Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :
formav.co/explorer

BTS TM

Sciences Physiques et Chimiques - Sous-épreuve commune aux deux options - U4.1

Session 2010 • Code sujet : **TMPC AB** • Durée : **2 heures** • Coefficient : **2**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. Détermination de la teneur en chrome dans un acier (10 questions) **Page 3**

2. Transferts de chaleur (6 questions) **Page 7**

3. Le binaire cuivre-or (8 questions) **Page 10**

4. Ce qu'il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ) (Synthèse & Q&A Examen) **Page 15**

Sujet officiel (PDF) : https://btstm.fr/assets/annales/bts-tm/E4 - Sciences et techniques industrielles/2010/BTS TM - E4 - Sciences et techniques industrielles - Session 2010 - 1-Sujet.pdf

1. Détermination de la teneur en chrome dans un acier

Une entreprise veut vérifier par méthode chimique la teneur en chrome d'un acier, annoncée dans un tableau de composition massique. Le chrome est transformé en ions dichromate, puis la quantité de fer(II) ajoutée en excès est dosée par une solution de permanganate afin de calculer la masse et la teneur massique en chrome.

Question 1

Question 1.a. Comment appelle-t-on le type de dosage utilisé pour déterminer la teneur en chrome ?

Le chrome de l'acier est d'abord transformé en ions dichromate, puis ces ions réagissent avec des ions Fe^{2+} ajoutés en excès. On dose ensuite le Fe^{2+} restant avec une solution de permanganate. Comme on détermine la quantité de chrome à partir du dosage d'un réactif ajouté en excès, la méthode est un dosage indirect par retour, fondé sur une réaction d'oxydoréduction.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Dosage indirect par retour, par oxydoréduction.

Question 1.b. À partir des demi-équations, établir l'équation de la réaction entre les ions permanganate MnO_4^- et les ions fer(II) Fe^{2+}.

1. En milieu acide, le permanganate est réduit : $MnO_4^- + 8\ H^+ + 5\ e^- \rightarrow Mn^{2+} + 4\ H_2O$.
2. Le fer(II) est oxydé : $Fe^{2+} \rightarrow Fe^{3+} + e^-$. On multiplie cette demi-équation par 5 afin d'obtenir le même nombre d'électrons.
3. En additionnant les deux demi-équations, les électrons s'éliminent. Les atomes et les charges sont équilibrés.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $MnO_4^- + 8\ H^+ + 5\ Fe^{2+} \rightarrow Mn^{2+} + 4\ H_2O + 5\ Fe^{3+}$.

Question 1.c. Une réaction utilisée dans un dosage doit être quantitative, c'est-à-dire quasi totale. Déterminer si la réaction entre MnO_4^- et Fe^{2+} satisfait cette condition et justifier à l'aide des potentiels standard fournis.

On compare les potentiels standard des couples indiqués. La différence positive et importante montre que la réaction évolue fortement dans le sens de formation de Mn^{2+} et Fe^{3+}. À 25 °C, la relation entre la constante d'équilibre et la différence de potentiel confirme que l'équilibre favorise presque totalement les produits.

- $\Delta E° = 1{,}51 - 0{,}77 = 0{,}74$ V.
- Avec 5 électrons échangés, $\log_{10} K \approx 5 \times 0{,}74 / 0{,}0592 = 62{,}5$.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> La réaction est quantitative : $\Delta E° = 0{,}74$ V et K est de l'ordre de $10^{62{,}5}$.

Question 1.d. **Les ions MnO_4^- sont placés dans la burette et les ions Fe^{2+} dans le bécher. Expliquer comment détecter la fin du dosage.**

Les ions permanganate sont violets. Tant que des ions Fe^{2+} restent dans le bécher, chaque goutte de permanganate ajoutée est consommée par la réaction et sa couleur disparaît après agitation.

À l'équivalence, le Fe^{2+} en excès a été entièrement consommé. La première goutte de permanganate ajoutée en excès n'est alors plus décolorée : sa teinte persiste dans le bécher et signale la fin du dosage.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> La fin du dosage est repérée par une légère teinte rose-violette persistante.

