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

Physique-Chimie

Session 2007 • Code sujet : **07 MFSPHY** • Durée : **Non indiquée**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. **Qualité des eaux de trempe** (7 questions) — **Page 3**
2. **Trempe d'une pièce en fer** (3 questions) — **Page 6**
3. **Pompe de circulation des eaux de trempe** (13 questions) — **Page 7**
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/2007/BTS Forge - E3.2 - Physique - Chimie - Session 2007 - 1-Sujet.pdf

1. Qualité des eaux de trempe

Dans une usine métallurgique, l'eau de trempe a un pH mesuré de 6 et sa qualité est contrôlée. L'étude porte sur son interaction avec le fer, le cuivre et l'aluminium, puis sur la quantité de gaz formée au contact du fer.

Mesure du pH

Question 1.1. Calculer les concentrations en ions H_3O^+ et HO^- dans l'eau de trempe à partir de son pH égal à 6.

Par définition, $\mathrm{pH} = -\log[\mathrm{H_3O^+}]$, donc $[\mathrm{H_3O^+}] = 10^{-6}\ \mathrm{mol\,L^{-1}}$. Pour calculer les ions hydroxyde, on utilise à 25 °C le produit ionique usuel de l'eau : $K_e = [\mathrm{H_3O^+}][\mathrm{HO^-}] = 10^{-14}$. Ainsi, $[\mathrm{HO^-}] = 10^{-14}/10^{-6} = 10^{-8}\ \mathrm{mol\,L^{-1}}$. La concentration en $\mathrm{HO^-}$ dépend de la température ; la valeur donnée correspond à l'hypothèse conventionnelle de 25 °C.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> À 25 °C : $[\mathrm{H_3O^+}] = 1,0 \times 10^{-6}$ et $[\mathrm{HO^-}] = 1,0 \times 10^{-8}\ \mathrm{mol\,L^{-1}}$.

Question 1.2. Qualifier l'eau de trempe à partir de la valeur de son pH.

En solution aqueuse, le caractère acide, neutre ou basique se détermine en comparant le pH à 7. Une solution est acide si son pH est inférieur à 7, neutre s'il vaut 7 et basique s'il est supérieur à 7. La mesure de l'eau de trempe donne un pH égal à 6, donc inférieur à 7. L'eau est ainsi acide. Cette qualification ne permet pas, à elle seule, de déterminer la vitesse d'attaque des métaux.

- pH mesuré : 6
- Conclusion : solution acide

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Avec un pH égal à 6, l'eau de trempe est acide, car son pH est inférieur à 7.

Étude qualitative

Question 2.1. Parmi le fer, le cuivre et l'aluminium, indiquer lesquels pourraient être attaqués par cette eau, justifier la réponse à l'aide des données et écrire les équations des réactions possibles.

Métal	Potentiel standard	Réaction avec $\mathrm{H_3O^+}$
Fer	$E^\circ(\mathrm{Fe^{2+}/Fe}) \approx -0,44\ \mathrm{V}$	Possible
Aluminium	$-1,66\ \mathrm{V}$	Possible
Cuivre	$+0,34\ \mathrm{V}$	Non spontanée

Le couple H_3O^+/H_2 a un potentiel standard de 0 V. Les potentiels du fer et de l'aluminium étant plus faibles, ces métaux peuvent réduire les ions oxonium et dégager du dihydrogène. Pour le fer, la valeur usuelle du couple Fe^{2+}/Fe est utilisée : elle n'apparaît pas dans le tableau de la page 3. Les équations sont équilibrées en atomes et en charges.

$$Fe + 2H_3O^+ \rightarrow Fe^{2+} + H_2 + 2H_2O$$
$$2Al + 6H_3O^+ \rightarrow 2Al^{3+} + 3H_2 + 6H_2O$$

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le fer et l'aluminium peuvent être attaqués avec dégagement de H_2 ; le cuivre ne réagit pas avec les ions oxonium.

Question 2.2. **Expliquer pourquoi l'aluminium est beaucoup moins attaqué que le fer.**

L'aluminium réagit bien thermodynamiquement avec un milieu acide, mais sa surface est rapidement protégée par une couche d'alumine, Al_2O_3. Cette couche est compacte, adhérente et passivante : elle freine le contact entre le métal et la solution. L'attaque devient donc beaucoup plus lente que celle du fer, dont les produits de corrosion ne forment pas une protection aussi efficace.

- Aluminium : formation d'une couche protectrice d'alumine.
- Fer : protection de surface moins efficace, attaque plus importante.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> L'alumine forme sur l'aluminium une couche compacte et passivante qui ralentit fortement son attaque.

