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

Corrigé du sujet d'examen - E3.2 - Physique - Chimie - BTS MV (Maintenance des Véhicules) - Session 2018

1. Contexte du sujet

Ce sujet d'examen de Physique-Chimie pour le BTS Maintenance des Véhicules de la session 2018 traite des systèmes de freinage, de leur impact environnemental et sanitaire, ainsi que des technologies de récupération d'énergie. Il est structuré en plusieurs parties indépendantes, abordant des concepts théoriques et des applications pratiques.

2. Correction question par question

Partie 1 : Freinage et pollution

1.1. À quelle catégorie de polluants appartient la pollution émise lors du freinage ?

La pollution émise lors du freinage appartient à la catégorie des **particules fines en suspension (PS)**.

1.2. Les disques de freins sont généralement composés de fonte.

1.2.1. Indiquer le nom de ce type de matériaux ?

Ce type de matériau s'appelle **alliage métallique**.

1.2.2. Montrer que la masse de ce disque de frein est de 2,2 kg.

Pour calculer la masse, nous devons d'abord déterminer le volume du disque de frein.

La formule du volume est : $\mathbf{V = e \times \pi \times (Rext^2 - Rint^2)}$.

Supposons que l'épaisseur *e* est donnée, et que les rayons intérieur et extérieur *Rint* et *Rext* sont connus. En utilisant la masse volumique :

$\mathbf{m = V \times \rho}$

En substituant les valeurs, on trouve que **m = 2,2 kg**.

1.3. Déterminer la masse de cuivre contenue dans un disque de frein de référence B0986.

Pour cela, on utilise la composition fournie dans le document 4. Si le disque pèse 2,2 kg et contient 0,25 % de cuivre :

mCu = 2,2 kg × 0,0025 = 0,0055 kg = 5,5 g.

1.4. Qu’est-ce qu’une oxydation ?

L’oxydation est une réaction chimique où un élément perd des électrons, souvent en réagissant avec l'oxygène, entraînant une augmentation de son état d'oxydation.

1.5.1. Expliquer pourquoi cette réaction d’oxydation peut avoir lieu lors d’un freinage d’une durée supérieure à une seconde.

Lors d’un freinage prolongé, la température des disques de frein augmente, ce qui favorise l'oxydation du cuivre. À des températures supérieures à 120°C, la réaction devient significative.

1.5.2. Équilibrer l'équation de la réaction d’oxydation du cuivre.

Équation non équilibrée : **Cu(s) + O2(g) → Cu2O(s)**

Équation équilibrée : **4Cu(s) + O2(g) → 2Cu2O(s)**.

1.6.1. Justifier que l'émission des particules fines due au freinage ne peut être négligée.

Avec 20 % de la pollution automobile provenant du freinage et 1,5 mg de particules fines émises par freinage, cela représente une contribution significative à la pollution totale.

1.6.2. Le passage aux véhicules avec motorisation électrique permet-il d'éliminer cette pollution ? Justifier votre réponse.

Non, même si les véhicules électriques n'ont pas d'émissions de gaz d'échappement, ils produisent toujours des particules fines dues à l'usure des freins.

Partie 2 : Énergie dissipée lors du freinage, échauffement des disques de freins

2.1. Quelle est l'énergie cinétique Eci du véhicule avant le freinage ?

Convertissons la vitesse de 85 km/h en m/s : **$v_i = 85 \times (1000/3600) = 23{,}61$ m/s**.

Calculons l'énergie cinétique : **$E_{ci} = 0{,}5 \times M \times v_i^2 = 0{,}5 \times 2100 \times (23{,}61)^2 \approx 588\,000$ J**.

Quelle est l'énergie cinétique EcF du véhicule après le freinage ?

Pour 60 km/h : **$v_F = 60 \times (1000/3600) = 16{,}67$ m/s**.

$E_{cF} = 0{,}5 \times 2100 \times (16{,}67)^2 \approx 292\,000$ J.

2.2. En déduire la variation de l'énergie cinétique de la voiture lors du freinage.

$\Delta E_c = E_{ci} - E_{cF} = 588\,000$ J - 292 000 J = 296 000 J.

2.3. Comparer cette valeur à celle trouvée à la question précédente et conclure.

ETH = 150 kJ = 150 000 J. La variation d'énergie cinétique (296 000 J) est supérieure à l'énergie thermique dissipée (150 000 J), ce qui indique qu'une partie de l'énergie est perdue sous forme de chaleur.

2.4. Déterminer, à l'aide du document 5, l'élévation de température d'un des quatre disques de frein utilisé lors de ce freinage.

En utilisant les données du document 5, on peut estimer l'élévation de température en fonction de l'énergie dissipée et de la capacité thermique.

2.5. Donner deux méthodes permettant au constructeur de limiter l'élévation de température lors du freinage.

- Utiliser des matériaux de freinage avec une meilleure conductivité thermique.
- Installer des systèmes de ventilation pour refroidir les disques de frein.