Question 2

Question 2.a. **À l'équivalence, $V_2 = 36{,}1$ mL de solution de permanganate de concentration $C_2 = 1{,}00 \times 10^{-2}$ mol·L^{-1} ont été versés. Montrer que la quantité de matière d'ions Fe^{2+} en excès vaut $n_1'' = 1{,}81 \times 10^{-3}$ mol.**

L'équation de réaction montre qu'une mole de MnO_4^- consomme cinq moles de Fe^{2+}. À l'équivalence, la quantité de permanganate versée est C_2V_2, avec $V_2 = 36{,}1$ mL $= 36{,}1 \times 10^{-3}$ L. La quantité de Fe^{2+} en excès est donc $5C_2V_2 = 5 \times 1{,}00 \times 10^{-2} \times 36{,}1 \times 10^{-3} = 1{,}805 \times 10^{-3}$ mol. À trois chiffres significatifs, cela donne $1{,}81 \times 10^{-3}$ mol.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $n_1'' = 1{,}81 \times 10^{-3}$ mol de Fe^{2+}.

Question 2.b. **Pour la solution de sel de Mohr, $V_1 = 25{,}0$ mL et $C_1 = 1{,}00 \times 10^{-1}$ mol·L^{-1}. En déduire la quantité de matière n_1' d'ions Fe^{2+} ayant réagi avec les ions dichromate $Cr_2O_7^{2-}$.**

Quantité	Calcul	Valeur (mol)
Fe^{2+} initial	$1{,}00 \times 10^{-1} \times 25{,}0 \times 10^{-3}$	$2{,}50 \times 10^{-3}$
Fe^{2+} restant	$5 \times 1{,}00 \times 10^{-2} \times 36{,}1 \times 10^{-3}$	$1{,}805 \times 10^{-3}$

Le Fe^{2+} consommé par les ions dichromate est la quantité initiale moins la quantité en excès : $2{,}50 \times 10^{-3} - 1{,}805 \times 10^{-3}$ mol.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $n_1' = 6{,}95 \times 10^{-4}$ mol de Fe^{2+}.

Question 2.c. **Calculer la quantité de matière d'ions dichromate $Cr_2O_7^{2-}$ obtenus après oxydation de l'échantillon d'acier.**

1. La réaction en milieu acide consomme 6 moles de Fe^{2+} pour 1 mole de $Cr_2O_7^{2-}$: $Cr_2O_7^{2-} + 14\ H^+ + 6\ Fe^{2+} \rightarrow 2\ Cr^{3+} + 7\ H_2O + 6\ Fe^{3+}$.
2. La quantité de dichromate est donc la quantité de Fe^{2+} ayant réagi divisée par 6 : $6{,}95 \times 10^{-4} / 6$.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $n(Cr_2O_7^{2-}) = 1{,}16 \times 10^{-4}$ mol.

Question 2.d. **Déduire de la quantité de matière d'ions dichromate celle de l'élément chrome Cr correspondant.**

Un ion dichromate $Cr_2O_7^{2-}$ contient deux atomes de chrome. Tous les atomes de chrome de l'échantillon ayant été transformés en dichromate, la quantité de matière de chrome est le double de celle du dichromate. En conservant la valeur non arrondie de la question précédente, on obtient $n(Cr) = 2 \times (6{,}95 \times 10^{-4} / 6)$.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $n(Cr) = 2{,}32 \times 10^{-4}$ mol.

Question 3

Question 3.a. **Montrer que l'échantillon étudié renfermait environ 12 mg d'élément chrome.**

La masse de chrome se calcule avec $m = nM$, où $M(Cr) = 52{,}0$ g·mol^{-1}. En utilisant la quantité de matière obtenue en 2.d :

- $m(Cr) = 2 \times (6{,}95 \times 10^{-4} / 6) \times 52{,}0 = 0{,}01205$ g.
- Comme 1 g = 1000 mg, cette masse vaut 12,05 mg.

L'échantillon contient donc environ 12 mg de chrome, comme demandé.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $m(Cr) \approx 12$ mg.

Question 3.b. **L’échantillon analysé avait une masse de 1,122 g. À partir du résultat précédent, calculer la teneur massique en chrome de l’acier, puis déterminer si elle est en accord avec la valeur indiquée par l’aciériste en calculant le pourcentage d’écart relatif.**

Grandeur	Calcul	Résultat
Teneur mesurée	12,0467 mg / 1,122 g × 100	1,074 %
Écart relatif	|1,0737 − 1,085| / 1,085 × 100	1,04 %

La valeur de référence, lue dans le tableau de composition de l’acier, est 1,085 % de chrome. L’écart relatif est faible : la teneur mesurée est en accord avec celle annoncée par l’aciériste.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Teneur mesurée : 1,074 % de Cr. Écart relatif : 1,04 %, en accord avec la valeur annoncée de 1,085 %.

