Un DM est une occasion importante pour prendre le temps de rédiger…

Exercice 1 : Cataclysme vers le centre de la galaxie

L'explosion d'une étoile dans notre galaxie, survenue il y a environ 1100 ans, a pu être étudiée en 2008 en analysant les rayonnements émis par l'étoile et qui continuent de nous parvenir. Les restes de cette supernova ont été baptisés « G0.9+0.1 » et constituent à l'heure actuelle un objet d'étude pour les astrophysiciens.

Lire les documents 1 à 5 pour répondre aux questions

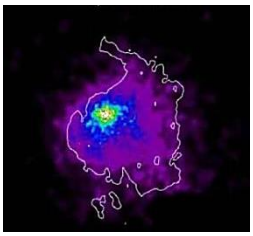
1. Le document 1 désigne différents rayonnements émis lors de l'explosion d'une étoile. Classer ces rayonnements en deux catégories : les rayonnements de particules et les rayonnements électromagnétiques. Parmi ces deux types de rayonnements, le(s)quel(s) satisfait(font) la définition des ondes ?
2. Chaque type de rayonnement peut permettre d'étudier un aspect différent de l'objet observé. Si l'on souhaite connaître la région la plus chaude de la supernova G0.9+0.1, quel cliché du document 2 faut-il observer ? Justifier à l'aide d'informations extraites des documents.
3. Le premier cliché du document 2 a été obtenu grâce au télescope spatial XMM-Newton. Exploiter les documents afin de justifier la nécessité d'utiliser des télescopes spatiaux et non terrestres pour faire ce type de clichés.

DOCUMENT 1

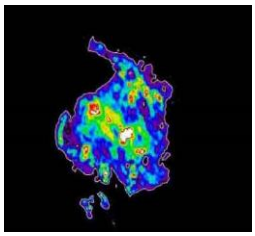
Il y a 1100 ans, au centre de la Voie Lactée (notre galaxie), l'explosion d'une étoile, aussi appelée supernova, a été la source de **multiples rayonnements** : des rayons γ, des rayons X, des ondes radio, mais aussi des électrons qui ont été éjectés à des vitesses proches de celle de la lumière et heurtent aujourd'hui les molécules de l'atmosphère terrestre. C'est l'étude des différents rayonnements émis lors de la supernova qui a permis à l'équipe d'Anne Decourchelle d'en obtenir une cartographie précise qui a fait la une de la revue *Astronomy and Astrophysics* de septembre 2008

DOCUMENT 2

Différents clichés du reste de la supernova G0.9+0.1



cliché en rayons X

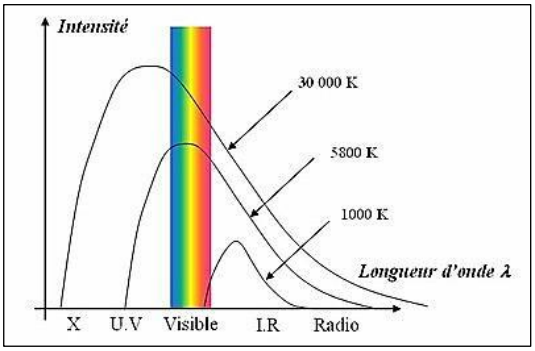


cliché en ondes radio

source : http://irfu.cea.fr/

DOCUMENT 3 : à propos du rayonnement thermique

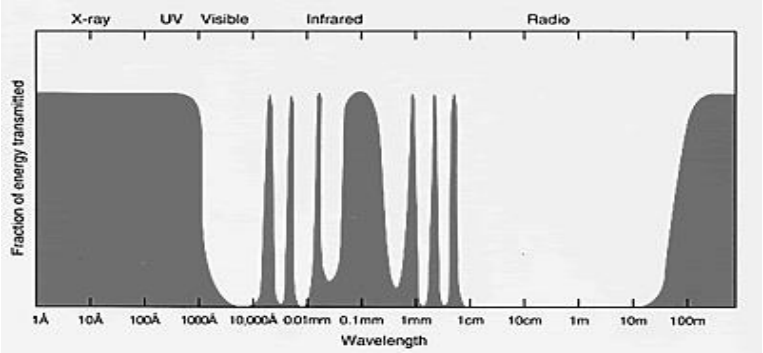
Rappel de 1ère S : tout objet émet un rayonnement électromagnétique dont le spectre dépend de sa température :



