

DEVOIR COMMUN N°4

Durée : 3h30

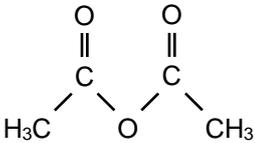
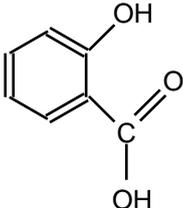
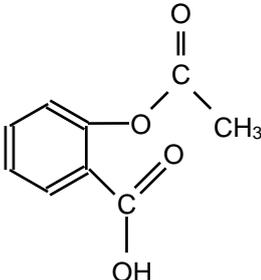
Les calculatrices sont autorisées et le sujet contient 12 pages.

Il sera tenu compte de la qualité de la rédaction et de la cohérence des chiffres significatifs.

EXERCICE 1 : ACIDE ACÉTYLSALICYLIQUE (8,5 points)

L'acide acétylsalicylique plus connu sous le nom d'aspirine est un fluidifiant du sang. C'est pourquoi il peut être utilisé de manière préventive pour diminuer le risque de formation de caillots sanguins responsables des accidents vasculaires cérébraux (AVC). L'aspirine est alors prescrite à faible dose : 75 à 150 mg/jour.

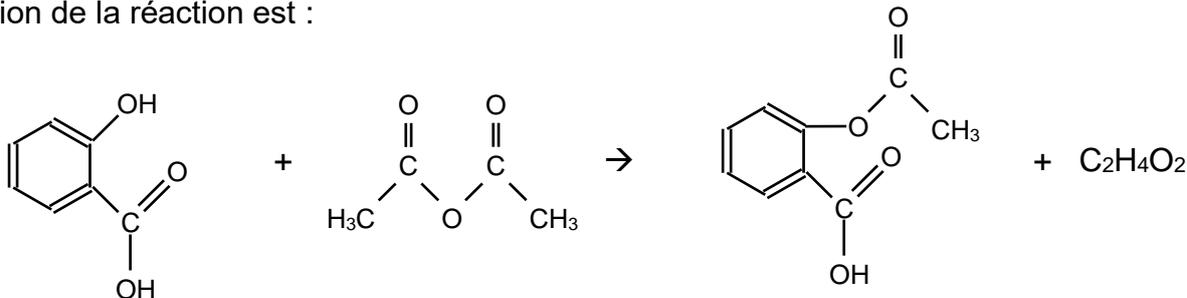
Données :

Nom	Formule de la molécule	Propriétés
Anhydride éthanoïque (ou acétique)		<ul style="list-style-type: none"> • Masse molaire : 102 g.mol⁻¹ • Masse volumique : $\mu = 1,082 \text{ kg.L}^{-1}$ • Liquide incolore d'odeur piquante • Température d'ébullition sous pression normale : 136,4°C • Soluble dans l'eau et l'éthanol
Acide salicylique		<ul style="list-style-type: none"> • Masse molaire : 138 g.mol⁻¹ • Solide blanc • Température de fusion 159°C • Peu soluble dans l'eau à froid, soluble à chaud. • Très soluble dans l'alcool et l'éther.
Aspirine		<ul style="list-style-type: none"> • Masse molaire : 180 g.mol⁻¹ • Solide blanc, se décompose à la chaleur à partir de 128 °C • Solubilité dans l'eau : 3,3 g.L⁻¹ à 25°C • Très soluble dans l'éthanol

Les parties 1, 2, 3, 4 de l'exercice sont indépendantes.

1. Synthèse de l'aspirine

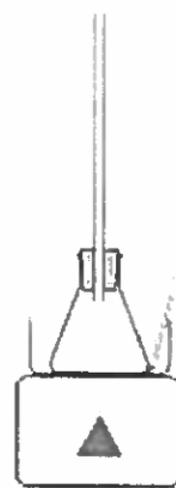
L'aspirine peut être synthétisée à partir d'acide salicylique et d'anhydride éthanóique. L'équation de la réaction est :



La chromatographie sur couche mince (CCM) est l'une des techniques qui permet de contrôler la réaction chimique.

