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 spécifique U4.4A, option A : Traitements Thermiques

Session 2010 • Code sujet : **TMSTI A** • Durée : **2 heures** • Coefficient : **2**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. Étude d’une chape de suspension arrière en alliage EN-AW 2024 T6 (6 questions) **Page 3**

2. Étude d’un bol de disque de frein en acier 30CrMo12 nitruré (7 questions) **Page 6**

3. Étude de l’acier à outils X38CrMoV5 des matrices de matriçage (4 questions) **Page 9**

4. Ce qu’il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ) (Synthèse & Q&A Examen) **Page 11**

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 - 4-Sujet.pdf

1. Étude d’une chape de suspension arrière en alliage EN-AW 2024 T6

Une entreprise de préparation et d’entretien de voitures de course étudie une chape de suspension arrière reliant le triangle de suspension au châssis. Réalisée en EN-AW 2024 T6, la pièce doit respecter des exigences de résistance et d’allongement ; le sujet fournit son plan, le cycle thermique, un diagramme Al-Cu et une micrographie.

Question I.1. À partir des documents fournis en annexe, justifier les paramètres du cycle thermique de l’alliage EN-AW 2024 T6 : températures, temps et refroidissements.

Le diagramme Al-Cu place la composition nominale de l’EN-AW 2024, environ 4 % de cuivre, sous le domaine de fusion à 500 °C. Ce maintien de 4 h permet la mise en solution des constituants durcissants solubles. La trempe à l’eau refroidit rapidement l’alliage et conserve une solution solide sursaturée. Le palier de vieillissement à 180 °C pendant 10 h provoque ensuite la précipitation durcissante. Le refroidissement final à l’air termine le cycle.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Mise en solution : 500 °C pendant 4 h ; trempe à l’eau ; vieillissement : 180 °C pendant 10 h ; refroidissement à l’air.

Question I.2. Préciser les structures obtenues à chacune des étapes numérotées de 1 à 4 du cycle thermique.

1. **Étape 1 :** état initial, matrice d’aluminium avec des constituants intermétalliques grossiers.
2. **Étape 2 :** après le palier à 500 °C, les constituants solubles se dissolvent dans la matrice α.
3. **Étape 3 :** après la trempe, la matrice est une solution solide sursaturée et métastable.
4. **Étape 4 :** après vieillissement, la matrice contient une dispersion fine de précipités durcissants, principalement associés au système Al-Cu-Mg.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> 1 : matrice et constituants grossiers ; 2 : mise en solution ; 3 : solution solide sursaturée ; 4 : précipités fins durcissants.

Question I.3. Expliquer le principe du durcissement par traitement thermique de cet alliage.

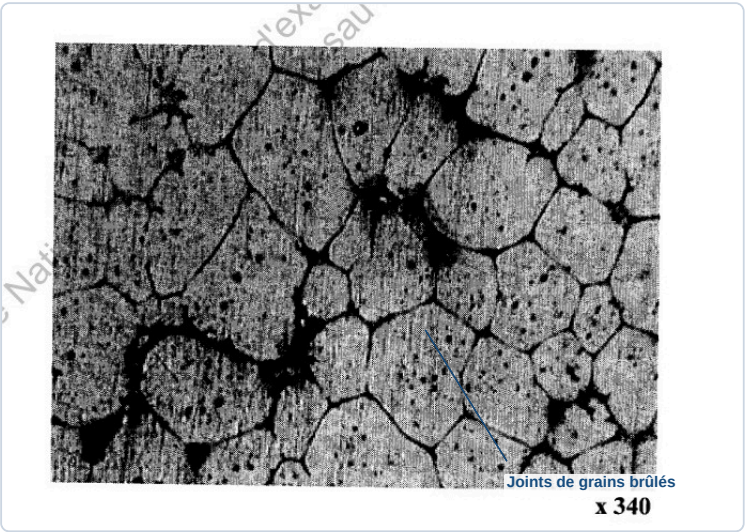
À 500 °C, les constituants durcissants solubles se dissolvent dans l’aluminium. La trempe bloque leur diffusion et maintient une solution solide sursaturée. Pendant le vieillissement à 180 °C, les atomes diffusent et forment des précipités très fins, notamment du système Al-Cu-Mg. Ces précipités gênent le déplacement des dislocations : la résistance mécanique augmente. Le traitement vise ainsi les caractéristiques demandées au cahier des charges ; un vieillissement trop poussé peut faire diminuer le durcissement.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> La trempe conserve une solution sursaturée, puis le vieillissement forme des précipités fins qui freinent les dislocations et durcissent l’alliage.

