

# Transmettre et stocker de l'information

> Manuel pages 542 à 571

## ACTIVITÉS

### I Séquence A. Transmission d'informations

#### 1. ACTIVITÉ DOCUMENTAIRE

Informations et chaînes de transmission

## Réponses

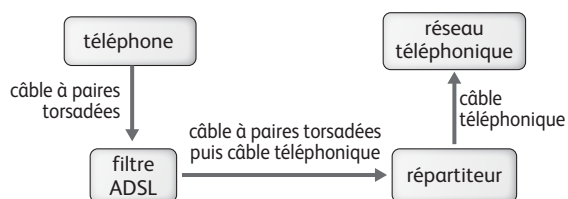
### S'APPROPRIER

1. ①: voix; ②: texte; ③: données informatiques;  
④: vidéo et sons.

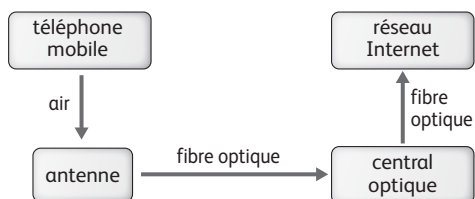
### RÉALISER

2. En se limitant aux parties illustrées sur le document 1 :

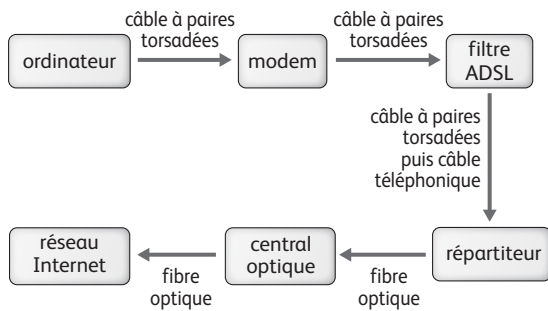
①



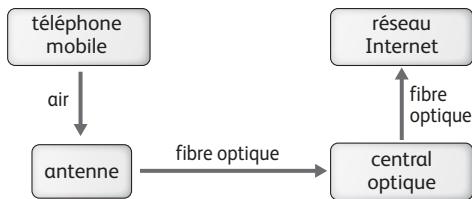
②



③



④



Remarque: d'autres chaînes sont parfois possibles; en particulier les sens émetteurs/récepteurs peuvent parfois être inversés.

#### ANALYSER

3. Plusieurs choix sont possibles, par exemple:

- ① Le réseau de téléphonie classique, développé depuis les années 1970, relie la quasi-totalité des domiciles.
- ② La transmission libre des antennes relais permet la mobilité de l'utilisateur.
- ③ Les délais de transmission courts de la technologie ADSL permettent le contrôle en « temps réel » du jeu vidéo.
- ④ La transmission par satellite est possible dans des « zones blanches » de la télévision par antennes relais, c'est-à-dire dans des zones trop éloignées des antennes relais ou mal situées pour permettre une bonne réception (présence d'obstacles ou d'interférences).

#### COMMUNIQUER

4. L'élève peut évoquer:

- L'augmentation des débits de connexion, favorisée par l'utilisation de la fibre optique au plus près de l'abonné. De nouveaux services sont ainsi disponibles en 2017: TV par Internet par exemple.
- La convergence des technologies et des services, qui continuent à évoluer vers des standards et des matériels communs ou compatibles entre eux: convergence fixe-mobile, convergence entre l'audiovisuel et les communications électroniques, accessibles à l'aide d'équipements polyvalents.
- La mobilité permise à l'utilisateur qui possède en 2017 une connexion accessible en divers endroits avec son téléphone mobile par exemple.

## I Séquence B. Images numériques

### 2. ACTIVITÉ EXPÉRIMENTALE Codage d'une image numérique

## Réponses

### RÉALISER

1. Suivre le protocole du document 2.

### ANALYSER

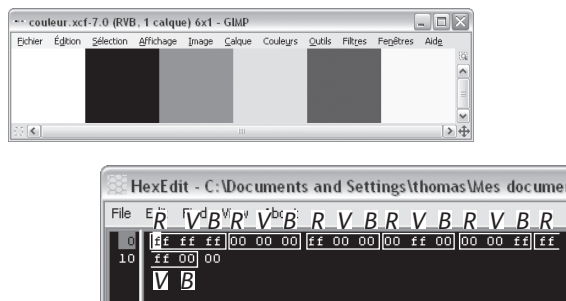
2. Le code correspond à la succession des trois composantes R, V et B de chacun des pixels :

« 255 255 255 / 000 000 000 / 255 000 000 / 000 255 000 / 000 000 255 / 255 255 000 », ou en hexadécimal : « FF FF FF / 00 00 00 / FF 00 00 / 00 FF 00 / 00 00 FF / FF FF 00 ».

La taille calculée est donc de  $6 \times 3 = 18$  octets (3 octets par pixel).

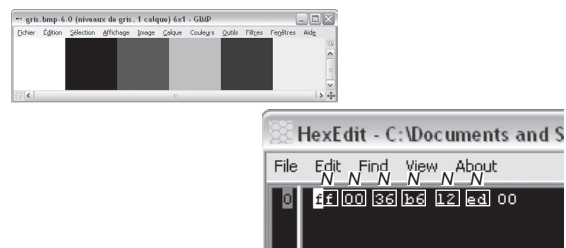
### VALIDER

3. a. La taille du fichier image brut est bien de 18 octets. Remarque : On peut vérifier le code du fichier image brut avec *Hexedit* par exemple (rappel : un dernier octet 00 est ajouté ici en fin de liste) :



b. La taille indiquée pour le fichier « gris » est de 6 octets. Les 6 pixels étant représentés par 6 octets, on en déduit qu'en niveaux de gris, un pixel est codé par un seul octet. Remarques :

– Vérification avec *Hexedit* :



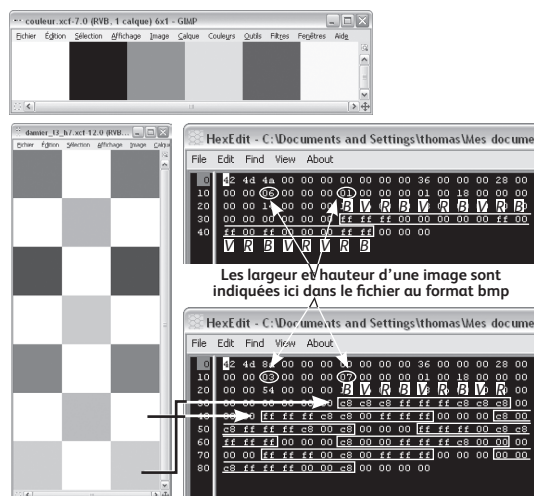
On peut montrer aux élèves, avec l'outil « Pipette à couleurs » que les composantes RVB indiquées par *Gimp*

(ou un autre logiciel de dessin ou de traitement d'image) sont alors forcément identiques pour un même pixel : un seul nombre (variant de 0 à 255) code ainsi un pixel, donc un pixel est représenté par un octet.

– Il est intéressant de noter que le pixel vert est représenté par une nuance plus claire que les pixels rouge et bleu. Ceci est dû à l'algorithme permettant le passage du mode RVB au mode niveaux de gris : il prend en compte la plus grande sensibilité de l'œil aux radiations vertes en affectant un poids plus important à la composante V. c. Une image numérique est enregistrée sous la forme d'un fichier contenant une suite d'octets représentant chacun des pixels de l'image. Mais pour être utilisable, le fichier doit porter des informations supplémentaires. En particulier, la hauteur et la largeur de l'image doivent être connues pour afficher l'image sur un écran ou pour l'imprimer.

Remarques :

– En créant, à l'aide du logiciel *Gimp*, deux images de hauteurs et largeurs différentes enregistrées au format bmp, on peut identifier les positions, dans le fichier édité par *Hexedit*, des octets correspondant à ces données, comme illustré sur la figure ci-dessous.



– D'autres indications sont mentionnées dans l'en-tête du fichier, comme un code définissant le format de l'image précisé par les deux premiers octets (42 4D précisent le format bmp), comme la taille totale du fichier indiqué par les quatre octets suivants, etc. On notera que dans le format bmp, les octets des composantes RVB sont positionnés dans l'ordre B, V puis R, et que les octets représentant les lignes du bas de l'image sont indiqués en premier (voir figure ci-dessus).

– Les octets enregistrés détaillent chacun des pixels dans les cas des formats raw ou bmp par exemple. Mais la plupart des formats usuels d'images « compressent » les fichiers en ne détaillant pas forcément le code de tous les pixels de l'image. La perte de qualité résultante peut passer inaperçue pour certaines images si le format est bien choisi.

