



Numéro de place

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|

Numéro d'inscription

| | | | |
|--|--|--|--|
| | | | |
|--|--|--|--|

Signature

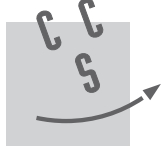
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

Nom

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

Prénom

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|



CONCOURS CENTRALE-SUPÉLEC

Épreuve : Physique-chimie 1 MP

Ne rien porter sur cette feuille avant d'avoir complètement rempli l'entête

Feuille

| | | | | |
|--|--|---|--|--|
| | | / | | |
|--|--|---|--|--|

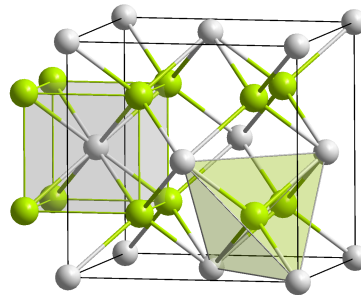


Figure A Maille de dioxyde d'uranium (source : Solid State)

Formulaire

Opérateurs vectoriels en coordonnées cylindriques

Pour un champ scalaire $f = f(r, \theta, z)$:

$$\vec{\text{grad}} f = \frac{\partial f}{\partial r} \vec{u}_r + \frac{1}{r} \frac{\partial f}{\partial \theta} \vec{u}_\theta + \frac{\partial f}{\partial z} \vec{u}_z$$

$$\Delta f = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left(r \frac{\partial f}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 f}{\partial \theta^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial z^2}$$

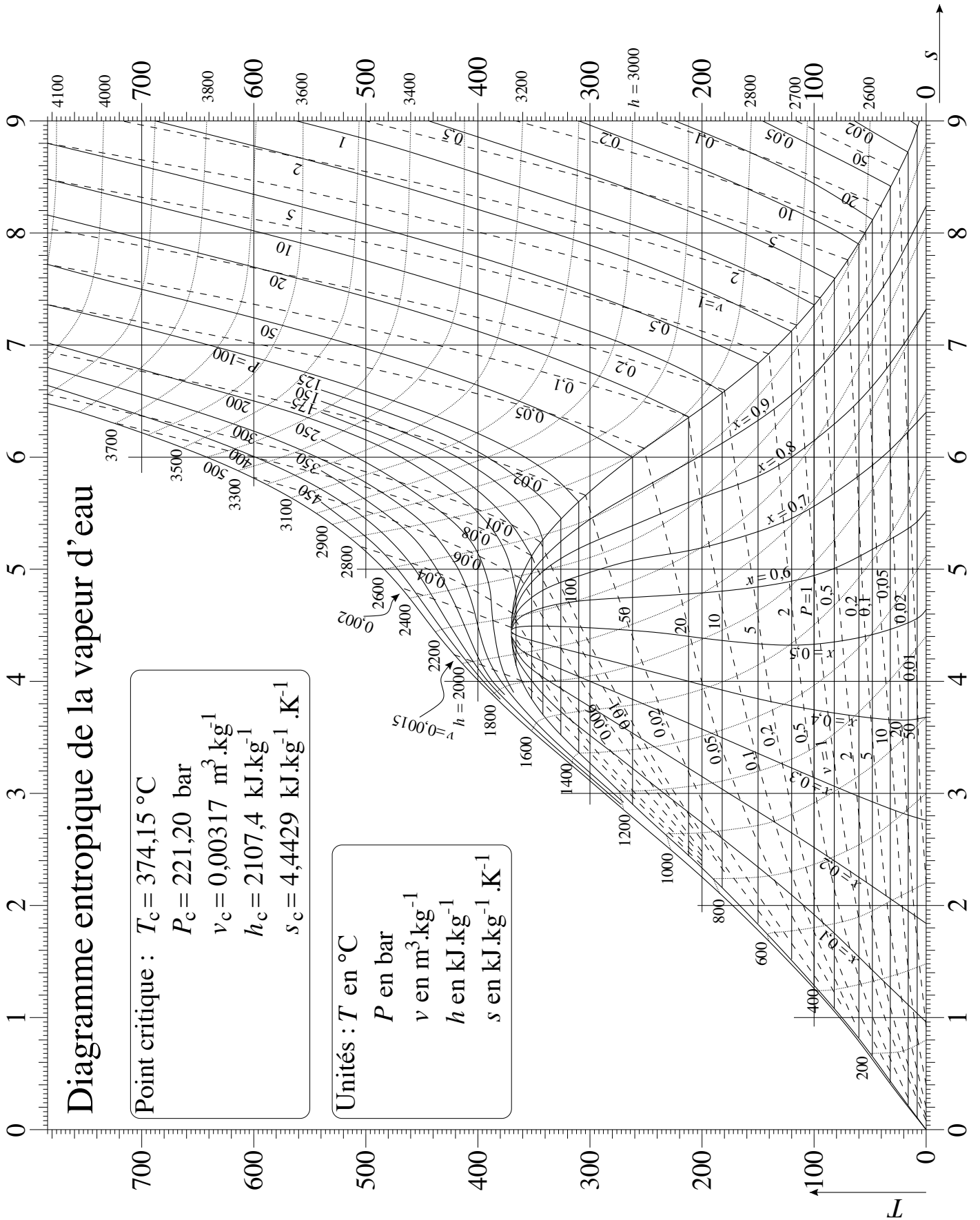
Pour un champ vectoriel $\vec{A} = A_r(r, \theta, z) \vec{u}_r + A_\theta(r, \theta, z) \vec{u}_\theta + A_z(r, \theta, z) \vec{u}_z$:

$$\text{div} \vec{A} = \frac{1}{r} \frac{\partial(r A_r)}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial A_\theta}{\partial \theta} + \frac{\partial A_z}{\partial z}$$

Ne rien écrire

dans la partie barrée

P019-DR/20190321 MKIV



Valeurs numériques

L'uranium source d'énergie

| Uranium 235 | |
|--------------------------------------|---|
| masse atomique ^{235}U | 235,04 g·mol ⁻¹ |
| abondance naturelle ^{235}U | 0,72 % |
| période radioactive ^{235}U | $703,8 \times 10^6$ années |
| Uranium 238 | |
| masse atomique ^{238}U | 238,04 g·mol ⁻¹ |
| abondance naturelle ^{238}U | 99,28 % |
| période radioactive ^{238}U | $4,468 \times 10^9$ années |
| Désintégration α | |
| énergie libérée ^{235}U | 4,68 MeV |
| énergie libérée ^{238}U | 4,27 MeV |
| Fission | |
| énergie libérée ^{235}U | $2,0 \times 10^2$ MeV |
| Oxygène | |
| masse molaire | 16 g·mol ⁻¹ |
| Constante d'Avogadro | |
| \mathcal{N}_A | $6,02 \times 10^{23}$ mol ⁻¹ |

| Dioxyde d'Uranium enrichi | |
|-----------------------------|--------------------------|
| proportion ^{235}U | 5,0 % |
| proportion ^{238}U | 95,0 % |
| masse volumique du cristal | 11,0 g·cm ⁻³ |
| Pastille nucléaire | |
| forme géométrique | cylindre |
| hauteur | ≈ 14 mm |
| diamètre | 8,19 mm |
| Unité énergétique | |
| 1 eV | $1,60 \times 10^{-19}$ J |
| 1 tonne équivalent charbon | $29,3 \times 10^9$ J |
| 1 tonne équivalent pétrole | $41,9 \times 10^9$ J |

