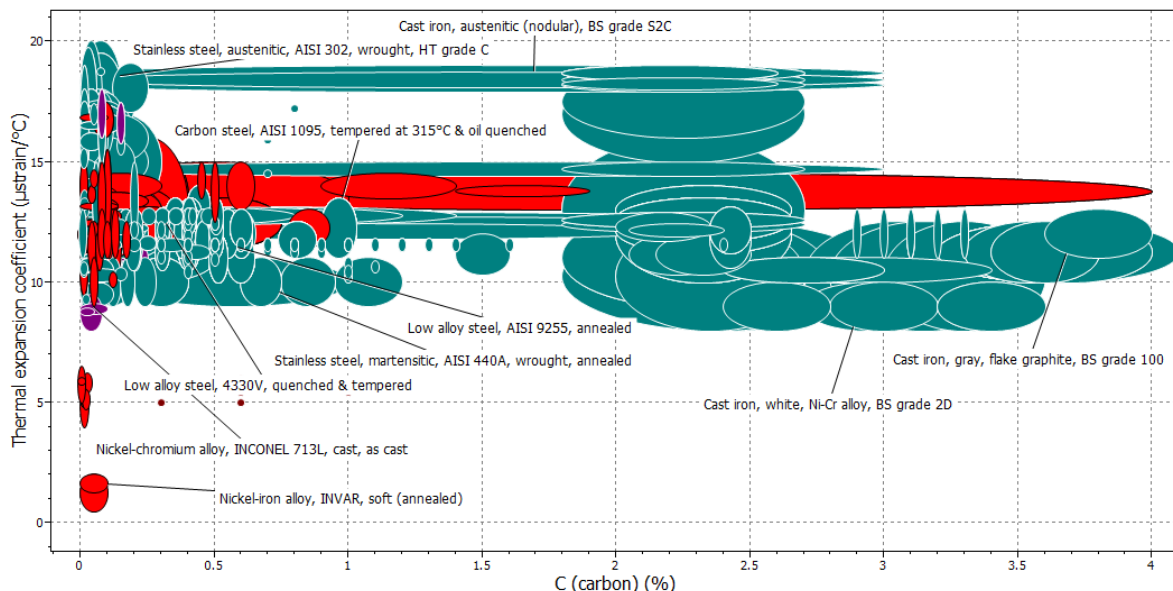


Partie commune

Exercice n°1

On a obtenu dans CES le diagramme suivant donnant le coefficient de dilatation en fonction du pourcentage de carbone dans l'alliage considéré :



1. Définir le coefficient de dilatation et préciser ses unités.
2. En justifiant la réponse, quelles sont les ordres de grandeur des valeurs des coefficients de dilatation des constituants des aciers et des fontes ?
3. Quel est l'intérêt d'utiliser de l'INVAR ?
4. Donner des raisons de choisir de l'INCONEL en aéronautique et dans l'industrie nucléaire.
5. En considérant que le rayon atomique du fer ne varie pas durant la transformation allotropique à 769 °C, calculer le rapport de leur paramètre de maille puis calculer la valeur de la variation de volume d'un échantillon $\frac{\Delta V}{V}$ en % au chauffage.