Protocole :

- Préparer un bain marie à la température de 70 °C ;
- Dans un erlenmeyer, bien sec, sous hotte, introduire :
 - 10,0 g d'acide salicylique ;
 - 14,0 mL d'anhydride éthanóique ;
 - quelques grains de pierre ponce.
- Réaliser un premier prélèvement du milieu réactionnel en vue d'une analyse sur CCM ;
- Adapter un réfrigérant à air sur l'erlenmeyer ;
- À la date $t = 0$, placer l'erlenmeyer dans le bain-marie ;
- Laisser réagir pendant une vingtaine de minutes tout en réalisant quatre nouveaux prélèvements du milieu réactionnel toutes les quatre minutes.



1.1. Obtention de l'aspirine :

- 1.1.1. Montrer que l'anhydride éthanóique est introduit en excès.
- 1.1.2. Calculer la masse attendue d'aspirine lors de cette synthèse.

1.2. Suivi par chromatographie :

- 1.2.1. Proposer un protocole expérimental pour réaliser les différentes chromatographies afin, notamment, de s'assurer de la formation de l'aspirine. La liste du matériel et des produits disponibles est proposée dans le **document 1** ci-dessous.

Document 1 : matériel disponible pour effectuer la chromatographie.

Plaques pour CCM – capillaires – éluant – cuve à chromatographie – aspirine pur du commerce dissous dans un solvant – acide salicylique pur dissous dans un solvant – lampe UV ou solution de permanganate de potassium.

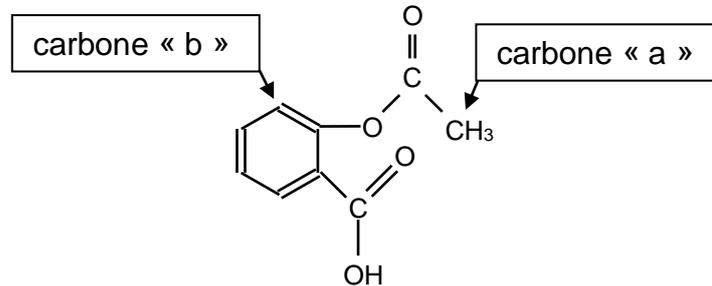
- 1.2.2. Quelles particularités doit présenter le chromatogramme obtenu avec le dernier prélèvement, en admettant que le système réactionnel est alors dans son état final ?

2. Analyse spectrale des espèces chimiques intervenant dans la synthèse de l'aspirine

2.1. Spectre RMN de la molécule d'aspirine.

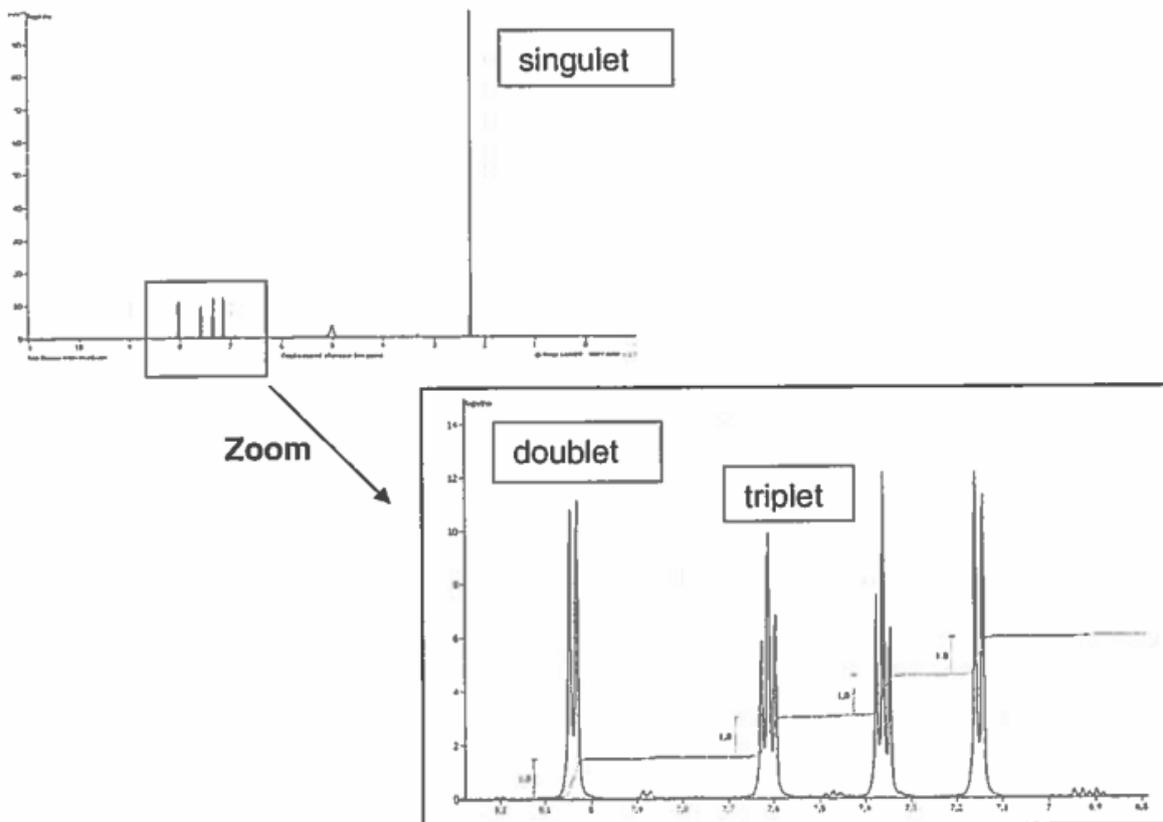
2.1.1. Recopier la formule de la molécule d'aspirine et identifier les deux groupes caractéristiques dans cette molécule. Les nommer.

