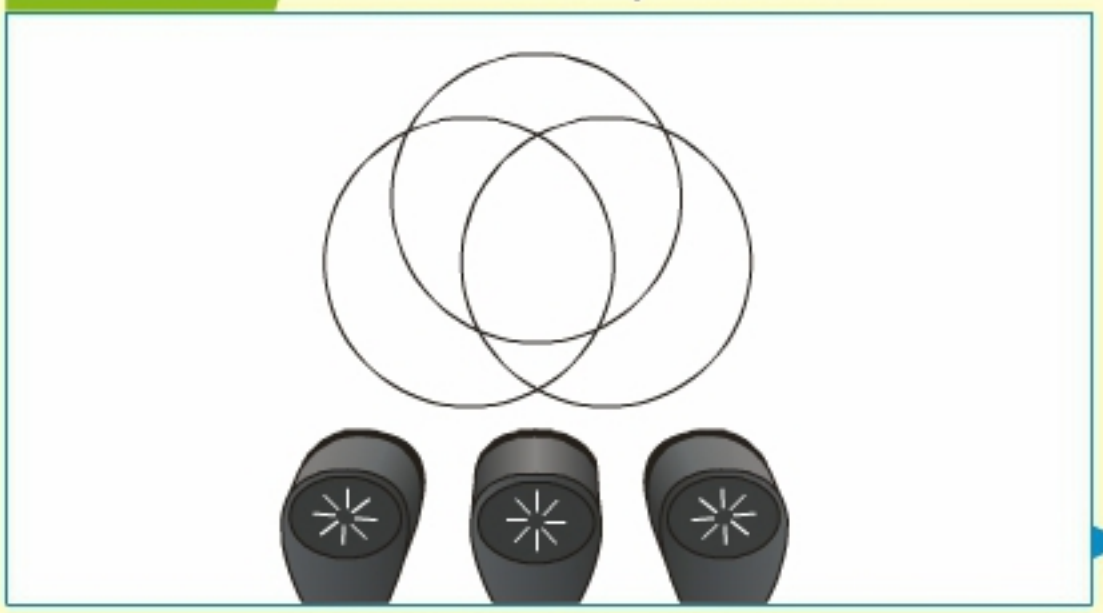
Avant d'aborder la séquence 7

Évaluation diagnostique

Pour chaque situation présentée, proposer une réponse en argumentant.

Situation 1

Pour vérifier l'indispensable



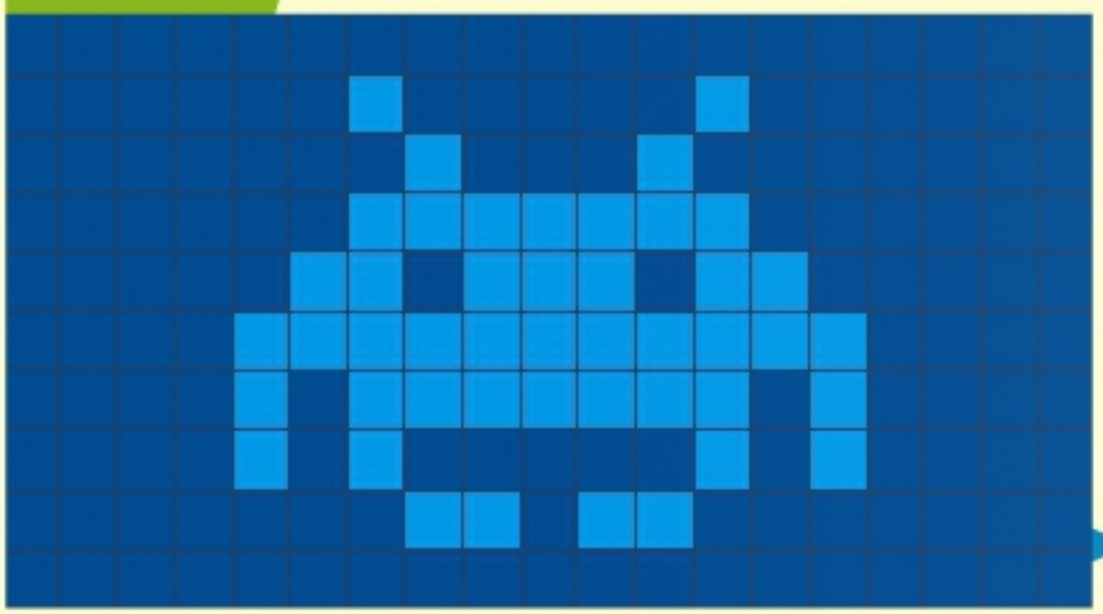
La synthèse additive des couleurs est l'addition de lumières colorées.

Reproduire et compléter la rosace résumant la synthèse additive des couleurs, en précisant les couleurs primaires, secondaires et la couleur de la partie centrale.

Activité 1, p. 536

Situation 2

Pour amorcer la réflexion



Space Invaders est l'un des premiers jeux vidéo. Le joueur devait combattre des aliens, dont voici une représentation.

Comment appelle-t-on généralement les cases de cette image numérique ? Que peut-on dire de la qualité de cette image ?

Activité 1, p. 536

Situation 3

Pour amorcer la réflexion

Le disque Blu-ray est un support de stockage lancé en France en 2007. Il succède au DVD.

Quelle(s) différence(s) existe-t-il entre le disque Blu-ray et le DVD ?

Activité 3, p. 538

SÉQUENCE 7

Images numériques et stockage optique

Les CD, DVD et disques Blu-ray sont les supports du stockage optique des images et du son numériques.

Les acquis des classes précédentes

- Des lumières de couleurs **rouge**, **bleue**, et **verte** permettent de reconstituer des lumières colorées par synthèse additive.
- La lumière d'une **source monochromatique** ne peut pas être décomposée par un système dispersif. Elle est caractérisée par sa longueur d'onde dans le vide, notée λ.

Les compétences à acquérir

1. **Caractériser** une image numérique.
2. **Expliquer** le principe de lecture d'un disque optique.
3. **Comprendre** la capacité de stockage.

→ **Culture scientifique**
CD, DVD et disques Blu-ray

Activité 1

TP Activité expérimentale

Compétences expérimentales évaluées
- S'approprier un montage expérimental.
- Analyser un résultat expérimental.

Images numériques

Les images numériques font désormais partie de notre quotidien. Comment les caractériser ?

1 Caractéristiques d'une image numérique

Principe

Depuis l'apparition des premiers appareils photographiques numériques et le développement des logiciels de traitement d'images dans les années 1980-1990, les images numériques (Fig. 1) sont devenues incontournables. On appelle image numérique une image acquise, créée, traitée et/ou stockée sous forme binaire. À l'aide d'un logiciel, il est possible de déterminer les caractéristiques d'une telle image.

Fig. 1 Un appareil photo numérique.

Mise en œuvre au laboratoire

Matériel
- webcam ou appareil photographique numérique
- ordinateur
- logiciel de traitement d'images Paint

1 Citer deux types d'images numériques.

- Prendre une photographie numérique, puis la transférer sur un ordinateur. Ouvrir l'image dans le logiciel Paint. On pourra s'aider de la *fiche pratique 6, p. 582*.
- Noter les propriétés de l'image indiquées.
- Agrandir l'image au maximum.
- Noter les observations qu'il est possible de faire.
- Ouvrir la palette de couleurs.

2 **a.** À partir de quelles couleurs, dites « primaires », sont créées toutes les nuances de la palette ?

b. Des nombres sont associés à chacune de ces couleurs. Quelle la valeur maximale ? minimale ?

c. Choisir une des couleurs de la photographie, puis la reproduire à l'aide de la palette. Relever alors les nombres associés à chaque couleur primaire.

Exploitation

Une image numérique est subdivisée en pixels. Le nombre de pixels qui constituent l'image est appelé « définition de l'image ».

3 Déterminer la définition de l'image numérique étudiée.

4 Rechercher ce qu'on appelle une image pixelisée. Comment obtient-on une telle image ?

Chaque pixel est associé à un nombre binaire qui code sa couleur. On parle de codage couleur « 24 bits » lorsque chaque couleur primaire est représentée par un octet (nombre binaire constitué de 8 bits).

Pour n bits, il y a 2^n nombres binaires possibles.

5 Déterminer combien de nombres binaires possibles sont associés à chaque couleur primaires pour créer la couleur d'un pixel. Expliquer la réponse à la question **2.b**.

Pour conclure

6 Expliquer pourquoi l'on dit que l'on peut associer un tableau de nombres à une image numérique.

2 Principe d'acquisition d'une image numérique

Principe

Sur un appareil photographique numérique, l'image se forme sur un capteur. Les capteurs n'étant pas sensibles à la couleur, ils sont recouverts de filtres colorés.

Mise en œuvre au laboratoire

Matériel
- webcam ou appareil photographique numérique
- filtres colorés
- logiciel de traitement d'images PhotoFiltre

- Prendre la photographie d'une même scène en plaçant successivement les différents filtres colorés.
- À l'aide du logiciel, superposer les images obtenues de manière à retrouver les couleurs d'origine de la scène.

1 À partir de quelles photographies a-t-on réussi à retrouver les couleurs de la scène ?

Pour conclure

2 **a.** Quels filtres recouvrent les capteurs d'un appareil photographique numérique pour enregistrer les couleurs ?

b. En s'aidant de la partie 1, expliquer l'appellation « codage RVB » pour coder les couleurs des images numériques.

Activité 2

Activité documentaire

Animation

Lecture optique d'un CD

Le phénomène d'interférences est exploité pour la lecture d'un disque optique.

Compétences scientifiques évaluées
- Extraire une information utile.
- Identifier les paramètres jouant un rôle dans un phénomène physique.

Étude de documents

Structure du disque compact

Dans les années 1950, les disques vinyles prennent leur essor : sur ce type de support, le son est enregistré sous forme analogique et restitué par une aiguille qui frotte sur le disque. L'usure des disques et l'avènement du numérique et du laser conduisent à l'invention du disque compact (CD, pour *Compact Disc*), lancé en 1982 par les sociétés Philips et Sony.

Le terme de « compact » ne doit rien au hasard : on peut en effet stocker 74 minutes de données audio, ou 700 Mo de données informatiques, sur une galette de 12 cm de diamètre et de 1,2 cm d'épaisseur, contre 40 minutes de musique par face sur un disque vinyle de 30 cm de diamètre.

Un CD est constitué d'une rondelle de plastique, sur laquelle sont gravés par pressage des creux disposés sur une piste en spirale, recouverte ensuite d'une fine couche métallique réfléchissante (Fig. 1).

La succession de creux (ou *pits*) et plats (ou *lands*) matérialise le codage numérique des données, autrement dit la succession de « 0 » et de « 1 » qui correspondent aux données numérisées.

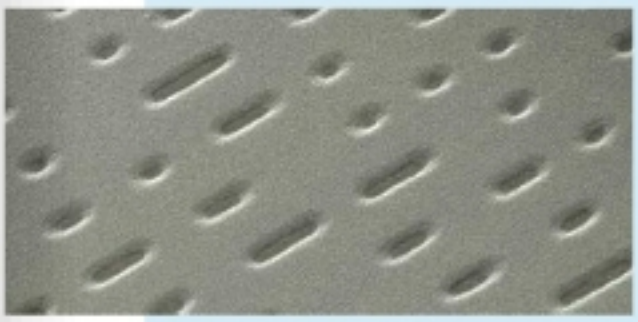


Fig. 1 Observation d'un CD au microscope électronique.

Principe de lecture du disque compact

Contrairement à ce que l'on peut penser, les creux et les plats ne correspondent pas exactement aux « 0 » et aux « 1 » du langage binaire. Pour comprendre comment restituer le langage binaire à partir des creux et des plats, il faut analyser le principe de lecture du disque.

Un lecteur CD est constitué d'un faisceau laser qui balaye le disque. Ce faisceau laser est réfléchi par la couche métallique recouvrant les pistes. S'il reste sur un plat ou un creux, le faisceau incident est réfléchi. S'il passe maintenant du plat au creux, une partie du faisceau est réfléchie par le plat et une autre est réfléchie par le creux (Fig. 2 a). La profondeur des creux est telle que ces deux faisceaux réfléchis sont en opposition de phase et interfèrent de manière destructive (Fig. 2 b). Tant que l'intensité de la lumière réfléchie ne change pas (sur un plat ou un creux), cela correspond à un « 0 ». Lorsque la lumière frappe le bord d'une zone creuse (au début ou à la fin de celle-ci), il y a interférence destructive et l'intensité du faisceau réfléchi diminue : cela correspond à un « 1 ».

