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 et Techniques Industrielles, Option A : Traitements Thermiques

Session 2012 • Code sujet : **TMSTI A** • Durée : **2 heures** • Coefficient : **2**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. Traitement thermique du bloc de coupe en alliage d'aluminium (3 questions) **Page 3**

2. Carbonitruration de l'axe de la vis sans fin (4 questions) **Page 5**

3. Traitement thermique du couteau en acier inoxydable X30Cr13 (4 questions) **Page 7**

4. Fabrication et traitement des grilles de calibrage (4 questions) **Page 10**

5. Matériaux et traitements du motoréducteur (6 questions) **Page 13**

6. 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/2012/BTS TM - E4 - Sciences et techniques industrielles - Session 2012 - 4-Sujet.pdf

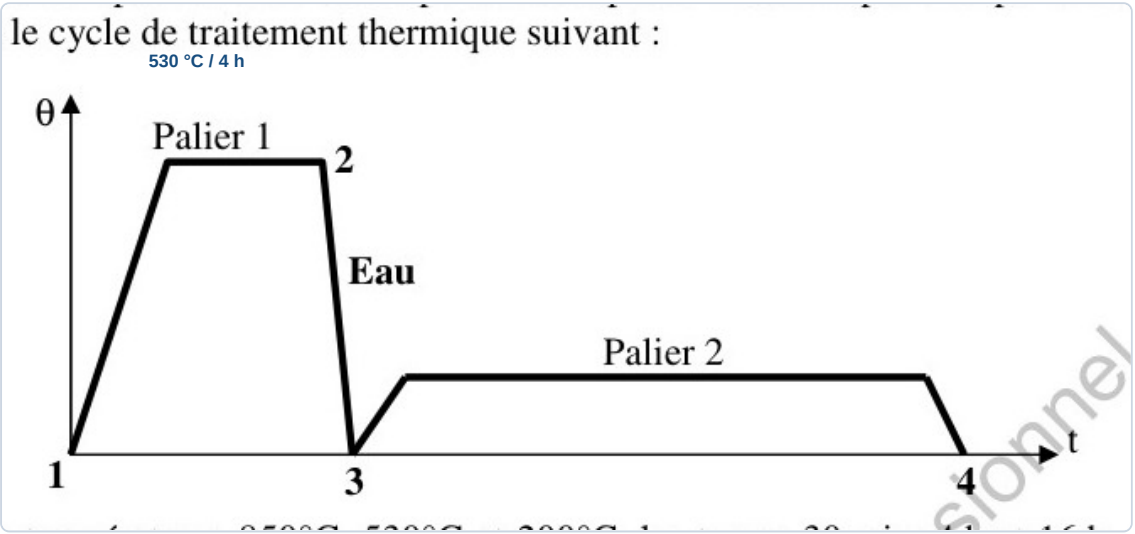
1. Traitement thermique du bloc de coupe en alliage d’aluminium

Le bloc de coupe du hachoir est réalisé en alliage d’aluminium EN AC-AlSi7Mg0,6 et peut être durci par trempe et revenu. Un cycle schématique et plusieurs couples de températures et de durées servent à déterminer le traitement adapté et les états métallurgiques successifs.

Question a. **Parmi les températures 850 °C, 530 °C et 200 °C et les durées 30 min, 4 h et 16 h, choisir le couple température-durée du palier 1 du cycle et justifier le choix.**

Le palier 1 assure la mise en solution des éléments durcissants dans l’aluminium, sans atteindre la fusion de l’alliage. Parmi les choix proposés, le couple adapté est **530 °C pendant 4 h** : 200 °C est insuffisant et 850 °C est trop élevé.

