

NOMS :

Prénoms :

(AEVM 02) Analogie de la détermination de distance dans une structure cristalline (taille de l'arête d'une maille par exemple) avec la détermination du diamètre d'un cheveu, d'un pixel d'écran de tablette (ou de smartphone), du pas d'un DVD R : **utilisation du phénomène de diffraction et d'interférence.**

Objectifs de l'activité : Montrer qu'on peut accéder à certaines distances particulières d'objets très petits grâce à la lumière.

On utilisera dans cette activité une source lumineuse particulière : un laser, source lumineuse monochromatique. Un laser est caractérisé par sa période spatiale appelée longueur d'onde notée λ (voir étiquette collée par le fabricant).

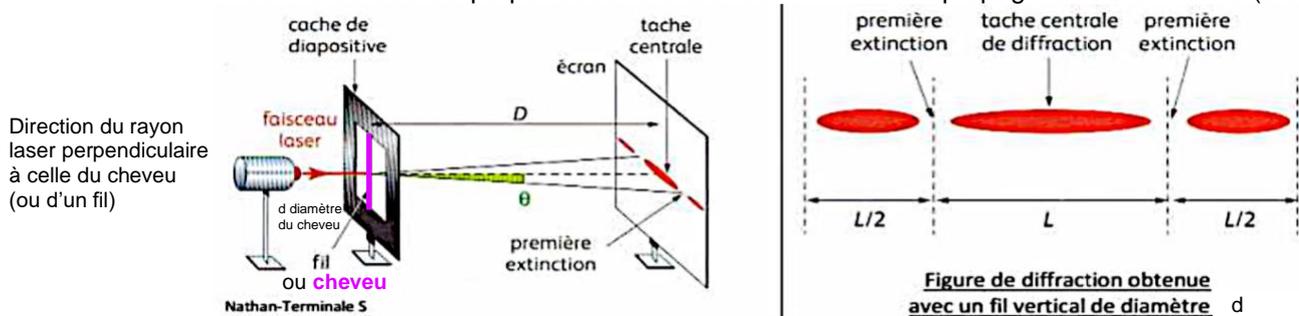
Attention Sécurité : Le faisceau du laser ne doit jamais pénétrer directement dans l'œil (lésion irréversible de la rétine). Il faut également se méfier d'éventuelles réflexions parasites.

La diffraction caractérise la déviation des ondes lumineuses (visible, ou autre rayons X, etc..) lorsqu'elles rencontrent un obstacle dont la taille est du même ordre de grandeur que la longueur d'onde de la source. Cette déviation a lieu suivant des directions particulières (on recueille une grande intensité lumineuse dans des directions inattendues et suivant certaines directions seulement). La lumière incidente, dans le cas de nos expériences aura une incidence normale par rapport à l'objet qui diffractera, c'est à dire une direction initiale perpendiculaire à celle de l'objet.

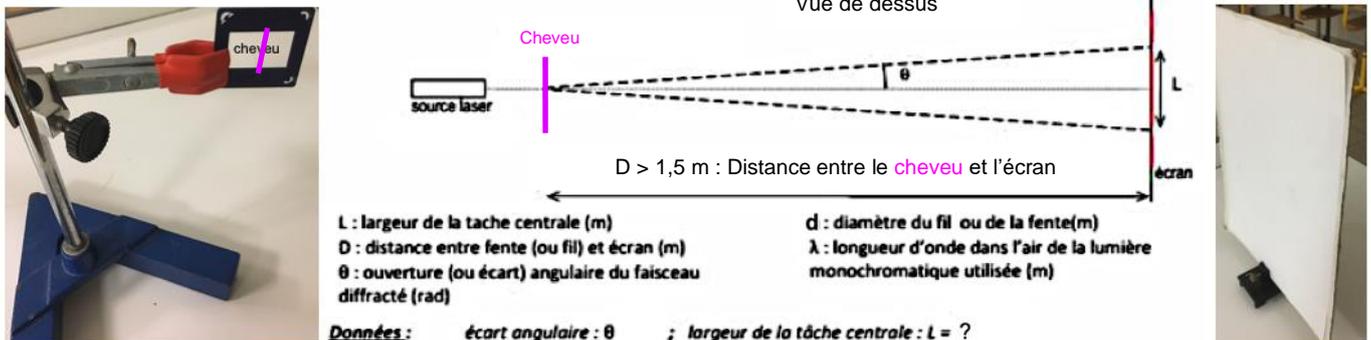
Mission 1 : Détermination du diamètre d'un cheveu

Utilisation du phénomène de diffraction de la lumière laser par un cheveu.

