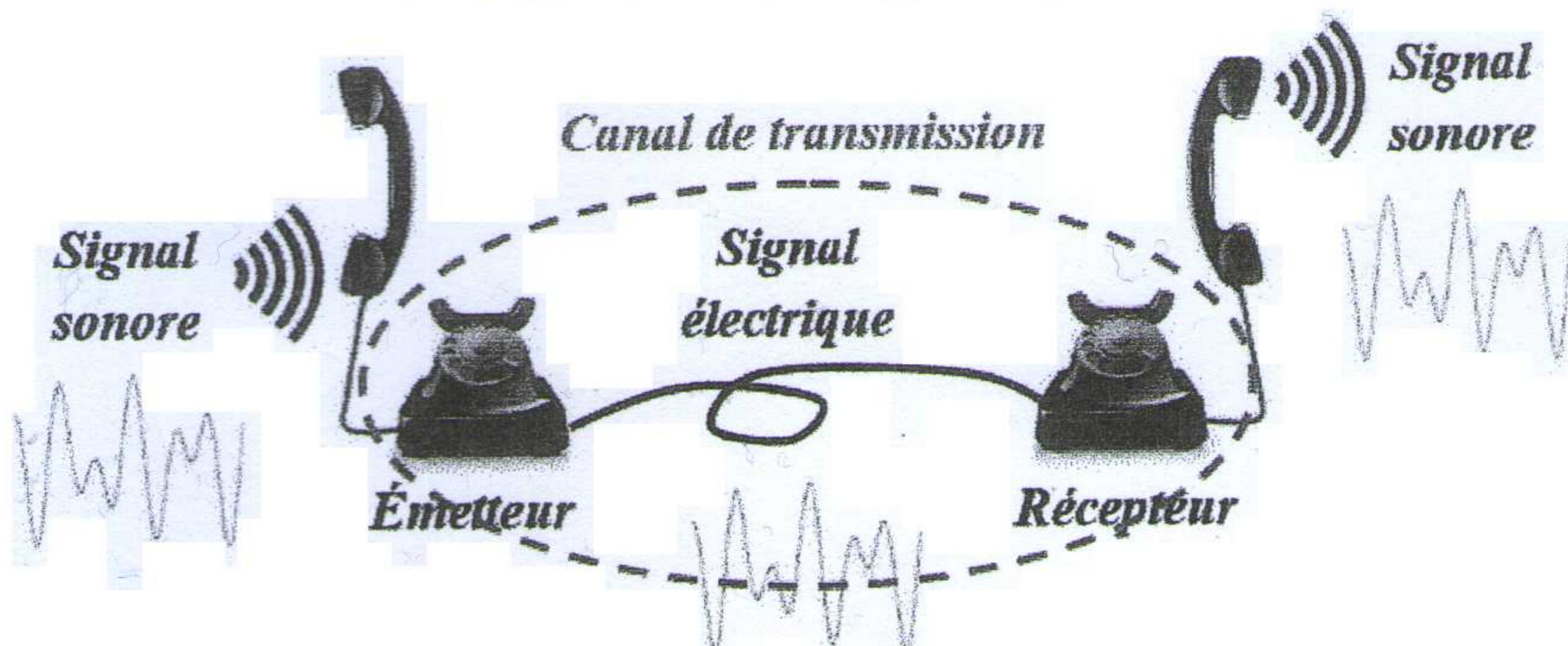


Objectifs :

- Reconnaître des signaux de nature analogique et des signaux de nature numérique.
- Mettre en œuvre un protocole expérimental utilisant un échantillonneur-bloqueur et/ou un convertisseur analogique numérique (CAN) pour étudier l'influence des différents paramètres sur la numérisation d'un signal (d'origine sonore par exemple).
- Associer un tableau de nombres à une image numérique.

I. Nature d'un signal1. Qu'est ce qu'un signal ?

- Un signal est la représentation physique d'une information (température, heure, pression...).
- Pour transmettre un signal d'un lieu à un autre on utilise une **chaîne de transmission** composée :
 - d'un encodeur qui convertit le signal en signal électrique
 - d'un canal de transmission (émetteur, milieu de transmission, récepteur)
 - d'un décodeur qui convertit le signal électrique en signal.
- Exemple : Lors d'un appel téléphonique :

⇒ Figure 1 : Chaîne de transmission

- 1.1. Quel est l'encodeur ?
- 1.2. Quel est le canal de transmission ?
- 1.3. Quel est le décodeur ?
- 1.4. Dans cet exemple, tous les signaux sont analogiques. Pourquoi ?

2. Signal analogique ou signal numérique ?Définitions :

- Un signal analogique varie de façon
- Un signal numérique varie de façon

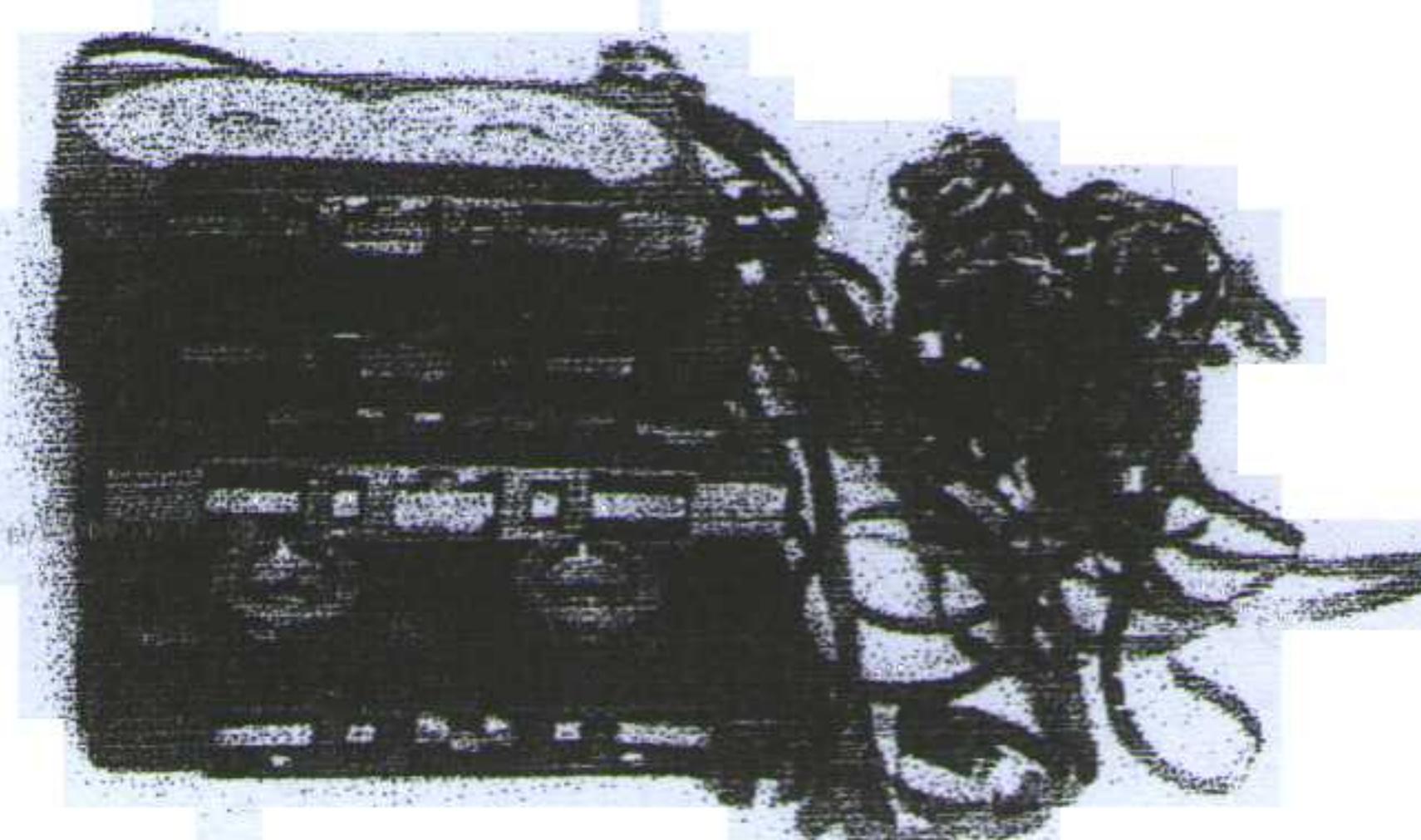
Exemples :➤ Enregistrement analogique :