Une photodiode capte alors les variations de lumière, puis les transforme en un signal électrique numérique, qui est ensuite converti en analogique et amplifié.

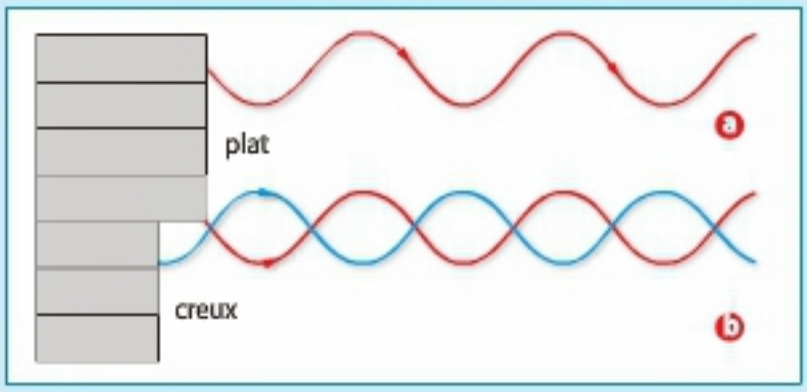


Fig. 2 Principe de la lecture optique d'un CD.

Pistes de réflexion

1 **a.** Relever les caractéristiques du CD citées dans le texte.

b. Sous quelle forme est codée l'information sur un CD ?

2 Quels phénomènes optiques sont exploités dans la lecture optique du CD ?

3 **a.** Donner les conditions d'interférences constructives et destructives.

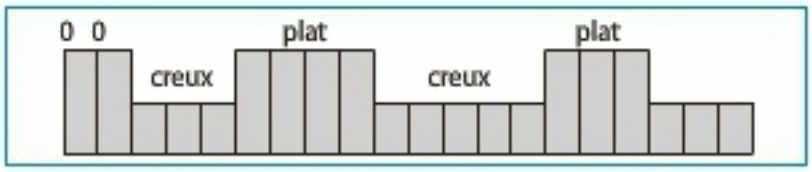
b. Indiquer quel type d'interférences est exploité dans la lecture optique. Entre quels faisceaux se produit-il ?

c. Pour un laser utilisé de longueur d'onde λ, la profondeur d'un creux est de $\lambda/4$. Quelle sera la différence de distance parcourue entre l'onde réfléchie par le creux et celle réfléchie par le plat ? Est-ce cohérent avec la réponse précédente ?

Pour conclure

4 Pourquoi le CD est-il qualifié de « disque optique » ?

5 En expliquant comment les interférences permettent de retrouver le langage binaire inscrit sur le CD, reproduire et compléter le codage binaire de la figure ci-dessous.



Activité 3

Démarche d'investigation

Capacité de stockage

La capacité de stockage d'un disque Blu-ray est 5 fois plus importante que celle d'un DVD, pourtant de même format.

Compétences scientifiques évaluées
- Valider ou invalider des hypothèses.
- Identifier les paramètres jouant un rôle dans un phénomène physique.

Pour commencer (situation déclenchante)

Sur un disque optique, les informations sont codées en langage binaire et matérialisées par une succession de creux et de plats, inscrits au moyen d'un laser sur une piste disposée en spirale.

Pour augmenter la capacité de stockage tout en conservant le même format, il faut que les inscriptions soient plus fines et plus rapprochées. Cela a été rendu possible en remplaçant le laser rouge, utilisé pour l'écriture et la lecture des DVD, par le laser bleu du Blu-ray, à l'origine de son nom (Fig. 1).

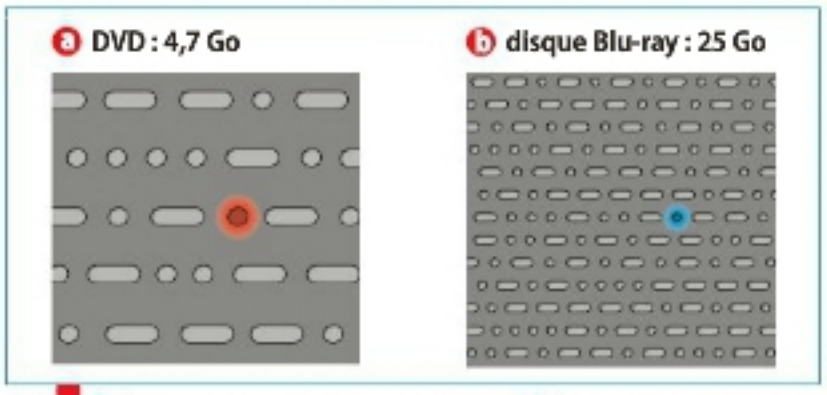


Fig. 1 a : faisceau laser rouge sur un DVD et b : faisceau laser bleu sur un Blu-ray, à la même échelle.

Investigation

Pourquoi le laser bleu permet-il d'écrire et de lire des inscriptions plus fines que le laser rouge ?

Quelques idées (hypothèses)

– Valentin : « *On voit sur le schéma que la tache bleue est plus petite que la rouge !* »

– Yasmine : « *Ce qui change entre les lasers bleu et rouge, c'est la longueur d'onde !* »

– Esteban : « *Le laser utilisé pour le Blu-ray doit être plus fin.* »

Étude de documents (recherche de validation)

Dans le domaine de l'approximation de l'optique géométrique, il est possible de concevoir des instruments, objectifs complexes ou simple lentille, dont le pouvoir de concentration de la lumière serait infini. Tel serait en effet le cas d'un objectif idéal, éclairé par un pinceau de lumière parallèle dont tous les rayons émergents convergeraient vers un point de dimension nulle, le foyer (Fig. 2 a). Ce n'est malheureusement pas ainsi que les choses se passent en pratique. Par suite de la nature ondulatoire de la lumière, la répartition de l'énergie dans le plan focal a l'allure d'une petite tache circulaire aux limites mal définies (Fig. 2 c) dont l'aspect général est représenté sur la figure 2 b. Cette tache est connue sous le nom de tache d'Airy ; son étalement est fonction à la fois de la longueur d'onde λ de la radiation utilisée et de l'ouverture numérique N de l'objectif. En l'absence de borne précise, on convient de limiter le diamètre utile de la tache d'Airy à celui de son premier anneau noir, dont l'expression est donnée dans la formule : $D = 1{,}22\ \lambda/N$.

Georges Broussaud, *Les Vidéodisques*, Masson-Armand Colin, 2005.

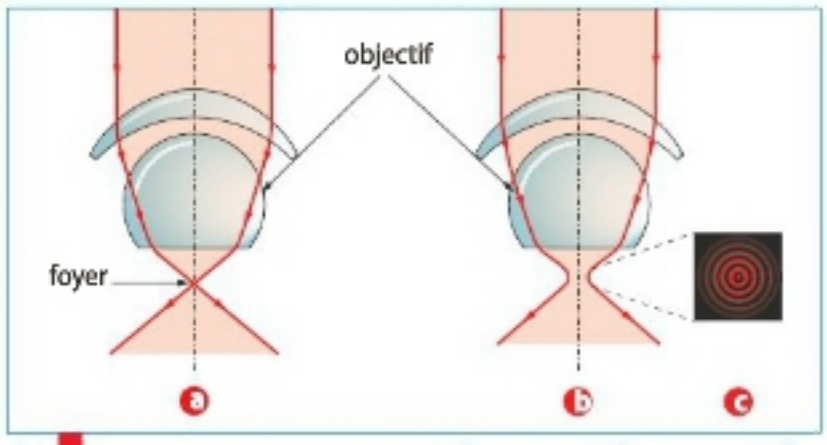


Fig. 2 Focalisation d'un faisceau laser. a : cas idéal, b : cas réel et c : figure obtenue dans le cas réel.

1 Une lentille est utilisée pour concentrer le faisceau laser lors de l'écriture et la lecture d'un disque.

a. Quel autre nom donne-t-on à la lentille dans le texte ?

b. Comment se nomme la grandeur qui la caractérise ?

2 Quel problème rencontre-t-on lorsqu'on cherche à concentrer le faisceau laser avec une lentille ?

3 À quel phénomène de nature ondulatoire font penser la figure 2 c et la formule du diamètre de la tache ?

4 Expliquer pourquoi, pour une même lentille, la tache obtenue avec un laser bleu est plus petite que celle obtenue avec un laser rouge.

Données. *Domaine de longueur d'onde de la lumière rouge : 647 à 750 nm ; de la lumière bleue : 424 à 491 nm.*

Pour conclure

5 **a.** Quel phénomène limite la capacité de stockage des disques optiques ?

b. De quels paramètres dépend-il ?

6 Expliquer le lien entre ce phénomène, la taille des creux gravés au laser et l'espacement des pistes pour la lecture optique.

7 On peut stocker moins d'informations sur un CD que sur un DVD. Que peut-on en conclure, pour une même lentille sur le laser utilisé pour la lecture des CD ?

Cours

1 Images numériques

› Activité 1

• Définition

Une image numérique est une image acquise, créée, traitée et/ou stockée en langage binaire (succession de « 0 » et de « 1 »).

Exemple

Une image de synthèse créée sur logiciel, issue d'un appareil numérique ou publiée sur Internet, est une image numérique.

• Pixels

Une image numérique est subdivisée en cases, appelées **pixels** (contraction de l'anglais *picture element*, qui signifie « élément d'image ») (Fig. 1 a).

Un pixel est le plus petit élément constitutif de l'image.
Une image est dite pixellisée si les pixels sont apparents.

Exemple

L'inscription « 4608 × 3456 » (ou « 16 MP ») pour des photographies numériques indique la définition de l'image, c'est-à-dire le nombre de pixels la composant. Elle signifie que l'image contient 4 608 pixels en largeur et 3 456 en hauteur, soit $4\,608 \times 3\,456 = 15{,}95 \times 10^6$ pixels ≃ 16 mégapixels.

La qualité d'une image dépend de sa **résolution**, c'est-à-dire du nombre de pixels par unité de longueur. Plus ce nombre est élevé, moins l'image est pixellisée (Fig. 1 a et b).

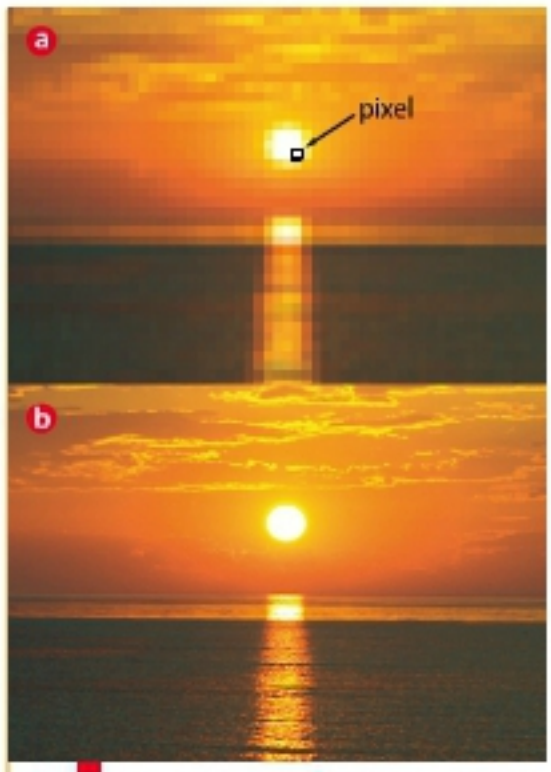


Fig. 1 Image pixellisée a et de bonne résolution b.

• Codage d'une image numérique

On associe à chaque pixel une série de **bits** (« 0 » ou « 1 »), c'est-à-dire un nombre binaire, qui codent les niveaux de gris ou les couleurs.

• Pour les **niveaux de gris**, le nombre binaire est associé à une des nuances d'une palette allant du blanc au noir.

• Pour les couleurs, un nombre binaire est associé à chaque nuance de rouge, de vert et de bleu, les couleurs primaires de la synthèse additive des couleurs. On parle alors de **codage RVB** (Fig. 2).

Exemple

Dans le codage RVB « 24 bits » (ou « couleurs vraies »), chaque couleur primaire est codée par un octet (paquet de 8 bits). Un pixel est donc codé par 3 octets. Il existe $2^8 = 256$ nombres binaires possibles, numérotés de 0 à 255, pour décrire chaque couleur. Il y a donc 256 × 256 × 256 ≃ 17 millions de couleurs possibles (Fig. 3).

