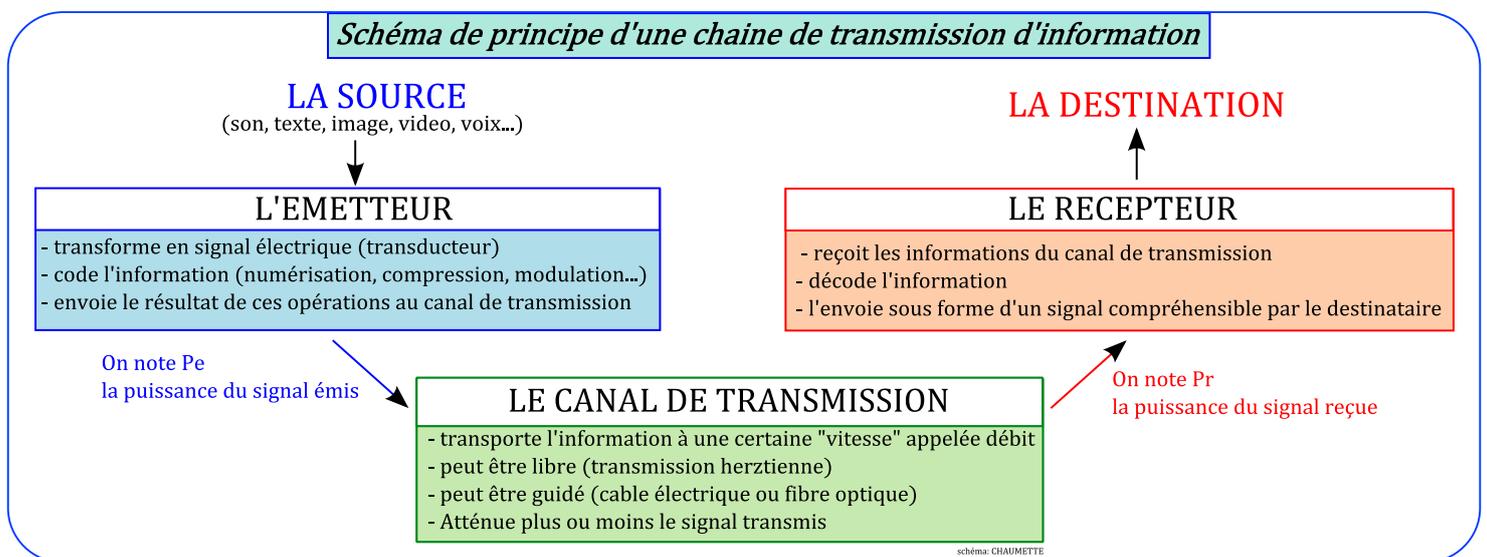


NUMÉRISATION, TRANSMISSION ET STOCKAGE DE L'INFORMATION

Une chaîne de transmission d'informations est un ensemble d'éléments permettant de transférer de l'information (son, image, écrit ...) d'un lieu à un autre. On désigne par **canal de transmission** le dispositif par lequel les informations sont transmises de l'émetteur au récepteur :

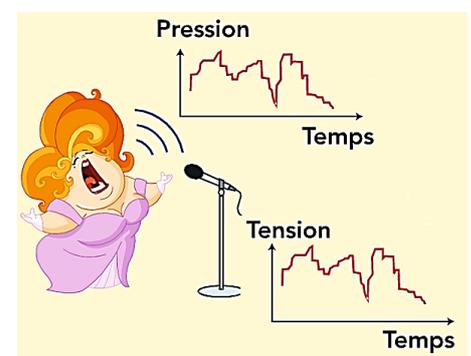


1/ NUMÉRISATION D'UN SIGNAL : **Activité 14.1**

a – Signal analogique et signal numérique :

Le monde qui nous entoure est décrit par des grandeurs analogiques qui varient de manière continue en fonction du temps. (exemple ci-contre : pression de l'air au passage d'une onde sonore). Pour être transmises sous forme d'informations, ces grandeurs sont converties en signaux électriques par des capteurs (ex : microphone). Si le signal électrique varie de manière analogue à la source et continûment en fonction du temps, il est dit **analogique**.

