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 - Sous-épreuve commune aux deux options (U4.2)

Session 2006 • Code sujet : **TMSTI AB** • Durée : **2 heures** • Coefficient : **2**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. Étude du matériau (2 questions) **Page 3**

2. Essais mécaniques (4 questions) **Page 4**

3. Étude des traitements thermiques (7 questions) **Page 6**

4. Étude des traitements de surfaces (7 questions) **Page 10**

5. Ce qu'il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ) (Synthèse & Q&A Examen) **Page 13**

Sujet officiel (PDF) : https://btstm.fr/assets/annales/bts-tm/E4 - Sciences et techniques industrielles/2006/BTS TM - E4 - Sciences et techniques industrielles - Session 2006 - 2-Sujet.pdf

1. Étude du matériau

L'entreprise souhaite fabriquer des boules de pétanque mi-tendres en acier 25CrMo4 soudable, destinées à recevoir un revêtement de chrome décoratif. Cette partie demande d'interpréter la nuance d'acier et le rôle de ses éléments d'addition.

Question 1.1. **Décoder la désignation de la nuance d'acier choisie.**

Dans la désignation **25CrMo4**, **25** indique une teneur nominale en carbone de 0,25 %. **CrMo** signale les éléments d'alliage chrome et molybdène. Le chiffre **4** correspond à la teneur conventionnelle en chrome, exprimée selon le facteur de désignation de cet élément. L'annexe 2 confirme les teneurs réelles : 1,10 % de Cr et 0,22 % de Mo. La désignation ne donne donc pas directement la teneur exacte en molybdène.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

25CrMo4 : acier allié à environ 0,25 % C, 1,10 % Cr et 0,22 % Mo selon l'annexe 2.

Question 1.2. **Indiquer le caractère des éléments d'addition et préciser leur influence.**

Éléments	Caractère	Influence principale
Cr, Mo	Alphagènes, formateurs de carbures	Augmentent la trempabilité et la résistance au revenu ; le chrome accroît aussi la dureté.
Mn, Ni	Gammagènes	Le manganèse améliore la trempabilité ; le nickel favorise la ténacité.
Si	Alphagène	Désoxyde et renforce l'acier.
S, P	Impuretés fragilisantes	Peuvent dégrader la ductilité et la ténacité.

Le cuivre, présent en faible quantité, contribue à la résistance à la corrosion atmosphérique. Les effets dépendent des teneurs et de l'état métallurgique.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

Cr et Mo : trempabilité et résistance. Mn : trempabilité. Ni : ténacité. Si : désoxydation. S et P : fragilisation.

2. Essais mécaniques

Les boules doivent respecter les exigences de résilience et de dureté fixées par le cahier des charges. Les questions portent sur les éprouvettes de résilience, les normes et unités associées, l'essai au mouton pendule et la mesure de dureté HRC.

Question 2.1. **Citer les différents types d'éprouvettes normalisées utilisées pour l'essai de résilience.**

Les éprouvettes normalisées de résilience Charpy se distinguent par la forme de leur entaille : U ou V. Les notations historiques correspondantes sont KCU et KCV.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Éprouvettes Charpy à entaille en U (KCU) ou en V (KCV).

Question 2.2. **À partir de l'unité utilisée pour la valeur minimale de résilience prescrite, indiquer s'il s'agit de l'ancienne ou de la nouvelle norme en vigueur. Donner la valeur minimale dans l'autre norme pour une éprouvette dont la section au droit de l'entaille vaut 0,5 cm².**

Écriture	Valeur	Norme
Valeur prescrite	7 daJ/cm²	Ancienne
Énergie pour 0,5 cm²	7 × 10 × 0,5 = 35 J	Actuelle

L'unité daJ/cm² exprime une énergie rapportée à la section entaillée ; la forme actuelle donne l'énergie absorbée en joules.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Ancienne norme : 7 daJ/cm². Pour une section entaillée de 0,5 cm², l'exigence équivaut à 35 J.

Question 2.3. **Un mouton de 300 J ± 10 J a servi à l'essai et l'énergie absorbée est de 36 J. Pour une éprouvette du même type qu'à la question précédente, exprimer le résultat de l'essai de résilience sous sa forme normalisée actuelle.**

L'éprouvette est du même type U qu'à la question précédente. Dans l'expression normalisée actuelle, on indique directement l'énergie absorbée par l'éprouvette, sans la rapporter à la section entaillée.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> KU = 36 J.

Question 2.4. Indiquer le principe de l’essai HRC, éventuellement à l’aide d’un schéma, et préciser les charges mises en jeu.

L’essai Rockwell C mesure la profondeur de pénétration rémanente d’un cône en diamant de 120°. La profondeur est déterminée après application puis retrait de la charge complémentaire.

- Précharge : 10 kgf.
- Charge complémentaire : 140 kgf, soit 150 kgf au total.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> HRC : cône diamant de 120°, précharge de 10 kgf et charge totale de 150 kgf.

3. Étude des traitements thermiques

L'acier 25CrMo4 est livré à l'état globulisé et les boules sont assimilées à des cylindres de diamètre 5 mm pour l'étude du refroidissement. Les courbes TRC et les annexes servent à établir un cycle de trempe-revenu conforme au cahier des charges et à analyser des anomalies de traitement.

Traitements thermiques

Question 3.1. Indiquer dans quel but l'acier choisi est livré à l'état globulisé.

La globulisation transforme les carbures en particules sphériques dispersées dans la matrice. Cette structure abaisse la dureté et facilite l'usinage ainsi que la mise en forme des pièces avant les traitements ultérieurs. Elle permet donc de fabriquer plus facilement les boules avant leur austénitisation, leur trempe et leur revenu.

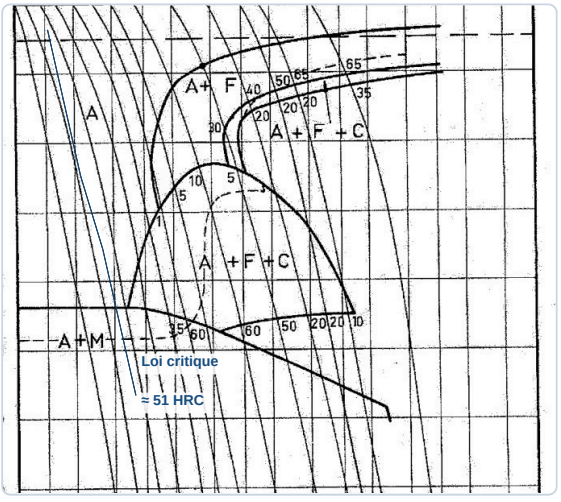
> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> L'état globulisé facilite l'usinage et la mise en forme en abaissant la dureté.

Trempe

Question 3.2. Sur la courbe TRC de l'annexe 2, surligner la loi critique de trempe martensitique. Donner la dureté la plus proche et calculer la durée précise du refroidissement jusqu'à 100 °C.

La loi critique est la courbe de refroidissement qui frôle le nez de transformation sans le traverser : elle marque la vitesse minimale nécessaire pour éviter les transformations ferrite-carbures et obtenir la martensite. Sur l'annexe 2, la dureté la plus proche est 51 HRC. La lecture de la courbe critique jusqu'à 100 °C donne un temps d'environ 10 s.

Annexe 2 : loi critique de trempe



> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Loi critique tangente au nez : environ 51 HRC et 10 s jusqu'à 100 °C.

Question 3.3. **À partir de la durée relevée à la question 3.2 et de l'annexe 3, choisir le mode de refroidissement capable de réaliser la trempe de la pièce dans les conditions optimales.**

Il faut éviter que le refroidissement traverse le nez de transformation de l'annexe 2. Pour le cylindre de 5 mm, les courbes de l'annexe 3 montrent que l'air refroidit trop lentement. L'eau est plus rapide que nécessaire et accroît les risques de déformation ou de fissuration. L'huile permet d'atteindre la vitesse critique tout en limitant ces risques : elle constitue le choix optimal.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Choisir la trempe à l'huile pour dépasser la vitesse critique sans le refroidissement brutal de l'eau.

Revenu

Question 3.4. **À l'aide des annexes 4 et 5, définir la température de revenu permettant de respecter le cahier des charges.**

Le tableau d'équivalence donne, pour 36,5 HRC, environ 360 HV et une résistance à la traction de 1160 MPa. Sur l'annexe 4, cette résistance correspond à un revenu proche de 450 °C. À cette température, la résilience lue sur la courbe K dépasse le minimum exigé de 7 daJ/cm². La température retenue satisfait donc les critères de dureté et de résilience.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Température de revenu : environ 450 °C.

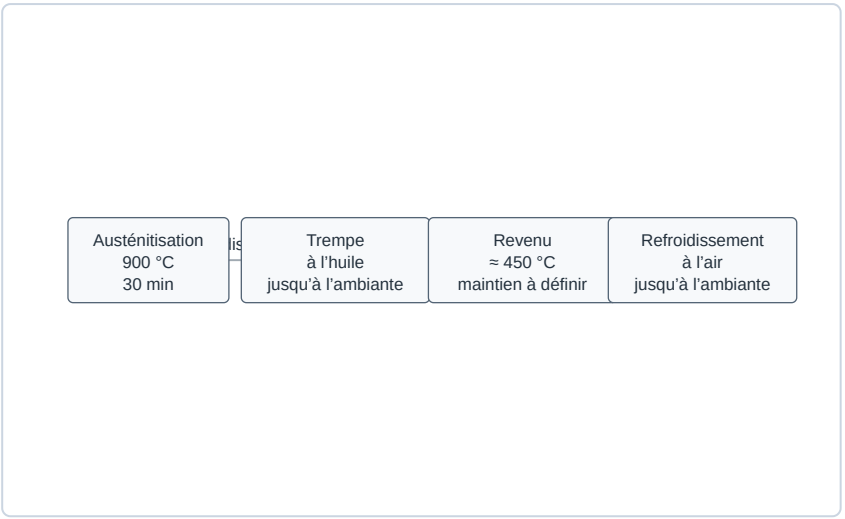
Cycle thermique

Question 3.5. **Schématiser le cycle récapitulatif complet de trempe-revenu subi par les boules de pétanque. Indiquer les températures choisies, les temps de traitement et les modes de refroidissement.**

1. Austénitiser à 900 °C pendant 30 min, selon les conditions de l'annexe 2.
2. Tremper à l'huile jusqu'à température ambiante.
3. Réchauffer à environ 450 °C pour le revenu, puis refroidir à l'air jusqu'à température ambiante.

Les annexes ne précisent pas la durée de maintien au revenu : elle doit être définie par la gamme de traitement retenue.

Cycle de trempe et revenu



Cycle établi à partir des données des annexes.

✓ RÉPONSE À RETENIR

900 °C, 30 min → huile jusqu'à l'ambiante → revenu vers 450 °C → air. Maintien au revenu à définir.

Anomalie après trempe

Question 3.6. Après trempe, le contrôle d'une série de pièces révèle une dureté de 23 HRC. À l'aide de l'annexe 2, indiquer la quantité de constituants présents et expliquer ce phénomène.

La courbe de refroidissement associée à 23 HRC traverse le domaine de transformation avant d'atteindre Ms. La lecture des indications de l'annexe 2 donne environ 20 % de martensite et 80 % de constituants ferritiques et carbures formés avant Ms. La part élevée de constituants plus tendres explique la dureté mesurée, inférieure à celle obtenue après une trempe martensitique complète.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Environ 20 % de martensite et 80 % de constituants ferritiques-carbures.

Grossissement du grain

Question 3.7. À la suite du blocage de la porte du four d'austénitisation avant trempe, des pièces ont subi un grossissement exagéré du grain. Expliquer l'influence de ce grossissement sur les caractéristiques mécaniques, la structure et le diagramme TRC, puis proposer et justifier un remède pour récupérer l'état métallurgique des pièces et respecter le cahier des charges.

Le maintien excessif à haute température grossit les grains austénitiques. Après trempe, la structure reste grossière, la ténacité et la résilience diminuent et la fragilité augmente. Sur le diagramme TRC, le grossissement retarde les transformations diffusives et décale leurs courbes vers des temps plus longs, ce qui accroît la trempabilité. Pour affiner le grain, normaliser les pièces, puis appliquer le cycle de trempe et revenu retenu pour atteindre les propriétés exigées.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

Normaliser pour affiner le grain, puis reprendre la trempe à l’huile et le revenu vers 450 °C.

4. Étude des traitements de surfaces

Les boules en acier doivent recevoir un dépôt de nickel puis un chrome décoratif, après préparation de surface comparable à celle d'un zingage sur acier doux. Cette partie évalue le principe du dépôt électrolytique, la lecture de la désignation du revêtement et des calculs de dépôt, de durée d'électrolyse et de rendement.

Dépôt électrolytique

Question 4.1. **Décrire le principe des dépôts par voie électrolytique.**

La pièce à revêtir est la cathode, reliée au pôle négatif d'un générateur de courant continu. Les ions métalliques positifs du bain migrent vers cette pièce, captent des électrons et se déposent sous forme de métal. L'anode, reliée au pôle positif, peut se dissoudre et réalimenter le bain en ions métalliques ; si elle est inerte, une réaction d'oxydation s'y produit. Le courant électrique provoque ainsi le transfert et le dépôt du métal.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le dépôt métallique se forme à la cathode par réduction des ions de l'électrolyte sous l'action du courant continu.

Désignation du traitement

Question 4.2. **Décoder la désignation normalisée du traitement : Cr 0,5(I) + Ni 20 b(I) / Fe.**

Indication	Signification
Fe	Substrat en fer ou acier
Ni 20 b (I)	Nickel brillant, épaisseur 20 µm, catégorie I
Cr 0,5 (I)	Chrome décoratif, épaisseur 0,5 µm, catégorie I

La désignation se lit depuis le revêtement extérieur vers le support : le chrome est la couche externe, déposé sur le nickel, lui-même déposé sur le fer. Les épaisseurs indiquées sont celles des couches métalliques correspondantes.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Support Fe, nickel brillant de 20 µm, puis chrome décoratif de 0,5 µm ; les deux couches sont indiquées en catégorie I.

Préparation de surface

Question 4.3. **Établir la liste des différentes opérations de préparation de surface et les ordonner.**

1. Dégraisser chimiquement, puis rincer.
2. Dégraisser électrolytiquement, puis rincer.

3. Décaper à l'acide, puis rincer pour éliminer les oxydes.
4. Activer la surface et effectuer un rinçage rapide.
5. Transférer la pièce au nickelage sans la laisser sécher.

Les rinçages limitent la contamination des bains successifs. Cette préparation suit la séquence classique de traitement d'un acier doux avant dépôt électrolytique ; le nickelage précède ensuite le rinçage en cascade et le chromage décoratif prévus par le sujet.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Ordre : dégraissage chimique, rinçage, dégraissage électrolytique, rinçage, décapage acide, rinçage, activation, rinçage, puis nickelage.

Nickelage

Question 4.4. **Pour le bain de nickel, avec une densité de courant de 8 A/dm², un rendement cathodique de 97 % et une valence de 2, calculer la vitesse de déposition en µm/min à l'aide de l'annexe 6 et de la loi de Faraday, en justifiant les calculs.**

La loi de Faraday donne la vitesse d'épaisseur : **$v = M \cdot j \cdot \eta / (z \cdot F \cdot \rho)$**. Pour le nickel, l'annexe 6 indique M = 58,71 g·mol^{-1} ; on prend ρ = 8,9 g·cm^{-3} et F = 96 500 C·mol^{-1}. La densité de courant vaut 8/100 = 0,08 A·cm^{-2}. Après conversion des cm en µm et des secondes en minutes, le résultat est environ 1,59 µm/min.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Vitesse de déposition du bain de nickel : environ 1,59 µm/min, pour un rendement cathodique de 97 %.

Question 4.5. **Calculer, en minutes et secondes, le temps d'électrolyse nécessaire pour déposer une épaisseur de nickel de 20 µm.**

Le nickel se dépose à la vitesse calculée précédemment, soit environ 1,591 µm/min. Pour l'épaisseur demandée, le temps d'électrolyse est **$t = e/v = 20/1{,}591 \approx 12{,}57$ min**. La partie décimale de la durée se convertit en secondes : 0,57 × 60 ≈ 34 s. On suppose ici que la densité de courant et le rendement restent constants pendant tout le dépôt.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Durée d'électrolyse nécessaire au dépôt de 20 µm de nickel : environ 12 min 34 s.

Chromage

Question 4.6. **Pour le bain de chrome, avec une densité de courant de 18 A/dm², un rendement cathodique de 17 % et une valence de 6, calculer, en minutes et secondes, le temps d'électrolyse nécessaire pour déposer une épaisseur de 0,5 µm.**

Pour le chrome, on applique la loi de Faraday avec M = 52 g·mol⁻¹, ρ = 7,19 g·cm⁻³, j = 18/100 A·cm⁻², η = 0,17, z = 6 et F = 96 500 C·mol⁻¹. La vitesse obtenue est d'environ 0,229 µm/min. Le temps nécessaire au dépôt de 0,5 µm vaut donc **t = 0,5/0,229 ≈ 2,18 min**, soit environ 131 secondes.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Durée d'électrolyse nécessaire au dépôt de 0,5 µm de chrome : environ 2 min 11 s.

Rendement du bain de nickel

Question 4.7. **À partir des rayons de la boule avant et après dépôt de nickel, calculer la masse théorique de nickel déposée, puis déterminer le rendement du bain sachant que la masse réelle du dépôt est de 2,9 g.**

Le volume théorique de nickel correspond à la différence des volumes des deux sphères : **$\Delta V = 4\pi/3 \times (36{,}995^3 - 36{,}975^3)$**. Les rayons étant en mm, on convertit le volume obtenu de mm³ en cm³ en le divisant par 1 000. En prenant la masse volumique du nickel à 8,9 g·cm⁻³, on obtient la masse théorique. Le rendement du bain est la masse réelle divisée par cette masse théorique, puis multipliée par 100.

Le dépôt réel de 2,9 g est inférieur à la masse théorique calculée, ce qui donne un rendement inférieur à 100 %.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Masse théorique déposée : environ 3,06 g. Rendement du bain de nickel : environ 94,8 %.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2006)

Bilan de l'épreuve : Cette sous-épreuve de Sciences et Techniques Industrielles du BTS Traitements des matériaux, session 2006, porte le code TMSTI AB et dure 2 heures, coefficient 2. À partir de la fabrication de boules de pétanque en acier 25CrMo4 soudable, elle évalue l'analyse du matériau, les essais mécaniques, les traitements thermiques et la préparation et le calcul de dépôts électrolytiques.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- La désignation 25CrMo4 et sa composition renseignent sur la nuance d'acier et ses éléments d'addition.
- Une courbe TRC relie les conditions de refroidissement aux transformations de structure et à la dureté obtenue après trempe.
- Le revenu ajuste les caractéristiques après trempe; sa température se choisit en fonction de la dureté et des propriétés demandées.
- La loi de Faraday relie la charge électrique à la masse déposée; le rendement, la valence et la masse volumique interviennent dans le calcul.

Points de vigilance & attentes du jury

- Distinguer les unités de résilience et tenir compte de la section au droit de l'entaille pour les conversions.
- Lire les courbes TRC et de refroidissement sur leurs axes logarithmiques avant de relever une durée.
- Pour le cycle thermique, préciser les températures, les durées et les modes de refroidissement.
- Dans les calculs électrolytiques, convertir les unités et intégrer le rendement cathodique ainsi que la valence.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment aborder un calcul de vitesse de dépôt avec la loi de Faraday ?

Reliez la charge électrique passée à la masse déposée avec la loi de Faraday, en tenant compte du rendement et de la valence. Convertissez ensuite cette masse en épaisseur à l'aide de la masse volumique, puis exprimez la vitesse dans l'unité demandée.

Q : Comment utiliser une courbe TRC pour choisir le mode de refroidissement ?

Repérez la courbe de refroidissement correspondant à la pièce, puis comparez son trajet aux domaines de transformation du diagramme TRC. Lisez la durée jusqu'à la température demandée sur l'axe logarithmique et comparez-la aux modes de refroidissement proposés.

Q : Comment organiser les réponses pendant cette épreuve de deux heures ?

Le sujet comporte 20 questions numérotées et un barème détaillé totalisant 20 points. Suivez l'ordre des parties, répartissez le temps entre les questions et gardez une marge pour vérifier les calculs, les unités et les schémas.

Q : Qu'attend le jury dans les calculs et le cycle de traitement ?

Le barème détaillé accorde des points aux réponses des questions numérotées. Présentez les étapes et les unités des calculs; pour le cycle thermique, faites apparaître clairement les températures, les temps de traitement et les modes de refroidissement.

Sujet officiel associé (PDF) : https://btstm.fr/assets/annales/bts-tm/E4 - Sciences et techniques industrielles/2006/BTS TM - E4 - Sciences et techniques industrielles - Session 2006 - 2-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.