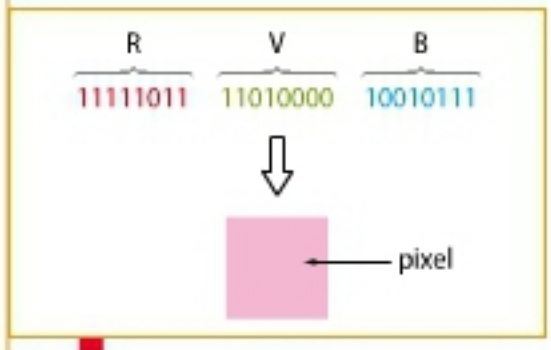


Fig. 2 Exemple de codage RVB d'une couleur.

Une image numérique est un tableau de nombres : chaque pixel est codé par un nombre binaire qui correspond à un niveau de gris, ou par trois nombres correspondant à une nuance de rouge, de vert et de bleu pour les couleurs (codage RVB).

Traiter une image numérique à l'aide d'un **logiciel** revient à modifier la valeur des nombres du tableau codant l'image.

➡ Exercices 1 à 5

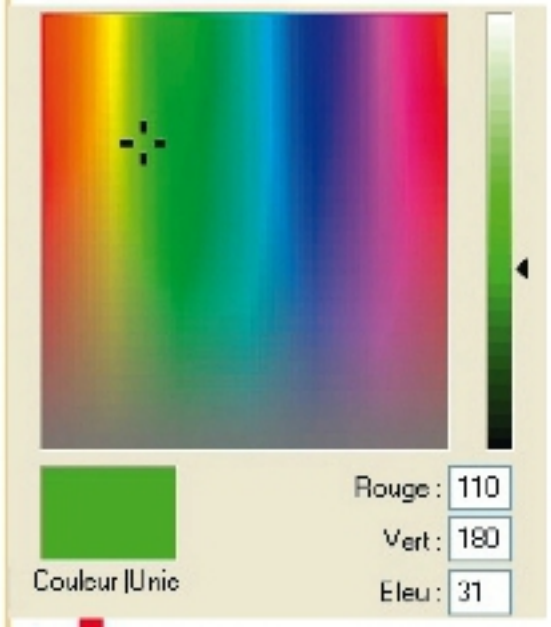


Fig. 3 Palette de couleurs d'un logiciel de traitement d'images.

2 Lecture optique

› Activités 2 et 3

• Les supports du stockage optique

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

Les **disques optiques**, comme le CD (*Compact Disc*), le CD-ROM, le DVD (*Digital Versatile Disc*) ou le disque Blu-ray, sont les supports du stockage optique. Les informations (musique, vidéos, etc.) qu'ils contiennent sont codées en langage binaire, c'est-à-dire par une succession de bits, et inscrites sur une piste disposée en spirale. Les bits sont matérialisés de façon à créer un contraste optique : creux et plats pour les disques préenregistrés, zones opaques et transparentes pour les disques enregistrables.

Exemple

Lorsqu'on observe la structure d'un CD au microscope électronique, on distingue les creux et les plats gravés sur les pistes en spirale (Fig. 4). Leurs dimensions sont de l'ordre du micromètre.

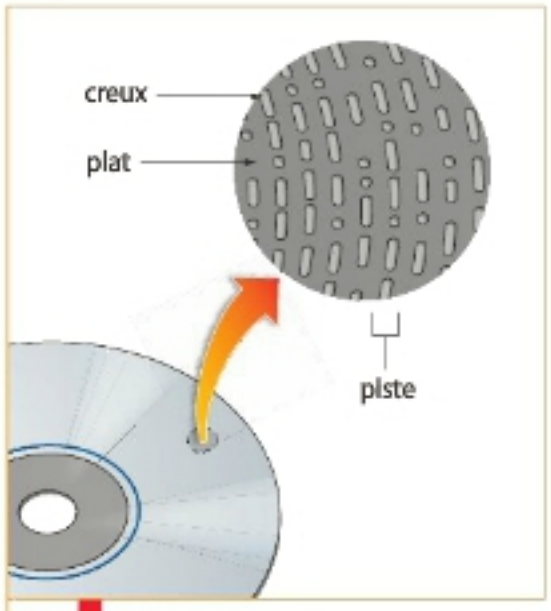


Fig. 4 Détail d'un CD.

• Lecture optique Animation

Pour lire l'information inscrite sur le disque optique, on exploite deux propriétés de la lumière : la **réflexion** et les **interférences** entre deux lumières monochromatiques de même longueur d'onde.

Un faisceau laser incident est concentré sur le disque et parcourt une piste. Il est réfléchi par la surface métallique recouvrant la piste.

• Lorsque le faisceau laser parcourt un creux ou un plat, le faisceau incident est **réfléchi** et l'intensité de la lumière réfléchie est **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**.

La réflexion de la lumière sur un creux ou un plat code le bit « 0 », tandis que la variation d'intensité de la lumière due aux interférences destructives correspond au bit « 1 » (Fig. 5).

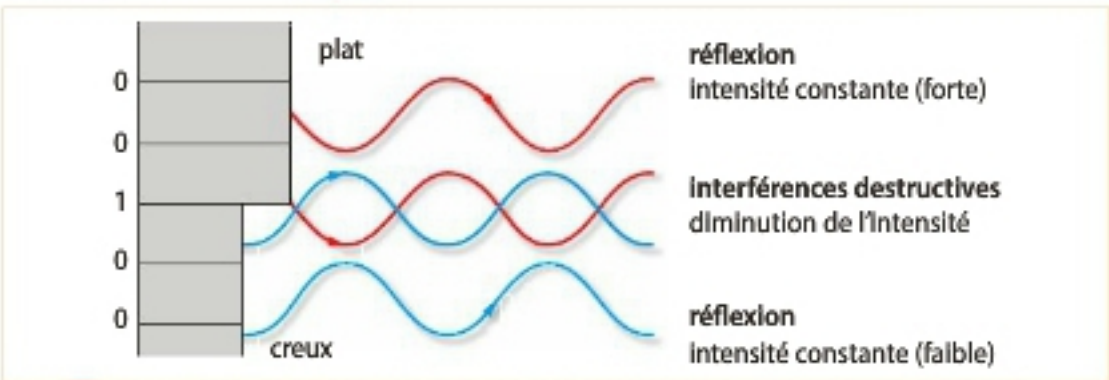


Fig. 5 Principe de lecture optique d'un CD préenregistré.

Les variations d'intensité de la lumière sont le résultat de la réflexion du faisceau laser sur un creux ou un plat et des interférences destructives entre les faisceaux réfléchis par un creux et par un plat. Elles permettent de retrouver le langage binaire inscrit.

➥ Exercices 6 à 10

Sciences et culture

La taille du CD

Selon la légende, la taille du premier CD (12 cm de diamètre) aurait été choisie de manière à stocker 74 minutes de musique, soit la durée de la Neuvième symphonie de Beethoven dans sa version lente. Cette demande aurait été formulée par le chef d'orchestre autrichien Herbert von Karajan ou, selon une autre version, par le président de Sony, la société qui a lancé le premier CD avec Philips en 1982.

3 Capacité de stockage

› Activité 3

La capacité de stockage est la quantité d'informations que peut contenir un support.

Pour accroître la capacité de stockage d'un **disque optique**, tout en conservant le même format, il faut que les inscriptions sur les pistes soient plus fines et rapprochées.

Mais, lors de l'écriture et la lecture, la concentration du faisceau laser par une lentille convergente est limitée par le phénomène de **diffraction**. En effet, le faisceau laser ne se concentre pas en un point, mais en une tache de diffraction dont les dimensions sont proportionnelles à la **longueur d'onde du laser**. L'emploi de lasers de longueur d'onde de plus en plus courte a permis d'accroître la capacité de stockage des disques optiques.

La capacité de stockage d'un disque optique est limitée par le phénomène de diffraction. En diminuant la longueur d'onde du laser, et donc la dimension de la tache de diffraction, on parvient à stocker davantage d'informations.

Exemple

La capacité de stockage a été multipliée par 25 entre le CD et le disque Blu-ray en diminuant la longueur d'onde du laser utilisé : 780 nm pour le CD, 650 nm pour le DVD et 405 nm pour le disque Blu-ray (Fig. 6).

➥ Exercices 11 à 15

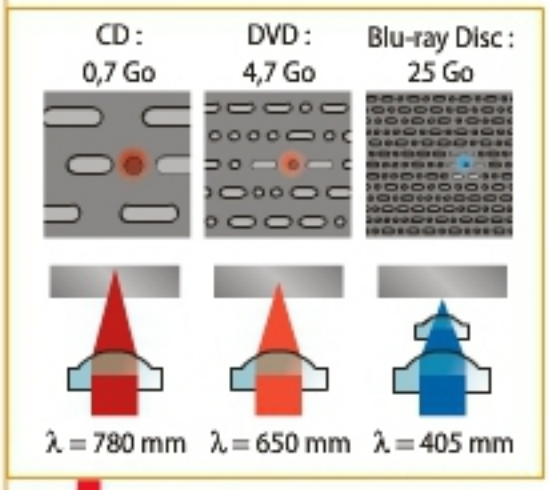


Fig. 6 Comparaisons des caractéristiques des CD, DVD et disques Blu-ray.

Les compétences à acquérir

1 Caractériser *une image numérique*

- Une image numérique est composée de **pixels**.
- On attribue à chaque pixel un nombre binaire qui code sa nuance de gris ou sa couleur, composée à partir des trois couleurs primaires de la synthèse additive des couleurs : rouge, vert et bleu. On parle alors de **codage RVB**.
- Une image numérique est un **tableau de nombres** qui peut être modifié à l'aide de logiciels de traitement d'images.

2 Expliquer *le principe de lecture d'un disque optique*

- Les données numériques sont enregistrées sur un disque optique par une succession de **creux** et de **plats** disposés sur une piste réfléchissante organisée en spirale.
- Lorsque la lumière d'un laser arrive sur un creux ou un plat, elle est **réfléchie**. Lors du passage entre un creux et un plat, les faisceaux réfléchis par ces deux structures interfèrent de manière **destructive**.
- Les **variations d'intensité de la lumière** obtenues en parcourant la piste permettent de retrouver le langage binaire enregistré.

3 Comprendre *la capacité de stockage*

- Augmenter la **capacité de stockage** d'un disque optique en conservant le même format revient à enregistrer et à lire des inscriptions plus fines et plus rapprochées.
- Il faut alors diminuer la **taille de la tache de diffraction** du faisceau laser sur le disque, ce qui est rendu possible en diminuant la **longueur d'onde** du laser utilisé.

Exercices

Compétence 1

› *Caractériser une image numérique*

1 **QCM**

Choisir la (ou les) bonne(s) réponse(s).

❶ Un pixel est :
- **a** le plus petit élément d'une image numérique ;
- **b** codé par un nombre binaire ;
- **c** une unité de longueur.

❷ Le codage numérique des couleurs :
- **a** repose sur la synthèse additive des couleurs ;
- **b** repose sur la synthèse soustractive des couleurs ;
- **c** consiste à associer aléatoirement un nombre binaire à chaque couleur existante.

❸ Une image numérique est :
- **a** obtenue avec un appareil photo numérique ;
- **b** un tableau de nombres binaires ;
- **c** caractérisée par le nombre de pixels la composant.

2 ***Street art***

Cette œuvre d'art de rue s'inspire des images numériques.

1. Qu'appelle-t-on « image numérique » ? Donner deux exemples.

2. De quelle caractéristique des images numériques s'est inspiré l'artiste ? Donner sa définition.

3. Quel est le lien entre cette caractéristique et la qualité d'une image numérique ?

3 **Codage en nuances de gris**

Voici l'extrait d'une palette de nuances de gris utilisée dans un logiciel de traitement d'images.

000	008	016	024	032	040	048	056	064	072	080
088	096	104	112	120	128	136	144	152	160	168
176	184	192	200	208	216	224	232	240	248	255

1. Comment sont codées les informations d'une image numérique ?

2. Un pixel est codé par un octet, c'est-à-dire un paquet de 8 bits. Pour un nombre *n* de bits, il y a 2^n nombres binaires possibles.

a. Proposer une explication aux chiffres inscrits sur les différentes teintes.

b. Pourquoi une image numérique peut-elle être considérée comme un tableau de nombres ?