Aujourd'hui, la plupart des signaux sont transmis sous forme numérique de manière à améliorer la qualité du transport et le stockage. Avant d'être transporté, un signal analogique peut être converti en signal numérique grâce à un **convertisseur analogique numérique (CAN)** qui transforme l'amplitude continue d'un signal analogique en langage binaire (succession de 1 et de 0) :

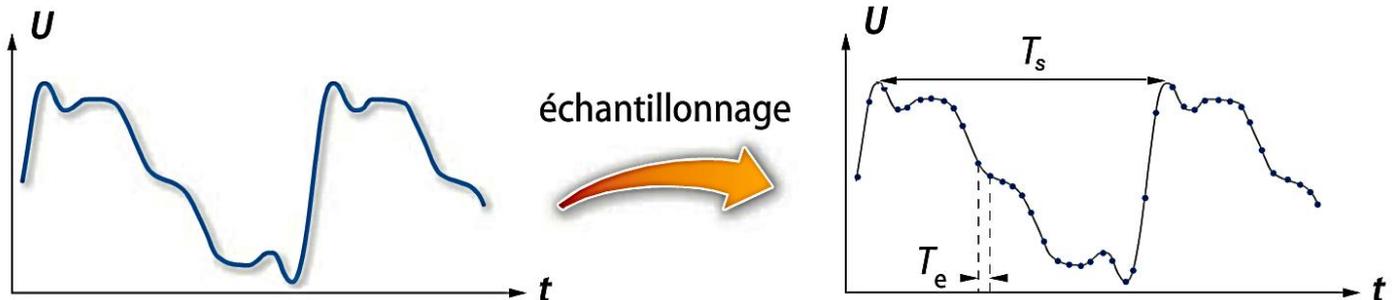


b – Convertisseur analogique numérique (CAN) :

La numérisation d'un signal analogique se fait par un CAN en deux étapes : l'échantillonnage et la quantification.

☐ L'échantillonnage :

Le signal analogique est dans un premier temps « découpé » en échantillons de durées égales T_e (appelée **période d'échantillonnage**) :



La fréquence d'échantillonnage $f_e (=1/T_e)$ doit être suffisamment grande par rapport à la fréquence du signal analogique pour que l'échantillonnage soit satisfaisant.

☐ La quantification :

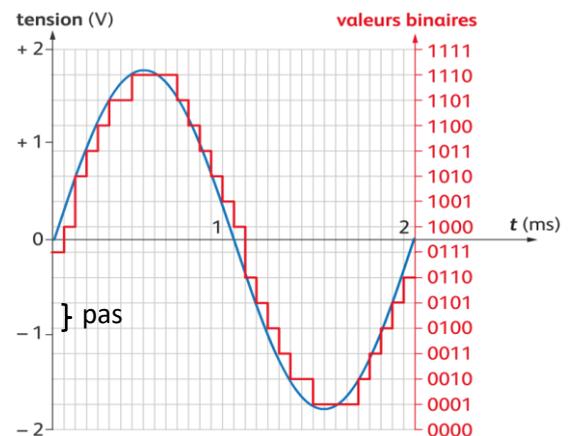
La quantification consiste à associer à chaque valeur de la tension retenue après échantillonnage un nombre binaire constitué de 0 et de 1 :

La quantité de nombres binaires possibles, appelée **résolution**, est limitée par les capacités de stockage. La quantification consiste donc à approximer les valeurs des échantillons.

Exemples :

- avec une quantification à 3 bits, le nombre de niveaux possibles est égal à 2^3 , soit 8 (000 ; 001 ; 010 ; 011 ; 100 ; 101 ; 110 ; 111)
- avec une quantification à n bits, la résolution est égale à 2^n

Plus la résolution est grande, plus le **pas de quantification p** (intervalle de tension entre deux valeurs numériques binaires successives) est petit et meilleure est la quantification.



Quantification d'un signal analogique sur 4 bits

Chaque valeur de tension retenue par l'échantillonnage est quantifiée en un nombre binaire comportant un nombre identique de bits. L'ensemble de ces nombres mis bout à bout constitue le signal numérique.