2. Transferts de chaleur

L'exercice porte sur le refroidissement par convection d'une pièce cylindrique en acier plongée dans un fluide maintenu à 20 °C. Les dimensions, la masse, la capacité thermique massique, la loi de refroidissement fournie et la courbe expérimentale permettent d'étudier la surface d'échange, le coefficient de convection et la vitesse de refroidissement.

Question 1. À partir des dimensions du cylindre, montrer que sa surface d'échange S avec l'extérieur est égale à 1,51 × 10⁻² m².

La surface d'échange comprend la surface latérale et les deux bases. Avec le rayon converti en mètres, **R = 0,020 m**, et la hauteur **H = 0,100 m**, on applique la formule du cylindre : $S = 2\pi RH + 2\pi R^2$. Ainsi, $S = 2 \times \pi \times 0{,}020 \times 0{,}100 + 2 \times \pi \times 0{,}020^2 = 0{,}01508$ m². L'arrondi à trois chiffres significatifs donne la valeur demandée.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Surface totale, bases comprises : $S = 1{,}51 \times 10^{-2}$ m², soit environ 150,8 cm² pour cette pièce.

Question 2. À l'aide d'une lecture graphique de l'annexe 1, déterminer la température initiale θ_0 de la pièce et sa température θ_{50} à t = 50 s.

Instant	Lecture de la courbe
t = 0 s	$\theta_0 \approx 680$ °C
t = 50 s	$\theta_{50} \approx 270$ °C

Pour chaque température, on repère l'instant sur l'axe horizontal, puis on lit l'ordonnée du point de la courbe. Les valeurs sont approximatives, car elles sont déterminées graphiquement. Elles seront utilisées dans les questions suivantes avec la température constante du fluide, $\theta_a = 20$ °C.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Lecture de l'annexe 1 : $\theta_0 \approx 680$ °C à t = 0 s et $\theta_{50} \approx 270$ °C à t = 50 s.

Question 3. En utilisant les résultats de la question 2, montrer que la constante k vaut 2,0 × 10⁻² en unités SI et préciser son unité.

La loi donnée est $\theta(t) - \theta_a = (\theta_0 - \theta_a)e^{-kt}$. En isolant k, on obtient $k = -\ln[(\theta(t) - \theta_a)/(\theta_0 - \theta_a)]/t$. Avec $\theta_a = 20$ °C, $\theta_0 \approx 680$ °C, $\theta_{50} \approx 270$ °C et t = 50 s, cela donne $k = \ln(660/250)/50 \approx 0{,}0194$ s⁻¹. L'unité est l'inverse de la seconde, afin que l'exposant kt soit sans unité.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Constante de refroidissement : $k \approx 2{,}0 \times 10^{-2}$ s⁻¹, unité SI égale à l'inverse de la seconde.

Question 4. Déduire la valeur du coefficient de convection h et préciser son unité.

Relation	Application numérique
$k = hS/(mc)$, donc $h = kmc/S$	$h = 0{,}020 \times 1 \times 460 / 0{,}0151 \approx 609$
Unité de h	$W \cdot m^{-2} \cdot °C^{-1}$

On utilise la masse m = 1 kg, la capacité thermique massique c = 460 $J \cdot kg^{-1} \cdot °C^{-1}$ et la surface calculée à la question 1. Le coefficient caractérise l'échange thermique entre la pièce et le fluide.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Coefficient de convection : $h \approx 6{,}1 \times 10^{2}$ $W \cdot m^{-2} \cdot °C^{-1}$, soit environ 609 $W \cdot m^{-2} \cdot °C^{-1}$.

Question 5. Calculer la vitesse v_{50} de refroidissement à la date t = 50 s et préciser son unité.

La vitesse instantanée est donnée par $v = d\theta/dt = -k(\theta - \theta_a)$. À t = 50 s, la lecture graphique donne $\theta_{50} \approx 270$ °C, tandis que le fluide reste à $\theta_a = 20$ °C. Avec $k \approx 2{,}0 \times 10^{-2}$ s^{-1}, $v_{50} = -0{,}020 \times (270 - 20) = -5{,}0$ $°C \cdot s^{-1}$. Le signe négatif indique que la température diminue.

