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 MÉTIERS DE L • CORRIGÉ DÉTAILLÉ

Sciences physiques - U. 32

Session 2009 • Code sujet : **MTE3SC** • Durée : **2 heures** • Coefficient : **2,5**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. **Le carbonate de calcium et les eaux souterraines** (13 questions) — **Page 3**
2. **Oxydation d'un alcool** (4 questions) — **Page 8**
3. **Détecteur thermostatique** (4 questions) — **Page 10**
4. **Ce qu'il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ)** (Synthèse & Q&A Examen) — **Page 12**

Sujet officiel (PDF) : https://btsme.fr/assets/annales/bts-me/E3.2 - Physique - Chimie/2009/BTS ME - E3.2 - Physique - Chimie - Session 2009 - 1-Sujet.pdf

1. Le carbonate de calcium et les eaux souterraines

L'étude porte d'abord sur le calcium, le dioxyde de carbone et la calcination du calcaire en chaux. Elle modélise ensuite la dissolution du calcaire et du CO_2 dans une eau souterraine, puis l'évolution de cette eau lors de son pompage en surface.

L'élément calcium

Question 1.1. À partir du symbole chimique du calcium et de sa structure électronique, justifier la forme stable Ca^{2+} de cet élément.

Le symbole isotopique indique un numéro atomique de 20 : l'atome neutre possède donc 20 électrons. Sa configuration électronique est **$1s^2\ 2s^2\ 2p^6\ 3s^2\ 3p^6\ 4s^2$**, soit 2, 8, 8, 2 par couches. En perdant les deux électrons de la couche externe, le calcium atteint la configuration électronique stable de l'argon.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Ca^{2+} possède la configuration électronique de l'argon : 2, 8, 8.

Question 1.2. À partir des numéros atomiques du carbone et de l'oxygène, donner la formule de Lewis de la molécule de dioxyde de carbone et préciser sa géométrie.

Le carbone, de numéro atomique 6, possède 4 électrons de valence ; l'oxygène, de numéro atomique 8, en possède 6. Le carbone partage deux doublets avec chacun des deux atomes d'oxygène. Chaque oxygène conserve deux doublets non liants. Autour du carbone, les deux domaines de liaison se disposent à l'opposé l'un de l'autre.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Lewis : O=C=O, avec deux doublets non liants sur chaque O. Géométrie linéaire, angle de 180°.

Question 1.3. Pour l'équilibre de calcination $CaCO_3(s) = CaO(s) + CO_2(g)$, proposer un moyen simple de déplacer l'équilibre en faveur de la production de chaux.

Dans l'équilibre **$CaCO_3(s) \rightleftharpoons CaO(s) + CO_2(g)$**, le dioxyde de carbone est le produit gazeux. D'après le principe de déplacement de l'équilibre, retirer un produit favorise le sens qui en reforme. On peut donc évacuer le CO_2 au fur et à mesure de sa formation, par exemple en le faisant s'échapper du four de calcination.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Évacuer le CO_2 produit déplace l'équilibre vers la formation de CaO.

Les eaux souterraines

Question 2.1. En tenant compte de tous les ions présents dans la solution, y compris l'ion hydroxyde, écrire l'équation d'électroneutralité.

La solution contient les cations Ca^{2+} et H_3O^+, ainsi que les anions HCO_3^-, CO_3^{2-} et HO^-. L'électroneutralité impose que la somme des concentrations de charges positives soit égale à celle des charges négatives, chaque concentration étant pondérée par la valeur absolue de la charge de l'ion.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $2[Ca^{2+}] + [H_3O^+] = [HCO_3^-] + 2[CO_3^{2-}] + [HO^-]$.

Question 2.2. Avec un pH proche de 7 et en admettant que les concentrations en ions hydroxyde et oxonium sont négligeables devant celle de l'ion hydrogénocarbonate, écrire la forme simplifiée de l'équation d'électroneutralité.

