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 FORGE • CORRIGÉ DÉTAILLÉ

Sciences physiques

Session 2001 • Code sujet : **MFSPHY** • Durée : **Non indiquée**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. Électricité (6 questions) **Page 3**

2. Étude des connecteurs (6 questions) **Page 6**

3. Chimie (5 questions) **Page 10**

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

Sujet officiel (PDF) : https://btsforge.fr/assets/annales/bts-forge/E3.2 - Physique - Chimie/2001/BTS Forge - E3.2 - Physique - Chimie - Session 2001 - 1-Sujet.pdf

1. Électricité

Dans un atelier alimenté en triphasé 400 V, un moteur asynchrone entraîne une centrale hydraulique. À partir de sa plaque signalétique et d'un essai à vide, l'étude porte sur ses caractéristiques électriques, son couple utile et son point de fonctionnement avec une pompe.

Question 1. Déterminer le nombre de pôles du moteur à partir de sa vitesse nominale et de la fréquence d'alimentation.

À 50 Hz, les vitesses de synchronisme possibles proches de 1420 tr/min sont 1500 tr/min pour 4 pôles et 1000 tr/min pour 6 pôles. Le rotor tourne légèrement moins vite que le champ tournant : la vitesse de synchronisme est donc 1500 tr/min. Avec la relation $n_s = 120\ f / p$, on obtient $p = 120 \times 50 / 1500 = 4$.

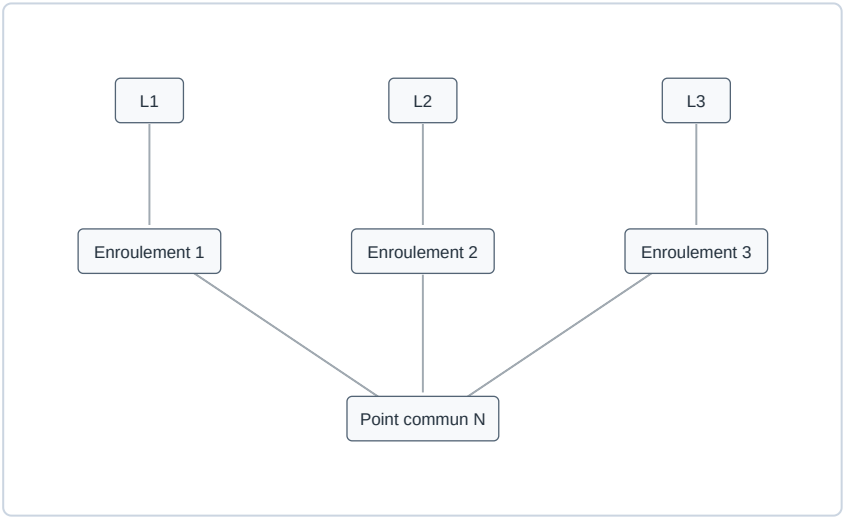
✓ RÉPONSE À RETENIR

4 pôles ; vitesse de synchronisme : 1500 tr/min.

Question 2. Donner le schéma de principe du couplage étoile des enroulements statoriques, puis dire si le couplage triangle est possible sur le réseau indiqué et justifier brièvement la réponse.

Relier une extrémité de chacun des trois enroulements au point commun N, puis raccorder les autres extrémités à L1, L2 et L3. En étoile, chaque enroulement reçoit 400 / √3 = 231 V, compatible avec sa tension nominale de 230 V. En triangle, chaque enroulement recevrait 400 V : ce couplage n'est donc pas possible sur ce réseau.

Principe du couplage étoile



Chaque enroulement est raccordé entre une phase et le point commun.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Couplage étoile : adapté au réseau 400 V. Triangle : impossible, car chaque enroulement recevrait 400 V au lieu de 230 V.

Question 3. À partir des données de l'essai à vide, vérifier que les pertes mécaniques et les pertes fer sont chacune égales à 102 W.

En étoile, le courant de phase vaut 1,1 A. Les pertes Joule statoriques à vide valent $3\,R\,I^2 = 3 \times 1{,}4 \times 1{,}1^2 = 5{,}08$ W. La puissance restante, $209 - 5{,}08 = 203{,}92$ W, est répartie à parts égales entre les pertes fer et mécaniques. Chaque perte vaut donc $203{,}92 / 2 = 101{,}96$ W, soit 102 W à l'arrondi.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Pertes fer : 102 W ; pertes mécaniques : 102 W.

