

DEVOIR SURVEILLE N° 2  
DE PHYSIQUE

- Monsieur GIGON -  
(avec documents)

Tout type de calculatrice est autorisé.

Il sera tenu compte de la présentation, de l'expression et des fautes d'orthographe. Détailler le raisonnement et les calculs : bien mettre en évidence les applications numériques de manière à comprendre d'où viennent les bons résultats ou les erreurs. Encadrer uniquement les résultats demandés, sans oublier les unités. Tout résultat non encadré ne sera pas pris en compte. Bien lire tout l'énoncé. Travailler les exercices sur le brouillon. Ne recopier sur la copie d'examen que lorsque vous êtes sûr(e) de votre raisonnement et de votre résultat. La rédaction doit être claire et concise. Il n'y a aucun piège !

**EXERCICE 1** (4-5 points)

**12. Calculer** la masse de vapeur d'eau à 100 °C à la pression atmosphérique normale nécessaire pour décongeler à la température de 25 °C 4 Kg de haricots verts pris à -10 °C, en supposant que toute la vapeur d'eau se condense et qu'il y a équilibre thermique sans pertes thermiques.

**13. Calculer** la variation d'entropie des 4 Kg de haricots verts ainsi décongelés ainsi que la variation d'entropie de la vapeur d'eau au cours de cette décongélation. **En déduire** la variation d'entropie totale de l'univers. **Remarque.**

On rappelle que la capacité thermique massique des haricots verts congelés est égale à 2 KJ Kg<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup>, que la capacité thermique massique des haricots verts décongelés est de 4 KJ Kg<sup>-1</sup> K<sup>-1</sup> et que la chaleur latente de fusion de la glace est de 80 Kcal/Kg. On suppose que les haricots contiennent 85% d'eau environ.

**PROBLEME 2** (15-16 points)

Un avion airbus A330 a une masse de 210 tonnes, une longueur de 63,6 m, une envergure de 60,3 m, un réservoir de 139 000 L et deux réacteurs qui ont une poussée de 300 KN chacun. Il vole en moyenne à une altitude de 12 700 m où l'air a une température de - 53 °C.

**21. Montrer** que la pression atmosphérique à cette altitude est égale à 0,14 bar sachant que :  $P(z) = P_0 e^{-(Mg/RT)z}$  où  $P_0$  est la pression atmosphérique normale au niveau de la mer et  $z$  l'altitude en Km.

**On démontrera** cette formule en utilisant la relation fondamentale de l'hydrostatique  $dP = -\rho g dz$ , où  $\rho = PM/RT$  en supposant que  $T$  est constamment égale à - 53 °C. On rappelle que la masse molaire de l'air est égale à 29 g/mol

**Calculer** la masse volumique de l'air à cette altitude et à cette température.

**En déduire** le volume aspiré par un réacteur en 1 minute sachant qu'il aspire 3600 Kg/min.

**En déduire** de deux manières différentes le nombre de moles d'air aspiré par minute.

**22.** L'avion utilise comme carburant du kérosène qui est un alcane en C<sub>14</sub> de formule C<sub>14</sub>H<sub>30</sub>, car son point de congélation est très bas (-60 °C).

**Ecrire l'équation de combustion** en présence d'air composé de 20% de dioxygène et de 80% de diazote. **En déduire** la fraction molaire du kérosène et de la vapeur d'eau.

## 23 Etude du turboréacteur

Le cycle d'un turboréacteur comprend :

- une compression adiabatique AB réalisée par le turboréacteur qui aspire 3600 Kg/min d'air à la pression atmosphérique  $P_A$  égale à 0,14 bar et à la température  $T_A$  égale à - 53 °C
- un échauffement isobare BC pendant lequel le kérosène est injecté dans l'air comprimé et brûlé dans la chambre de combustion.
- une détente adiabatique CD dans l'ensemble turbine-tuyère.
- un refroidissement isobare DA (transformation fictive qui permet de refermer le cycle).

Toutes les transformations de ce cycle sont supposées quasi-statiques et le gaz au cours du cycle assimilé à de l'air considéré comme un gaz parfait. On suppose que le nombre de moles ne varie pas au cours du cycle et que la capacité thermique molaire du gaz est la même avant et après la combustion. Ne vous étonnez pas de trouver des valeurs élevées (il s'agit d'un turboréacteur !)

**231. Tracer** l'allure de ce cycle dans le diagramme de Clapeyron.

**Calculer** la température  $T_B$  et le volume  $V_B$  comprimé en 1 minute sachant que le taux de compression  $\tau = 10$  ( $\tau = P_B / P_A$ ).

**Calculer** le travail reçu par l'air en 1 minute au cours de cette transformation AB.

**232.. Calculer** la quantité de chaleur reçue par le mélange en 1 minute au cours de la transformation BC, sachant que la température  $T_C$  à l'entrée de la turbine est égale à 900 °C.

**En déduire** le débit massique de carburant injecté en Kg/h sachant que le pouvoir calorifique massique du kérosène est de 43 MJ/Kg.

**Calculer** le volume  $V_C$  ainsi que le travail fourni en 1 minute par cette transformation isobare BC.

**233. Calculer** la température  $T_D$  en fin de détente adiabatique CD.

**Calculer** le travail fourni en 1 minute par cette détente adiabatique CD.

**Calculer** le volume  $V_D$  ainsi que le travail reçu et la quantité de chaleur fournie en 1 minute au cours de la transformation DA.

**234. Calculer** de deux manières différentes le travail du cycle fourni par le turboréacteur en 1 minute. **En déduire** la puissance du turboréacteur.

**235. Calculer** le rendement du cycle à partir des résultats précédents.

**Exprimer** le rendement de ce cycle en fonction du rapport de compression  $\tau$  et de  $\gamma$ . **Retrouver** la valeur du rendement calculé précédemment d'après cette expression.

**236. Expliquer** à quoi correspond concrètement la transformation fictive DA. **Calculer** alors le travail réellement fourni en 1 minute par le turboréacteur ainsi que le rendement réel et la puissance réelle du turboréacteur sans tenir compte de cette transformation. **Remarque.**

**237. Tracer** l'allure du cycle de ce turboréacteur dans le diagramme (P, T). **Expliquer** la construction de ce cycle en quelques lignes. **On donnera l'expression** de la pression en fonction de T ( $P = f(T)$ ) dans le cas d'une transformation adiabatique.

*Attention à l'ivresse des hauteurs !*

*Ne pas oublier de mettre le turbo qu'il ne faut pas confondre avec un turboréacteur !*

**238. Question supplémentaire** (2 points supplémentaires !)

L'avion dispose d'une piste de 2150 m de long pour atteindre une vitesse de 400 Km/h et décoller.

**Calculer** l'énergie qu'il faut fournir à l'avion pour décoller en exprimant de deux manières différentes ce travail.

**Calculer** l'accélération de l'avion en  $m/s^2$  de deux manières différentes ainsi que sa puissance en MW en supposant qu'il décolle en 38,8 s.