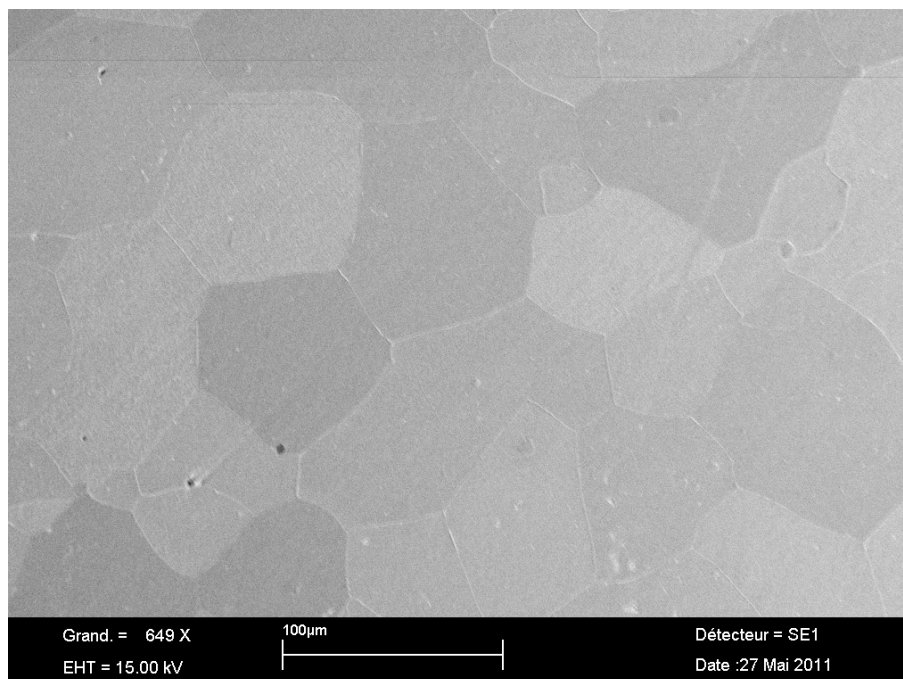
Exercice n°2

1. On considère une solution d'acide chlorhydrique à 0,05 mol.L⁻¹. Quelle est la valeur de son pH ?
2. On considère une solution d'acide éthanoïque à 0,05 mol.L⁻¹. Son pK_a vaut 4,75. Quelle est la valeur de son pH ?
3. On considère une solution de carbonate de sodium Na₂CO₃ de concentration c. On donne les constantes d'acidité pK_{a1} = 6,4 pour le couple H₂CO₃/HCO₃⁻ et pK_{a2} = 10,3 pour le couple HCO₃⁻/CO₃²⁻.
 - a. Ecrire les constantes d'équilibres en fonction des concentrations des espèces correspondantes.

- b. Indiquer sur un axe de pH gradué de 0 à 14 les domaines de prédominances des espèces.
- c. Ecrire l'équation de conservation des espèces
- d. Ecrire l'équation d'électroneutralité.
- e. Quelle est dans chaque équation l'espèce la plus négligeable. En déduire que $[OH^-] = [HCO_3^-]$.
- f. Ecrire K_2 et en déduire que $c[H^+]^2 - K_e[H^+] - K_2K_e = 0$ avec le produit ionique de l'eau $K_e = [H^+][OH^-] = 10^{-14}$.
- g. Calculer le pH de la solution pour $c = 0,05 \text{ mol.L}^{-1}$.

Exercice n°3

On observe l'image d'un échantillon d'acier ferritique au microscope :



1. A l'aide de la règle, déterminer le grandissement effectif de l'image.
2. On considère que les grains sont des carrés de d'environ $75 \mu\text{m}$ de côté.
 - a. Calculer le nombre n de grains par mm^2 de l'échantillon.
 - b. En déduire l'indice de grosseur de grain G de cet échantillon à l'aide de la relation $n = 8 \times 2^G$.
3. Cette image peut être observée au microscope optique. L'objectif est une lentille convergente de distance focale $f_1 = 2 \text{ mm}$. L'objet est placé à une distance $O_1A = 2,05 \text{ mm}$ de son centre optique. L'oculaire a une distance focale $f_2 = 2 \text{ cm}$. L'intervalle optique entre les foyers est $\Delta = F_1F_2 = 12 \text{ cm}$.
 - a. Calculer la distance O_1A' de la position de son image.
 - b. Quelle est la valeur du punctum proximum d'un œil normal ?
 - c. Calculer le grossissement commercial du microscope