2.1.2. Deux carbone particuliers sont repérés par les lettres « a » et « b » dans la formule de la molécule d'aspirine reproduite ci-dessous :



Expliquer pourquoi les atomes d'hydrogène liés au carbone « a » correspondent au singlet du spectre RMN de la molécule d'aspirine reproduit dans le **document 2** ci-après. Justifier de même que le doublet de ce spectre RMN correspond à l'atome d'hydrogène lié au carbone « b ».

Document 2 : spectre RMN de la molécule d'aspirine



2.2. Spectre IR de la molécule d'acide éthanoïque.

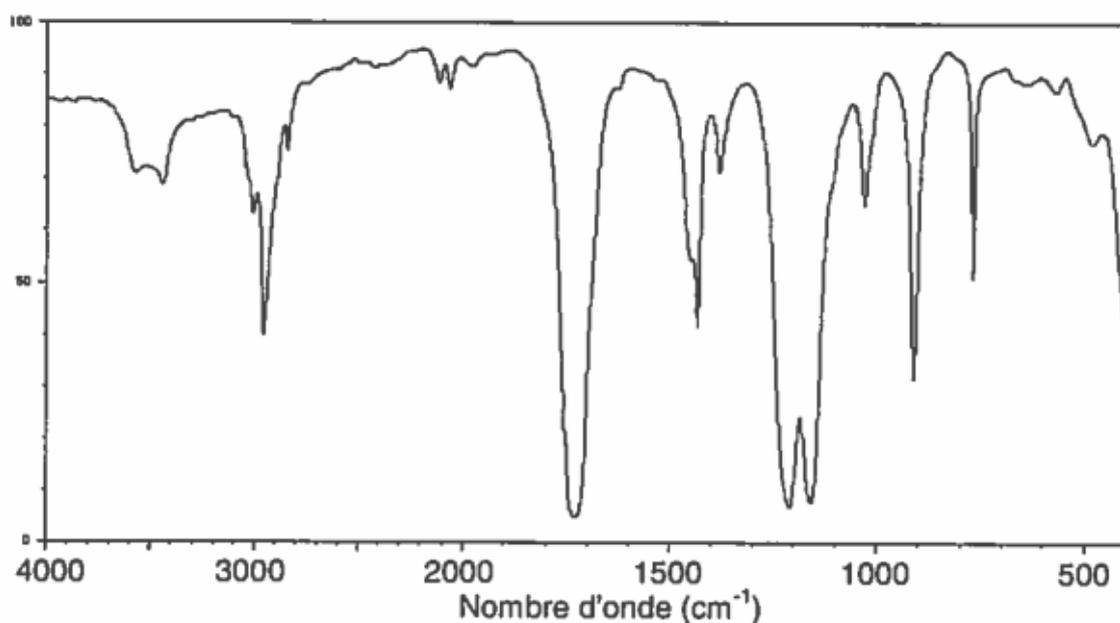
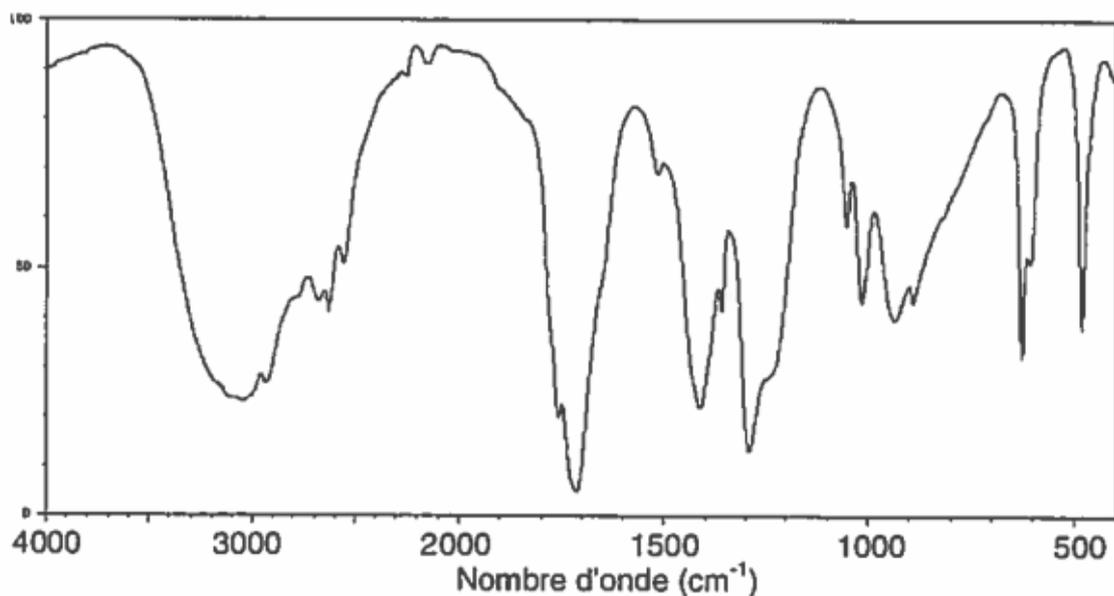
L'autre produit issu de la synthèse de l'aspirine est l'acide éthanoïque de formule brute $C_2H_4O_2$.

2.2.1. Donner la formule semi-développée de l'acide éthanoïque et du méthanoate de méthyle qui est un isomère de l'acide éthanoïque.

2.2.2. Les spectres infrarouges de ces deux espèces chimiques sont regroupés dans le **document 3** ci-dessous. Une table de données de spectroscopie infrarouge est également fournie (**document 4**).

Identifier celui qui appartient à l'acide éthanoïque en justifiant.

Document 3 : spectres IR de l'acide éthanoïque et du méthanoate de méthyle.



