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

BAC STI2D • CORRIGÉ DÉTAILLÉ

Énergies et Environnement

Session 2023 • Code sujet : **23-2D2IDEELR1** • Durée : **4 heures**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. Étude sociétale, écologique, économique et énergétique du Trambus (25 questions) **Page 3**

2. Dimensionnement de la motorisation, des batteries et des stations de recharge (23 questions) **Page 13**

3. Ce qu'il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ) (Synthèse & Q&A Examen) **Page 23**

Sujet officiel (PDF) : https://bacsti2d.fr/assets/annales/bac-sti2d/Ingénierie, innovation et développement durable/2023/Bac STI2D - Ingénierie, innovation et développement durable - Session 2023 - 2-Sujet.pdf

1. Étude sociétale, écologique, économique et énergétique du Trambus

L'étude examine le projet de bus électriques Trambus dans l'agglomération bayonnaise à partir de documents sur la mobilité, les émissions de carbone et les coûts. Elle évalue aussi les besoins énergétiques, la recharge par biberonnage et la stabilité d'une borne.

Partie 1 : pertinence sociétale

Question 1.1. À partir de l'étude de mobilité DT1, relever les arguments démontrant l'urgence d'augmenter l'offre de transport en commun et les enjeux du programme Trambus.

Sans action, le nombre de voitures augmenterait de 30 % en dix ans, entraînant l'engorgement des voies. L'usage massif de l'automobile dégrade aussi la qualité de vie par le bruit, la pollution et les embouteillages.

Le Trambus vise à offrir un transport collectif fiable, y compris aux heures de pointe et en été, à maîtriser le budget des déplacements et à compléter le vélo et la marche.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Urgence : hausse de 30 % des voitures et congestion. Enjeux : qualité de vie, transport fiable, budget maîtrisé et complémentarité des modes.

Question 1.2. À partir du DT1, calculer l'augmentation de population due aux touristes pendant la première quinzaine d'août. Indiquer le mode de transport privilégié par les touristes pour venir dans l'agglomération et préciser sa part en pourcentage.

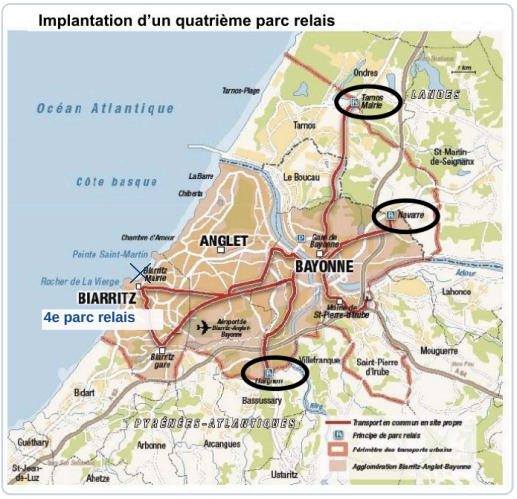
Le DT1 indique 365 274 personnes présentes dans l'agglomération entre le 1er et le 15 août, contre 160 000 hors saison. L'augmentation est donc de 365 274 - 160 000 = 205 274 personnes. Le diagramme montre que la voiture est le mode privilégié par les touristes, avec 81 % des choix.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Augmentation : 205 274 personnes. Mode privilégié : voiture, 81 %.

Question 1.3. À partir du DT1, proposer sur le document réponse DR1 l'implantation d'un quatrième parc relais. Justifier l'emplacement des parkings relais au vu des origines des véhicules transitant par l'agglomération.

Les flux importants venant notamment du sud-ouest convergent vers l'agglomération. Les trois parcs relais représentés interceptent déjà les véhicules au nord, à l'est et au sud. Un quatrième parc à l'ouest, vers Biarritz et près d'un axe d'entrée, compléterait le maillage et permettrait aux automobilistes de poursuivre leur trajet en transport collectif.

Proposition d'implantation du quatrième parc relais



> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Proposition : implanter le quatrième parc relais à l'ouest, vers Biarritz, près d'un axe d'entrée de l'agglomération.

Question 1.4. Conclure sur la pertinence du projet Trambus du point de vue sociétal.

Le Trambus répond à un besoin de mobilité croissant et propose une alternative fiable à la voiture. Associé aux parcs relais, il peut réduire la congestion et les nuisances, tout en facilitant les déplacements et la complémentarité avec le vélo et la marche.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le Trambus favorise les déplacements collectifs et contribue à la qualité de vie en limitant la dépendance à la voiture.

Partie 2 : pertinence écologique

Question 2.1. Sachant qu'un bus parcourt en moyenne 200 km par jour, déterminer la distance parcourue par un bus en 12 années de 365 jours chacune.

Sur 12 années de 365 jours, le bus parcourt 12 × 365 jours. À 200 km par jour, la distance totale est : 200 × 12 × 365.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Distance parcourue : 876 000 km.

Question 2.2. À partir du graphique du DT2, relever les émissions de CO_2 par kilomètre d'un bus diesel, puis déterminer en tonnes la quantité totale de CO_2 émise sur la distance calculée à la question 2.1.

Le graphique DT2 donne 1 544 gCO_2e/km pour un bus diesel. Sur 876 000 km, les émissions sont de 1 544 × 876 000 grammes. La conversion en tonnes se fait en divisant par 1 000 000.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Diesel : 1 544 gCO_2e/km, soit 1 352,544 tCO_2e sur 876 000 km.

Question 2.3. À partir du graphique du DT2, relever les émissions de CO_2 par kilomètre d'un bus électrique VEB, puis déterminer en tonnes la quantité totale de CO_2 émise sur la distance calculée à la question 2.1.

Le graphique DT2 indique 244 gCO_2e/km pour un bus électrique à batteries (VEB). Sur les 876 000 km du cycle de vie, les émissions sont de 244 × 876 000 grammes, soit 213,744 tonnes.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> VEB : 244 gCO_2e/km, soit 213,744 tCO_2e sur 876 000 km.