## I Séquence C. Étude d'un phénomène optique

### 3. ACTIVITÉ EXPÉRIMENTALE

#### Étude d'une figure de diffraction

Cette séquence ne comporte pas de bilan et se présente comme une application des images numériques présentées à la séquence B.

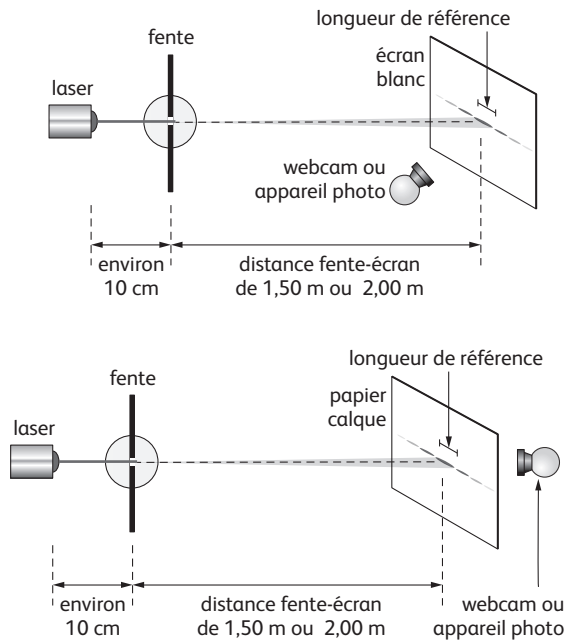
### Réponses

#### S'APPROPRIER

1. Les maxima d'intensité de la courbe correspondent aux zones les plus lumineuses de la photographie, et les minima d'intensité correspondent aux zones les plus sombres.

#### ANALYSER

2. Exemples de montages :



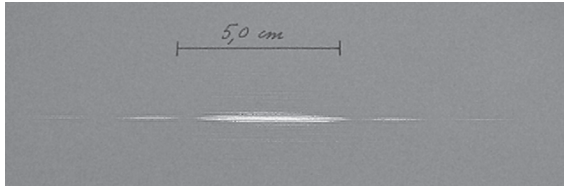
#### RÉALISER

3. a. Lors de la manipulation, on soignera les points suivants :

- faire attention aux alignements des éléments du montage, respecter une distance grande entre fente et écran ;
- ne pas oublier de tracer la longueur de référence sur l'écran pour déterminer l'échelle de l'image ;

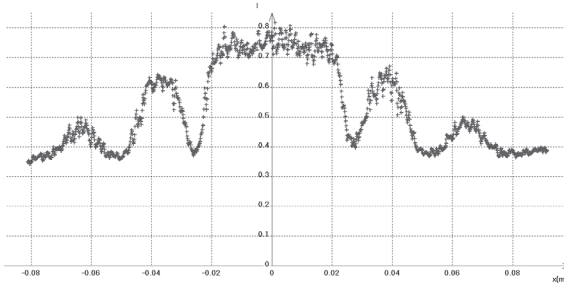
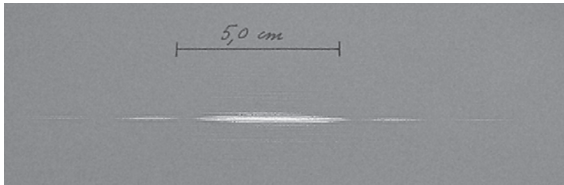


– pour la capture, veiller au cadrage (figure de diffraction centrée, longueur de référence présente sur la photographie) et utiliser un grand champ (figure de diffraction pas trop petite sur la photographie).  
Exemple d'image (fente de largeur 40 mm, distance fente-écran de 1,50 m, présence de lumière parasite due principalement aux écrans d'ordinateurs):



b. Pour tracer la courbe de distribution de l'intensité lumineuse, il faut utiliser la longueur de référence en précisant, sous *Regavi* ou *SalsaJ*, la valeur qui lui est associée.

On obtient par exemple, en utilisant *Regavi* puis *Regressi*:



Remarque:

Pour l'exploitation du logiciel d'analyse d'images, on pourra fournir aux élèves une notice simplifiée du ou des logiciels disponibles sur le site Internet compagnon Sirius.

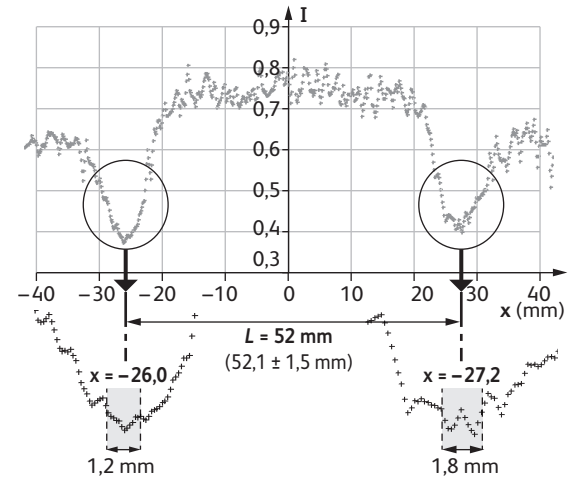
c. La largeur  $L$  correspond à la distance séparant les deux premiers minima d'intensité. Dans le cas précédent, on mesure  $L = 52,1$  mm.

Remarques:

- on s'intéresse aux minima d'intensité car ils se repèrent sur la courbe de manière plus précise que les maxima d'intensité;
- pour une mesure correcte, il est nécessaire d'utiliser la fonction zoom;
- on peut utiliser le pointage à deux curseurs de *Regressi* par exemple afin d'obtenir directement l'écart entre les abscisses des deux minima d'intensité.

#### VALIDER

4. a. Ici, ce n'est pas la taille associée à un pixel (distance entre deux points consécutifs de la courbe) qui limite la précision de la mesure, mais plutôt l'appréciation de la position des minima, comme le montre la figure ci-dessous: dans ce cas, on peut estimer que le premier minima est apprécié à 0,6 mm près et le deuxième à 0,9 mm près, d'où une incertitude  $U(L) = 0,6 + 0,9 = 1,5$  mm.



Remarques:

– Si l'image enregistrée par la webcam possède une résolution petite, alors l'appréciation sur écran d'un minima d'intensité se fait au pixel près et dans ce cas, c'est la taille associée au pixel qui limite la précision de la mesure.

– L'utilisation de la fonction « lissage » du logiciel *Regavi* ou la sélection rectangulaire de *SalsaJ* peuvent avoir un effet sur l'estimation de l'incertitude.

b. Pour réaliser une mesure  $L$  plus précise de la largeur de la tache centrale, on peut mesurer la largeur  $L_n$  séparant les  $n^{\text{èmes}}$  extinctions de part et d'autre de la tache

centrale. Ainsi  $L_n = n \times L'$ , soit  $L' = \frac{L_n}{n}$  puisque chaque

tache secondaire compte pour une demi tache centrale.

L'incertitude relative plus petite dans ce cas conduit à une estimation plus précise de la largeur de la tache centrale. Remarque: Pour plus de précision, voir le tableau en haut de page suivante.

Tableau de la question 4.b. de l'activité 3 :

| Mesures              | Mesure directe de la largeur de la tache centrale  | Mesure indirecte en passant par la distance entre les $n^{\text{ièmes}}$ minima |  |
|----------------------|--|---|--|
|                      |  |   | Détermination de la largeur de la tache centrale                   |
| Grandeur             | $L$  | $L_n$   | $L' = \frac{L_n}{n}$   |
| Incertitude absolue  | $U(L)$   | $U(L_n)$  | $U(L') = U(L_n)$   |
|                      | Pour une incertitude absolue $U(L_n)$ identique à celle de la mesure directe, on a :<br>$U(L') = U(L_n) = U(L)$  |   |  |
| Incertitude relative | $\frac{U(L)}{L}$   | $\frac{U(L_n)}{L_n} < \frac{U(L)}{L}$   | $\frac{U(L')}{L'} = \frac{U(L_n)}{L_n} = \frac{U(L)}{n \times L'}$ |
| Conclusion           | D'après la dernière expression, on a : $U(L') = \frac{U(L)}{n}$ ; donc l'incertitude sur la mesure de la largeur de la tache centrale est d'autant plus petite dans le cas de la mesure indirecte que le nombre $n$ considéré est grand. |   |  |

4. DÉMARCHÉ D'INVESTIGATION  
Interférences en lumière blanche

Pour cette démarche d'investigation, se reporter aux  
fiches-guides élève et professeur sur le site :  
sirius.nathan.fr/sirius2017

I Séquence D. Signal analogique et signal  
numérique

5. ACTIVITÉ DOCUMENTAIRE  
Analogique ou numérique ?

Réponses

S'APPROPRIER

1. La grandeur que l'on souhaite analyser est un son. La  
grandeur observée sur l'oscilloscope est une tension.

ANALYSER

2. a. Il s'agit d'un signal analogique car les informations  
traduisant le son sont associées à la valeur de la tension  
qui varie ici de manière continue.  
b. Le signal transmis par la carte d'acquisition est  
numérique car l'information sonore est traduite par des  
valeurs discrètes associées aux valeurs de la tension.  
c. Un signal numérique n'est pas identique au signal  
analogique auquel il correspond : il contient moins d'in-  
formations que ce dernier.

