Thermographie infrarouge

Bac S 2015 Liban (ancien programme) · Exercice 3 **5 points** **Durée conseillée 50 min**

1.1 Citer une longueur d'onde typique du domaine infrarouge, puis déterminer la nature de la transition d'énergie mise en jeu dans ce domaine.

Données utiles $h = 6{,}63 \times 10^{-34}$ J · s ; $c = 3{,}00 \times 10^{8}$ m · s^{-1} ; 1 eV $= 1{,}6 \times 10^{-19}$ J ; bande spectrale de la thermographie : 2 à 15 µm

Longueur d'onde typique de l'infrarouge, prise dans la bande de travail de la caméra : $\lambda = 10\ \mu\text{m} = 10 \times 10^{-6}$ m.

Énergie du photon correspondant : $E = h\nu = \dfrac{hc}{\lambda}$

$$E = \frac{6{,}63 \times 10^{-34} \times 3{,}00 \times 10^{8}}{10 \times 10^{-6}} = 2{,}0 \times 10^{-20}\ \text{J}$$

En électronvolts : $E = \dfrac{1{,}989 \times 10^{-20}}{1{,}6 \times 10^{-19}} = 0{,}12\ \text{eV}$.

Cette énergie est comprise entre $0{,}003$ eV et $1{,}5$ eV.

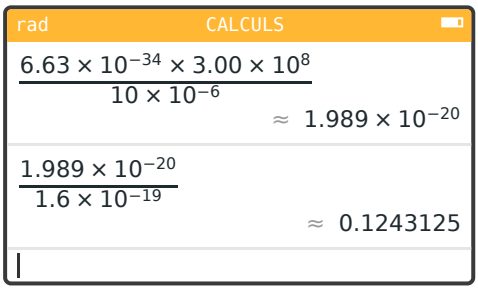
$E = 0{,}12$ eV : transition entre niveaux d'énergie **vibratoires**.

PIÈGE
Laisser λ en micromètres dans la formule, ou comparer au tableau une énergie restée en joules : le tableau est en eV.

COMPRENDRE
Deux chiffres significatifs, comme la donnée $1\ \text{eV} = 1{,}6 \times 10^{-19}$ J. Toute la bande 2 à 15 µm donne des énergies de 0,083 à 0,62 eV : la conclusion ne dépend pas de la valeur choisie.

MÉTHODE
Pour convertir, garder la valeur non arrondie de l'énergie en joules, puis diviser par $1{,}6 \times 10^{-19}$.

À LA CALCULATRICE



1.2 Citer la propriété du laser qui permet de l'utiliser comme pointeur indiquant exactement l'objet visé par la caméra.

Le faisceau laser est très peu divergent : il reste fin sur une grande distance et ne forme qu'une petite tache sur l'objet visé.

Propriété utilisée : la **directivité** du faisceau laser.

PIÈGE
Citer la monochromaticité ou la concentration de l'énergie : ce sont bien des propriétés du laser, mais elles n'expliquent pas la précision du pointage.

COMPRENDRE
Les propriétés du laser figuraient au programme de Terminale S. Elles ne sont plus exigibles dans le programme actuel de spécialité.

1.3 Sur l'image infrarouge du premier document, quelle est la zone la plus froide de la maison ?

D'après le document, les parties les plus claires sont celles où les pertes d'énergie sont maximales : vues de l'extérieur, ce sont les surfaces les plus chaudes. La zone la plus froide est donc la plus sombre de l'image.

La zone la plus froide est la **toiture** (en dehors des fenêtres de toit et de la sortie de ventilation, qui sont claires).

COMPRENDRE
Une surface extérieure froide est le signe d'une bonne isolation : peu d'énergie traverse la paroi, donc sa face externe rayonne peu dans l'infrarouge.

1.4 Combien de nuances de gris peut-on distinguer en codage RVB 24 bits ? Justifier.

Données utiles n bits permettent de coder 2^n niveaux ; 1 octet = 8 bits

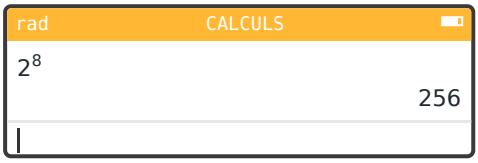
Chaque valeur (rouge, vert ou bleu) est codée sur un octet, soit 8 bits : elle peut prendre $2^8 = 256$ niveaux.

Un gris s'obtient en donnant la même valeur aux trois composantes : il est donc entièrement fixé par une seule valeur codée sur 8 bits.

On peut distinguer $2^8 = 256$ nuances de gris.

PIÈGE
Répondre 2^{24}, soit environ 16,8 millions : c'est le nombre total de couleurs, obtenu quand les trois valeurs sont choisies indépendamment.

À LA CALCULATRICE



1.5 Un pixel noir est codé R(0)V(0)B(0). Comment un pixel blanc serait-il codé ?

Le blanc s'obtient par synthèse additive, avec les trois composantes à leur valeur maximale. Les 256 niveaux d'un octet vont de 0 à 255.

Pixel blanc : R(255)V(255)B(255).

PIÈGE
Écrire 256 : les 256 niveaux sont numérotés à partir de 0, la valeur maximale est donc 255.