Question 2.4. Pour un cycle de vie complet, déterminer le gain en non-émission de CO_2 d'un bus électrique VEB par rapport à un bus diesel, à partir des données du DT2.

Le gain en émissions évitées est la différence entre les émissions du bus diesel et celles du VEB pour la même distance : 1 352,544 - 213,744 = 1 138,8 tonnes de CO_2e.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Gain du VEB : 1 138,8 tCO_2e évitées sur le cycle de vie.

Question 2.5. À partir du DT2, citer les avantages qui favorisent le choix d'un bus électrique VEB par rapport à un bus diesel, puis conclure sur la pertinence écologique du choix du Trambus.

Le VEB présente une empreinte carbone nettement plus faible sur son cycle de vie que le bus diesel. En circulation, il n'émet pas de CO_2 à l'échappement et il est silencieux. Le DT2 souligne aussi son confort et son intérêt économique pour la collectivité lorsque les coûts sanitaires et climatiques sont pris en compte.

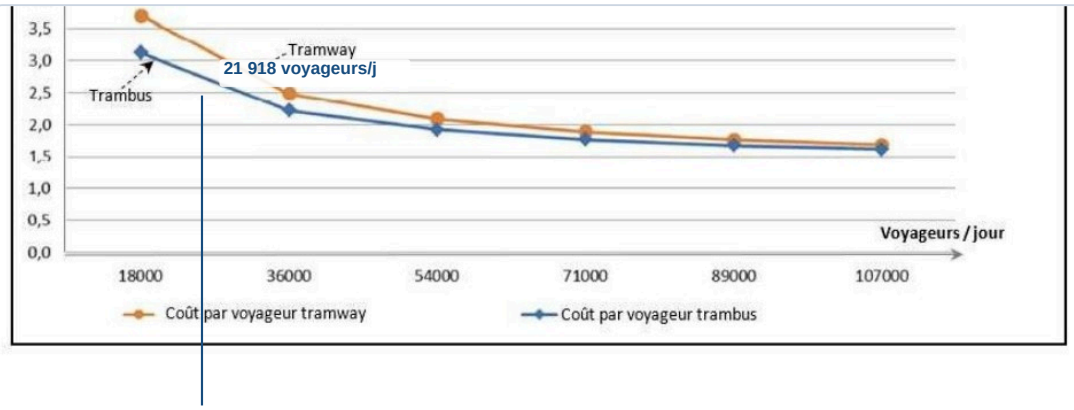
> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Moins d'émissions sur le cycle de vie, aucun rejet de CO_2 à l'échappement et moins de bruit : le choix est écologiquement pertinent.

Partie 3 : pertinence économique

Question 3.1. À partir de l'objectif de huit millions de voyageurs par an, calculer le nombre moyen de voyageurs qui transiteront chaque jour sur le réseau du Trambus. Reporter cette valeur sur l'axe correspondant du graphique DR2.

La moyenne journalière s'obtient en répartissant les 8 000 000 voyageurs annuels sur 365 jours : 8 000 000 ÷ 365 ≈ 21 918. Sur le DR2, cette abscisse se place entre 18 000 et 36 000 voyageurs par jour, un peu plus près de 18 000.

Report de la fréquentation journalière sur le DR2



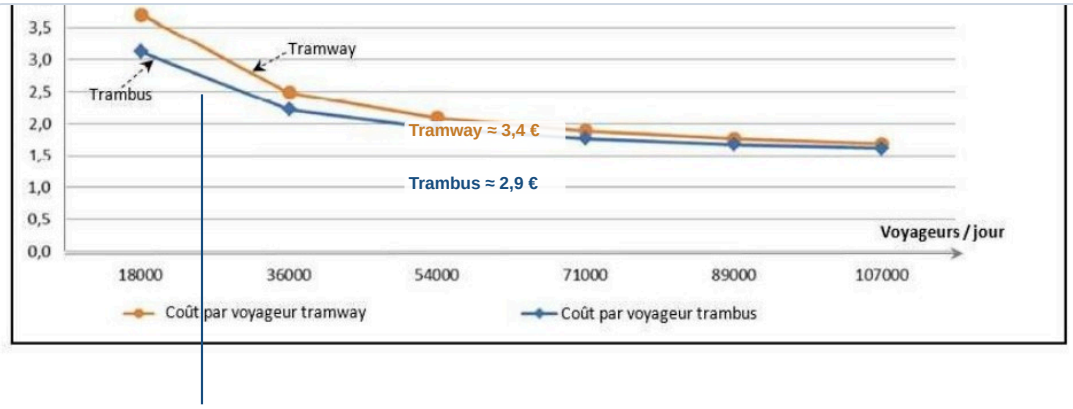
23-2D2IDEELR1 16/31

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Environ 21 918 voyageurs par jour.

Question 3.2. Pour le nombre moyen de voyageurs calculé à la question précédente, relever sur le graphique DR2 le coût pour l'agglomération d'un voyageur pour chacun des deux modes de transport : tramway et Trambus.

À environ 21 918 voyageurs par jour, on lit les deux courbes du DR2 entre les repères 18 000 et 36 000. Par interpolation graphique, le coût est d'environ 3,4 € par voyageur pour le tramway et 2,9 € pour le Trambus. La lecture reste approximative.

Lecture des coûts au niveau de 21 918 voyageurs par jour



23-2D2IDEELR1 16/31

✓ RÉPONSE À RETENIR

Coût estimé : tramway ≈ 3,4 €/voyageur ; Trambus ≈ 2,9 €/voyageur.

Question 3.3. Conclure sur la pertinence du projet Trambus du point de vue économique.

Pour la fréquentation moyenne prévue, le coût par voyageur du Trambus est inférieur à celui du tramway sur le DR2. Le projet est donc économiquement pertinent au regard de cette comparaison, à condition d'atteindre la fréquentation visée.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Le Trambus est économiquement pertinent : son coût par voyageur est inférieur à celui du tramway.

Partie 4 : apports d'énergie électrique

Question 4.1. À partir des horaires de la ligne T2 pour le vendredi, démontrer que l'ensemble des véhicules effectue une soixantaine de trajets aller-retour.