Question 4. Pour le régime nominal, calculer le glissement, la puissance absorbée, l'intensité dans un fil de ligne, les pertes par effet Joule au stator et les pertes par effet Joule au rotor.

On utilise $n_s = 1500$ tr/min, $P_u = 1500$ W et les pertes fer et mécaniques de 102 W chacune. Le courant vient de $P_{abs} = \sqrt{3}\,U\,I\cos\varphi$. Les pertes Joule statoriques sont $3\,R\,I^2$. Le bilan de puissance donne ensuite les pertes Joule rotoriques.

Grandeur	Calcul	Résultat
Glissement	$(1500 - 1420) / 1500$	5,33 %
Puissance absorbée	$1500 / 0{,}803$	1,87 kW
Courant de ligne	$1868 / (\sqrt{3} \times 400 \times 0{,}87)$	3,10 A
Pertes Joule stator	$3 \times 1{,}4 \times 3{,}10^2$	40,3 W
Pertes Joule rotor	$1868 - 1500 - 40{,}3 - 102 - 102$	123,6 W

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $g = 5{,}33$ % ; $P_{abs} = 1{,}87$ kW ; $I = 3{,}10$ A ; $P_{Js} = 40{,}3$ W ; $P_{Jr} = 123{,}6$ W.

Question 5. Calculer le moment du couple utile nominal du moteur.

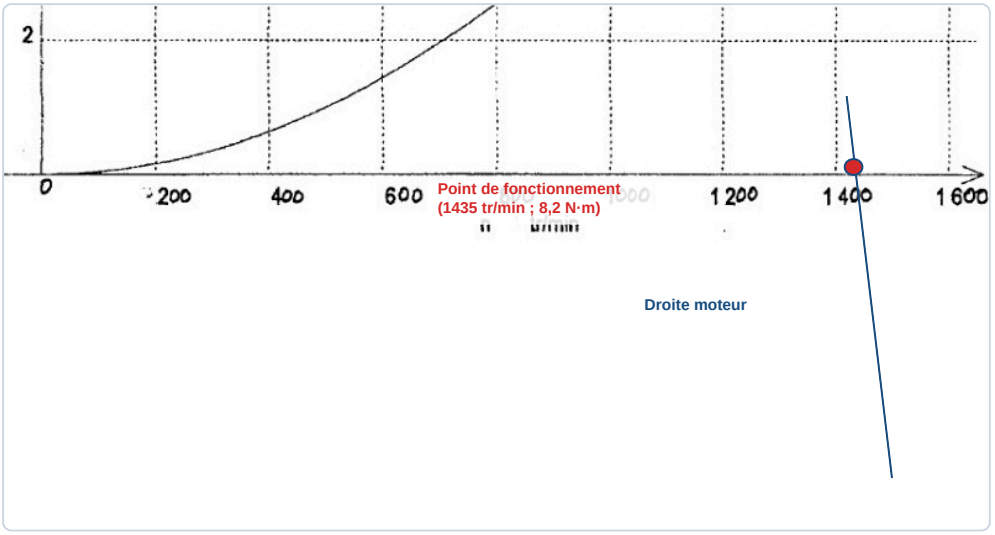
Le couple utile vérifie $P_u = T_u\,\omega$, avec $\omega = 2\pi n / 60$. Pour $n = 1420$ tr/min, $\omega = 148{,}7$ rad/s. Ainsi, $T_u = 1500 / 148{,}7 = 10{,}1$ N·m.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Couple utile nominal : 10,1 N·m.

Question 6. Sur le document réponse, tracer la caractéristique mécanique utile du moteur en fonction de la vitesse, en utilisant le point donné et le couple nul à la vitesse de synchronisme. Déterminer graphiquement les coordonnées du point de fonctionnement avec la pompe et joindre le document complété à la copie.

La vitesse de synchronisme est 1500 tr/min. Sur le document, tracer la droite moteur passant par (1420 tr/min ; 10 N·m) et (1500 tr/min ; 0 N·m). Son intersection avec la courbe de la pompe se lit graphiquement vers 1435 tr/min et 8,2 N·m. Le point et la droite sont reportés sur le document réponse de la page 5.

