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 CICN

Épreuve U 52 - Définition des processus

Session 2001 • Code sujet : **CNORG** • Durée : **Partie 2-2 : durée conseillée 1 heure; durée de la partie 2-1 non indiquée**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. **Soudabilité de l'acier EH 36 et risque de fissuration à froid** (9 questions) **Page 3**

2. **Contrôle qualité des défauts de coupe en oxycoupage** (2 questions) **Page 7**

3. **Ce qu'il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ)** (Synthèse & Q&A Examen) **Page 9**

Sujet officiel (PDF) : https://btscicn.fr/assets/annales/bts-cicn/E5 - Conception et industrialisation/2001/BTS CICN - E5 - Conception et industrialisation - Session 2001 - 2-Sujet.pdf

1. Soudabilité de l’acier EH 36 et risque de fissuration à froid

L’étude porte sur le soudage à l’électrode enrobée d’une tôle et d’un renfort en acier EH 36, d’épaisseur 20 mm, pour un assemblage représentatif d’un navire remorqueur de haute mer. Les données matière et de soudage sont à exploiter avec les documents de réponse sur les transformations au refroidissement et la fissuration à froid.

Question 1. Déterminer l’énergie nominale dispensée par le procédé de soudage à partir des paramètres et des relations fournis.

La tension conventionnelle est **U = 20 + 0,04 × 125 = 25 V**. Avec l’intensité de 125 A et la vitesse de 18 cm/min, l’énergie nominale vaut **En = 60 × 25 × 125 / (1000 × 18)**. Il s’agit de l’énergie électrique nominale par unité de longueur, avant les corrections de rendement et de géométrie éventuellement appliquées sur le nomogramme.

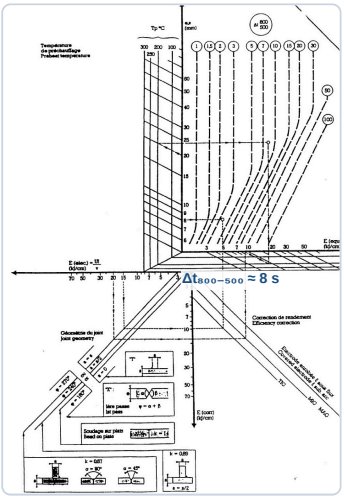
✓ RÉPONSE À RETENIR

En = 10,42 kJ/cm.

Question 2. Déterminer le temps de refroidissement Δt 800-500 °C.

Reporter l’énergie nominale sur le nomogramme de la page 3, puis tenir compte de la géométrie du joint en T et de l’épaisseur de 20 mm. La lecture obtenue est graphique et approchée : le temps de refroidissement entre 800 °C et 500 °C est voisin de 8 s. Cette valeur sert ensuite à lire la structure et la dureté sur le diagramme de transformation de l’acier EH 36.

Lecture du temps de refroidissement



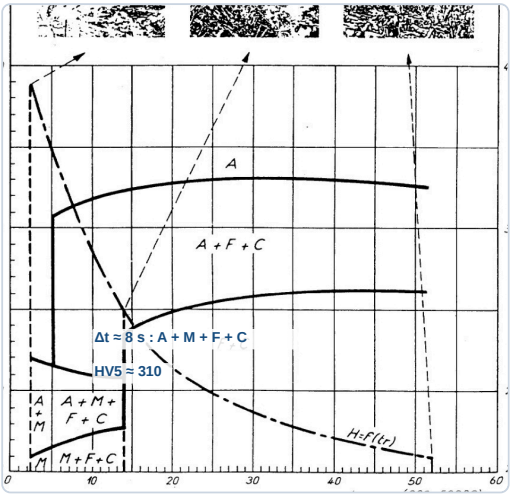
✓ RÉPONSE À RETENIR

$\Delta t_{800\text{-}500} \approx 8$ s.

Question 3. Déduire, à partir du temps de refroidissement, la structure et la dureté HV5 de la zone affectée thermiquement.

