière est liée à la valeur de sa fréquence.

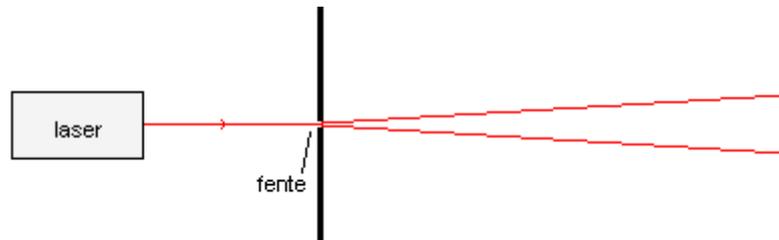
2. Longueur d'onde

Comme toutes les ondes périodiques, les ondes électromagnétiques présentent une double périodicité (temporelle et spatiale).

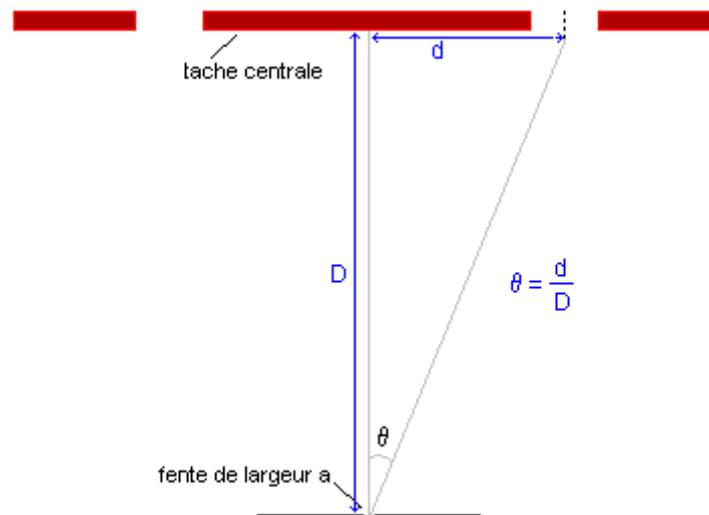
La longueur d'onde dans le vide d'une onde lumineuse monochromatique sera notée λ_0 ($\lambda_0 = c/f$).

Retour sur le phénomène de diffraction

Réalisons la diffraction d'un faisceau laser par une fente



Voici un schéma détaillé du dispositif et de la figure de diffraction (vu du dessus).



On montre que lorsque l'ouverture est une fente:

$$q = \frac{\lambda_0}{a}$$

avec $\left\{ \begin{array}{l} q: \text{écart angulaire entre le milieu de la tache centrale et la première extinction (rad)} \\ \lambda_0: \text{longueur d'onde de la radiation dans le vide (m)} \\ a: \text{largeur de la fente (m)}. \end{array} \right.$

$$q = \frac{1,22 \times \lambda_0}{a}$$

De même, pour un trou, on montre que: $q =$