Document réponse complété : caractéristique moteur



✓ RÉPONSE À RETENIR

Point de fonctionnement : n ≈ 1435 tr/min ; T ≈ 8,2 N·m.

2. Étude des connecteurs

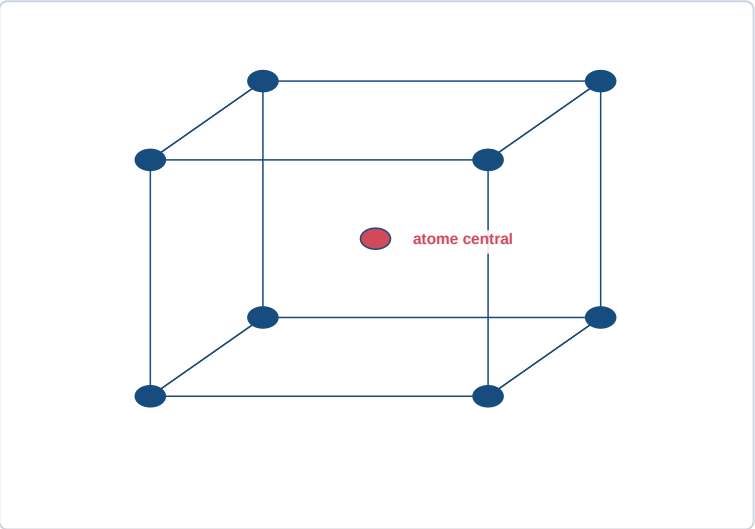
Des connecteurs en fer doivent être percés au laser. La première partie étudie la maille cubique centrée du fer α et sa masse volumique ; la seconde porte sur le rendement du laser et l'énergie nécessaire pour porter à fusion le fer traversé par le faisceau.

I

Question 1. Dessiner la maille cubique centrée du fer α, avec un atome au centre du cube et les atomes situés aux sommets.

La maille cubique centrée comporte un atome au centre du cube et un atome à chacun des huit sommets. Chaque sommet étant partagé entre huit mailles, les huit atomes des sommets contribuent pour un atome par maille. En ajoutant l'atome central, on obtient deux atomes de fer par maille. Le dessin en perspective indique les huit sommets et distingue l'atome central, conformément à la structure cubique centrée demandée.

Maille cubique centrée du fer α



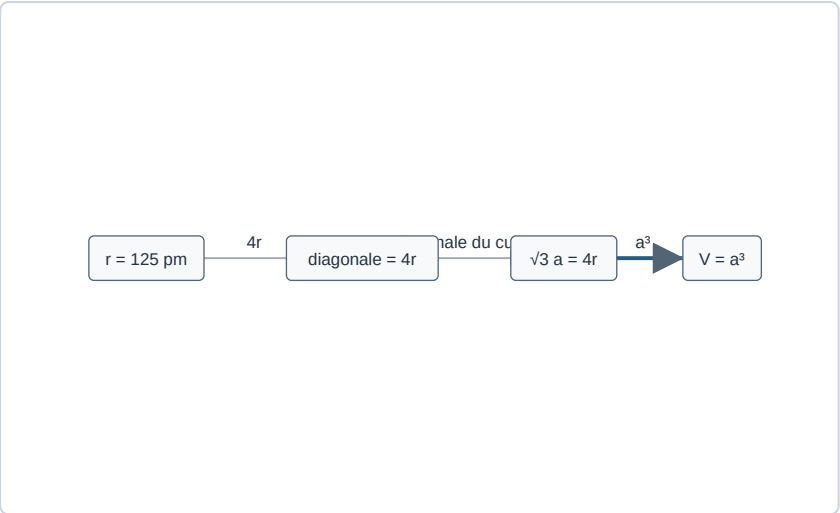
✓ RÉPONSE À RETENIR

Maille C.C. : 8 sommets et 1 centre, soit 2 atomes par maille.

Question 2.a. En utilisant la tangence des atomes suivant la diagonale du cube, calculer le volume d'une maille.

