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

Sciences et techniques industrielles

Session 2019 • Code sujet : **TM42AB** • Durée : **2 heures** • Coefficient : **2**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. Étude du traitement thermique du palonnier en phase 50 (6 questions) **Page 3**

2. Caractéristiques mécaniques du palonnier et essai Charpy (5 questions) **Page 7**

3. Étude du traitement de surface de l'arceau (6 questions) **Page 10**

4. 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/2019/BTS TM - E4 - Sciences et techniques industrielles - Session 2019 - 2-Sujet.pdf

1. Étude du traitement thermique du palonnier en phase 50

Le palonnier assure l'ouverture et la fermeture de l'arceau et doit satisfaire des exigences de résistance, de ductilité et de résilience. L'étude porte sur le choix de l'acier, le cycle de traitement thermique et l'interprétation du diagramme TRC et des micrographies du 42CrMo4.

Question I.1. Parmi les aciers proposés dans les annexes I-A, I-B et I-C, choisir celui qui permet de respecter le cahier des charges, puis justifier le choix à partir des annexes.

Pour la section de classe inférieure ou égale à 16 mm, le C48 et le 30NiCr11 ne permettent pas d'atteindre simultanément les seuils. Le 42CrMo4 est le choix adapté : son diagramme de revenu permet de régler le compromis résistance, allongement et résilience, contrairement aux valeurs qui ne conviennent pas à l'état de livraison.

Acier	Comparaison au cahier des charges
C48	Les caractéristiques obtenues au revenu ne réunissent pas tous les seuils requis.
30NiCr11	Pour la classe ≤ 16 mm, Rm ≤ 1 130 MPa, inférieur au minimum de 1 190 MPa.
42CrMo4	Le diagramme de revenu permet de viser les exigences, avec un revenu adapté, autour de 600 °C.

Le choix est donc le 42CrMo4, cohérent avec l'hypothèse imposée pour la suite de l'étude.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

Acier choisi : 42CrMo4, avec un revenu adapté pour satisfaire les exigences mécaniques.

Question I.2. Pour la désignation retenue, donner la composition moyenne de l'acier et nommer en toutes lettres le ou les éléments d'addition, s'il y en a.

La fiche du 42CrMo4 donne les plages de composition massique suivantes. Les principaux éléments d'addition sont le chrome et le molybdène; le manganèse et le silicium sont également présents.

Élément	Composition massique (%)
Carbone	0,39 à 0,45
Chrome	0,90 à 1,20
Molybdène	0,15 à 0,25
Manganèse	0,60 à 0,90
Silicium	0,10 à 0,40
Phosphore et soufre	≤ 0,035 chacun

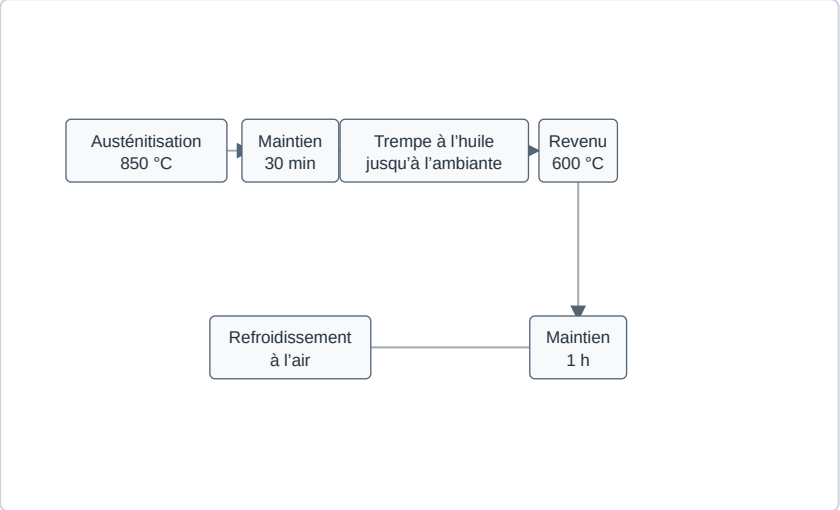
✓ **RÉPONSE À RETENIR**

42CrMo4 : acier au chrome et au molybdène, contenant aussi du manganèse et du silicium.

