

Le son, une information à coder

Du microphone au fichier, puis du fichier au réseau : à la fin, tu sais **justifier les réglages d'une numérisation, estimer la taille d'un fichier audio, calculer un taux de compression et discuter l'énergie des échanges de fichiers.**



1 Quatre parties, une vraie progression

Cours clair, repères à retenir, méthodes pas à pas, QCM de tête, exercices corrigés. On part de l'échantillonnage, on termine sur la compression, l'énergie des échanges et deux sujets complets.

2 « Les erreurs qui coûtent des points »

Dans chaque partie, les confusions à éviter dans le chapitre, en X / ✓, avec le réflexe qui les évite. Et le barème d'une question type, décrypté sur un exemple.

3 Rien que le programme officiel

Les cinq savoir-faire exigibles du chapitre, cités dans les termes du programme. **Chaque partie s'ouvre sur la liste des capacités qu'elle travaille.**

4 L'essentiel pour réviser

Le formulaire des quatorze repères, chacun étiqueté selon ce qu'il faut en faire, et la page qui donne le plan de réponse de chaque question type du chapitre.

4

parties
progressives

12

exercices corrigés
pas à pas

14

repères
à retenir

9

méthodes
pas à pas

Conforme au programme d'**enseignement scientifique de première générale** - B.O. n° 25 du 22 juin 2023, thème 4 « Son, musique et audition », partie **4.2 « Le son, une information à coder »**. Un test de positionnement en page 4 t'indique par quelle partie commencer.

« Un CD audio relève 44 100 valeurs par seconde et par voie.
Le téléphone se contente de 8 000. »

Génies des Sciences

Méthodes & entraînement · Lycée
www.geniesdessciences.com



3 Par quelle partie commencer ?

CORRIGÉ FERMÉ

Seize questions sur les quatre parties. Réponds **sur une feuille**, sans regarder les réponses. Ce test ne te note pas : il te dit seulement **par où commencer**.

01 Un signal analogique varie :

- a** de façon continue **b** par sauts

02 Échantillonner, c'est :

- a** relever des valeurs à intervalles réguliers
b effacer les sons trop faibles

03 La fréquence d'échantillonnage s'exprime en hertz.

- VRAI** **FAUX**

04 Une fréquence d'échantillonnage plus élevée donne :

- a** un fichier plus petit **b** une numérisation plus fidèle

05 Quantifier, c'est arrondir chaque échantillon à un niveau permis.

- VRAI** **FAUX**

06 Avec 8 bits, le nombre de niveaux vaut :

- a** 8 **b** 256

07 Un octet, c'est :

- a** 8 bits **b** 1 000 bits

08 Plus la quantification est fine, plus la numérisation est fidèle.

- VRAI** **FAUX**

09 Le débit binaire d'un fichier audio s'exprime en :

- a** bit/s **b** hertz

10 Pour un son stéréo, on code :

- a** une seule voie **b** deux voies

11 Pour passer des bits aux octets, on divise par 8.

- VRAI** **FAUX**

12 Dans ce pack, 1 Mo vaut :

- a** 10^6 octets **b** 10^3 octets

13 Compresser un fichier, c'est :

- a** diminuer sa taille **b** augmenter sa qualité

14 La compression du MP3 se fait sans aucune perte d'information.

- VRAI** **FAUX**

15 Une compression avec perte supprime surtout :

- a** les sons que l'oreille perçoit mal **b** les sons les plus forts

16 À durée égale, regarder une vidéo en ligne échange beaucoup plus de données qu'écouter de la musique en ligne.

- VRAI** **FAUX**

QUESTIONS	PARTIE	SI TU EN RATES UNE...
1 à 4	1	analogique, numérique, échantillonnage
5 à 8	2	quantification, bits et niveaux
9 à 12	3	débit binaire et taille d'un fichier
13 à 16	4	compression, stockage, échanges

✓ Où sont les réponses

Elles ne sont pas sur cette page, pour que tu répondes sans les voir : tu les trouveras **en tête des corrigés**, page 27.

★ Comment lire ton résultat

14 à 16 : enchaîne les quatre parties dans l'ordre.