Température et durée du palier 1



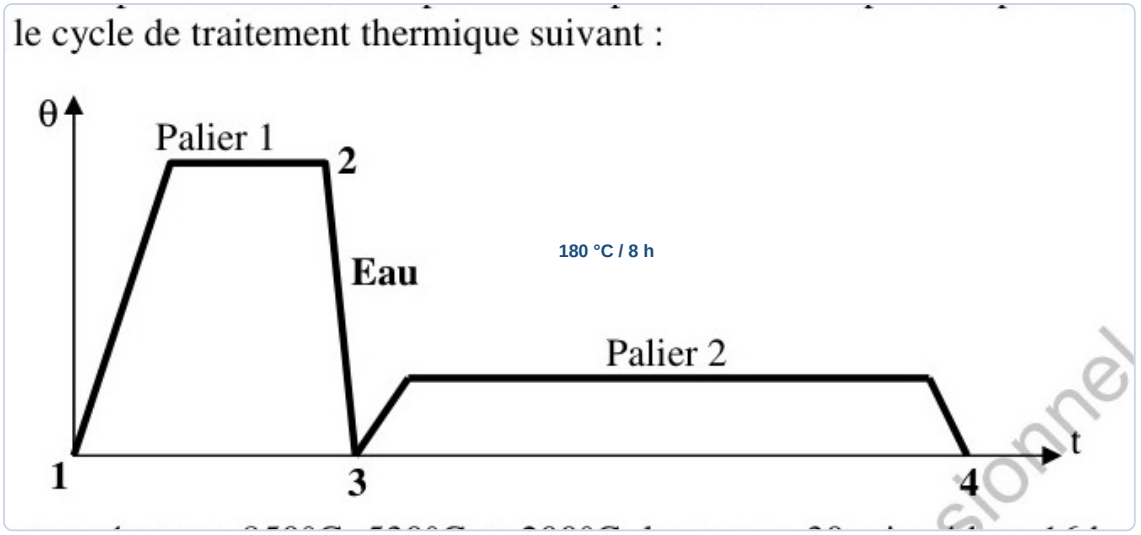
> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Palier 1 : 530 °C pendant 4 h.

Question b. **Parmi les températures 600 °C, 180 °C et 20 °C et les durées 30 min, 8 h et 3 jours, choisir le couple température-durée du palier 2 du cycle et justifier le choix.**

Palier	Température	Durée	Rôle
2	180 °C	8 h	Vieillissement artificiel

Après la trempe à l’eau, ce maintien provoque la précipitation fine de phases durcissantes, notamment Mg_2Si. 600 °C est trop élevé et 20 °C ne permet pas un vieillissement assez rapide.

Température et durée du palier 2



✓ RÉPONSE À RETENIR

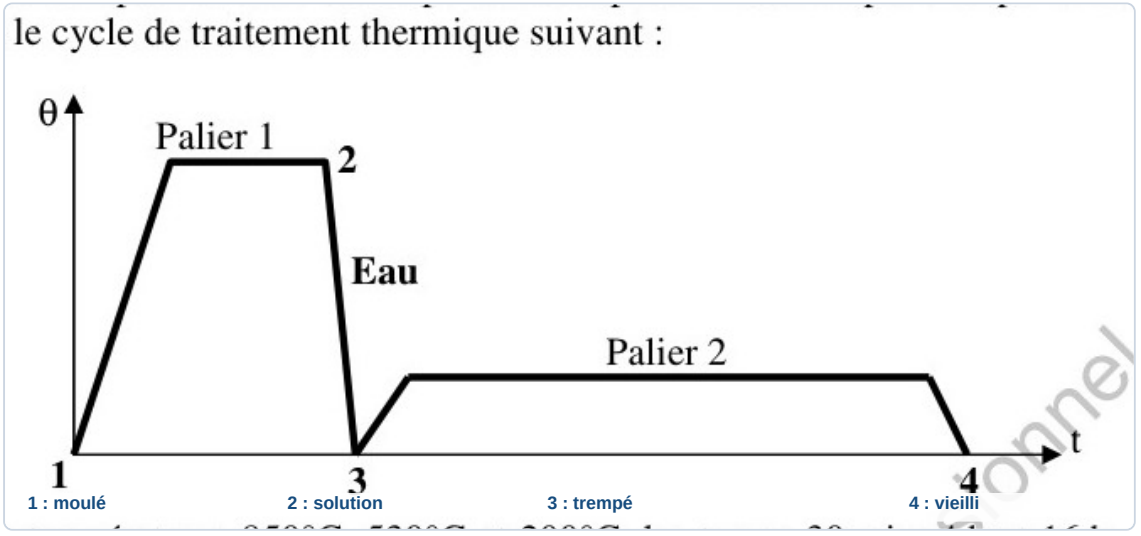
Palier 2 : 180 °C pendant 8 h.

Question c. Décrire les états métallurgiques du matériau aux étapes 1, 2, 3 et 4 du cycle thermique.

Le cycle fait évoluer l'alliage de l'état moulé vers un état durci par précipitation :

1. **Étape 1 :** alliage à l'état brut de fonderie.
2. **Étape 2 :** éléments durcissants dissous dans la matrice d'aluminium après mise en solution.
3. **Étape 3 :** solution solide sursaturée métastable après trempe à l'eau.
4. **Étape 4 :** précipités durcissants formés lors du vieillissement.

États métallurgiques aux quatre étapes



✓ RÉPONSE À RETENIR

1 : état moulé ; 2 : éléments en solution ; 3 : solution sursaturée trempée ; 4 : état durci par précipitation.