Document 4 : table de données pour la spectroscopie IR.

famille	liaison	nombres d'onde (cm ⁻¹)
cétone	C = O	1705 - 1725
aldéhyde	C _{tri} - H	2700 - 2900
	C = O	1720 - 1740
acide carboxylique	O - H	2500 - 3200
	C = O	1740 - 1800
ester	C = O	1730 - 1750
alcool	O - H _{lié}	3200 - 3450
	O - H _{libre}	3600 - 3700

3. Dosage d'un sachet d'aspirine

L'étiquette d'un sachet d'aspirine prescrit au titre de la prévention des AVC porte la mention :
« Teneur en aspirine : 100 mg »

Un élève se propose de vérifier la teneur en aspirine, notée HA, de ce sachet.

Pour cela, il prépare une solution S en introduisant l'aspirine contenue dans le sachet dans une fiole jaugée, puis en ajoutant de l'eau distillée pour obtenir une solution de volume 500,0 mL.

Il prélève ensuite un volume $V_A = (100,0 \pm 0,1)$ mL de cette solution S qu'il dose avec une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+_{(\text{aq})} + \text{HO}^-_{(\text{aq})}$) de concentration molaire $c_B = (1,00 \pm 0,02) \times 10^{-2}$ mol.L⁻¹ en présence de phénolphtaléine. Le volume V_E de solution aqueuse d'hydroxyde de sodium versé pour atteindre l'équivalence est $V_E = 10,7 \pm 0,1$ mL.