Vocabulaire :

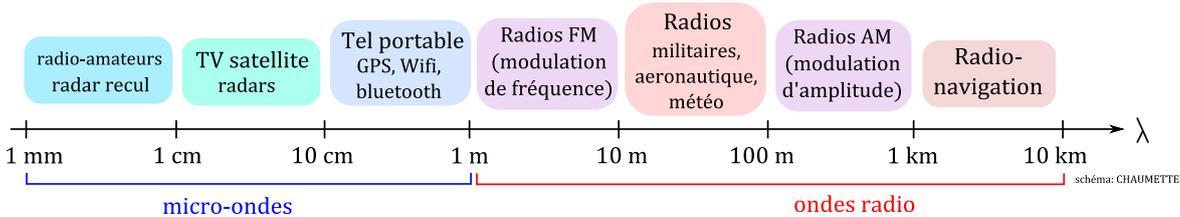
- **bit** : plus petite unité d'information numérique (ne peut prendre que les valeurs 0 ou 1)
- **résolution** : quantité de nombres binaires utilisés pour réaliser une quantification
- **pas de quantification** : intervalle de tension entre deux valeurs numériques binaires successives

a – Les différents canaux de transmission :

Le signal émis par une source se propage vers un ou plusieurs destinataires via un canal de transmission. Suivant le type de canal, la transmission peut être libre, c'est-à-dire émise dans toutes les directions par des ondes électromagnétiques, ou bien guidée dans des câbles électriques ou des fibres optiques.

☐ Transmission libre :

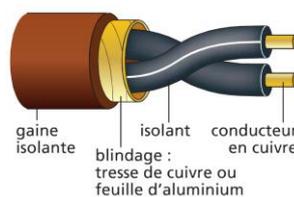
Les ondes électromagnétiques de longueurs d'onde comprises entre 10^{-3} m et 10^4 m, appelées ondes hertziennes, peuvent se propager dans toutes les directions de l'espace sur de longues distances :



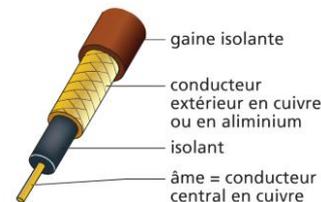
Ce mode de transmission présente l'avantage de permettre au récepteur d'être mobile mais l'inconvénient d'être sensible aux champs électromagnétiques extérieurs.

☐ Transmission guidée par un câble :

Les câbles conducteurs sont utilisés pour transmettre des informations sous forme de signaux électriques. Ce mode de transmission, facile et peu coûteux à installer, ne peut être utilisé que sur courte distance car les signaux y sont fortement atténués :



Câble torsadé



Câble coaxial

☐ Transmission guidée par fibre optique :

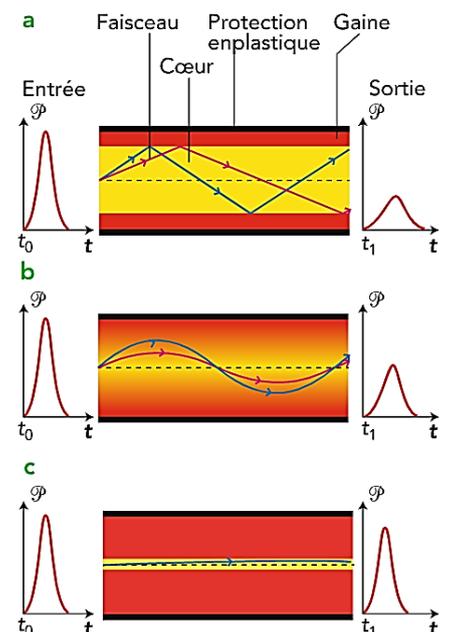
Les informations peuvent également être transmises sous forme d'onde électromagnétiques visibles et IR dans des fibres optiques. Elles se composent d'un cœur et d'une gaine d'indice optique plus faible qui permet à la lumière d'être piégée par réflexions totales successives.

Dans une fibre, le nombre de chemins possibles pour la lumière est limité par le phénomène d'interférence. Seuls certains chemins correspondant à des interférences constructives peuvent être utilisés : on les appelle « modes de propagation » de la fibre.

Dans les fibres multimodales (doc. a et b), des radiations émises simultanément peuvent avoir des trajets (modes) différents et donc des durées de parcours différentes. Le signal en sortie est dégradé par rapport au signal d'entrée car il s'étale dans le temps. Il doit donc être traité.

Dans les fibres monomodales (doc. c), l'étalement dans le temps du signal de sortie est plus faible et elles peuvent donc être utilisées sur de longues distances (réseaux sous-marins).

