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

Bac STI2D

Sciences et technologies de l’industrie et du développement durable - Systèmes d’information et numérique

Session 2022 • Code sujet : **22-2D2IDSINME3** • Durée : **4 heures**

Sommaire

Cliquez sur une partie pour y accéder directement

1. **Intérêt environnemental d’un navire à hydrogène** (5 questions) — **Page 3**
2. **Choix du combustible pour la propulsion** (2 questions) — **Page 5**
3. **Autonomie énergétique et capacité de stockage d’hydrogène** (12 questions) — **Page 6**
4. **Stockage et choix des réservoirs d’hydrogène** (4 questions) — **Page 11**
5. **Influence des éléments extérieurs et maintien du cap** (4 questions) — **Page 13**
6. **Choix du capteur et transmission sur le bus CAN** (3 questions) — **Page 15**
7. **Décodage des données numériques de vitesse du vent** (3 questions) — **Page 17**
8. **Transmission des données et traitement algorithmique** (5 questions) — **Page 19**
9. **Ce qu’il faut retenir & Questions fréquentes (FAQ)** (Synthèse & Q&A Examen) — **Page 21**

Sujet officiel (PDF) : https://bacsti2d.fr/assets/annales/bac-sti2d/Ingénierie, innovation et développement durable/2022/Bac STI2D - Ingénierie, innovation et développement durable - Session 2022 - 4-Sujet.pdf

1. Intérêt environnemental d’un navire à hydrogène

Energy Observer est un navire à propulsion électrique combinant des énergies renouvelables et la production d’hydrogène à partir d’eau de mer. L’étude porte sur les bénéfices environnementaux du projet et les équipements embarqués qui produisent et stockent l’énergie.

Question 1.1. Indiquer au moins deux raisons qui justifient l’intérêt environnemental du projet Energy Observer.

Le transport maritime émet des gaz à effet de serre et des particules fines : le projet propose donc une propulsion électrique alimentée par des sources renouvelables et de l’hydrogène. Pendant les trajets, le navire ne rejette ni gaz à effet de serre ni particules fines. L’hydrogène vert et la propulsion électrique contribuent aussi à réduire les nuisances sonores. Ces bénéfices répondent à des enjeux de pollution atmosphérique et de santé publique.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Pas d’émissions directes de gaz à effet de serre ni de particules fines pendant les trajets, et réduction des nuisances sonores.

Question 1.2. Expliquer en quoi l’hydrogène vert pourrait être une solution d’avenir pour réduire l’impact environnemental du transport maritime.

L’hydrogène vert est produit par électrolyse avec de l’électricité renouvelable. Il permet de stocker les surplus d’énergie, puis de les réutiliser pour alimenter une propulsion électrique. À l’utilisation, il ne rejette pas de CO_2 et réduit les polluants atmosphériques et le bruit. Son bilan dépend toutefois de sa production : le DT3 indique 9 g de CO_2/kW·h pour l’hydrogène électrolysé avec une électricité renouvelable, contre 330 g pour l’hydrogène issu du reformage du gaz naturel.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> L’hydrogène vert stocke les surplus renouvelables et permet une propulsion sans rejet de CO_2 à l’utilisation, avec un faible bilan carbone de production.

Question 1.3. À partir du DT1, indiquer les quatre éléments techniques à bord du bateau permettant de produire de l’énergie électrique.

Élément du DT1	Rôle dans la production électrique
Panneaux photovoltaïques	Convertissent l’énergie solaire en électricité.
Éoliennes	Convertissent l’énergie du vent en électricité.
Pile à combustible	Produit de l’électricité à partir de l’hydrogène stocké.
Moteurs électriques réversibles	Fonctionnent en hydrogénérateurs lors des navigations sous kite.

Ces éléments fournissent de l'électricité par conversion du soleil, du vent, de l'hydrogène ou par récupération mécanique. Les batteries ne sont pas à compter : elles stockent l'électricité à court terme, mais ne la produisent pas. Le dessalinisateur et l'électrolyseur participent à la chaîne énergétique sans être des producteurs d'électricité.