Dans un sens, les horaires du vendredi donnent 3 départs entre 6 h et 7 h, 48 entre 7 h et 19 h, puis 10 entre 19 h et minuit. Le total est 61 trajets simples dans chaque sens, soit 61 trajets aller-retour sur l'ensemble de la ligne.

✓ RÉPONSE À RETENIR

L'ensemble de la ligne effectue 61 trajets aller-retour le vendredi.

Question 4.2. **Déterminer le nombre de trajets aller-retour effectués par chaque véhicule, en arrondissant au nombre entier supérieur, puis calculer la distance parcourue par chaque véhicule dans ce cas.**

Les 61 allers-retours sont répartis entre 8 véhicules : 61 ÷ 8 = 7,625, soit 8 allers-retours par véhicule après arrondi supérieur. Chaque aller-retour couvre deux fois 13,3 km, donc la distance est de 8 × 2 × 13,3 km.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

8 trajets aller-retour par véhicule, soit 212,8 km.

Question 4.3. **Pour une distance journalière de 200 km, déterminer à partir du DT5 l'énergie, en kW·h, que chaque véhicule doit stocker dans les conditions climatiques les plus sévères.**

En conditions climatiques sévères et à pleine charge, le DT5 indique 3,7 kW·h/km. Pour 200 km, l'énergie nécessaire est : 3,7 × 200.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

Énergie nécessaire : 740 kW·h par véhicule et par jour.

Question 4.4. **Sachant qu'une batterie peut stocker 50 kW·h, déterminer le nombre de batteries nécessaires pour stocker l'énergie calculée à la question 4.3.**

Le besoin de 740 kW·h divisé par les 50 kW·h stockés par batterie donne 14,8 batteries. Le nombre nécessaire doit être entier : il faut donc arrondir au nombre supérieur.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

Il faudrait 15 batteries de 50 kW·h.

Question 4.5. **À partir de la vue de dessus du véhicule et de l'échelle du DT6, déterminer le nombre maximal de batteries pouvant être installées côte à côte dans la zone prévue. Conclure sur la faisabilité de la solution technique et justifier la nécessité du biberonnage.**

À l'échelle du DT6, la zone 5 mesure environ 4 fois la largeur et 2 fois la longueur d'une batterie orientée pour occuper le mieux la zone : elle peut donc accueillir au maximum 8 batteries côte à côte, sans superposition. Ce nombre reste inférieur aux 15 batteries calculées pour une journée complète sans recharge. Le biberonnage est donc nécessaire.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

Maximum sur le toit : 8 batteries. La capacité embarquée seule ne couvre pas le besoin journalier : le biberonnage est nécessaire.

Question 4.6. À partir de la puissance de 500 kW de la borne et d'un arrêt de cinq minutes, déterminer l'énergie apportée à l'ensemble des batteries au terminus. Comparer ce résultat à la consommation de 47 kW·h nécessaire pour effectuer un trajet entre terminus.

La borne délivre 500 kW pendant 5 minutes, soit 5/60 h. L'énergie reçue vaut puissance × durée : 500 × 5/60 = 41,7 kW·h. Cette valeur, arrondie à 42 kW·h, est inférieure aux 47 kW·h consommés sur un trajet entre terminus.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Recharge : 41,7 kW·h, soit environ 42 kW·h, contre 47 kW·h consommés par trajet.

Question 4.7. Avec une énergie initiale de 150 kW·h et huit trajets aller-retour quotidiens par véhicule, déterminer la charge restant dans les batteries en fin de journée.

Huit allers-retours représentent 16 trajets simples. En utilisant les valeurs arrondies du sujet, le bilan est : énergie initiale + recharges - consommation des trajets, soit 150 + 16 × 42 - 16 × 47 = 70 kW·h.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Charge restante en fin de journée : 70 kW·h.

Question 4.8. Conclure sur la capacité des véhicules à parcourir les huit trajets aller-retour quotidiens.

Le bilan donne 70 kW·h restants après les 16 trajets et les recharges au terminus. Les huit allers-retours quotidiens sont donc réalisables avec le biberonnage. Sans ces recharges intermédiaires, l'énergie initiale de 150 kW·h serait insuffisante.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Oui, les huit allers-retours sont réalisables avec le biberonnage ; il reste environ 70 kW·h.

Partie 5 : stabilité de la borne

Question 5.1. À l'aide des coordonnées du centre de gravité indiquées dans l'énoncé et du schéma du DR3, identifier lequel des points G1, G2 et G3 représente le centre de gravité G.

Le point G(1830, 2090) se situe à une abscisse inférieure à celle de A(2500, 0) et à une hauteur intermédiaire sur le schéma du DR3. Parmi les trois points proposés, cette position correspond à G1.

Identification du centre de gravité



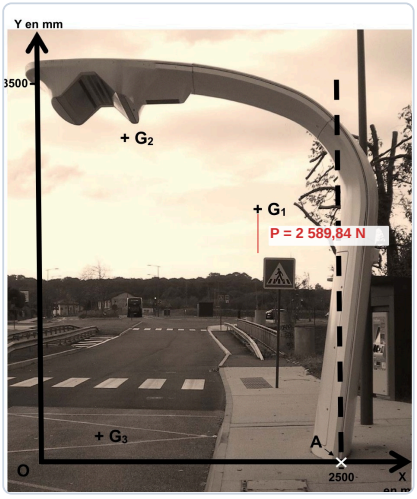
✓ RÉPONSE À RETENIR

Le centre de gravité G correspond au point G1.

Question 5.2. Calculer le poids de la borne complète à partir des masses de l'enveloppe et des éléments internes et de l'accélération de la pesanteur. Représenter cet effort sur le DR3 en respectant l'échelle de 1 cm pour 500 N.

La masse totale vaut 144 + 120 = 264 kg. Le poids est donc 264 × 9,81 = 2 589,84 N. À l'échelle de 1 cm pour 500 N, la flèche mesure 2 589,84 ÷ 500 = 5,18 cm. Elle est appliquée en G1, verticale et dirigée vers le bas.