Question I.4. **À la suite du retour de pièces non conformes, une analyse micrographique est réalisée. Commenter la micrographie de l'annexe 3 et indiquer le défaut apparent.**

La micrographie montre des grains polygonaux et des zones sombres épaisses, discontinues, principalement situées aux joints de grains et aux points triples. Cet aspect évoque une fusion locale intergranulaire, ou brûlure de mise en solution. Ce défaut altère la cohésion entre les grains et compromet les propriétés mécaniques. Il ne s'agit pas d'une simple précipitation fine liée au vieillissement : la morphologie grossière et continue aux joints est caractéristique d'une surchauffe avec début de fusion locale.

Micrographie annotée : brûlure intergranulaire



✓ RÉPONSE À RETENIR

Défaut apparent : brûlure intergranulaire, liée à une fusion locale aux joints de grains.

Question I.5. **Quelle peut être la cause du défaut observé ? Proposer une solution corrective.**

La brûlure est probablement due à une surchauffe locale pendant la mise en solution : température réelle trop élevée, défaut d'homogénéité du four ou régulation défaillante. Des constituants ségrégés fusibles peuvent favoriser le début de fusion aux joints de grains. Il faut vérifier l'étalonnage et l'uniformité du four, mesurer la température au voisinage de la charge et respecter le palier prescrit de 500 °C pendant 4 h. Les pièces déjà brûlées sont à écarter.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Cause : surchauffe locale. Correction : contrôler l'uniformité et la régulation du four, puis respecter 500 °C pendant 4 h.

Question I.6. **Indiquer les caractéristiques du four permettant de réaliser ce type de traitement, notamment son type et sa classe, puis justifier les réponses.**

Un four électrique à circulation d’air forcée convient à la mise en solution et au vieillissement : il permet de chauffer la charge de façon homogène et de maîtriser les paliers. Une classe 1, correspondant à une uniformité de température de ±3 °C, limite les écarts susceptibles de provoquer une surchauffe locale. La régulation et l’uniformité doivent être vérifiées périodiquement, en particulier autour de la température de mise en solution, afin d’éviter une nouvelle brûlure.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Four électrique à circulation d’air forcée, classe 1, avec une uniformité de température de ±3 °C.

2. Étude d’un bol de disque de frein en acier 30CrMo12 nitruré

Le bol de disque de frein d’une voiture de course est réalisé en acier 30CrMo12 nitruré en phase gazeuse, et peut atteindre 400 °C en service. Le cahier des charges impose une dureté superficielle supérieure à 600 HV0,3, une profondeur de nitruration de 0,4 à 0,45 mm, l’absence de couche blanche et une résistance à cœur spécifiée.

Question II.1. Placer dans la gamme de fabrication les traitements permettant d’obtenir les caractéristiques mécaniques exigées à cœur et en surface, puis justifier le raisonnement.

La gamme prévoit l’ébauche en phase 20, puis il faut traiter le cœur par trempe et revenu pour obtenir une résistance comprise entre 1 050 et 1 150 MPa. Réaliser ensuite l’usinage de finition et la rectification, qui corrigent les déformations de trempe. Terminer par la nitruration gazeuse après les opérations d’usinage : elle donne la dureté et la profondeur de couche exigées, sans couche blanche. Effectuer le contrôle final.