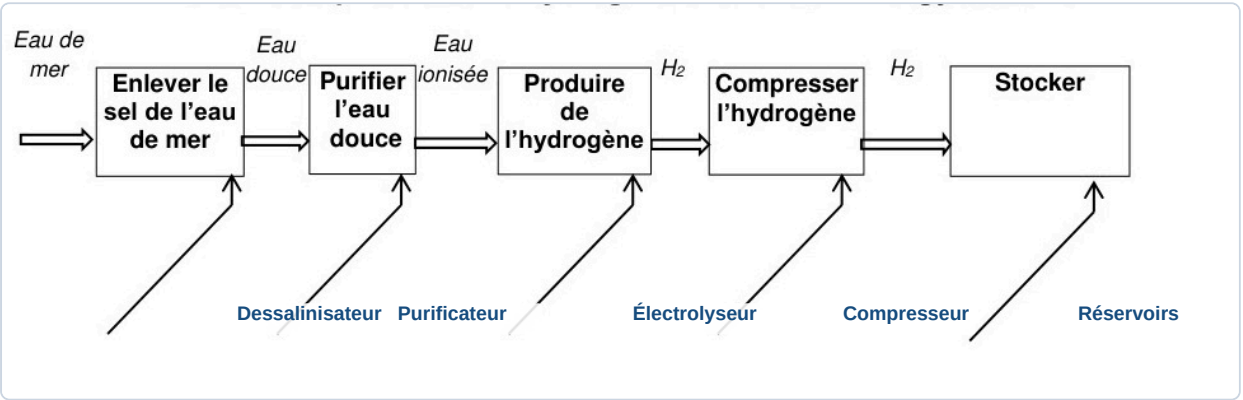
✓ RÉPONSE À RETENIR

Panneaux photovoltaïques, éoliennes, pile à combustible et moteurs réversibles en hydrogénérateurs.

Question 1.4. À partir des éléments technologiques proposés et de leur rôle, compléter le document réponse DR1 avec les noms des éléments de la chaîne de production d'hydrogène.

Sur le DR1, inscrire les éléments sous les cinq fonctions, de gauche à droite. Le dessalinisateur enlève le sel de l'eau de mer ; le purificateur filtre ensuite l'eau douce. L'électrolyseur produit l'hydrogène, le compresseur augmente sa pression et les réservoirs le stockent. Cette succession respecte les rôles indiqués sur le document réponse et dans le DT1.

DR1 complété : chaîne de production d'hydrogène



✓ RÉPONSE À RETENIR

Dessalinisateur, purificateur, électrolyseur, compresseur, réservoirs.

Question 1.5. Conclure sur la capacité de ce bateau à naviguer sans émission de gaz à effet de serre.

Le navire peut naviguer sans émission directe de gaz à effet de serre si son électricité provient des énergies renouvelables et de l'hydrogène vert. La pile à combustible permet de produire l'électricité nécessaire à la propulsion à partir de l'hydrogène stocké. Il faut distinguer cette absence de rejet à bord du bilan complet du cycle de vie : le DT3 attribue 9 g de CO_2/kW·h à la production et à la compression de l'hydrogène vert.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Oui, sans émission directe de gaz à effet de serre en navigation avec de l'hydrogène vert ; le bilan de cycle de vie reste faible, mais non nul.