La diagonale du cube passe par les centres de trois atomes tangents : sa longueur est donc égale à quatre rayons atomiques. Pour une arête de longueur a, la diagonale vaut $\sqrt{3}a$, d'où $a = 4r/\sqrt{3}$. Avec $r = 125 \times 10^{-12}\,\mathrm{m}$, on obtient $a \approx 2{,}89 \times 10^{-10}\,\mathrm{m}$. Le volume de la maille cubique est alors $V = a^3 \approx 2{,}41 \times 10^{-29}\,\mathrm{m}^3$.

Tangence des atomes sur la diagonale du cube



La diagonale du cube relie un sommet, l'atome central et le sommet opposé.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Volume d'une maille : $V \approx 2{,}41 \times 10^{-29}\,\mathrm{m}^3$.

Question 2.b. À partir des données fournies et de la maille cubique centrée, retrouver la masse volumique du fer, indiquée comme égale à 7800 kg/m³.

La maille cubique centrée contient deux atomes. Sa masse vaut $m = 2M/N_A$, avec $M = 55{,}85 \times 10^{-3}\,\mathrm{kg\cdot mol^{-1}}$. La masse volumique est le quotient de cette masse par le volume calculé à la question précédente : $\rho = m/V$. L'application numérique donne $\rho \approx 7{,}71 \times 10^{3}\,\mathrm{kg\cdot m^{-3}}$. Cette valeur, obtenue avec les données arrondies, est proche de la valeur demandée de $7800\,\mathrm{kg\cdot m^{-3}}$.

Calcul de la masse volumique du fer

Grandeur	Valeur
Atomes par maille	2
Masse molaire du fer	55,85 g·mol⁻¹
Nombre d'Avogadro	6,02 × 10²³ mol⁻¹
Volume de la maille	2,4056 × 10⁻²⁹ m³
Masse volumique calculée	≈ 7,71 × 10³ kg·m⁻³

La masse volumique est la masse des deux atomes de la maille divisée par le volume de cette maille.

✓ RÉPONSE À RETENIR

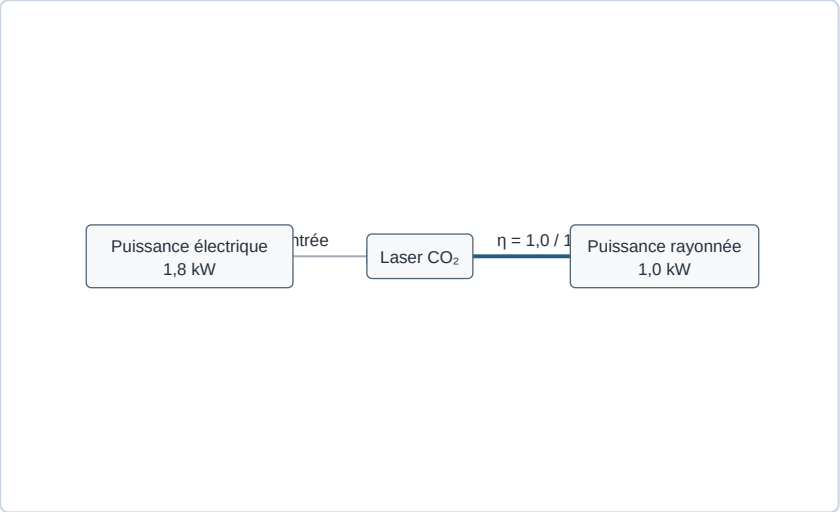
$\rho_{\mathrm{Fe}} \approx 7{,}71 \times 10^{3}\,\mathrm{kg\cdot m^{-3}}$, soit environ $7800\,\mathrm{kg\cdot m^{-3}}$.

II

Question 1. Calculer le rendement du laser à partir de sa puissance rayonnée et de la puissance électrique consommée.

Le rendement compare la puissance rayonnée à la puissance électrique consommée : $\eta = P_{\text{rayonnée}} / P_{\text{électrique}}$. Les deux puissances sont données en kilowatts, donc leur rapport est sans unité. Avec $P_{\text{rayonnée}} = 1{,}0\,\text{kW}$ et $P_{\text{électrique}} = 1{,}8\,\text{kW}$, on trouve $\eta = 1{,}0/1{,}8 \approx 0{,}56$. En pourcentage, le rendement est d'environ 56 %.

Bilan de puissance du laser



Le rendement est le rapport entre la puissance rayonnée et la puissance électrique consommée.