Question I.3. **À partir de la fiche technique de l'acier choisi, dessiner le cycle complet du traitement thermique de la phase 50 en faisant apparaître les températures, les temps de maintien et les milieux de refroidissement adaptés. L'hypothèse donnée est que l'acier retenu est le 42CrMo4.**

Le cycle comprend une austénitisation, une trempe à l'huile, puis un revenu. La fiche prescrit 835 à 865 °C pour la trempe et 550 à 650 °C pour le revenu. Le schéma donne un exemple de conduite : maintien d'austénitisation de 30 min, revenu de 1 h. Les durées exactes de maintien sont à adapter à l'épaisseur et à l'homogénéisation de la pièce.

Cycle de trempe et revenu du 42CrMo4



Exemple de cycle dans les plages de température indiquées par la fiche technique.

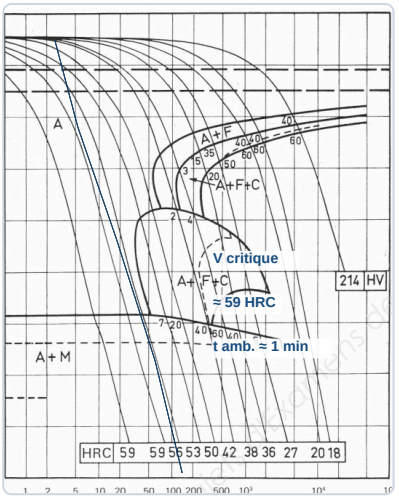
✓ RÉPONSE À RETENIR

Exemple : 850 °C, maintien 30 min, trempe à l'huile; revenu à 600 °C, maintien 1 h, refroidissement à l'air.

Question I.4. **Sur le diagramme TRC du 42CrMo4, tracer et repérer la loi correspondant à la vitesse critique de trempe martensitique, définir cette vitesse, puis préciser la durée de retour à température ambiante et la dureté visée.**

La vitesse critique est la vitesse minimale de refroidissement qui évite les transformations diffusantes et donne une structure entièrement martensitique. Sur le TRC, repérer la courbe limite contournant le nez de transformation et aboutissant à la martensite. La lecture de la ligne de dureté associée donne environ 59 HRC. Le temps de refroidissement jusqu'à l'ambiante se lit sur l'axe logarithmique du diagramme et est de l'ordre d'une minute.

Vitesse critique sur le diagramme TRC



✓ RÉPONSE À RETENIR

Vitesse critique : vitesse minimale donnant la martensite sans transformation diffusante; retour à l'ambiante : environ 1 min; dureté : environ 59 HRC.

Question I.5. **Sur l'annexe I-D à rendre, indiquer laquelle des micrographies 1, 2 ou 3 semble correspondre à cette vitesse critique de trempe, puis repérer les constituants de structure présents.**

La micrographie correspondant à la vitesse critique doit montrer une structure entièrement martensitique. C'est la micrographie 3, identifiée comme telle sur l'annexe. Les constituants présents sont donc des plaquettes ou aiguilles de martensite; aucune ferrite-perlite ni bainite n'est attendue dans cette structure.

Micrographie de structure martensitique



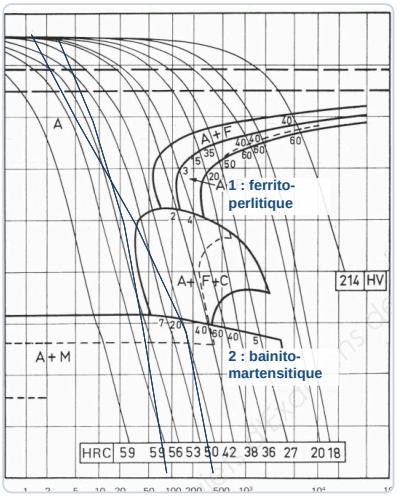
✓ RÉPONSE À RETENIR

Micrographie 3 : structure martensitique.