4 **Mode d'un appareil photo**

En réglant son appareil photographique numérique, Éloïse constate les informations suivantes pour trois formats d'image différents. Les images sont de tailles identiques.

Format ❶	Format ❷	Format ❸
640 × 480 px pour envoi par e-mail ou pour photo Web 991 img rest	2560 × 1920 px pour l'impression jusqu'au format A4 (210 × 297 mm) 645 img rest	4608 × 3456 px pour l'impression jusqu'au format A2 (420 × 594 mm) 298 img rest

1. Quelle caractéristique des images numériques est précisée ici ?

2. En comparant les qualités des différentes images, proposer une explication aux conseils d'utilisation des formats.

3. a. Expliquer pourquoi le nombre de bits associés aux images augmente du format ❶ au format ❸.

b. Selon vous, pourquoi le nombre d'images restantes diminue-t-il du format ❶ au format ❸, pour une même carte mémoire ?

5 **Couleurs numériques**

Pour obtenir la couleur magenta sur un logiciel de création d'images, on a effectué les réglages suivants :

1. a. Comment appelle-t-on le système de codage des couleurs d'une image numérique ?

b. Sur quelle propriété des couleurs repose-t-il ? Rappeler son principe.

2. En analysant le codage du magenta, trouver comment coder les couleurs suivantes : cyan, blanc, noir et vert.

3. Expliquer pourquoi modifier la couleur d'un pixel d'une image numérique revient à modifier un tableau de nombres.

Compétence 2

› *Expliquer le principe de lecture d'un disque optique*

6 VRAI ou FAUX ?

Corriger, si nécessaire, les informations suivantes.

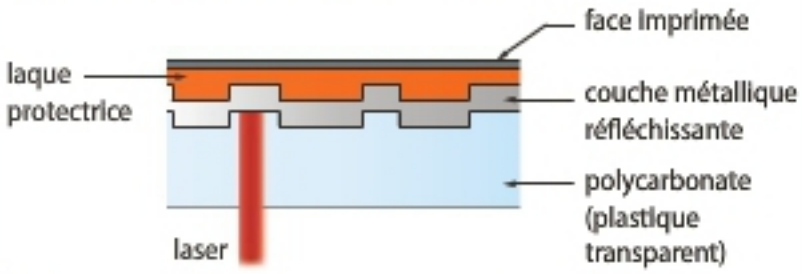
❶ Sur un disque optique, les informations sont de nature analogique.

❷ La lecture optique d'un disque repose sur la réflexion de la lumière et les interférences lumineuses.

❸ Dans le cas d'un disque optique enregistré, les creux codent un bit et les plats, un autre bit.

7 CD de profil

Le schéma ci-dessous représente un CD en coupe.



1. Que matérialisent les creux et les plats du CD ?

2. Quel est le rôle de la couche métallique ?

3. Quel changement se produit lorsque la lumière laser arrive sur le bord d'un creux ?

8 Le CD-R

Les *coupelles* [...] avaient été choisies de façon à ce que les CD soient fabriqués de la même manière que les *33-tours*, tout en permettant de découper la lumière réfléchie du faisceau laser pour restituer le *morse optique du codage numérique*.

Mais tout autre procédé assurant la réflexion ou l'extinction, donc 0 ou 1, de l'émission laser convient aussi bien. Le plus accessible ? Tout simplement celui mis en œuvre pour les codes à barres avec une succession de traits noirs ou blancs : la lumière est renvoyée par les blancs et absorbée par les noirs. C'est en partant de cette idée que Kodak mit au point le premier CD-R. Ici, le R signifie recordable, « enregistrable ». Les coupelles qui provoquaient l'extinction du faisceau réfléchi par interférences vont être simplement remplacées par des taches sombres sur la surface réfléchissante du disque.

Gabriel Martin, « Enregistrer tout en couleur », *La Recherche* n° 372, fév. 2004.

1. B2i En effectuant éventuellement une recherche sur Internet, expliquer les termes en italique.

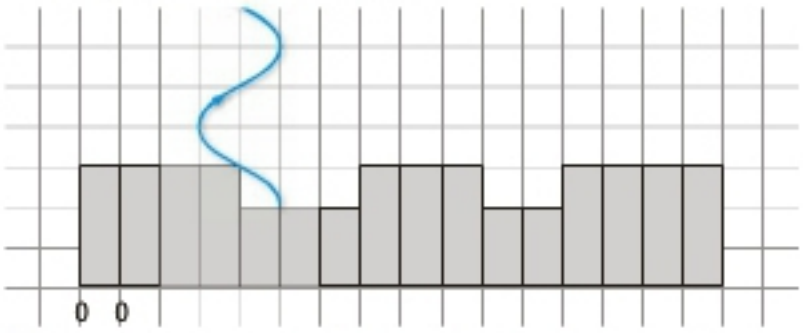
2. Quel phénomène est responsable de l'extinction dans les CD ? Justifier.

3. Quel autre système à lecture optique est cité dans le texte ?

4. Quel phénomène est responsable de l'extinction dans les CD-R ?

9 La lecture optique par le schéma

Voici un schéma (incomplet) expliquant le principe de la lecture optique d'un disque par laser :



1. Que représente la sinusoïde sur le schéma ?

2. a. Rappeler le phénomène qui a lieu lorsque le faisceau laser passe d'un plat à un creux.

b. Dans quelles conditions doivent être les ondes lumineuses réfléchies pour que ce phénomène ait lieu ?

c. Reproduire le schéma et dessiner l'onde manquante.

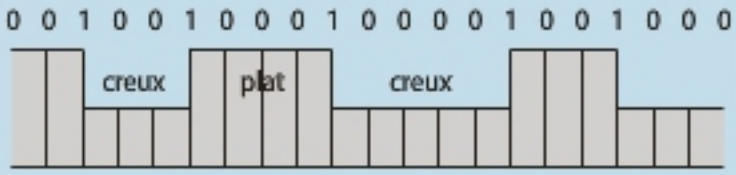
3. Sachant que ce phénomène code un « 1 », recopier et compléter le langage binaire inscrit.

4. Expliquer pourquoi il ne peut pas y avoir deux bits « 1 » successifs dans le codage binaire d'un CD.

EXERCICE RÉSOLU

10 Creux et langage binaire

Voici les creux et les plats gravés sur un CD et le codage binaire correspondant.



Associer, en justifiant, chacun des termes des listes suivantes au bit « 1 » ou au bit « 0 » :

– passage creux/plat ; passage plat/creux ; creux ; plat.

– intensité lumineuse réfléchie constante ; variation de l'intensité lumineuse réfléchie.

Aides et méthodes

Deux phénomènes sont à l'origine de la lecture optique.

Solution

Bit « 1 » : passage creux/plat ; passage plat/creux ; variation de l'intensité lumineuse réfléchie (en raison des interférences destructives).

Bit « 0 » : creux, plat, intensité lumineuse réfléchie constante (car le faisceau laser est simplement réfléchi).

Exercices

Compétence 3

› Comprendre la capacité de stockage

11 **QCM**

Choisir la (les) bonne(s) réponse(s).

❶ Pour une même dimension de support, plus le disque optique contient de données, plus :

- **a** les inscriptions sur le disque sont grandes ;
- **b** la piste en spirale est longue ;
- **c** les différents tours de la piste sont proches ;
- **d** le nombre de bits stockés est faible.

❷ La capacité de stockage d'un disque optique dépend :

- **a** de la longueur d'onde du laser utilisé ;
- **b** du phénomène d'interférences ;
- **c** du phénomène de diffraction ;

❸ Si l'on veut stocker plus d'informations sur un disque optique, il vaut mieux utiliser, pour la lecture :

- **a** une source de lumière blanche ;
- **b** un laser bleu ;
- **c** un laser rouge.

12 **Laser UV**

En juillet 2011, des chercheurs de l'université de Riverside en Californie ont publié un article dans la revue *Nature Nanotechnology*, annonçant la réalisation d'un laser à semi-conducteurs de longueur d'onde 385 nm. Enregistrer et lire des informations avec un tel laser permettraient d'augmenter la capacité de stockage des disques optiques, en succédant aux lecteurs Blu-ray, qui utilisent un laser de longueur d'onde 405 nm.

1. Qu'appelle-t-on capacité de stockage d'un disque optique ?

2. Pourquoi la gravure et la lecture d'un disque optique avec un laser de longueur d'onde 385 nm permettraient d'augmenter la capacité de stockage ?

13 **Spot laser**

Pour expliquer la différence de capacité de stockage des disques optiques, on trouve dans un magazine scientifique le schéma suivant.

1. B2i En effectuant une recherche, éventuellement sur Internet, indiquer ce que signifie l'unité de stockage indiquée.

2. Que représentent les taches de couleur ?

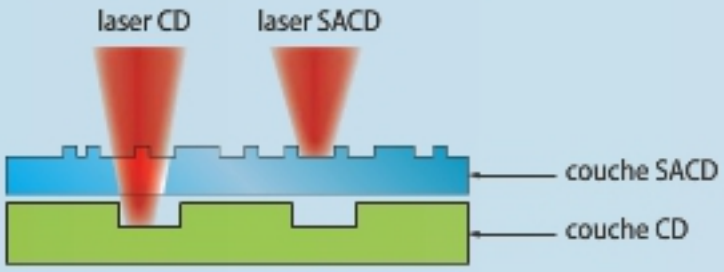
3. De quoi dépendent leurs dimensions en pratique ?

4. Que peut-on conclure sur la longueur d'onde des lasers utilisés pour l'écriture et la lecture de ces disques ?

EXERCICE **RÉSOLU**

14 **Super Audio CD**

Le Super Audio CD (SACD) est un support de musique haute définition lancé par Philips et Sony en 1999. Pour que ce disque soit aussi lisible par les lecteurs CD classiques, les concepteurs ont lancé une version hybride, dont la composition est schématisée ci-dessous.



1. Comparer la densité d'information des deux couches.

2. Que représentent les deux cônes sur le schéma ?

3. La longueur d'onde du laser utilisé pour les lecteurs CD étant de 780 nm, que peut-on conclure sur la longueur d'onde du laser utilisé dans les lecteurs de SACD ?

Aides et méthodes

1. Observer les creux et les plats sur chacune des deux couches.

Solution

1. La densité d'informations est plus élevée sur la couche SACD que sur la couche CD (informations plus fines et plus proches).

2. Ils représentent le faisceau laser concentré sur les couches lors de la lecture optique.

3. Plus la longueur d'onde du laser est petite, plus le lecteur peut lire des inscriptions petites. La longueur d'onde du laser utilisé pour les Super Audio CD est donc inférieure à 780 nm.

15 **Capacité d'un disque optique**

En étudiant le comportement d'une lumière monochromatique concentrée en un point par une lentille convergente, on obtient les données suivantes :

Diamètre de la tache d (nm)	760	995	1 220	1 314	1 351
Longueur d'onde λ de la lumière (nm)	405	530	650	700	720

1. Quel phénomène est à l'origine de la tache dont on donne le diamètre dans le tableau ? Expliquer.

2. Les grandeurs d et λ sont-elles proportionnelles dans le cas de l'étude ? Justifier.

3. Quel lien relie cette étude à la capacité de stockage d'un disque optique ? Expliquer.

4. Quelle devrait être la distance minimale entre deux inscriptions d'un disque optique, lu par un laser de longueur d'onde 600 nm au moyen de la lentille étudiée ?

Exercices de synthèse

Pour préparer le BAC

16 L'association

Associer à chaque technique citée le(s) principe(s) ou phénomène(s) physique(s) associé(s).

Technique	Principe ou phénomène physique
• lecture optique • écriture de données sur un disque optique • augmentation de la capacité de stockage d'un disque optique • codage d'une image numérique	• diffraction • pixellisation • réfraction • réflexion • interférences • synthèse additive • synthèse soustractive • dispersion • codage binaire

17 B2i CD et DVD

En effectuant éventuellement une recherche sur Internet, indiquer si les caractéristiques suivantes sont identiques ou différentes pour un CD et un DVD :

a. format ;
b. capacité de stockage ;
c. principe de lecture ;
d. type d'inscriptions ;
e. laser utilisé ;
f. taille des inscriptions ;
g. type de codage des données ;
h. longueur de la piste.

18 Une photographie surexposée

À l'aide d'un appareil photo numérique, Yannick a pris une photographie d'un paysage, mais elle est surexposée (trop de lumière). Il décide donc de la modifier à l'aide d'un logiciel de traitement d'images. En utilisant le logiciel, Yannick lit les propriétés de l'image : 4 000 × 3 000, 5,71 Mo (mégaoctet). Il obtient aussi un tableau avec une liste de nombres.