3.1. Écrire l'équation de la réaction acido-basique support de ce dosage.

3.2. Déterminer la masse m_{exp} d'aspirine ainsi déterminée.

3.3. Déterminer l'incertitude relative $\frac{\Delta m_{\text{exp}}}{m_{\text{exp}}}$ dont on admet que, dans les conditions de

l'expérience, la valeur est donnée par la relation :

$$\left(\frac{\Delta m_{\text{exp}}}{m_{\text{exp}}} \right)^2 = \left(\frac{\Delta V_E}{V_E} \right)^2 + \left(\frac{\Delta c_B}{c_B} \right)^2$$

En déduire un encadrement de la masse m_{exp} obtenue par l'élève.

3.4. L'encadrement obtenu à la question précédente est-il en accord avec la mention portée sur le sachet d'aspirine ? Proposer une explication à l'écart éventuellement observé.

4. Autre forme de l'aspirine, moins agressive pour l'estomac

L'aspirine ou (acide acétylsalicylique) possède une base conjuguée, l'ion acétylsalicylate. Le pKa du couple acide/base ainsi constitué est égal à 3,5.

4.1. Lors de la digestion, le pH de l'estomac est voisin de 2. Quelle est la forme prédominante du couple aspirine/ion acétylsalicylate dans l'estomac ?

Justifier.

4.2. Quand l'aspirine reste trop longtemps sous cette forme prédominante dans l'estomac, elle y provoque des lésions gastriques. C'est pourquoi on trouve dans le commerce des formulations différentes, moins agressives pour la paroi de l'estomac, comme la catalgine.

Catalgine (acétylsalicylate de sodium)

- Le médicament est soluble dans l'eau et l'ingestion est facilitée.
- Dans l'estomac, dont le pH est très acide, les ions acétylsalicylate réagissent avec les ions H_3O^+ pour redonner de l'aspirine moléculaire qui précipite. Ce précipité, obtenu sous forme de grains microscopiques, est plus facilement assimilable.

4.2.1. Écrire la formule semi-développée de l'ion acétylsalicylate.

4.2.2. Expliquer pourquoi la catalgine est soluble dans l'eau.

4.2.3. Donner l'équation de la réaction se produisant dans l'estomac après ingestion de la catalgine

EXERCICE 2 : ÉCOCONSTRUCTION (6,5 points)

Également appelée construction durable, l'écoconstruction consiste en la réalisation d'une habitation la plus respectueuse de la nature possible.

Le but est de maîtriser au mieux la dépense énergétique, plusieurs points de vigilance sont à considérer : l'isolation, la ventilation, la qualité des ouvertures et la maîtrise des ponts thermiques (endroits du bâtiment où la chaleur s'échappe plus vite).

1. Isolation et chauffage

L'étude porte sur une maison, sans étage et de surface habitable 68 m², dont l'isolation du sol, des murs extérieurs et des combles (espaces sous la toiture) est prévue selon les données du tableau suivant :

	Surface (m ²)	Matériaux	Épaisseur (cm)	Conductivité thermique λ (W.m ⁻¹ K ⁻¹)	Résistance thermique (S.I.)
Sol	70	mortier chaux	25	0,17	0,021
Vitres	15	triple vitrage verre/air	3,6	0,023	0,10
Combles (espaces sous la toiture)	79	gypse / cellulose	1,3	0,35	0,053
		granulé de chanvre	20	0,048	
Murs extérieurs	85	enduit plâtre	1,5	0,50	
		briques plâtrières	5,0	0,80	
		panneaux liège expansé	6,0	0,040	
		brique creuse standard	20	0,60	
		enduit sable/chaux	2,5	1,05	

Définition d'une maison passive

On dit d'une maison qu'elle est passive lorsque ses besoins en chauffage sont inférieurs à 15 kWh par m² habitable et par an contre 250 à 300 kWh par m² habitable et par an en moyenne pour les besoins en chauffage d'un bâtiment classique.

1 kWh correspond à 3,6 MJ.

D'après le site <http://fr.ekopédia.org>

Résistance thermique d'une paroi d'isolation

La résistance thermique R_{th} d'une paroi plane a pour expression : $R_{th} = \frac{e}{\lambda \cdot S}$ où e est l'épaisseur du matériau (m), λ la conductivité thermique caractérisant le matériau ($W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$) et S la surface de la paroi (m^2).