DOCUMENT 4 : le télescope XMM-Newton

Le télescope XMM-Newton est un observatoire en rayons X à haute résolution. Il a été lancé depuis la base de Kourou, en Guyane le 10 décembre 1999 par Ariane 5 et est en orbite autour de la Terre au-dessus de son atmosphère.

DOCUMENT 5 : transmission des rayonnements électromagnétiques par l'atmosphère terrestre



Exercice 2 - Principe de la lecture d'un disque optique (CD, DVD, BluRay…)

Constitution d'un CD

Inventé en 1982 par les sociétés Sony et Philips, le CD (Compact Disc) est un disque de 12 cm de diamètre et de 1.2 mm d'épaisseur permettant de stocker des informations numériques.

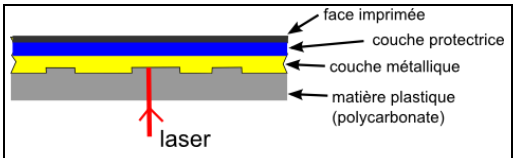


Figure 1 : Coupe d'un CD

Les CD audio sont constitués de 4 couches

- *un substrat en matière plastique (polycarbonate) pourvu de creux obtenus par pressage*
- *une fine pellicule métallique (or ou argent) constituant la couche réfléchissante*
- *une couche de laque acrylique anti-UV créant un film protecteur pour les données*
- *une couche en polymère servant de support aux informations imprimées*

Les données sont gravées sur une piste en forme de spirale qui fait près de ***5 km*** *de long, du centre vers l'extérieur. Il faut faire 22188 tours pour parcourir la totalité de la piste (figure 2).*

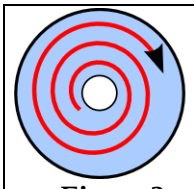


Figure 2

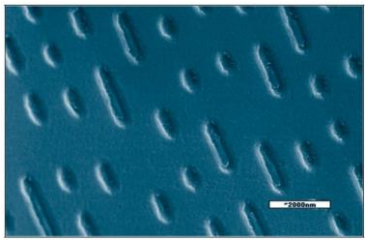


Figure 3 : photo de la surface d'un CD

La piste physique est constituée d'alvéoles d'une profondeur de 0,12 µm, d'une largeur de 0,67 µm et de longueur variable. On nomme creux (en anglais ***pit****) le fond de l'alvéole et on nomme plat (en anglais* ***land****) les espaces entre les alvéoles (figures 3 et 4).*

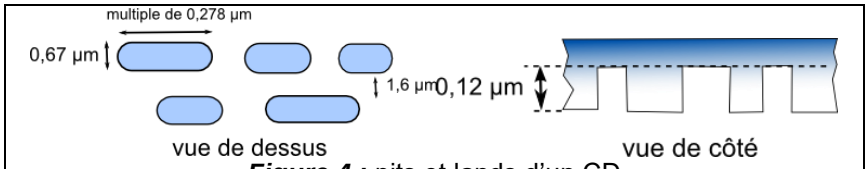


Figure 4 : pits et lands d'un CD

Principe de la lecture des données

Pour coder des données numériques, il faut une série de 0 et de 1. On pourrait penser que ce sont les creux et les plats qui représentent les « 1 » et les « 0 » mais la réalité est plus complexe : le lecteur lit « 0 » tant que le niveau ne change pas et c'est le passage d'un creux à un plat (ou l'inverse) qui représentera un « 1 » (figure 5). En pratique, la cellule chargée de lire les données regarde l'état de la surface tous les 0,278 µm : s'il n'y a pas de changement de niveau, elle renvoie un « 0 », sinon elle renvoie un « 1 ». Toutes les 8 lectures (chaque lecture représente un bit), on obtient un octet qui contient l'information contenue sur le CD (texte, musique etc…). Un CD contient environ ***700 Mbits****. Cela correspond à* ***74 minutes*** *de musique.*