1. Interpréter les propriétés de l'image indiquées.

2. a. À quoi correspond le tableau obtenu ?
b. Combien de colonnes et de lignes aura ce tableau ?

3. Parmi les caractéristiques de l'image citées dans le texte, préciser celles qui vont être modifiées :
a. lors du traitement de l'image ;
b. si Yannick effectue un agrandissement de l'image.

19 Le LaserDisc

➤ *Histoire des sciences*

Le LaserDisc fut lancé dans les années 1970. Les vidéos et le son étaient enregistrés sous forme analogique, sur un disque de 30 cm de diamètre, et restitués par lecture optique au moyen d'un laser de longueur d'onde 835 nm. Ne pouvant contenir que 30 à 60 minutes de film par face, fragile et non enregistrable, ce format fut progressivement abandonné pour le DVD en 1998.

1. Quelle différence fondamentale existe-t-il entre le principe du LaserDisc et celui du DVD ?

2. Quel est le point commun de fonctionnement entre ces deux supports ? Sur quel(s) phénomène(s) optique(s) repose-t-il ?

3. a. Définir la capacité de stockage d'un disque optique.
b. Comparer les capacités de stockage de ces deux supports.

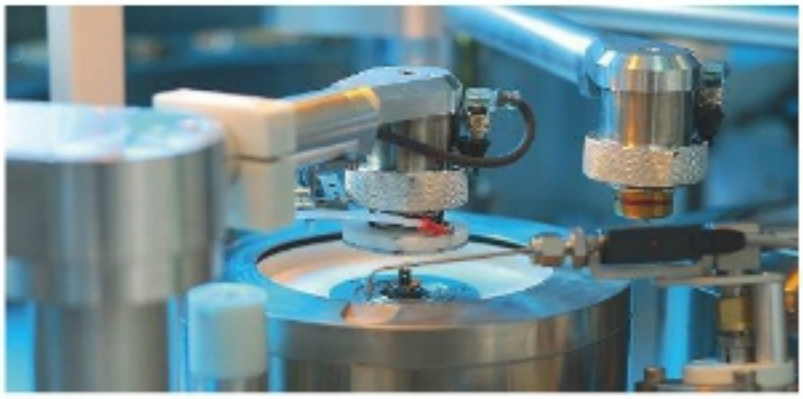
4. Stockerait-on plus ou moins de données sur un LaserDisc de même diamètre et de même système de codage qu'un DVD ? Justifier.

Données. *Longueur d'onde du laser utilisé pour la lecture d'un DVD : 650 nm. Capacité de stockage d'un DVD : 4,7 Go.*

20 Fabrication d'un disque optique

Étapes de fabrication des disques optiques en série

❶ Un disque en verre poli, le glassmaster, est recouvert d'une résine photosensible.
❷ Un laser éclaire la résine sur la position des futurs creux.
❸ Les zones de la résine exposées sont retirées par un procédé chimique.
❹ On réalise un moule du glassmaster, que l'on presse sur des disques vierges en polycarbonate (plastique transparent).
❺ On recouvre les disques d'une couche d'aluminium réfléchissante, puis d'un vernis protecteur.



1. Quel est le rôle des « creux » cités dans le texte ?

2. Pourquoi parle-t-on couramment de « gravure » de disque ?

3. a. Quel phénomène limite la capacité de stockage des données ?
b. Dans quelle étape intervient-il ?

4. Quelle étape est indispensable pour la lecture des données ? Justifier.

21 Dual-layer DVD

In a dual-layer DVD, data is registered on two superimposed layers. To optically read such DVDS, one can use a two-wavelength laser : 635 nm to read the bottom layer, 650 nm to read the top layer. The bottom layer is covered with a silvery surface, the top layer with a semi reflective golden surface.

1. Why are layers covered with reflective surfaces?

2. Why, in theory, can the bottom layer store more data?

3. What other solution exists to increase the storage capacity of an optical disk?

Exercices

22 Blu-ray contre HD-DVD

Voici un article publié avant le lancement des disques Blu-ray, à l'époque où deux formats étaient en compétition.

L'arrivée de la télévision haute définition aura un impact direct sur nos supports vidéo de films. En effet, la capacité de stockage d'un DVD est largement suffisante pour un film entier en vidéo standard, mais pas en haute résolution. Les images vidéo d'un DVD comptent environ 640 × 480 pixels, or, une image de TVHD en compte 1 920 × 1 080, soit près de sept fois plus. […]

On peut aussi augmenter la capacité mémoire de chaque couche, en réduisant la taille des éléments nécessaires au stockage des données pour en mettre un plus grand nombre sur une même surface. C'est cette solution qui a été retenue, mais les constructeurs ont souhaité que, comme le DVD, le support de la TVHD soit à lecture optique. Un choix qui remet en question la source lumineuse utilisée à l'enregistrement et à la lecture.

En effet, en optique, un éclairage sous une lumière de longueur d'onde donnée ne permet pas de distinguer des éléments de taille inférieure à cette dernière. Un problème qui s'était déjà posé lors de l'évolution du disque compact vers le DVD. Il avait fallu attendre l'apparition de diodes laser rayonnant dans le rouge (650 nanomètres) et non dans l'infrarouge (780 nanomètres) pour pouvoir réduire la taille des microcoupelles chargées de réfléchir, ou non, le faisceau et, par cette alternance de réflexion et d'absorption, de restituer les 0 et les 1 du codage numérique.

Capable de rayonner à 405 nanomètres, la diode laser bleue offre désormais une source lumineuse susceptible de détecter des détails plus fins.

Il était dès lors possible de réduire non seulement la taille des microcoupelles, mais aussi l'espace les séparant, en somme le pas du sillon optique, que les industriels appellent le *Track Pitch*. Pourtant, cette réduction de dimensions qu'offrait le laser bleu ne fit pas l'unanimité chez les industriels, et deux clans se formèrent. L'un désirait exploiter au mieux les possibilités du laser bleu, l'autre souhaitait proposer une solution commercialement plus réaliste. De ces choix naquirent respectivement deux filières : celle du Blu-ray Disc et celle du HD-DVD.

Henri-Pierre Penel et Renaud de la Taille, « Blu-ray Disc contre HD-DVD, la guerre des formats », *La Recherche* n° 406, mars 2007.

1. a. Qu'appelle-t-on un pixel ?
b. Quelle est la différence entre une image numérique « classique » et une image numérique « haute définition » (HD) ?

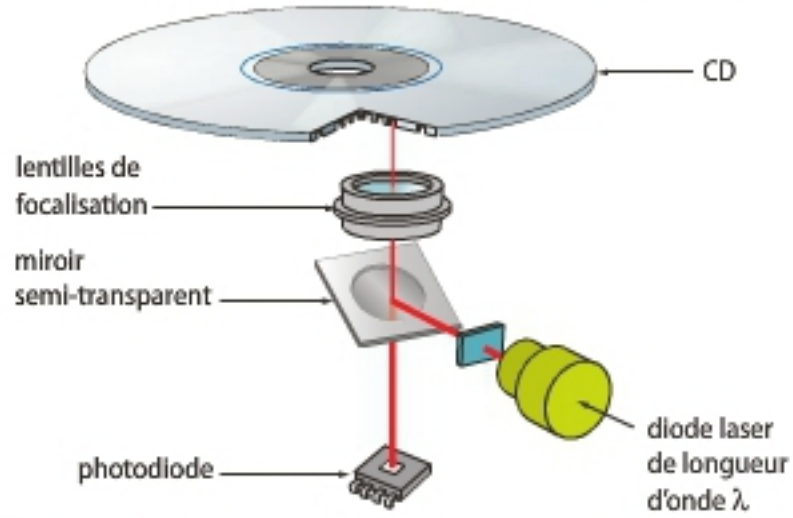
2. Comment les auteurs nomment-ils les inscriptions sur le disque ? Proposer une interprétation.

3. Citer la phrase du texte expliquant la lecture optique des données.

4. a. Citer la phrase du texte qui évoque la limitation de la lumière dans les capacités de stockage des disques optiques.
b. À quel phénomène fait-elle allusion ?
c. Comment ce problème a-t-il été surmonté ? Justifier.

23 ★ Lecteur de disque optique

Le schéma suivant explique le principe de lecture d'un CD.



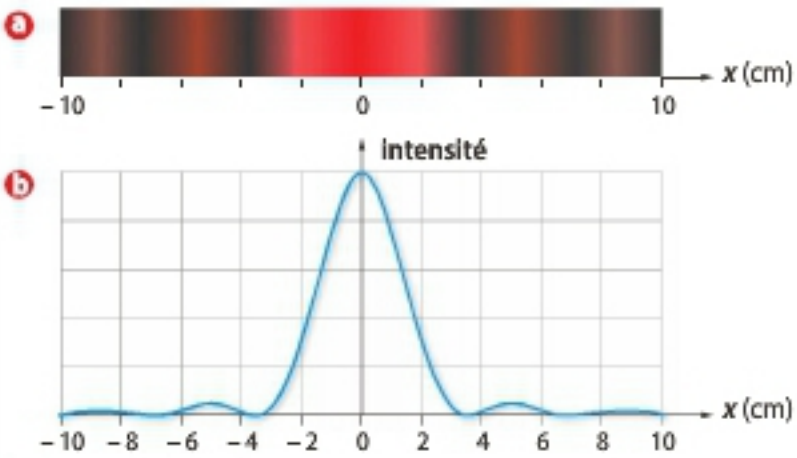
1. Décrire le trajet parcouru par le faisceau laser lors de la lecture optique du CD.

2. Comparer, en justifiant, l'intensité lumineuse reçue par la photodiode lorsque le faisceau laser passe d'un creux à un plat, puis quand il reste sur un creux ou un plat.

3. a. Sachant que la profondeur d'un creux est égale à $\lambda/4$, expliquer pourquoi le faisceau réfléchi par le creux est décalé de $\lambda/2$ avec le faisceau réfléchi par le plat.
b. À l'aide d'un schéma, expliquer pourquoi l'on a alors des interférences destructives entre ces deux faisceaux.

24 ★ Analyse d'une figure de diffraction

On enregistre la figure de diffraction par une fente d'une lumière laser à l'aide d'une caméra numérique. À l'aide d'un logiciel, on obtient l'image a, puis la courbe b, représentant l'intensité lumineuse en fonction de la distance.



1. Comment mesure-t-on la largeur de la tache centrale sur la figure de diffraction ?

2. Reproduire la courbe et indiquer la position de la tache centrale.

3. Expliquer pourquoi la largeur de la tache centrale se mesure entre les deux centres des zones sombres autour de la zone lumineuse centrale, et non sur les bords de cette zone.

4. Dans cet exemple, quel avantage présente l'image numérique par rapport à l'image optique ?

5. Sachant que la résolution de l'image numérique est de 50 pixels par cm, déterminer sa définition.

25 ★ Parlons Blu-Ray

Voici les caractéristiques d'un disque Blu-ray.

Profondeur des creux : 101 nm.
Écart entre les sillons de la piste : 320 nm.
Capacité : 25 Go = 25 × 10^9 octets.

Et voici celles du lecteur utilisé.
Longueur d'onde du laser : λ = 405 nm.
Ouverture numérique de la lentille : N = 0,85.

1. Déterminer la relation entre λ et la profondeur des creux. Proposer une explication.

2. Le diamètre d de la tache de diffraction sur le disque lors de la lecture se calcule grâce à le relation $d = 1{,}22\ \lambda/N$.
a. Calculer le diamètre de la tache.
b. Justifier l'écart entre les sillons de la piste.
c. Proposer, en justifiant, deux moyens d'augmenter la capacité de stockage d'un disque Blu-ray.

3. On considère une image numérique en noir et blanc de définition 640 × 480 pixels.
a. Combien de bits sont nécessaires pour coder un pixel sur cette image ?
b. Combien d'images de ce type peut-on stocker sur un disque Blu-ray ?

Donnée. *1 octet = 8 bits.*

26 ★ Une explosion de nuances

L'imagerie à grande gamme dynamique (ou HDR, pour *High Dynamic Range*) regroupe les nouvelles technologies de l'imagerie numérique utilisées dans certains jeux vidéo. Les effets que l'on obtient avec ces techniques proviennent du fait que les pixels ne sont plus codés en 8 bits par couleur mais en 16 bits par couleur, voire plus. Ce codage n'est pas sans conséquence : les images d'un tel format sont gourmandes en mémoire et nécessitent des logiciels de traitement d'images adaptés à une telle quantité d'informations. On peut néanmoins se rapprocher de cette qualité d'image en superposant les photographies d'une même scène, prise sous différents éclairages.