- *Lorsqu'un chanteur chante dans un micro, ce dernier convertit le signal sonore analogique en une tension électrique analogique.*
- *Le magnétophone sur lequel est branché le micro reçoit ce signal électrique et l'amplifie. Ce signal est ensuite envoyé à une bobine montée sur une bague métallique (tête d'enregistrement) à conduction magnétique. Le champ magnétique fabriqué varie alors au rythme du signal électrique qui alimente la bobine.*

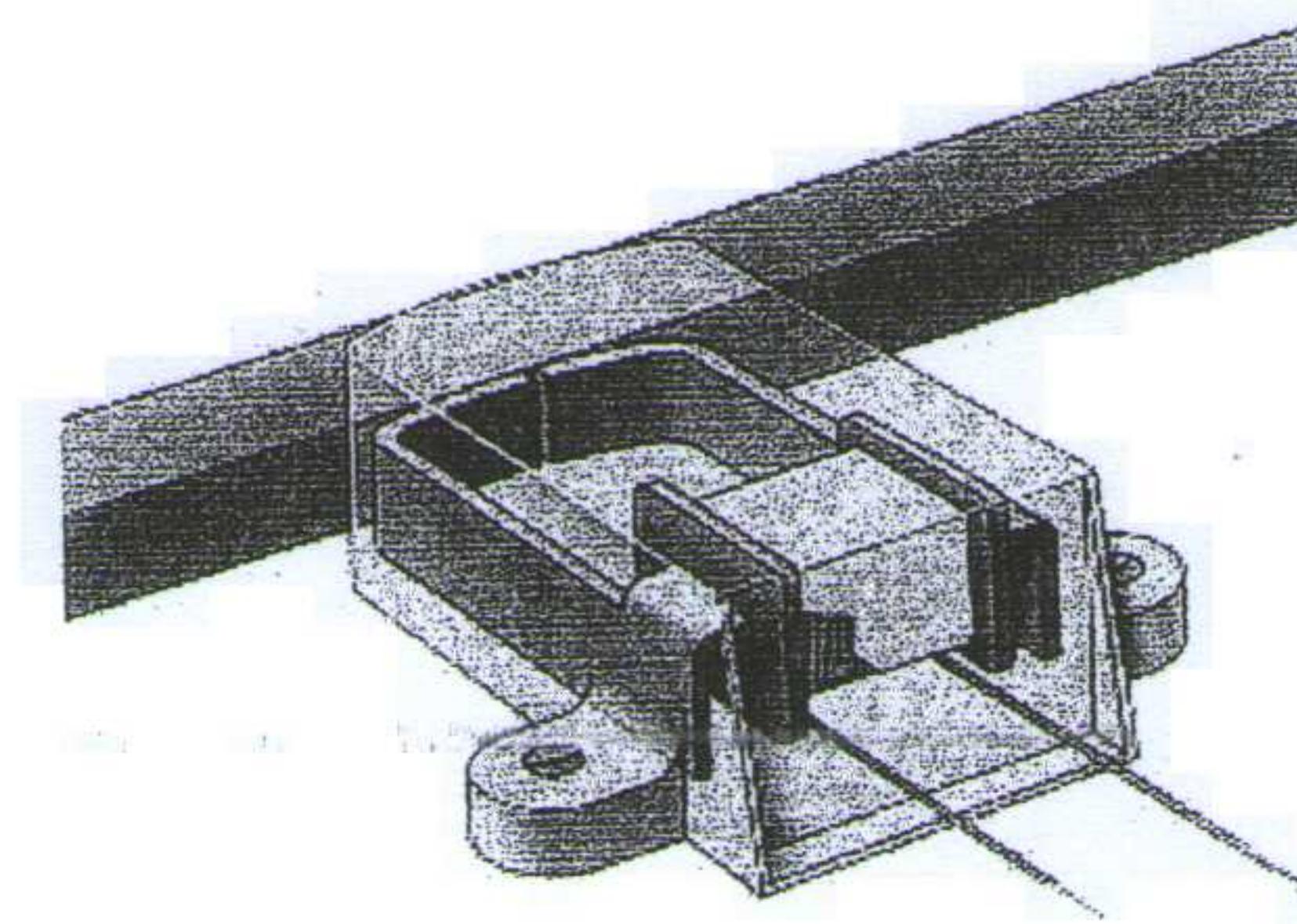
- La bague métallique possède une fente extrêmement fine appelée *entrefer* et large de 3 à 6 μm par laquelle le champ magnétique s'échappe.
- C'est également devant cet *entrefer* que la bande magnétique de la cassette audio vierge passe à vitesse constante en subissant le champ magnétique de la tête d'enregistrement. Les minuscules particules (en forme d'aiguille) de la bande magnétique s'orientent en fonction de la valeur du champ magnétique. Elles conservent ainsi sur la bande ce qui leur a été transmis par la tête d'enregistrement à leur passage.