La figure de diffraction obtenue lors de l'expérience de la diffraction de la lumière laser par un fil ou un cheveu peut être visualisée sur un écran dont la surface est perpendiculaire à la direction initiale de propagation de la lumière (avant le fil).



On remarque que la figure de diffraction observée est constituée de plusieurs taches (ou franges) qui s'étalent dans une direction perpendiculaire à celle du cheveu et dont la luminosité décroît lorsqu'on s'écarte du centre de l'écran. On peut mesurer la largeur L de la tache centrale.



On montre qu'il existe une relation simple liant la **longueur d'onde λ** du laser au **diamètre du cheveu d** et à l'**angle θ** (entre la direction initiale du rayon laser et la direction conduisant à la 1^{ère} extinction) : $\lambda = d \times \sin\theta$

Déterminer le diamètre d'un de vos cheveux ! avec un laser vert ($\lambda = 532 \text{ nm}$) ou rouge ($\lambda = 650 \text{ nm}$) : voir le professeur



APPEL n°1.1

Appeler le professeur pour lui présenter la manipulation et le résultat obtenu.

Avec la diapositive fournie (fils ou fentes de largeurs différentes calibrées, de tailles connues), vérifier l'encadrement de la valeur trouvée pour le diamètre de votre cheveu, à partir de la mesure de la tache centrale visualisée dans 2 autres cas :

..... < d (cheveu) < car < L (cheveu) <



APPEL n°1.2

Appeler le professeur pour lui présenter une des manipulations et le résultat obtenu

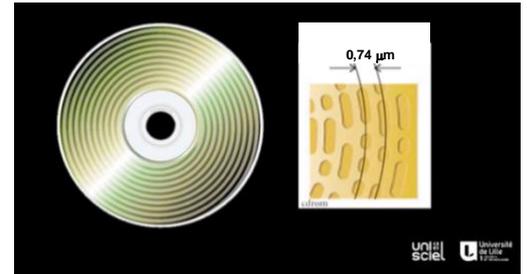
Mission 2 : Détermination du pas d'un DVD R

Utilisation du phénomène de diffraction de la lumière laser par un fragment de DVD R ([récupération](#))

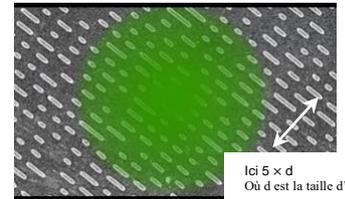
Les informations numériques d'un DVD R sont enregistrées (sous forme de creux ou cavités) sur une piste en forme de spirale et la distance entre deux passages successifs de la piste est : $d = 0,74 \mu\text{m}$.



Cette distance est trop petite pour être vue avec un microscope simple : il faut un instrument de qualité professionnelle avec un fort grossissement (1000 x).



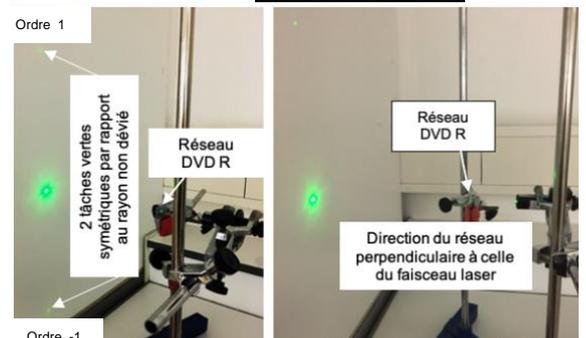
Dans la zone restreinte éclairée par le faisceau laser, les rayures (ou traits creusés) – qui se comportent comme des fentes ou des fils équidistants – sont approximativement parallèles et pratiquement rectilignes et constituent ce qu'on appelle un réseau de diffraction qui disperse la lumière. C'est cette répartition des pistes qui est responsable de la dispersion du faisceau laser (vert sur la photo) par le DVD qui fonctionne comme un réseau de diffraction (par réflexion ou transmission). La distance d représente le pas du réseau du DVD.



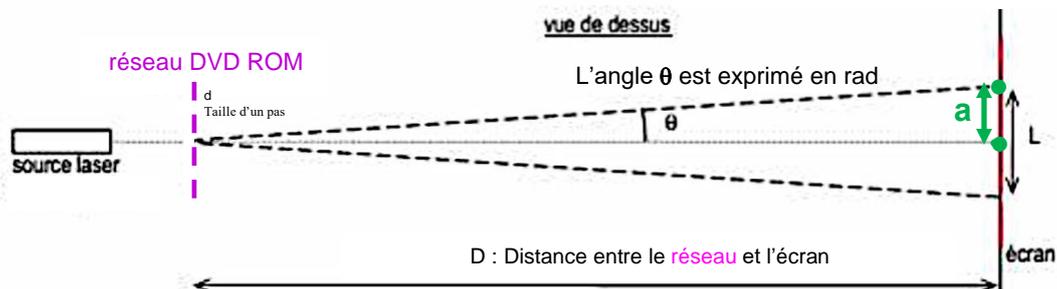
Dans le cas d'un réseau DVD, on n'observe que 2 tâches lumineuses sur la figure de diffraction avec un laser. La déviation de la lumière a lieu suivant 2 directions particulières symétriques par rapport à la tâche centrale (correspondant à ce qui est appelé l'ordre - 1 et l'ordre 1)