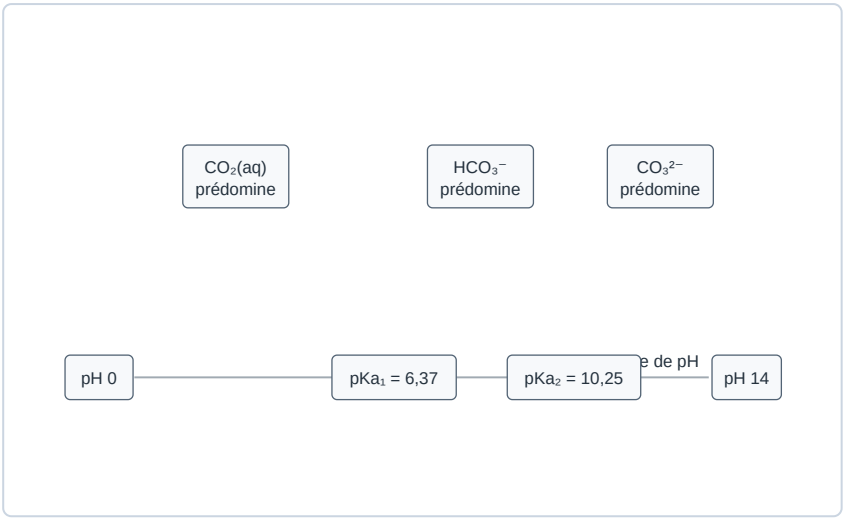
Les concentrations en H_3O^+ et HO^- sont données comme négligeables devant $[HCO_3^-]$. On supprime donc ces deux termes de l'équation d'électroneutralité. À cette étape, l'ion carbonate n'est pas encore négligé : il reste présent avec un coefficient 2, lié à sa charge.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $2[Ca^{2+}] = [HCO_3^-] + 2[CO_3^{2-}]$.

Question 2.3. Placer sur un axe de pH les valeurs de pKa_1 et pKa_2, indiquer les domaines de prédominance de $CO_2(aq)$, HCO_3^- et CO_3^{2-}, puis en déduire une nouvelle simplification de l'équation d'électroneutralité pour un pH proche de 7.

Pour chaque couple acide-base, la frontière de prédominance est au pH égal au pKa. Les valeurs sont calculées par $pKa = -\log Ka$. Ainsi, $CO_2(aq)$ prédomine avant pKa_1, HCO_3^- entre les deux pKa, puis CO_3^{2-} après pKa_2. À pH proche de 7, le carbonate est négligeable devant l'hydrogénocarbonate dans l'électroneutralité.

Domaines de prédominance selon le pH



Les frontières des domaines sont situées aux pKa_1 et pKa_2.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$pKa_1 = 6{,}37$; $pKa_2 = 10{,}25$. À pH ≈ 7 : $2[Ca^{2+}] \approx [HCO_3^-]$.

Question 2.4. Déterminer l'expression littérale de la concentration à l'équilibre en ions hydrogénocarbonate $[HCO_3^-]$, en fonction de D, Ka_1, $[H_3O^+]$ et $P(CO_2)$.

La loi de Henry donne $[CO_2(aq)] = P(CO_2)/D$. Pour l'équilibre $CO_2(aq) + 2H_2O \rightleftharpoons HCO_3^- + H_3O^+$, la constante s'écrit $Ka_1 = [HCO_3^-][H_3O^+]/[CO_2(aq)]$. En remplaçant $[CO_2(aq)]$ par son expression issue de la loi de Henry, puis en isolant $[HCO_3^-]$, on obtient l'expression demandée.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$[HCO_3^-] = Ka_1P(CO_2)/(D[H_3O^+])$.

Question 2.5. Déterminer l'expression littérale de la concentration à l'équilibre en ions calcium $[Ca^{2+}]$, en fonction de D, Ka_1, Ka_2, $[H_3O^+]$, $P(CO_2)$ et Ks.

Le deuxième équilibre donne $[CO_3^{2-}] = Ka_2[HCO_3^-]/[H_3O^+]$. On remplace $[HCO_3^-]$ par l'expression établie à la question précédente, puis on utilise le produit de solubilité du calcaire : $Ks = [Ca^{2+}][CO_3^{2-}]$. En isolant $[Ca^{2+}]$, on obtient l'expression littérale recherchée.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$[Ca^{2+}] = KsD[H_3O^+]^2/(Ka_1Ka_2P(CO_2))$.