Question I.6. **Pour les deux micrographies restantes, tracer sur le diagramme TRC les lois de refroidissement qui semblent correspondre aux structures observées et les repérer.**

La micrographie 1, ferrito-perlitique, correspond au refroidissement le plus lent : la courbe traverse les domaines de formation de ferrite et de perlite. La micrographie 2, bainito-martensitique, correspond à un refroidissement intermédiaire : la courbe traverse le domaine bainitique, puis atteint le domaine martensitique sous Ms. Repérer chaque loi par le numéro de sa micrographie.

Lois de refroidissement des micrographies 1 et 2



✓ RÉPONSE À RETENIR

1 : refroidissement lent, ferrite-perlite. 2 : refroidissement intermédiaire, bainite-martensite.

2. Caractéristiques mécaniques du palonnier et essai Charpy

Le palonnier est destiné à fonctionner dans des environnements soumis à de fortes variations de température et à des chocs répétés. Des résultats partiels d'essais Charpy sur éprouvettes en V permettent d'étudier la résilience de l'acier en fonction de la température.

Question II.1. **Donner le principe et le mode opératoire de l'essai de flexion par choc Charpy.**

L'essai Charpy caractérise la résilience en mesurant l'énergie absorbée par une éprouvette entaillée lors d'un choc. On place l'éprouvette normalisée sur deux appuis, avec l'entaille du côté opposé au percuteur. On libère un pendule qui la frappe derrière l'entaille. La différence entre l'énergie du pendule avant et après la rupture donne l'énergie absorbée KV, en joules. L'essai se réalise à la température étudiée.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> KV est l'énergie absorbée, en joules, lors de la rupture par choc de l'éprouvette entaillée.

Question II.2. **Compléter le tableau de l'annexe II-A en associant les énergies relevées lors des essais aux températures probables, puis justifier les associations.**

Les cinq énergies sont à associer aux températures dans l'ordre croissant : les températures basses favorisent une rupture fragile et une faible énergie absorbée, tandis que les températures plus élevées favorisent une rupture ductile et une énergie supérieure. L'association attendue est la suivante :

Température	**-80 °C**	**-30 °C**	**0 °C**	**30 °C**	**80 °C**
Énergie KV	25 J	40 J	90 J	120 J	125 J

La forte hausse entre -30 °C et 30 °C correspond à la transition vers un comportement plus ductile ; les valeurs élevées se rapprochent ensuite du palier ductile.

Annexe II-A complétée : énergies

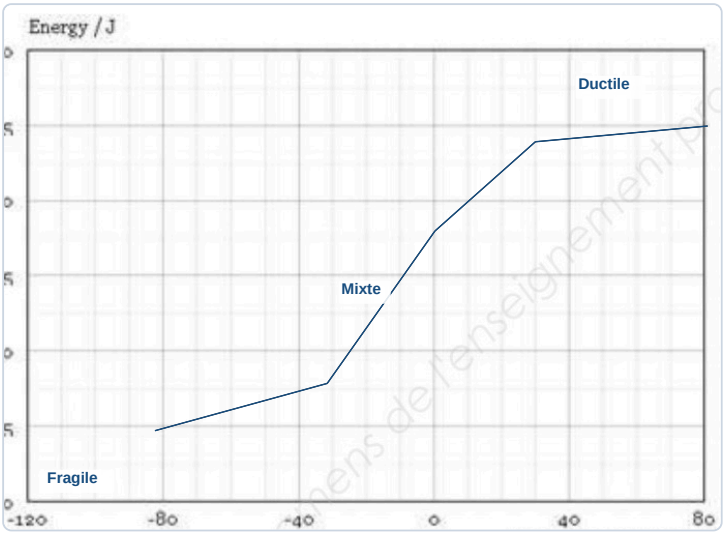
N° Essai	1	2	3	4	5
Temp. en °C	- 80°C	- 30°C	0°C	30°C	80°C
Énergie en J à compléter	25 J	40 J	90 J	120 J	125 J

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Pour -80, -30, 0, 30 et 80 °C, les énergies sont respectivement 25, 40, 90, 120 et 125 J.