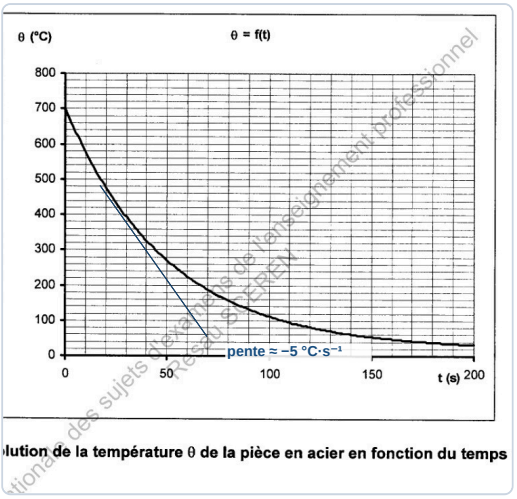
> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> À t = 50 s, la vitesse vaut $v_{50} \approx -5{,}0$ $°C \cdot s^{-1}$: la température baisse d'environ 5,0 °C par seconde.

Question 6. Sur le document réponse de l'annexe 1, tracer la tangente à la courbe θ = f(t) à t = 50 s et déterminer son coefficient directeur. Indiquer à quelle grandeur physique correspond cette valeur, puis conclure.

1. Sur l'annexe 1, placer le point de la courbe à t = 50 s, puis tracer la droite qui épouse la courbe en ce point.
2. Lire la pente avec deux points de cette tangente : elle est voisine de -5 $°C \cdot s^{-1}$.

Le coefficient directeur représente dθ/dt, donc la vitesse instantanée de refroidissement. Sa valeur négative montre que la pièce refroidit. Elle concorde avec le calcul de la question 5.

Tangente à la courbe à 50 s



lution de la température θ de la pièce en acier en fonction du temps

tionale des sujets d'examens de l'enseignement professionnel Réseau SCEREN

✓ RÉPONSE À RETENIR

Coefficient directeur à 50 s : environ −5 °C·s⁻¹. Il représente la vitesse instantanée de refroidissement et confirme le calcul précédent.

3. Le binaire cuivre-or

L'exercice utilise le diagramme binaire cuivre-or gradué en pourcentage massique d'or, fourni en annexes 2 et 3. À partir des domaines de phases et des courbes de transformation, il étudie la miscibilité, la variance, les analyses thermiques ainsi que l'état et les proportions des phases d'un alliage de 50 % en masse d'or.

Question 1

Question 1. D'après le diagramme binaire Cu-Au, indiquer ce que l'on peut dire de la miscibilité du cuivre et de l'or.

Le diagramme montre un seul domaine liquide et une solution solide continue. Le cuivre et l'or sont donc miscibles en toutes proportions à l'état liquide comme à l'état solide.

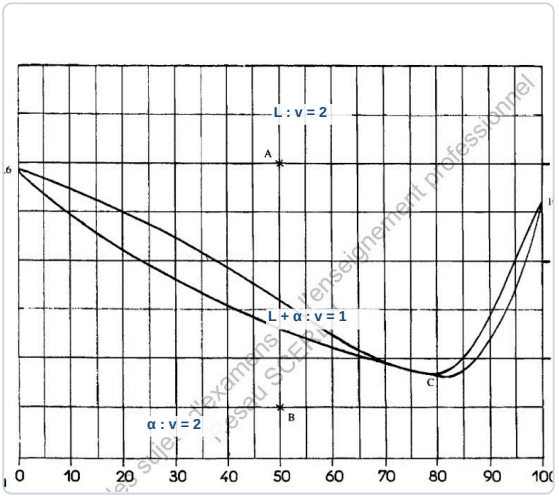
> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Cu et Au sont totalement miscibles à l'état liquide et à l'état solide.

Question 2

Question 2. Rappeler la règle des phases, ou loi de Gibbs. Sur l'annexe 3 à rendre avec la copie, préciser la nature des phases présentes dans chaque partie du diagramme et la variance réduite correspondante.

À pression constante, la règle des phases s'écrit **v = C + 1 - φ**. Pour ce système binaire, **v = 3 - φ** : dans les domaines à une phase, v = 2 ; dans le domaine à deux phases, v = 1.