2. Carbonitruration de l’axe de la vis sans fin

L’axe de la vis sans fin est en acier non allié à 0,35 % de carbone et doit être carbonitruré, trempé et revenu pour obtenir une épaisseur conventionnelle de 0,3 mm et une dureté superficielle maximale. Sa rectitude est également essentielle au surmoulage de la vis en aluminium et au bon fonctionnement de l’appareil.

Question a. Les axes étant placés dans des paniers grillagés pour la carbonitruration, indiquer s’ils doivent être chargés en position verticale ou horizontale et justifier la position retenue.

Charger les axes **verticalement**, sans les brider. À la température de carbonitruration, leur rigidité diminue ; posés horizontalement, ils risqueraient de fléchir sous leur propre poids. La position verticale limite cette déformation et aide à préserver la rectitude nécessaire au surmoulage et au fonctionnement de l’axe.

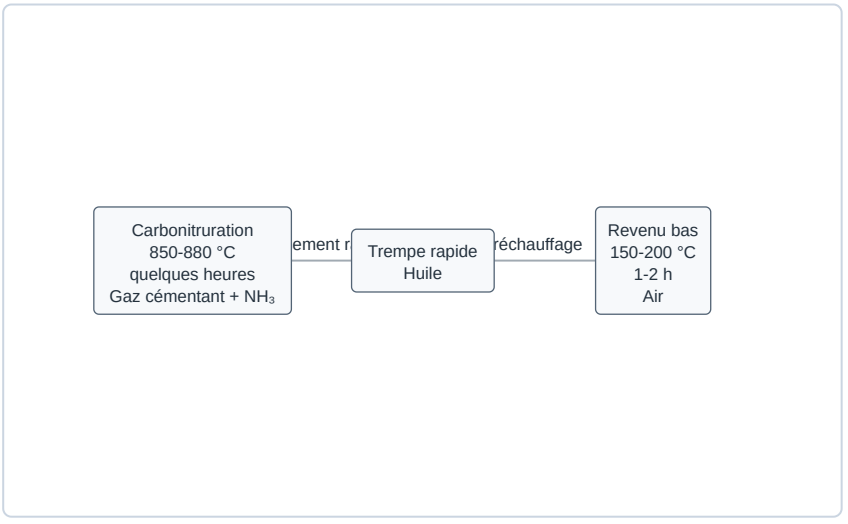
> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Chargement vertical, sans contrainte, pour limiter le fléchissement et préserver la rectitude.

Question b. Tracer le cycle complet de carbonitruration, trempe et revenu. Indiquer l’ordre de grandeur des températures et des durées classiques pour ce traitement, ainsi que les atmosphères utilisées pour répondre au cahier des charges.

1. Carbonitrurer vers **850 à 880 °C pendant quelques heures**, dans une atmosphère cémentante enrichie en ammoniac, qui apporte carbone et azote.
2. Tremper rapidement, généralement à l’huile, pour durcir la couche enrichie.
3. Effectuer un revenu bas, vers **150 à 200 °C pendant environ 1 à 2 h**, généralement à l’air, afin de réduire les contraintes tout en conservant une dureté élevée.

Ajuster la durée de carbonitruration à la profondeur conventionnelle visée de 0,3 mm.

Cycle de traitement de l’axe



Ordres de grandeur classiques ; durée de carbonitruration ajustée à la profondeur de couche visée.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Carbonitruration vers 850 à 880 °C pendant quelques heures sous gaz cémentant enrichi en NH_3, trempe à l'huile, puis revenu vers 150 à 200 °C durant 1 à 2 h.

Question c. **Indiquer comment contrôler l'épaisseur conventionnelle de couche demandée.**

La profondeur conventionnelle se contrôle par un profil de microdureté sur une coupe transversale de l'axe :

- préparer et polir la coupe ;
- réaliser des mesures Vickers depuis la surface vers le cœur ;
- repérer la profondeur où la dureté atteint le seuil conventionnel de **550 HV**.

La profondeur relevée doit être de 0,3 mm.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Profil de microdureté Vickers sur coupe polie : profondeur jusqu'au seuil conventionnel de 550 HV égale à 0,3 mm.

Question d. **Compte tenu de la température de fusion de l'alliage d'aluminium et du temps très court de surmoulage, déterminer si cette opération modifiera les caractéristiques mécaniques de l'axe et justifier la réponse.**

Pas de modification mécanique notable n'est attendue dans les conditions de surmoulage indiquées. Même si l'aluminium fondu est à haute température, le contact avec l'axe est très bref : la chaleur diffuse peu dans l'acier et ne constitue pas un maintien thermique suffisant pour modifier sensiblement son état traité. L'échauffement reste donc limité en profondeur.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Le surmoulage très bref ne modifie pas notablement les caractéristiques mécaniques de l'axe.

