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

TRAITEMENTS DES MATÉRIAUX

Session 2026 • Code sujet : **26-BTS-TM-E6** • Durée : **4 heures** • Coefficient : **5**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. Analyse fonctionnelle et exigences de conformité (3 questions) **Page 3**

2. Dimensionnement de la charge et exploitation des contrôles (4 questions) **Page 5**

3. Préparation de fabrication et protocole opératoire (4 questions) **Page 7**

4. Prévention, sécurité et traçabilité (3 questions) **Page 10**

5. Ce qu'il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ) (Synthèse & Q&A Examen) **Page 12**

Sujet officiel (PDF) : https://btstm.fr/assets/annales/bts-tm/E6 - Épreuve professionnelle de synthèse (Pour les 2 options)/2026/BTS TM - E6 - Épreuve professionnelle de synthèse (Pour les 2 options) - Session 2026 - 1-Sujet.pdf

1. Analyse fonctionnelle et exigences de conformité

Le candidat étudie un lot de 48 pignons en acier 16MnCr5 destiné à recevoir une couche cémentée trempée tout en conservant un cœur tenace. Il interprète les exigences client, les zones fonctionnelles du plan et les méthodes de contrôle applicables.

Question 1.1. Présenter la fonction attendue de la couche cémentée et celle du cœur de la pièce en service, en reliant chacune à au moins une exigence chiffrée du cahier des charges.

La couche cémentée, puis trempée, durcit les dents pour résister à l'usure et aux contacts répétés. Elle doit présenter une dureté superficielle de 60 à 64 HRC et une profondeur conventionnelle de 0,70 à 1,00 mm. Le cœur conserve la ténacité nécessaire pour supporter les sollicitations sans rupture fragile ; sa dureté minimale est de 30 HRC. Ces exigences associent une surface résistante à un cœur robuste.

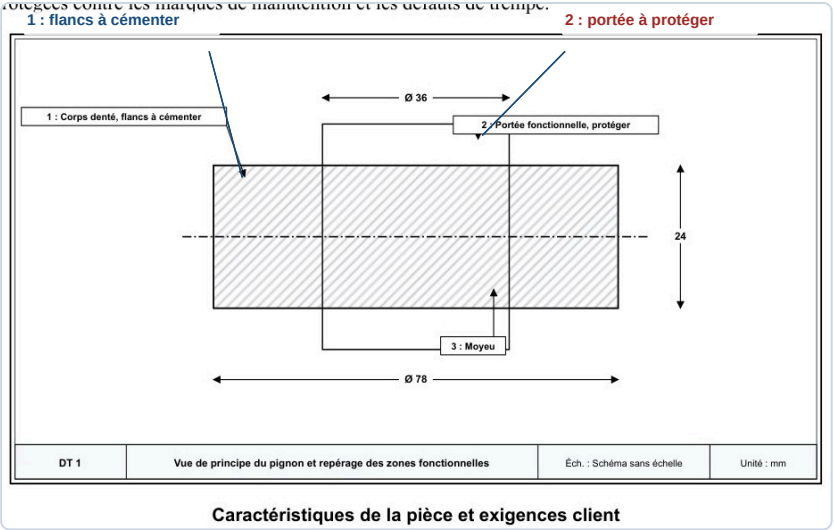
> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Surface : résistance à l'usure, 60 à 64 HRC et profondeur de 0,70 à 1,00 mm. Cœur : ténacité, dureté minimale de 30 HRC.

Question 1.2. À partir du DT 1, relever les dimensions caractéristiques qui influencent la mise en charge et le traitement. Indiquer la zone de la pièce pour laquelle la profondeur de couche est spécifiée et expliquer pourquoi les surfaces fonctionnelles repérées doivent être préservées.

Caractéristique	Valeur	Incidence
Diamètre extérieur du corps denté	Ø 78 mm	Encombrement au chargement
Diamètre du moyeu	Ø 36 mm	Géométrie de la pièce
Section maximale	24 mm	Dimension retenue pour le temps de chauffe
Masse unitaire	0,420 kg	Masse de la charge
Surface utile estimée	0,018 m²	Estimation de la surface à traiter

La profondeur de couche est spécifiée sur les flancs des dents, zone 1, et se mesure perpendiculairement à leur surface. Les portées fonctionnelles de la zone 2 doivent rester protégées des marques de manutention et des défauts de trempe afin de préserver leur fonction. La surface unitaire est estimée et ne tient pas compte d'un calcul détaillé de toutes les dents.