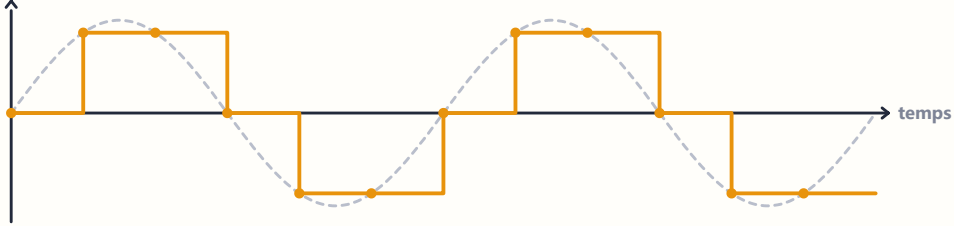
9 à 13 : commence par les parties où tu as raté une question, puis reprends les autres.

8 ou moins : fais les quatre parties dans l'ordre. Le pack est construit pour ce parcours complet.

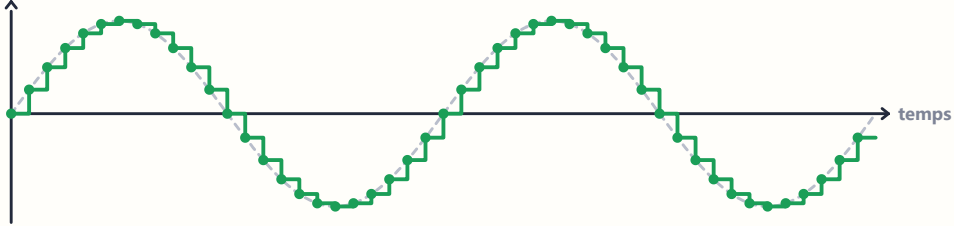
? D'où viennent ces questions

Chaque question correspond à une **capacité exigible** du programme ou à une notion du cours qui la prépare.

Fréquence d'échantillonnage faible : 6 échantillons par période



Fréquence d'échantillonnage élevée : 24 échantillons par période



en pointillés : le signal analogique ; en couleur : le signal reconstitué à partir des échantillons

Le même son, numérisé avec 6 puis 24 valeurs par période : avec peu de valeurs, le signal reconstitué s'écarte nettement du signal d'origine

R4

CHOISIR LA FRÉQUENCE D'ÉCHANTILLONNAGE

PAR CŒUR

Plus f_e est élevée, plus la numérisation est **fidèle**, mais plus il y a de valeurs à stocker : la taille du fichier est **proportionnelle** à f_e . On retient la plus petite fréquence qui donne la fidélité que l'usage demande.

Réglages courants : 8 000 Hz pour la téléphonie, 44 100 Hz pour le CD audio, 96 000 Hz en studio.

USAGE

f_e

CE QUE L'USAGE DEMANDE

Téléphonie, messagerie vocale	8 kHz	une parole compréhensible, des données légères à transmettre
CD audio, musique	44,1 kHz	une musique restituée fidèlement, aigus compris
Studio d'enregistrement	96 kHz	une marge pour les traitements du montage

? Si ton manuel cite un critère chiffré

D'anciens manuels donnent une règle chiffrée qui relie f_e à la fréquence la plus aiguë du son. Elle ne figure pas dans le programme en vigueur (B.O. de 2023) : **elle n'est donc pas exigible**. Le programme attend la justification par le compromis entre fidélité et taille (R4).

4 Les méthodes, pas à pas

MÉTHODE

1 Lire T_e sur un graphique et calculer f_e

1 Je repère deux échantillons voisins
et je lis l'écart de temps qui les sépare.

2 Je convertis en secondes
avec $1 \text{ ms} = 10^{-3} \text{ s}$ et $1 \mu\text{s} = 10^{-6} \text{ s}$.

3 Je calcule
 $f_e = \frac{1}{T_e}$, en hertz.

L'EXEMPLE RÉDIGÉ

Deux échantillons voisins sont séparés de 0,05 ms, donc $T_e = 0,05 \text{ ms} = 5,0 \times 10^{-5} \text{ s}$ et

$$f_e = \frac{1}{5,0 \times 10^{-5} \text{ s}} = \mathbf{20\,000 \text{ Hz.}}$$

Le conseil du prof

Pour justifier un réglage, écris deux arguments, chacun avec sa valeur : ce que l'usage demande, relevé dans le document, et ce que coûte le réglage, par le rapport des fréquences d'échantillonnage, qui est aussi le rapport des tailles. Une justification qui ne cite que la fidélité oublie l'un des deux termes du compromis que décrit le programme.