➤ Enregistrement numérique :

- Si le même chanteur enregistre son chant sur un ordinateur via un microphone, l'ordinateur convertit le signal électrique en un signal numérique qui sera stocké sous la forme d'un fichier audio numérique.



↑ Figure 2 : Cassettes



↑ Figure 3 : Tête d'enregistrement

■ Questions :

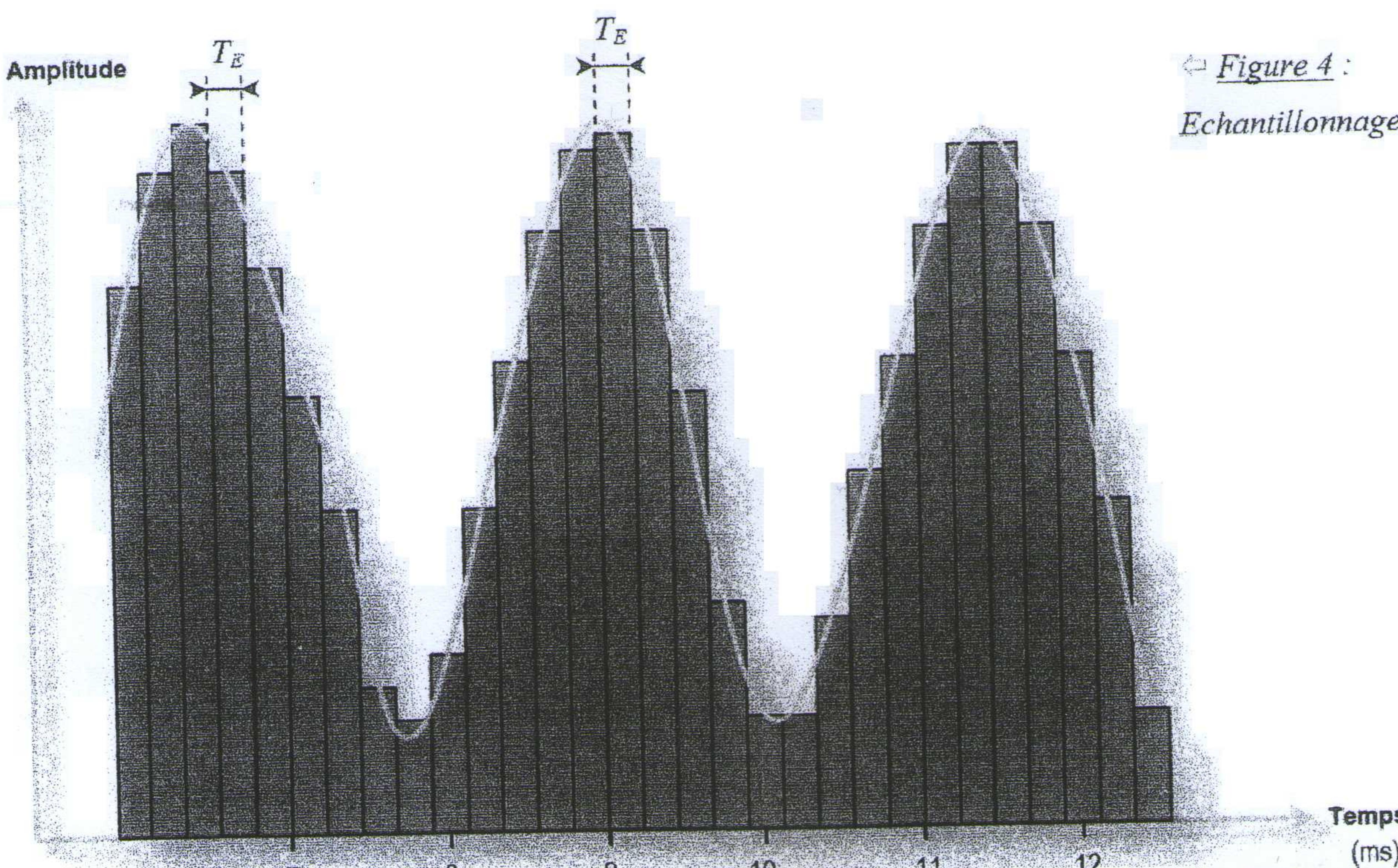
- 2.1. D'après le document ci-dessus, est-il possible d'enregistrer un signal numérique sur un support magnétique type cassette audio ?
- 2.2. A l'inverse, est-il possible de conserver la nature analogique d'un signal dans un fichier audio généré par un ordinateur ?

II. Numérisation d'un signal

- Pour convertir un signal analogique en signal numérique il faut le numériser. Cette numérisation est faite par un Convertisseur Analogique-Numérique (C.A.N.).

1. L'échantillonnage

- Dans un premier temps on découpe le signal analogique en **échantillons** (« samples » en anglais) de durée égale T_E durant laquelle la valeur du signal sera **bloquée**, c'est-à-dire maintenue constante