S'APPROPRIER

3. L'information binaire transmise est 101101.  
La tension du signal numérique bruité ne possède pas  
des valeurs discrètes précises comme celle du signal  
numérique à transmettre (mais l'information associée  
prend bien des valeurs discrètes 0 ou 1).

VALIDER

4. On peut ici facilement retrouver l'information numé-  
rique contenue dans le signal transmis en considérant  
que les valeurs binaires 0 et 1 sont respectivement asso-  
ciées aux valeurs de tensions supérieures et inférieures à  
1 V par exemple.  
Dans le cas de l'exemple proposé, si l'amplitude du  
bruit est supérieure à 1 V, l'information transmise sera  
erronée.  
De manière générale, on peut retrouver l'information  
numérique à transmettre si le rapport de l'amplitude du  
signal par l'amplitude du bruit n'est pas trop petit.

6. ACTIVITÉ EXPÉRIMENTALE  
Numérisation d'un signal sonore

Commentaires

Une étude graphique permet d'étudier la quantifica-  
tion d'un signal numérisé avant de réaliser une étude

expérimentale de l'échantillonnage d'une tension sinusoïdale. On invite enfin l'élève à mettre en pratique les conclusions obtenues sur les paramètres d'une acquisition en effectuant la numérisation d'un son, l'exemple choisi étant assez simple (son émis par un diapason) pour prévoir les réglages pertinents.

Remarque: il a été choisi de réaliser une étude préalable sur la quantification sous forme documentaire du fait de la difficulté de sa mise en évidence avec certains logiciels d'acquisition.

## Réponses

### S'APPROPRIER

1. a. Le document 1 précise que la carte d'acquisition a une résolution de 4 bits. Quatre chiffres binaires sont nécessaires pour représenter l'information du signal numérisé, donc la carte d'acquisition a bien une résolution de 4 bits.

b. Le pas indiqué par le document est  $p = 0,27 \text{ V}$ .

### ANALYSER

2. a. Si le nombre de bits du CAN est plus grand, alors il y a davantage de valeurs autorisées pour le signal numérisé, donc l'écart entre deux valeurs de la tension, c'est-à-dire le pas, diminue.

La conversion est alors plus précise car la tension numérisée a une allure plus proche de la tension analogique considérée.

b. La conversion est plus précise pour un calibre petit car le pas  $p$  est alors plus petit.

### RÉALISER

3. a. Suivre le protocole du document 2.

b. Les signaux numérisés avec une période d'échantillonnage  $T_e$  de 1, 2 et 5 ms ont une allure proche du signal analogique, mais pas les signaux numérisés avec  $T_e = 10 \text{ ms}$  (allure triangulaire) ou  $T_e = 20 \text{ ms}$  (tension à peu près constante).

Le signal numérisé est plus ressemblant au signal analogique pour  $T_e = 1 \text{ ms}$ , c'est-à-dire pour la période d'échantillonnage la plus petite, donc pour la fréquence d'échantillonnage la plus grande.

### ANALYSER

4. a. Pour effectuer la meilleure numérisation, il faut que le signal numérisé soit le plus ressemblant au signal analogique, et donc que la fréquence d'échantillonnage  $f_e$  soit la plus élevée: davantage d'échantillons du signal analogique sont mesurés pour une même durée.

b. Le signal numérisé est plus ressemblant au signal analogique pour une fréquence d'échantillonnage élevée, mais cela impose de ne pas dépasser une certaine durée totale pour l'enregistrement puisque le nombre de points de mesures est limité.

### RÉALISER

5. Pour obtenir la meilleure quantification, le nombre de bits de la carte d'acquisition n'étant pas modifiable, on

choisit un calibre tel que l'amplitude du signal affiché sur écran soit la plus grande.

On pourra par exemple choisir le calibre  $[-500 \text{ mV}; + 500 \text{ mV}]$  souvent adapté au signal délivré par un microphone.

Pour obtenir un échantillonnage satisfaisant, il faut que la fréquence d'échantillonnage soit suffisamment grande devant celle du son pur étudié ici.

Cela suppose de faire un compromis entre la fréquence d'échantillonnage et la durée totale de l'acquisition. Pour que la durée totale d'acquisition soit suffisamment longue, on peut choisir un nombre maximum de points de mesures (limité par le système d'acquisition), et estimer que l'échantillonnage est correct s'il y a par exemple au moins 20 mesures réalisées par période du son étudié, et choisir ainsi:  $f_e = 20 \times f_{\text{son}}$ .

On pourra par exemple choisir  $f_e = 10 \text{ kHz}$  (pour un diapason à 440 Hz, on a  $20 \times f_{\text{son}} = 8,8 \text{ kHz}$ ), et un nombre de points de mesure de 4000. Ainsi, la durée totale de l'acquisition sera fixée à  $\Delta t = 4000 \times T_e$ , avec:

$$T_e = \frac{1}{f_e} = \frac{1}{10 \times 10^3} = 1,0 \times 10^{-4} \text{ s} = 0,10 \text{ ms},$$

donc on aura  $\Delta t = 0,40 \text{ s}$ .

## ■ Séquence E. Procédés physiques de transmission

### 7. DÉMARCHE D'INVESTIGATION

#### Propagation libre ou guidée d'un signal

Pour cette démarche d'investigation, se reporter aux fiches-guides élève et professeur sur le site:

[sirius.nathan.fr/sirius2017](http://sirius.nathan.fr/sirius2017)

### 8. ACTIVITÉ DOCUMENTAIRE

#### Étude de différents supports de transmission

## Réponses

### S'APPROPRIER

1. Le débit binaire peut s'exprimer en  $\text{bit.s}^{-1}$ . Les fibres optiques monomodes permettent les meilleurs débits de transmission.

### RÉALISER

2. L'atténuation indiquée de 0,2 dB pour une propagation de 1 km dans la fibre optique monomode conduit à une atténuation de 20 dB pour 100 km. Avec cette atténuation, 1 % de l'énergie émise est toujours présente. Ainsi, la distance maximale de transmission par la fibre présentée est de 100 km avec l'hypothèse indiquée. Dans le cas de la ligne téléphonique avec ADSL, on a une atténuation de 15 dB pour 1 km, d'où une atténuation de 20 dB pour 1,3 km qui correspond à la distance maximale de la transmission par câble téléphonique.

### ANALYSER

3. a. Les débits des communications sont bien meilleurs lorsque des fibres optiques sont installées jusqu'au domicile de l'abonné. L'atténuation des signaux transmis est également plus petite.

Les offres « fibres » (ou FTTH pour « Fiber To The Home ») restent onéreuses car il faut compléter le réseau de fibres optiques et les fournisseurs d'accès ne proposent parfois pas ces offres dans les zones pas assez densément peuplées pour des raisons économiques.

b. Lorsqu'un abonné est situé loin du répartiteur téléphonique le plus proche, la longueur de la ligne ne permet pas d'obtenir le débit nécessaire pour la télévision par ADSL (documents 1 et 2). Les communications par satellite permettent quant à elles d'obtenir les débits nécessaires dans ces « zones blanches » de la technologie ADSL.

c. La téléphonie par Internet n'est généralement pas transmise par satellite à cause des délais de transmission relativement élevés dans ce cas (document 1), et qui sont contraignants pour les conversations.

## 9. ACTIVITÉ EXPÉRIMENTALE

### Propagation guidée d'un signal

## Réponses

### RÉALISER

1. a. Suivre le protocole décrit par la question et par le document 1.

b. Mesure des amplitudes :

$$U_e = 1,3 \times 2 = 2,6 \text{ V}; U_s = 1,1 \times 2 = 2,2 \text{ V}.$$

Calcul du coefficient d'atténuation du câble pour le signal étudié :

$$\alpha = \frac{1}{2L} \times 20 \log \frac{U_e}{U_s}$$

$$\text{A. N.: } \alpha = \frac{1}{2 \times 100} \times 20 \log \frac{2,6}{2,2} = 7,3 \times 10^{-3} \text{ dB.m}^{-1}.$$

Remarque: cette valeur est éloignée de celle habituellement indiquée par les fabricants de câbles coaxiaux car elle est donnée pour des signaux de fréquences de l'ordre de 800 MHz (atténuation de 17 ou 19 dB pour 100 m, soit un coefficient d'atténuation de 0,17 ou 0,19  $\text{dB.m}^{-1}$ ).