Question II.3. **Tracer sur le graphe l'allure possible de la courbe de l'énergie absorbée lors des essais, en identifiant et en localisant les zones ductile, fragile et mixte.**

La courbe attendue est croissante en forme de S : elle part d'un palier de faible énergie à basse température, monte dans la zone de transition, puis atteint un palier élevé à température plus forte. Placer les cinq points du tableau complété : (-80 °C ; 25 J), (-30 °C ; 40 J), (0 °C ; 90 J), (30 °C ; 120 J) et (80 °C ; 125 J). La zone mixte se situe sur la montée de la courbe.

Courbe KV en fonction de la température



✓ RÉPONSE À RETENIR

Zone fragile : basses températures. Zone mixte : montée de transition. Zone ductile : hautes températures.

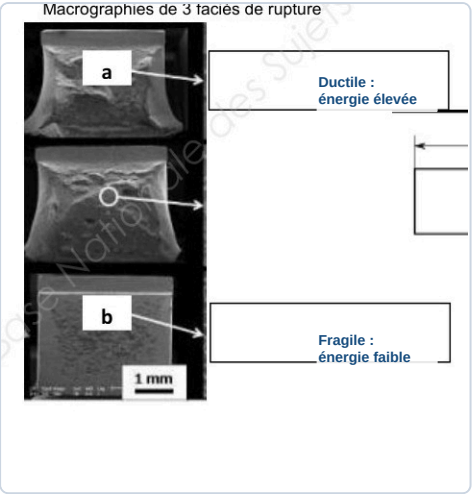
Question II.4. **Pour les repères a et b des macrographies de l'annexe II-A, proposer une situation sur la courbe à partir de l'analyse des déformations des éprouvettes et justifier la réponse.**

Les déformations observées permettent de situer les deux faciès sur les paliers de la courbe :

- **a** : la forte déformation plastique et les lèvres de cisaillement indiquent une rupture ductile. Elle correspond à une énergie absorbée élevée, sur le palier supérieur.
- **b** : le faciès presque plat et la faible déformation indiquent une rupture fragile. Elle correspond à une énergie absorbée faible, sur le palier inférieur.

La transition entre ces comportements correspond à la zone mixte.

Faciès de rupture : interprétation



✓ RÉPONSE À RETENIR

a : rupture ductile, énergie élevée. b : rupture fragile, énergie faible.

Question II.5. Calculer KCV à -30 °C et KCV à 30 °C en détaillant les calculs et les unités.

La section résistante sous l'entaille est la largeur de 10 mm multipliée par la hauteur restante de 8 mm, soit 80 mm^2 = 0,8 cm^2. La résilience KCV se calcule par KCV = KV / section. À -30 °C, KV = 40 J, donc KCV = 40 / 0,8 = 50 $J \cdot cm^{-2}$. À 30 °C, KV = 120 J, donc KCV = 120 / 0,8 = 150 $J \cdot cm^{-2}$.

✓ RÉPONSE À RETENIR

KCV à -30 °C : 50 $J \cdot cm^{-2}$. KCV à 30 °C : 150 $J \cdot cm^{-2}$.

3. Étude du traitement de surface de l’arceau

L’arceau en tube d’acier est galvanisé à chaud pour le protéger contre la corrosion, avec un dépôt de zinc annoncé à 400 g/m² sur ses surfaces intérieure et extérieure. Un poudrage électrostatique peut ensuite compléter la protection et apporter une couleur spécifique.

Question III.1. Expliquer le principe de la galvanisation.

La galvanisation à chaud consiste à immerger une pièce d’acier préalablement préparée dans un bain de zinc fondu. Le zinc réagit avec le fer et forme des couches d’alliages fer-zinc, recouvertes d’une couche de zinc. Après retrait et égouttage, le revêtement protège l’acier contre la corrosion par effet barrière. Il assure aussi une protection sacrificielle : en cas de rayure, le zinc se corrode préférentiellement à la place de l’acier.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Immersion de l’acier préparé dans du zinc fondu pour former un revêtement protecteur lié au support.