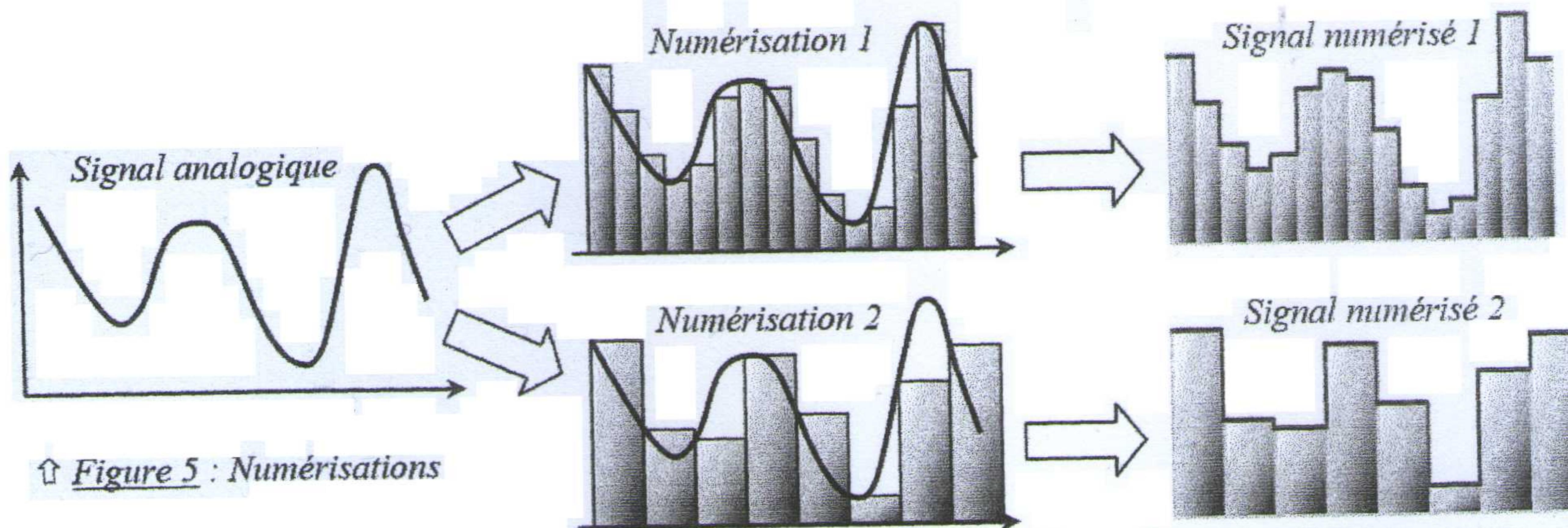


↑ Figure 4 :
Echantillonnage

- La fréquence d'échantillonnage correspond au nombre d'échantillons par seconde.

➤ Questions :

- Déterminer dans l'exemple de la figure 6 la période T_E d'un échantillon et en déduire la fréquence d'échantillonnage f_E .
- Définir la différence entre les deux numérisations effectuées sur la figure 5.



- Pourquoi est-il important que le signal numérisé soit le plus fidèle possible au signal analogique ?
- Que faut-il pour qu'un signal numérisé soit le plus proche possible du signal analogique ?
- Quel est le principal inconvénient d'un signal numérisé très fidèle au signal analogique ?

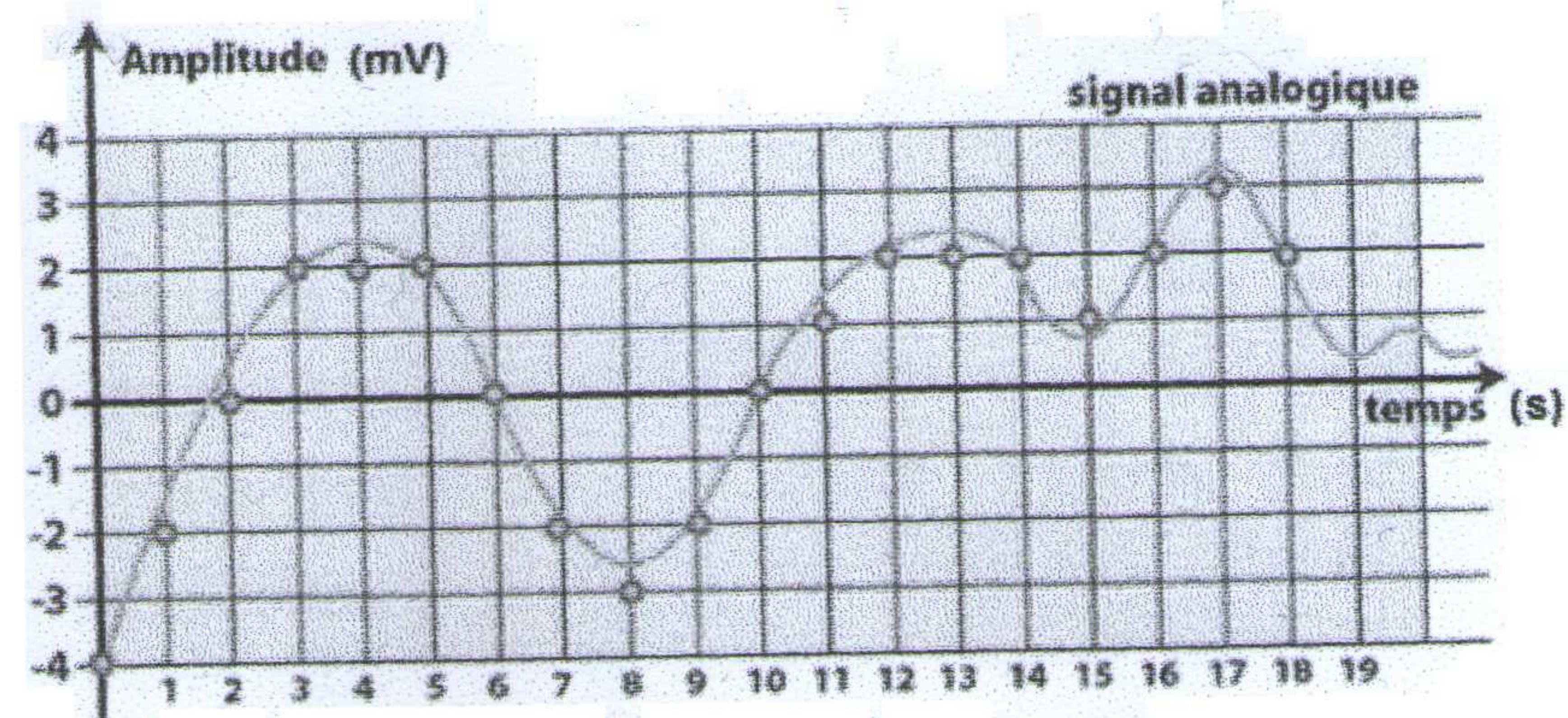
2. Quantification et numérisation

- La valeur de chaque échantillon est comparée à l'ensemble des valeurs, **multiples entier du pas, permises par la résolution du convertisseur**.
- Cette valeur est alors remplacée par la valeur permise (multiple entier de pas) la plus proche.
- La résolution d'un convertisseur (ou C.A.N.) est déterminée par la grandeur du pas : plus le pas est petit, plus la résolution est grande. Le pas p d'un convertisseur dépend de son nombre n de bits et de l'amplitude en tension A