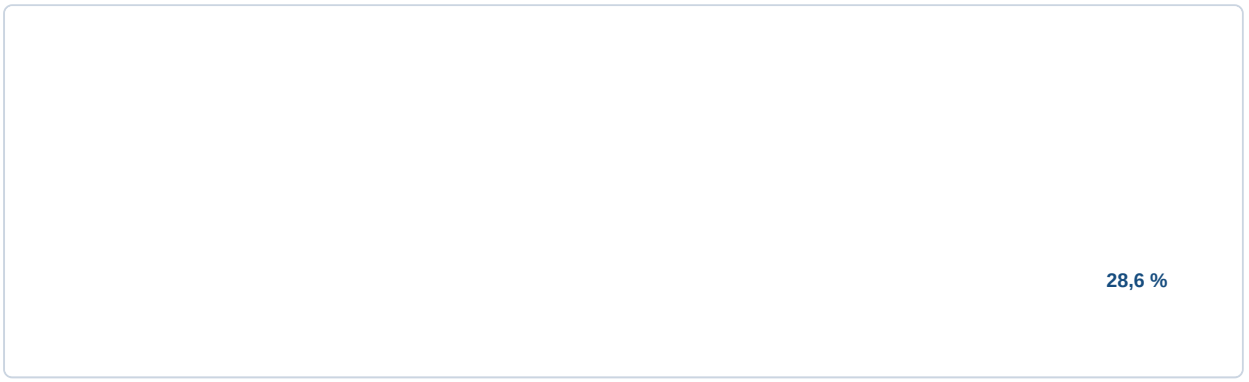
2. Choix du combustible pour la propulsion

Plusieurs combustibles sont comparés selon leur bilan carbone et leur rendement énergétique, de la production à l'utilisation. L'étude s'intéresse particulièrement à l'hydrogène obtenu par électrolyse à partir d'électricité renouvelable.

Question 2.1. Calculer dans le DR2 le rendement global de production et d'utilisation de l'hydrogène obtenu par électrolyse.

Le rendement global est le produit des rendements de production et d'utilisation : $\eta = \eta_1 \times \eta_2$. Avec $\eta_1 = 65\,\%$ et $\eta_2 = 44\,\%$, on calcule $0{,}65 \times 0{,}44 = 0{,}286$, soit $28{,}6\,\%$. Le rendement global représente la part de l'énergie initiale encore disponible après les deux étapes. Reporter cette valeur dans la case « Global » de la ligne « Hydrogène » obtenu par électrolyse du DR2.

DR2 complété : rendement global



✓ RÉPONSE À RETENIR

À inscrire dans la case « Global » du DR2 : rendement de production et d'utilisation égal à **28,6 %**.

Question 2.2. À partir du DT3 et du calcul précédent, montrer en quoi l'hydrogène obtenu par électrolyse est actuellement une solution d'avenir.

Le DT3 donne à l'hydrogène électrolytique produit avec une électricité renouvelable un bilan carbone global de **9 g CO_2/kW·h**, contre 240 pour le gaz naturel, 325 pour le fuel et 330 pour l'hydrogène issu du reformage. Son rendement global de **28,6 %** est supérieur à celui du fuel (24 %), du gaz naturel (16,4 %) et de l'hydrogène reformé (25 %) indiqués dans le DR2. Cette filière associe donc un impact carbone très faible à un rendement compétitif. Elle constitue une solution d'avenir si la production renouvelable se développe.

✓ RÉPONSE À RETENIR

L'hydrogène électrolytique renouvelable combine un bilan carbone très faible, **9 g CO_2/kW·h**, et un rendement global compétitif de **28,6 %**.

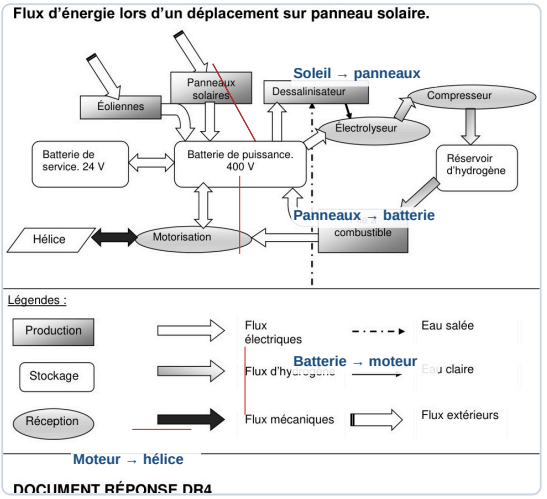
3. Autonomie énergétique et capacité de stockage d’hydrogène

L’étude vérifie si les réserves d’énergie d’Energy Observer permettent deux jours de navigation, notamment sans vent ni ensoleillement. Elle analyse les flux d’énergie, la consommation du trajet Saint-Tropez-Minorque et la quantité d’hydrogène nécessaire et disponible.