Question III.2. La température de fusion du zinc étant de 420 °C et le traitement étant réalisé à 460 °C, indiquer les risques et les inconvénients d’une température plus élevée.

Augmenter la température du bain accélère les réactions entre le fer et le zinc. Le revêtement peut alors devenir trop épais, rugueux ou fragile. Une température plus élevée favorise aussi l’oxydation du zinc, la formation de cendres et de mattes, les pertes de métal et la consommation d’énergie. Enfin, un échauffement excessif peut déformer la pièce ou altérer certaines propriétés de l’acier. La température doit rester suffisante pour maintenir le zinc liquide et obtenir un dépôt régulier.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Une température excessive favorise l’oxydation et les pertes de zinc, un revêtement épais ou fragile, ainsi que des déformations.

Question III.3. Indiquer ce que signifie une protection de 400 g/m².

La valeur de 400 g/m² est une masse surfacique : elle signifie que 400 g de zinc sont déposés par mètre carré de surface revêtue. Ce n’est ni la masse totale déposée sur l’arceau ni l’épaisseur du revêtement. Comme l’énoncé précise que l’intérieur et l’extérieur du tube sont traités, la masse totale dépend de la somme de ces surfaces revêtues.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> 400 g de zinc déposés par mètre carré de surface revêtue, à l’intérieur comme à l’extérieur du tube.

Question III.4. Déterminer l'épaisseur du traitement réalisé. La masse volumique du métal déposé est égale à 7,14 kg/dm³.

Donnée	Valeur convertie
Masse surfacique	400 g/m² = 0,400 kg/m²
Masse volumique	7,14 kg/dm³ = 7 140 kg/m³
Épaisseur moyenne	e = masse surfacique / masse volumique

Pour une couche uniforme, l'épaisseur est le volume de zinc déposé par unité de surface : e = 0,400 / 7 140 m, soit environ 56 µm. Le traitement des deux côtés du tube ne double pas l'épaisseur de chaque couche.

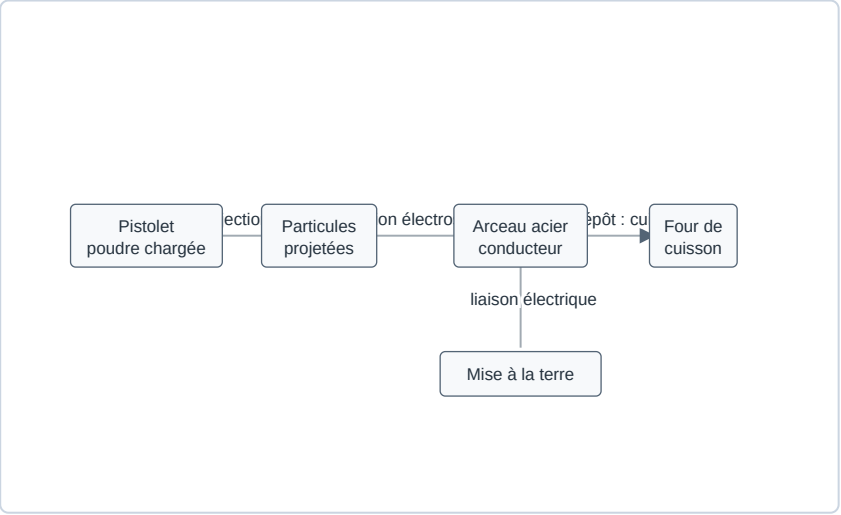
> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Épaisseur moyenne du dépôt : environ 56 µm.

Question III.5. Après galvanisation, expliquer le principe d'application de la peinture par poudrage électrostatique. Accompagner la réponse d'un schéma si nécessaire.

