

Devoir Surveillé 4

La calculatrice est autorisée

14 Novembre 2020 8h30-12h30

Chimie

Structure du Soufre

1. Donner la configuration électronique de l'atome de soufre (numéro atomique $Z=16$). Préciser ses électrons de cœur et de valence.
2. En déduire sa position dans la classification périodique de Mendeleïev (numéro de période ; numéro de colonne). Citer un élément chimique très répandu qui possède la même configuration de valence. Quel sera l'élément le plus électronégatif des deux ? Justifier.
3. Représenter les structures de Lewis des composés suivants : S_2 , H_2S , SO_2 . Quel est le nombre d'oxydation du soufre dans chacun des cas ?

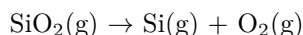
Thermochimie de la silice

On étudie dans cette partie la condensation de la silice $SiO_2(s)$ et on souhaite vérifier que cette réaction est exothermique.

On donne l'enthalpie standard de sublimation du silicium à 298K : $\Delta_{\text{sub}}H^\circ(Si) = 399 \text{ kJ.mol}^{-1}$, et on indique quelques enthalpies standard de formation ci-dessous :

	Si(s)	$SiO_2(s)$	$O_2(g)$
$\Delta_f H^\circ(\text{kJ.mol}^{-1} \text{ à } 298\text{K})$	0	-911	0

De plus l'enthalpie de la réaction suivante, notée A :



est notée $\Delta H_1^\circ = 1094 \text{ kJ.mol}^{-1}$ à 298K.

4. Rappeler la définition d'une transformation de condensation. Quelle est le nom de la transformation inverse ?
5. Pourquoi les enthalpies standard de formation du silicium et du dioxygène sont-elles nulles ?
6. Que dire de la variation d'une fonction d'état ? Quelle conséquence cela a-t-il sur un cycle ?
7. Établir l'expression littérale puis calculer la valeur numérique de l'enthalpie standard de condensation de la silice $SiO_2(g)$. Conclure.

Climatisation

La climatisation d'un véhicule est composée d'un circuit d'air puisé par ventilateur et d'un circuit frigorifique constitué d'un compresseur, d'un condenseur, d'un détendeur et d'un évaporateur, dans lesquels circule un fluide frigorigène. Le fluide anciennement utilisé par les véhicules

était le R134a, interdit car c'est un gaz nocif et à effet de serre (1400 fois plus élevé que celui du CO₂). Par ailleurs la climatisation augmente notablement la consommation de carburant et requiert un entretien sérieux et régulier (fuites de fluide frigorigène, usure des joints,...)

Après l'étude du principe de fonctionnement d'une climatisation, le problème aborde certains aspects de sa conception ainsi que la surconsommation entraînée par son fonctionnement. Pour indication, à 2400 tr/mn, le moteur de la voiture développe une puissance motrice de 30 kW

Dans tout le problème, la climatisation étudiée assure le maintien d'une température de l'habitacle de la voiture égale à 20 °C pour une température de l'air extérieur égale à 35 °C, grâce à un débit massique constant D_m . On se référera à ces valeurs s'il en est besoin dans la suite du problème .

On suppose que les conduites reliant les différents appareils sont parfaitement calorifugées et que la pression qui y règne est constante. On néglige toutes les variations de vitesse du fluide et l'on raisonne sur 1 kg de fluide. On considère, sauf mention explicite de l'énoncé, que le fluide thermodynamique a les mêmes propriétés qu'un gaz parfait lorsqu'il est sous forme de vapeur.

Données numériques

Fluide thermodynamique

$$r = 85 \text{ J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$$

$$\gamma = c_p/c_v = 1,12$$

Basse pression = 3 bar

Haute pression = 13 bar

$$D_m = 0,15 \text{ kg.s}^{-1}$$

Air

$$c_p \text{ air} = 1005 \text{ J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$$

