BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

Session 2015

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

Enseignement Obligatoire

Durée de l'épreuve : 3 heures 30 – Coefficient : 6

L'usage des calculatrices est autorisé.

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré.

Ce sujet comporte 11 pages numérotées de 1/11 à 11/11.

EXERCICE I : CONSTRUCTION D'UNE MAISON PASSIVE (7 points)

Sensibles à la nécessaire réduction des émissions des gaz à effet de serre autant qu'à l'économie financière réalisée, les particuliers désireux de faire construire leur maison d'habitation s'orientent de plus en plus vers l'écoconstruction.
Pour 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 le plus vite).

1. Isolation et chauffage

L'étude porte sur une maison, sans étage et de surface habitable 68 m^2, 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 chaux/sable	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 m^2 habitable et par an contre 250 à 300 kWh par m^2 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 : $R_{th} = \frac{e}{\lambda . S}$ où e est l'épaisseur du matériau (m), λ la conductivité thermique caractérisant le matériau ($W.m^{-1}.K^{-1}$) 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 λ_{lv} = 0,038 $W.m^{-1}.K^{-1}$?
On suppose que l'on utilise uniquement ce matériau.

1.5. Dans la région où est prévue la construction de la maison, la température moyenne du sol en hiver est d'environ 10°C et la température de l'air extérieur, 4°C.
Un poêle à bois maintient la température intérieure de la maison constante à T_i = 19°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.

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

1.5.2. Calculer Q_v puis 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 de sable 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 : $g = 9{,}8$ m.s^{-2} ;
- hauteur initiale du centre du sac de sable : $h = 6{,}2$ m ;
- distance initiale entre le technicien et le point de chute du sac de sable : $d = 2{,}5$ m ;
- vitesse de déplacement du technicien : $v_{tech} = 1{,}1$ 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 II : UNE PISCINE NATURELLE CHAUFFÉE (8 points)

Les piscines naturelles ont une structure de construction habituelle mais contrairement aux piscines classiques, l'eau ne subit pas de traitement chimique. Le système de filtration est assuré par une zone réservée à la végétation, dont la surface est au moins égale à la zone de baignade pour un meilleur équilibre écologique.



D'après le site www.piscine.comprendrechoisir.com

1. Étude du fluide caloporteur d'un chauffe-eau solaire

La baignade est plus confortable si l'eau de la piscine est chauffée. L'une des solutions possibles est d'installer un chauffe-eau solaire, système qui permet de produire de l'eau chaude grâce à l'énergie solaire.
Le fluide caloporteur qui circule dans le capteur solaire est un mélange d'eau et de mono propylène glycol ; c'est un antigel, dont le nom en nomenclature officielle est propane-1,2-diol et dont la formule topologique est la suivante :

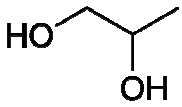
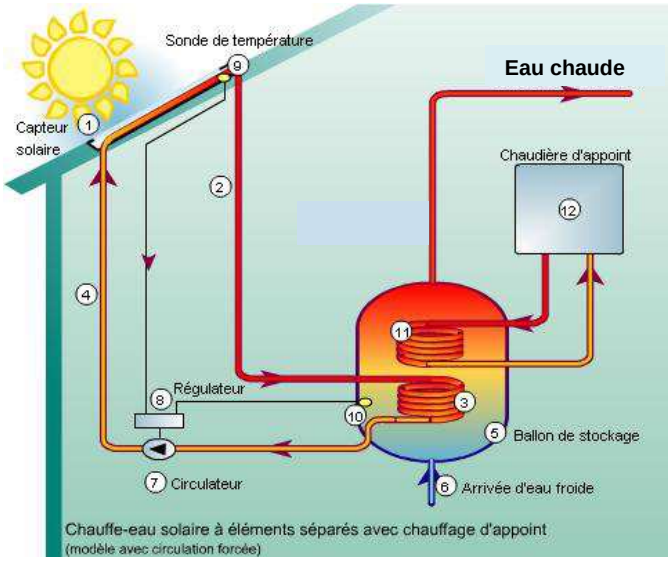


Schéma de fonctionnement du chauffe-eau solaire



D'après le site www.vertener.fr

1.1. Quel est le mode principal de transfert thermique mis en jeu entre le capteur solaire (1) et le milieu extérieur ?
En déduire la fonction de la chaudière d'appoint.

1.2. Quel est l'intérêt pour le chauffe-eau solaire d'intégrer du mono propylène glycol dans la composition du fluide caloporteur ?

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac

Voir le corrigé
scanner ou cliquer

1.3. Justifier le nom donné, en nomenclature officielle, au mono propylène glycol.

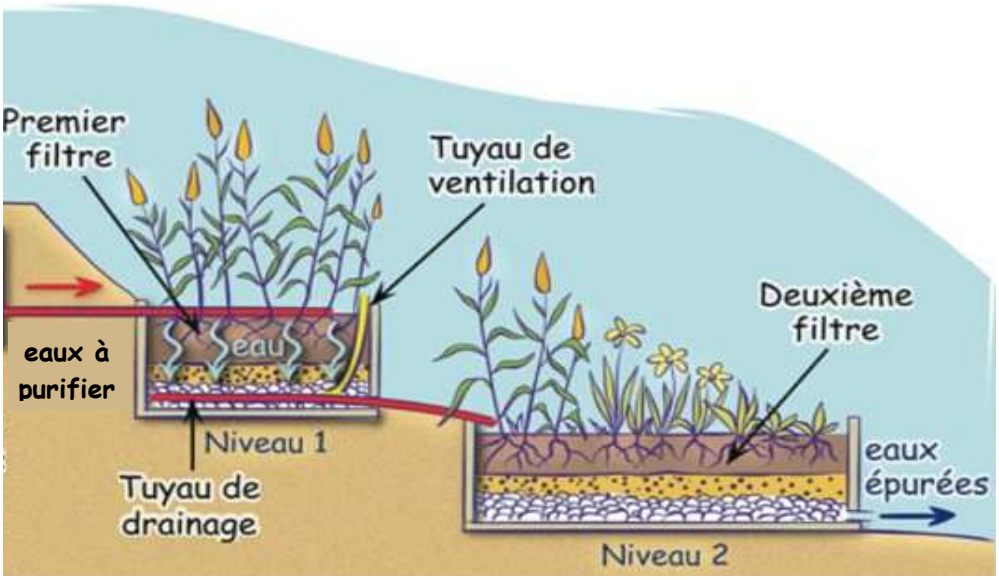
1.4. Justifier le fait que la molécule de mono propylène glycol possède plusieurs stéréoisomères.
Donner la représentation de Cram de ces stéréoisomères et préciser le type de stéréoisomérie qui les lie. Ces stéréoisomères sont-ils chiraux ?
Comment réaliser un mélange racémique ?

1.5. Déterminer le nombre de signaux que cette molécule présenterait en spectroscopie RMN du proton, ainsi que la multiplicité de ces signaux.
On admettra que les protons des groupes –OH donnent le même signal et ne se couplent pas avec les autres protons de la molécule.

2. Traitement de l'eau de la piscine

La technique de traitement de l'eau d'une piscine naturelle utilise les bactéries présentes dans le système racinaire des plantes pour épurer l'eau ; il s'agit d'une phyto-épuration. Les espèces végétales sont ainsi soigneusement sélectionnées pour absorber des polluants tels que les ions nitrate et phosphate. Une pompe de circulation assure le déplacement de l'eau à travers la zone de filtration naturelle.

Schéma d'un système de phyto-épuration



D'après le site www.bleu-vert.fr

On se propose de tester l'efficacité d'un système de phyto-épuration de ce type, en réalisant un dosage de l'azote total de la matière organique contenue dans les eaux épurées à la sortie du dernier bassin.
On prélève un échantillon d'eau de volume V_{ech} = 20,0 mL à la sortie du dernier bassin et on met en œuvre le protocole de dosage de l'azote total par la méthode de Kjehldal. Le volume d'acide chlorhydrique versé à l'équivalence est V_E = 10,3 mL.

Protocole simplifié de dosage de l'azote total Kjeldahl

Minéralisation :
La transformation chimique se fait à une température de 421°C en présence de sulfate de cuivre avec un excès d'acide sulfurique. L'azote contenu dans la matière organique est dégradé sous forme d'ions ammonium $NH_4^+{}_{(aq)}$.

Distillation :
Un excès de soude est introduit dans le mélange obtenu après minéralisation pour amener le pH de la solution à 12 et transformer les ions ammonium $NH_4^+{}_{(aq)}$ en molécules d'ammoniac $NH_{3(aq)}$, qui sont entrainées par la vapeur d'eau lors d'une distillation.

Titrage :
Le titrage de l'ammoniac $NH_{3(aq)}$ présent dans le distillat est réalisé par une solution d'acide chlorhydrique ($H_3O^+_{(aq),}$ + $Cl^-_{(aq),}$), de concentration molaire C_{ac} égale à $2{,}0 \times 10^{-3}$ mol.L^{-1}, jusqu'au virage d'un indicateur coloré bien choisi.

Données

- Numéros et masses molaires atomiques de quelques atomes :

	H	N	O
Z	1	7	8
M (g.mol^{-1})	1,0	14	16

- pKa de quelques couples acido-basiques à 25 °C :
$H_2O_{(l)}$ / $HO^-_{(aq)}$: 14 $H_3O^+_{(aq)}$ / $H_2O_{(l)}$: 0 $NH_4^+{}_{(aq)}$ / $NH_{3(aq)}$: 9,2

- Zones de virage de quelques indicateurs colorés :

Indicateur	pKa	Couleur acide	Zone de virage	Couleur basique
Orange de méthyle	3,7	rouge	3,2 – 4,4	jaune
Vert de bromocrésol	4,7	jaune	3,8 – 5,4	bleu
Rouge de méthyle	5,1	jaune	4,8 – 6,0	rouge
Bleu de bromothymol	7,0	jaune	6,0 – 7,6	bleu
Rouge de phénol	7,9	jaune	6,8 – 8,4	rouge
Phénolphtaléine	9,4	incolore	8,2 -10,0	violet

- Normes européennes de rejets pour les eaux résiduaires :

Matière en suspension (MES) < 35 mg.L^{-1}
Demande chimique en oxygène (DCO) < 125 mg d'oxygène dissous
Demande biologique en oxygène sous 5 jours (DBO5) < 25 mg d'oxygène dissous au bout de 5 jours
L'azote total Kjeldahl (NtK) : masse totale d'azote N < 20 mg.L^{-1}

D'après le site www.recycleau.fr

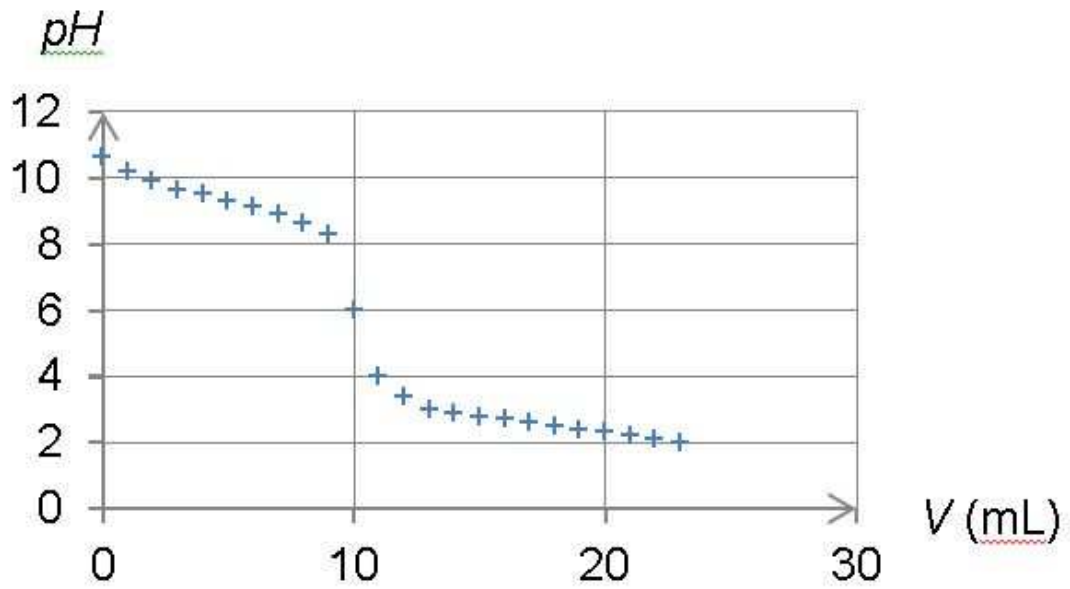
Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 7 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

2.1. Quelle propriété les transformations chimiques mises en jeu dans la méthode de Kjeldahl doivent-elles toutes avoir pour que l'on puisse doser l'intégralité de l'azote présent dans l'échantillon ?