Avec ce mode de transmission, les signaux sont très peu atténués mais le coût est important.



b – Qualité d'une transmission :

En dehors des perturbations extérieures (appelées « bruits » ou « parasites »), la qualité d'une transmission dépend de l'**atténuation** du signal et du **débit binaire** :

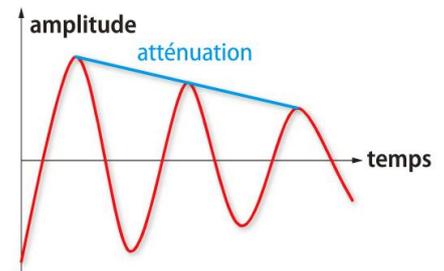
Atténuation du signal :

Lors de sa propagation, tout signal est atténué (à cause des phénomènes d'absorption et de diffusion) et voit son amplitude diminuer.

On peut évaluer cette atténuation A grâce aux puissances P_e et P_s du signal en entrée et en sortie :

$$A = 10 \cdot \text{Log} \left(\frac{P_e}{P_s} \right)$$

A s'exprime en dB
 P_e et P_s s'expriment en watt



On définit le **coefficient d'atténuation** α d'un câble ou d'une fibre optique en fonction de sa longueur L et de l'atténuation A du signal entre l'entrée et la sortie :

$$\alpha = \frac{A}{L} = \frac{10}{L} \cdot \log \left(\frac{P_e}{P_s} \right)$$

α s'exprime en $\text{dB} \cdot \text{m}^{-1}$
 A s'exprime en dB
 L s'exprime en mètre
 P_e et P_s s'expriment en watt

Débit binaire :

Le débit binaire D caractérise la vitesse de transmission d'un signal dans un canal de transmission. Il s'agit du nombre de bits (c'est-à-dire de 0 ou de 1) pouvant être transmis par unité de temps :

Si un canal transmet n bits pendant une durée Δt , le débit binaire D se définit par :
(D s'exprime en $\text{bit} \cdot \text{s}^{-1}$ et Δt s'exprime seconde)

$$D = \frac{n}{\Delta t}$$

EXERCICES : n°25,27 p516/517 et lire « préparer bac » p518

3/ LES IMAGES NUMÉRIQUES : Activité 14.3

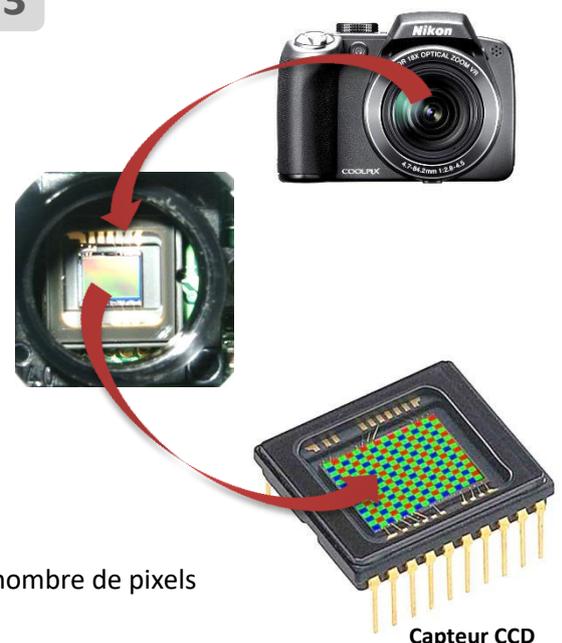
a - Pixellisation :

Dans un appareil photo numérique, les capteurs utilisés sont de petites cellules photoélectriques placées en quadrillage :

Cette méthode de capture de l'image implique un échantillonnage spatial et un codage en petits morceaux appelés pixels (**picture elements**).

La pixellisation est le fait de convertir une image en pixels. Le pixel, en abrégé px, est une portion de surface élémentaire permettant d'échantillonner spatialement une image.