En pratique, une paroi est constituée de plusieurs couches de matériaux d'épaisseur et de conductivité différentes. Dans ce cas, les résistances thermiques de chaque couche s'additionnent.

Flux thermique

Le flux thermique Φ exprimé en watt (W), est l'énergie transférée à travers une paroi par unité de temps.

Son expression est : $\Phi = \frac{Q}{\Delta t}$ où Q est l'énergie thermique (J) et Δt le temps (s).

Lorsque les températures extérieure T_e et intérieure T_i sont constantes au cours du temps, avec $T_i > T_e$, le flux thermique peut s'exprimer aussi par : $\Phi = \frac{T_i - T_e}{R_{th}}$ où R_{th} est la résistance

thermique de la paroi considérée.

- 1.1. Déterminer, par analyse dimensionnelle, l'unité d'une résistance thermique.
- 1.2. Pour une surface donnée à isoler, expliquer qualitativement dans quel sens doivent évoluer les caractéristiques d'une paroi pour augmenter l'isolation de l'habitation.
- 1.3. Calculer la résistance thermique des murs extérieurs R_m , en précisant l'unité.
- 1.4. Pour obtenir une résistance thermique identique à celle des combles, quelle devrait être la valeur de l'épaisseur d'une couche de laine de verre de conductivité thermique $\lambda_{lv} = 0,038 W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$?
On suppose que l'on utilise uniquement ce matériau.
- 1.5. Dans la région où est prévue la construction de la maison, la température extérieure moyenne du sol en hiver est d'environ $10^\circ C$ et celle de l'air extérieur, $4^\circ C$.
Un poêle à bois maintient la température intérieure de la maison constante à $T_i = 19^\circ C$.
Pendant une journée, les valeurs des transferts thermiques sont alors :
 - pour les murs extérieurs : $Q_m = 56 MJ$;
 - pour les vitres : Q_v ;
 - pour le sol : $Q_s = 37 MJ$;
 - pour les combles : $Q_c = 24 MJ$.
 - 1.5.1. Préciser le sens dans lequel s'effectuent les transferts thermiques.
 - 1.5.2. Calculer Q_v ; en déduire la valeur de la chaleur fournie par un poêle à bois pendant une journée.
- 1.6. Dans ces conditions, si, par an, la période de chauffage dure 100 jours, peut-on considérer la maison comme passive ?

2. Incident sur le chantier

Une grue soulève un sac de sable. Le câble cède lorsque le sac est à une hauteur h par rapport au sol. Le sac tombe alors en chute libre avec une vitesse initiale supposée nulle. Au même moment un technicien, équipé des protections réglementaires et situé à une distance d du point de chute du sac, se déplace à vitesse constante en direction du point d'impact du sac avec le sol.

Le sac et le technicien sont repérés par leurs centres respectifs.

Le référentiel terrestre est supposé galiléen et on lui associe le repère (O, \vec{i}, \vec{j}) :

O point d'impact du sac avec le sol, \vec{i} horizontal et \vec{j} vertical vers le haut.

Le technicien se déplace donc parallèlement avec l'axe des x.

Données :

- intensité de la pesanteur : $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$;
- hauteur initiale du centre du sac de sable : $h = 6,2 \text{ m}$;
- distance initiale entre le technicien et le point de chute du sac de sable : $d = 2,5 \text{ m}$;
- vitesse de déplacement du technicien : $v_{\text{tech}} = 1,1 \text{ m.s}^{-1}$.

- 2.1. Faire un schéma de la situation initiale sans souci d'échelle en représentant notamment le vecteur vitesse associé au déplacement du technicien ainsi que les distances h et d .
- 2.2. Montrer que, selon l'axe vertical, l'équation horaire du mouvement du centre du sac de sable est :
$$y_s = -4,9 t^2 + 6,2$$
 avec y_s en mètre et t en seconde.
- 2.3. Cette situation entraîne-t-elle un risque d'accident corporel sur le chantier pour le technicien ?

Le candidat est évalué sur ses capacités à concevoir et à mettre en œuvre une démarche de résolution.