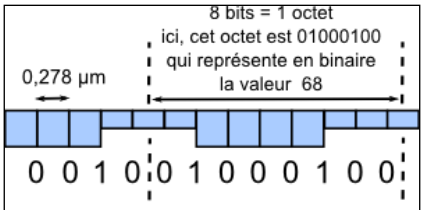


figure 5

Réalisation pratique de la lecture

Une diode laser émet un faisceau de longueur d'onde λ = 780 nm (figure 6). Ce faisceau traverse un miroir semi-réfléchissant et va frapper la surface du disque. Il se réfléchit et interfère avec lui-même. L'onde résultante de cette interférence est renvoyée à un capteur de lumière (composé de 4 photodiodes). Si le faisceau a frappé un creux, les interférences sont destructives sinon elles sont constructives. C'est ainsi que la cellule peut détecter si elle fait face à un creux ou un plat et ainsi interpréter les transitions creux/plat.

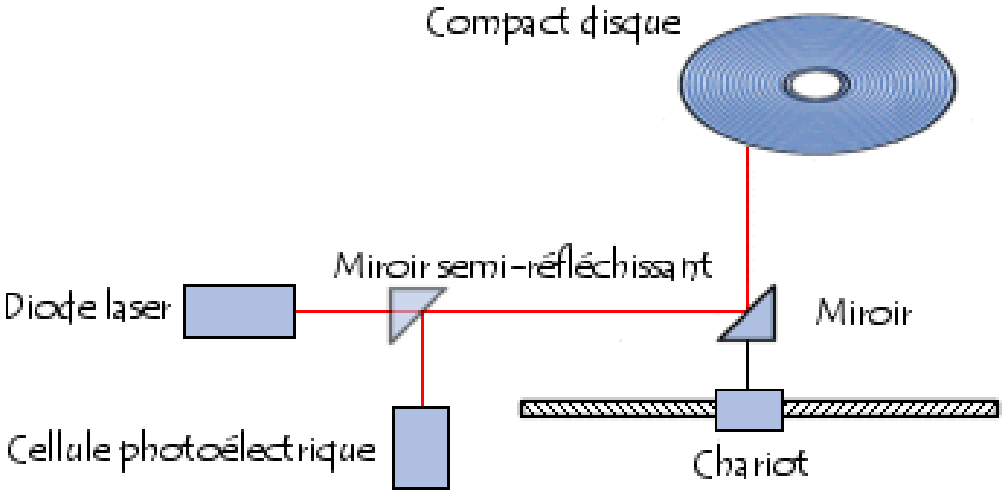
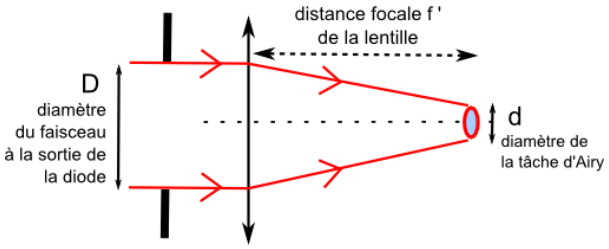