Sur le diagramme de transformation de l'acier EH 36, repérer le temps de refroidissement d'environ 8 s. La zone correspondante indique une structure comprenant de l'austénite transformée en martensite, ferrite et carbures, notée **A + M + F + C**. La courbe de dureté associée donne une valeur d'environ **310 HV5**. Ces deux résultats sont des lectures graphiques approximatives.

Structure et dureté pour Δt ≈ 8 s



✓ **RÉPONSE À RETENIR**

Structure : A + M + F + C ; dureté : ≈ 310 HV5.

Question 4. Comparer la dureté obtenue avec la dureté critique admise en condition de soudage pour cet acier.

La teneur en carbone est de 0,17 %. La limite indiquée par le sujet est donc **HVc = 240 + 790 × 0,17 = 374,3 HV**. La dureté estimée de la ZAT, environ 310 HV5, est inférieure à cette limite. Selon le critère de dureté fourni, les conditions initiales respectent donc la valeur critique admise pour cet acier.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

310 HV5 < 374,3 HV : critère de dureté respecté.

Dans l'hypothèse où la dureté est supérieure à la dureté admise

Question 5.1. Proposer deux solutions justifiées pour diminuer cette dureté.

Pour réduire une dureté excessive de la ZAT, il faut ralentir son refroidissement. Deux solutions sont adaptées :

- **Préchauffer les pièces** : le gradient thermique diminue et le refroidissement ralentit.
- **Augmenter l'énergie de soudage**, par exemple en diminuant la vitesse d'avance : l'apport thermique par unité de longueur augmente.

Ces actions favorisent des transformations moins martensitiques et donc une dureté plus faible.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Préchauffer les pièces ou augmenter l'énergie linéique de soudage.

Question 5.2. Commenter les nouveaux résultats selon le coût, la mise en œuvre, le confort du soudeur et d'autres critères pertinents, puis choisir la meilleure solution.

Le préchauffage exige un moyen de chauffe et un contrôle de température, avec une gêne accrue pour le soudeur. Réduire la vitesse d'avance ne demande pas d'équipement supplémentaire et coûte peu, mais allonge la durée de soudage et peut augmenter les déformations. Le choix le plus simple ici est de réduire la vitesse de façon maîtrisée, tout en vérifiant la géométrie du cordon et en respectant la procédure de soudage.

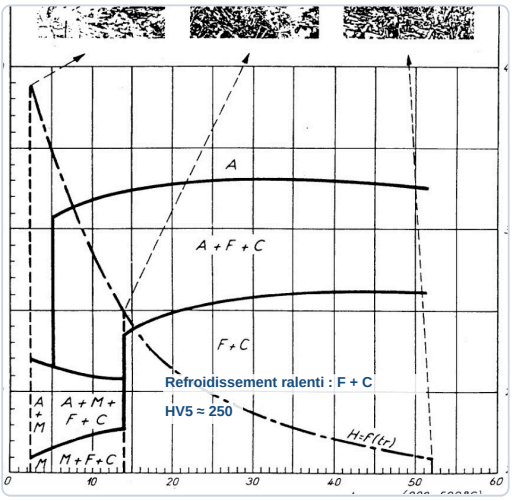
✓ RÉPONSE À RETENIR

Choix : réduire la vitesse d'avance, sous contrôle de la procédure et du cordon.

Question 5.3. Déterminer la nouvelle structure et la nouvelle dureté obtenues avec la solution choisie.

Pour chiffrer la solution retenue, on prend une vitesse réduite à 12 cm/min, en conservant U = 25 V et I = 125 A. L'énergie nominale devient **15,63 kJ/cm**. Le refroidissement est plus lent ; sur le diagramme EH 36, la structure lue est **F + C** et la dureté est voisine de **250 HV5**. La valeur est approximative, car elle dépend de la lecture graphique du temps de refroidissement correspondant.