Zones fonctionnelles du pignon



Caractéristiques de la pièce et exigences client

✓ RÉPONSE À RETENIR

Cémenter les flancs des dents, zone 1 ; protéger les portées fonctionnelles, zone 2. Cotes : Ø 78 mm, Ø 36 mm et section maximale de 24 mm.

Question 1.3. **Associer les contrôles de dureté et de profondeur de couche aux références normatives indiquées au DT 3, puis préciser la grandeur mesurée par chacun de ces contrôles.**

Les duretés superficielle et à cœur se mesurent par essai Rockwell C selon la NF EN ISO 6508-1 ; le résultat est exprimé en HRC. Le profil de dureté est mesuré par essais Vickers selon la NF EN ISO 6507-1, en HV à plusieurs profondeurs sous la surface. La profondeur conventionnelle des couches cémentées relève de l'ISO 2639 : c'est la distance entre la surface et le point où le profil atteint 550 HV, déterminée par interpolation linéaire entre deux mesures encadrantes.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Rockwell C : HRC, NF EN ISO 6508-1. Vickers : profil en HV, NF EN ISO 6507-1. Profondeur conventionnelle à 550 HV : ISO 2639.

2. Dimensionnement de la charge et exploitation des contrôles

Le candidat dimensionne le traitement du lot à partir de la masse et de la surface estimée des pignons, ainsi que des capacités du four et de la cuve d'huile. Il exploite le profil de dureté mesuré sur une coupe métallographique pour vérifier la profondeur conventionnelle de couche.

Question 2.1. Calculer la masse totale des pièces, puis la masse de la charge comprenant le ou les paniers requis. Vérifier que cette charge respecte la capacité maximale du four indiquée au DT 2.

La masse des pièces vaut 48 × 0,420 = 20,16 kg. Le chargement est limité à 12 pièces par panier : il faut donc 4 paniers, soit 4 charges successives, et non une charge unique. La masse totale des pièces et paniers du lot est 20,16 + 4 × 22,0 = 108,16 kg. Chaque charge au four contient 12 pièces et un panier, soit 27,04 kg.

Grandeur	Calcul	Résultat
Masse des pièces	48 × 0,420	20,16 kg
Paniers requis	48 ÷ 12	4 paniers
Masse totale du lot, paniers compris	20,16 + 4 × 22,0	108,16 kg
Masse d'une charge au four	12 × 0,420 + 22,0	27,04 kg

La capacité de 65 kg est respectée pour chaque charge : 27,04 kg < 65 kg.

DR 1 complété : masse et nombre de paniers

Grandeur	Calcul	Résultat	Unité
Masse totale des pièces	48 × 0,420	20,16	kg
Nombre de paniers requis	48 ÷ 12	4	paniers
Masse totale de charge, paniers compris	20,16 + 4 × 22,0	108,16	kg
Volume minimal d'huile	.....	.....	L
Conformité à la capacité de la cuve	.....	.....	conforme / non conforme

✓ RÉPONSE À RETENIR

4 paniers et 4 charges successives de 27,04 kg. Masse totale du lot, paniers compris : 108,16 kg. La capacité du four est respectée à chaque charge.

Question 2.2. Calculer la surface totale de référence du lot à partir de la surface utile unitaire fournie au DT 1. Donner le résultat en m² et préciser une limite de cette estimation pour un pignon denté.

La surface utile estimée pour une pièce est de 0,018 m². Pour les 48 pignons, la surface totale de référence est donc 0,018 × 48 = 0,864 m². Cette valeur reprend l'estimation fournie au DT 1 et convient au calcul demandé. Elle ne correspond pas à un calcul géométrique détaillé de toutes les faces : le relief des dents et leurs surfaces développées ne sont pas déterminés précisément par cette estimation.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Surface totale de référence du lot : 0,864 m², valeur estimative qui ne détaille pas la surface réelle des dents.

Question 2.3. Déterminer le volume minimal d'huile nécessaire à la trempe de cette charge à partir du ratio fourni au DT 2, puis vérifier si la cuve disponible convient.

La masse à considérer pour une trempe est celle d'une charge réelle du four : 12 pièces et un panier, soit 27,04 kg. Avec le ratio minimal de 1,2 L par kilogramme de charge, le volume nécessaire est 27,04 × 1,2 = 32,448 L par trempe. La cuve de 70 L est suffisante. Le lot étant traité en quatre charges successives, la même cuve est réutilisée pour chacune ; le volume minimal indiqué est requis à chaque trempe.