1. Rappeler le principe du codage des couleurs numériques.

2. Combien de bits codent un pixel sur les images « classiques » ? sur les images HDR ?

3. Sachant qu'il y a 2^n possibilités pour un nombre à n bits, calculer le nombre de nuances possibles pour une couleur dans le format classique, puis dans le format HDR.

4. Comment sont organisés les nombres binaires d'une image numérique ?

5. Déterminer le nombre d'octets (nombres à 8 bits) correspondant à une image classique, puis à une image HDR, pour une définition de 800 × 450 pixels.

6. Expliquer les problèmes posés par les images HDR.

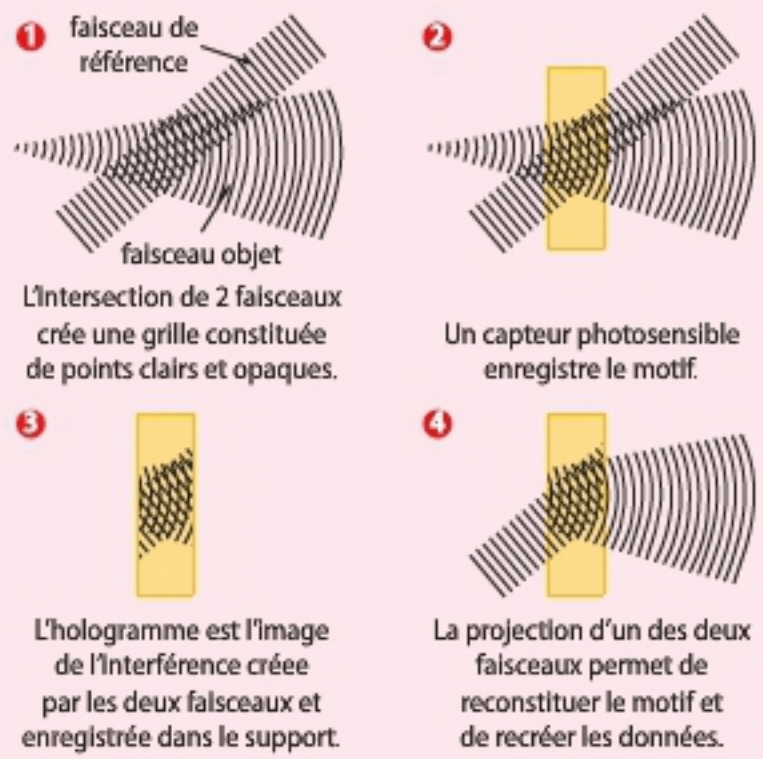
7. Quel avantage des images numériques est cité dans le texte ?

En route vers le Supérieur

27 ★ Les hologrammes, supports du futur

Les disques optiques actuels se dégradant sous l'effet des UV, le successeur du disque Blu-ray s'oriente vers une nouvelle technologie de stockage optique : l'holographie de support HVD (*Holographic Versatile Disc*). Un HVD pourrait ainsi stocker l'équivalent de 350 DVD !

Un faisceau laser est divisé en deux : le faisceau objet, qui éclaire un support sur lequel se trouvent les informations à enregistrer, et un faisceau de référence ❶. Les informations à enregistrer sont représentées de la manière suivante sur le support : un pixel noir pour le bit « 0 » et un pixel blanc pour le bit « 1 ». Le faisceau objet et celui de référence interfèrent, la figure d'interférences étant l'hologramme ❷. L'hologramme est enregistré sur le disque ❸ et l'on récupère les données en l'éclairant avec le faisceau laser de référence ❹.



1. a. Rappeler le lien entre la longueur d'onde du laser utilisé pour l'écriture et la lecture d'un disque optique et sa capacité de stockage.
b. Expliquer la première phase du texte, sachant que le laser utilisé par un lecteur Blu-ray a une longueur d'onde de 405 nm.

2. Pourquoi le disque holographique peut-il être considéré comme un disque optique ?

3. Quelle différence existe-t-il dans l'utilisation des interférences entre le HVD et le disque Blu-ray ?

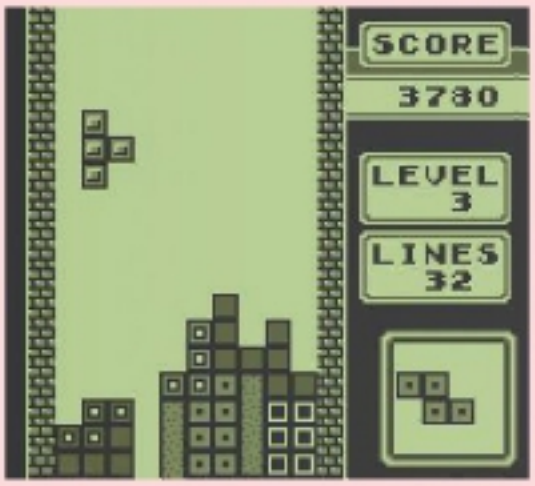
Pour préparer le BAC

Les compétences évaluées
- Caractériser une image numérique.
- Comprendre la capacité de stockage.

Énoncé type

Tetris

Tetris est un jeu vidéo populaire, conçu en 1984 par l'ingénieur russe Alexei Pajitnov. Il consiste à disposer des pièces de différentes formes pour créer des lignes pleines. Ce jeu vidéo a été proposé avec la première console Game Boy, lancée par l'entreprise Nintendo en 1989.
L'écran de cette Game Boy avait une définition de 160 × 144 pixels en 4 nuances de gris, et une capacité de stockage pour cartouches de jeux allant de 256 Kio à 4 Mio.



Donnée. *1 Kio = 2^{10} octets ; 1 Mio = 2^{20} octets ; 1 octet = 8 bits.*

1. a. Donner la définition d'une image numérique.

b. Quelle donnée indique que les images de *Tetris* sur Game Boy sont numériques ?

2. Quelles caractéristiques de l'image sont citées dans le texte ? Préciser leur signification.

3. a. Pourquoi peut-on dire qu'une image numérique est un tableau de nombres ?

b. Combien de nombres seront indiqués sur le tableau associé à une image du jeu *Tetris* sur Game Boy ? Justifier.

4. Expliquer pourquoi 2 bits sont nécessaires pour coder chaque nuance de gris.

5. Le jeu *Tetris* est actuellement proposé en couleurs.

a. Expliquer le principe du codage RVB des couleurs.

b. Sachant qu'il y a plus de 4 couleurs proposées, expliquer pourquoi le jeu prend alors plus de mémoire dans la cartouche.

6. Que dire de la qualité d'une image du jeu *Tetris* sur une Game Boy plus récente, de même taille d'écran et de définition 240 × 160 pixels ?

➤ Coups de pouce

2. L'image est caractérisée par ses pixels.

3. b. Chaque pixel est codé par un nombre binaire.

4. Il y a 2^n nombres binaires possibles à *n* bits.

EXEMPLE DE RÉSOLUTION

1. a. Une image numérique est une image **acquise, traitée et/ou stockée** en langage binaire.

b. La capacité de stockage de la Game Boy se chiffre en octet (8 bits, donc 8 chiffres binaires), ce qui signifie que les images comme celles du jeu *Tetris* sont enregistrées en **langage binaire** et sont donc **numériques**.

2. On caractérise l'image numérique par :

– la donnée « 160 × 144 pixels », qui indique le **nombre de pixels** composant l'image sur la Game Boy, un pixel étant le plus petit élément constitutif de l'image ;

– les **4 nuances de gris** associées à un pixel.

3. a. On attribue à chaque pixel composant l'image numérique un nombre binaire qui le code. Une image numérique est donc un **tableau de nombres**, dont chaque case renferme le nombre qui code un pixel.

b. Sur une image de *Tetris* sur Game Boy, il y a :

160 × 144 = 23 040 pixels.

Chaque pixel étant codé par un nombre binaire, il y a donc **23 040 nombres binaires** dans le tableau.

4. Avec deux bits, il y a $2^2 = 4$ nombres possibles.

4 nuances de gris sont donc bien codées par **2 bits**.

5. a. On obtient les couleurs d'une image numérique en associant un nombre aux couleurs **rouge, verte et bleue**, les trois couleurs primaires de la **synthèse additive** des couleurs. On parle donc de codage RVB.

b. Puisqu'il y a plus de 4 couleurs, il faut plus de 2 bits pour coder les couleurs. Chaque pixel est donc codé par un nombre binaire dont le nombre de bits est plus grand que sur l'image en niveaux de gris. Il y aura donc **plus de bits à stocker dans la cartouche de jeu**.

6. Le nombre de pixels étant supérieur pour une même taille d'écran, **la qualité de l'image est meilleure** sur la Game Boy plus récente.

Pour préparer le BAC

Énoncé type

CD, DVD et disque Blu-ray

Le tableau ci-dessous regroupe les caractéristiques de trois disques optiques :

	Disque 1	Disque 2	Disque 3
Diamètre	12 cm	12 cm	12 cm
Épaisseur	1,2 mm	1,2 mm	1,2 mm
Capacité de stockage	4,7 Go	0,7 Go	25 Go
Distance entre les tours de piste	0,74 µm	1,6 µm	0,30 µm
Largeur minimale des creux et des plats	0,40 µm	0,83 µm	0,15 µm
Diamètre du spot (tache) du laser utilisé pour l'écriture et la lecture	1,32 µm	2,1 µm	0,58 µm

Donnée. *Un octet est un nombre binaire à 8 bits.*

1. a. Comment est codée l'information sur un disque optique ?

b. Quelle donnée du tableau confirme la réponse ? Justifier.

2. Comment est inscrite l'information sur ces disques ?

3. a. Rappeler les phénomènes sur lesquels repose la lecture optique.

b. La profondeur des creux est-elle identique pour ces trois supports ? Justifier.

4. Quelles données du tableau sont directement liées à la capacité de stockage ?

5. a. Quel phénomène optique limite la capacité de stockage ? Quelle donnée du tableau représente ce phénomène ? Justifier.

b. Comment évolue-t-il avec la longueur d'onde du laser utilisé pour l'écriture et la lecture optique ?

c. Attribuer à chaque disque, en justifiant, la longueur d'onde du laser associé parmi les valeurs suivantes : 405 nm, 780 nm et 650 nm.

6. Sachant qu'on stocke un album de musique sur un CD, un film sur un DVD et un film en haute définition sur un disque Blu-ray, attribuer à chaque disque optique du tableau le nom du support qui lui correspond. Justifier.

Les compétences évaluées

- Expliquer le principe de lecture d'un disque optique.
- Comprendre la capacité de stockage.

➤ Coups de pouce

5. c. Plus la longueur d'onde est faible, plus le diamètre du spot laser sera petit.

6. Un film en haute définition contient plus de données qu'un film « classique », qui lui-même contient plus de données qu'un album de musique.

EXEMPLE DE RÉSOLUTION

1. a. L'information est codée sous **forme numérique**, c'est-à-dire en langage binaire.

b. La capacité de stockage est exprimée en **octet**, un octet étant un nombre binaire à 8 bits.

2. L'information est inscrite sous forme d'une **succession de creux et de plats**.

3. a. Il s'agit de la **réflexion** de la lumière et des **interférences lumineuses**.

b. La profondeur des creux est différente, car elle est réglée pour provoquer des **interférences destructives** entre le faisceau laser réfléchi par un plat et celui réfléchi par un creux, ce qui dépend de la longueur d'onde du faisceau laser utilisé.

4. Ce sont la **capacité de stockage en octet**, la **dimension des creux et des plats**, la **distance entre les tours de piste** et le **diamètre du spot laser**.

En effet, pour stocker plus d'informations, donc plus d'octets, les inscriptions sur le disque optique doivent être plus fines et plus rapprochées.

5. a. Il s'agit du **phénomène de diffraction**, ici représenté par le diamètre du spot laser. En effet, la lumière laser ne se concentre pas en un point mais en une tache de diffraction.

b. Le phénomène de diffraction est d'autant plus marqué que la **longueur d'onde** du laser utilisé est **grande**.

c. Le diamètre du spot laser est d'autant plus faible que la longueur d'onde est faible. On en déduit les longueurs d'onde associées : **405 nm pour le disque 3** ; **780 nm pour le disque 2** et **650 nm pour le disque 1**.