Lecture graphique après augmentation de l'énergie



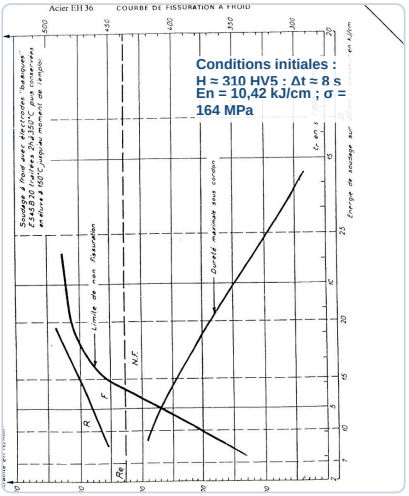
✓ RÉPONSE À RETENIR

À 12 cm/min : En ≈ 15,63 kJ/cm ; structure F + C ; dureté ≈ 250 HV5.

Question 5.4. À l'aide de la courbe de fissuration à froid, déterminer le risque de fissuration avec les conditions de soudage initialement trouvées et une contrainte de bridage maximale de 0,5 Re.

La contrainte maximale de bridage vaut **0,5 × Re = 0,5 × 328 MPa = 164 MPa**. Reporter sur la courbe de fissuration à froid les conditions initiales : dureté d'environ 310 HV5, énergie nominale de 10,42 kJ/cm et temps de refroidissement d'environ 8 s, avec cette contrainte. La lecture place le cas dans le domaine de non-fissuration du diagramme. Le risque est donc faible dans ces conditions, sans dispense des précautions de soudage.

Données à reporter sur la courbe de fissuration à froid



✓ **RÉPONSE À RETENIR**

$\sigma_{bridage}$ = 164 MPa ; domaine non fissurant sur le diagramme.

Question 5.5. Indiquer les précautions d'utilisation des électrodes choisies.

Les électrodes E 545 B 20 sont basiques et doivent être protégées de l'humidité afin de limiter l'hydrogène diffusible, facteur de fissuration à froid. Le document pratique prescrit de les étuver **2 h à 350 °C**, puis de les conserver dans une étuve à **150 °C** jusqu'à leur emploi. Ne sortir que la quantité nécessaire et suivre les consignes du fabricant pour le stockage et le réétuvage.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

Étuver 2 h à 350 °C, puis conserver à 150 °C jusqu'à l'emploi.

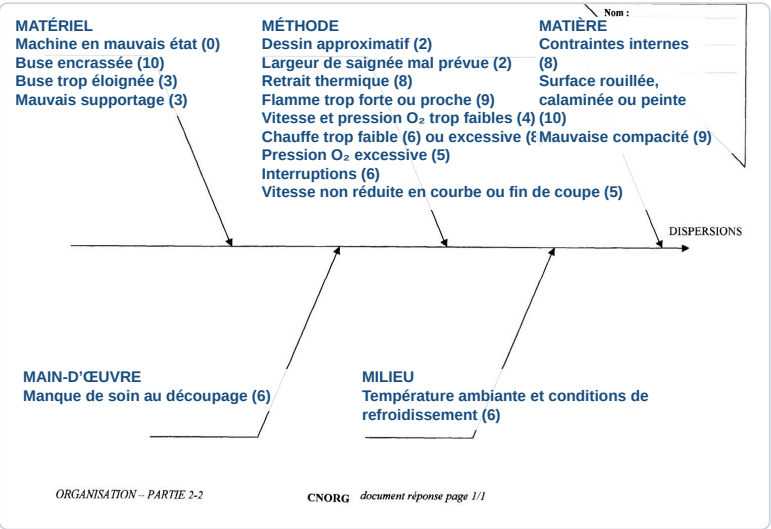
2. Contrôle qualité des défauts de coupe en oxycoupage

Un chantier naval constate une dispersion trop importante des caractéristiques de tôles oxycoupées et crée un groupe de travail pour en rechercher les causes et quantifier leurs effets. Le dossier présente les causes recensées, les fréquences observées sur 100 produits non conformes et une annexe associant des aspects de coupe à leurs origines.

Question 1. Tracer sur le document réponse le diagramme de causes-effet d'Ishikawa en classant les causes selon la méthode des 5 M.