DR 1 complété : volume d'huile et conformité de la cuve

Grandeur	Calcul	Résultat	Unité
Masse totale des pièces	.....	.....	kg
Nombre de paniers requis	.....	.....	paniers
Masse totale de charge, paniers compris	27,04 × 1,2	32,448	kg
Volume minimal d'huile	32,448 < 70	Conforme	L
Conformité à la capacité de la cuve	.....	.....	conforme / non conforme

✓ RÉPONSE À RETENIR

Il faut au minimum 32,448 L d'huile par trempe. La cuve de 70 L convient pour les quatre charges successives.

Question 2.4. À partir du profil de dureté du tableau, estimer par interpolation linéaire la profondeur à laquelle la dureté atteint 550 HV. Comparer cette profondeur à la plage imposée au cahier des charges et conclure sur la conformité de la profondeur de couche du témoin.

Le seuil de 550 HV est encadré par les mesures de 570 HV à 0,70 mm et de 530 HV à 0,90 mm. La baisse nécessaire est de 20 HV sur un écart total de 40 HV : le seuil est atteint à mi-distance entre ces deux profondeurs. L'interpolation donne 0,70 + (20 ÷ 40) × (0,90 − 0,70) = 0,80 mm. Cette profondeur conventionnelle est comprise dans la plage exigée de 0,70 à 1,00 mm.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Profondeur à 550 HV : 0,80 mm. Le témoin respecte l'exigence de 0,70 à 1,00 mm.

3. Préparation de fabrication et protocole opératoire

Le candidat prépare une gamme de référence associant cémentation gazeuse à 900 °C, trempe à l'huile et revenu basse température. Il calcule l'énergie et la consommation de gaz, puis organise le chargement des 48 pièces en paniers en tenant compte des limites de l'installation.

Question 3.1. Établir l'ordre des opérations de la gamme, depuis la réception des pièces jusqu'à la libération du lot. Pour chaque opération, indiquer au moins un paramètre ou une précaution pertinente parmi les données des DT 1 et DT 2, et renseigner le DR 2.

1. Réceptionner et identifier les 48 pignons en acier 16MnCr5 ; vérifier leur état et enregistrer le lot.
2. Protéger les portées fonctionnelles repérées 2. Charger au plus 12 pièces par panier, sans contact entre les dents ni empilage.
3. Chauffer et stabiliser à 900 °C : le temps estimé est de $1{,}8 \times 24 + 35 = 78{,}2$ min. Maintenir la cémentation 2,5 h.
4. Tremper à l'huile en transférant immédiatement le panier avec les moyens de manutention et les EPI prévus.
5. Effectuer le revenu basse température selon le cycle validé, puis refroidir.
6. Contrôler les duretés et la profondeur de couche ; libérer le lot uniquement après décision de conformité.

Tracer le numéro de lot, le four, les paramètres du cycle, les résultats de contrôle, les opérateurs et toute décision qualité.

DR 2 complété : gamme opératoire

Ordre	Opération	Paramètre ou point de vigilance	Contrôle ou enregistrement
1	Réception et identification du lot	48 pignons, 16MnCr5	N° lot, état
2	Préparation et chargement	Protéger portées 2 ; ≤12/pa	Charge, paniers
3	Cémentation gazeuse	900 °C ; maintien 2,5 h	Cycle, paramètres
4	Trempe à l'huile	Transfert immédiat ; EPI	Transfert, trempe
5	Revenu et refroidissement	Revenu basse température	Cycle, refroidissement
6	Contrôles et décision de libération	60-64 HRC ; cœur ≥30 HRC	Contrôles, fiche de suivi
Écart : dureté superficielle de 59 HRC	Décision immédiate	Isoler si hors spécification	Décision qualité tracée

✓ RÉPONSE À RETENIR

Réception, chargement protégé, cémentation à 900 °C pendant 2,5 h, trempe à l'huile, revenu, contrôles et libération après validation.

Question 3.2. **Calculer l'énergie thermique théorique nécessaire pour porter la charge de 20 °C à 900 °C, en utilisant la masse de charge calculée à la question 2.1 et les données thermiques du DT 2. Calculer ensuite l'énergie à fournir en tenant compte du rendement indiqué et exprimer les résultats en MJ.**

Les 48 pièces nécessitent quatre charges de 12 pièces, chacune de $12 \times 0{,}420 + 22{,}0 = 27{,}04$ kg, sous la limite du four de 65 kg. La masse totale de 108,16 kg représente donc le cumul des quatre charges, et non une charge simultanée. Avec $\Delta T = 900 - 20 = 880$ K, l'énergie théorique cumulée vaut $108{,}16 \times 0{,}60 \times 880 / 1000 = 57{,}11$ MJ. En tenant compte du rendement de 0,65, l'énergie à fournir pour les quatre traitements est $57{,}10848 / 0{,}65 = 87{,}86$ MJ.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Pour les quatre charges : énergie théorique cumulée 57,11 MJ ; énergie à fournir 87,86 MJ.

Question 3.3. **Calculer le volume de gaz de cémentation consommé pendant le maintien prévu au DT 2, puis son coût pour le lot. Utiliser la masse totale des pièces, le débit spécifique, la durée de maintien et le tarif fournis, en présentant les unités à chaque étape.**

La masse de pièces, hors paniers, est $48 \times 0{,}420 = 20{,}16$ kg. Pour un maintien de 2,5 h, le volume consommé est $20{,}16\ \mathrm{kg} \times 0{,}12\ \mathrm{Nm^3\,kg^{-1}\,h^{-1}} \times 2{,}5\ \mathrm{h} = 6{,}048$ Nm³. Au tarif de $0{,}42\ \mathrm{€\,Nm^{-3}}$, le coût est $6{,}048 \times 0{,}42 = 2{,}54016$ €, soit 2,54 € pour le lot. Le calcul porte sur la masse des pièces et la durée de maintien, sans compter les paniers ni le temps de chauffe.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Consommation de gaz : 6,048 Nm³. Coût pour le lot : 2,54 €.

Question 3.4. **Renseigner le DR 1 : calculer la quantité de pièces à charger par panier en appliquant la disposition prescrite au DT 2, déterminer le nombre de paniers requis pour traiter le lot complet et justifier que la capacité massique du four demeure respectée.**

Grandeur	Calcul	Résultat
Pièces par panier	Maximum autorisé	12 pièces
Paniers requis	48 ÷ 12	4 paniers
Masse totale des pièces	48 × 0,420	20,16 kg
Masse cumulée, paniers compris	20,16 + 4 × 22,0	108,16 kg
Masse par charge	12 × 0,420 + 22,0	27,04 kg
Huile par charge	27,04 × 1,2	32,448 L
Volume cumulé pour quatre charges	108,16 × 1,2	129,792 L

Traiter les paniers séparément : chaque charge de 27,04 kg respecte la capacité du four de 65 kg et demande 32,448 L d'huile, sous la capacité de cuve de 70 L. Les 129,792 L correspondent au volume cumulé des quatre opérations, pas à un besoin simultané. Placer les pièces sans contact entre dents et sans empilage.

DR 1 complété : charge, paniers et huile

Feuille de calcul de charge et de mise en panier

Grandeur	Calcul	Résultat	Unité
Masse totale des pièces	48 × 0,420	20,16	kg
Nombre de paniers requis	48 ÷ 12	4	paniers
Masse totale de charge, paniers compris	20,16 + 4 × 22,0	108,16	kg
Volume minimal d'huile	108,16 × 1,2	129,792	L
Conformité à la capacité de la cuve	129,792 L cumulés	4 trempes séparées	32,448 L/charge ; cuve conforme

✓ RÉPONSE À RETENIR

12 pièces par panier, soit 4 paniers. Chaque charge : 27,04 kg et 32,448 L d'huile. Les capacités du four et de la cuve sont respectées par charge.

4. Prévention, sécurité et traçabilité

Le candidat analyse les risques professionnels et environnementaux associés à la cémentation, à la trempe à l'huile et aux contrôles. Il détermine aussi la conduite à tenir et les informations de traçabilité à conserver en cas de résultat hors spécification.

Question 4.1. Identifier deux risques professionnels distincts liés aux opérations de la gamme. Pour chacun, proposer une mesure de prévention adaptée aux équipements et aux procédures décrits au DT 3.

Deux risques distincts sont à maîtriser pendant la gamme :

- **Brûlure ou incendie** au contact des pièces chaudes ou de l'huile de trempe : utiliser les moyens de manutention adaptés, l'écran thermique, les gants thermiques et les lunettes, puis transférer immédiatement le panier.
- **Exposition aux atmosphères de traitement** : s'appuyer sur la détection et l'asservissement de sécurité, maintenir la ventilation et respecter les consignes d'évacuation. Toute maintenance est réservée au personnel habilité, après consignation des énergies et mise en sécurité.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Protéger la manutention des pièces chaudes et de l'huile; maîtriser le risque d'atmosphère par détection, ventilation, évacuation et consignation.

Question 4.2. Indiquer deux dispositions à appliquer pour limiter les impacts environnementaux ou les risques de pollution liés aux effluents, aux huiles ou aux déchets de l'atelier.

Pour limiter la pollution, les huiles usagées et les absorbants souillés sont placés dans des contenants fermés et identifiés, stockés sur rétention, puis remis à une filière autorisée. En cas de déversement, le produit est contenu immédiatement selon la procédure du site afin d'empêcher sa dispersion. Ces mesures couvrent à la fois la gestion des déchets souillés et la prévention d'une pollution accidentelle.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Collecter les huiles et absorbants souillés en contenants identifiés sur rétention, puis les remettre à une filière autorisée; contenir immédiatement tout déversement.

Question 4.3. Pour une dureté superficielle mesurée à 59 HRC sur une pièce témoin, alors que la plage spécifiée est de 60 à 64 HRC, indiquer la décision immédiate concernant le lot et citer les informations à consigner pour assurer sa traçabilité. Renseigner le DR 2.

La mesure de 59 HRC est inférieure au minimum spécifié de 60 HRC : le lot est hors spécification. L'isoler immédiatement et interdire sa libération jusqu'à une décision documentée du responsable qualité. Sur la fiche de suivi, consigner les éléments suivants :

Traçabilité	Informations à enregistrer
Identification	Numéro de lot et identification du four
Traitement et contrôle	Paramètres du cycle, résultat mesuré et contrôles réalisés
Écart et décision	Opérateur, écart constaté et décision de traitement

DR 2, décision immédiate pour l'écart

6	Contrôles et décision de libération	.....	.....
Écart : dureté superficielle de 59 HRC	Décision immédiate	..... Tracer l'écart et la décision qualité libération	.....

✓ RÉPONSE À RETENIR

Isoler le lot et bloquer sa libération jusqu'à la décision documentée du responsable qualité.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2026)

Bilan de l'épreuve : Cette épreuve E6 du BTS Traitements des matériaux, session 2026, code 26-BTS-TM-E6, dure 4 heures et a un coefficient 5. Elle porte sur la cémentation de pignons en acier 16MnCr5. Le candidat analyse les exigences, dimensionne la charge, exploite les contrôles, établit une gamme opératoire et traite les enjeux de sécurité, d'environnement et de traçabilité.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- La profondeur conventionnelle de couche cémentée est la distance entre la surface et le point où la dureté atteint 550 HV.
- La profondeur à 550 HV s'estime par interpolation linéaire entre les deux mesures de dureté qui encadrent 550 HV.
- L'énergie thermique théorique se calcule avec $E = m \times c \times \Delta T$; l'énergie à fournir tient ensuite compte du rendement thermique global.
- Le dimensionnement minimal de l'huile utilise le ratio de 1,2 L par kilogramme de charge, paniers compris.

Points de vigilance & attentes du jury

- Distinguer la masse des pièces de la masse de charge incluant les paniers nécessaires selon la règle de chargement.
- Comparer la charge à la capacité du four et le volume d'huile à la capacité de la cuve, en précisant si le calcul concerne le lot entier ou une charge de traitement.
- Pour l'interpolation, utiliser les deux mesures encadrant 550 HV et comparer la profondeur obtenue à la plage exigée.
- Tout résultat hors spécification impose l'isolement du lot et interdit sa libération avant une décision documentée.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment estimer la profondeur de couche à 550 HV à partir du tableau de mesures ?

Repérez les deux mesures qui encadrent 550 HV, puis appliquez une interpolation linéaire entre leurs profondeurs. Ici, 550 HV se situe entre 570 HV à 0,70 mm et 530 HV à 0,90 mm ; la profondeur estimée est donc 0,80 mm.

Q : Quelle masse faut-il retenir pour calculer l'énergie et le volume d'huile ?

La masse de charge comprend les pièces et les paniers effectivement chargés dans le four. Il faut vérifier si le lot entier peut être traité en une seule charge ; si plusieurs charges sont nécessaires, les calculs d'installation doivent être établis pour chacune.

Q : Quelles sont la durée et la répartition des points de cette épreuve ?

L'épreuve dure 4 heures et son coefficient est 5. Le sujet répartit les 20 points entre quatre parties : analyse fonctionnelle, étude technologique, préparation de fabrication et prévention, sécurité et traçabilité.

Q : Que faire si le résultat d'un contrôle est hors spécification ?

Il faut isoler le lot et ne pas autoriser sa libération avant une décision documentée du responsable qualité. La fiche de suivi consigne notamment le numéro de lot, les paramètres du cycle, l'identification du four, les contrôles, les opérateurs et la décision prise.

Sujet officiel associé (PDF) : https://btstm.fr/assets/annales/bts-tm/E6 - Épreuve professionnelle de synthèse (Pour les 2 options)/2026/BTS TM - E6 - Épreuve professionnelle de synthèse (Pour les 2 options) - Session 2026 - 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.