Étude quantitative

Question 3.1. **Calculer la quantité de matière de fer contenue dans une masse de 10 g.**

On utilise la relation $n = m/M$. La masse de fer est $m = 10\ \text{g}$ et la masse molaire fournie page 3 vaut $M_{Fe} = 56,0\ \text{g mol}^{-1}$. Donc $n(Fe) = 10/56,0 = 0,1786\ \text{mol}$, soit environ $0,18\ \text{mol}$. Les grammes se simplifient dans le quotient, ce qui donne bien une quantité de matière en moles.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> La masse de 10 g de fer correspond à environ $0,18\ \text{mol}$ de fer.

Question 3.2. **Indiquer quel gaz se forme lorsque le fer est plongé dans l'eau de trempe et déterminer la quantité de matière de ce gaz.**

Le fer réagit avec les ions oxonium selon l'équation équilibrée :

$$Fe + 2H_3O^+ \rightarrow Fe^{2+} + H_2 + 2H_2O$$

1. Le gaz formé est le dihydrogène, $\mathrm{H_2}$.
2. Les coefficients montrent que 1 mol de fer consommée forme 1 mol de dihydrogène. En supposant les ions oxonium en quantité suffisante, $n(\mathrm{H_2}) = n(\mathrm{Fe}) = 10/56,0 = 0,1786\ \mathrm{mol}$, soit environ $0,18\ \mathrm{mol}$.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le gaz formé est le dihydrogène : la quantité produite est d'environ $0,18\ \mathrm{mol}$.

Question 3.3. **Calculer le volume occupé par le gaz à 25 °C et sous une pression de 1,00 × 10⁵ Pa.**

On applique la loi des gaz parfaits : $PV = nRT$, donc $V = nRT/P$. La température absolue vaut $T = 25 + 273 = 298\ \mathrm{K}$. Avec $n(\mathrm{H_2}) = 10/56,0\ \mathrm{mol}$, $R = 8,31\ \mathrm{J\,mol^{-1}\,K^{-1}}$ et $P = 1,00 \times 10^5\ \mathrm{Pa}$, on obtient $V = (10/56,0) \times 8,31 \times 298/(1,00 \times 10^5) = 4,42 \times 10^{-3}\ \mathrm{m^3}$. Comme $1\ \mathrm{m^3} = 1000\ \mathrm{L}$, le volume vaut environ 4,42 L.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le dihydrogène occupe environ $4,42 \times 10^{-3}\ \mathrm{m^3}$, soit $4,42\ \mathrm{L}$.

2. Trempe d'une pièce en fer

Une pièce en fer chauffée dans un four est étudiée à partir de la longueur d'onde maximale de la lumière qu'elle émet. Elle est ensuite trempée dans de l'eau, et le bilan thermique sert à étudier la chaleur perdue par le métal et la température finale de l'eau.

Question 1. À partir de la longueur d'onde maximale d'émission λmax = 2,70 × 10⁻⁶ m et de la loi de Wien, déterminer la température de la pièce en kelvins puis en degrés Celsius.

La loi de Wien donne $\lambda_{\max} T = 2{,}898 \times 10^{-3}\ \mathrm{m \cdot K}$. Ainsi, $T = \frac{2{,}898 \times 10^{-3}}{2{,}70 \times 10^{-6}} = 1{,}073 \times 10^{3}\ \mathrm{K}$. La longueur d'onde est bien exprimée en mètres, donc le résultat est en kelvins.

La conversion en degrés Celsius se fait par $\theta = T - 273{,}15$, soit environ $800\ ^\circ\mathrm{C}$. Les valeurs obtenues sont cohérentes avec la température de 800 °C indiquée ensuite pour la trempe.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> $T \approx 1{,}07 \times 10^{3}\ \mathrm{K}$, soit $800\ ^\circ\mathrm{C}$.

Bilan thermique

Question 2.1. Pour la pièce en fer de 2,0 kg plongée à 800 °C et ressortant à 100 °C, calculer la quantité de chaleur perdue par le métal.

La chaleur échangée par le fer vaut $Q = m c_{\mathrm{Fe}} (\theta_f - \theta_i)$, avec $m = 2{,}0\ \mathrm{kg}$, $c_{\mathrm{Fe}} = 460\ \mathrm{J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}}$, $\theta_i = 800\ ^\circ\mathrm{C}$ et $\theta_f = 100\ ^\circ\mathrm{C}$. Donc $Q = 2{,}0 \times 460 \times (100 - 800) = -644\,000\ \mathrm{J}$. Le signe négatif indique que le métal cède de l'énergie ; la quantité de chaleur perdue est sa valeur absolue.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le métal perd $6{,}44 \times 10^{5}\ \mathrm{J}$, soit $644\ \mathrm{kJ}$.