Poids de la borne représenté au point G1



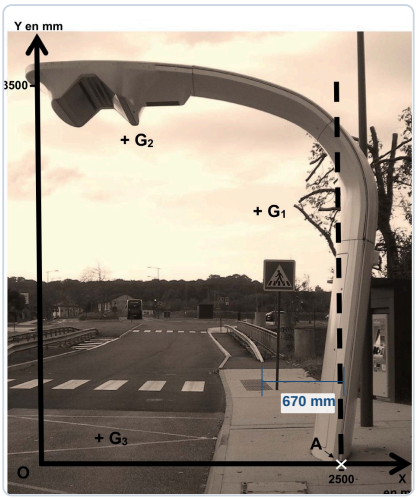
✓ RÉPONSE À RETENIR

P = 2 589,84 N ; flèche verticale vers le bas de 5,18 cm à l'échelle donnée.

Question 5.3. **À partir des coordonnées de G et de A, déterminer la cote séparant le centre de gravité et la droite verticale passant par le point A, en projection sur l'axe x. Représenter cette cote sur le DR3.**

L'abscisse de G est 1 830 mm et celle de A est 2 500 mm. L'écart horizontal entre G et la verticale passant par A vaut donc 2 500 - 1 830 = 670 mm. Sur le DR3, la cote se place sur l'axe x entre la projection de G et la verticale de A.

Cote horizontale entre G et la verticale passant par A



✓ RÉPONSE À RETENIR

Écart horizontal : 670 mm.

Question 5.4. **Déterminer le type de liaison qui permettrait à l'action mécanique du sol sur la borne de s'opposer à l'action du poids de la borne sur le sol afin de garantir son équilibre.**

Le poids appliqué en G, décalé par rapport au point de fixation A, crée un moment de basculement. La liaison au sol doit empêcher la rotation et transmettre le moment nécessaire à l'équilibre. Une liaison encastrée au pied de la borne convient.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Une liaison encastrée au sol.

Partie 6 : développement durable

Question 6.1. **En synthèse, conclure sur le bien-fondé du choix d'un bus électrique du point de vue du développement durable, puis sur la plus-value qu'apporte le système de biberonnage. Le sujet renvoie au DT7, qui présente le plan du réseau informatique du Trambus.**

Le bus électrique réduit fortement les émissions de CO_2 sur son cycle de vie et ne rejette pas de CO_2 à l'échappement en circulation. Il contribue aussi à limiter le bruit et favorise les transports collectifs. Le biberonnage ajoute une recharge rapide aux terminus, complétant la charge nocturne et permettant de maintenir

le service avec une capacité de batterie limitée.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Le bus électrique réduit les émissions et le bruit ; le biberonnage assure des recharges rapides en service et soutient l’autonomie.

2. Dimensionnement de la motorisation, des batteries et des stations de recharge

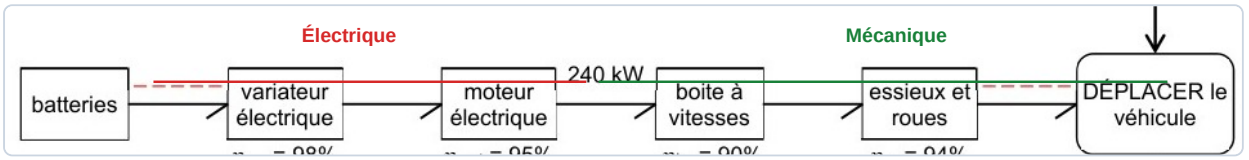
Cette partie étudie la chaîne de puissance du Trambus, les batteries lithium-titanate et la récupération d'énergie au freinage. Elle vérifie aussi l'autonomie en service, les choix de pantographe et l'adéquation des composants électriques des stations de recharge.

Partie A : puissance du moteur

Question A.1. Sur la chaîne de puissance de la motorisation du document réponse DRS1, repasser en rouge le flux d'énergie électrique et en vert le flux d'énergie mécanique.

Le flux électrique va des batteries au variateur puis au moteur. À la sortie du moteur, le flux est mécanique et passe par la boîte de vitesses, puis les essieux et les roues. La chaîne de puissance du DRS1 indique donc les deux portions à distinguer par leur couleur.

Flux énergétiques sur la chaîne de puissance



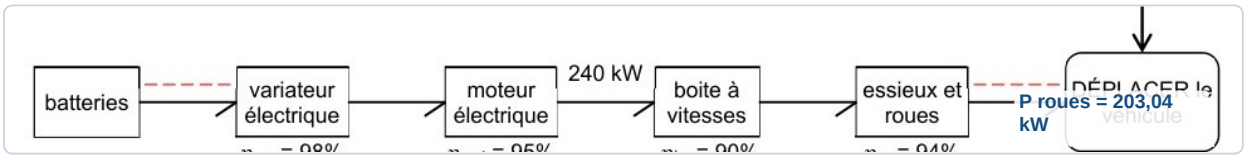
✓ **RÉPONSE À RETENIR**

Rouge : batteries → variateur → moteur. Vert : moteur → boîte de vitesses → essieux et roues.

Question A.2. En considérant que le moteur fonctionne dans ses conditions nominales, déterminer la puissance Proues développée au niveau des roues à partir des informations de la chaîne de puissance, puis reporter cette valeur sur le DRS1.

La puissance utile de 240 kW est celle délivrée par le moteur. Entre le moteur et les roues, les rendements de la boîte de vitesses et des essieux sont respectivement de 90 % et 94 %. Ainsi : $P_{roues} = 240 \times 0{,}90 \times 0{,}94 = 203{,}04\ \text{kW}$.