Principe

8. Sur UN schéma de principe, identifier les différents transferts énergétiques à l'oeuvre dans le système d'une climatisation entre les différents éléments ci-dessous et les représenter au moyen d'une flèche. A quel élément peut-on identifier l'air puisé ?
 - Fluide R134a
 - Source chaude
 - Source froide
 - Compresseur
9. Quel est le rôle du condenseur au sein du système ? Au contact duquel ou desquels éléments ci-dessus doit-il être mis ?
10. Quel est le rôle de l'évaporateur au sein du système ? Au contact duquel ou desquels éléments ci-dessus doit-il être mis ?
11. Le compresseur impose la haute pression. À quel type de transformation idéale assimile-t-on fréquemment la transformation subie par le fluide dans le compresseur ? Pouvez-vous le justifier ? Selon quelle loi évolue la température du fluide lors d'une telle transformation ?
12. Le détendeur impose la basse pression. À quel type de transformation idéale assimile-t-on fréquemment la transformation subie par le fluide dans le détendeur ? Pouvez-vous le justifier ?

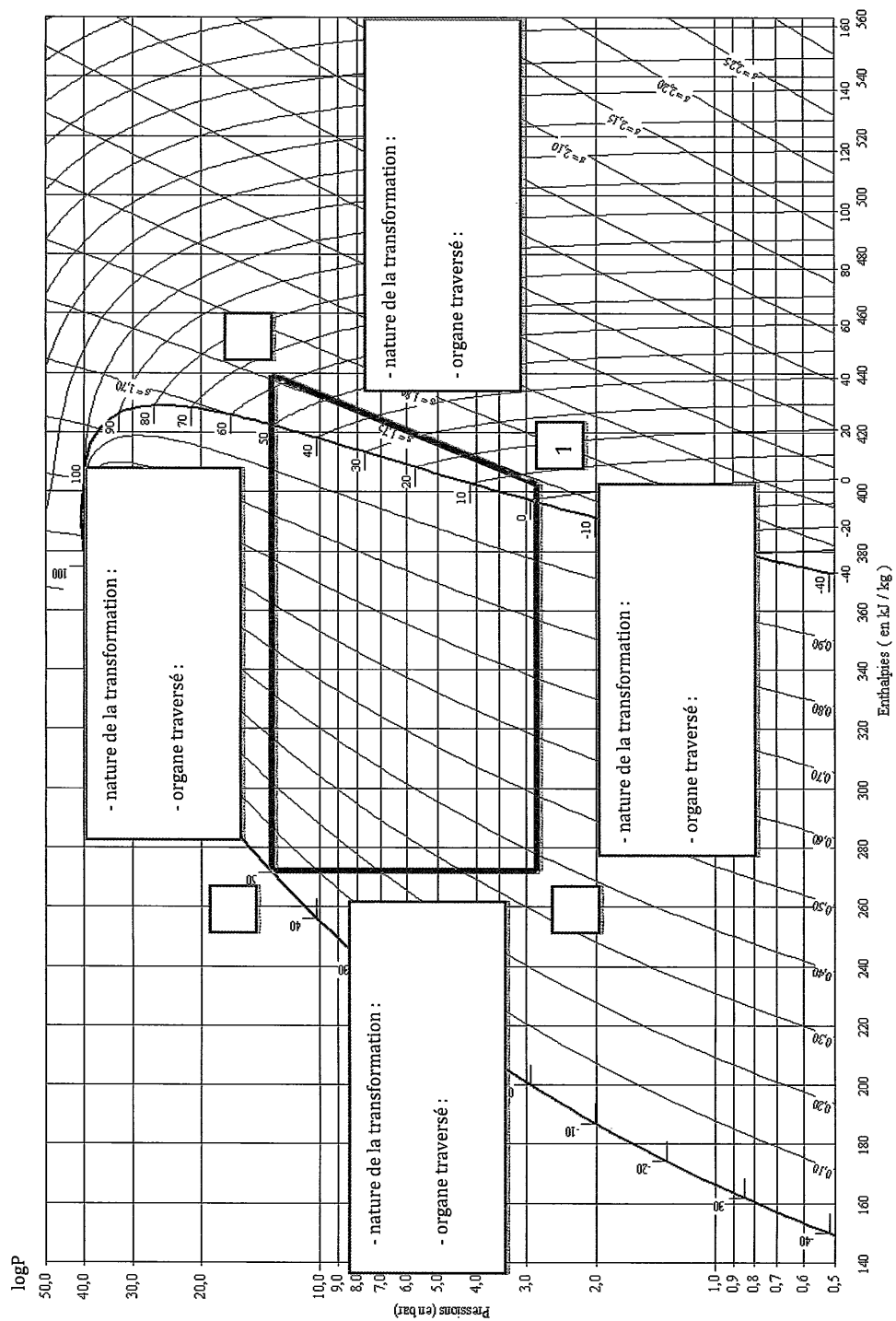
13. L'air de l'habitacle est chargé de vapeur d'eau. Le processus de climatisation peut aider à déshydrater cet air, grâce à un phénomène de condensation, évitant ainsi d'avoir à désembuer les parois vitrées de la voiture. Où peut se produire SPONTANÉMENT cette déshydratation ? Pourquoi ?