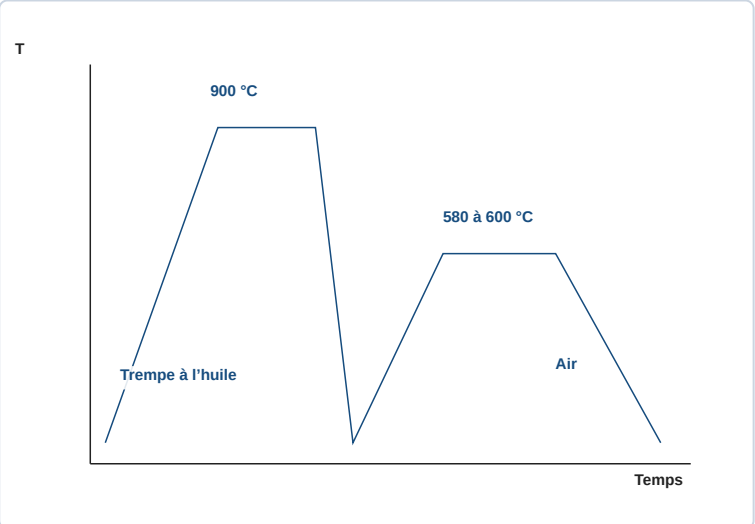
✓ RÉPONSE À RETENIR

Ébauche → trempe et revenu → finition → rectification → nitruration gazeuse → contrôle final.

Question II.2. Tracer le cycle thermique permettant d’obtenir les caractéristiques mécaniques exigées à cœur. Justifier les températures, les temps et les refroidissements utilisés, et indiquer les contrôles à effectuer.

Chauffer à 900 °C, puis maintenir le temps nécessaire à l’homogénéisation de la pièce, selon sa section. Tremper à l’huile. Effectuer ensuite le revenu vers 580 à 600 °C : l’annexe 5 indique que cette plage permet d’obtenir le Rm demandé, entre 1 050 et 1 150 MPa. Maintenir à cette température, puis refroidir à l’air. Contrôler la dureté et la résistance à cœur, ainsi que les déformations.

Cycle thermique qualitatif de trempe et revenu



✓ RÉPONSE À RETENIR

900 °C, maintien, trempe à l’huile, revenu vers 580 à 600 °C avec maintien, puis refroidissement à l’air.

Couche blanche

Question II.3.1. **Quel est l'autre nom de la couche blanche ?**

La couche blanche est aussi appelée couche de combinaison. Elle est constituée de composés nitrurés formés à la surface de l'acier.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> La couche blanche est la couche de combinaison.

Question II.3.2. **Pourquoi la présence de la couche blanche est-elle nuisible dans le cas étudié ?**

La couche de combinaison est très dure, mais fragile. Dans un frein de compétition soumis à des sollicitations mécaniques, thermiques et cycliques, elle peut se fissurer ou s'écailler. Ces défauts favorisent l'amorçage de fissures et diminuent la tenue en fatigue du bol. C'est pourquoi le cahier des charges exclut sa présence.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Fragile, elle peut se fissurer ou s'écailler et réduire la tenue en fatigue.

Tenue en température

Question II.3.3. **La pièce peut atteindre 400 °C en service. Peut-elle supporter cette température sans modification de ses caractéristiques ? Justifier la réponse.**

Oui, au regard des caractéristiques à cœur. L'annexe 5 montre que le revenu permettant d'obtenir le Rm demandé se situe vers 580 à 600 °C. La température de service, 400 °C, est inférieure à cette température de revenu : elle ne devrait donc pas entraîner de nouvel adoucissement significatif du cœur. Cette conclusion concerne la stabilité des caractéristiques visées par le traitement.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Oui : 400 °C reste inférieur à la température de revenu nécessaire, située vers 580 à 600 °C.