Puissance développée aux roues



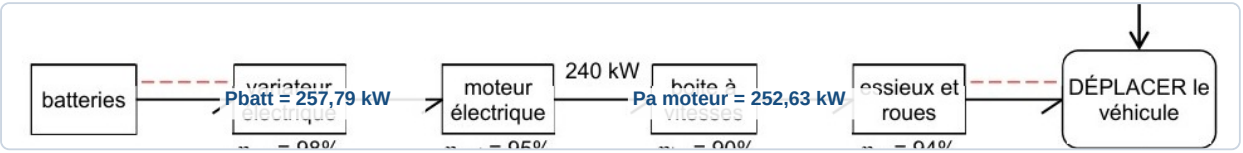
✓ **RÉPONSE À RETENIR**

$P_{roues} = 203{,}04\ \text{kW}$

Question A.3. **Déterminer la puissance Pa_moteur absorbée par le moteur et la puissance Pbatt délivrée par les batteries dans les conditions nominales. Reporter ces valeurs sur la chaîne de puissance du DRS1.**

Le moteur fournit 240 kW utiles et son rendement est de 95 %. La puissance qu'il absorbe vaut donc $240/0{,}95 = 252{,}63\ \text{kW}$. Le variateur, de rendement 98 %, doit recevoir une puissance supérieure : $P_{batt} = 252{,}63/0{,}98 = 257{,}79\ \text{kW}$.

Puissances absorbées dans la chaîne



✓ RÉPONSE À RETENIR

$P_{a_moteur} = 252{,}63\ \text{kW}$; $P_{batt} = 257{,}79\ \text{kW}$

Question A.4. **À pleine charge, sur une côte de 18 %, le bus doit atteindre 12 km·h⁻¹ et la force de traction est de 53 150 N. En négligeant les pertes dues aux frottements de l'air, déterminer la puissance Proue_max nécessaire au niveau des roues.**

La puissance mécanique nécessaire aux roues est le produit de la force de traction par la vitesse. On convertit la vitesse en unités SI : $12/3{,}6 = 3{,}33\ \text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. Alors $P = Fv = 53\,150 \times (12/3{,}6) = 177\,166{,}7\ \text{W}$, soit environ 177,2 kW.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$P_{roue_max} \approx 177{,}2\ \text{kW}$

Question A.5. **Comparer la puissance nécessaire calculée à la question A.4 avec les résultats notés sur le DRS1, puis conclure sur le choix des caractéristiques du moteur du point de vue de sa puissance.**

La puissance disponible aux roues en régime nominal est de 203,04 kW. La puissance requise dans les conditions sévères est d'environ 177,2 kW. La puissance disponible étant supérieure, la motorisation peut satisfaire le cahier des charges. L'écart entre les deux valeurs est d'environ 25,9 kW.

✓ RÉPONSE À RETENIR

203,04 kW > 177,2 kW : la puissance est suffisante, avec une marge d'environ 25,9 kW.

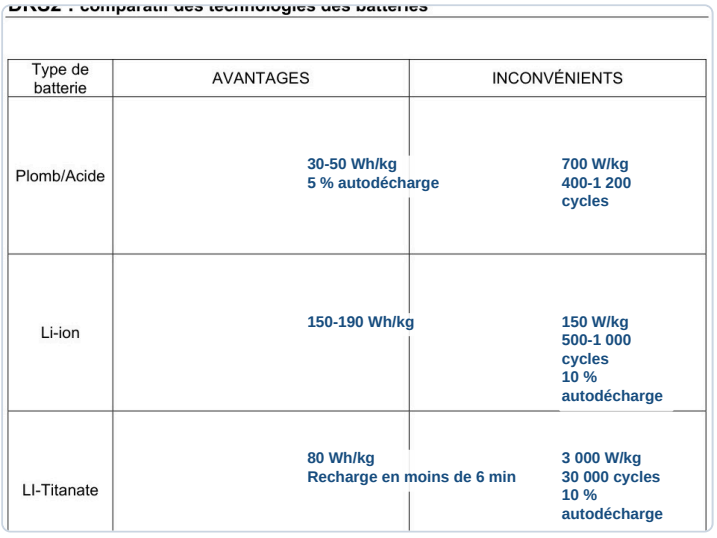
Partie B : batteries et récupération d’énergie

Question B.1. À partir du comparatif des technologies du DTS1, compléter le tableau du DRS2 en indiquant les avantages et les inconvénients des batteries plomb-acide, lithium-ion et lithium-titanate.

Batterie	Avantages	Inconvénients
Plomb-acide	Autodécharge limitée : 5 % par mois ; puissance de pointe : 700 W/kg.	Densité faible : 30 à 50 Wh/kg ; durée de vie : 400 à 1 200 cycles.
Lithium-ion	Densité élevée : 150 à 190 Wh/kg.	Puissance de pointe : 150 W/kg ; 500 à 1 000 cycles ; autodécharge : 10 % par mois.
Lithium-titanate	3 000 W/kg ; 30 000 cycles ; recharge rapide.	Densité : 80 Wh/kg ; autodécharge : 10 % par mois.

Le tableau reprend les critères comparatifs du DTS1.

Comparatif complété des batteries



✓ RÉPONSE À RETENIR

Plomb-acide : faible densité et durée de vie limitée. Li-ion : forte densité. Li-titanate : puissance élevée, recharge rapide et 30 000 cycles, mais densité moindre.

Question B.2. En vous appuyant sur le DTS1 et sur les recharges partielles de cinq minutes aux terminus, justifier le choix de batteries lithium-titanate pour alimenter les autobus du Trambus. Reporter les éléments de comparaison dans le DRS2.

Le biberonnage dure cinq minutes. Le lithium-titanate accepte une recharge en moins de six minutes et des courants élevés grâce à sa stabilité thermique. Sa puissance de pointe de 3 000 W/kg répond aux appels de puissance du bus. Enfin, sa durée de vie atteint 30 000 cycles, soit environ 12 ans selon le DTS1. Il est donc adapté aux recharges rapides et fréquentes des autobus.

Atouts du lithium-titanate

LI-Titanate	Recharge rapide moins de 6 min Puissance de pointe 3 000 W/kg	30 000 cycles 12 ans en moyenne Stable, adapté aux courants forts

✓ RÉPONSE À RETENIR

Le lithium-titanate convient au biberonnage de 5 min : recharge en moins de 6 min, 3 000 W/kg et 30 000 cycles.