Toutes les prises d'initiative et toutes les tentatives de résolution, même partielles, seront valorisées.

EXERCICE 3 : CAMÉRA INFRAROUGE (5 points)

La thermographie infrarouge permet de contrôler l'isolation thermique d'un bâtiment et de visualiser les déperditions énergétiques. À partir de cette information, chaque citoyen a la possibilité d'agir pour une meilleure isolation de son habitat, de réduire sa facture d'énergie et, du même coup, de limiter ses émissions de gaz à effet de serre.

Utilisation d'une caméra infrarouge

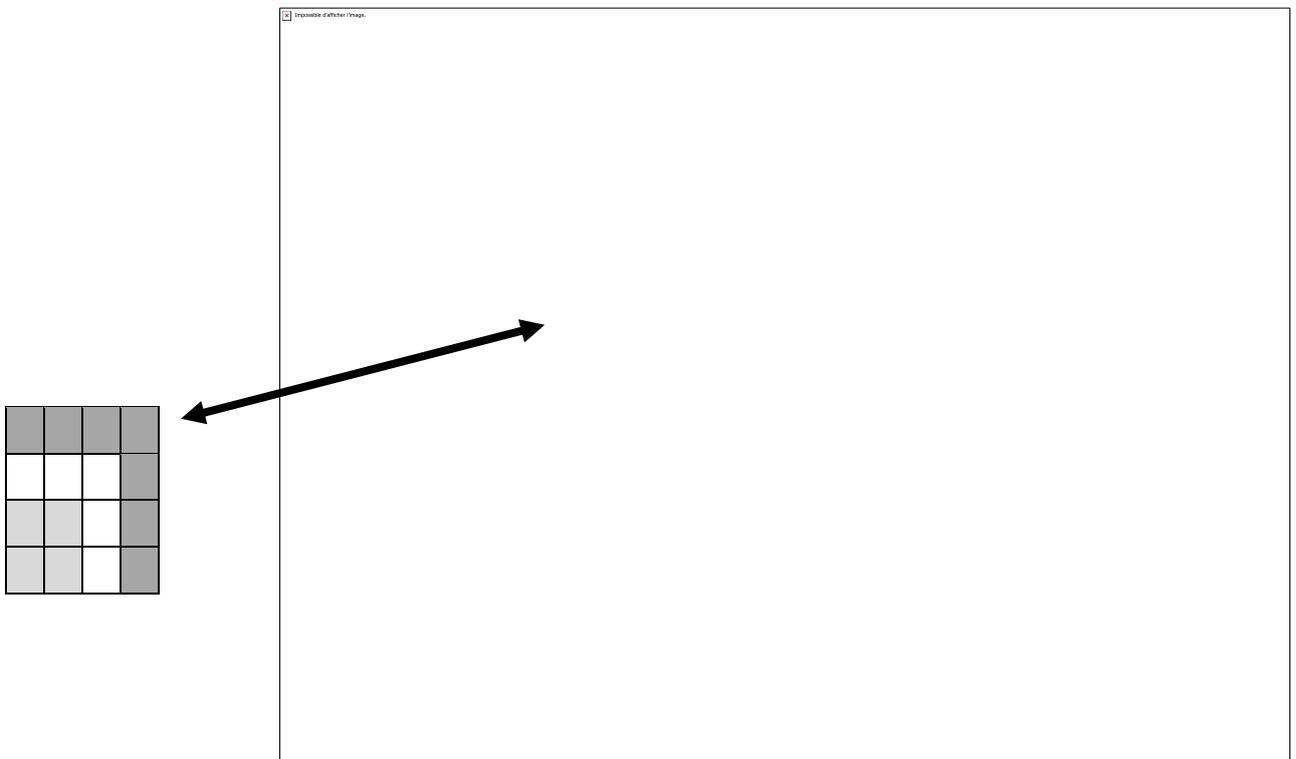
Une caméra infrarouge permet de capter des rayonnements infrarouges et restituer les informations obtenues sous la forme d'une image visible.

Son principe repose sur le phénomène physique selon lequel chaque corps dont la température est supérieure au zéro absolu émet un rayonnement électromagnétique.

Elle est utilisée pour effectuer la thermographie de façade permettant de mettre en évidence les ponts thermiques et les défauts d'isolation.