Profondeur de nitruration

Question II.3.4. **À partir de la courbe de microdureté de l'annexe 6, déterminer la profondeur conventionnelle de nitruration et vérifier si elle est conforme au cahier des charges.**

La dureté à cœur se lit à environ 480 HV. Le seuil conventionnel est donc cette valeur augmentée de 50 HV, soit 530 HV. Sur l'annexe 6, l'intersection de la courbe avec ce seuil se situe vers 0,54 mm. La profondeur obtenue dépasse la limite maximale de 0,45 mm : elle n'est pas conforme au cahier des charges.

Lecture du seuil conventionnel sur la courbe



✓ RÉPONSE À RETENIR

Profondeur conventionnelle ≈ 0,54 mm : non conforme, car supérieure à la limite de 0,45 mm.

Nitruration gazeuse

Question II.3.5. Quelle est la nature du gaz utilisé en nitruration gazeuse ?

Le gaz utilisé est l'ammoniac. Sa dissociation lors du traitement fournit l'azote qui diffuse dans l'acier.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Ammoniac (NH_3).

3. Étude de l’acier à outils X38CrMoV5 des matrices de matriçage

La chape étudiée dans la première partie est obtenue par matriçage ; cette partie porte sur les matrices en acier X38CrMoV5, de grandes dimensions et d’une masse de 200 kg. Leur gamme de traitement comprend deux préchauffages, une austénitisation suivie d’une trempe à l’huile et deux revenus ; les annexes donnent une courbe de revenu et un tableau de correspondances de dureté et de résistance.

Question III.1. À quelle famille appartient cet acier à outils ?

Le X38CrMoV5 appartient aux aciers à outils alliés pour travail à chaud. Il est adapté aux matrices de matriçage, qui subissent des efforts élevés et des températures importantes. Après trempe et revenus, il conserve une dureté et une résistance suffisantes pour résister à l’usure et aux sollicitations répétées à chaud.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Acier à outils allié pour travail à chaud.

Question III.2. D’après sa désignation normalisée, indiquer la composition chimique de cet acier et préciser le caractère et l’influence de chacun des éléments d’addition.

Dans la désignation, X signifie acier fortement allié, 38 indique environ 0,38 % de carbone et 5 correspond à environ 5 % de chrome. Les teneurs ci-dessous sont les plages usuelles de la nuance ; Cr, Mo et V sont des éléments carburigènes.

Élément	Teneur usuelle	Caractère et influence
C	0,33 à 0,43 %	Interstitial : accroît la dureté et la résistance après trempe.
Cr	4,8 à 5,5 %	Carburigène : augmente la trempabilité, la résistance à l’usure et la tenue à chaud.
Mo	1,2 à 1,5 %	Carburigène : améliore la trempabilité et la résistance au revenu.
V	0,3 à 0,5 %	Fortement carburigène : affine le grain et renforce la tenue à l’usure à chaud.

La désignation donne les teneurs nominales en carbone et chrome ; les teneurs exactes des éléments sont définies par la nuance normalisée.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Nuance fortement alliée : environ 0,38 % C, 5 % Cr, avec Mo et V carburigènes.

Question III.3. Commenter chaque phase du traitement de cet acier et justifier chacun des paramètres employés.

1. **Préchauffages à 500 °C puis 800 °C :** adaptés aux matrices massives de 200 kg, ils limitent les gradients thermiques, les déformations et les risques de fissuration.
2. **Chauffage à 1050 °C :** austénitise l’acier et permet la mise en solution nécessaire au durcissement. La trempe à l’huile procure le refroidissement requis avec un choc thermique moindre qu’une trempe à l’eau.

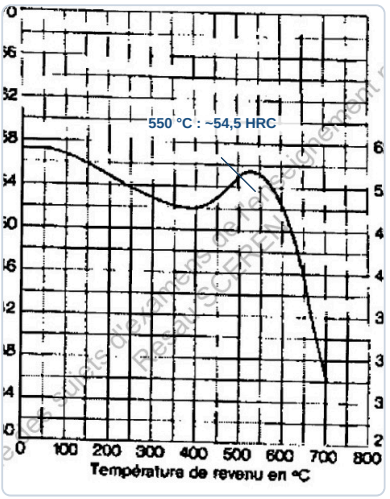
3. **Revenu à 550 °C pendant 3 h, puis à 500 °C pendant 3 h, refroidissement à l'air :** le premier revenu détend la structure trempée et vise le durcissement secondaire. Le second contribue à stabiliser la structure, notamment après transformation de l'austénite résiduelle.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Préchauffages à 500 et 800 °C, austénitisation à 1050 °C, trempe à l'huile, puis revenus de 3 h à 550 et 500 °C.

Question III.4. Commenter la forme de la courbe de revenu de l'annexe 7 et expliquer le choix de la température du premier revenu.

La dureté diminue d'abord avec l'élévation de la température, puis remonte vers un pic de durcissement secondaire autour de 550 °C, avant de chuter fortement aux températures supérieures. Ce pic est lié à la précipitation de carbures fins d'alliage. Le premier revenu est fixé à 550 °C pour exploiter ce maximum et atteindre la dureté visée de 54 à 56 HRC. Le tableau de l'annexe 8 associe cette plage à une résistance à la traction de 1940 à 2060 MPa.

Courbe de revenu annotée



> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le premier revenu à 550 °C exploite le pic secondaire pour obtenir 54 à 56 HRC.

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

Bilan de l'épreuve : Cette sous-épreuve de BTS Traitements des Matériaux, session 2010, porte le code TMSTI A et dure deux heures, avec un coefficient 2. Elle étudie trois pièces automobiles : une chape en EN-AW 2024 T6, un bol de frein en 30CrMo12 nitruré et des matrices en X38CrMoV5. Elle évalue le choix des traitements, l'analyse des structures, les propriétés mécaniques et les contrôles.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- Le traitement T6 de l'EN-AW 2024 associe mise en solution, trempe et durcissement par vieillissement.
- La nitruration enrichit la surface en azote afin d'augmenter sa dureté tout en préservant les propriétés à cœur.
- La profondeur conventionnelle de nitruration se lit sur la courbe de microdureté selon le critère retenu pour l'évaluation.
- Le revenu après trempe ajuste les propriétés de l'acier à outils, notamment la dureté et la résistance mécanique.

Points de vigilance & attentes du jury

- Justifier séparément les températures, durées et modes de refroidissement à partir des annexes.
- Distinguer les caractéristiques exigées à cœur de celles exigées en surface.
- Lire les axes, les unités et le critère conventionnel avant de relever une valeur sur un graphique.
- Relier chaque étape de traitement à la structure métallurgique et aux propriétés visées.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment analyser correctement un cycle thermique ?

Repérez les paliers et les refroidissements, puis associez-les aux étapes métallurgiques correspondantes. Justifiez les paramètres avec les données du sujet et les annexes, en distinguant mise en solution, trempe et vieillissement ou revenu.

Q : Comment déterminer la profondeur de nitruration avec la courbe de microdureté ?

Lisez la dureté en fonction de la distance à la surface, puis appliquez le critère conventionnel attendu pour repérer la limite de la couche. Exprimez la profondeur en millimètres et comparez-la à la plage du cahier des charges.

Q : Comment répartir le temps entre les trois parties ?

Le barème attribue 7,5 points à la partie I, 6,5 à la partie II et 6 à la partie III. Répartissez les deux heures selon ces pondérations, en gardant du temps pour vérifier les réponses et les unités.

Q : Qu'attend le jury dans les réponses de justification ?

Le jury attend un raisonnement reliant les données du sujet aux choix de traitement et aux propriétés visées. Appuyez-vous sur les valeurs et unités des annexes, explicitez les étapes du raisonnement et confrontez vos conclusions au cahier des charges.

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 - 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.