Le diagramme relie les causes à l'effet observé : la **dispersion** des coupes. Les machines, buses et supports relèvent du Matériel ; les choix de préparation et de réglage, de la Méthode ; le manque de soin, de la Main-d'œuvre. Le Milieu regroupe les conditions ambiantes et la Matière, les caractéristiques et l'état de la tôle. Les fréquences indiquées entre parenthèses sont celles du relevé.

Diagramme d'Ishikawa complété selon les 5 M



✓ **RÉPONSE À RETENIR**

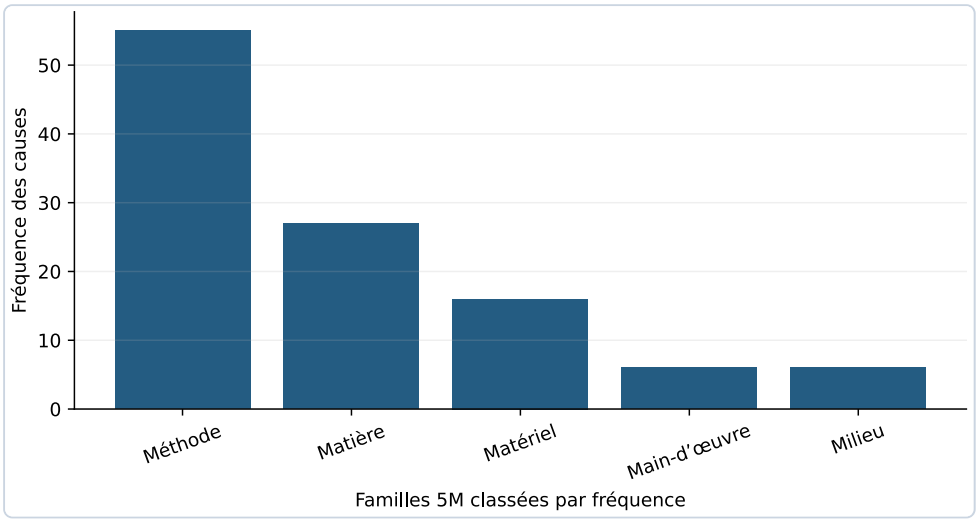
5M : Matériel, Méthode, Main-d'œuvre, Milieu et Matière, avec les causes reportées sur les branches.

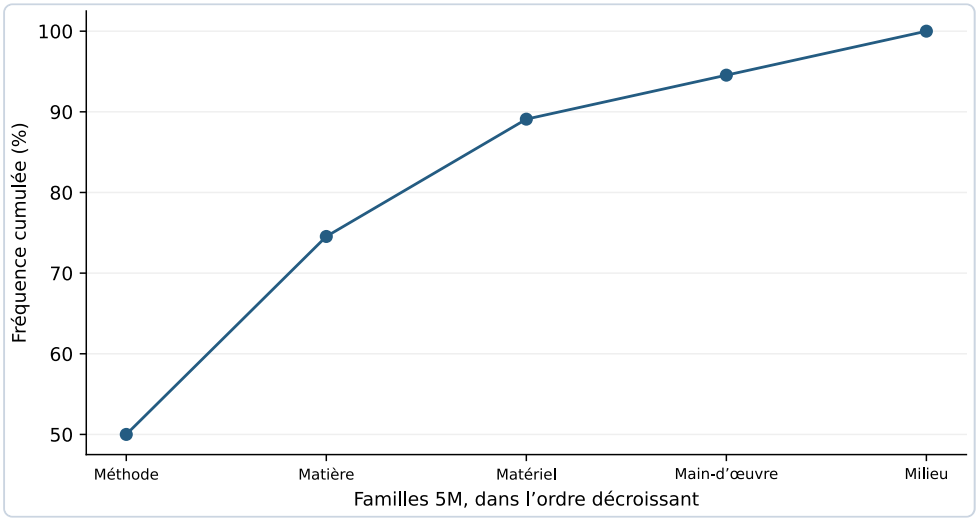
Question 2. Sur feuille de copie, tracer le diagramme de Pareto associé aux cinq causes principales (5 M), puis conclure en mettant en évidence l'action prioritaire à développer.