Etude du DIAGRAMME $\log(P)$, h (ANNEXE 1)

On notera h , w et q les enthalpies, transferts thermiques massiques échangés par le fluide. On portera en indice les lettres "comp", "d", "e" et "cond" pour les grandeurs relatives au **comp**resseur, **d**étendeur, **é**vaporateur et **cond**enseur. Les transferts thermiques (w, q) seront donnés algébriquement.

14. Identifiez l'état du fluide dans chaque zone délimitée par la courbe de saturation. Pour un fluide qui se comporte comme un gaz parfait quelle est l'allure des isothermes dans un diagramme ($\log P, h$) ? Établissez-en l'équation. Qu'en est-il pour le fluide utilisé ? Y a-t-il un domaine dans lequel il peut se comporter comme un gaz parfait ? Pourquoi ?
15. Dans quel sens est parcouru le cycle ? Justifiez
16. À partir de l'état 1 du fluide - voir annexe 1 Document à joindre à la copie, compléter le schéma en portant le numéro de chaque état du fluide dans la case prévue. Donner, pour chaque transformation $[N, N+1]$, la nature de la transformation et le nom de l'organe traversé par le fluide. On prendra soin évidemment de respecter le sens réel parcouru par le fluide dans la numérotation : le fluide passe d'un état N à un état $N+1$ et non l'inverse.
17. D'après le diagramme quelle est la nature de la transformation du fluide dans le compresseur ? Quelles sont les caractéristiques de la transformation et du compresseur qui peuvent le justifier ?
18. Quelle est la valeur du travail massique échangé dans le compresseur ? Quel est son signe ? Quel doit être son signe ?
19. Quelle est la valeur du transfert thermique massique avec l'air de l'habitacle ? Quel est son signe ? Quel doit être son signe ?
20. Définir l'efficacité ou coefficient de performance de l'installation. Calculer sa valeur numérique. Ce résultat vous paraît-il raisonnable ?
21. Donner l'expression de l'efficacité d'une machine thermique idéale fonctionnant entre les températures extrêmes du cycle. La comparer à la valeur précédente.
22. Comment est modifié le cycle si la transformation dans le compresseur n'est plus idéalisée ?
23. Quelle surconsommation relative entraîne le fonctionnement de la climatisation lorsque le moteur tourne à 2400tr/mn ?

ANNEXE 1 – DOCUMENT À JOINDRE À LA COPIE



Conditionnement d'air d'une voiture

Pour le confort et la sécurité des passagers (la respiration des passagers changerait la composition de "l'air" qui deviendrait moins riche en dioxygène, ce qui favorise l'endormissement du conducteur), on doit renouveler l'air de la voiture et empêcher aussi refroidissement ou réchauffement par rapport à une situation normale dans laquelle l'intérieur du véhicule reste à une température consigne uniforme et constante égale à $T_C = 293$ K. On assimile l'automobile (représentée schématiquement ci-dessous) à un parallélépipède creux de hauteur $H = 1,5$ m, de largeur $l = 1,75$ m et de longueur $L = 4,0$ m, réalisée en partie avec un matériau 1 hybride d'épaisseur $e_1 = 10$ cm, de conductivité thermique $\lambda_1 = 0,10$ S.I. et en partie en verre d'épaisseur $e_2 = 2,0$ mm et de conductivité thermique $\lambda_2 = 1,2$ S.I. On peut simplifier le modèle en supposant que les vitres occupent une hauteur $d = 0,50$ m des parois verticales. Le toit, le sol et les parties basses des parois verticales sont constitués du matériau 1. On néglige les effets de bord et/ou la conduction par les coins.