### ANALYSER

2. a. Le signal réfléchi possède une amplitude plus petite que celle du signal émis à cause du phénomène d'affaiblissement du signal au cours de sa transmission.

b. On observe également que la forme des impulsions est modifiée (phénomène de dispersion).

Remarque: on peut aussi évoquer le décalage des deux signaux dû à l'aller-retour dans le câble pour le signal réfléchi.

### RÉALISER

3. À adapter au matériel disponible.

### VALIDER

4. L'atténuation reste faible pour une propagation d'une centaine de mètres dans un câble coaxial. Pour une propagation sur 10 km, l'atténuation que subit le signal est 100 fois plus grande et peut devenir trop importante si le signal transmis n'est plus correctement détecté. En pratique, on peut utiliser des répéteurs afin de régénérer le signal au cours de sa propagation.

- maximale lorsque le spot se trouve sur un plat entre deux alvéoles car tous les rayons se réfléchissant restent en phase;
- minimale lorsque le spot se trouve sur une alvéole car deux rayons se réfléchissant d'une part sur un plat et d'autre part au fond du creux créent des interférences destructives.

## I Séquence F. Stockage optique

### 10. ACTIVITÉ DOCUMENTAIRE

#### Disque optique et données numériques

#### Réponses

##### S'APPROPRIER

1. Un rayon atteignant le fond d'un creux parcourt une longueur supplémentaire correspondant à deux fois (aller-retour) la profondeur du creux, c'est-à-dire à une demi longueur d'onde de la radiation dans le polycarbonate d'après le document  $1 \left( 2 \times \frac{\lambda_{\text{poly}}}{4} = \frac{\lambda_{\text{poly}}}{2} \right)$ .

##### ANALYSER

2. Après réflexion sur la zone réfléchissante, deux rayons issus du faisceau laser peuvent se superposer et interférer (le laser est une source de lumière cohérente). On peut distinguer plusieurs cas pour le spot représenté :

- si les deux rayons se réfléchissent sur le plat autour de l'alvéole, la différence de marche est nulle, les interférences sont constructives et l'intensité lumineuse résultante est non nulle;
- il en est de même si les deux rayons se réfléchissent au fond du creux;
- par contre, pour un rayon se réfléchissant sur le plat et l'autre au fond du creux, la différence de marche vaut  $\frac{\lambda_{\text{poly}}}{2}$ , donc les interférences sont destructives.

Puisque certains rayons interfèrent de manière destructive lorsque le spot se situe sur une alvéole, alors l'intensité lumineuse du faisceau réfléchi est minimale.

##### COMMUNIQUER

3. Au cours de la lecture, le faisceau laser parcourt le sillon et conduit, après réflexion, à une intensité lumineuse détectée :

## EXERCICES Appliquer le cours

### I Transmission d'informations (séquence A)

#### 14. Identifier une chaîne de transmission

| Dispositif            | Téléphone mobile   | Téléphone « pot de yaourt » |
|-----------------------|--|-----------------------------|
| Type de signal        | ondes électromagnétiques   | ondes mécaniques            |
| Milieu de propagation | air (puis câbles en cuivre ou de fibres optiques des réseaux de communication) | fil                         |
| Émetteur              | antenne du téléphone   | fond du pot de yaourt       |
| Récepteur             | antenne du téléphone   | fond du pot de yaourt       |

### I Images numériques (séquence B)

#### 15. Associer un tableau de nombres à une image

- Ce pixel est bleu (composante R et V d'intensité nulle et B d'intensité maximale).
- Ce pixel est jaune (superposition d'une lumière rouge et d'une lumière verte d'intensité identique).
- Le cyan est obtenu par superposition d'une lumière verte et bleue dans des proportions identiques, donc un pixel cyan a pour code RVB : « 0 ; 255 ; 255 ».
- En niveau de gris, un pixel blanc est associé à la valeur la plus grande d'un octet : « 255 ».

### I Signal analogique et signal numérique (séquence D)

#### 16. Reconnaître des signaux

- Un signal analogique transmet une information représentée par une infinité de valeurs (sous la forme de variations continues d'une grandeur), alors qu'un

signal numérique transmet une information associée à un nombre fini de valeurs déterminées.

b. Pour le signal (a), la tension, donc l'information transmise, ne prend que deux valeurs différentes. Il s'agit donc d'un signal numérique. Pour le signal (b), la tension prend une infinité de valeurs différentes. Il s'agit donc d'un signal analogique.

## I Procédés physiques de transmission (séquence E)

### 17. Étudier la numérisation d'un signal

a. Ces signaux sont numériques car ils sont représentés par un nombre fini de valeurs déterminées.

b. Le pas  $p$  d'une conversion correspond au plus petit écart de tension possible entre deux points de mesure. Dans les deux cas,  $p = 0,05 \text{ V}$ .

c. Dans le premier cas, la période d'échantillonnage vaut  $T_e = 1 \text{ ms}$ , donc la fréquence d'échantillonnage vaut :

$$f_e = \frac{1}{T_e} = \frac{1}{10^{-3}} = 10^3 \text{ Hz soit } f_e = 1 \text{ kHz.}$$

Dans le deuxième cas,  $f_e = 2 \text{ kHz}$ .

d. La numérisation est la plus fidèle dans le second cas car davantage de points de mesure sont enregistrés pour une même durée d'acquisition (de manière générale, une acquisition est d'autant plus fidèle que le pas est petit et que la fréquence d'échantillonnage est grande).

### 18. Caractériser une transmission numérique

30 images de 5,0 ko doivent être transmises en une seconde, donc le débit binaire nécessaire à la connexion est de  $30 \times 5,0 = 1,5 \times 10^2 \text{ ko} \cdot \text{s}^{-1}$ .

Remarque : on peut exprimer ce débit en  $\text{bit} \cdot \text{s}^{-1}$  en considérant que 1 octet représente 8 bits :

$$1,5 \times 10^2 \text{ ko} \cdot \text{s}^{-1} = 1,5 \times 10^5 \text{ octet} \cdot \text{s}^{-1} \\ = 8 \times 1,5 \times 10^5 \text{ bit} \cdot \text{s}^{-1} = 1,2 \times 10^6 \text{ bit} \cdot \text{s}^{-1} (= 1,2 \text{ Mbit} \cdot \text{s}^{-1}).$$

### 19. Évaluer l'affaiblissement d'un signal

L'affaiblissement en puissance est tel que :

$$\alpha = \frac{1}{\ell} \times 10 \log \frac{P_E}{P_S};$$

$$\text{donc } \log \frac{P_E}{P_S} = \frac{\alpha \ell}{10} = \frac{0,20 \times 50}{10} = 1,0 \text{ dB.}$$

$$\text{Ainsi } \frac{P_E}{P_S} = 10.$$

Le signal est dix fois moins puissant en sortie qu'en entrée de câble.

## I Stockage optique (séquence F)

### 20. Expliquer la lecture d'un disque optique

a. Dans le cas où le spot laser est situé sur une alvéole :

– des rayons du faisceau laser se réfléchissent sur un plat et d'autres sur un creux ;

– ces deux types de rayons sont en oppositions de phase lorsqu'ils se réfléchissent ;

– le signal détecté est minimum (interférences destructives entre certains rayons du faisceau).

b. Dans le cas où le spot laser n'est pas situé sur une alvéole :

– les rayons du faisceau laser se réfléchissent tous sur un plat ;

– tous les rayons réfléchis sont en phase ;

– le signal détecté est maximum (interférences constructives entre tous les rayons).

## EXERCICES S'entraîner

### 21. Exercice résolu dans le manuel

### 22. Application de l'exercice résolu

1. Une image au format HD comporte :

$$1\,280 \times 720 = 921\,600 \text{ pixels.}$$

En supposant que le codage RVB est utilisé, chaque pixel est représenté par 3 octets, donc l'image a une taille de  $921\,600 \times 3 = 2\,764\,800$  octets.

Or,  $1 \text{ Mo} = 10^3 \text{ ko} = 10^6$  octets, donc la taille de l'image

$$\text{vaut } \frac{2\,764\,800}{10^6} = 2,76 \text{ Mo.}$$

2. Puisque 1 octet correspond à 8 bits, la taille d'une image vaut  $2,76 \times 8 = 22,1 \text{ Mbit}$ .

Avec un débit de  $300 \text{ Mbit} \cdot \text{s}^{-1}$ , on peut afficher en une

$$\text{seconde au maximum : } \frac{300}{22,1} = 13,6; \text{ soit } 13 \text{ images.}$$

3. D'après le résultat précédent, on ne pourrait pas afficher assez d'images pour que la vidéo paraisse fluide, ce qui contredit notre quotidien. Le raisonnement est erroné car on n'a pas pris en compte la possibilité de compresser la vidéo.