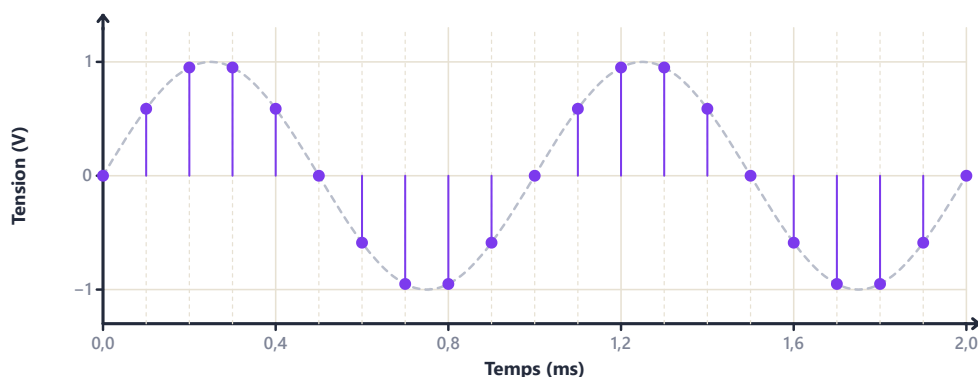


Exercice 1 Lire un échantillonnage



Un logiciel affiche le signal capté par un microphone (en pointillés) et les valeurs relevées lors de l'échantillonnage (points violets).

DOCUMENT - L'ÉCRAN DU LOGICIEL



Les lignes pointillées verticales sont tracées tous les 0,1 ms.

1. Déterminer la période d'échantillonnage T_e , en millisecondes puis en secondes.
2. Calculer la fréquence d'échantillonnage f_e .
3. Déterminer la période du signal capté, puis sa fréquence.
4. Combien de valeurs sont relevées pendant une période du signal ? Retrouver ce nombre par un calcul.

Exercice 2 Un enregistreur, quatre réglages



Un enregistreur numérique propose quatre fréquences d'échantillonnage. Un élève a enregistré la même voix, puis le même morceau de musique, avec chacune, et les a fait écouter au casque à sa classe.

DOCUMENT - ESSAIS D'ÉCOUTE (RÉSULTATS CONSTRUITS POUR L'EXERCICE)

f_e	VOIX	MUSIQUE
8 000 Hz	compréhensible, mais au son « téléphonique »	sourde : les aigus (cymbales) ont disparu
22 050 Hz	naturelle	correcte, mais les aigus sont atténués
44 100 Hz	naturelle	fidèle
96 000 Hz	naturelle	aucune différence entendue avec 44 100 Hz

1. Calculer la période d'échantillonnage du réglage à 22 050 Hz, en microsecondes.
2. Calculer le nombre de valeurs relevées sur une voie pendant un extrait de 10 s, avec chacun des quatre réglages.
3. L'élève veut enregistrer une interview qui sera mise en ligne. Choisir un réglage et le justifier en pesant fidélité et nombre de valeurs.
4. Il veut ensuite enregistrer un concert de son groupe pour l'écouter chez lui. Choisir un réglage et le justifier. Pourquoi ne pas choisir 96 000 Hz ?



La rédaction modèle est à gauche, les remarques du correcteur à droite. Lis-les seulement après avoir cherché : c'est l'effort de recherche qui fixe la méthode.