Un pistolet charge électriquement les particules de poudre, généralement par effet corona, puis les projette vers l'arceau conducteur relié à la terre. Le champ électrique attire les particules et les dépose sur la pièce. Après application, l'arceau est placé dans un four : la poudre fond, s'étale et forme un film. La pièce doit être propre et sèche pour favoriser l'adhérence.

1. Charger et projeter la poudre.
2. Déposer les particules sur l'arceau mis à la terre.
3. Cuire la pièce pour former le revêtement.

Principe du poudrage électrostatique



Les particules chargées sont attirées par la pièce conductrice reliée à la terre, puis le dépôt est cuit.

✓ RÉPONSE À RETENIR

La poudre chargée est attirée par l'arceau mis à la terre, puis fond et durcit à la cuisson.

Question III.6. Expliquer les conditions de polymérisation de la poudre et de la résine.

La pièce est chauffée dans un four selon le cycle défini pour la peinture utilisée. Sous l'effet de la chaleur, la poudre fond, s'étale et forme un film ; la résine réagit ensuite et polymérise pour donner un revêtement solide et adhérent. La température et la durée de cuisson doivent respecter les indications du fabricant, en tenant compte de la température réelle de la pièce. Une cuisson insuffisante laisse le film mal durci ; une cuisson excessive peut dégrader sa couleur et ses propriétés.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Respecter le temps et la température prescrits : la poudre fond et la résine polymérise en un film dur et adhérent.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2019)

Bilan de l'épreuve : Cette sous-épreuve U4.2 du BTS Traitements des matériaux, session 2019, code TM42AB, dure deux heures et a un coefficient 2. Elle étudie le palonnier d'un arceau de parking : choix de l'acier et traitement thermique du 42CrMo4, résilience par essai Charpy, puis protection de l'arceau par galvanisation et poudrage électrostatique. Les compétences évaluées mobilisent lecture de documents, analyse métallurgique, tracés et calculs.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- Un diagramme TRC relie les lois de refroidissement aux transformations de l'austénite et aux structures obtenues.
- La résilience Charpy correspond à l'énergie absorbée lors de la rupture d'une éprouvette entaillée.
- KCV rapporte l'énergie de rupture à la section résistante sous l'entaille, avec des unités cohérentes.
- L'épaisseur d'un dépôt uniforme se calcule en divisant sa masse surfacique par sa masse volumique.

Points de vigilance & attentes du jury

- Comparer chaque caractéristique mécanique demandée aux valeurs correspondant à la nuance et à la dimension considérées.
- Sur le diagramme TRC, repérer les domaines de transformation traversés avant d'identifier la structure finale.
- Pour Charpy, associer énergie et température en respectant l'évolution de la transition fragile-ductile.
- Pour calculer une épaisseur, convertir la masse surfacique et la masse volumique dans des unités compatibles.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment décrire correctement un essai Charpy ?

Une éprouvette entaillée est placée sur deux appuis, avec l'entaille du côté opposé au percuteur. Le pendule la frappe et l'énergie absorbée à la rupture est déterminée à partir de la différence d'énergie du pendule avant et après le choc.

Q : Comment calculer la résilience KCV à partir de l'énergie mesurée ?

On divise l'énergie absorbée lors du choc par la section résistante sous l'entaille. Il faut utiliser les dimensions de l'éprouvette indiquées sur l'annexe et exprimer le résultat avec les unités correspondant à la définition de KCV.

Q : Comment répartir les deux heures entre les trois parties ?

Le barème attribue 7 points à la partie I, 6 à la partie II et 7 à la partie III. Une répartition proportionnelle au poids des parties aide à réserver du temps aux tracés, aux calculs et à la vérification des annexes à rendre.

Q : Quelles précautions prendre pour répondre aux critères de notation ?

Justifier les choix à partir des données des fiches et du cahier des charges, annoter clairement les diagrammes et détailler les calculs avec leurs unités. Les annexes I-D et II-A sont à rendre avec la copie.

Sujet officiel associé (PDF) : https://btstm.fr/assets/annales/bts-tm/E4 - Sciences et techniques industrielles/2019/BTS TM - E4 - Sciences et techniques industrielles - Session 2019 - 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.