Sur les caractéristiques du cœur

| Structure | |
|--|--|
| réseau assemblage | carré 17×17 crayons |
| nombre de crayons de combustible | 265 |
| diamètre d'un crayon | 9,5 mm |
| épaisseur de la gaine d'un crayon | 0,57 mm |
| nombre d'assemblages | 241 par cœur |
| masse d'UO ₂ par assemblage | 600 kg |
| Combustible (dioxyde d'uranium) | |
| conductivité thermique moyenne | 5,0 W·m ⁻¹ ·K ⁻¹ |
| température de fusion | 2865 °C |

| Circuit primaire | |
|---|--|
| débit par boucle | $27,2 \times 10^3$ m ³ ·h ⁻¹ |
| nombre de boucles | 4 |
| pression | 155 bar |
| température à l'entrée | 296 °C |
| température au voisinage des crayons | 332 °C |
| température à la sortie | 330 °C |
| surface d'échange | 8000 m ² |
| densité de courant thermique en périphérie d'un crayon (fonctionnement nominal) | 157 W·cm ⁻² |
| puissance linéique (fonctionnement nominal) | 470 W·cm ⁻¹ |
| puissance linéique maximale à ne pas dépasser | 590 W·cm ⁻¹ |

Sur les caractéristiques du circuit secondaire

| générateur de vapeur $D \rightarrow A$ | |
|--|------------------------------------|
| débit de vapeur | $640 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$ |
| état physique à l'entrée | liquide |
| température entrée | $76 \text{ }^\circ\text{C}$ |
| état physique à la sortie | vapeur saturante |
| pression | 70 bar |
| turbine haute pression $A \rightarrow B$ | |
| état physique à l'entrée | vapeur saturante |
| pression entrée | 70 bar |
| état physique à la sortie | vapeur humide |
| titre en vapeur à la sortie | 0,90 |
| pression sortie | 11 bar |
| turbine basse pression $F \rightarrow G$ | |
| état physique à l'entrée | vapeur sèche |
| température entrée | $250 \text{ }^\circ\text{C}$ |
| pression entrée | 11 bar |
| état physique à la sortie | vapeur humide |
| titre en vapeur à la sortie | 0,88 |
| pression sortie | 0,05 bar |

| surchauffeur $A \rightarrow I$ et $E \rightarrow F$ | |
|---|------------------------------|
| état physique à l'entrée (A) | vapeur saturante sèche |
| pression entrée (A) | 70 bar |
| état physique sortie (I) | liquide saturant |
| pression sortie (I) | 70 bar |
| état physique à l'entrée (E) | vapeur saturante sèche |
| pression entrée (E) | 11 bar |
| état physique sortie (F) | vapeur sèche |
| pression sortie (F) | 11 bar |
| température sortie (F) | $250 \text{ }^\circ\text{C}$ |
| condenseur $G \rightarrow H$ | |
| état physique à l'entrée | vapeur humide |
| titre en vapeur à l'entrée | 0,88 |
| état physique à la sortie | liquide saturant |
| pression | 0,05 bar |

Sur l'eau

| Pression de 70 bar | |
|--|--|
| température d'équilibre liquide – vapeur | $286 \text{ }^\circ\text{C}$ |
| enthalpie massique du liquide | $1268 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ |
| enthalpie massique de la vapeur | $2772 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ |
| entropie massique du liquide | $3,12 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ |
| entropie massique de la vapeur | $5,81 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ |
| Pression de 11 bar | |
| température d'équilibre liquide – vapeur | $184 \text{ }^\circ\text{C}$ |
| enthalpie massique du liquide | $781 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ |
| enthalpie massique de la vapeur | $2781 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ |
| entropie massique du liquide | $2,18 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ |
| entropie massique de la vapeur | $6,55 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ |

| Pression de 0,05 bar | |
|--|---|
| température d'équilibre liquide – vapeur | $33,0 \text{ }^\circ\text{C}$ |
| enthalpie massique du liquide | $137,8 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ |
| enthalpie massique de la vapeur | $2561 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ |
| entropie massique du liquide | $0,476 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ |
| entropie massique de la vapeur | $8,39 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ |