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 :
www.formav.co/explorer

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

TRAITEMENTS DES MATÉRIAUX

SCIENCES PHYSIQUES APPLIQUÉES

Sous-épreuve commune aux deux options

- U4.1 -

SESSION 2018

Durée : 2 heures

Coefficient : 2

Matériel autorisé :
L'usage de tout modèle de calculatrice, avec ou sans mode examen, est autorisé.

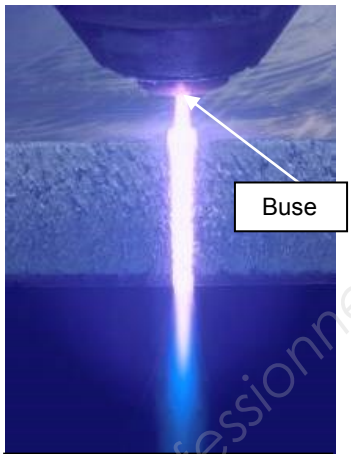
- Les annexes 1,2 et 3 en page 8 et 9 sont à compléter et à **rendre** avec la copie.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet comporte 9 pages, numérotées de 1/9 à 9/9.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Exercice 1 – Découpage au plasma (9 points)

Votre entreprise dispose d'une machine à découper le métal utilisant une torche à plasma PT-26. Vous êtes sollicité(e) pour faire une formation aux stagiaires de l'entreprise. Vous devrez être capable d'expliquer cette technologie, d'exposer les risques et sécurités associés. Vous expliquerez comment choisir les réglages appropriés aux besoins de l'entreprise.



Découpe d'une pièce de métal par une torche à plasma

Document 1 : LE PLASMA :

Le terme plasma est appelé aussi « quatrième état de la matière ». L'état plasma est un état de la matière, obtenu quand l'énergie est telle qu'elle réussit à arracher les électrons aux atomes, d'un gaz plasmagène injecté. Cette énergie provient d'un arc électrique d'amorçage. On observe alors une sorte de « soupe » d'électrons extrêmement actifs, dans laquelle « baignent » également des ions ou des noyaux atomiques.

D'après wikipedia.org

Document 2 : PRINCIPE DE DECOUPAGE PLASMA

Le découpage au plasma consiste à faire fondre, par le jet de plasma, le matériau métallique puis à l'expulser de l'entaille de coupe du fait de l'énergie cinétique du jet. Grâce à ce procédé, tous les matériaux conducteurs comme les aciers non alliés, faiblement alliés et fortement alliés, le nickel, le cuivre, le laiton, l'aluminium et leurs alliages, se laissent aisément couper.

Un arc électrique généré dans un gaz ionisé entre une électrode négative (cathode) et la pièce à couper (anode) est soumis à un rétrécissement considérable par forçage à travers une buse de faible section. L'énergie thermique (température atteignant 30 000°C) et l'énergie cinétique (vitesse supersonique > Mach 1) du jet de plasma sont transférées en grande partie au matériau ce qui provoque sa fusion quasi instantanée et permet la découpe du matériau dans toute son épaisseur. Le métal fondu est simultanément expulsé sous la forme d'un panache de gouttelettes se déplaçant à grande vitesse. Un deuxième gaz est injecté par la torche et enserre la buse. Il fait office d'écran entre le plasma et l'atmosphère : il protège la pièce. Ce gaz peut éventuellement être remplacé par de l'eau.

SECURITE : Les risques pouvant survenir pendant le découpage plasma sont directement liés à ce procédé : tension de contact élevée, amorçage à haute tension, risques provoqués par des perturbations électromagnétiques, rayonnement thermique et lumineux, gaz et fumée, bruit, projections pendant le découpage, manipulation des bouteilles à gaz.
Une installation de découpage plasma doit respecter les normes suivantes :
EN 60974-1(VDE 0544 partie 1), EN 50078 (VDE 0544 partie 203), en relation avec les amendements de EN 50199 (VDE 0544 partie 206 UVVV 26.0 (VBG15).

Adapté du site https://industrie.airliquide-benelux.com/belgique-luxembourg/soudage-coupage-coating/coupage-plasma

Base nationale des sujets d'examens de l'enseignement professionnel

A l'aide des documents 1 et 2 précédents, répondre aux questions suivantes :

1.1. Le plasma

Le plasma est appelé le « quatrième état de la matière ».

1.1.a. Quels sont les trois autres états de la matière ? Compléter **l'annexe 1** (page 8).

1.1.b. Indiquer sur **l'annexe 1** (page 8) les noms donnés aux différents changements d'états.