3. Traitement thermique du couteau en acier inoxydable X30Cr13

Le couteau, découpé et embouti dans une tôle recuite en X30Cr13, doit présenter une dureté élevée tout en évitant un comportement fragile. Les annexes fournissent le diagramme TRC de l'acier et les propriétés mécaniques en fonction de la température de revenu pour guider le choix du cycle.

Question a. **Expliquer pourquoi l'acier X30Cr13 appartient à la famille des aciers inoxydables.**

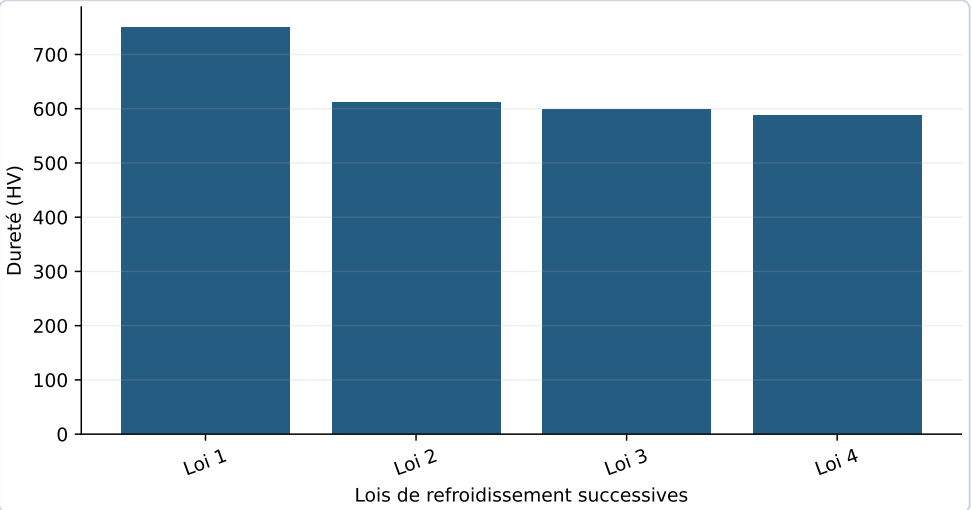
La composition de l'annexe 1 indique 13,41 % de chrome. Au-dessus d'environ 10,5 %, le chrome permet la formation d'une couche passive d'oxydes protectrice à la surface de l'acier. Cette couche limite la corrosion : le X30Cr13 appartient donc à la famille des aciers inoxydables. Sa teneur en carbone, 0,33 %, permet également son durcissement par trempe.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Le X30Cr13 est inoxydable grâce à ses 13,41 % de chrome, qui forment une couche passive protectrice.

Question b. **À partir des premières lois du diagramme TRC de l'annexe 1, expliquer l'évolution des duretés. Prendre en compte l'élévation de la température Ms pour comprendre le phénomène en jeu.**

Les premières lois correspondent à des refroidissements de plus en plus lents. La dureté passe de 750 à 611, puis 598 et 588 HV. Le refroidissement plus lent favorise la précipitation de carbures, qui appauvrit l'austénite en carbone. Comme l'austénite est alors moins riche en carbone, sa température Ms augmente. La martensite formée est moins carbonée et donc moins dure, ce qui explique la baisse observée.



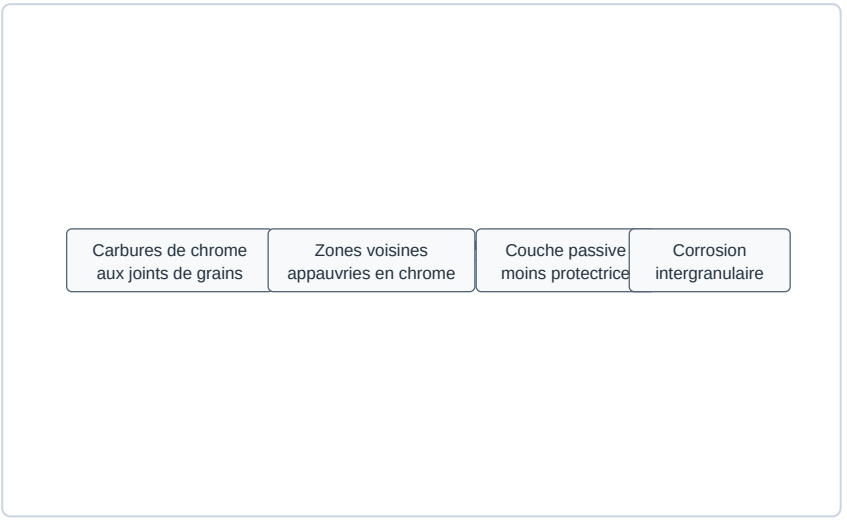
✓ RÉPONSE À RETENIR

Refroidissement ralenti : carbures précipités, Ms augmente, martensite moins carbonée et dureté décroissante de 750 à 588 HV.

Question c. Expliquer, en vous aidant d'un schéma, comment une évolution microstructurale trop prononcée peut entraîner une diminution de la résistance à la corrosion.

Si la précipitation des carbures de chrome est importante, ceux-ci se forment notamment aux joints de grains. Ils captent le chrome de l'acier voisin et créent des zones localement appauvries. Ces zones ne peuvent plus maintenir une couche passive suffisamment protectrice. La corrosion attaque alors préférentiellement les joints de grains : c'est une corrosion intergranulaire, qui réduit la résistance globale à la corrosion.

Appauvrissement local en chrome et corrosion intergranulaire



Les carbures appauvrissent localement les zones voisines en chrome.

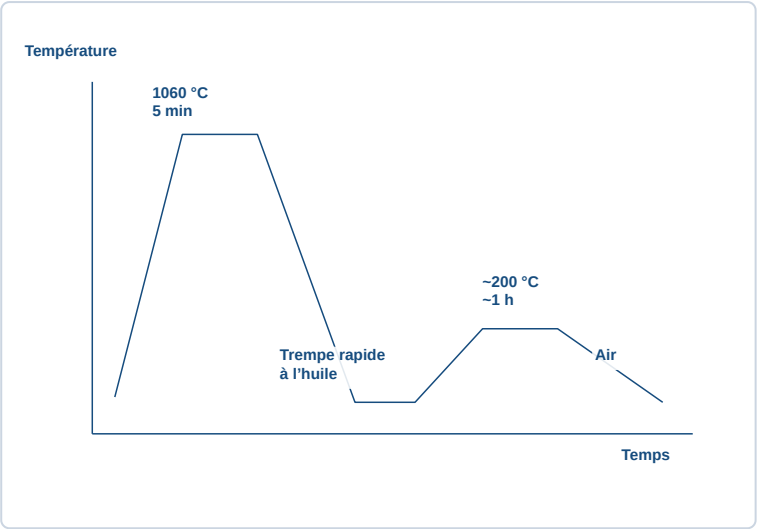
✓ RÉPONSE À RETENIR

Carbures de chrome aux joints de grains : appauvrissement local en chrome, passivation insuffisante, puis corrosion intergranulaire.

Question d. À l'aide des annexes 1 et 2, tracer et justifier le cycle thermique complet à appliquer à l'acier pour obtenir la qualité demandée.

L'annexe 1 donne l'austénitisation à 1060 °C pendant 5 min. Une trempe rapide, par exemple à l'huile, permet d'obtenir une structure martensitique dure. L'annexe 2 montre qu'un revenu vers 200 °C conserve une résistance élevée, contrairement à un revenu vers 600 °C, qui entraîne une forte baisse de résistance. Ce revenu bas constitue un compromis pour réduire la fragilité tout en préservant la dureté. On peut retenir un maintien pratique d'environ 1 h, puis un refroidissement à l'air.

Cycle thermique proposé pour le couteau X30Cr13



✓ RÉPONSE À RETENIR

Austénitisation : 1060 °C pendant 5 min ; trempe rapide à l'huile ; revenu vers 200 °C, environ 1 h ; refroidissement à l'air.

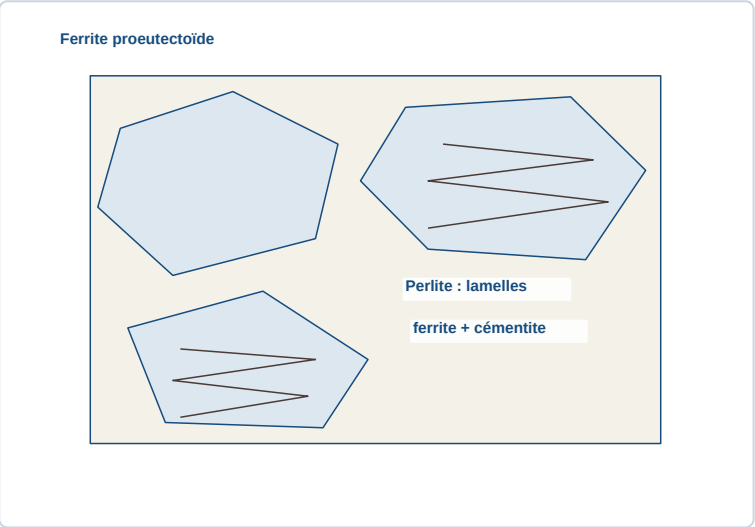
4. Fabrication et traitement des grilles de calibrage