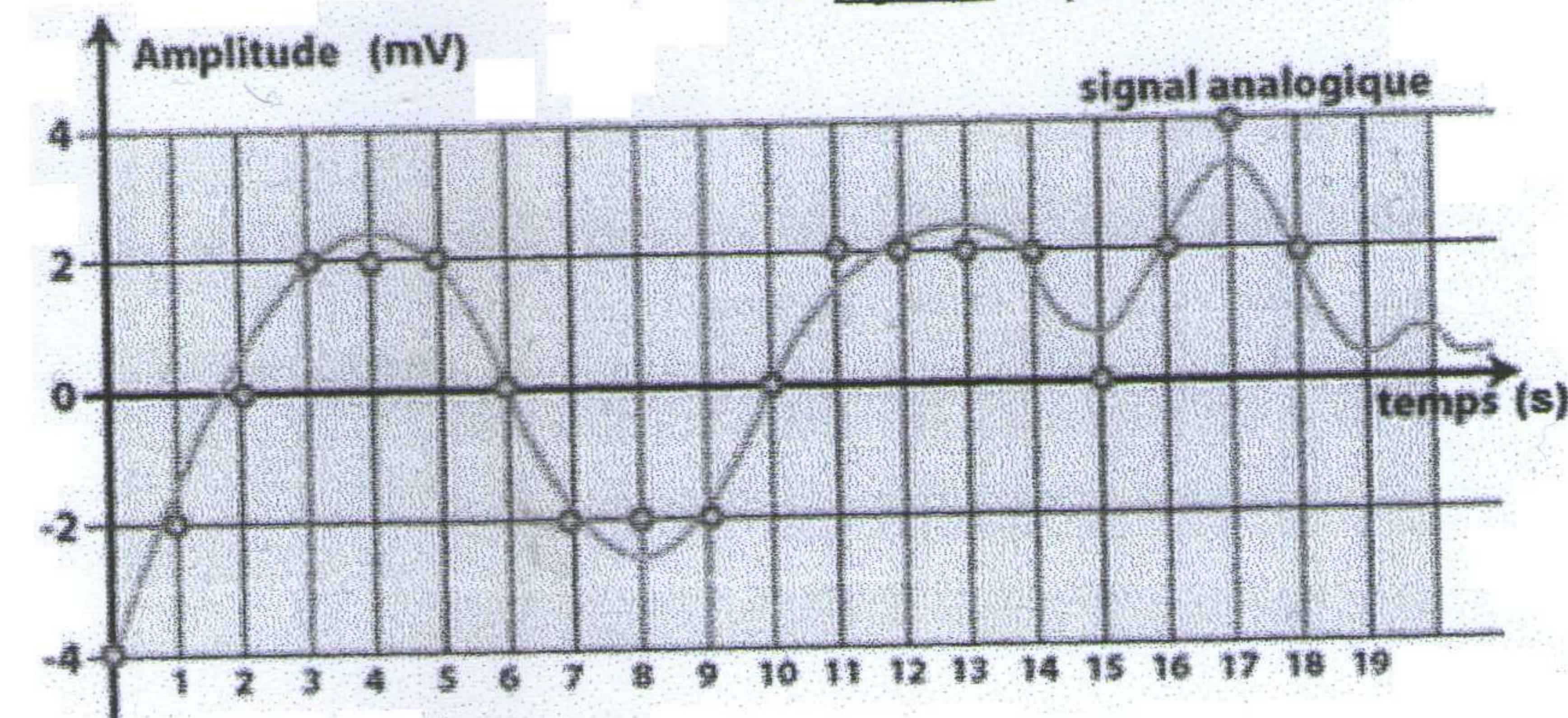
$$p = \frac{A}{2^n}$$

➤ Exemples :

- Sur les deux graphes de la figure 6, la fréquence d'échantillonnage est la même. Déterminer sa valeur.
- Après quantification de la courbe on obtient les points verts. Déterminer la valeur du pas sur le graphe du haut.
- Même question pour le graphe du bas.
- Quel est, de ces deux convertisseurs, celui qui a la plus grande résolution ?
- Quel est l'intérêt d'avoir une meilleure résolution lors de la quantification ?