1.1.c. Expliquer brièvement comment on obtient un plasma.

1.2. Utilisation du gaz interne à l'entreprise

L'entreprise souhaite découper des aciers au carbone de 15 mm d'épaisseur.

1.2.a. L'entreprise souhaite avoir une vitesse de coupe d'au moins un mètre par minute. D'après les courbes en **annexe 2** (page 9), quelles sont les intensités du courant à choisir ?

1.2.b. Quelle sera alors, à la plus faible intensité trouvée précédemment, la valeur de la vitesse de coupe ?

1.2.c. Quels seraient l'avantage et l'inconvénient d'utiliser une intensité supérieure ?

Le découpage plasma utilise la combinaison de gaz : un gaz d'amorçage, un gaz plasma et un gaz écran. Pour une telle découpe le fabricant fournit les valeurs suivantes :

USAGE	PRESSION	DEBIT
Gaz Plasma	4,1 bar	> 66 L/min
Gaz Ecran	3,4 bar	68 L/min

On négligera la consommation de gaz pour l'amorçage.

1.2.d. Estimer la consommation de gaz pour un poste de découpe fonctionnant douze heures par jour. Exprimer le résultat en mètre cube.

Remarque : On fait l'hypothèse que le gaz est le même pour la découpe et la protection.

On admettra pour la suite de l'exercice que la consommation de gaz à 4 bar pour un fonctionnement quotidien de 12 heures de découpage est de 100 m^3.

1.3. Consommation de gaz de l'entreprise

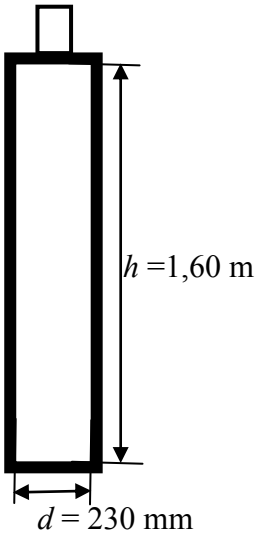
Compte tenu du type de découpage réalisé par l'entreprise, on utilise de l'air propre et sec à la fois comme gaz plasma et comme gaz écran. L'entreprise utilise des bouteilles d'air comprimé. On assimile la bouteille à un cylindre dont les dimensions intérieures sont indiquées sur le schéma ci-joint (page 4).

On rappelle l'expression du volume d'un cylindre :

$$V = \pi . r^2 . h$$

avec :
- r le rayon du cylindre
- h la hauteur du cylindre

Base nationale des sujets d'examen de l'enseignement professionnel



1. 3.a. Calculer, en mètre cube, le volume intérieur de la bouteille.

1.3.b. Le fournisseur précise que la pression du gaz dans la bouteille est de 150 bar.

A l'aide de la loi de Mariotte, $P.V$ = constante, estimer le volume que ce gaz occuperait à la pression de 4 bar.

1.3.c. De combien de bouteilles l'entreprise a-t-elle besoin pour une semaine de cinq jours de découpage ?

1.4. Modifications possibles

Certaines torches à plasma utilisent de l'eau à la place du gaz écran.

1.4.a. Indiquer les états physiques de l'eau dans les domaines 1, 2 et 3 du diagramme pression-température des états de l'eau, de **l'annexe 1** (page 8).

1.4.b. Quel nom donne-t-on au point d'intersection T ? Qu'a-t-il de remarquable ?

L'eau qui circule en circuit fermé a pour but de refroidir la buse et de concentrer le jet de plasma.

1.4.c. À la pression de 1 bar, quelle est la température du changement d'état liquide-gaz de l'eau? Justifier par construction sur **l'annexe 1** (page 8).

1.4.d. Le procédé de refroidissement nécessite que l'eau reste à l'état liquide alors que la température est supérieure à 150°C. Expliquer, en vous appuyant sur une construction graphique sur le diagramme, comment avoir de l'eau liquide à cette température.

1.4.e. Le fabriquant de la torche à plasma indique une pression d'eau maximale de 8,0 bar et une température de l'eau de 40°C. Dans ces conditions, dans quel état se trouve l'eau ?
Expliquer l'intérêt d'utiliser une pression élevée.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Exercice 2 – Suivi d'un bain par titrage (6 points)

Vous êtes embauché(e), comme technicien(ne) de laboratoire, dans une entreprise utilisant un bain d'argent appelé commercialement SILVIUM 100. Vous devez expliquer à un stagiaire une partie du mode opératoire du titrage des ions argent présents dans le bain. Vous devez aussi exploiter les résultats de ce titrage pour déterminer la teneur en argent et conclure quant à la qualité du bain et le rajout éventuel de constituants pour l'améliorer.