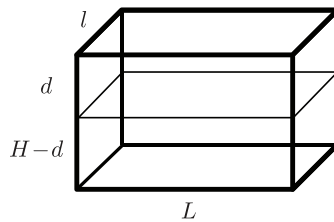


Figure : Modèle schématique d'une voiture.

24. Rappeler la loi de Fourier en définissant les grandeurs utilisées. Par analyse dimensionnelle, préciser quelle est l'unité de la conductivité thermique λ_i

On considère un morceau de paroi de surface s , d'épaisseur e et de conductivité thermique λ . La température est supposée ne dépendre que de la variable position sur la normale à cette paroi notée Oz .

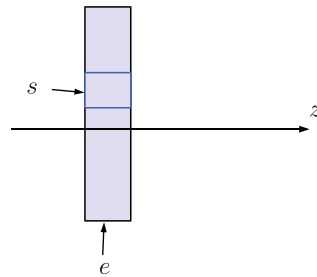


Figure : Modèle d'une paroi de voiture.

25. Établir, en régime permanent, le lien entre la différence des températures de part et d'autre de la paroi $\Delta T = T_{ext} - T_{int}$ et le flux thermique (ou puissance thermique) Φ qui traverse, de l'extérieur vers l'intérieur, une surfaces de paroi d'un matériau de conductivité thermique λ . En déduire la résistance thermique de cet élément de paroi en fonction de s , e et λ .

26. A quelle situation physique correspond une association en série de résistances thermiques ?
A quelle situation physique correspond une association en parallèle de résistances thermiques ?
27. Donner l'expression des résistances thermiques des parties suivantes du véhicule en fonction des données nécessaires
- R_1 résistance thermique du toit (le sol de la voiture possède la même résistance thermique),
 - R_2 résistance thermique des parties latérales en matériau 1 (de hauteur $H - d$),
 - R_3 résistance thermique de toutes les vitres (partie latérale de hauteur d).
28. Faire un schéma électrique équivalent de la voiture et en déduire sa résistance thermique totale R_v .
29. Calculer la valeur numérique de R_v et celle de R_3 (partie vitrée). Comparer la puissance thermique totale perdue par la voiture et celle traversant les vitres. Commenter.
30. En réalité, le rapport entre l'écart de température $\Delta T = T_{ext} - T_{int}$ et le flux thermique total Φ entrant dans la voiture par les parois est différent du résultat précédent. Il faut vraisemblablement tenir compte du phénomène de conducto-convection aux interfaces solide/fluide. Exprimer, pour le plafond, la résistance qui doit être rajoutée à R_1 en appelant h le coefficient de la loi de Newton entre le matériau 1 et l'air. Commenter. Faire le nouveau schéma électrique équivalent

Par la suite, on prendra $G = \frac{1}{R_v} = 150 \text{ W.K}^{-1}$ pour le rapport $\frac{\Phi}{\Delta T}$. On suppose que :

- l'appareil de conditionnement de l'air de la voiture permet de refroidir l'habitacle en été, de le réchauffer en hiver et de renouveler l'air en même temps,
 - la pression est toujours la même à l'extérieur et à l'intérieur et est égale à la pression standard $p = p^0 = 1,010^5 \text{ Pa}$,
 - et l'habitacle est maintenu à la température de consigne $T_C = 293 \text{ K}$.
31. Chacun des n passagers dégage une puissance thermique $p = 75 \text{ W}$. Exprimer la puissance P_1 fournie par le conditionneur en fonction de n , p , G et $\Delta T = T_{ext} - T_{int}$.
32. Calculer les deux valeurs de P_1 pour $n=4$ passagers, en été $T_{ext} = 303 \text{ K}$ ou en hiver $T_{ext} = 263 \text{ K}$. Commenter le signe. Pour quelle température extérieure n'y aurait-il pas besoin de conditionnement ? L'ordre de grandeur vous paraît-il vraisemblable ?