Partie spécifique

Exercice n°1

1. Donner la définition du potentiel carbone d'une atmosphère.
2. Définir la température de rosée d'un système gazeux.
3. Un gaz de type méthane réagit avec de l'air de teneur volumique 21 % en O₂. Le facteur d'air de la combustion est n = 0,263.
 - a. Ecrire la réaction de combustion avec les réactifs et les produits. On ne demande pas de l'équilibrer.
 - b. Pourquoi dit-on que c'est une réaction endothermique ?
 - c. Ecrire 2 équilibres faisant intervenir le carbone. Quels sont les gaz cémentant et commenter leur force.
 - d. A l'aide de l'annexe 1 ci-dessous, donner la composition centésimale du mélange obtenu.
 - e. Déterminer la valeur de la température de rosée.
 - f. En utilisant la relation $\frac{p}{p_{réf}} = e^{14,5 - \frac{5400}{T}}$ avec T en K, calculer la pression en eau.
4. On prend à 950 °C une composition de 20 % en CO et 0,21 % pour CO₂. On considère l'équilibre de Boudouard $\text{CO}_2 + \text{C}_\gamma \leftrightarrow 2 \text{CO}$ avec $\Delta G^\circ_T = 170700 - 174,5 T$.
 - a. Calculer l'activité du carbone.
 - b. En déduire la valeur du pourcentage carbone de l'atmosphère à l'aide de la relation de Gunnarson : $a_C = 1,07 \frac{X\%}{100 - 19,5 X\%} e^{4798,6/T}$.
5. On considère la réaction $\text{CO}_2 \leftrightarrow \text{CO} + \frac{1}{2} \text{O}_2$.

On donne :

	CO ₂	CO	O ₂
ΔH°_T en kJ.mol ⁻¹	-393,5	-110,5	0
S°_T en J.mol ⁻¹ .K ⁻¹	213,6	197,6	205

- a. Calculer la constante de l'équilibre à 950 °C.
 - b. Calculer la pression en O₂ dans l'atmosphère à 950 °C.
 - c. Une sonde à O₂ placée dans l'atmosphère de traitement donne une tension qui suit la relation $E = \frac{RT}{4F} \text{Ln} \left(\frac{p_{\text{O}_2 \text{ air}}}{p_{\text{O}_2 \text{ atm}}} \right)$ en V. Quelle est la pression normale de l'oxygène dans l'air ? Calculer cette tension.
On rappelle que 1 F = 96500 C
6. On donne le diagramme de Richardson en annexe 2. Tracer les droites correspondant à une activité du carbone de 0,286, puis celle correspondant aux pressions de CO et CO₂. Tracer la droite correspondant à l'équilibre en CH₄ et H₂. Calculer la valeur de la pression en CH₄. On est à une température de 950 °C et une pression en H₂ de l'ordre de 40 %.