### 23. Exercice résolu dans le manuel

### 24. Application de l'exercice résolu

1. Le pas de la conversion s'exprime :  $p = \frac{\Delta U}{N}$ .

L'intervalle de mesures vaut ici :  $\Delta U = 2,0 \text{ V}$ .

La résolution de la carte d'acquisition valant  $n = 8$  bits, le nombre le plus grand que peut fournir la carte est le nombre binaire 11111111, de valeur décimale  $N = 255$ .

$$\text{Ainsi, on a : } p = \frac{2,0}{255} = 0,0078 \text{ V.}$$

2. La numérisation étant la plus fidèle possible, la fréquence d'échantillonnage doit être la plus grande possible et vaut ici :  $f_e = 1,0 \text{ MHz}$ .

La période d'échantillonnage  $T_e$  associée représente la durée séparant deux mesures. Cette durée est donc :

$$T_e = \frac{1}{f_e} ; \text{ A. N.: } T_e = \frac{1}{1,0 \times 10^6} = 1,0 \times 10^{-6} \text{ s.}$$

Or, la période du signal à numériser est :

$$T = \frac{1}{f} ; \text{ A. N.: } T = \frac{1}{500} = 2,0 \times 10^{-3} \text{ s.}$$

Il y a ainsi  $\frac{T}{T_e} = \frac{2,0 \times 10^{-3}}{1,0 \times 10^{-6}} = 2,0 \times 10^3$  points de mesures

par période du signal à numériser. L'échantillonnage est donc correct ici.

3. À chaque mesure, l'ordinateur enregistre un nombre binaire de 8 bits, c'est-à-dire un octet. À la fréquence d'échantillonnage choisie, 1,0 millions de mesures sont effectuées en une seconde. Pendant la durée  $\Delta t = 100$  ms le nombre de mesures est dix fois moindre. Il y a donc  $1,0 \times 10^5$  octets enregistrés.

## 25. Apprendre à rédiger

> COMPÉTENCES : Analyser, réaliser, communiquer.

a. D'après les données, un caractère est codé par un octet. Le SMS comportant 35 caractères, il y a transmission de 35 octets.

Le débit binaire correspond au nombre de bit ou octets transmis en une seconde, donc le débit de cette transmission est de  $\frac{35}{1,23} = 28,5$  octet·s<sup>-1</sup>.

b. D'après les données, le codage RVB est utilisé ici, donc trois octets sont nécessaires pour représenter un pixel. L'image comportant  $320 \times 240 = 76800$  pixels est donc décrite par  $3 \times 76800 = 230\,400$  octets.

Pour la valeur du débit estimée précédemment, la durée de la transmission vaut :

$$\frac{230\,400}{28,5} = 8,08 \times 10^3 \text{ s} = 135 \text{ min} = 2,25 \text{ h.}$$

Ce résultat n'est pas cohérent avec notre quotidien, puisque l'envoi d'une image classique, comme ici, ne dure que quelques secondes. L'évaluation du débit de la transmission à la question précédente est faussée par la durée d'initialisation plus grande que la durée de la transmission des données. Il faudrait connaître précisément cette durée d'initialisation pour établir une valeur significative du débit, qui serait bien plus importante que celle établie à la réponse précédente.

## 26. Communication en champ proche

> COMPÉTENCES : S'approprier, analyser, communiquer.

D'après les caractéristiques du tableau, la technologie NFC a l'avantage, vis-à-vis du service de paiement sans contact :

– d'être de courte portée (quelques centimètres) afin que le paiement s'effectue de manière volontaire par approche du téléphone mobile vers le lecteur et que la transmission des données bancaires soit sécurisée (pas d'interception des données, bien qu'elles soient transmises dans l'air en propagation libre) ;

– de nécessiter une durée courte (inférieure à 0,1 s) pour établir la connexion pour que le paiement soit rapide.

Le débit de la communication, limité dans le cas de la communication en champ proche, n'est pas restrictif pour un paiement car l'échange de données bancaires ne fait pas intervenir beaucoup de données.

## 27. Coefficient d'atténuation d'une ligne

> COMPÉTENCES : S'approprier, analyser, réaliser.

a. Par mesure sur les graphiques :  $U_e = 4,0$  V et  $U_s = 2,0$  V ;

d'où  $\frac{U_e}{U_s} = 2,0$  ; donc le signal subit un affaiblissement

en amplitude d'un facteur deux.

b. Si les puissances sont proportionnelles aux carrés des amplitudes, alors :

$$\log \frac{P_e}{P_s} = \log \left( \frac{U_e}{U_s} \right)^2 = 2 \log \left( \frac{U_e}{U_s} \right)$$

$$\text{Or, } \alpha = \frac{1}{\ell} \times 10 \log \frac{P_e}{P_s} ;$$

$$\text{donc } \alpha = \frac{1}{\ell} \times 20 \log \frac{U_e}{U_s}.$$

$$\text{A. N. : } \alpha = \frac{1}{16} \times 20 \log(2,0) = 0,38 \text{ dB} \cdot \text{m}^{-1}.$$

## 28. Choix d'un échantillonnage

> COMPÉTENCES : S'approprier, analyser, réaliser, valider.

a. La fréquence d'échantillonnage doit être maximale pour que la numérisation soit la plus fidèle possible.

b. La fréquence d'échantillonnage  $f_e$  est maximale lorsque les  $N = 1000$  échantillons possibles sont réalisés. Pour l'enregistrement de durée  $\Delta t$ , cela revient à ce que la durée entre deux mesures soit :

$$\frac{\Delta t}{N} = \frac{0,040}{1000} = 4,0 \times 10^{-5} \text{ s. Cette durée correspond à la}$$

période d'échantillonnage  $T_e$  la plus courte possible, donc la fréquence d'échantillonnage maximale vaut :

$$f_e = \frac{1}{T_e} = \frac{1}{4,0 \times 10^{-5}} = 2,5 \times 10^4 \text{ Hz.}$$

c. Ici  $f_e > 20f$ , donc l'échantillonnage est satisfaisant.

## 29. Taille d'une photographie numérique

> COMPÉTENCES : S'approprier, analyser, réaliser, valider.

a. L'indication « 12 Mpixels » fait référence au nombre de pixels composant les photographies enregistrées par l'appareil, comme le montre la dimension « 4000 × 3000 » correspondant aux nombres de pixels en largeur et hauteur.

En codage RVB, un pixel est décrit par trois octets.

Ainsi,  $12 \times 10^6 \times 3 = 3,6 \times 10^7$  octets codent une photographie.

Puisque 1 Mo =  $10^6$  octets, la conversion du nombre précédent donne :

$$3,6 \times 10^7 \text{ octets} = \frac{3,6 \times 10^7}{10^6} \text{ Mo} = 36 \text{ Mo.}$$

b. La taille indiquée dans les propriétés du fichier image est bien plus petite puisqu'elle vaut 3,06 Mo. L'hypothèse selon laquelle les pixels de la photographie sont enregistrés en utilisant le code RVB est donc fausse.

En effet, l'image numérique est enregistrée au format JPEG, dont le but est de fournir un fichier compressé



n'attribuant pas un code de trois octets à chaque pixel de l'image, sans que la qualité d'une photographie habituelle ne soit beaucoup affectée.

### 30. In English Please

> COMPÉTENCES : S'approprier, analyser.

a. La voix est un signal analogique car elle transmet des informations sous la forme de variations continues de l'intensité sonore (l'information qu'elle contient est associée à une infinité de valeurs).

Elle est convertie en signal numérique au cours d'une communication VoIP, car l'information est alors associée à un nombre fini de valeurs binaires.

b. Les deux paramètres essentiels de la modulation d'impulsion codée sont la fréquence d'échantillonnage et la résolution (nombre de bits) du convertisseur.

Pour l'exemple illustré :

– la fréquence d'échantillonnage vaut :

$$f_e = \frac{1}{T_e} = \frac{1}{23 \times 10^{-6}} = 4,3 \times 10^4 \text{ Hz};$$

– il y a  $16 = 2^4$  valeurs différentes possibles pour l'amplitude, donc le convertisseur a une résolution de 4 bits.