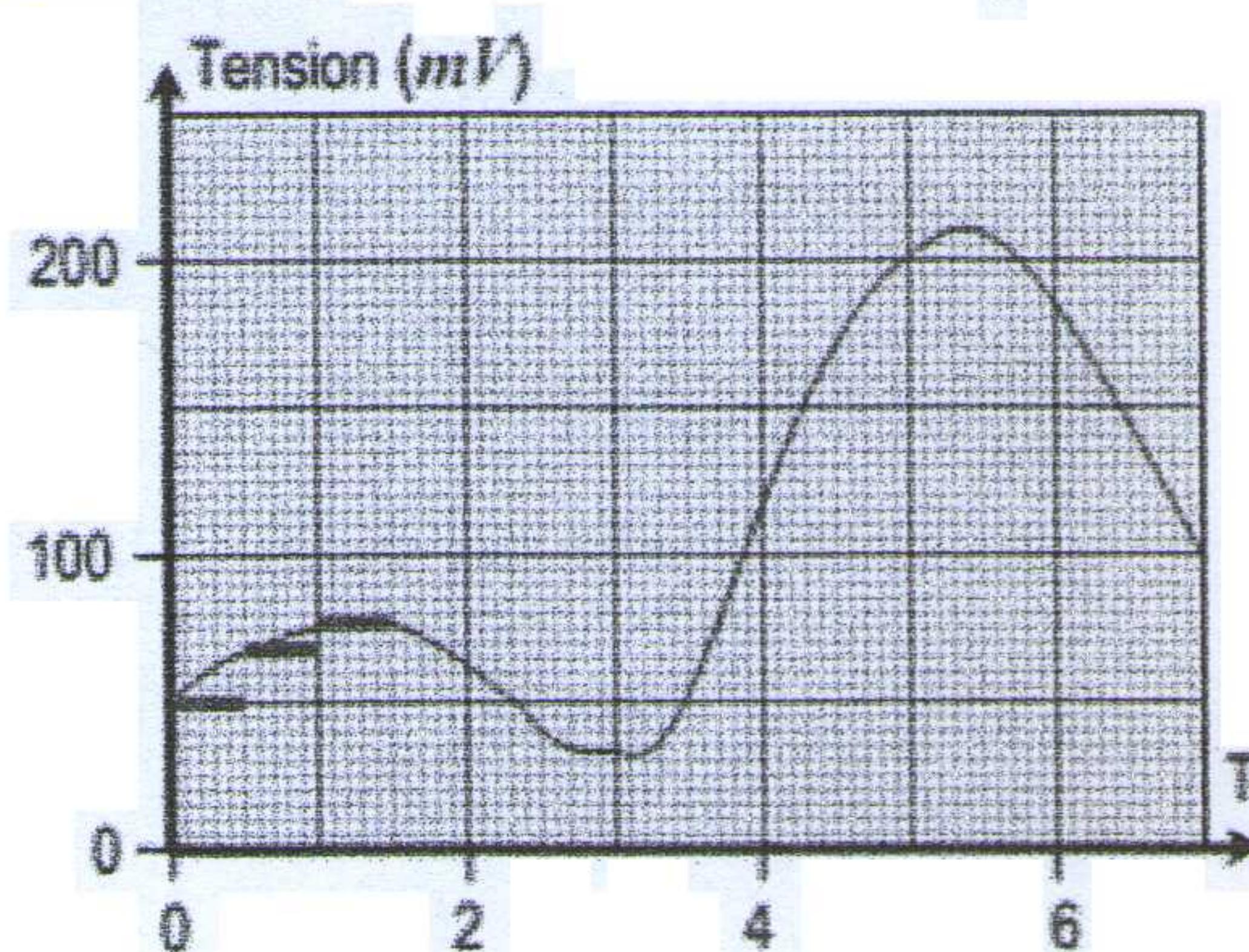


↓ ↑ Figure 6 : pas et résolution

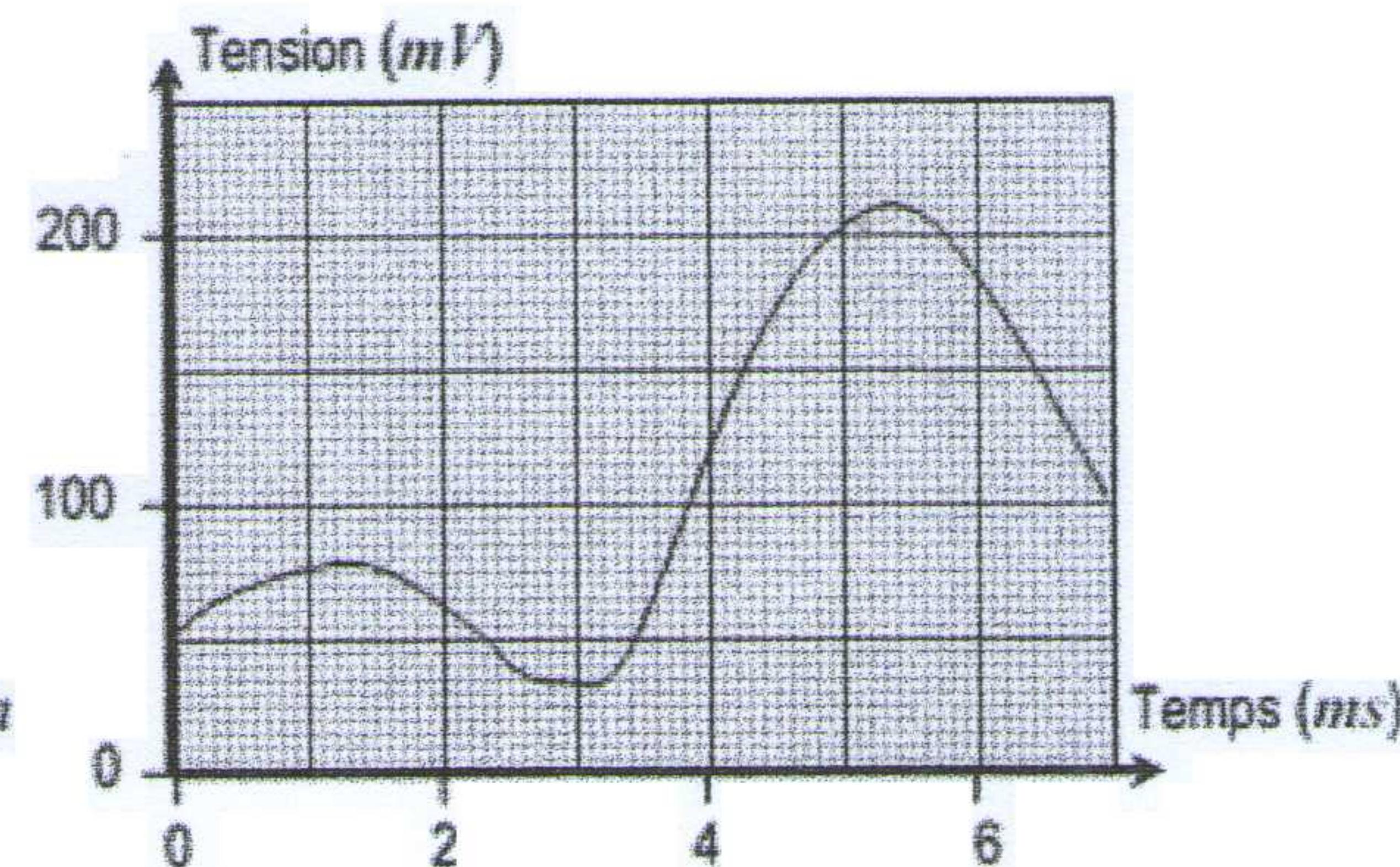


- La quantification s'accompagne obligatoirement d'une perte d'information sur le signal analogique qui est alors discrétilisé par « pas » ou « quantum ».

➤ Questions :



↑ Figure 7 : Echantillonnage



↑ Figure 8 : Quantification

- 2.6. Déterminer la période d'échantillonnage sur la figure 7.
- 2.7. Compléter en vert sur cette même figure l'échantillonnage du signal analogique.
- 2.8. Sachant que le C.A.N. utilisé ici autorise un pas de 50 mV lors de l'échantillonnage, reproduire la quantification sur le graphe de la figure 8.
- 2.9. **La quantification est suivie de la numérisation du signal.** Lors de cette nouvelle étape, le temps et la tension relevés sont associés à un couple de valeurs numériques. Effectuer la numérisation du signal dans le tableau ci-dessous après sa quantification. (Evt signifie événement)

Evt	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
N	1															

➤ A noter :

- Quantification et numérisation sont assurées par le C.A.N. qui transforme une tension électrique analogique en une valeur numérique pouvant être traitée par un microprocesseur.