Question 2.6. **À partir des deux expressions fournies pour $[Ca^{2+}]$, déduire les concentrations en ions oxonium et calcium à l'équilibre. Déterminer ensuite le pH et la concentration en ions carbonate.**

On égalise les deux expressions de l'énoncé : $1{,}61 \times 10^{10}[H_3O^+]^2 = 2{,}47 \times 10^{-9}/[H_3O^+]$. Cette relation donne $[H_3O^+]^3 = 2{,}47 \times 10^{-9}/(1{,}61 \times 10^{10})$. On calcule ensuite $[Ca^{2+}]$, puis $pH = -\log[H_3O^+]$. Enfin, $[CO_3^{2-}] = Ks/[Ca^{2+}]$.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $[H_3O^+] \approx 5{,}35 \times 10^{-7}$ mol·L^{-1} ; $[Ca^{2+}] \approx 4{,}61 \times 10^{-3}$ mol·L^{-1} ; pH ≈ 6,27 ; $[CO_3^{2-}] \approx 9{,}70 \times 10^{-7}$ mol·L^{-1}.

Pompage de l'eau vers la surface

Question 2.7.1. **La pression partielle de CO_2 au-dessus de l'eau diminue lors du pompage vers la surface. En tenant compte de cette variation, justifier l'apparition de bulles dans l'eau.**

En profondeur, l'eau est en équilibre avec une pression partielle de CO_2 élevée. À la surface, cette pression partielle diminue. D'après la loi de Henry, la concentration de CO_2 dissous correspondant au nouvel équilibre est alors plus faible. L'eau remontée contient momentanément trop de CO_2 dissous, qui quitte la solution sous forme de bulles.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> La baisse de pression partielle rend l'eau sursaturée en CO_2, qui s'échappe en bulles.

Question 2.7.2. **Le pH augmente jusqu'à une valeur proche de 8 pendant le pompage. À l'aide des équilibres successifs, expliquer pourquoi cette augmentation est cohérente avec l'apparition de bulles.**

1. La baisse de pression partielle entraîne le dégazage du CO_2 dissous.
2. La diminution de $[CO_2(aq)]$ déplace l'équilibre $CO_2(aq) + 2H_2O \rightleftharpoons HCO_3^- + H_3O^+$ vers la gauche.
3. Ce déplacement consomme des ions H_3O^+. Leur concentration diminue, donc le pH augmente.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le dégazage déplace l'équilibre vers la gauche, consomme H_3O^+ et augmente le pH.

Question 2.8. **À partir de la diminution de la concentration en ions calcium entre la profondeur et la surface, déterminer la masse de $CaCO_3$ déposée pour 1 000 litres d'eau, en utilisant la masse molaire fournie.**

La diminution de concentration en Ca^{2+} est de $4{,}6 \times 10^{-3} - 3{,}6 \times 10^{-3}$ mol·L^{-1}. Pour 1 000 L, cela correspond à une quantité de calcium précipitée égale à cette différence multipliée par le volume. La précipitation suit le rapport molaire 1:1 entre Ca^{2+} consommé et $CaCO_3$ formé ; on applique ensuite $m = nM$.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Pour 1 000 L d'eau, la masse de $CaCO_3$ déposée est de 100 g.

Question 2.9. À partir du produit de solubilité de $Ca(OH)_2$ et de la concentration en ions calcium en surface, calculer le pH de précipitation de l'hydroxyde de calcium et justifier qu'il ne précipite pas dans l'eau de surface.

À la limite de précipitation, $Ks' = [Ca^{2+}][HO^-]^2$. Avec $[Ca^{2+}] = 3{,}6 \times 10^{-3}$ mol·L^{-1}, on obtient $[HO^-] = \sqrt{(8{,}0 \times 10^{-6}/(3{,}6 \times 10^{-3}))}$. À 25 °C, pH = 14 + log$[HO^-]$. Le pH de surface, proche de 8, reste inférieur au seuil calculé.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Le seuil de précipitation est pH ≈ 12,67 ; $Ca(OH)_2$ ne précipite donc pas à pH ≈ 8.