Question B.3. À partir de la simulation du cycle entre deux stations du DTS3, compléter le tableau du DRS3 en indiquant l'action réalisée par le véhicule lors de chacune des quatre phases.

La courbe de vitesse montre d'abord un arrêt, puis une augmentation de vitesse. Le véhicule roule ensuite à vitesse stabilisée avant de ralentir jusqu'à l'arrêt. Le courant devient négatif pendant la décélération : le moteur fonctionne alors en générateur et l'énergie est récupérée par les batteries.

Actions du véhicule par phase

Phase	Action réalisée par le véhicule
1	Bus arrêté
2	Accélération
3	Vitesse constante
4	Décélération, énergie récupérée

✓ RÉPONSE À RETENIR

1 : arrêt ; 2 : accélération ; 3 : vitesse constante ; 4 : décélération avec récupération d'énergie.

Question B.4. À partir des données de masse par essieu du DTS2, démontrer que la masse maximale du véhicule est mmax = 31 200 kg.

La masse maximale à pleine charge est obtenue en additionnant les charges maximales des trois essieux : avant, milieu et arrière. Ainsi, $m_{max} = 8\,200 + 10\,000 + 13\,000 = 31\,200\ \text{kg}$. La somme confirme la valeur demandée.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$m_{max} = 31\,200\ \text{kg}$

Question B.5. En utilisant l'expression de l'énergie cinétique fournie, déterminer l'énergie cinétique emmagasinée par le bus lors d'une décélération de 50 km·h⁻¹ à 0 km·h⁻¹. Donner le résultat en joules puis en W·h.

La vitesse doit être exprimée en mètres par seconde : $50/3{,}6 = 13{,}89\ \text{m} \cdot \text{s}^{-1}$. Avec $m = 31\,200\ \text{kg}$, l'énergie cinétique vaut $E_C = \frac{1}{2}mv^2$. Pour obtenir des W·h, on divise ensuite l'énergie en joules par 3 600.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$E_C \approx 3{,}009 \times 10^6\ \text{J} \approx 835{,}9\ \text{W} \cdot \text{h}$

Question B.6. Pour une décélération en conduite souple, déterminer l'énergie cinétique restituée à la chaîne de puissance puis l'énergie électrique restituée aux batteries, en tenant compte du rendement global de 78 %. Exprimer les résultats en W·h.

En conduite souple, 93 % de l'énergie cinétique est transférée à la chaîne de puissance. L'énergie transférée vaut $E_C \times 0{,}93$. Les batteries reçoivent ensuite 78 % de cette valeur, selon le rendement global : $E_{elec} = E_C \times 0{,}93 \times 0{,}78$. Les valeurs sont arrondies au dixième de W·h.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$E_{C_souple} \approx 777{,}4\ \text{W} \cdot \text{h}$; $E_{elec_bat_souple} \approx 606{,}4\ \text{W} \cdot \text{h}$

Question B.7. Pour une décélération en conduite saccadée, déterminer l'énergie cinétique restituée à la chaîne de puissance puis l'énergie électrique restituée aux batteries, en tenant compte du rendement global de 78 %. Exprimer les résultats en W·h.

En conduite saccadée, 30 % de l'énergie cinétique sont transférés à la chaîne de puissance. L'énergie récupérée à ce stade vaut $E_C \times 0{,}30$. En tenant compte du rendement global de 78 %, l'énergie électrique restituée aux batteries vaut $E_C \times 0{,}30 \times 0{,}78$. Les valeurs sont arrondies au dixième de W·h.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$E_{C_saccadé} \approx 250{,}8\ \text{W} \cdot \text{h}$; $E_{elec_bat_saccadé} \approx 195{,}6\ \text{W} \cdot \text{h}$

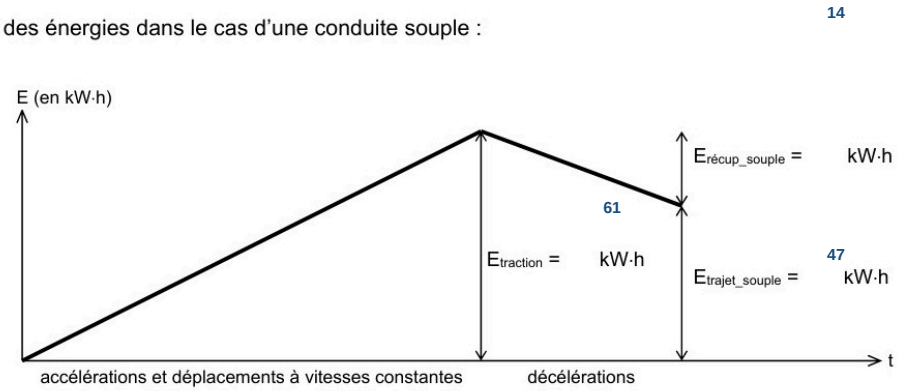
Question B.8. **Reporter sur le DRS4 les valeurs d'énergie relatives à la conduite souple : énergie récupérée par les batteries et énergie finale absorbée par trajet. Déterminer l'énergie Etraction délivrée par les batteries durant les démarrages et les déplacements à vitesse constante, puis reporter le résultat sur le document.**

L'énergie finale absorbée tient compte de l'énergie récupérée : $E_{trajet_souple} = E_{traction} - E_{récup_souple}$. Donc $E_{traction} = 47 + 14 = 61\ \text{kW} \cdot \text{h}$. Reporter sur le DRS4 les valeurs 14 kW·h pour l'énergie récupérée, 61 kW·h pour l'énergie de traction et 47 kW·h pour l'énergie finale du trajet.