Données: Extraits de la notice technique Coventya S.A.S. (bain d'argent) :

« Le bain SILVIUM 100 donne, sur des surfaces polies, un dépôt brillant miroir, d'une couleur argent clair. La brillance apparaît déjà à faible épaisseur et se maintient pour les couches épaisses ». « Le bain SILVIUM 100 peut être utilisé sur des substrats en cuivre ou en alliage cuivreux ainsi que sur des sous-couches de nickel brillant. Les applications du procédé sont décoratives (bijouterie, orfèvrerie…) ou techniques (électricité et électronique). »

Constitution de 100 L de bain SILVIUM 100

	Bain mort
Dicyanoargentate de potassium $KAg(CN)_2$	5,6 kg
Cyanure de potassium KCN (exempt de sodium)	16 kg
SILVIUM 100 BASE d = 1,180	2 litres
SILVIUM 100 BRI d = 1,040	0,25 litre

Conditions opératoires SILVIUM 100

	Bain mort
Ion argent Ag^+	30 – 40 g/L
Cyanure de potassium libre	150 -170 g/L
SILVIUM 100 BASE	20 mL/L
SILVIUM 100 BRI	2,5 mL/L
Densité de courant cathodique	1 -1,5 A/dm^2
Densité de courant anodique	< 2,5 A/dm^2
Température	15 -25 °C
Vitesse de déposition	1 µm/min à 1,6 A/dm^2

Sécurité :

Dicyanoargentate de potassium	Cyanure de potassium
$KAg(CN)_2$	KCN
	

Masses molaires atomiques en $g \cdot mol^{-1}$ **:**

C	N	K	Ag
12,0	14,0	39,1	107,9

Données à 25°C :

Potentiels redox standard		
$NO_3^-(aq) / NO(g)$	$H^+(aq)/H_2(g)$	$CNO^-(aq)/CN^-(aq)$
0,96 V	0,00 V	- 0,14 V à pH = 0

Produit de solubilité du thiocyanate d'argent, AgSCN: $K_s = 1{,}1 \times 10^{-12}$

Constante de dissociation du complexe thiocyanatofer III, $Fe(SCN)_3$: $K_D = 6{,}3 \times 10^{-3}$

Base Nationale des Sujets d'Examen de l'enseignement professionnel

Données : MODE OPERATOIRE DU TITRAGE DE L'ARGENT

- Préparer 50,0 mL de solution de bain dilué 5 fois
- Prélever 5,0 mL de ce bain dilué dans un erlenmeyer et ajouter de l'eau déminéralisée.

Sous la hotte :

- Ajouter 10 mL d'un mélange d'acide sulfurique et d'acide nitrique
- Chauffer jusqu'à disparition du précipité de AgCN et des vapeurs rousses.

Hors hotte :

- Ajouter 5 mL de solution d'alun de fer.
- Doser par une solution de thiocyanate de potassium à 0,050 mol.L^{-1} jusqu'à persistance de la coloration rose – orangée.

Questions :

2.1. Constitution du bain

2.1.a. Préciser la signification des pictogrammes relatifs au dicyanoargentate de potassium et au cyanure de potassium.

Préciser également les précautions à prendre pour manipuler ces deux espèces chimiques.

2.1.b. A partir de la constitution du bain et des données fournies, montrer que la concentration molaire en dicyanoargentate de potassium dans le bain SILVIUM 100 est de 0,28 mol.L^{-1}.

2.1.c. On donne la réaction de dissolution du dicyanoargentate de potassium en solution aqueuse : $KAg(CN)_2 \rightarrow K^+(aq) + Ag^+(aq) + 2CN^-(aq)$

En déduire la concentration molaire en ions argent dans le bain.

2.1.d. Calculer la concentration massique en ions argent et vérifier qu'elle est conforme aux conditions opératoires de ce bain.

2.2. Titrage de l'argent du bain SILVIUM 100

2.2.a. Justifier la transformation des ions cyanure en ions cyanate CNO^- par l'action de l'acide nitrique ($H^+(aq), NO_3^-(aq)$).