Les fréquences sont regroupées par famille selon le classement 5M du diagramme, puis ordonnées de la plus élevée à la plus faible. Le total atteint 110 causes signalées : il dépasse les 100 produits, car une inspection pouvait relever plusieurs causes par produit. Le tableau donne le cumul en pourcentage ; les deux graphiques montrent respectivement les fréquences et leur progression cumulée.

Rang	Famille 5M	Fréquence	Cumul
1	Méthode	55	50,00 %
2	Matière	27	74,55 %
3	Matériel	16	89,09 %
4	Main-d'œuvre	6	94,55 %
5	Milieu	6	100,00 %

Il faut prioritairement fiabiliser la méthode de coupe, puis contrôler la matière.





✓ RÉPONSE À RETENIR

Priorité : maîtriser la méthode de coupe, première avec 55 causes sur 110, puis contrôler la matière.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2001)

Bilan de l'épreuve : L'épreuve U 52 du BTS Construction navale, session 2001, code CNORG, réunit l'étude de la soudabilité de l'acier EH 36 et l'optimisation d'un procédé d'oxycoupage. La partie 2-2 est notée sur 20 points et sa durée conseillée est d'une heure; la durée de la partie 2-1 n'est pas indiquée. Les compétences évaluées concernent les calculs de soudage, l'analyse métallurgique et les outils qualité.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- L'énergie nominale de soudage se calcule avec En = 60UI/(1000V), où U est en volts, I en ampères et V en cm/min.
- Le diagramme de transformation de l'EH 36 relie Δt 800-500 °C aux structures métallurgiques et à la dureté HV5.
- La dureté critique de soudage est donnée dans le sujet par HVc < 240 + 790 × %C.
- Ishikawa classe les causes selon les 5 M; Pareto permet de hiérarchiser les causes à traiter selon leurs fréquences.

Points de vigilance & attentes du jury

- Calculer d'abord la tension avec U = 20 + 0,04 I, puis appliquer la formule d'énergie avec les unités indiquées.
- Lire précisément les axes et les courbes des documents graphiques avant de relever temps, structure, dureté ou risque de fissuration.
- Pour Ishikawa, classer les causes données dans les 5 M en tenant compte des défauts et déformations d'oxycoupage.
- Pour Pareto, exploiter les fréquences du tableau, hiérarchiser les causes et justifier l'action prioritaire par une conclusion.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment déterminer l'énergie nominale de soudage demandée dans la partie 2-1 ?

Déterminez d'abord U avec la relation fournie, U = 20 + 0,04 I. Utilisez ensuite U, I et la vitesse V dans En = 60UI/(1000V), en respectant les unités précisées dans le sujet.

Q : Comment exploiter le diagramme de transformation pour obtenir la dureté de la zone affectée thermiquement ?

Repérez Δt 800-500 °C sur l'axe horizontal du diagramme EH 36. Suivez le domaine de transformation correspondant pour identifier la structure, puis lisez la dureté HV5 sur l'échelle prévue.

Q : La partie 2-2 comporte-t-elle un barème détaillé et quelle est sa durée ?

La partie 2-2 est notée sur 20 points et sa durée conseillée est d'une heure. Le sujet ne répartit pas les points entre les deux questions et ne précise pas la durée de la partie 2-1.

Q : Qu'attend le jury pour le diagramme de Pareto de la partie 2-2 ?

Le diagramme doit s'appuyer sur les fréquences fournies et rendre lisible la hiérarchie des causes regroupées selon les 5 M. La conclusion doit relier cette hiérarchie à l'action prioritaire à développer.

Sujet officiel associé (PDF) : https://btscicn.fr/assets/annales/bts-cicn/E5 - Conception et industrialisation/2001/BTS CICN - E5 - Conception et industrialisation - Session 2001 - 2-Sujet.pdf
Ressources BTS Conception et Industrialisation en Construction Navale : 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.