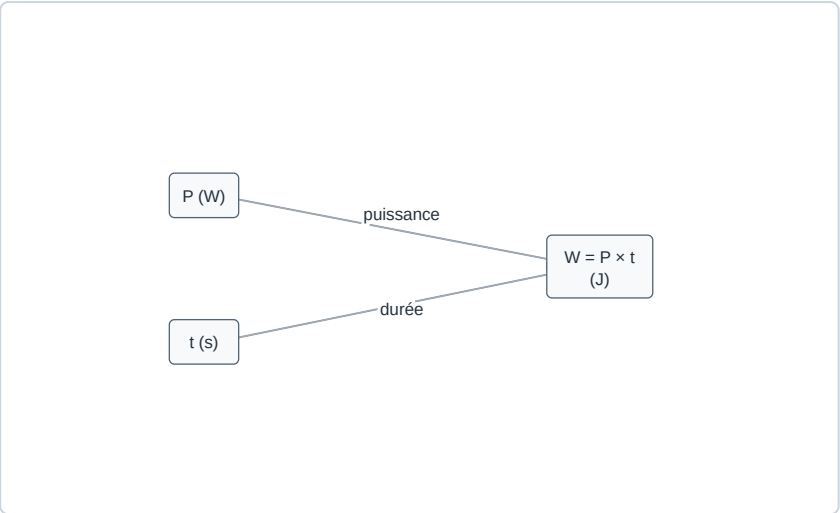
✓ RÉPONSE À RETENIR

Rendement du laser : $\eta \approx 0{,}56$, soit 56 %.

Question 2. Donner l'expression de l'énergie W apportée par le rayonnement laser en fonction de la puissance P et du temps t, et préciser les unités.

À puissance constante, l'énergie apportée par le rayonnement est le produit de la puissance par la durée d'exposition : $W = P\,t$. En unités SI, l'énergie W s'exprime en joules (J), la puissance P en watts (W) et le temps t en secondes (s). La relation est cohérente avec $1\,\text{W} = 1\,\text{J}\backslash\text{cdotps}^{-1}$. Pour le calcul du perçage, la puissance rayonnée du laser vaut $1{,}0\,\text{kW} = 1000\,\text{W}$.

Énergie laser apportée



La puissance multipliée par la durée donne l'énergie transférée.

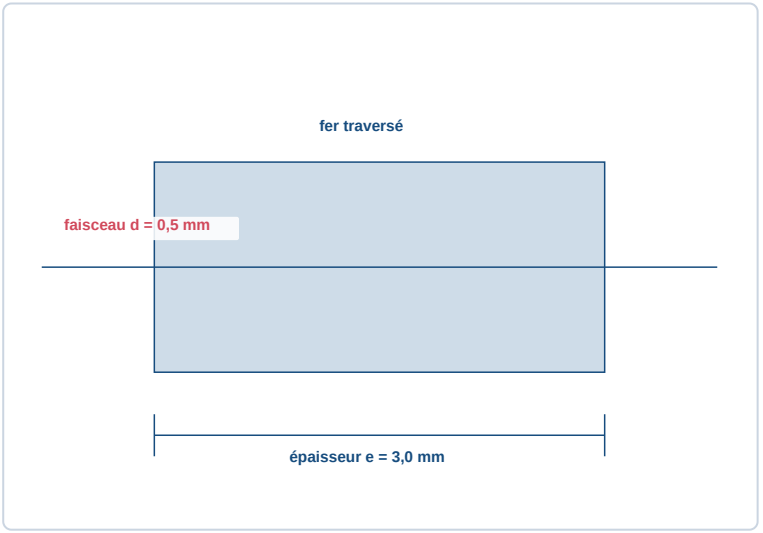
✓ RÉPONSE À RETENIR

$W = P\,t$, avec W en J, P en W et t en s.

Question 3. Calculer la durée minimale nécessaire pour percer la pièce, c'est-à-dire réaliser la fusion du fer initialement à 20,0 °C.