Phases et variance réduite



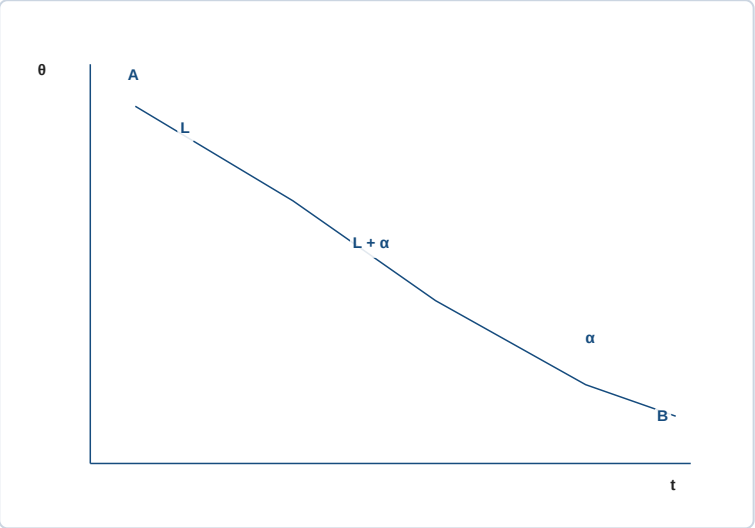
> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> L : v = 2 ; L + α : v = 1 ; α : v = 2.

Question 3

Question 3. Tracer l’allure de la courbe d’analyse thermique θ = f(t) lors du refroidissement de A à B et expliquer les phénomènes observés.

À composition constante de 50 % Au, le refroidissement commence dans le domaine liquide. Entre le liquidus et le solidus, le liquide se transforme progressivement en solution solide α. La température continue de diminuer : il n’y a pas de palier. Après la solidification complète, la pente change à nouveau.

Allure du refroidissement de A à B



✓ RÉPONSE À RETENIR

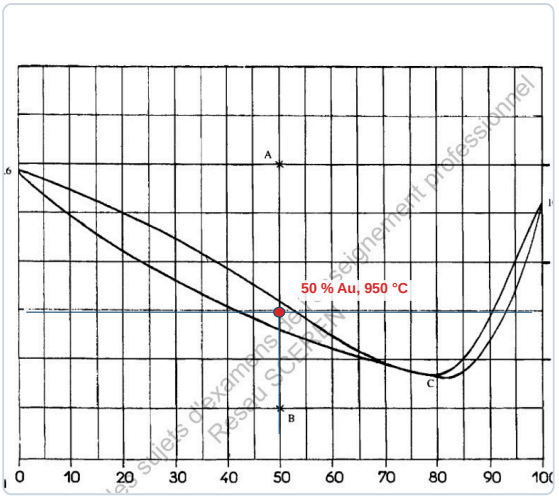
Refroidissement continu, avec changement de pente dans le domaine L + α et sans palier de solidification.

Question 4

Question 4.a. Pour 1000 g du mélange précédent à 950 °C, placer le point représentatif sur le diagramme de l’annexe 3.

Sur l’annexe 3, repérer 50 % en masse d’or sur l’axe horizontal et 950 °C sur l’axe vertical. Leur intersection donne le point représentatif, situé dans le domaine biphasé L + α.

Point représentatif de l'alliage



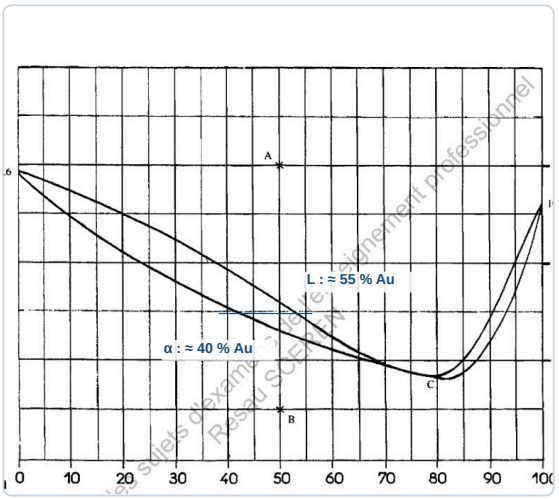
✓ RÉPONSE À RETENIR

Point représentatif : 50 % Au et 950 °C.

Question 4.b. **Déterminer l'état du mélange à 950 °C et préciser la composition des différentes phases.**

À 950 °C, tracer l'isotherme et lire ses intersections avec les limites du domaine L + α. La lecture graphique donne environ 40 % Au pour la solution solide α et 55 % Au pour le liquide. Ces compositions de phase diffèrent de la composition globale, qui reste égale à 50 % Au.