2. Oxydation d’un alcool

L’exercice étudie la transformation d’un alcool secondaire par l’ion dichromate et l’identification du produit à l’aide de tests chimiques. Il demande aussi d’examiner les produits obtenus par déshydratation de cet alcool en milieu acide.

Question 1. Donner le nom du composé A représenté par sa formule semi-développée.

La formule semi-développée montre une chaîne principale de quatre carbones, donc un butane. Le groupe hydroxyle est porté par le deuxième carbone lorsqu’on numérote la chaîne depuis l’extrémité la plus proche de ce groupe. Le nom s’écrit avec le suffixe « -ol », précédé de l’indice indiquant sa position. Le composé est donc un alcool secondaire à quatre carbones.

> ✓ RÉPONSE À RETENIR
>
> A est le butan-2-ol : $CH_3–CH(OH)–CH_2–CH_3$.

Oxydation par l’ion dichromate

Question 2.1. Le composé B réagit positivement à la DNPH et négativement au réactif de Tollens ou à la liqueur de Fehling. Donner sa formule semi-développée et son nom.

Le test à la DNPH positif révèle un groupe carbonyle. Les tests de Tollens et de Fehling négatifs indiquent que B n’est pas un aldéhyde : c’est une cétone. Comme A est un alcool secondaire, son oxydation transforme le carbone portant le groupe OH en carbone du groupe carbonyle, sans modifier la chaîne carbonée.

- La chaîne conserve ses quatre atomes de carbone.
- Le groupe carbonyle se trouve en position 2.

> ✓ RÉPONSE À RETENIR
>
> B est la butan-2-one : $CH_3–CO–CH_2–CH_3$.

Question 2.2. Écrire l’équation chimique de la réaction d’oxydation de l’alcool A par l’ion dichromate.

En milieu acide, l’alcool secondaire est oxydé en cétone en cédant deux électrons. L’ion dichromate est réduit en ions Cr^{3+} et capte six électrons. Il faut donc trois molécules d’alcool pour un ion dichromate. On équilibre ensuite les atomes d’hydrogène et d’oxygène avec H^+ et H_2O. La charge totale est alors identique des deux côtés.

> ✓ RÉPONSE À RETENIR
>
> $3\ CH_3CH(OH)CH_2CH_3 + Cr_2O_7^{2-} + 8\ H^+ \rightarrow 3\ CH_3COCH_2CH_3 + 2\ Cr^{3+} + 7\ H_2O$

Déshydratation

Question 3. Le composé A est déshydraté en milieu acide sulfurique et forme deux composés D et E de formule générale C_nH_{2n}. Donner leurs formules semi-développées et leurs noms.

La déshydratation élimine H_2O. La double liaison peut se former entre le carbone portant initialement le groupe OH et l'un ou l'autre de ses deux carbones voisins. Ces deux possibilités donnent des alcènes à quatre carbones, conformément à la formule générale indiquée dans le sujet.

Composé	Formule semi-développée	Nom
D	$CH_2=CH–CH_2–CH_3$	But-1-ène
E	$CH_3–CH=CH–CH_3$	But-2-ène

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> D : but-1-ène, $CH_2=CH–CH_2–CH_3$. E : but-2-ène, $CH_3–CH=CH–CH_3$.

3. Détecteur thermostatique

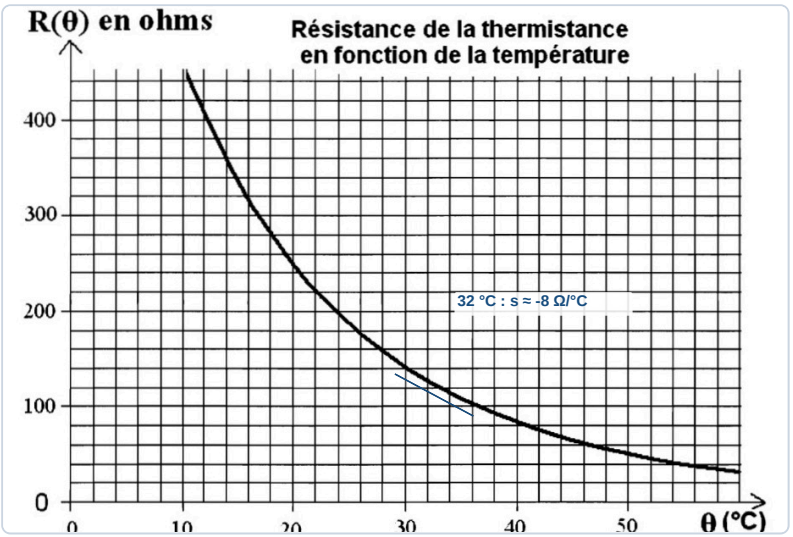
Un détecteur thermostatique utilise une thermistance dont la résistance varie avec la température, caractéristique présentée sous forme de graphique. Le circuit associe cette thermistance à un amplificateur opérationnel et à une diode, et doit déclencher l'allumage au-delà d'une température donnée.

Caractéristique de la thermistance

Question 1. À partir du graphique de la résistance en fonction de la température, déterminer la sensibilité de la thermistance à 32 °C, exprimée en Ω·°C⁻¹, et préciser la méthode utilisée.

À $32\,^\circ\mathrm{C}$, la sensibilité est la pente de la tangente à la courbe $R(\theta)$. On trace cette tangente, puis on relève deux points éloignés, environ $(30\,^\circ\mathrm{C}; 145\,\Omega)$ et $(34\,^\circ\mathrm{C}; 113\,\Omega)$. Ainsi, $s = \Delta R/\Delta\theta = (113-145)/(34-30)$. Le signe négatif traduit la diminution de la résistance lorsque la température augmente. La lecture graphique reste approximative.

Tangente à 32 °C



✓ RÉPONSE À RETENIR

$s \approx -8\ \Omega\cdot{}^\circ\mathrm{C}^{-1}$

Étude du montage

Question 2.1. Dans le montage du détecteur, préciser l'utilité du conducteur ohmique Rp.

R_p est monté en série avec la DEL dans sa branche d'alimentation. Lorsque la DEL est passante, cette résistance limite l'intensité qui la traverse et la protège d'un courant trop élevé. Elle protège aussi la sortie de l'amplificateur. Elle ne règle pas le seuil de température.

✓ RÉPONSE À RETENIR

R_p limite le courant dans la DEL et la protège.

Question 2.2. **Indiquer la condition portant sur les tensions Us et UAB pour que la diode idéale soit allumée.**

La DEL idéale s'allume lorsque la sortie de l'amplificateur est positive, soit $U_s = +9\,\mathrm{V}$. L'amplificateur donne cette sortie lorsque son entrée non-inverseuse B est à un potentiel supérieur à celui de son entrée inverseuse A. Comme $U_{AB} = V_A - V_B$, cette condition s'écrit $U_{AB} < 0$.

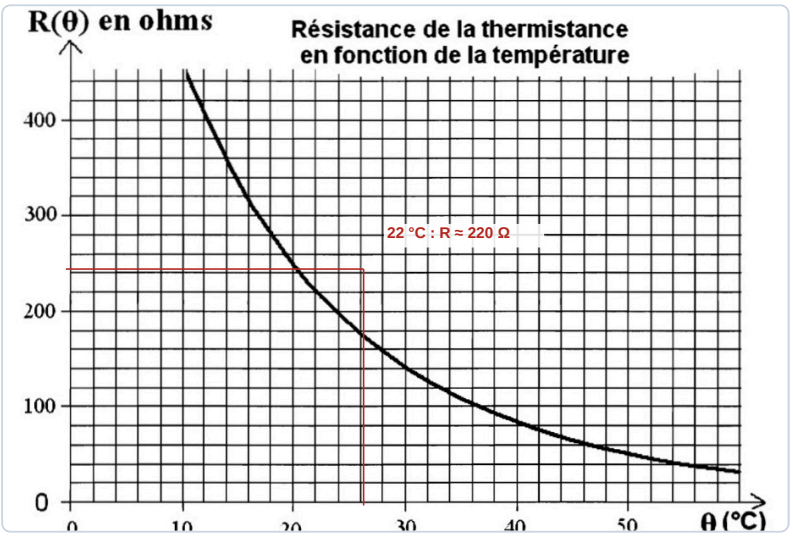
> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> DEL allumée si $U_s = +9\,\mathrm{V}$, donc $U_{AB} < 0$.