2.2.b. L'ajout d'acide sulfurique permet de dissocier les complexes dicyanoargentate $Ag(CN)_2^-$ en ions argent. Ceux-ci sont ensuite titrés par les ions thiocyanate SCN^-. L'équation de la réaction support du titrage est :

$$Ag^+(aq) + SCN^-(aq) \rightarrow AgSCN(s)$$

Le volume équivalent de thiocyanate de potassium est V_{eq} = 5,3 mL. Déterminer la valeur de la concentration molaire, puis massique, en ions argent dans le bain dilué, puis dans le bain d'argent de l'entreprise.

2.2.c. Calculer l'ajout de dicyanoargentate de potassium nécessaire pour retrouver une concentration massique de 31,0 g.L^{-1} en ions Ag^+ dans une cuve de 6 litres de bain.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Exercice 3 – Diagramme cuivre-zinc (5 points)

Une entreprise de bijouterie utilise, pour fabriquer ses bracelets, un laiton constitué de 65 % en masse de cuivre et de 35 % en masse de zinc.

Données : masses molaires atomiques : M_{Zn} = 65,39 g/mol ; M_{Cu} = 63,55 g/mol.



http://www.lesgeorgettes.com/fr/

On considère le diagramme binaire Cuivre–Zinc en pourcentage massique, en annexe 3.

3.1. Indiquer les phases en présence dans les zones 1, 2 et 3.

3.2. Donner l'allure des courbes de refroidissement en fonction du temps, $\theta = f(t)$, pour l'alliage à 20% en masse de zinc.

3.3. Faire de même pour l'alliage à 35% en masse de zinc.

3.4. On s'intéresse à la composition des phases en présence à la température légèrement inférieure à 900°C de l'alliage à 35% en Zinc.

3.4.a. Quel nom donne-t-on à la technique de calcul utilisée pour déterminer, à l'aide du diagramme, le pourcentage des espèces présentes dans chacune des phases ?

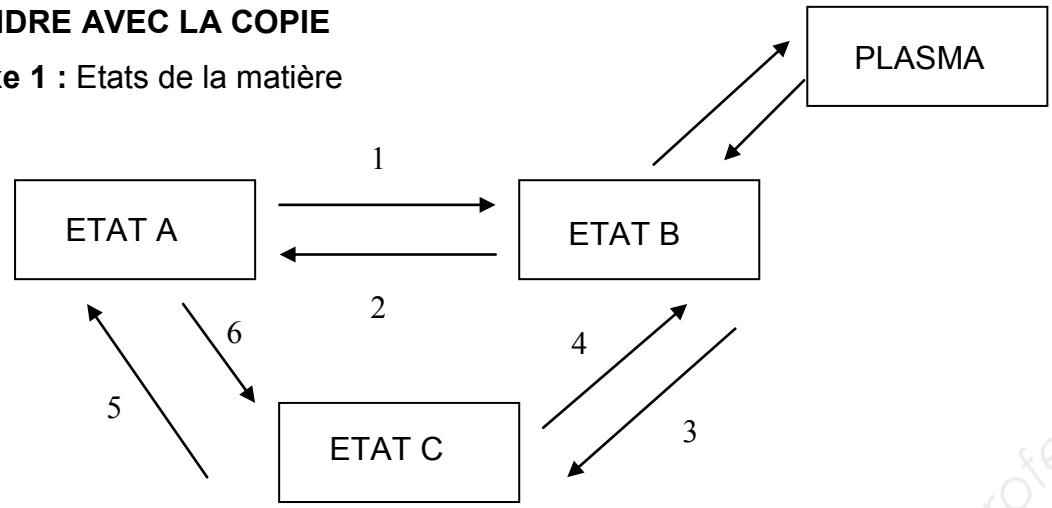
3.4.b. Donner la composition de chaque phase avec le détail des calculs.

3.5. Pour l'alliage à 35%, quelle est la plage de température pour laquelle il n'y a plus de phase β ? Justifier par construction sur **l'annexe 3** (page 9) **à rendre avec la copie**.

Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

A RENDRE AVEC LA COPIE

Annexe 1 : Etats de la matière



Noms des transformations physiques correspondant aux changement d'états :

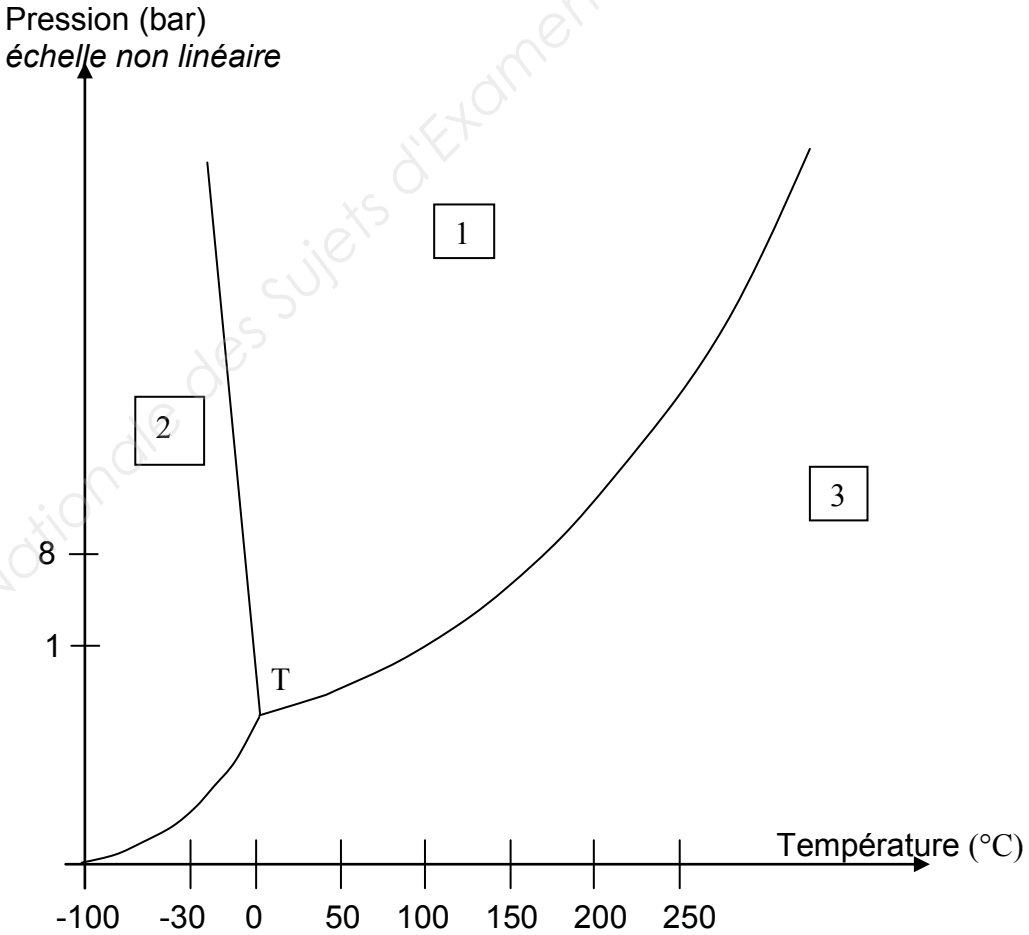
1 : Sublimation 2 : Condensation 3 : ……..

4 : ……. 5 : …….. 6 : ……..

Noms des états :

ETAT A : …….. ETAT B : …….. ETAT C : ……

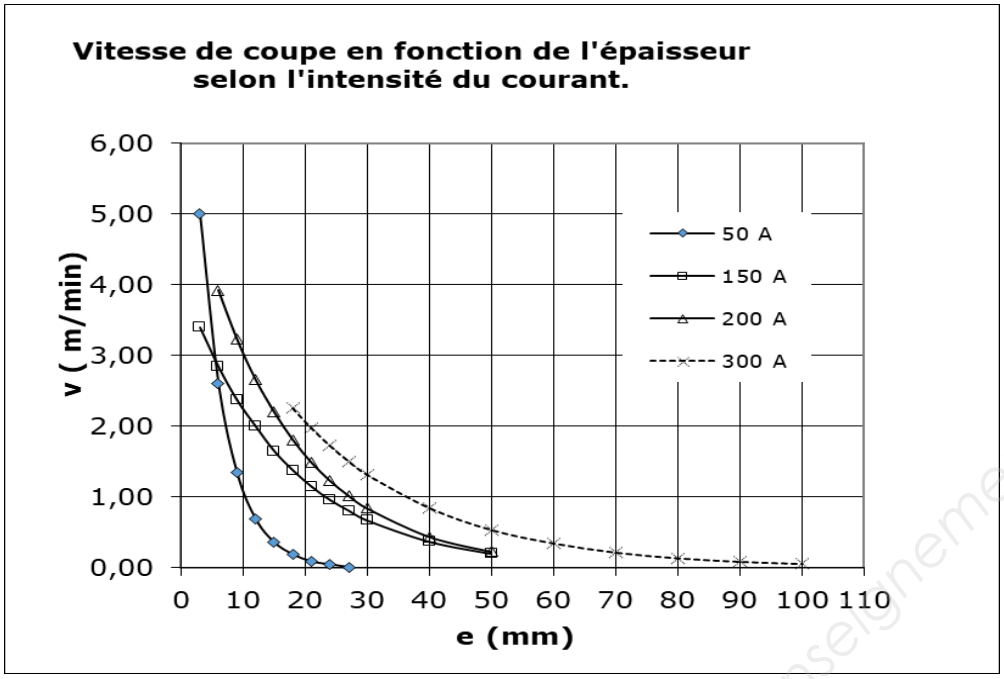
Diagramme pression-température des états de l'eau :