Bilan complété en conduite souple

DRS4 : récupération de l'énergie cinétique lors des freinages

Bilan des énergies dans le cas d'une conduite souple :



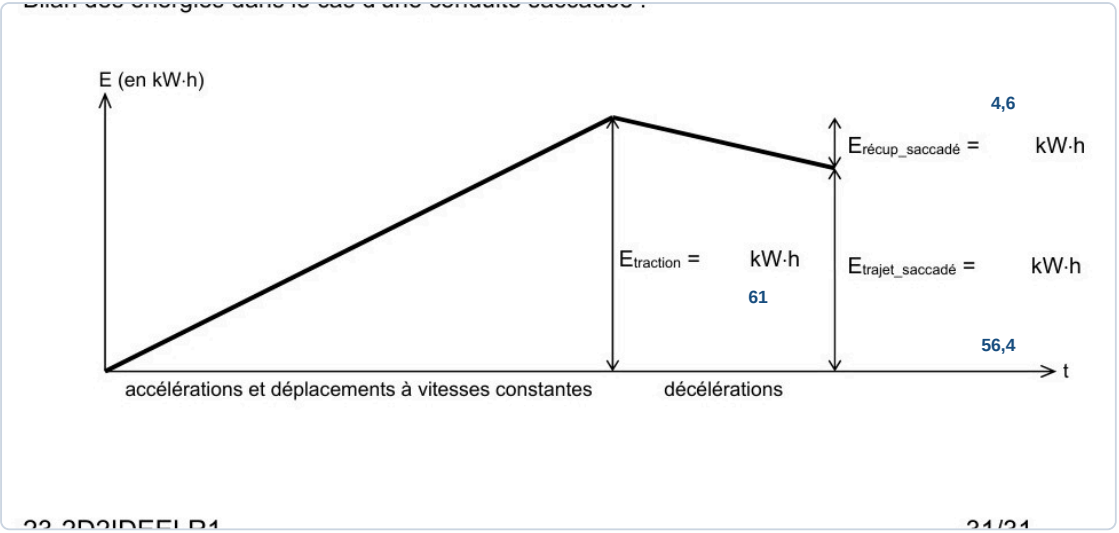
✓ **RÉPONSE À RETENIR**

Conduite souple : récupération 14 kW·h, traction 61 kW·h, trajet 47 kW·h.

Question B.9. **En conduite saccadée, déterminer l'énergie Etrajet_saccadé nécessaire pour effectuer un trajet à partir de l'énergie Etraction et de l'énergie récupérée lors des décélérations. Reporter le résultat sur le DRS4.**

L'énergie de traction est identique dans les deux modes de conduite : 61 kW·h. En conduite saccadée, 4,6 kW·h sont récupérés lors des décélérations. L'énergie nette absorbée pour un trajet est donc $E_{trajet_saccadé} = E_{traction} - E_{récup_saccadé} = 61 - 4{,}6 = 56{,}4\ \text{kW} \cdot \text{h}$.

Bilan complété en conduite saccadée



✓ **RÉPONSE À RETENIR**

$E_{trajet_saccadé} = 56{,}4\ \text{kW} \cdot \text{h}$

Question B.10. Vérifier si le véhicule peut effectuer 16 trajets d'un terminus à l'autre avec une énergie initiale de 150 kW·h et une recharge de 42 kW·h à chaque terminus pendant cinq minutes. Si la capacité ne suffit pas, proposer une solution sans augmenter la capacité des batteries.

Pour 16 trajets, il y a 15 recharges intermédiaires. En conduite saccadée, le bilan est $150 + 15 \times 42 - 16 \times 56{,}4 = -122{,}4\ \text{kW} \cdot \text{h}$: l'énergie disponible ne suffit pas. Sans augmenter la capacité des batteries, il faut adopter une conduite souple. À 47 kW·h par trajet, le bilan après 16 trajets est $150 + 15 \times 42 - 16 \times 47 = 28\ \text{kW} \cdot \text{h}$.

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

La conduite saccadée ne permet pas les 16 trajets. En conduite souple, ils sont réalisables et il reste 28 kW·h.

Partie C : stations de recharge

Question C.1. À l'aide du DTS4, indiquer un avantage et un inconvénient de chacune des solutions suivantes : pantographe embarqué et pantographe inversé.

Le pantographe embarqué est installé sur le toit du bus : une panne ne touche que ce véhicule. En contrepartie, chaque bus doit en être équipé, ce qui augmente le coût et ajoute 80 kg. Avec le pantographe inversé, le bus porte seulement un connecteur de 4 kg. Toutefois, une panne de l'équipement installé au terminus affecte tous les bus de la ligne.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Embarqué : panne limitée à un bus, mais coût et masse plus élevés. Inversé : connecteur léger, mais une panne affecte toute la ligne.

Question C.2. Justifier, en argumentant la réponse à partir du DTS4, le choix d'un pantographe embarqué sur chacun des huit autobus circulant sur la ligne T2.

Avec un pantographe embarqué sur chacun des huit autobus, une panne ne concerne que le bus défaillant et les autres peuvent continuer à être rechargés. À l'inverse, une panne du pantographe inversé installé au terminus affecte tous les bus de la ligne. Malgré son coût supérieur et sa masse de 80 kg par bus, la solution embarquée limite donc le risque de perturbation générale du service.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Le pantographe embarqué limite les conséquences d'une panne à un seul bus, plutôt qu'à toute la ligne.

Question C.3. À partir de l'énergie nominale totale et de la tension nominale des batteries indiquées dans le DTS2, calculer la capacité totale Ctot de l'ensemble des batteries en A·h en utilisant la relation E = U × C.

La relation est $E = U \times C$, donc $C = E/U$. L'énergie totale de 150 kW·h correspond à 150 000 W·h. Avec une tension nominale de 625 V, la capacité totale vaut $C_{tot} = 150\,000/625 = 240\ \mathrm{A \cdot h}$.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$C_{tot} = 240\ \mathrm{A \cdot h}$

Question C.4. Calculer le courant maximal théorique de recharge I4C des batteries pour un taux de 4C, puis déterminer le courant Iborne délivré par la borne au terminus. Comparer les deux valeurs et conclure.