Les grilles sont fabriquées dans une bande de 4 mm d'épaisseur en acier non allié contenant 0,2 % de carbone. L'étude porte sur la structure après refroidissement à l'air, l'adoucissement avant poinçonnage, le calcul de l'effort de découpe et le choix d'un acier résistant à la corrosion et à l'usure.

Question a. Après laminage à chaud de la bande et refroidissement à l'air calme chez l'aciériste, dessiner une structure métallographique possible et nommer ses constituants.

À 0,2 % de carbone, cet acier est hypoeutectoïde. Après refroidissement à l'air calme, sa structure est ferrito-perlitique : la ferrite proeutectoïde est majoritaire et la perlite forme des colonies plus sombres. Dans chaque colonie, la perlite est constituée de lamelles alternées de ferrite et de cémentite. Le dessin schématise ces constituants sans en représenter les proportions à l'échelle.

Structure ferrito-perlitique possible



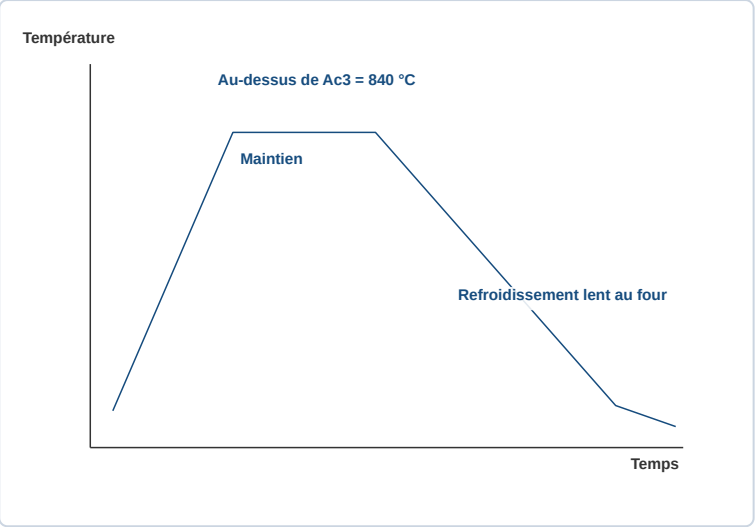
✓ RÉPONSE À RETENIR

Ferrite proeutectoïde majoritaire et perlite lamellaire, composée de ferrite et de cémentite.

Question b. Nommer et tracer le cycle thermique permettant d'obtenir une faible dureté sur la bande avant le poinçonnage. Utiliser les températures données : Ac1 = 730 °C et Ac3 = 840 °C.

Pour obtenir une faible dureté avant poinçonnage, on réalise un recuit complet. Chauffer au-dessus de Ac_3 = 840 °C, par exemple vers 870 à 890 °C, puis maintenir jusqu'à homogénéisation. Refroidir ensuite très lentement dans le four, notamment dans la zone de transformation. Ce refroidissement favorise une structure ferrito-perlitique plus grossière et donc plus douce. Les températures proposées sont des valeurs usuelles de mise en œuvre, le sujet ne prescrivant pas de durée de maintien.

Cycle d’adoucissement par recuit complet



✓ RÉPONSE À RETENIR

Recuit complet : chauffage au-dessus de 840 °C, maintien, puis refroidissement lent au four.

Question c. **Calculer l’effort de l’outil pour découper la périphérie de la grille, sachant que la surface de découpe est de 30 mm² et que la résistance mécanique du métal est Rm = 300 MPa. Utiliser la relation entre contrainte, effort et surface indiquée dans le sujet.**

La relation entre contrainte, effort et surface est $R_m = F/S$, donc $F = R_m \times S$. La surface donnée est $30\,\mathrm{mm}^2$, et $300\,\mathrm{MPa} = 300\,\mathrm{N/mm}^2$. Le calcul donne $F = 300 \times 30 = 9000\,\mathrm{N}$. C’est l’effort théorique pour la surface de découpe indiquée, selon l’hypothèse de résistance précisée dans le sujet.