Question 2.2. En supposant qu'il n'y a pas de pertes, déterminer la température finale de l'eau initialement à 18 °C, en tenant compte de sa masse de 20 kg et de la capacité thermique du récipient.

Sans pertes, l'énergie cédée par le fer réchauffe l'eau et le récipient. La capacité thermique totale vaut $20 \times 4185 + 1000 = 84\,700\ \mathrm{J \cdot K^{-1}}$. Le bilan donne donc $644\,000 = (20 \times 4185 + 1000)(T_f - 18)$, d'où $T_f = 18 + \frac{644\,000}{84\,700} = 25{,}6\ ^\circ\mathrm{C}$. L'élévation de température est la même en kelvins et en degrés Celsius.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Température finale de l'eau : $25{,}6\ ^\circ\mathrm{C}$.

3. Pompe de circulation des eaux de trempe

La circulation des eaux de trempe est assurée par une pompe entraînée par un moteur asynchrone triphasé tétrapolaire à rotor en court-circuit. L'étude traite de son alimentation, de ses grandeurs électriques et mécaniques, puis du bilan de puissance et de ses pertes.

Caractéristiques électriques

Question 1. Calculer la puissance absorbée par le moteur à partir de sa puissance utile et de son rendement.

Le rendement relie la puissance utile à la puissance absorbée : $\eta = P_u/P_a$. On isole P_a, puis on utilise les données du sujet : $P_a = P_u/\eta = 7170/0{,}8 = 8962{,}5\ \text{W}$. Cette valeur est cohérente avec un moteur qui absorbe davantage de puissance qu'il n'en fournit, une partie étant dissipée sous forme de pertes. On peut arrondir le résultat à trois chiffres significatifs.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $P_a \approx 8{,}96\ \text{kW}$.

Couplage et grandeurs électriques

Question 2.1. Déterminer le couplage des bobines du stator adapté au réseau triphasé 400/700 V et à la tension nominale de 400 V d'un enroulement.

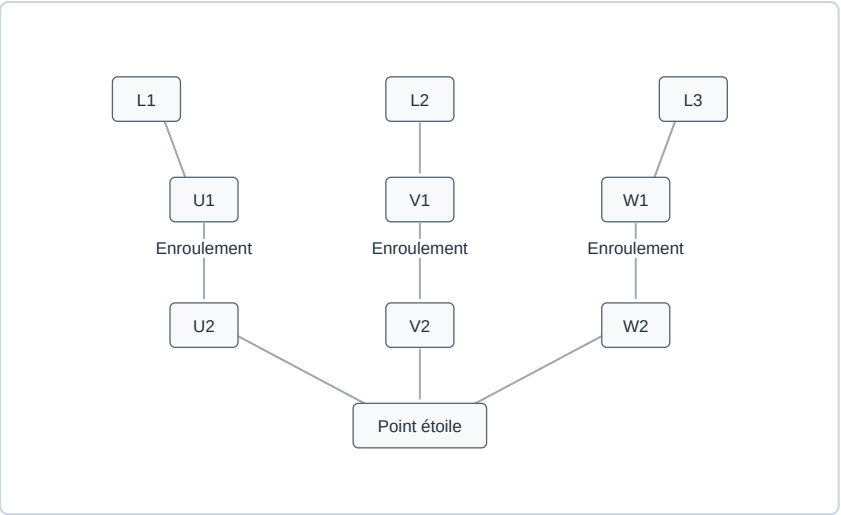
Sur le réseau triphasé 400/700 V, la tension simple est de 400 V et la tension composée de 700 V. En étoile, chaque enroulement est soumis à la tension simple du réseau. Il reçoit donc ses 400 V nominaux. En triangle, chaque enroulement recevrait 700 V, soit une tension supérieure à sa valeur nominale. Le couplage adapté est donc l'étoile.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Couplage étoile.

Question 2.2. Représenter le schéma du couplage des enroulements du stator et leurs branchements sur le réseau.

Le couplage retenu est l'étoile. Les bornes de ligne alimentent une extrémité de chaque enroulement : L1 sur U1, L2 sur V1 et L3 sur W1. Les trois autres extrémités, U2, V2 et W2, sont reliées ensemble pour former le point étoile. Celui-ci n'est pas raccordé au réseau. Le schéma ci-dessous représente les trois enroulements et leurs branchements.