3. Exercice

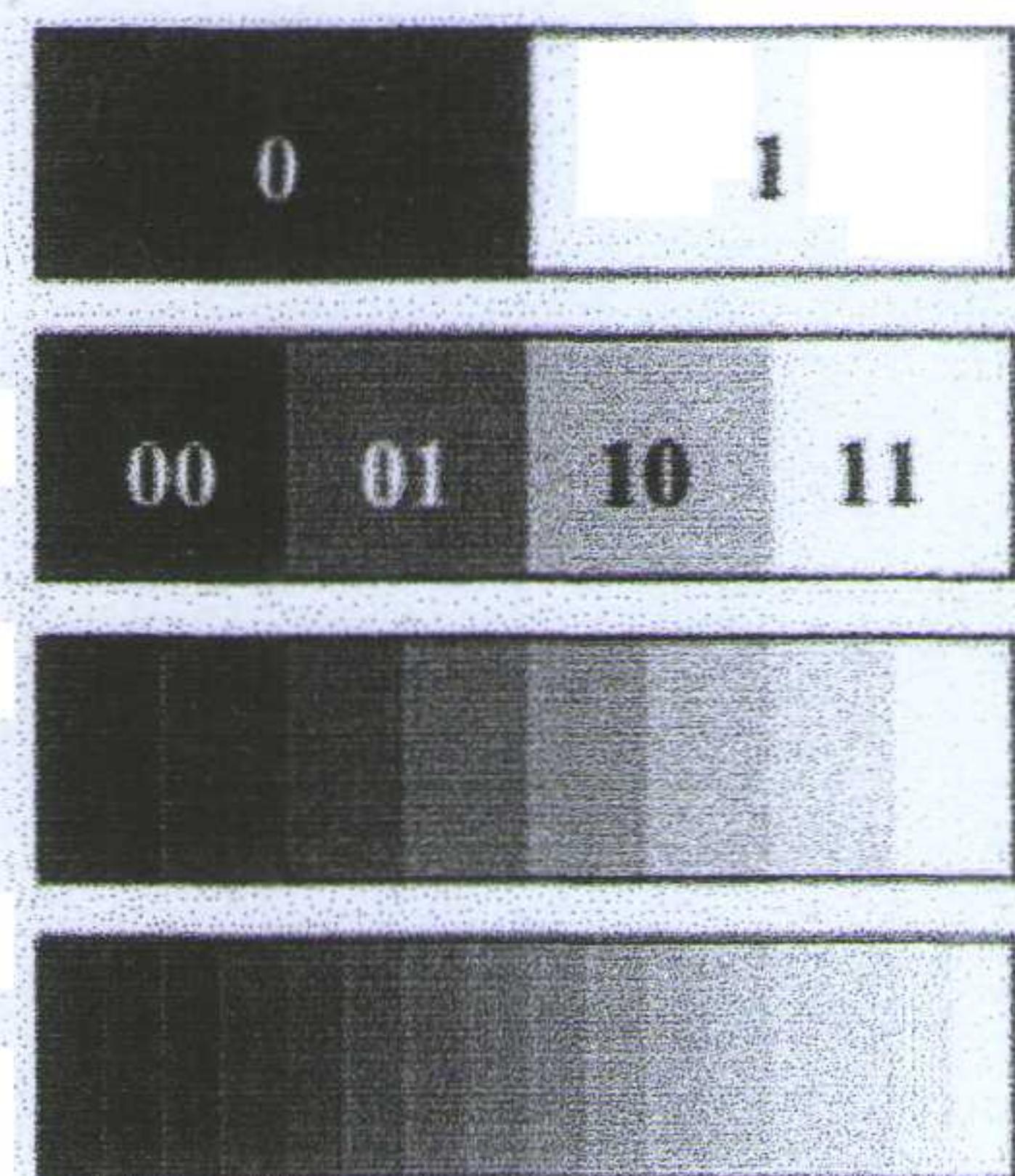
- La notice d'un circuit intégré indique que le convertisseur a 22 bits, que le temps de conversion est de 80 ms et que la plage d'entrée est de $\pm 5,0 \text{ V}$. La fréquence d'échantillonnage est de $12,0 \text{ Hz}$.
- 3.1. Sachant que la résolution d'un convertisseur est donnée par la relation 2^n où n est le nombre de bits disponibles, déterminer le nombre de pas disponibles avec la tension d'entrée indiquée.
 - 3.2. En déduire la valeur du pas avec la tension d'entrée indiquée.
 - 3.3. Déterminer la période d'échantillonnage.
 - 3.4. Pourquoi la période d'échantillonnage doit-elle être supérieure au temps mis par le C.A.N. pour traiter une conversion ? Est-ce le cas ici ?

III. Images numériques

1. Principe du codage

- Lors d'une prise de photo en noir et blanc, le capteur mesure l'intensité lumineuse moyenne reçue par chaque pixel. Cette intensité lumineuse (grandeur analogique) est convertie par chaque pixel du capteur en une tension (grandeur analogique).
- Cette tension est ensuite quantifiée et numérisée en fonction du nombre de bits disponibles du C.A.N. :
- Une image en noir et blanc ne nécessite que deux niveaux de gris : le noir et le blanc. Chaque pixel est codé par un seul bit pouvant prendre 2 valeurs : 0 (noir) ou 1 (blanc).
- 2 bits permettent de coder niveaux de gris

0	1		
00	01	10	11



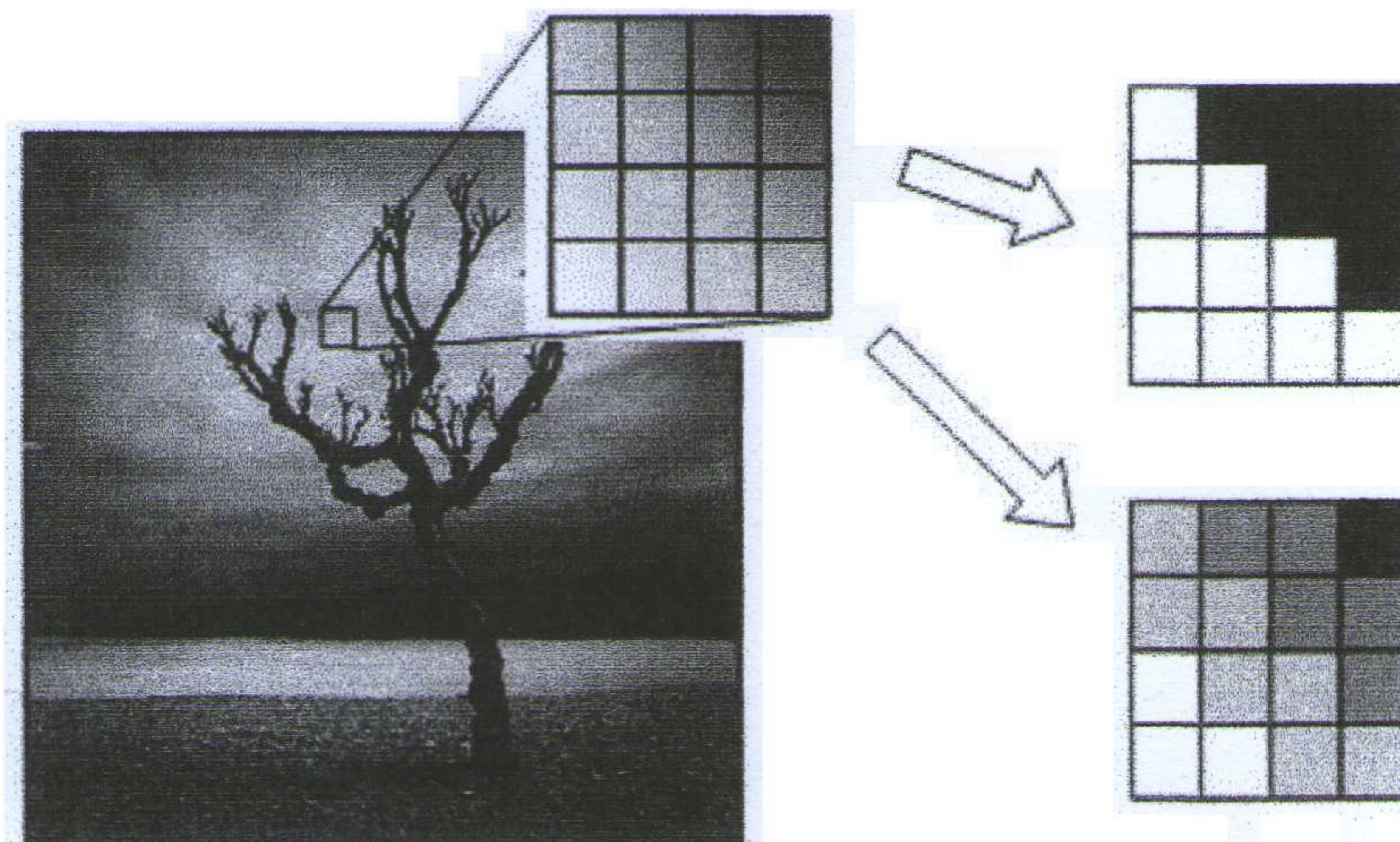
- 3 bits permettent de coder niveaux de gris