Calcul de l’effort de découpe

Rm = 300 MPa

S = 30 mm²

F = Rm × S = 9 000 N

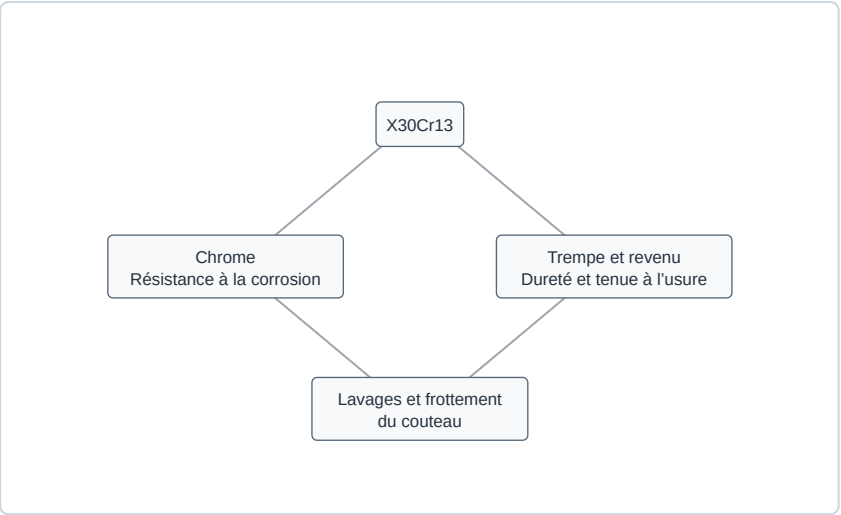
✓ RÉPONSE À RETENIR

Effort de découpe : 9 000 N, soit 9 kN.

Question d. **Proposer une nuance d’acier offrant une bonne résistance à la corrosion lors des lavages avec des produits lessiviels, tout en ayant une dureté importante.**

On peut choisir un acier inoxydable martensitique tel que le X30Cr13. Sa teneur en chrome lui confère une bonne résistance à la corrosion lors des lavages, tandis que le carbone permet d’obtenir une dureté élevée après trempe. Un revenu adapté conserve une bonne résistance à l’usure tout en limitant la fragilité. La tenue effective dépend également de l’état de surface et du traitement thermique appliqué.

Propriétés recherchées pour la grille



Acier inoxydable durcissable par traitement thermique.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Nuance proposée : X30Cr13 inoxydable martensitique, trempé et revenu.

5. Matériaux et traitements du motoréducteur

Le moteur est bobiné avec du cuivre raffiné ; les annexes 3 et 4 montrent la microstructure du cuivre après tréfilage puis chauffage. La lamelle ressort de l'interrupteur est en alliage cuivre-béryllium à 2 %, mis en forme puis revenu afin d'obtenir une limite d'élasticité maximale, avec des données fournies dans les annexes 5 et 6.

Question a. **Décrire l'intérêt du cuivre raffiné pour le bobinage d'un moteur électrique.**

Le cuivre raffiné conduit très bien le courant électrique : sa faible résistivité limite les pertes par effet Joule dans les bobinages. Sa conductivité thermique aide aussi à évacuer la chaleur produite par le moteur. Enfin, sa ductilité permet de le transformer en fil fin et de le bobiner sans rupture. Ces propriétés en font un matériau adapté aux enroulements électriques.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le cuivre raffiné limite les pertes électriques, évacue la chaleur et se transforme facilement en fil.

Question b. **Expliquer le principe du tréfilage qui permet d'obtenir le fil de bobinage du moteur.**

1. On tire le fil de cuivre à travers une filière dont l'orifice est inférieur au diamètre initial.
2. La traction réduit progressivement le diamètre du fil et augmente sa longueur.
3. Plusieurs passages dans des filières de diamètres décroissants permettent d'atteindre le diamètre souhaité.

Cette déformation à froid écrouit le cuivre, ce qui augmente sa dureté et diminue sa ductilité.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le tréfilage réduit le diamètre du cuivre par traction à travers une ou plusieurs filières.

Question c. **Après tréfilage au diamètre voulu, la structure du cuivre est donnée en annexe 3. Un chauffage de la bobine à 400 °C pendant 30 minutes produit la structure de l'annexe 4. Expliquer ce phénomène.**

L'annexe 3 montre des grains allongés, caractéristiques du cuivre déformé à froid par tréfilage. Cette déformation écrouit le métal et augmente sa densité de dislocations. Le chauffage à 400 °C pendant 30 minutes permet la recristallisation : de nouveaux grains équiaxes se forment et remplacent progressivement les grains déformés, comme le montre l'annexe 4. Le cuivre s'adoucit et retrouve de la ductilité.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le chauffage recristallise le cuivre écroui : les grains allongés sont remplacés par des grains équiaxes.