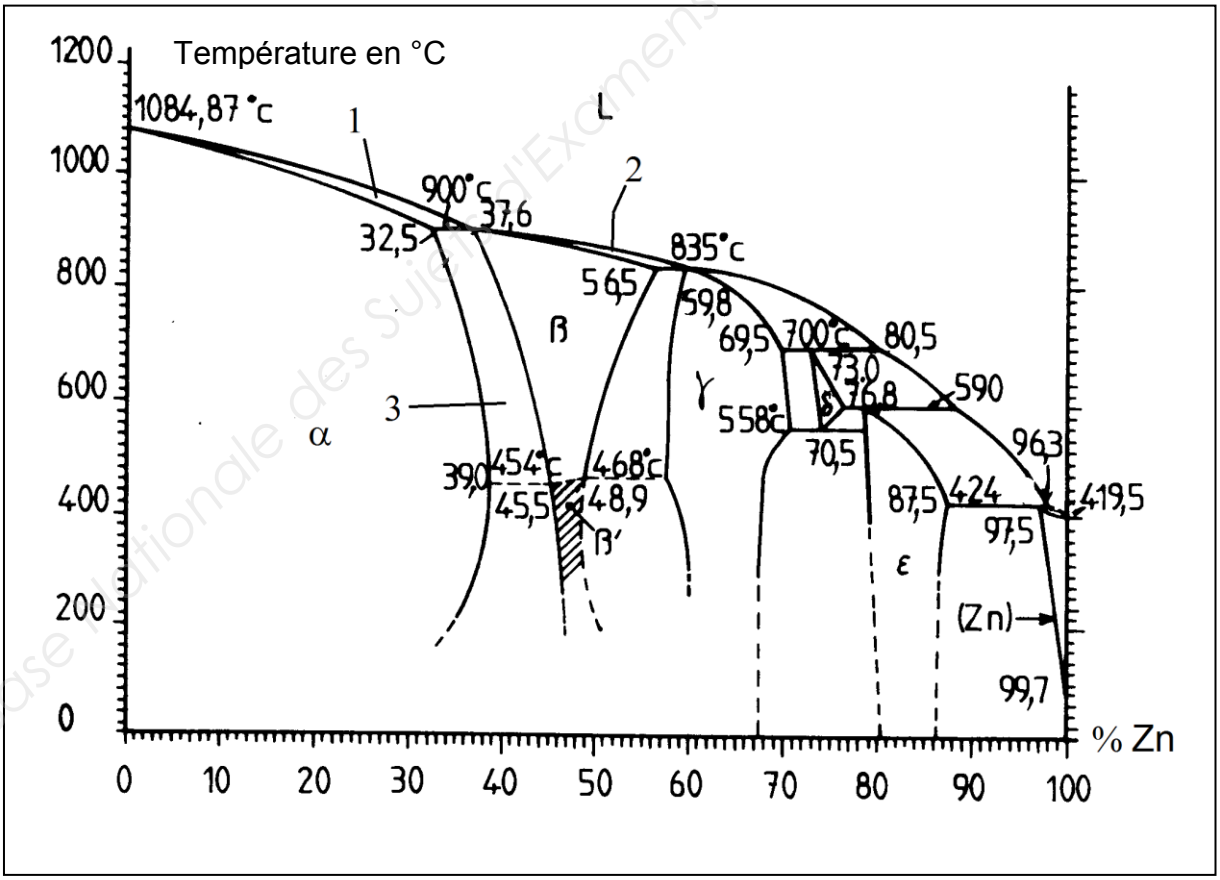
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

A RENDRE AVEC LA COPIE

Annexe 2 : Vitesse de coupe selon l'épaisseur d'acier au carbone.



Annexe 3 : Diagramme binaire Cuivre-Zinc à P = 1 bar.



Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

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.

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

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.