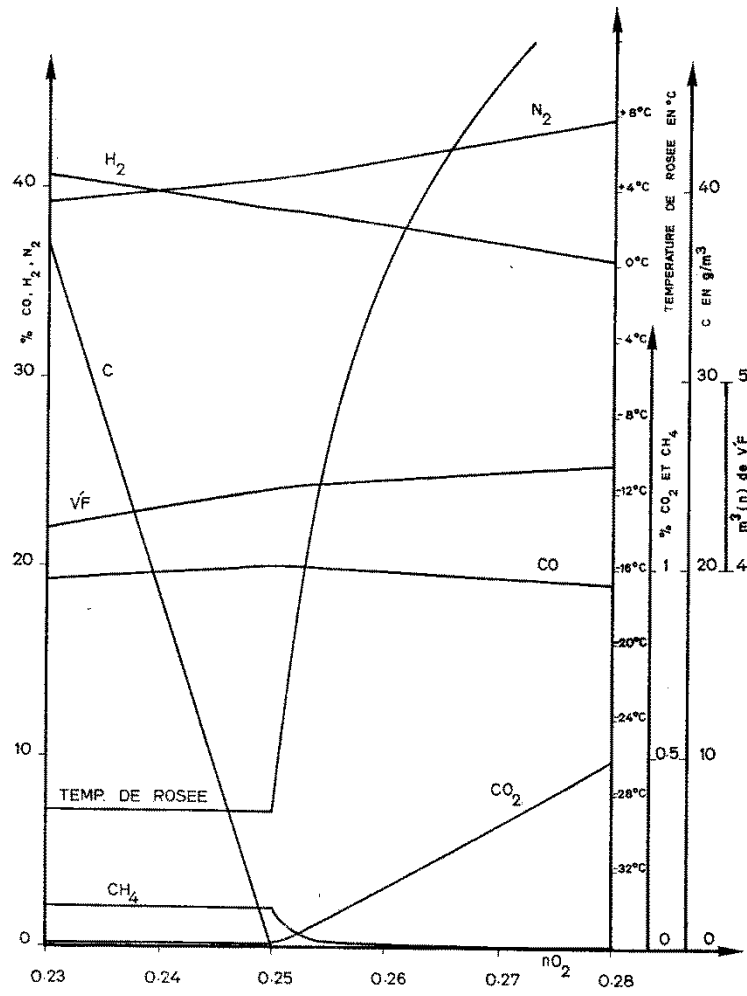
Exercice n°2

On obtient les informations suivantes avec le logiciel CES :

The screenshot shows the 'Magnetic properties' window in CES. On the left, a list of elements is shown: 26. Alpha iron (Fe), 27. Cobalt (Co), and 28. Nickel (Ni). The 'Magnetic classification' section has four checkboxes: 'Diamagnetic', 'Paramagnetic', 'Ferromagnetic' (checked), and 'Antiferromagnetic'. Below this, there are four rows of data with 'Minimum' and 'Maximum' columns. The first row is 'Magnetic susceptibility' with values 0.6 and 2.3, and the unit 'Bohr magneton'. The second row is 'Magneton moment per atom' with values 0.6 and an empty field, and the unit 'T'. The third row is 'Saturation magnetization' with values 0.6 and 1150, and the unit '°C'. The fourth row is 'Curie temperature' with values 300 and 1150, and the unit '°C'.

- Définir la température de Curie et donner l'ordre de grandeur des valeurs que l'on peut déduire de chacun des 3 éléments.
- On chauffe par induction un cylindre de longueur $l = 50$ cm et de diamètre 2 cm en acier. Sa résistivité électrique moyenne est $\rho = 5 \cdot 10^{-8} \Omega \cdot m$ et sa perméabilité magnétique $\mu_r = 250$.
On donne $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ uSI.
 - Sachant que le courant passe dans la pièce avec une densité $J = \frac{dI}{dx} = J_0 e^{-x/p}$, calculer le pourcentage du courant qui passe sur une profondeur p .
 - Au début du chauffage, la fréquence est $f = 200$ Hz. Calculer la profondeur de pénétration. On donne $p = \sqrt{\frac{\rho}{\pi \mu_r \mu_0 f}}$.
 - Calculer la fréquence nécessaire afin de conserver la même profondeur de pénétration lors de l'austénitisation.
 - Expliquer pourquoi une inductance et un condensateur sont les 2 éléments essentiels du convertisseur de fréquence et donnent une fréquence $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$.
Calculer la valeur de f avec $L = 2$ mH et $C = 5$ μ F.
- Expliquer en quelques lignes et éventuellement avec un schéma le principe du chauffage par induction. Qu'appelle-t-on courants de Foucault ?
- En admettant que les courants de Foucault ont une intensité $I_f = 1000$ A, quelle est la durée du chauffage de la pièce considérée sur une profondeur $p = 0,2$ mm de 20 °C à 900 °C ? La pièce est un cylindre en acier de masse volumique $\mu = 7900$ $kg \cdot m^{-3}$, de chaleur massique $c = 440$ $J \cdot kg^{-1} \cdot ^\circ C^{-1}$ et de résistivité électrique moyenne $\rho = 5 \cdot 10^{-7} \Omega \cdot m$.