2.2. Justifier le fait que $NH_4^+{}_{(aq)}$ et $NH_{3(aq)}$ forment un couple acide-base et préciser quelle est la forme acide et quelle est la forme basique.

2.3. Lors de l'étape de distillation du protocole simplifié de dosage de l'azote total Kjeldahl, pourquoi un pH égal à 8 pourrait-il ne pas convenir ?

2.4. Le suivi pHmétrique du titrage de l'ammoniac par l'acide chlorhydrique dans des conditions analogues, conduit au tracé du graphe représenté ci-dessous.



2.4.1. Quelle est l'espèce majoritaire dans le bécher au début du titrage ? Même question à la fin du titrage.
2.4.2. En déduire l'équation de la réaction chimique support du titrage.
2.4.3. Citer un indicateur coloré à utiliser dans la méthode de Kjeldahl. Justifier.

2.5. L'eau résiduaire est-elle conforme aux normes européennes en ce qui concerne l'azote total Kjeldahl ?

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

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 8 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

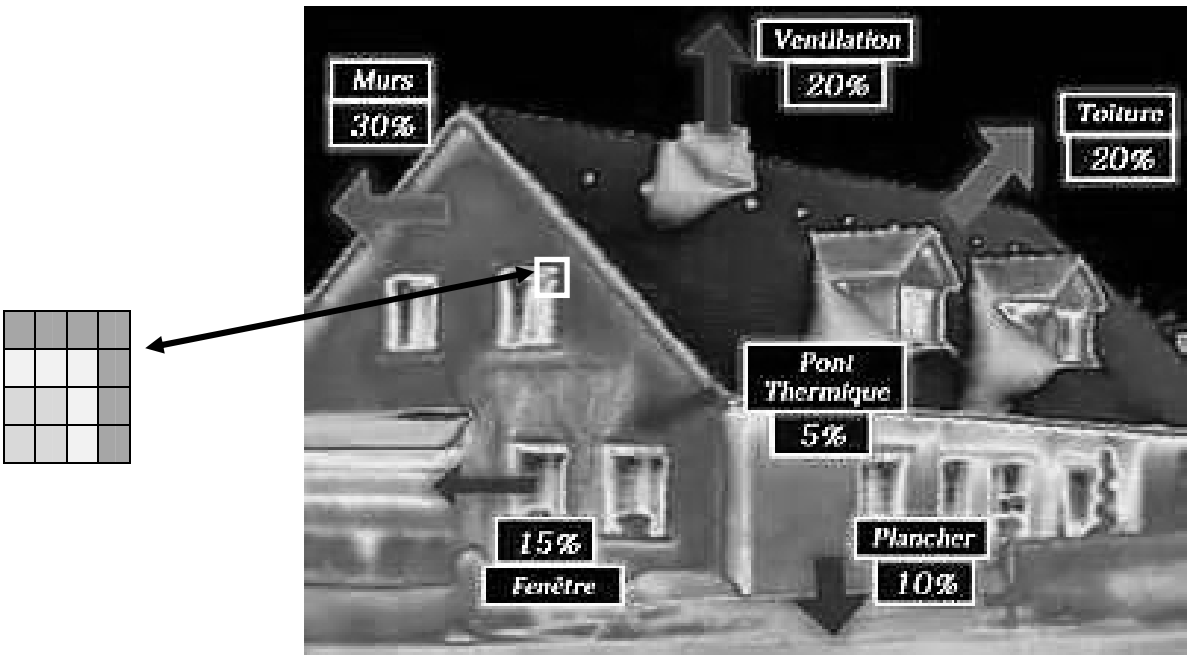
EXERCICE III : THERMOGRAPHIE INFRAROUGE (5 points)

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, réduire sa facture d'énergie et, du même coup, limiter ses émissions de gaz à effet de serre.

Utilisation d'une caméra infrarouge

Une caméra infrarouge permet de capter des rayonnements infrarouges et de 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 résolution du détecteur infrarouge (et de l'écran de la caméra) est de 640 × 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 infrarouge.

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

Le corrigé détaillé est sur galilee.ac
Page 10 / 11
Sujet officiel du baccalauréat · Ministère de l'Éducation nationale
Voir le corrigé
scanner ou cliquer

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

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

Tableau b

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

Tableau c

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 Δt = 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 de 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 rapporté au volume initial des données :

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

D'après le site www.energieplus-lesite.be