### 31. ★ Transmission dans un câble

> COMPÉTENCES : S'approprier, analyser, réaliser.

a. Il s'agit d'un signal numérique car il transmet une information associée à un nombre fini de valeurs discrètes (0 ou 1).

b. Le débit binaire correspond au nombre de bits transférés en une seconde. Or, un nombre  $N = 1$  bit est transmis pendant la durée  $\Delta t = 10$  ms. Le débit vaut donc :

$$D = \frac{N}{\Delta t} = \frac{1}{10 \times 10^{-6}} = 1,0 \times 10^5 \text{ bit} \cdot \text{s}^{-1}.$$

c. La baisse d'amplitude s'explique par l'affaiblissement du signal : une part de l'énergie émise est dissipée.

$$d. \alpha = \frac{1}{\ell} \times 10 \log \frac{P_E}{P_S}; \text{ donc } \log \frac{P_E}{P_S} = \frac{\alpha \ell}{10};$$

$$\text{ainsi, } \frac{P_E}{P_S} = 10^{\frac{\alpha \ell}{10}} = 10^{0,15 \times \frac{40}{10}} = 4,0.$$

La puissance du signal en sortie de câble est quatre fois plus petite qu'en entrée.

### 32. ★ Lecture de l'information d'un CD

> COMPÉTENCES : S'approprier, analyser, réaliser.

a. La longueur d'onde à considérer est celle du rayonnement laser dans le polycarbonate, soit :

$$\lambda_{\text{poly}} = \frac{\lambda_0}{n_{\text{poly}}}.$$

$$A. N.: \lambda_{\text{poly}} = \frac{780}{1,55} = 503 \text{ nm}.$$

b. Lorsque le spot atteint une alvéole, une partie du faisceau se réfléchit au fond du creux tandis que les parties latérales du faisceau se réfléchissent sur les plats adjacents à l'alvéole. Un rayon se réfléchissant au fond

du creux parcourt donc un chemin optique plus long qu'un rayon se réfléchissant sur une zone plate.

La différence de marche, du fait de l'aller-retour, vaut :  $\delta = 2e = 2 \times 125 = 250 \text{ nm};$

$$\text{donc } \delta \approx \frac{\lambda_{\text{poly}}}{2}.$$

Ainsi, ces deux rayons se retrouvent après réflexion en situation d'interférences destructives. L'ensemble de la lumière réfléchie possède donc ici une intensité minimale lorsqu'elle atteint le capteur car certains rayons sont en opposition de phase après réflexion.

### 33. ★ Évolution des disques optiques

> COMPÉTENCES : S'approprier, analyser, valider.

a. La réduction de la taille des alvéoles permet d'en disposer davantage sur un disque de même surface et donc d'enregistrer plus d'informations.

b. Le faisceau doit être davantage focalisé car le principe de lecture (basé sur les interférences entre les rayons réfléchis) impose au faisceau laser de recouvrir un peu plus qu'une alvéole, sans chevaucher les autres alvéoles.

c. Afin d'augmenter la capacité des disques, il faut disposer d'un plus grand nombre d'alvéoles en diminuant leur taille. Il faut donc diminuer également la taille du spot, en réduisant l'écart angulaire  $\theta$  dû au phénomène de diffraction. Or le phénomène de diffraction est d'autant plus sensible que la dimension de l'objet diffractant (le système de focalisation) est petite devant la longueur d'onde du rayonnement. Une solution possible est donc de diminuer la longueur d'onde du faisceau laser utilisé, comme cela est indiqué par le document :

$$\lambda_{\text{Blu-Ray}} < \lambda_{\text{DVD}} < \lambda_{\text{CD}}.$$

### 34. ★★ La technologie Blu-ray

> COMPÉTENCES : S'approprier, analyser, réaliser, valider.

a. La technologie Blu-ray utilise un laser de lecture de petite longueur d'onde par rapport aux technologies CD et DVD, afin de réduire l'effet de la diffraction sur la taille du spot laser. Ce dernier n'est pas aussi étalé et permet la lecture de données enregistrées par des alvéoles plus petites : ceci augmente la capacité de stockage du disque.

b. Émetteur : lecteur Blu-ray; récepteur : télévision; support de propagation : câble HDMI.

c. La résolution est de 16 bits sur deux voix, donc il y a  $2 \times 16 = 32$  bits de données pour chaque échantillon enregistré. D'après la fréquence d'échantillonnage utilisé pour l'enregistrement, il y a en une seconde  $44,1 \times 10^3$  échantillons qui sont transférés, donc le débit de la transmission audio est de :

$$32 \times 44,1 \times 10^3 = 1,41 \times 10^6 \text{ bit} \cdot \text{s}^{-1} = 1,41 \text{ Mbit} \cdot \text{s}^{-1}.$$

d. Dans l'hypothèse du codage RVB, trois octets sont nécessaires à la détermination d'un pixel, donc une image est décrite par :

$$3 \times 1920 \times 1080 = 6\,220\,800 \text{ octets}.$$

e. D'après la fréquence d'affichage du téléviseur, 60 images sont traitées en une seconde, donc le débit de la transmission vidéo est de :

$$60 \times 6\,220\,800 = 3,7 \times 10^8 \text{ octet} \cdot \text{s}^{-1}.$$



Un octet correspondant à 8 bits, le débit se ramène à :  $8 \times 3,7 \times 10^8 = 3,0 \times 10^9 \text{ bit} \cdot \text{s}^{-1} = 3,0 \text{ Gbit} \cdot \text{s}^{-1}$ .

Ce débit est plus de mille fois supérieur à celui lié à la transmission du signal audio.

f. Si on ne considère que le signal vidéo, la capacité totale du disque permet une durée d'enregistrement de :

$$\frac{50 \times 10^9}{3,7 \times 10^8} = 1,4 \times 10^2 \text{ s, soit à peine plus de deux minutes.}$$

Ce résultat n'est pas satisfaisant car on n'a pas pris en compte la compression des données vidéo, alors décrites par un nombre plus faible d'octets sans modifier sensiblement la qualité de la vidéo. La durée totale d'enregistrement est ainsi bien plus grande en pratique.

### 35. ★★ S'auto-évaluer

a. Le signal transmis par la tête de la parabole est numérique car l'information qu'il transmet est associé à deux valeurs de la phase (valeur positive ou négative) auxquelles correspondent deux valeurs binaires représentant l'information.

b.  $\alpha = \frac{1}{\ell} \times 10 \log \frac{P_E}{P_S}$ ; donc  $\frac{P_E}{P_S} = 10^{\frac{\alpha \ell}{10}}$ ;

d'où  $P_S = P_E \times 10^{-\frac{\alpha \ell}{10}}$ .

Ici, le signal possède une fréquence de 2400 MHz, donc l'atténuation de la transmission vaut 38,8 dB pour une longueur de câble de 100 m, d'après les indications du fabricant. Dans ces conditions, le coefficient d'atténuation du câble vaut :  $\alpha = \frac{38,8}{100} = 0,388 \text{ dB} \cdot \text{m}^{-1}$ .

Or, la longueur du câble vaut  $\ell = 25 \text{ m}$  d'après les indications du fabricant.

Ainsi,  $P_S = 2,0 \times 10^{-0,388 \times \frac{25}{10}} = 0,21 \text{ mW}$ .

### 36. Offres « Internet »

> COMPÉTENCES : S'approprier, analyser, communiquer.

Exemple d'éléments que l'on peut retrouver dans la synthèse :

#### a. Introduction possible

Les offres des fournisseurs d'accès à Internet répondent à des situations variées et doivent prendre en compte les multiples besoins de la population et les différentes configurations des territoires.

#### b. Différents besoins des usagers

Les besoins diffèrent d'un usager à l'autre et selon la situation dans laquelle il se trouve. Certains usagers ont besoin :

- d'un débit très élevé (en particulier pour les usages multimédia);
  - de temps de réponse courts (applications interactives comme les jeux vidéo en ligne);
  - d'une connexion permanente (mobilité de la téléphonie mobile par exemple);
  - de débits symétriques (pour le télétravail par exemple).
- D'autres privilégient le coût de l'abonnement.