Réglage du seuil de température

Question 2.3. **À l'aide de la caractéristique de la thermistance et de la condition d'allumage de la diode, déterminer la valeur de R' permettant à la diode de s'allumer dès que la température dépasse 22 °C. Utiliser l'expression fournie pour UAB.**

Dans l'expression de U_{AB}, le facteur qui multiplie $R(\theta) - R'$ est positif. Au seuil de $22\,^\circ\mathrm{C}$, on prend $U_{AB} = 0$, donc $R' = R(22\,^\circ\mathrm{C})$. La lecture du graphique donne environ $220\,\Omega$. Au-dessus de ce seuil, la résistance de la thermistance diminue, donc $U_{AB} < 0$ et la DEL s'allume.

Lecture de la résistance au seuil de 22 °C



> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $R' \approx 220\,\Omega$

SYNTHÈSE DE L'ÉPREUVE & RÉFÉRENTIEL • BTS MÉTIERS DE L

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2009)

Bilan de l'épreuve : Épreuve de Sciences physiques U. 32 du BTS Métiers de l'eau, session 2009, code MTE3SC, d'une durée de 2 heures et de coefficient 2,5. Elle étudie la dissolution du calcaire et du CO_2 dans une eau souterraine, puis son pompage, l'oxydation et la déshydratation d'un alcool, et un détecteur thermostatique. Les compétences évaluées sont l'analyse d'équilibres, les calculs chimiques et l'exploitation d'un circuit et d'un graphique.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- L'électroneutralité impose que la somme des concentrations des charges positives soit égale à celle des charges négatives.
- La loi de Henry relie la pression partielle du CO_2 à sa concentration dissoute : $P(CO_2) = D[CO_2(aq)]$.
- Le produit de solubilité s'écrit avec les concentrations des ions à l'équilibre, chacune élevée à son coefficient stœchiométrique.
- La sensibilité locale d'une thermistance est la pente de sa caractéristique $R(\theta)$ au voisinage de la température étudiée.

Points de vigilance & attentes du jury

- Respecter les charges et les coefficients dans les équations d'électroneutralité et les équilibres chimiques.
- Distinguer les espèces prédominantes selon le pH et justifier les simplifications utilisées.
- Pour un dépôt, calculer la quantité de matière à partir de la variation de concentration et du volume, puis convertir en masse.
- Lire la pente locale sur le graphique et utiliser le bon signe de la tension différentielle pour déterminer l'allumage de la diode.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment déterminer la masse de calcaire déposée à partir de la variation de concentration en calcium ?

Calculez la quantité de calcium retirée de l'eau avec $n = \Delta[Ca^{2+}] \times V$, en exprimant V en litres. La précipitation de $CaCO_3$ consommant un ion calcium par formule, cette quantité est aussi celle de $CaCO_3$. Multipliez-la par sa masse molaire.

Q : Comment exploiter les pKa pour identifier l'espèce carbonatée prédominante ?

Placez pKa_1 et pKa_2 sur l'axe de pH. En dessous de pKa_1, $CO_2(aq)$ prédomine; entre les deux pKa, HCO_3^- prédomine; au-dessus de pKa_2, CO_3^{2-} prédomine. Comparez ensuite le pH de la solution aux limites.

Q : Comment gérer le temps dans cette épreuve de deux heures ?

Le sujet comporte trois parties, notées respectivement sur 12, 4 et 4 points. Consacrez l'essentiel du temps à l'étude des eaux souterraines, puis répartissez le temps restant entre chimie organique et détecteur. Gardez quelques minutes pour vérifier unités et calculs.

Q : Quels éléments de méthode sont attendus pour les questions de calcul et de graphique ?

Présentez les relations utilisées, les substitutions numériques, les unités et un résultat clairement identifié. Pour la sensibilité, indiquez la méthode graphique de détermination de la pente locale. Pour la précipitation, comparez le pH de l'eau au pH seuil calculé.

Sujet officiel associé (PDF) : https://btsme.fr/assets/annales/bts-me/E3.2 - Physique - Chimie/2009/BTS ME - E3.2 - Physique - Chimie - Session 2009 - 1-Sujet.pdf
Ressources BTS Métiers de l : 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.