✓ **Les réponses du test de positionnement**

1. a - 2. a - 3. Vrai - 4. b - 5. Vrai - 6. b ($2^8 = 256$) - 7. a - 8. Vrai - 9. a - 10. b - 11. Vrai - 12. a - 13. a - 14. Faux - 15. a - 16. Vrai



Comment lire un corrigé

Chaque réponse est écrite comme sur une copie : la donnée relevée, le raisonnement en phrases, la relation, le calcul avec l'unité à chaque ligne, puis une phrase qui répond à la question. Cette dernière phrase n'est pas du remplissage : c'est elle qui montre que le calcul a été interprété.

Si ton résultat diffère du mien d'un facteur 2, 8 ou 60, cherche d'abord une voie oubliée, une division par 8 manquante ou des minutes non converties : ce sont les trois pièges de la partie 3. La page 34 donne, pour chaque type de question, le plan attendu.

Exercice 1 ★ Lire un échantillonnage

1. Deux points voisins sont séparés d'un intervalle entre deux lignes pointillées :

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

2. $f_e = \frac{1}{T_e} = \frac{1}{1,0 \times 10^{-4} \text{ s}} = 10\,000 \text{ Hz}$, soit 10 kHz.

3. Le signal reprend la même valeur, en montant, à 0 ms puis à 1,0 ms :

$$T = 1,0 \times 10^{-3} \text{ s}, \text{ donc } f = \frac{1}{1,0 \times 10^{-3} \text{ s}} = 1\,000 \text{ Hz}$$

4. On compte 10 intervalles entre 0 ms et 1,0 ms. Par le calcul (R3) :

$$\frac{f_e}{f} = \frac{10\,000 \text{ Hz}}{1\,000 \text{ Hz}} = 10 \text{ valeurs par période.}$$

Deux lectures différentes

Le graphique porte deux informations : l'écart entre deux points (c'est T_e) et la durée d'un motif du signal (c'est T). Ne les confonds pas.

Exercice 2 ★★ Un enregistreur, quatre réglages

1. $T_e = \frac{1}{22\,050 \text{ Hz}} \approx 4,535 \times 10^{-5} \text{ s}$, soit environ 45,4 μs .

2. Avec $N = f_e \times \Delta t$ (R3) et $\Delta t = 10 \text{ s}$: $8\,000 \text{ Hz} \times 10 \text{ s} = 80\,000$ valeurs ;
 $22\,050 \text{ Hz} \times 10 \text{ s} = 220\,500$ valeurs ; $44\,100 \text{ Hz} \times 10 \text{ s} = 441\,000$ valeurs ;
 $96\,000 \text{ Hz} \times 10 \text{ s} = 960\,000$ valeurs.

3. Rédaction possible : « D'après le document, la voix est naturelle dès 22 050 Hz, alors qu'à 8 000 Hz elle prend un son téléphonique, peu adapté à une interview mise en ligne. Le réglage à 22 050 Hz donne cette fidélité avec deux fois moins de valeurs qu'à 44 100 Hz (220 500 contre 441 000 pour 10 s) : on le retient. »

4. Rédaction possible : « Pour la musique, seuls 44 100 Hz et 96 000 Hz restituent les aigus fidèlement. Le réglage à 96 000 Hz n'apporte aucune différence entendue, mais relève $\frac{960\,000 \text{ valeurs}}{441\,000 \text{ valeurs}} \approx 2,2$ fois plus de valeurs : le fichier grossirait sans rien apporter à l'écoute. On retient 44 100 Hz. »

Le plus petit réglage suffisant

Chaque justification cite la fidélité lue dans le document et le nombre de valeurs calculé, puis retient le plus petit réglage qui donne la fidélité demandée (méthode 2).

Exercice 3 ★★★ Deux numérisations d'un même son

1. A : deux valeurs voisines sont séparées de 0,5 ms, donc $T_e = 5,0 \times 10^{-4} \text{ s}$ et

$$f_e = \frac{1}{5,0 \times 10^{-4} \text{ s}} = 2\,000 \text{ Hz}$$

$$f_e = 10\,000 \text{ Hz}$$

Un même rapport

Le rapport des fréquences d'échantillonnage, $\frac{10\,000 \text{ Hz}}{2\,000 \text{ Hz}} = 5$, est aussi le rapport des nombres de valeurs, donc des tailles.