Annexe1 :



Annexe 2 :

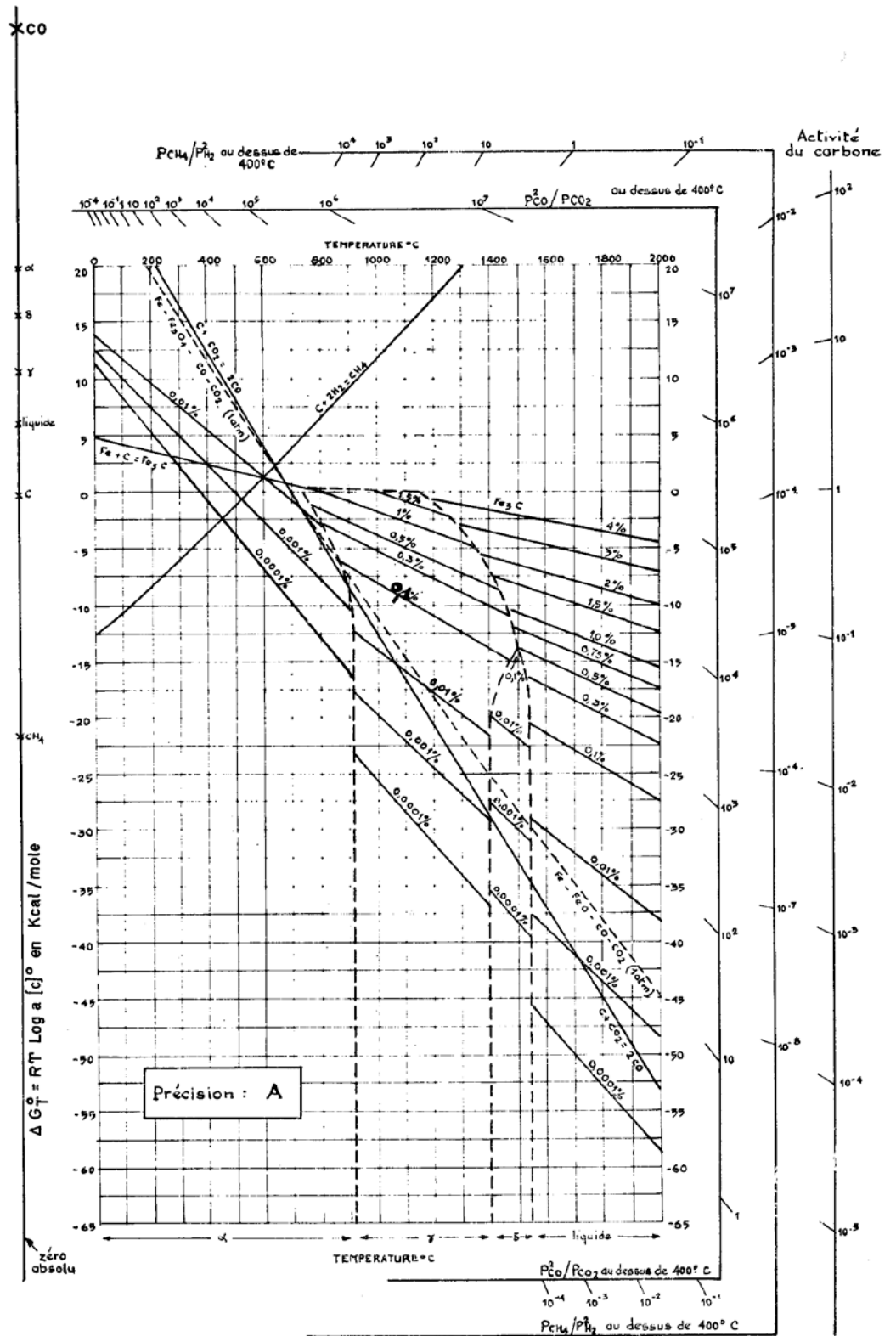


Fig. 4. — Diagramme des solutions de carbone dans le fer.