Le fer fondu forme un cylindre de diamètre $d = 0{,}5\,\text{mm}$ et d'épaisseur $e = 3{,}0\,\text{mm}$. Son volume est $V = \pi(d/2)^2 e \approx 5{,}89 \times 10^{-10}\,\text{m}^3$, donc sa masse vaut $m = \rho V \approx 4{,}59 \times 10^{-6}\,\text{kg}$. L'énergie requise comprend le chauffage jusqu'à la fusion puis la fusion : $Q = m[c(1535 - 20{,}0) + L_f] \approx 4{,}36\,\text{J}$. Avec la puissance rayonnée de $1000\,\text{W}$, $t = Q/P \approx 4{,}36 \times 10^{-3}\,\text{s}$.

Volume de fer traversé par le faisceau laser



✓ RÉPONSE À RETENIR

Durée minimale idéale : $t \approx 4{,}36 \times 10^{-3}\,\text{s} = 4{,}36\,\text{ms}$.

3. Chimie

Le sujet étudie le décapage de pièces en fer dans des bacs contenant de l'acide sulfurique, notamment la réaction d'oxydoréduction et le dégagement de dihydrogène. Une seconde partie traite de la neutralisation à la soude d'une solution acide stockée dans un bac de rétention plein de 100 m³.

I

Question 1. À l'aide des potentiels d'oxydoréduction fournis, justifier que la réaction entre le fer et l'acide sulfurique est spontanée.

Le fer s'oxyde selon $\mathrm{Fe} \to \mathrm{Fe^{2+}} + 2\mathrm{e^-}$, tandis que les ions hydrogène se réduisent selon $2\mathrm{H^+} + 2\mathrm{e^-} \to \mathrm{H_2}$. Le couple $\mathrm{Fe^{2+}/Fe}$ a pour potentiel $-0{,}77\,\mathrm{V}$ et le couple $\mathrm{H^+/H_2}$, $0{,}00\,\mathrm{V}$. Pour la réaction, $E^\circ = 0{,}00 - (-0{,}77) = +0{,}77\,\mathrm{V}$. Ce potentiel positif indique que la réaction est spontanée dans le sens de l'oxydation du fer.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le sens fer-acide est spontané, car le potentiel standard de réaction est positif et vaut $+0{,}77\,\mathrm{V}$.

Question 2. Écrire la réaction entre le fer et l'acide sulfurique.

> Le fer métallique devient l'ion $\mathrm{Fe^{2+}}$ et les ions hydrogène de l'acide forment du dihydrogène. Les ions sulfate ne participent pas à l'oxydoréduction et s'associent aux ions fer(II) pour former du sulfate de fer(II). L'équation moléculaire équilibrée, avec les mêmes nombres d'atomes de chaque côté, est : $\mathrm{Fe} + \mathrm{H_2SO_4} \to \mathrm{FeSO_4} + \mathrm{H_2}$.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le bilan moléculaire équilibré de la réaction entre le fer et l'acide sulfurique est :
> $\mathrm{Fe} + \mathrm{H_2SO_4} \to \mathrm{FeSO_4} + \mathrm{H_2}$.

Question 3. Calculer le volume de dihydrogène susceptible de se dégager lorsque 100 g de fer réagissent dans un bac.

L'équation de réaction indique qu'une mole de fer produit une mole de $\mathrm{H_2}$. Avec $M(\mathrm{Fe}) = 55{,}6\,\mathrm{g\,mol^{-1}}$, la quantité de fer est $n = 100/55{,}6 = 1{,}80\,\mathrm{mol}$. Donc $n(\mathrm{H_2}) = 1{,}80\,\mathrm{mol}$. En utilisant le volume molaire donné, $V = nV_m = 1{,}80 \times 24{,}0$, soit environ $43{,}2\,\mathrm{L}$ de dihydrogène dans les conditions de l'énoncé.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> La réaction de $100\,\mathrm{g}$ de fer peut dégager environ $43{,}2\,\mathrm{L}$ de dihydrogène dans les conditions données.

II

Question 1. Écrire l'équation bilan traduisant la neutralisation de la solution acide par la soude.

La soude apporte les ions $\mathrm{OH^-}$, qui neutralisent les ions acides. Pour l'équation moléculaire, l'acide sulfurique possède deux protons à neutraliser : il faut donc deux molécules de NaOH par molécule de $\mathrm{H_2SO_4}$. Les produits sont le sulfate de sodium et l'eau.

$$\mathrm{H_2SO_4 + 2\,NaOH \rightarrow Na_2SO_4 + 2\,H_2O}$$

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> La neutralisation s'écrit : $\mathrm{H_2SO_4 + 2\,NaOH \rightarrow Na_2SO_4 + 2\,H_2O}$.