1.6 Quelle est la taille, en octets, de l'image codée en niveaux de gris ?

Données utiles définition : $640 \times 480 = 307\,200$ pixels ; trois valeurs par pixel, chacune sur un octet

Dans le codage RVB 24 bits du document, un gris est décrit par trois valeurs identiques, chacune sur un octet : chaque pixel occupe 3 octets.

Taille de l'image = nombre de pixels $\times$ taille d'un pixel

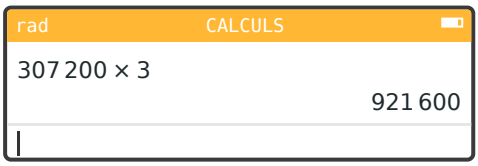
$$\text{Taille} = 307\,200 \times 3 = 921\,600 \text{ octets}$$

Taille de l'image : $9{,}216 \times 10^5$ octets, soit environ $0{,}92$ Mo.

PIÈGE
Multiplier par 24 donne une taille en bits, pas en octets.

COMPRENDRE
Stocker trois fois la même valeur est redondant : un format prévu pour les niveaux de gris n'utilise qu'un octet par pixel, soit $307\,200$ octets. Le sujet reste ici dans le codage RVB 24 bits.

À LA CALCULATRICE



1.7 Choisir, parmi les tableaux a, b et c, celui qui correspond au codage de la zone entourée d'un cadre blanc sur l'image infrarouge. Justifier.

L'image est en nuances de gris : les trois valeurs R, V, B d'un même pixel sont identiques. Le tableau a ne respecte pas cette condition (par exemple 10, 0, 100) : il est éliminé.

Plus un pixel est clair, plus sa valeur est élevée (0 pour le noir, 255 pour le blanc). Dans la zone agrandie :

- la première ligne et la colonne de droite sont gris foncé : valeur faible ;
- les trois premiers pixels de la deuxième ligne, puis le troisième pixel des lignes 3 et 4, sont les plus clairs : valeur la plus élevée ;
- les deux premiers pixels des lignes 3 et 4 sont d'un gris intermédiaire.

Le tableau b attribue la valeur 10, presque noire, aux pixels les plus clairs : il est éliminé. Le tableau c donne 10 aux pixels foncés, 215 aux plus clairs et 82 aux intermédiaires.

Le codage de la zone encadrée est le **tableau c**.

MÉTHODE
Procéder par élimination : d'abord le critère gris (R = V = B), puis l'ordre des valeurs comparé à l'ordre des luminosités, du pixel le plus sombre au plus clair.

Tableau c : une valeur par pixel (R = V = B)

10	10	10	10
215	215	215	10
82	82	215	10
82	82	215	10

1.7 · Zone encadrée reconstituée à partir du tableau c

2 Un film en noir et blanc de 15 min, à 24 images par seconde, peut-il être enregistré sur un disque CD dans un format compressé de taux de compression 95 % ?

Données utiles capacité du CD : 750 Mo ; taille d'une image : $9{,}216 \times 10^5$ octets (1.6) ; $\tau = 1 - \dfrac{\text{taille du fichier compressé}}{\text{taille du fichier initial}}$; $\tau = 0{,}95$

Nombre d'images du film : $N = 24 \times 15 \times 60 = 21\,600$ images.

Le film « en noir et blanc » est un film en nuances de gris : chaque image occupe $9{,}216 \times 10^5$ octets (1.6).

Taille du fichier initial :

$$T_i = 21\,600 \times 9{,}216 \times 10^5 = 1{,}99 \times 10^{10} \text{ octets} = 1{,}99 \times 10^4 \text{ Mo}$$

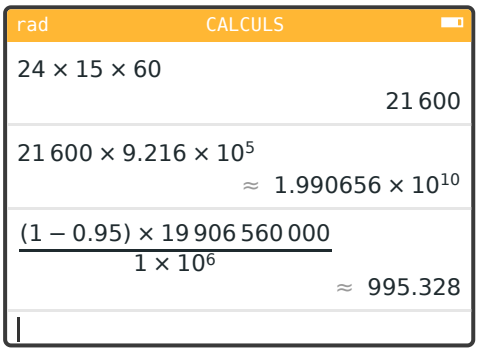
D'après la définition de τ : $T_c = (1 - \tau)\, T_i$

$$T_c = (1 - 0{,}95) \times 1{,}99 \times 10^4 = 995 \text{ Mo}$$

Or $995 \text{ Mo} > 750 \text{ Mo}$.

$T_c = 995$ Mo : le film compressé ne tient **pas** sur un disque CD.

À LA CALCULATRICE



PIÈGE

Multiplier par $\tau = 0{,}95$ au lieu de $1 - \tau = 0{,}05$: un taux de 95 % signifie que le fichier compressé ne garde que 5 % de la taille initiale.

COMPRENDRE

La conclusion dépend du codage retenu. Avec un seul octet par pixel (voir 1.6), le film compressé occuperait 332 Mo et tiendrait sur le CD. Il faut donc annoncer clairement l'hypothèse choisie.

MÉTHODE

Enchaîner : nombre d'images, taille d'une image, taille totale, conversion ($1 \text{ Mo} = 10^6$ octets), compression, puis comparaison chiffrée à la capacité du support.