On peut mesurer soit la distance a entre la tâche centrale et une des tâches de lumière diffractée sur l'écran, soit la distance L entre les 2 tâches symétriques (pour une meilleure précision).

On montre qu'il existe une relation liant la **longueur d'onde λ** du laser à **l'espacement entre 2 cavités successives d** et à **l'angle θ** (entre la direction initiale du rayon laser, perpendiculaire au plan du réseau et la direction du rayon conduisant à la 1^{ère} tâche lumineuse) : $\lambda = d \times \sin\theta$
Les distances sont exprimées en m et l'angle en rad.



La lumière traverse ici le fragment du DVD qui se comporte alors comme un réseau de diffraction par transmission.



Déterminer le pas du réseau du fragment de DVD R mis à votre disposition ! (avec un laser vert : $\lambda = 532 \text{ nm}$)



APPEL n°2.1

Appeler le professeur pour lui présenter la manipulation et le résultat obtenu.

Réaliser la même expérience avec un laser rouge ($\lambda = 650 \text{ nm}$).

Ce réseau peut-il décomposer la lumière, permettant ainsi d'obtenir un spectre de la lumière blanche par exemple ?



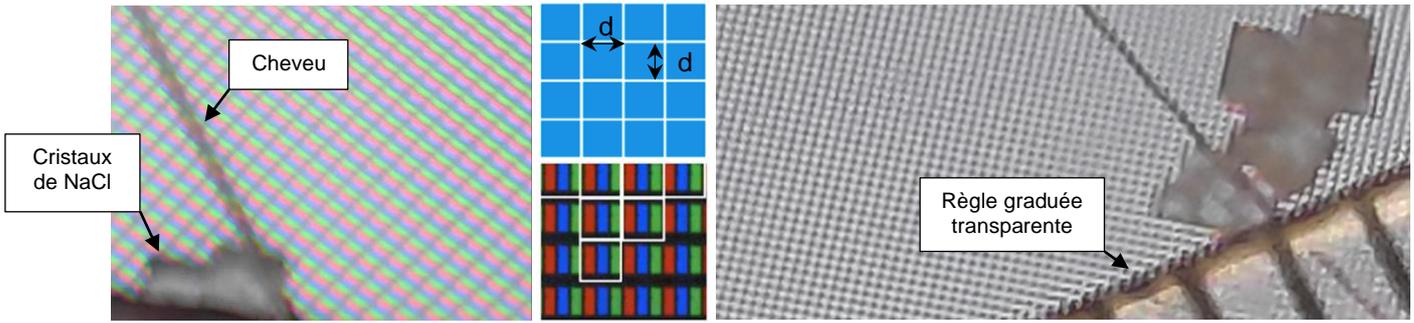
APPEL n°2.2

Appeler le professeur pour lui présenter la manipulation et le résultat obtenu.

Mission 3 : Détermination de la taille d'un pixel de tablette (tactile) ou de smartphone

Utilisation du phénomène de diffraction de la lumière laser par un pixel de tablette (ou de smartphone)

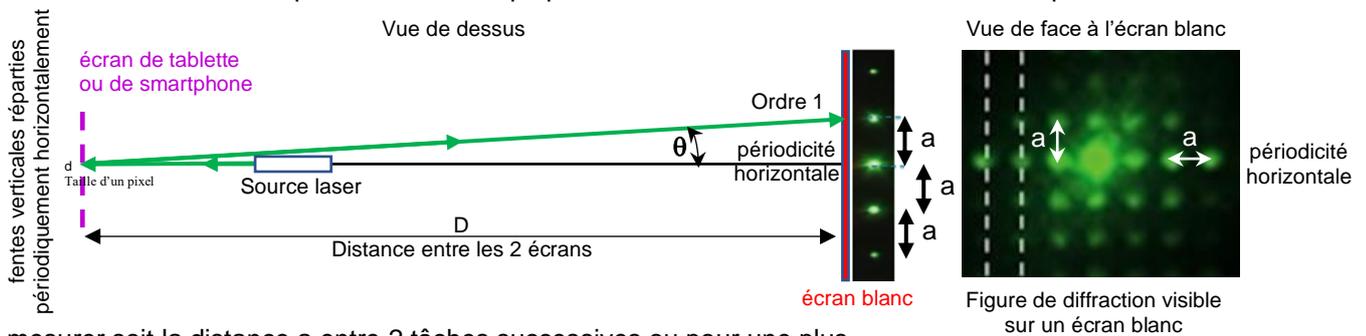
Les pixels d'écran (assimilés à des carrés) sont espacés d'une distance d (identiques verticalement et horizontalement), exprimée en micromètre, qui peut varier de 1 à une centaine de μm suivant le type de smartphone ou de tablette.