Branchement étoile du stator



Chaque paire U1-U2, V1-V2 et W1-W2 forme un enroulement. Les extrémités U2, V2 et W2 constituent le point étoile.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

L1-U1, L2-V1, L3-W1 ; U2, V2 et W2 réunis.

Question 2.3. **Calculer l'intensité I du courant dans une phase.**

La puissance active absorbée par un récepteur triphasé vérifie $P_a = \sqrt{3}\,U\,I\cos\varphi$, où $U = 700\ \text{V}$ est la tension composée. La puissance absorbée calculée précédemment vaut $8962{,}5\ \text{W}$, et le sujet donne $\cos\varphi = 0{,}8$. Ainsi, $I = P_a/(\sqrt{3}\,U\cos\varphi) = 8962{,}5/(\sqrt{3}\times 700\times 0{,}8)$.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

$I \approx 9{,}24\ \text{A}$.

Question 2.4. **Donner les valeurs des grandeurs U, V, I et J.**

Grandeur	Valeur
Tension composée U	700 V
Tension simple V	400 V
Courant de ligne I	9,24 A
Courant de phase J	9,24 A

En étoile, chaque enroulement reçoit la tension simple, tandis que le courant de ligne est égal au courant de phase. Le courant obtenu à la question précédente donne donc à la fois I et J.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$U = 700\ \text{V},\ V = 400\ \text{V},\ I = J \approx 9{,}24\ \text{A}.$

Question 2.5. **Calculer l'impédance Z d'un enroulement.**

L'impédance d'un enroulement est le rapport de la tension à ses bornes au courant qui le traverse : $Z = V/J$. En étoile, la tension par enroulement est la tension simple, soit $V = 400\ \text{V}$, et $J = I \approx 9{,}2402\ \text{A}$. On obtient donc $Z = 400/9{,}2402 \approx 43{,}29\ \Omega$, soit environ 43,3 Ω.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$Z \approx 43{,}3\ \Omega.$

Fonctionnement du moteur

Question 3. **Calculer la vitesse de synchronisme ns du moteur.**

La vitesse de synchronisme dépend de la fréquence f et du nombre de pôles p : $n_s = 120 f/p$, en tours par minute. Le moteur est tétrapolaire, donc $p = 4$, et le réseau fonctionne à $f = 50\ \text{Hz}$. L'application numérique donne $n_s = 120 \times 50/4 = 1500\ \text{tr/min}$.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$n_s = 1500\ \text{tr/min}.$

Question 4. **Calculer le glissement g du moteur.**

Le glissement est l'écart entre la vitesse de synchronisme et la vitesse du rotor, rapporté à la vitesse de synchronisme : $g = (n_s - n)/n_s$. Avec $n_s = 1500\ \text{tr/min}$ et la vitesse nominale $n = 1425\ \text{tr/min}$, on trouve $g = (1500 - 1425)/1500 = 0{,}050$. En pourcentage, cela correspond à 5,0 %.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$g = 0{,}050$, soit $5{,}0\ \%$.

Question 5. **Calculer le moment du couple utile Tu.**

La puissance utile et le couple utile sont liés par $P_u = T_u \omega$, avec $\omega = 2\pi n/60$. Pour $n = 1425\ \text{tr/min}$, la vitesse angulaire vaut $2\pi \times 1425/60\ \text{rad/s}$. En utilisant $P_u = 7170\ \text{W}$, on obtient $T_u = 7170/(2\pi \times 1425/60) \approx 48{,}04\ \text{N}\cdot\text{m}$.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$T_u \approx 48{,}0\ \mathrm{N\cdot m}$.

Bilan des puissances et des pertes

Question 6.1. À partir de la résistance mesurée entre deux bornes de phases du stator, calculer les pertes Joule dans le stator pjs.

En étoile, la résistance mesurée entre deux bornes de phase correspond à deux enroulements en série. La résistance d'un enroulement vaut donc $4{,}16/2\ \Omega$. Les pertes Joule des trois enroulements sont $p_{js} = 3(R/2)I^2$, avec le courant de phase égal au courant de ligne. En utilisant $I \approx 9{,}2402\ \mathrm{A}$, on obtient environ 532,8 W.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$p_{js} \approx 533\ \mathrm{W}$.

Question 6.2. Calculer la puissance transmise Ptr.

La puissance transmise au rotor est la puissance absorbée diminuée des pertes dans le stator. On retranche les pertes Joule statoriques calculées précédemment et les pertes fer données par le sujet, $P_{fs} = 246\ \mathrm{W}$: $P_{tr} = P_a - p_{js} - P_{fs}$. Avec $P_a = 8962{,}5\ \mathrm{W}$ et $p_{js} \approx 532{,}8\ \mathrm{W}$, on trouve $P_{tr} \approx 8183{,}7\ \mathrm{W}$.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$P_{tr} \approx 8{,}18\ \mathrm{kW}$.

Question 6.3. Calculer les pertes Joule au rotor pjr.

Dans un moteur asynchrone, les pertes Joule au rotor correspondent à la fraction de la puissance transmise associée au glissement : $p_{jr} = g P_{tr}$. Le glissement vaut $0{,}050$ et la puissance transmise calculée précédemment est $8183{,}7\ \mathrm{W}$. Ainsi, $p_{jr} = 0{,}050 \times 8183{,}7 \approx 409{,}2\ \mathrm{W}$.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$p_{jr} \approx 409\ \mathrm{W}$.

Question 6.4. Déduire les pertes mécaniques pm du moteur.

La puissance mécanique développée par le rotor vaut $(1-g)P_{tr}$. Elle se partage entre la puissance utile et les pertes mécaniques. On écrit donc $p_m = (1-g)P_{tr} - P_u$. Avec $g = 0{,}050$, $P_{tr} = 8183{,}7228\ \mathrm{W}$ et $P_u = 7170\ \mathrm{W}$, le calcul donne $p_m \approx 604{,}5\ \mathrm{W}$.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$p_m \approx 605\ \text{W}$.

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2007)

Bilan de l'épreuve : Cette épreuve de physique-chimie, code 07 MFSPHY, étudie la qualité des eaux de trempe dans une usine métallurgique et le transport de ces eaux par pompe. Elle comprend des applications sur le pH et les réactions des métaux, un bilan thermique de trempe du fer et l'étude d'un moteur asynchrone triphasé. La session, la durée et le coefficient ne sont pas indiqués.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- Le pH est défini par pH = $-\log_{10}[H_3O^+]$; à 25 °C, $[H_3O^+][HO^-] = 10^{-14}$.
- La quantité de matière se calcule par n = m/M ; pour un gaz parfait, PV = nRT.
- La loi de Wien s'écrit $\lambda_{max} T = 2{,}898 \times 10^{-3}$ m·K, avec T exprimée en kelvins.
- Le glissement d'un moteur asynchrone vaut g = (ns - n)/ns ; la puissance utile est Pu = Tuω.

Points de vigilance & attentes du jury

- Convertir la température en kelvins pour la loi de Wien et l'équation des gaz parfaits.
- Équilibrer les réactions et justifier l'attaque des métaux à l'aide des potentiels fournis.
- Distinguer les grandeurs de ligne et de phase selon le couplage du moteur.
- Tenir un bilan cohérent des pertes statoriques, de la puissance transmise, des pertes rotoriques et des pertes mécaniques.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment passer d'un pH aux concentrations des ions de l'eau ?

On utilise pH = $-\log_{10}[H_3O^+]$, donc $[H_3O^+] = 10^{-pH}$ mol·L^{-1}. À 25 °C, le produit ionique vaut $[H_3O^+][HO^-] = 10^{-14}$, ce qui permet de calculer la concentration en ions HO^-.

Q : Comment déterminer la température de la pièce à partir de sa lumière ?

Appliquer la loi de Wien $\lambda_{max} T = 2{,}898 \times 10^{-3}$ m·K, avec λ_{max} exprimée en mètres. Le résultat donne T en kelvins ; pour le convertir en degrés Celsius, soustraire 273,15.

Q : Comment organiser les calculs sur le moteur triphasé ?

Suivre l'ordre du sujet : puissance absorbée, couplage et grandeurs électriques, vitesse de synchronisme, glissement et couple, puis pertes. Conserver les valeurs intermédiaires et leurs unités facilite les vérifications.

Q : Quels critères de notation faut-il soigner dans cette épreuve ?

Le sujet indique les points des trois parties, mais ne détaille pas le barème de chaque question. Présenter les calculs, unités et justifications clairement, notamment pour les réactions chimiques et le couplage du moteur.

Sujet officiel associé (PDF) : https://btsforge.fr/assets/annales/bts-forge/E3.2 - Physique - Chimie/2007/BTS Forge - E3.2 - Physique - Chimie - Session 2007 - 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.