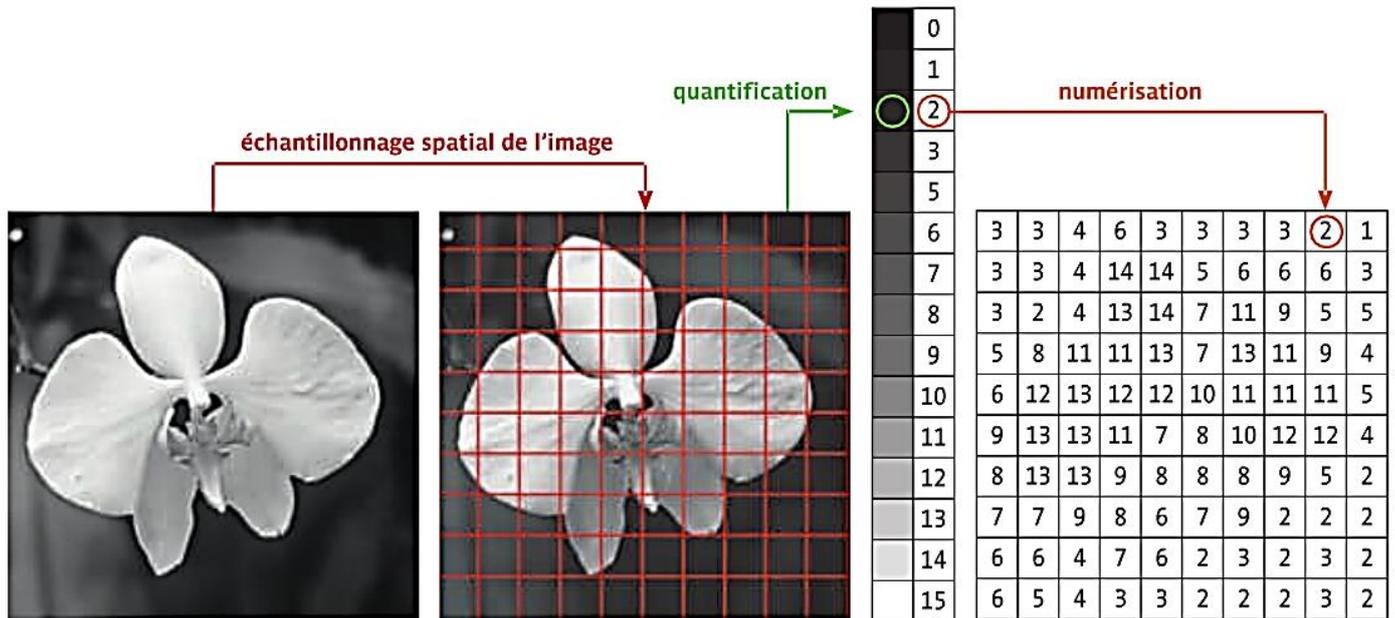
La définition de l'image correspond au nombre de pixels qu'elle contient (nombre de pixels en largeur X nombre de pixel en hauteur).



b - Principe du codage d'une image :

Dans chaque cellule d'un capteur CCD, l'intensité lumineuse (grandeur analogique) est convertie sous forme de tension électrique. Celle-ci est ensuite quantifiée puis numérisée : à chaque valeur d'intensité lumineuse correspond un niveau de gris codé numériquement.

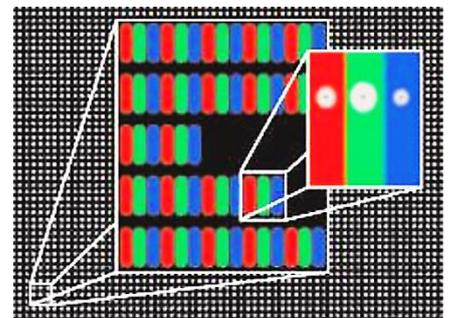
Exemple : un codage sur 4 bit permet de coder l'intensité lumineuse sur $2^4 = 16$ niveaux de gris :



La valeur numérique codant l'intensité lumineuse et la position du pixel sont stockées dans la mémoire de l'appareil photo. L'image est ensuite reconstruite par l'ordinateur à partir des données collectées et numérisées.

c - Codage RVB :

Chaque pixel d'un écran est composé de trois sous-pixels se comportant comme des sources lumineuses : une rouge, une verte et une bleue. La superposition de ces trois couleurs émises par des sources de lumière d'intensités variables permet de recréer toutes les autres couleurs.