Compositions des phases à 950 °C



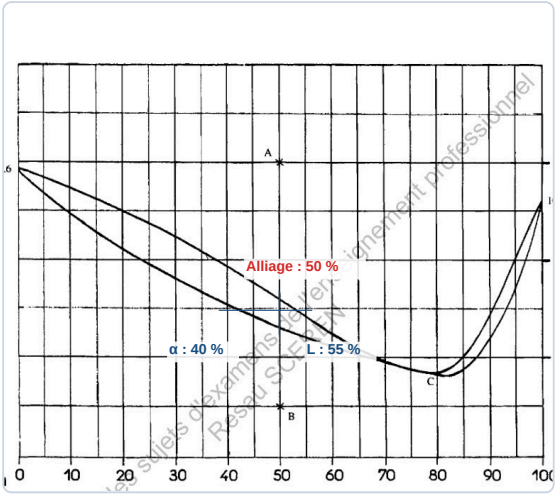
✓ RÉPONSE À RETENIR

À 950 °C : α ≈ 40 % Au et L ≈ 55 % Au.

Question 4.c. **Déterminer les masses des phases présentes dans les 1000 g de mélange et indiquer la règle utilisée.**

On applique la règle du levier avec $C_\alpha \approx 40$ %, $C_L \approx 55$ % et $C_0 = 50$ %. Pour 1000 g : $m_\alpha = 1000 \times (55 - 50)/(55 - 40) \approx 333$ g ; $m_L = 1000 \times (50 - 40)/(55 - 40) \approx 667$ g.

Règle du levier à 950 °C



✓ RÉPONSE À RETENIR

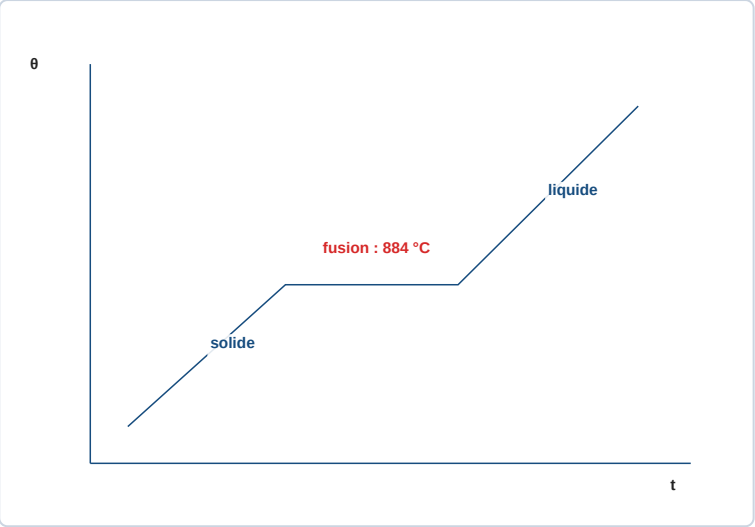
$m_\alpha \approx 333$ g ; $m_L \approx 667$ g.

Question 5

Question 5.a. **Les coordonnées du point C sont 80 % et 884 °C. Décrire l'allure de la courbe d'analyse thermique lors du chauffage à puissance constante, de 800 °C à 1100 °C, de la solution solide à 80 % en masse d'or.**

À puissance constante, la température monte de 800 °C à 884 °C dans la phase solide. À 884 °C, l'alliage de composition 80 % Au fond à température constante au point C : la courbe présente un palier. Une fois la fusion terminée, la température du liquide augmente jusqu'à 1100 °C.