Question 2. Calculer la masse de soude à utiliser pour obtenir un pH neutre dans le bac de rétention plein.

À partir du pH, $[\mathrm{H_3O^+}] = 10^{-2{,}5}\,\mathrm{mol\,L^{-1}}$. Le bac contient $100\,\mathrm{m^3} = 100\,000\,\mathrm{L}$, soit environ $10^{-2{,}5} \times 100\,000 = 316\,\mathrm{mol}$ d'équivalents acides. La neutralisation exige la même quantité de NaOH. Avec $M(\mathrm{NaOH}) = 40\,\mathrm{g\,mol^{-1}}$, la masse nécessaire est $316 \times 40 = 12\,649\,\mathrm{g}$, soit environ $12{,}6\,\mathrm{kg}$.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Pour neutraliser le contenu du bac plein de $100\,\mathrm{m^3}$ et atteindre un pH neutre, il faut environ $12{,}6\,\mathrm{kg}$ de NaOH.

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

Bilan de l'épreuve : Cette épreuve de sciences physiques, repérée MFSPHY, relie des situations de connectique à l'électricité, à la physique du fer et à la chimie. Elle étudie un moteur asynchrone et son fonctionnement avec une pompe, la structure cristalline du fer et son perçage au laser, puis la réaction du fer avec l'acide et la neutralisation d'une solution. La session, la durée et le coefficient ne sont pas indiqués.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- À 50 Hz, la vitesse de synchronisme dépend du nombre de paires de pôles ; la vitesse nominale d'un moteur asynchrone est inférieure à cette vitesse.
- Dans une maille cubique centrée, il y a 2 atomes par maille et la tangence sur la diagonale donne $\sqrt{3}a = 4r$.
- Pour un laser de puissance constante, $W = P \times t$; la fusion du fer exige son chauffage jusqu'à la température de fusion puis l'apport de chaleur latente.
- Le pH permet de déterminer la concentration en ions oxonium ; la neutralisation se calcule ensuite à partir de l'équation bilan et de la stœchiométrie.

Points de vigilance & attentes du jury

- Vérifier la tension appliquée à chaque enroulement avant de conclure sur le couplage étoile ou triangle.
- Distinguer puissance utile et puissance absorbée, et exprimer les grandeurs dans des unités cohérentes.
- Pour le perçage, calculer le volume cylindrique concerné, sa masse, puis l'énergie de chauffage et de fusion.
- Équilibrer les réactions et utiliser les coefficients stœchiométriques avant les conversions en masse ou en volume.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment déterminer le nombre de pôles d'un moteur asynchrone ?

À 50 Hz, la vitesse de synchronisme vaut $60f/p$, où p est le nombre de paires de pôles. Comparez cette vitesse à la vitesse nominale, légèrement inférieure à cause du glissement, pour identifier le nombre de pôles.

Q : Comment calculer l'énergie minimale nécessaire pour fondre le fer percé par le laser ?

Déterminez le volume cylindrique traversé par le faisceau, puis sa masse avec la masse volumique. Calculez l'énergie de chauffage jusqu'à la température de fusion et ajoutez la chaleur latente, puis divisez par la puissance rayonnée.

Q : Comment organiser le temps et les points dans cette épreuve ?

Les exercices indépendants valent respectivement 7, 7,5 et 5,5 points. La durée n'est pas indiquée sur les pages fournies ; répartissez le temps selon le barème et gardez un moment pour compléter le document réponse graphique.

Q : Que faut-il rendre pour la question sur le point de fonctionnement ?

Complétez et joignez le document réponse de la page 5. Tracez-y la caractéristique mécanique utile du moteur et repérez son intersection avec la courbe du couple résistant de la pompe pour lire la vitesse et le couple.

Sujet officiel associé (PDF) : https://btsforge.fr/assets/annales/bts-forge/E3.2 - Physique - Chimie/2001/BTS Forge - E3.2 - Physique - Chimie - Session 2001 - 1-Sujet.pdf

Ressources BTS Forge : 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.