Photos réalisées par Berand Byrne Liam, avec goutte d'eau (à gauche) et sans goutte d'eau (à droite) sur l'objectif d'un smartphone transformé en milliscope, au lycée Georges Duby de Luynes, lors d'une [activité expérimentale](#). (2023/2024)

Le phénomène de diffraction va aussi donner des renseignements sur la structure de l'écran de la tablette (ou du smartphone utilisé). Pour la diffraction, si on observe une périodicité horizontale alors cela est équivalent la diffraction due à des fentes (ou des fils) éclairées qui sont verticales et réparties horizontalement de manière périodique.

Un écran de tablette ou de smartphone va aussi impliquer une diffraction de la lumière avec une périodicité verticale !

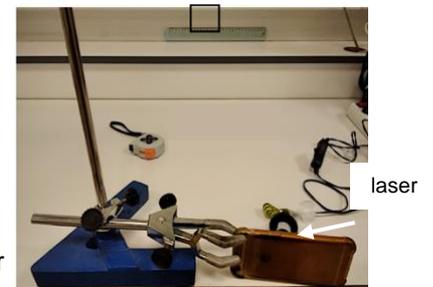


On peut mesurer soit la distance a entre 2 tâches successives ou pour une plus grande précision mesurer la distance entre plusieurs tâches successives.

On montre qu'il existe une relation simple liant la **longueur d'onde** λ du laser à la **taille d'un pixel** d et à l'**angle** θ (entre la direction initiale du rayon laser – presque perpendiculaire à l'écran - et la direction du rayon conduisant à la tâche lumineuse la plus proche de la tâche centrale intense) : $\lambda = d \times \sin\theta$

Les distances sont exprimées en m et l'angle en rad.

Déterminer la taille d'un pixel ! avec un laser vert ($\lambda = 532 \text{ nm}$) ou rouge ($\lambda = 650 \text{ nm}$) : voir le professeur



Faisceau laser (posé sur la table) dirigée (pas de manière tout à fait perpendiculaire mais légèrement inclinée) vers un **écran de tablette** ou de **smartphone**

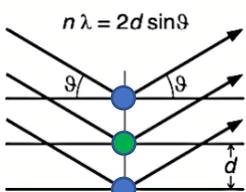


APPEL n°3

Appeler le professeur pour lui présenter la manipulation et le résultat obtenu.

Source adaptée : <https://www.canal-u.tv/chaines/univ-bordeaux/les-smartphones/4-les-smartphones-mesurer-la-taille-des-pixels-par>

Mission 4 : Analogie avec la détermination de la taille de l'arête d'une maille (d'une structure cristalline)



On peut déterminer la distance entre 2 plans d'ions en utilisant le phénomène de diffraction d'un cristal (par exemple pour le chlorure de sodium) par une source lumineuse monochromatique.

D'après la loi de Bragg, on obtiendra des interférences constructives à la condition :

$\lambda = 2 \times d \times \sin \theta$, pour le premier l'ordre de diffraction $n = 1$, d représente la distance entre 2 plans d'ions Na^+ et Cl^- consécutifs du cristal de NaCl (de structure cubique à faces centrées).

Pour la longueur d'onde du faisceau lumineux utilisé : $\lambda = 63,09 \times 10^{-12} \text{ m}$, on obtient de la lumière (interférences constructives) pour un angle (appelé angle de brillance) : $\theta = 6,42^\circ$.

1) Quelle est la distance entre un ion sodium et un ion chlorure ? (Vous pourrez vérifier sur [Minusc](#) votre résultat...)

2) La taille des mailles dans une structure cristalline est proche de 10^{-10} m , vérifier qu'on doit utiliser une lumière monochromatique du domaine des rayons X pour déterminer la distance entre 2 atomes (ou ions).

On donne accès à une [frise](#) des différents domaines des ondes électromagnétiques (lumière) :

..... $< \lambda$ (Rayons X) $<$