6. Le disque Blu-ray stocke plus de données que le DVD, qui stocke lui-même plus de données que le CD. On en déduit que le **disque 1** est un **DVD**, le **disque 2**, un **CD** et le **disque 3**, un disque **Blu-ray**.

En route vers le BAC

1 Énergie : quels choix pour demain ?

Mieux vaudrait s'en passer, et vite. Du pétrole, mais aussi de ses compagnons de route, le charbon et le gaz naturel. Tout le monde a en effet pris conscience qu'il était urgent de freiner notre boulimie d'énergie fossile, pour ne pas voir la planète s'asphyxier sous les milliards de tonnes de CO_2 rejetées par nos voitures et nos usines, mais aussi pour éviter une crise économique sans précédent. Seulement voilà, la demande en énergie n'a jamais été aussi grande et pourrait doubler d'ici à 2050. […] « *La situation est tout à fait inédite. Nous n'avons jamais été aussi nombreux ni eu autant d'impact sur la Terre* » […]. Alors que faire ? La réponse paraît simple : développer massivement les énergies propres et surtout, faire des économies d'énergie. […]

C'est à la fin des années 1970, à la suite des chocs pétroliers, que les énergies alternatives sont propulsées une première fois sur le devant de la scène […]. Dix ans plus tard, c'est au tour des climatologues de donner l'alerte : la Terre se réchauffe, il faut stopper les émissions de gaz à effet de serre. Cette fois, les pays industrialisés s'engagent à prendre les mesures nécessaires en signant le protocole de Kyoto (1997).

Laurianne Geffroy, extrait de « Les alternatives au pétrole », *Le Journal du CNRS* n° 226, novembre 2008, dossier « Énergie, quels choix pour demain ? »

1. Identifier les problématiques énergétiques contemporaines citées dans ce texte.

2. Quelles sont les solutions exposées dans ce texte ?

2 Synthèse d'un arôme

Pour extraire l'huile essentielle des clous de girofle, dont le principal constituant est l'eugénol, on introduit dans un ballon 100 mL d'eau distillée, 5 g de clous de girofle en poudre et quelques morceaux de pierre ponce. On met en place le montage de distillation, puis on porte à ébullition jusqu'à recueillir 30 à 40 mL de distillat dans un erlenmeyer.

Le contenu de l'erlenmeyer est ensuite transvasé dans une ampoule à décanter. Sous hotte, on ajoute 10 mL de dichlorométhane. On agite vigoureusement l'ampoule en dégazant régulièrement. Pour faciliter l'extraction de l'eugénol, on ajoute environ 50 g de chlorure de sodium. L'ampoule est agitée jusqu'à dissolution, puis on laisse décanter.

Données. *Propriétés de solvants à 25 °C :*

Solvant	*Cyclohexane*	*Dichlorométhane*	*Éthanol*
Densité	*0,89*	*1,34*	*0,78*
Miscibilité à l'eau	*faible*	*faible*	*très grande*

Solubilité de l'eugénol dans différents solvants. Eau : faible ; eau salée : très faible ; cyclohexane : grande ; éthanol : grande ; dichlorométhane : grande.

1. Répondre aux questions suivantes à l'aide des données ci-dessus.

a. Justifier la présence de deux phases dans l'ampoule à décanter après l'ajout du dichlorométhane.

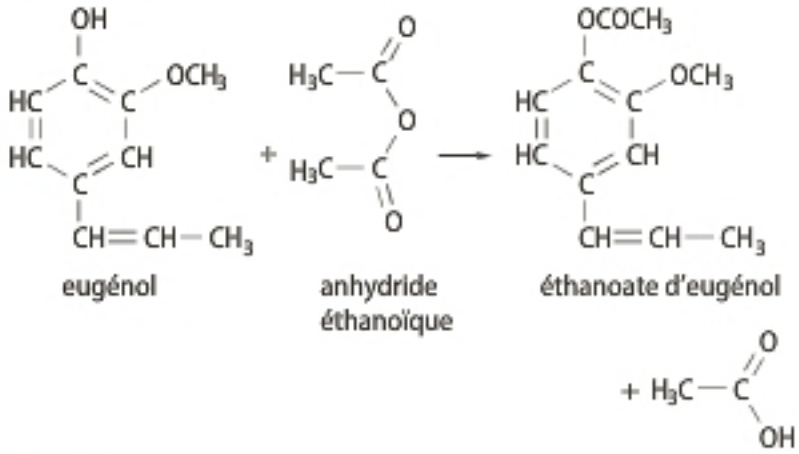
b. Préciser leur position dans l'ampoule.

c. Après agitation, dans quelle phase se trouve l'eugénol ?

d. Pourquoi a-t-on ajouté du chlorure de sodium dans l'ampoule à décanter ?

e. Les deux autres solvants proposés dans le tableau sont-ils utilisables pour réaliser l'extraction ?

La vanilline, arôme principal de la vanille, est obtenue à partir de l'eugénol. On se propose d'étudier la première étape du procédé conduisant à cette synthèse, représentée par l'équation suivante :



Données.

Espèce chimique	*Quelques propriétés*
Eugénol	*Densité : 1,08* *Nocif en cas d'ingestion ; irritant pour les yeux, les voies respiratoires et la peau*
Éthanoate d'eugénol	*Température de fusion : 80 °C* *Soluble dans la plupart des solvants organiques ; insoluble dans l'eau glacée*
Anhydride éthanoïque	*Densité : 1,08* *Corrosif, inflammable, provoque des brûlures* *Réagit avec l'eau*

Masses molaires (en g · mol^{-1}). Eugénol : 164 ; éthanoate d'eugénol : 205 ; anhydride éthanoïque : 102.

Le mode opératoire est décrit ci-après.

- Dans un ballon de 250 mL, introduire 10,0 g d'eugénol, 20,0 mL d'anhydride éthanoïque et quelques gouttes d'acide orthophosphorique.
- Chauffer en utilisant un montage à reflux et maintenir une ébullition douce pendant 30 minutes.
- Refroidir jusqu'à température ambiante.
- Verser le contenu du ballon dans un bécher contenant 30 mL d'eau glacée, tout en agitant.
- Filtrer sur Büchner et laver les cristaux formés avec de l'eau glacée.

2. Quel est le rôle du montage à reflux ?

3. L'acide orthophosphorique est un catalyseur de la synthèse. Quel est son rôle ?

4. Pourquoi verse-t-on le contenu du ballon dans l'eau glacée ?

5. a. Calculer la quantité de matière initiale de chacun des réactifs.

b. L'expérimentateur a obtenu 11,3 g de cristaux d'éthanoate d'eugénol. Calculer le rendement de la synthèse.

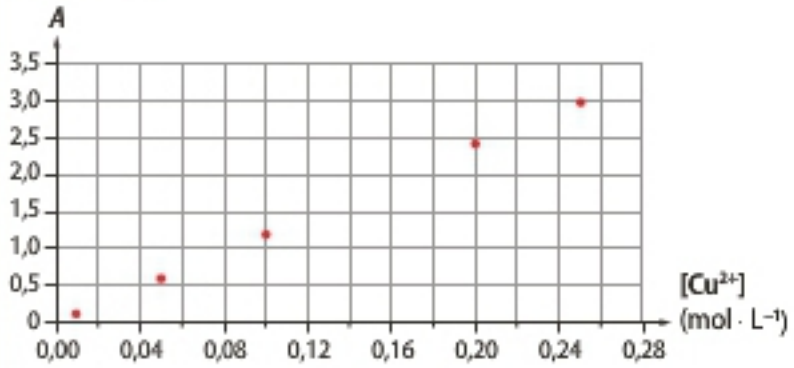
3 Dosage des ions Cu^{2+} (aq)

Un technicien veut mesurer l'absorbance d'un ensemble de solutions de sulfate de cuivre (Cu^{2+} (aq) + SO_4^{2-} (aq)).

1. Il introduit de l'eau distillée dans une cuve, qu'il place dans le spectrophotomètre. Il règle alors l'absorbance sur la valeur « zéro ».

Justifier cette opération.

2. Les mesures d'absorbance des solutions sont présentées sur le graphique ci-après. La loi de Beer-Lambert $A = k \cdot [Cu^{2+}]$ est-elle vérifiée ?



3. Le technicien prélève 25,0 mL d'une solution S de concentration inconnue en ions cuivre (II), qu'il introduit dans une fiole jaugée de 50 mL, dont il complète le niveau avec de l'eau distillée. Il mesure l'absorbance de la solution obtenue S' et trouve $A = 1,5$.

Déterminer la concentration en ions Cu^{2+} (aq) de la solution S.

4. La méthode employée constitue-t-elle un dosage par titrage ou un dosage par étalonnage ? Justifier.

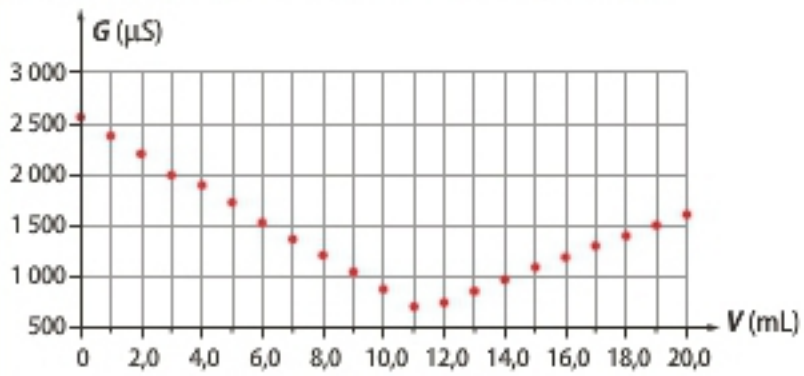
4 Dosage d'acide chlorhydrique

Dans le laboratoire d'un lycée, on dispose d'un flacon d'acide chlorhydrique concentré. Sur l'étiquette, on lit la précision suivante : *33 % minimum en masse d'acide chlorhydrique.*

On appellera S_0 cette solution, dont on veut connaître la concentration molaire C_0.

Première étape. On dilue 1 000 fois la solution S_0. On obtient alors une solution S_1 de concentration C_1.

Deuxième étape. On prélève précisément un volume $V_1 = 100,0$ mL de solution S_1, qu'on dose par conductimétrie par une solution aqueuse titrante d'hydroxyde de sodium de concentration $C_B = 1,00 \times 10^{-1}$ mol · L^{-1}. La représentation graphique de la conductance de la solution en fonction du volume V de solution titrante versé est donnée ci-dessous.



1. Écrire l'équation de la réaction acido-basique support du titrage.

2. En utilisant un papier calque, déterminer graphiquement le volume V_E versé à l'équivalence.

3. Écrire la relation existant entre C_1, C_B, V_E et V_1 et calculer la concentration molaire C_1 de la solution d'acide chlorhydrique diluée S_1.

4. En déduire la concentration molaire C_0 de la solution d'acide chlorhydrique concentrée S_0.

5. a. Écrire l'équation de la mise en solution du chlorure d'hydrogène HCℓ (g) dans l'eau.

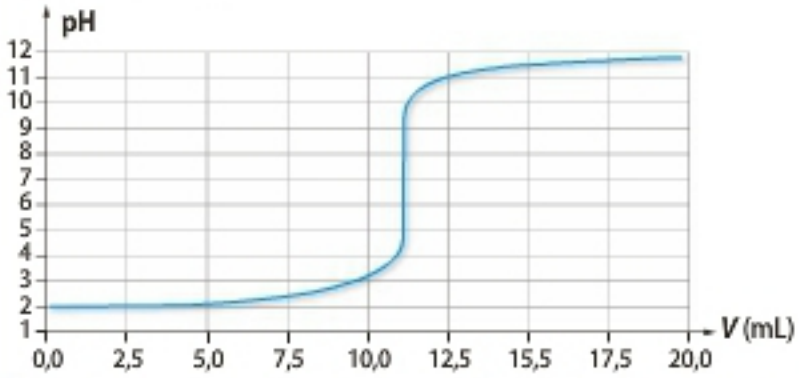
b. Calculer la masse m_0 de chlorure d'hydrogène dissous dans un litre de solution.

6. Quelle est la masse m d'un litre de solution S_0 ?

7. a. Le pourcentage massique de la solution S_0 représente la masse de chlorure d'hydrogène dissous dans 100 g de solution. Calculer ce pourcentage massique.

b. L'indication de l'étiquette du flacon d'acide chlorhydrique concentré est-elle correcte ?