#### c. Distinction entre les niveaux de transport, collecte et desserte

Le réseau Internet est structuré en trois niveaux aux besoins différents :

– le réseau de transport (au niveau international et national) doit supporter des débits énormes et utilise uniquement la fibre optique comme milieu de propagation des signaux, car celle-ci permet les meilleurs débits et des atténuations des signaux acceptables sur de longues distances;

– le réseau de collecte (au niveau de la région et du département) utilise de la même manière la fibre optique, parfois le réseau téléphonique avec les technologies DSL moins performantes (débits moyens et portée limitée à cause d'une atténuation bien plus importante) mais nécessitant moins d'investissement, et les technologies sans fil (faiseaux hertziens, liaison satellite, etc.) permettent un accès géographiquement plus large sans nécessité de réaliser beaucoup d'infrastructures;

– le réseau de desserte (au niveau des villes et des quartiers) nécessite des débits plus limités, mais il doit atteindre un maximum d'abonnés et utilise ainsi divers supports et technologies de transmission selon la configuration des territoires.

d. Configuration du territoire et desserte des communications :

Les technologies utilisées en desserte sont en grande partie déterminées par la configuration du territoire :

– les secteurs urbains et denses permettent l'emploi de technologies performantes mais souvent à fort investissement (fibres optiques jusqu'au domicile, ADSL2+, 3G, WiMAX, etc.);

– les secteurs isolés et peu denses imposent d'autres technologies moins performantes du fait de l'atténuation importante pour les grandes distances de transmission (ADSL au lieu de ADSL2+, ReADSL, etc.) mais nécessitant des investissements moins conséquents (ADSL ou ReADSL en propagation guidée, WiMAX ou Wi-Fi en propagation libre, etc.);

– les secteurs avec peu d'obstacles et des points hauts se prêtent bien aux réseaux hertziens (WiMAX, Wi-Fi, etc.);

– les infrastructures présentes (réseau téléphonique, réseau optique déjà présent, etc.) permettent de réduire les coûts de mise en œuvre de certaines technologies en évitant des travaux lourds.

#### e. Complémentarité des technologies de desserte :

Les technologies au niveau de la desserte peuvent se compléter :

– dans les zones peu denses, la desserte haut débit par les réseaux filaires n'est pas toujours assurée, on parle de « zones blanches ADSL », car la zone de desserte de l'ADSL est limitée à quelques kilomètres autour du répartiteur téléphonique et que le niveau de service est conditionné par la distance entre l'abonné et le répartiteur, à cause du phénomène d'affaiblissement. Dans ce cas, le Wi-Fi ou le WiMAX par exemple sont des solutions possibles, car bien adaptées à la couverture rapide de zones où la clientèle est dispersée. La desserte par

satellite est également possible car elle couvre de très grandes étendues, mais offre des performances plus limitées ;

– contrairement à l'ADSL, l'offre SDSL autorise les débits symétriques généralement utiles aux entreprises mais pas aux particuliers.

Les technologies de desserte peuvent aussi se concurrencer selon les usages possibles, les performances et les coûts ;

– dans une zone urbaine, un opérateur peut proposer de l'ADSL (peu coûteux, débit moyen) tandis qu'un autre offre du FttH (plus coûteux, débit élevé) ; chaque abonné choisit la technologie qui répond le mieux à ses besoins ;  
– sur un même territoire, une technologie sans fil (WiMAX, WiFi, etc.) permet aux usagers de se connecter en déplacement mais aussi à leur domicile, tandis qu'une technologie filaire (DSL, fibre au domicile) offre des accès uniquement résidentiels mais généralement plus performants.

f. Conclusion possible :

Du fait des situations variées selon les besoins et les contextes géographiques, aucune technologie n'offre de solution universelle à la desserte des communications Internet. Les fournisseurs d'accès à Internet font appel à une association de technologies complémentaires, chacune avec ses avantages et ses inconvénients en termes de performances (débit, temps de réponse), de portée (liée à l'atténuation des signaux transmis et fonction des débits désirés), de coûts, de caractéristiques techniques (propagation libre ou guidée, mobilité, symétrie, facilité de mise en œuvre, etc.).

## EXERCICES Objectif BAC

Les fiches-guides permettant d'évaluer ces exercices par compétences sont disponibles sur le site : [sirius.nathan.fr/sirius2017](http://sirius.nathan.fr/sirius2017)

### 37. DISPERSION DANS UNE FIBRE OPTIQUE

> COMPÉTENCES : S'approprier, analyser, réaliser, valider.

1. Le document 2 montre que le signal transmet une information binaire, représentée soit par la présence, soit par l'absence d'impulsion pendant une durée  $T$ . Un bit 1 ou 0 est ainsi transmis à chaque durée  $T$  écoulée, donc le débit binaire de ce signal vaut :

$$D = \frac{1}{T}$$

2. Deux impulsions doivent être au moins séparées par la durée correspondant à son élargissement en sortie de fibre optique (doc. 3) :

$$T = \Delta t = \frac{L \times n_1}{c} \times \left( \frac{n_1}{n_2} - 1 \right).$$

$$\text{A. N. : } \Delta t = \frac{1,0 \times 10^3 \times 1,456}{3,0 \times 10^8} \times \left( \frac{1,456}{1,410} - 1 \right) = 1,6 \times 10^{-7} \text{ s.}$$

Dans ce cas le débit binaire maximal vaut :

$$D = \frac{1}{\Delta t} = \frac{1}{1,6 \times 10^{-7}} = 6,3 \times 10^6 \text{ bit} \cdot \text{s}^{-1} = 6,3 \text{ Mbit} \cdot \text{s}^{-1}.$$

3. Le cœur d'une fibre monomode est plus petit que pour une fibre à saut d'indice, donc la différence de parcours entre deux rayons est plus petite que pour une fibre à saut d'indice. Ainsi, la dispersion est moindre, c'est-à-dire que  $\Delta t$  est plus petit, donc le débit de transmission permis pour que deux impulsions en entrée de fibre ne se superposent pas en sortie est plus important.

### 38. TRANSMISSION D'INFORMATIONS PAR FIBRE OPTIQUE

> COMPÉTENCES : S'approprier, analyser, réaliser, valider.

1. L'utilisation d'un laser est en particulier justifiée par :  
– la directivité de son faisceau qui permet de concentrer davantage la lumière en entrée de fibre optique ;  
– sa puissance élevée pour que l'affaiblissement au cours de la transmission n'empêche pas de percevoir le signal en sortie de fibre.

2. Le choix de la longueur d'onde du rayonnement est motivé par une atténuation du signal la plus faible, donc un coefficient d'atténuation le plus petit. Ainsi, la longueur que l'on peut retenir est  $\ell = 1,3 \mu\text{m}$  ( $1\,300 \text{ nm}$ ), ce qui correspond à un laser du domaine de l'infrarouge.

3. a. En notant  $N$  la taille du fichier, et  $D$  le débit binaire de la transmission, la durée  $\Delta t$  du transfert s'exprime :

$$D = \frac{N}{\Delta t} ;$$

$$\text{D'où } \Delta t = \frac{N}{D}.$$

$$\text{A.N. : } D = 100 \text{ Mbit} \cdot \text{s}^{-1} = 100 \times 10^6 \text{ bit} \cdot \text{s}^{-1} ;$$

$$N = 50 \text{ Mio} = 50 \times 2^{20} \text{ octets} = 50 \times 2^{20} \times 8 \text{ bits} ;$$

$$\text{donc } \Delta t = \frac{50 \times 2^{20} \times 8}{100 \times 10^6} = 4,19 \text{ s.}$$

b. Le nombre de pixels d'une image est :

$$600 \times 450 = 270\,000 \text{ pixels.}$$

Avec un codage de 24 bits par pixels, la taille d'une image vaut :  $270\,000 \times 24 = 6\,480\,000 \text{ bit} = 6,48 \text{ Mbit}$ .

Le débit nécessaire à la transmission de la vidéo affichant 25 images par seconde est donc de :

$$6,48 \times 25 = 162 \text{ Mbit} \cdot \text{s}^{-1}.$$

Ce débit est supérieur au débit moyen disponible donc la transmission ne peut pas être assurée dans de bonnes conditions, dans l'hypothèse du codage RVB (la possibilité de compresser les images de la vidéo lors de l'enregistrement et lors de la transmission de l'information n'a pas été prise en compte).

4. • Méthode 1 : détermination de la longueur  $l$  maximale pour une transmission satisfaisante

Pour une puissance  $P_{\text{sortie}}$  égale à 1 % de la valeur de

$$P_{\text{entrée}}, \text{ on a } \frac{P_{\text{sortie}}}{P_{\text{entrée}}} = 0,01.$$

$$\text{Donc } \frac{P_{\text{entrée}}}{P_{\text{sortie}}} = 100.$$

L'atténuation correspondante s'exprime :

$A_{dB} = \alpha \ell = 10 \log \frac{P_{\text{entrée}}}{P_{\text{sortie}}}$ , donc la longueur  $\ell$  de la transmission vaut :

$$\ell = \frac{A_{dB}}{\alpha} = \frac{1}{\alpha} \times 10 \log \frac{P_{\text{entrée}}}{P_{\text{sortie}}}$$

avec  $\alpha$  le coefficient d'atténuation déterminé par lecture graphique du document 2: pour un rayonnement de longueur d'onde  $\lambda = 850 \text{ nm} = 0,85 \text{ }\mu\text{m}$ , on a  $\alpha = 2,5 \text{ dB}\cdot\text{km}^{-1}$ .

A. N.:  $\ell = \frac{1}{2,5} \times 10 \log(100) = 8,0 \text{ km}$ .

Cette longueur est plus petite que la longueur  $L = 10,0 \text{ km}$ , donc les clients situés en périphérie de ville ne bénéficient pas de signaux satisfaisants.