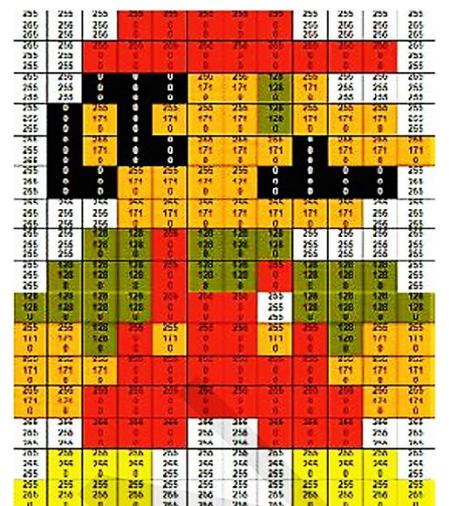


Dans le codage RVB des couleurs, chaque pixel est codé par trois nombres binaires (octet) correspondant chacun à une nuance de Rouge, de Vert et de Bleu. Un octet pouvant prendre $2^8 = 256$ valeurs différentes, chaque pixel peut prendre $2^8 \times 2^8 \times 2^8 = 16\,777\,219$ couleurs différentes.

En codage RVB, le gris s'obtient avec les trois valeurs identiques pour les trois couleurs primaires.

Une image numérique est donc codée par un tableau de nombres (voir image ci-contre) :

Couleur du pixel	Rouge	Vert	Bleu	Blanc	Noir	Orange	Rose
Codage R	255	0	0	255	0	255	255
V	0	255	0	255	0	127	127
B	0	0	255	255	0	0	255

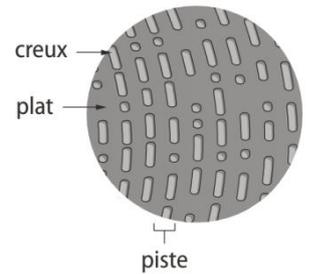


4/ STOCKAGE OPTIQUE DE L'INFORMATION :

a - Principe du stockage et de la lecture d'information :

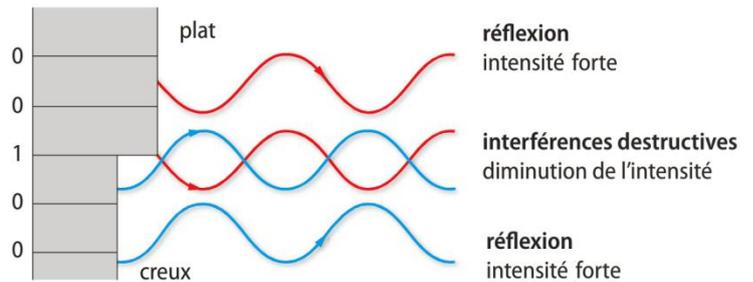
On appelle stockage optique la technologie consistant à écrire et à lire des informations en utilisant des phénomènes optiques.

Les disques optiques (CD, DVD, Blu-ray) contiennent de l'information numérique stockée sous forme d'une succession de creux et de plats disposés sur une piste métallique en spirale :

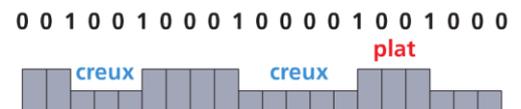


Pour lire l'information, un faisceau laser est concentré sur le disque et parcourt la piste réfléchissante :

- lorsque le faisceau laser parcourt un creux ou un plat, le faisceau laser est réfléchi avec une intensité constante
- lorsque le faisceau passe d'un creux à un plat (et inversement), le faisceau réfléchi par le creux et celui réfléchi par le plat sont en opposition de phase et interfèrent de manière destructive provoquant une diminution de l'intensité lumineuse



La variation de l'intensité lumineuse est codée en langage binaire par le lecteur de disque : une intensité maximale est codée par un « 0 », une diminution d'intensité est codée par un « 1 » :



b - Capacité de stockage :

La capacité de stockage est la quantité d'informations (donc de successions de creux/bosses) que peut contenir le disque optique.

Pour augmenter la capacité de stockage, il faut donc que les inscriptions sur les pistes soient plus fines et plus rapprochées. La concentration du laser étant limitée par la diffraction engendrée par les bords de la lentille convergente, il est nécessaire alors d'utiliser un laser de plus petite longueur d'onde (cf chapitre P2 : $\theta = \lambda/a$).

La capacité de stockage d'un disque optique est limitée par le phénomène de la diffraction.