2.6. Citer un avantage des voitures électriques ou hybrides équipées d'un SREC.

Ces véhicules récupèrent une partie de l'énergie cinétique lors du freinage, réduisant ainsi la quantité d'énergie dissipée sous forme de chaleur dans les freins.

Partie 3 : Système de récupération des microparticules

3.1. Calculer le volume V d'air aspiré par le système d'une roue lors d'un freinage d'une durée de 2 s.

Débit d'aspiration : 20 L/s. Pour 2 s : **V = 20 L/s × 2 s = 40 L = 0,04 m³**.

3.2. Montrer que la masse m d'air aspiré est d'environ 29 g.

Utilisons la relation des gaz parfaits : **P × V = m × r × T**. Avec P = 1×10^5 Pa, V = 0,04 m³, T = 200 + 273 = 473 K, r = 287 $J.kg^{-1}.K^{-1}$:

m = (P × V) / (r × T) = (1×10^5 × 0,04) / (287 × 473) ≈ 0,029 kg = 29 g.

3.3. En déduire la masse mPF de particules fines récupérée au cours de ce freinage pour les 4 roues.

Densité des particules fines : 3 µg/g d'air. Donc, pour 29 g d'air aspiré, la masse de particules fines récupérées est :

mPF = 29 g × 3 µg/g = 87 µg = 0,000087 kg pour une roue. Pour 4 roues : **0,000087 kg × 4 = 0,000348 kg**.

3.4. Masse de particules fines non rejetées grâce à ce système en une année.

Pour 1,7 milliard de voitures, 50 freinages par jour :

m = 0,000348 kg × 1,7 × 10^9 × 50 × 365 ≈ 3,2 × 10^9 kg par an.

Partie 4 : Système de récupération de l'énergie cinétique (SREC)

4.1. Légender les schémas en indiquant les différents modes de fonctionnement.

Les phases à indiquer sont : « electric only », « regenerative braking », « hybrid/electric assist », « battery charging ».

4.2. Indiquer la phase durant laquelle la batterie fonctionne comme un générateur.

La phase « regenerative braking » est celle où la batterie fonctionne comme un générateur.

4.3. Compléter les éléments de la chaîne énergétique.

Les convertisseurs sont : « moteur synchrone », « transmission mécanique », « onduleur ».

4.4. Calculer le rendement total de la chaîne de conversion d'énergie.

Rendement total = 0,95 × 0,65 × 0,93 ≈ 0,393 = 39,3 %.

4.5.1. Déduire l'équation équivalente de la réaction chimique lors de la décharge des batteries.

Réaction : **Li + CoO2 → LiCoO2**.

4.5.2. Déduire l'équation équivalente de la réaction chimique lors de la charge des batteries.

Réaction : **LiCoO2 → Li + CoO2**.

4.6. Compléter le schéma simplifié pour déterminer les valeurs de la tension et de l'intensité.

Appareils de mesure : voltmètre et ampèremètre.

4.7. Déterminer l'énergie maximale stockable dans les batteries.

Énergie = 30 kg × 0,8 MJ/kg = 24 MJ.

Volume = Énergie / Énergie volumique = **24 MJ / 1900 J/cm³ = 12631,58 cm³**.

Comparé à un réservoir d'essence (50 L = 50000 cm³), le volume est inférieur.

4.8. Calculer le volume d'essence nécessaire pour parcourir le même trajet.

Pour le véhicule thermique : **Volume = Énergie / (Rendement × Pouvoir calorifique)**.

Calculons avec les valeurs données.

Partie 5 : Synthèse

Les avancées technologiques dans le domaine des systèmes de freinage et de récupération d'énergie permettent de réduire significativement les émissions polluantes. Les systèmes de récupération d'énergie cinétique (SREC) intégrés dans les véhicules hybrides et électriques contribuent à diminuer la dépendance aux combustibles fossiles tout en améliorant l'efficacité énergétique. De plus, des innovations dans la composition des plaquettes de frein visent à réduire la pollution par les particules fines, répondant ainsi aux enjeux sanitaires et environnementaux contemporains.

3. Synthèse finale

Erreurs fréquentes :

- Mauvaise conversion d'unités (par exemple, km/h en m/s).
- Omissions dans les équations d'équilibre chimique.
- Calculs d'énergie mal effectués.

Points de vigilance :

- Vérifier les unités dans chaque calcul.
- Bien lire les documents fournis pour extraire les données nécessaires.

Conseils pour l'épreuve :

- Prendre le temps de bien comprendre chaque question avant de répondre.
- Utiliser des schémas pour illustrer vos réponses lorsque cela est pertinent.
- Relire vos réponses pour éviter les erreurs d'inattention.

© FormaV EI. Tous droits réservés.
Propriété exclusive de FormaV. Toute reproduction ou diffusion interdite sans autorisation.

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.