En thermographie infrarouge, on travaille généralement dans une bande spectrale qui s'étend de 2 à 15 μm .

Dans l'image ci-dessous, les parties les plus claires correspondent aux zones où les pertes d'énergie sont maximales.



Source : <http://www.thermo-confort.fr>

Caractéristiques de l'écran de la caméra

La définition du détecteur infrarouge (et de l'écran de la caméra) est de $640 \times 480 = 307\,200$ pixels.

En codage RVB 24 bits, il est possible de coder un très grand nombre de couleurs en affectant, à l'aide d'une méthode adaptée, à chaque pixel trois valeurs relatives au rouge, au vert et au bleu, chaque valeur étant codée sur un octet. Il est également possible d'obtenir des nuances de gris en affectant trois valeurs identiques.

1. Obtention d'une image thermographique

- 1.1. Après avoir cité une longueur d'onde typique d'un rayonnement correspondant au domaine des infrarouges, déterminer la nature de la transition d'énergie mise en jeu dans le domaine de l'infrarouge.

Données

- constante de Planck : $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$;
- célérité de la lumière dans le vide : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$;
- $1\text{eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$.

Énergie du photon absorbé	Nature de la transition d'énergie mise en jeu
1,5 eV – 10 eV	Transition entre niveaux d'énergie électroniques
0,003 eV – 1,5 eV	Transition entre niveaux d'énergie vibratoires

- 1.2. La caméra infrarouge peut comporter un pointeur laser qui indique exactement l'objet sur lequel la caméra est pointée.
Citer la propriété du laser qui permet précisément cette utilisation.
- 1.3. Sur l'image du premier document, quelle est la zone la plus froide de la maison ?
- 1.4. Combien de nuances de gris peut-on distinguer en codage RVB 24 bits ?
Justifier.

Données

- un codage numérique sur n bits permet de coder 2^n niveaux ;
- un octet est composé de 8 bits.

- 1.5. Un pixel noir est codé R(0)V(0)B(0). Comment un pixel blanc serait-il codé ?
- 1.6. La taille de l'image, exprimée en octets, représente la taille associée au codage de tous les pixels qui la constituent.
Quelle est la taille de l'image codée en niveaux de gris ?
- 1.7. Choisir, parmi les propositions ci-après, le tableau de nombres correspondant au codage de la zone entourée d'un cadre blanc sur l'image infrarouge du premier document.
Justifier.

Tableau a

Tableau b

Tableau c

R	10	10	10	10
V	0	0	0	0
B	100	100	100	100
R	23	23	23	10
V	15	15	15	0
B	82	82	82	100
R	210	210	23	10
V	100	100	15	0
B	105	105	82	100
R	210	210	23	10
V	100	100	15	0
B	102	105	82	100

R	75	75	75	75
V	75	75	75	75
B	75	75	75	75
R	10	10	10	75
V	10	10	10	75
B	10	10	10	75
R	232	232	10	75
V	232	232	10	75
B	232	232	10	75
R	232	232	10	75
V	232	232	10	75
B	232	232	10	75

R	10	10	10	10
V	10	10	10	10
B	10	10	10	10
R	215	215	215	10
V	215	215	215	10
B	215	215	215	10
R	82	82	215	10
V	82	82	215	10
B	82	82	215	10
R	82	82	215	10
V	82	82	215	10
B	82	82	215	10

2. Enregistrement et stockage des données numériques

Dans l'objectif d'établir un bilan de performance énergétique du bâtiment, on réalise, à 24 images par seconde, un film en noir et blanc d'une durée $\Delta t = 15$ min.

Pourra-t-on l'enregistrer, dans un format compressé caractérisé par un taux de compression de 95%, sur un disque CD ?

Donnée :

capacité d'un disque CD : 750 Mo.

Compression des données

La compression de données est l'opération informatique consistant à transformer une suite de bits A en une suite de bits B plus courte pouvant restituer les mêmes informations en utilisant un algorithme particulier. Opération de codage, elle diminue la taille (de transmission ou de stockage) des données.

Le taux de compression τ , exprimé en pourcentage, mesure l'efficacité de l'algorithme de compression. Il peut être défini comme le gain en volume apporté au volume initial des données :

$$\tau = 1 - \frac{\text{taille du fichier compressé}}{\text{taille du fichier initial}}$$