Allure de la chauffe de l’alliage à 80 % Au



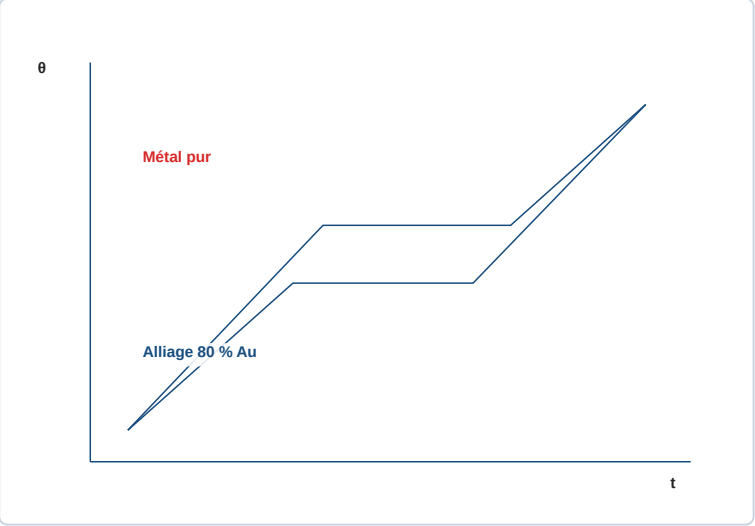
✓ RÉPONSE À RETENIR

Montée jusqu’à 884 °C, palier de fusion à 884 °C, puis montée jusqu’à 1100 °C.

Question 5.b. Comparer cette courbe à celle obtenue lors du réchauffement d’un métal pur.

Un métal pur fond à température constante : sa courbe de chauffage comporte un palier. L’alliage à 80 % Au fond également à température constante, car cette composition correspond au point de fusion congruente C. Les courbes ont donc la même allure qualitative, avec un palier de fusion.

Comparaison des courbes de chauffe



✓ RÉPONSE À RETENIR

Les deux courbes présentent un palier de fusion à température constante.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2010)

Bilan de l'épreuve : Cette sous-épreuve de sciences physiques et chimiques du BTS Traitements des matériaux, session 2010, porte le code TMPC AB, dure 2 heures et a un coefficient 2. Ses trois exercices étudient le dosage du chrome dans un acier, le refroidissement convectif d'une pièce cylindrique et le diagramme binaire cuivre-or. Ils évaluuent les calculs, la lecture graphique, l'oxydoréduction et l'analyse des transformations de phases.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- En milieu acide, MnO_4^- réagit avec Fe^{2+} selon un rapport stœchiométrique de 1 à 5.
- La loi de refroidissement fournie est $\theta(t) - \theta_a = (\theta_0 - \theta_a)e^{-kt}$, avec $k = hS/(mc)$.
- Le coefficient directeur de la tangente à $\theta = f(t)$ représente la vitesse instantanée d'évolution de la température.
- Dans un diagramme binaire, la règle du levier permet de déterminer les proportions massiques des phases dans un domaine biphasé.

Points de vigilance & attentes du jury

- Équilibrer les réactions d'oxydoréduction en milieu acide et respecter les coefficients stœchiométriques.
- Convertir les volumes en litres et conserver des unités cohérentes pour les calculs de quantité de matière et de masse.
- Lire soigneusement les axes et les températures des annexes avant d'identifier les phases ou les compositions.
- Présenter les unités et justifier les conclusions par les données, les relations fournies ou les tracés demandés.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment calculer la quantité d'ions Fe^{2+} dosée par le permanganate ?

En milieu acide, un ion MnO_4^- réagit avec cinq ions Fe^{2+}. À l'équivalence, calculez d'abord $n(MnO_4^-) = C_2V_2$, avec V_2 en litres, puis multipliez cette quantité par cinq pour obtenir $n(Fe^{2+})$ en excès.

Q : Comment obtenir la vitesse de refroidissement à 50 secondes ?

La vitesse instantanée est la dérivée $d\theta/dt$ à l'instant considéré. On l'estime en traçant la tangente à la courbe en $t = 50$ s et en calculant son coefficient directeur, exprimé en degrés Celsius par seconde.

Q : Comment organiser les deux heures et utiliser les annexes ?

Les trois exercices sont indépendants et certains comportent des questions indépendantes. Répartissez les deux heures selon les points, réservez du temps aux lectures et tracés graphiques, puis rendez les annexes 1 et 3 avec la copie.

Q : Quels éléments sont attendus pour l'étude du diagramme Cu-Au ?

Il faut lire la composition et la température sur les axes, identifier les phases dans le domaine concerné et préciser leur composition. Pour les masses en domaine biphasé, appliquez et indiquez la règle du levier.

Sujet officiel associé (PDF) : https://btstm.fr/assets/annales/bts-tm/E4 - Sciences et techniques industrielles/2010/BTS TM - E4 - Sciences et techniques industrielles - Session 2010 - 1-Sujet.pdf
Ressources BTS Traitements des Matériaux : Toutes les annales & corrigés • Fiches de révision complètes • Simulateur de notes d'examen

Copyright © 2027 FormaV®. Tous droits réservés.

FormaV® est une marque déposée auprès de l'INPI sous le numéro 5227897.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.