La capacité totale vaut 240 A·h. Au taux de 4C, le courant maximal théorique est $I_{4C} = 4 \times 240 = 960\ \mathrm{A}$. Pour la borne de 500 kW et une tension de charge de 700 V, $I_{borne} = P/U = 500\,000/700 \approx 714{,}3\ \mathrm{A}$. Ce courant reste inférieur à la limite théorique des batteries.

✓ RÉPONSE À RETENIR

$I_{4C} = 960\ \mathrm{A}$; $I_{borne} \approx 714\ \mathrm{A}$. La borne respecte la limite 4C.

Question C.5. À partir du schéma électrique DTS5, identifier le composant repéré A2 et préciser sa fonction dans le montage.

Le composant A2, dans le schéma de charge rapide, est le redresseur. Il reçoit la tension alternative triphasée délivrée par le transformateur T2 et la convertit en tension continue pour alimenter les batteries du bus.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> A2 est le redresseur : il convertit le courant alternatif en courant continu pour charger les batteries.

Question C.6. À partir de la fiche technique DTS6, relever la tension et le courant en sortie du composant A2. Comparer ces valeurs aux besoins de charge des batteries, notamment à la tension de charge de 700 V, puis conclure sur la pertinence des caractéristiques du composant.

La fiche du redresseur rapide indique une tension de sortie continue réglable de 450 à 875 V et un courant maximal de 1 000 A. La tension requise de 700 V est dans cette plage. À 500 kW, le courant correspondant à 700 V est $500\,000/700 \approx 714{,}3$ A, inférieur au maximum : le composant convient.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Sortie A2 : 450 à 875 V DC, 1 000 A max. À 700 V, le courant requis est d'environ 714 A : caractéristiques adaptées.

Question C.7. À partir du schéma électrique DTS5, identifier le composant repéré T2 et préciser sa fonction dans le montage.

T2 est le transformateur de la station de charge rapide. Il abaisse la tension du réseau de 15 kV triphasé à 400 V triphasé, tension d'alimentation du redresseur A2. Sa puissance nominale est de 650 kVA.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> T2 est un transformateur abaisseur : 15 kV triphasé vers 400 V triphasé.

Question C.8. À partir des DTS5 et DTS6, relever la puissance et la tension en sortie du composant T2, puis la puissance et la tension en entrée du composant A2. Comparer les valeurs et conclure sur la pertinence des caractéristiques de T2.

Le DTS5 indique en sortie de T2 une tension de 400 V triphasé et une puissance nominale de 650 kVA. L'entrée de A2 est spécifiée à 400 V AC triphasé avec neutre, pour une puissance maximale de 550 kVA. La tension convient et la puissance disponible de T2 dépasse celle demandée par A2 : le transformateur est correctement dimensionné.

✓ RÉPONSE À RETENIR

T2 : 400 V triphasé, 650 kVA. Entrée A2 : 400 V triphasé, 550 kVA max. T2 convient.

SYNTHÈSE DE L'ÉPREUVE & RÉFÉRENTIEL • BAC STI2D

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2023)

Bilan de l'épreuve : L'épreuve de spécialité Énergies et Environnement, session 2023, code 23-2D2IDEELR1, dure 4 heures et comporte une partie commune de 12 points et une partie spécifique de 8 points, sans coefficient imprimé. Autour du Trambus électrique du Pays Basque, elle évalue la mobilité durable, les émissions, les coûts, l'autonomie, les chaînes de puissance, les batteries et la recharge.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- Distance de cycle de vie : distance journalière × 365 × nombre d'années ; convertir les grammes de CO_2 en tonnes en divisant par 1 000 000.
- Énergie fournie ou récupérée : E = P × t ; exprimer le temps en heures pour obtenir une énergie en kW·h.
- Puissance mécanique : P = F × v, avec la vitesse en $m \cdot s^{-1}$; convertir les $km \cdot h^{-1}$ en $m \cdot s^{-1}$ avant le calcul.
- Énergie cinétique : Ec = ½ × m × v² ; appliquer la fraction transférée puis le rendement global pour calculer l'énergie électrique récupérée.

Points de vigilance & attentes du jury

- Lire les valeurs sur les graphiques et plans à l'échelle, puis préciser les unités et les conversions utilisées.
- Distinguer un trajet entre terminus d'un aller-retour et tenir compte des huit véhicules indiqués.
- Vérifier les conditions retenues : pleine charge, température sévère, rendement et énergie de recharge.
- Reporter les réponses sur les documents DR et DRS demandés ; justifier les conclusions avec des données du sujet.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment calculer l'énergie apportée par une borne pendant les cinq minutes d'arrêt ?

Utilisez E = P × t, en convertissant cinq minutes en heures avant le calcul. Avec une puissance en kW, le résultat est en kW·h. Comparez ensuite cette énergie à celle consommée pour un trajet entre terminus.

Q : Comment déterminer l'énergie électrique récupérée lors d'un freinage ?

Calculez d'abord l'énergie cinétique avec Ec = ½ × m × v² et une vitesse en $m \cdot s^{-1}$. Multipliez-la par la fraction transférée à la chaîne, puis par le rendement global pour obtenir l'énergie restituée aux batteries.

Q : Comment organiser les quatre heures et quelle est la répartition des points ?

Le sujet indique une durée indicative de 2 h 30 pour la partie commune, notée sur 12 points, et de 1 h 30 pour la partie spécifique, notée sur 8 points. Les deux parties sont indépendantes et peuvent être traitées dans l'ordre choisi.

Q : Le sujet donne-t-il un barème détaillé pour chaque question ou un coefficient ?

Le sujet affiche les totaux de 12 points pour la partie commune et de 8 points pour la partie spécifique, mais ne précise pas de points par question. Aucun coefficient n'est imprimé, il ne faut donc pas en supposer un.

Sujet officiel associé (PDF) : https://bacsti2d.fr/assets/annales/bac-sti2d/Ingénierie, innovation et développement durable/2023/Bac STI2D - Ingénierie, innovation et développement durable - Session 2023 - 2-Sujet.pdf
Ressources Bac STI2D : 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.