000	001	010	011	100	101	?	?
-----	-----	-----	-----	-----	-----	---	---

- 4 bits permettent de coder niveaux de gris

0000	0001	0010	?	0100	0101	0110	0111	1000	1001	...
------	------	------	---	------	------	------	------	------	------	-----

➤ Exemple :



Codage de l'image à 1 bit / pixel
($2^1 = 2$ nuances possibles)

Codage de l'image à 2 bits/pixel
($2^2 = 4$ nuances possibles)

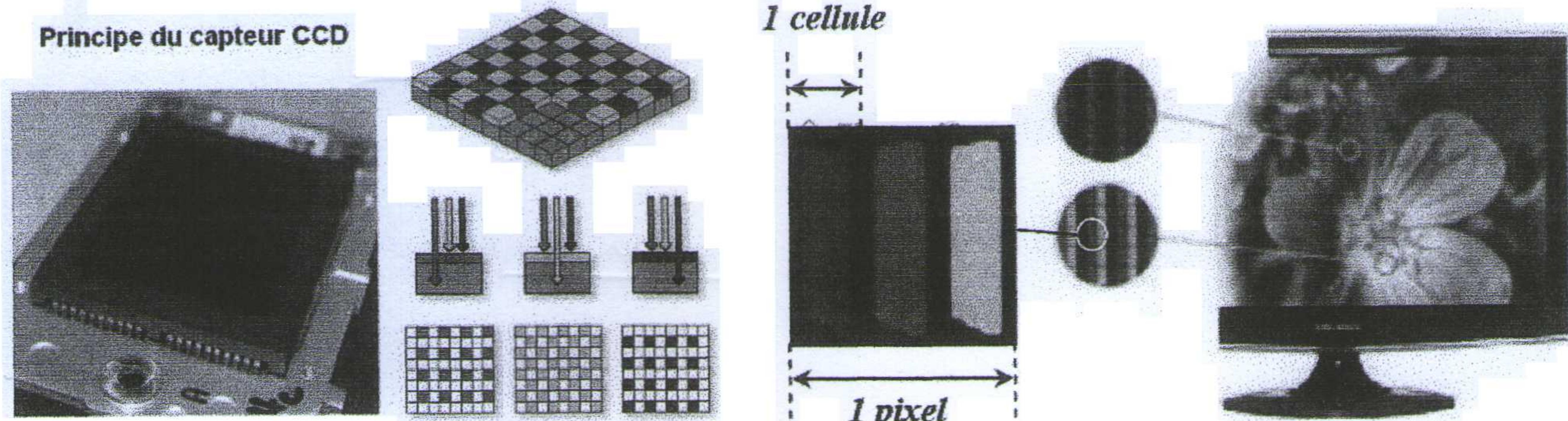
- La valeur numérique codant l'intensité lumineuse ainsi que celles codant la position du pixel sur la matrice sont stockées dans la mémoire de l'appareil.

➤ Questions :

- 1.1. Donner le codage sur 3 bits du gris précédent le blanc et du blanc.
- 1.2. Donner le codage sur 4 bits de la 4^{ème} nuance de gris en partant du noir (le noir est considéré comme une nuance de gris)
- 1.3. Un octet est une unité composée de 8 bits. Combien de nuances de gris peuvent être numérisées sur un octet ?

2. Le codage RVB

- Pour restituer toutes les couleurs d'une image on utilise la synthèse additive des couleurs avec les trois couleurs primaires lumières : le rouge (R), le vert (V) et le bleue (B).



Lors de la capture d'une image, on récupère l'intensité lumineuse des trois couleurs primaires lumières grâce à des cellules photoélectriques sensibles à l'une des trois couleurs et disposées régulièrement sur la matrice du capteur.

Lors de l'affichage d'une image couleur numérique sur un écran, ce dernier allume totalement ou partiellement chaque cellule (ou sous-pixel) d'un pixel, et ceci pour tous les pixels présents sur l'écran. Chaque cellule reçoit donc une information dédiée.

- Pour réussir à quantifier de manière convenable (sans trop de perte par rapport à la donnée analogique tout en utilisant une mémoire raisonnable) la couleur d'un pixel (composé de 3 sous-pixels ou cellules) on utilise le plus souvent 3 octets, soit $3 \times 8 = 24$ bits. On parle alors du codage RVB 24 bits.
 - A chaque cellule correspond un octet.
 - Pour chaque cellule, quel est le nombre de nuances différentes possibles ?
 - Pour chaque pixel, quel est le nombre de couleurs possibles ?

3. Taille d'une image

- La définition d'une image correspond au nombre de pixels qui la composent.
- La taille d'une image est la place nécessaire au stockage de l'image.
 - En codage RVB 24 bits, chaque pixel utilise 3 octets (soit 24 bits)
 - L'image de 54 pixels aura donc une taille de : $54 \times 3 = 162$ octets = 0,16 Ko (ou $54 \times 24 = 1296$ bits)

- 3.1. L'image du bas codée en RVB 24 bits est composée de 1920 pixels sur 1080. Déterminer sa taille en Mo