Troisième étape. On dose maintenant la solution S_1 par pH-métrie, avec la même solution titrante, en présence d'un indicateur coloré, le vert de bromocrésol. La courbe obtenue est donnée ci-après.



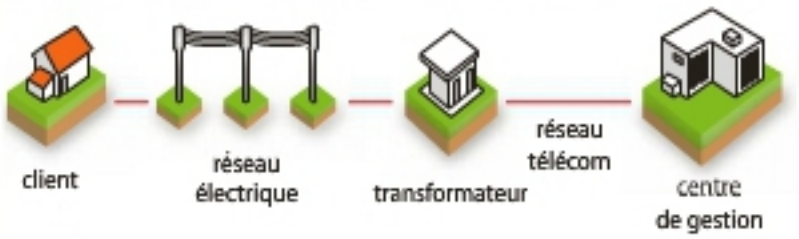
8. En utilisant un papier calque, recopier le graphique. Indiquer sur ce graphique la zone de virage de l'indicateur coloré. Décrire le changement de couleur observé si l'on utilise cet indicateur pour le dosage de la solution S_1.

9. On dispose aussi d'hélianthine et de bleu de bromothymol. Un de ces indicateurs colorés est-il mieux adapté pour repérer l'équivalence du dosage ? Justifier la réponse.

Donnée. *Masse volumique de la solution S_0 : $\rho_0 = 1\,160$ g · L^{-1}.*
Les zones de virage d'indicateurs colorés sont donnés sur les rabats avant de couverture.

5 Compteur électrique communiquant

Une directive européenne de 2009 précise que 80 % des compteurs électriques doivent devenir communicants d'ici 2020 pour favoriser la concurrence et les économies d'énergie.



L'intérêt est que l'ensemble des opérations courantes (mise en service, changement de puissance ou relevé des compteurs) puisse se faire à distance.

En route vers le BAC

A. Transmission de l'information

Le compteur communicant, installé chez les particuliers, peut recevoir et envoyer des données à distance. La communication se fait, grâce à la technologie CPL (courants porteurs en ligne), *via* les fils électriques classiques avec un ordinateur présent dans le transformateur le plus proche. Cet ordinateur est relié à un centre de gestion par le réseau téléphonique.

1. Quels sont les canaux de transmission de l'information ?

2. Quels sont les types de signaux circulant dans ces canaux de transmission ?

3. S'agit-il d'un propagation libre ou d'une propagation guidée de l'information ?

B. La technologie CPL

Dans la technologie CPL, les données sont transmises sous forme numérique : un « 1 » et un « 0 » sont transmis à deux fréquences différentes. En une seconde, 2 400 bits peuvent être transmis. Une trame, qui correspond à un bloc d'informations à transmettre, nécessite 360 bits. L'inconvénient de cette technologie est que la distance maximale que peut parcourir une trame sur le réseau, en restant exploitable, n'est que de 300 m. La perte en puissance du signal y est alors de près de 90 %.

Afin d'augmenter cette distance, chaque module CPL (présent au niveau d'un compteur communiquant) qui reçoit une trame la réémet.

Donnée. *Coefficient d'atténuation linéique entre deux points A et B, de puissances respectives P_A et P_B :* $\alpha = \frac{-\ln(10)}{AB} \cdot \log\left(\frac{P_B}{P_A}\right)$.

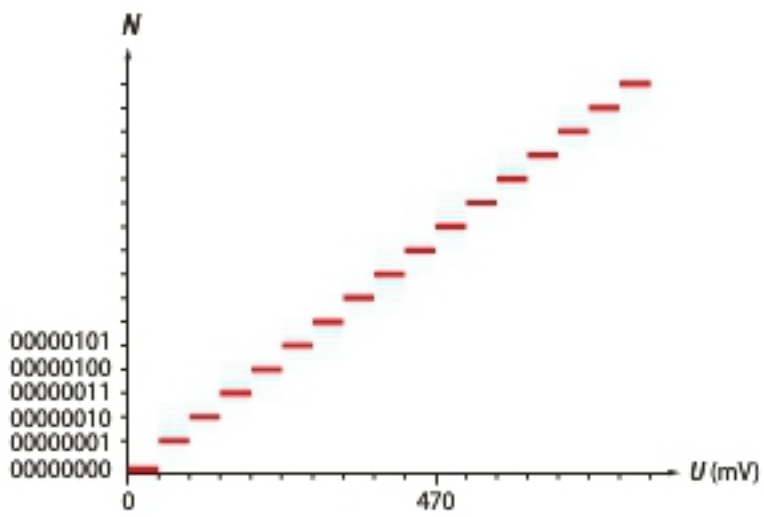
1. Qu'appelle-t-on un « bit » ?

2. a. Quel est le débit binaire assuré par la technologie CPL ?
b. Quelle est la durée de transmission d'un bit ? d'une trame ?

3. a. Comment expliquer la faible distance que peut parcourir une trame ?
b. Déterminer la valeur du coefficient d'atténuation linéique du signal, en $dB \cdot m^{-1}$.

6 Convertisseur analogique-numérique

On considère une tension électrique *U*, appliquée à l'entrée d'un convertisseur analogique-numérique (CAN) à 8 bits. Une partie de la représentation graphique permettant de relier un nombre binaire *N* à la tension *U* est donnée ci-dessous.



1. a. Avec combien de bits est exprimé le nombre binaire en sortie du convertisseur ?
b. En déduire le nombre de valeurs distinctes pouvant être prises par ce nombre binaire.

2. a. Pourquoi, lors d'une conversion analogique-numérique, dit-on qu'il y a quantification du signal ?
b. L'intervalle de tension qui existe entre deux valeurs numériques successives est appelé pas de quantification *q*. Déterminer graphiquement sa valeur.

3. a. Lister les treize premiers nombres binaires.
b. À quel intervalle de tension *U* correspond le nombre binaire 00001011 ?

7 Norme 4.2.2. pour la vidéo numérique

La norme 4.2.2. normalise un format vidéo en un langage binaire compatible dans le monde entier. On considère ici une image numérique au format 4/3 qui se compose de 720 pixels.

Tous les pixels contiennent des informations sur sa nuance de gris, mais un pixel sur deux ne contient pas d'informations de couleur. La terminologie 4.2.2. indique que les fréquences d'échantillonnage du niveau de gris (13,5 MHz sur 8 bits) et des deux composantes de couleurs (6,75 MHz sur 8 bits) sont dans le même rapport que les chiffres 4, 2 et 2.

Ce format a été retenu car il est compatible avec les standards analogiques, PAL et SECAM, pour lesquels la fréquence du signal de niveaux de gris est respectivement de 5,5 MHz et 6,5 MHz.

Donnée. *1 octet = 8 bits.*

1. Qu'appelle-t-on un signal numérique ?

2. a. Qu'appelle-t-on une fréquence d'échantillonnage ?
b. Dans le cas général, comment doit-on choisir la fréquence d'échantillonnage ?
c. Justifier le choix de la fréquence d'échantillonnage du signal de niveaux de gris.

3. Quel doit être le débit binaire lors de la numérisation du signal de niveaux de gris ?

4. Qu'appelle-t-on un pixel ?

5. Dans le cas étudié :
a. quel est le nombre théorique possible de niveaux de gris pour un pixel ?

b. comment s'écrit, en langage binaire, un pixel blanc ? un pixel noir ?

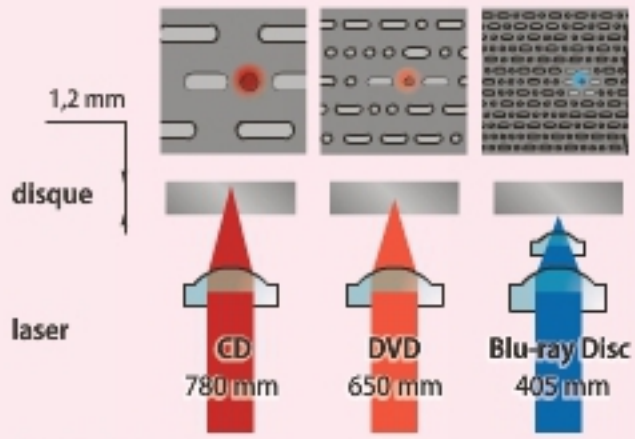
6. La durée de balayage d'une ligne est de 53,33 µs.
a. Calculer le nombre de périodes d'échantillonnage dans une ligne pour le niveau de gris, puis pour chaque signal de couleur.
b. En prenant l'ensemble des périodes d'échantillonnage utiles par ligne et un nombre de 575 lignes utiles par image, quelle est la capacité de stockage nécessaire pour enregistrer une heure de film, en octet puis en gigaoctet ?
c. Commenter ce résultat, sachant qu'un disque Blu-ray a une capacité de stockage de 25 Go.

8 Le stockage d'informations sur disque

Si vous pouvez regarder des DVD, naviguer sur le Web, scanner des codes-barres, ou si certains peuvent se passer de leurs lunettes, c'est grâce à l'invention du laser, il y a 50 ans.

Intéressons-nous aux lecteurs de disques optiques. La dernière génération de lecteurs repose sur la technologie Blu-ray. Pour lire et écrire les données, cette technologie utilise une diode laser, de longueur d'onde $\lambda_B = 405$ nm, d'une couleur bleue (en réalité violacée). Cette longueur d'onde est différente de celle utilisée dans les systèmes CD ou DVD, qui fonctionnent quant à eux avec des lasers respectivement infrarouge et rouge. Cette différence de longueur d'onde permet à la technologie Blu-ray de stocker plus de données sur un disque de même taille (12 cm de diamètre), la taille minimale du point sur lequel le laser grave l'information étant limitée par un phénomène optique.

Pour stocker encore davantage d'informations sur un disque, les scientifiques travaillent actuellement sur la mise au point d'un lecteur utilisant un laser ultraviolet.



capacité de stockage		CD	DVD	Blu-ray Disc
	simple face	700 Mo	4,7 Go	25 Go
	double face		8,5 Go	50 Go

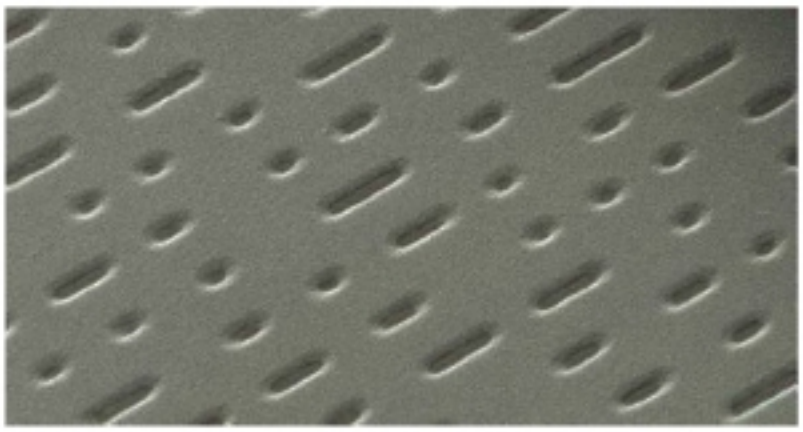
1. Comment augmente-t-on la capacité de stockage d'un disque optique en conservant le même format ?

2. a. Quel phénomène physique limite la taille de ce qui est gravé sur un CD ?
b. Comment peut-on faire pour atténuer ce phénomène ?
c. Expliquer la dernière phrase du texte.

3. a. En quelle unité est exprimée la capacité de stockage ?
b. Que traduit cette unité ?

9 Lecture optique d'un CD

La surface réfléchissante d'un CD est constituée d'une succession de creux et de plats.



Si l'on utilise, pour la lecture du CD, un laser de longueur d'onde λ_v les creux ont alors une profondeur de $\lambda/4$.

Le signal numérique est construit de telle sorte qu'un affaiblissement notable de l'intensité lumineuse au niveau du capteur correspond à un « 1 ».

1. Qu'arrive-t-il au faisceau laser lorsqu'il parvient au niveau de la surface du CD ?

2. a. Dans quelle situation est-il possible d'observer des interférences destructives ?
b. Quelle en est la conséquence ?

3. a. Recopier le schéma suivant, qui décrit la surface en coupe d'une portion d'un CD, puis compléter le codage numérique.

b. Sachant qu'un disque Blu-ray a une capacité de stockage plus importante qu'un CD, comparer la longueur d'onde des lasers utilisés pour lire ces deux disques.
c. En déduire une comparaison entre la profondeur d'un creux dans un disque Blu-ray et dans un CD.