Question d. À l'aide de l'annexe 5, déterminer la température de mise en solution de l'alliage cuivre-béryllium à 2 %.

Sur l'annexe 5, on repère la teneur de 2 % de béryllium sur l'axe horizontal, puis on lit la limite du domaine monophasé α. Elle se situe vers 700 °C sur le diagramme. La mise en solution doit être effectuée au-dessus de cette limite pour dissoudre les phases secondaires. On retient une température de traitement voisine de 800 °C.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Température de mise en solution : environ 800 °C.

Question e. À l'aide de l'annexe 6, déterminer la température et la durée de revenu permettant de répondre au cahier des charges de la lamelle ressort.

L'annexe 6 donne la limite élastique en fonction de la durée du revenu, pour plusieurs températures. La courbe à 320 °C atteint la valeur maximale, voisine de 120 daN/mm², après environ 3 heures. Ce couple température-durée correspond au maximum recherché pour la lamelle ressort. La lecture du graphique étant approximative, la durée se donne à l'ordre de grandeur de quelques heures.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Revenu à environ 320 °C pendant 3 heures.

Question f. Indiquer les avantages procurés par un écrouissage effectué entre la trempe et le revenu.

L'écrouissage effectué après la trempe augmente la densité de dislocations et renforce l'alliage. Associé au revenu de durcissement, il permet d'obtenir une limite élastique plus élevée, recherchée pour la lamelle ressort. La mise en forme est réalisée avant ce revenu, lorsque la bande conserve une aptitude suffisante à la déformation. L'écrouissage doit toutefois rester compatible avec la formabilité de la bande.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> L'écrouissage renforce l'alliage et augmente la limite élastique obtenue après revenu.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2012)

Bilan de l'épreuve : Cette épreuve de Sciences et Techniques Industrielles du BTS Traitements des Matériaux, option Traitements Thermiques, correspond à la session 2012, code TMSTI A. D'une durée de 2 heures et coefficient 2, elle étudie un hachoir à viandes et évalue le choix de traitements thermiques, l'analyse des microstructures, les propriétés des matériaux, la corrosion et le calcul d'un effort de découpe.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- Un cycle thermique se décrit par les températures, les durées, les vitesses de chauffage et de refroidissement, ainsi que les milieux utilisés.
- La trempe vise une structure dure ; le revenu ajuste les propriétés mécaniques et peut réduire la fragilité.
- La relation entre contrainte, effort et surface est $\sigma = F/S$, donc $F = \sigma \times S$, avec des unités cohérentes.
- Le tréfilage écrouit le cuivre ; un chauffage peut provoquer la recristallisation et modifier sa microstructure.

Points de vigilance & attentes du jury

- Justifier les températures et les durées retenues par la nuance du matériau et le résultat attendu.
- Sur chaque cycle, distinguer clairement chauffage, palier, refroidissement et milieu de trempe.
- Pour le calcul d'effort, expliciter la formule et vérifier la cohérence des unités.
- Lire les axes, les unités et les courbes des annexes avant d'en tirer une valeur ou une conclusion.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment calculer l'effort de découpe à partir de la résistance mécanique et de la surface ?

Utilisez $F = Rm \times S$, car la contrainte correspond à l'effort divisé par la surface. Convertissez les unités avant le calcul ; 1 MPa équivaut à 1 N/mm^2.

Q : Pourquoi distinguer la trempe et le revenu dans un cycle de traitement thermique ?

La trempe vise à obtenir une structure dure, tandis que le revenu ajuste les propriétés et limite les contraintes. Le choix du revenu dépend du compromis recherché entre dureté et comportement mécanique.

Q : Comment répartir son temps dans cette épreuve de deux heures ?

Le sujet comprend cinq parties notées sur 20 points. Répartissez le temps en fonction des points, gardez une marge pour les cycles et les calculs, puis relisez vos justifications et vos unités.

Q : Quels éléments présenter pour décrire un cycle thermique ou exploiter une annexe ?

Un cycle doit être lisible et ordonné, avec les températures, les paliers et les refroidissements. Pour une annexe, repérez les axes et les unités, puis reliez les données au résultat demandé.

Sujet officiel associé (PDF) : https://btstm.fr/assets/annales/bts-tm/E4 - Sciences et techniques industrielles/2012/BTS TM - E4 - Sciences et techniques industrielles - Session 2012 - 4-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.