• *Méthode 2: détermination de la part de puissance transmise pour la longueur  $L = 10,0 \text{ km}$*

Pour une transmission de longueur  $L$ , on a :

$$A_{dB} = \alpha \cdot L = 10 \log \frac{P_{\text{entrée}}}{P_{\text{sortie}}}$$

donc  $\log \frac{P_{\text{entrée}}}{P_{\text{sortie}}} = \frac{\alpha \cdot L}{10}$

ainsi  $\frac{P_{\text{entrée}}}{P_{\text{sortie}}} = 10^{\frac{\alpha \cdot L}{10}}$

ainsi  $\frac{P_{\text{sortie}}}{P_{\text{entrée}}} = 10^{-\frac{\alpha \cdot L}{10}}$

avec  $\alpha$  le coefficient d'atténuation déterminé par lecture graphique du document 2: pour un rayonnement de longueur d'onde  $\lambda = 850 \text{ nm} = 0,85 \text{ }\mu\text{m}$ , on a  $\alpha = 2,5 \text{ dB}\cdot\text{km}^{-1}$ .

A. N.:  $\frac{P_{\text{sortie}}}{P_{\text{entrée}}} = 10^{-\frac{2,5 \times 10}{10}} = 3,2 \times 10^{-3} = 0,32 \%$ .

Pour la longueur  $L$ , la puissance du signal en sortie est inférieure à 1 % de la puissance du signal en entrée, donc tous les clients ne bénéficient pas de signaux satisfaisants.

• *Méthode 3: détermination de  $A_{dB}$  et utilisation de la proportionnalité*

Pour une puissance  $P_{\text{sortie}}$  égale à 1 % de la valeur de  $P_{\text{entrée}}$ , on a :

$$\frac{P_{\text{sortie}}}{P_{\text{entrée}}} = 0,01.$$

Donc  $\frac{P_{\text{entrée}}}{P_{\text{sortie}}} = 100$ .

L'atténuation correspondante vaut :

$$A_{dB} = 10 \log \frac{P_{\text{entrée}}}{P_{\text{sortie}}}$$

A. N.:  $A_{dB} = 10 \times \log(100) = 20 \text{ dB}$ .

Par ailleurs, le coefficient d'atténuation  $\alpha$  se détermine par lecture graphique du document 2: pour un

rayonnement de longueur d'onde  $\lambda = 850 \text{ nm} = 0,85 \text{ }\mu\text{m}$ , on a  $\alpha = 2,5 \text{ dB}\cdot\text{km}^{-1}$ .

| Longueur parcourue par le signal (km) | Atténuation (dB)         |
|---------------------------------------|--------------------------|
| $\ell = 1 \text{ km}$                 | $A_1 = 2,5 \text{ dB}$   |
| $L = ? \text{ km}$                    | $A_{dB} = 20 \text{ dB}$ |

Par proportionnalité :

$$L = \frac{A_{dB} \times \ell}{A_1} = \frac{20 \times 1}{2,5} = 8,0 \text{ km}.$$

Cette longueur est plus petite que la longueur  $L = 10,0 \text{ km}$ , donc les clients situés en périphérie de ville ne bénéficient pas de signaux satisfaisants.

### 39. RÉOLUTION DE PROBLÈME

#### Communication d'un drone

> COMPÉTENCES : S'approprier, connaître, analyser, réaliser, valider, communiquer.

Exemple de réponse :

• **Faut-il considérer le phénomène de diffraction ?**

– Calcul de la longueur d'onde dans le vide du signal Wi-Fi

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

avec  $c$  la vitesse de propagation des ondes électromagnétiques dans le vide, et  $\nu = 2,4 \text{ GHz}$  la fréquence du signal indiquée par le document 1.

A. N.:  $\lambda = \frac{3,0 \times 10^8}{2,4 \times 10^9} = 0,125 \text{ m}$ .

On admet que la longueur d'onde des ondes dans l'air a même valeur.

– *Comparaison aux dimensions d'un arbre*

Le phénomène de diffraction n'est nettement observé que lorsque la dimension d'un obstacle est du même ordre de grandeur ou plus petit que la longueur d'onde  $\lambda$  de l'onde. Or, on peut supposer que le tronc d'un petit arbre a un diamètre  $a$  de l'ordre d'une dizaine de centimètres.

Les ordres de grandeurs de  $a$  et  $\lambda$  sont comparables, donc on considère que le phénomène de diffraction se produira de manière sensible ici.

– *Conclusion*

Bien que le téléphone soit caché du drone par l'arbre, la diffraction par le tronc permettra au signal vidéo émis par le drone d'atteindre en partie le téléphone.

Toutefois, on peut envisager une baisse de la portée du signal et du débit de la transmission.

• **Le phénomène d'interférence est-il à prendre en compte ?**

Dans la situation étudiée, la présence de chemins multiples n'est pas évidente car il n'y a pas d'obstacle comme un mur placé sur le côté du trajet direct comme évoqué dans le document 2.

On peut faire l'hypothèse que le phénomène d'interférence n'affecte pas sensiblement ni la portée ni le débit de la transmission du signal vidéo.

### • Détection du signal vidéo

#### – Estimation de l'atténuation du signal

Bien que l'arbre soit un obstacle à la propagation du signal, on suppose que la modélisation de l'atténuation du signal évoquée par le document 1 est valable dans notre situation :

$$A = 40 + 20 \times \log(d);$$

en considérant la distance  $d = 40$  m de la ligne droite entre le drone et le téléphone.

$$\text{A. N. : } A = 40 + 20 \times \log(40) = 72 \text{ dB.}$$

L'expression utilisée correspond au cas où il n'y a pas d'obstacle. La valeur obtenue pour l'atténuation est donc inférieure à la valeur réelle.

#### – Puissance du signal reçu

On suppose que le signal est émis par le drone avec une puissance  $P_e = 100$  mW correspondant à la puissance d'émission maximale autorisée en France.

La puissance  $P_s$  du signal reçu par le drone vérifie :

$$A = 10 \log \frac{P_e}{P_s}$$

$$\text{donc } \log \frac{P_e}{P_s} = \frac{A}{10}$$

$$\frac{P_e}{P_s} = 10^{A/10}$$

$$\frac{P_s}{P_e} = 10^{-A/10}$$

$$\text{d'où } P_s = P_e \times 10^{-A/10}.$$

$$\text{A. N. : } P_s = 100 \times 10^{-72/10} = 6,3 \times 10^{-6} \text{ mW.}$$

#### – Conclusion

$P_s > 10^{-6}$  mW donc le téléphone semble capable de détecter le signal Wi-Fi émis par le drone.

### • Débit du signal vidéo

Le débit nécessaire à la transmission du signal vidéo dans le cas de 30 images par seconde d'une taille de 200 kio chacune donne :

$$D = 200 \times 1024 \times 8 \times 30 = 4,92 \times 10^7 \text{ bit} \cdot \text{s}^{-1} = 49,2 \text{ Mbit} \cdot \text{s}^{-1}.$$

### • Conclusion et critique du résultat

– Ce débit est inférieur au débit théorique maximal de  $54 \text{ Mbit} \cdot \text{s}^{-1}$  indiqué par le document 1, donc une transmission du signal permettant d'observer une vidéo fluide est envisageable.

– Cependant, le résultat obtenu peut être considéré comme un débit maximal atteint dans la situation considérée car :

– on n'a pas pris en compte le phénomène d'interférences qui limite la portée et le débit du signal ;

– on n'a considéré que l'impact positif du phénomène de diffraction (étalement des directions de propagation de l'onde) et pas ses effets sur la portée et le débit ;

– on a admis la modélisation de l'atténuation évoquée par le document 1 alors que celle-ci correspond au cas où il n'y a pas d'obstacles ;

– on a supposé que le signal émis par le drone était maximal.

Ainsi, puisque le débit  $D = 49,2 \text{ Mbit} \cdot \text{s}^{-1}$  obtenu avec nos hypothèses est proche du débit théorique maximal de la connexion Wi-Fi de  $54 \text{ Mbit} \cdot \text{s}^{-1}$ , on peut envisager que le débit réel soit inférieur au débit nécessaire pour obtenir une vidéo fluide. Dans cette situation, on visionnera alors peut-être une vidéo de moins bonne qualité (avec certaines images manquantes).

## 40. ÉVALUATION DES COMPÉTENCES EXPÉRIMENTALES

### Transmission d'informations avec une télécommande

Pour cette évaluation, se reporter à la fiche-guide disponible sur le site :

[sirius.nathan.fr/sirius2017](http://sirius.nathan.fr/sirius2017)