Figure 6 : schéma optique du lecteur CD

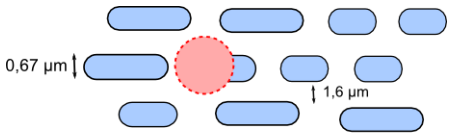
Le problème de la diffraction

Le bloc optique est constitué d'une diode laser suivi d'une lentille convergente. Les diamètres de la diode et de la lentille sont très faibles. Le faisceau subit donc une diffraction et l'image donné par la lentille n'est pas un point mais une petite tâche (appelée tâche d'Airy). On montre que dans ce cas, le diamètre de la tâche s'exprime :



$$d = \frac{1{,}22 \times \lambda}{NA}$$ *où NA (Numeric Aperture) est l'ouverture numérique (qui augmente quand la distance focale f' d la lentille diminue).*

La taille de cette tache limite le nombre d'informations que peut stocker un CD car il faut que la tache du laser ne lise qu'une piste à la fois (et ne déborde pas sur les pistes voisines), comme sur le schéma ci-dessous.



3 pistes vues de dessus

Pour augmenter la capacité de stockage, c'est-à-dire augmenter le nombre de creux par disque, il faut modifier la longueur d'onde du laser et l'ouverture numérique du bloc optique. C'est ainsi que sont nés le DVD et plus récemment le Blu-ray…

Comparaison des différents supports optiques

Type de support	**CD**	**DVD**	**HD-DVD**	**Blu-ray**
Longueur d'onde	780 nm	658 nm	405 nm	405 nm
Ouverture numérique NA	0,45	0,65	0,65	0,85
Capacité	700 Mbits	4,7 Gbits	15 Gbits	23 Gbits
Distance entre pistes	1,6 µm	0,74 µm	0,32 µm	0,4 µm
Largeur faisceau				

Sources : *Cours de Jean-Philippe Muller : www.louis-armand-mulhouse.eu/btsse/acrobat-cours/optiq.pdf* *Site : http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/audio/cd.html*
Document de J. Michot (IUT de Tours, sous la direction de Mme Lorenceau et M. Besse) *Schémas : O. Chaumette.*
Blu-ray : http://www.generation-nt.com/blu-ray-technologie-presentation-guide-description-article-24851-1.html

QUESTIONS

A- Le codage des données

1. Déterminer une valeur approchée de la vitesse linéaire v de lecture de la piste en mètre par seconde.

2. En déduire la vitesse de rotation en tours par minute (sachant que la vitesse angulaire ω en rad/s s'exprime : $\omega = \frac{v}{R}$, où R =3,6 cm, rayon moyen du disque). Vérifier que cette valeur est en accord avec le nombre de tours indiqués pour parcourir l'ensemble du CD.

3. En déduire le nombre de bits lu chaque seconde.

B- Le principe de la lecture des données

L'indice optique du polycarbonate est n_P = 1,55. Cet indice est lié à la célérité de la lumière v_P dans le polycarbonate par la formule : $n_P = \frac{c}{v_P}$ où c est la célérité de la lumière dans le vide (c= 3,00x10^8 m.s^{-1})

1. Calculer la célérité v_P de la lumière dans le polycarbonate.

2. Calculer la longueur d'onde λ_P du laser dans le polycarbonate sachant qu'elle est liée à la longueur d'onde λ du laser dans le vide par la formule : $\lambda_P = \frac{\lambda}{n_P}$.

3. Vérifier que la profondeur d'un « pit » est de l'ordre de $\lambda_P/4$.

4. *La réflexion sur un plat n'entraine aucun déphasage entre l'onde incidente et l'onde réfléchie.* Déduire alors de la réponse précédente pourquoi il y a interférences destructives lorsque le laser tape sur un creux.

C- Le problème de la diffraction

1. Calculer le diamètre de la tâche due à la diffraction pour un CD.

2. Montrer que, compte tenu de la largeur des pistes du CD, ce diamètre permet une lecture correcte.

3. Pourquoi la piste d'un DVD est-elle beaucoup plus grande que celle d'un CD ?

4. Pour un DVD, quelle doit-être la profondeur d'un creux ?

5. Expliquer les choix de longueur d'onde et d'ouverture numérique faits pour un DVD, pour un Blu-ray.