Question 3.1. Sur le DR3, entourer les flèches correspondant aux flux d’énergie pendant la première phase, de jour, lorsque le bateau fonctionne sur ses batteries avec un apport d’énergie solaire et sans produire d’hydrogène.

En journée, le rayonnement solaire est converti en électricité par les panneaux photovoltaïques et alimente la batterie de puissance. Celle-ci fournit ensuite l’énergie électrique à la motorisation, qui transmet l’énergie mécanique à l’hélice. Le vent étant nul et le fonctionnement éco ne produisant pas d’hydrogène, les flux liés aux éoliennes et à la chaîne hydrogène ne sont pas concernés. Les quatre flux à repérer sont indiqués sur le DR3 annoté.

Flux de la phase diurne à entourer



✓ RÉPONSE À RETENIR

Flux à entourer : soleil vers panneaux, panneaux vers batterie 400 V, batterie vers motorisation, motorisation vers hélice.

Question 3.2. À l’aide des éléments de la question précédente, compléter sur le DR4 le tableau descriptif de la chaîne de puissance.

Fonction	Sous-système	Énergie en entrée	Énergie en sortie	Rendement
Produire	Panneaux photovoltaïques	Rayonnement solaire	Électrique	Non indiqué
Alimenter	Batterie 400 V	Chimique	Électrique	Non indiqué
Distribuer	Variateur	Électrique	Électrique	0,9
Convertir	Moteur électrique	Électrique	Mécanique	0,97
Agir	Hélice	Mécanique	Hydraulique	0,6

La batterie restitue sous forme électrique l'énergie qu'elle stocke sous forme chimique. Le variateur distribue cette énergie au moteur électrique, qui la convertit en énergie mécanique. L'hélice transmet ensuite cette énergie à l'eau. Le rendement de 0,97 est celui des moteurs électriques indiqué dans le DT2.

DR4 complété

Fonction	Sous s…	Type d'énergie en entrée	Type d'… en sortie	Rendement
	Panneaux PV		Électrique	
Produire	Batterie 400 V	Rayonnement solaire	Électrique	
Alimenter		Chimique		
Distribuer	Variateur	Électrique	Électrique	0.9
	Moteur électrique		Mécanique	0,97
Convertir		Électrique		
Agir	Hélice	Mécanique	Hydraulique	0,6

✓ **RÉPONSE À RETENIR**

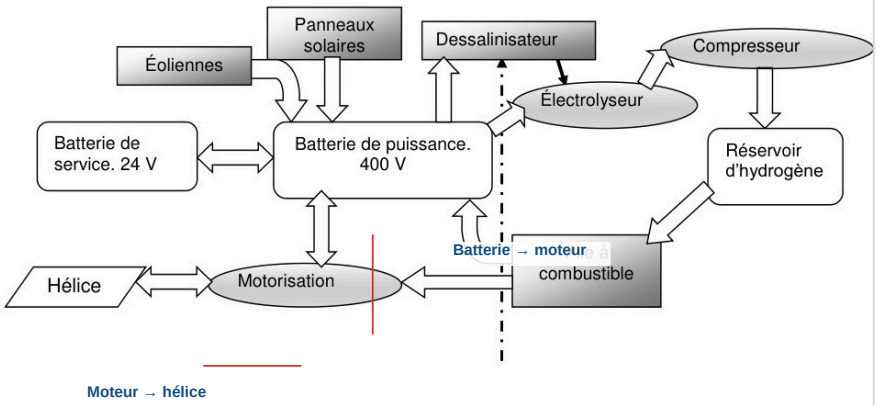
Panneaux photovoltaïques → batterie 400 V → variateur → moteur électrique → hélice, avec les énergies et rendements du tableau.

Question 3.3. Sur le DR5, entourer les flèches correspondant aux flux d'énergie après le coucher du soleil, lorsque le bateau est propulsé uniquement par les batteries.

Après le coucher du soleil, le bateau est propulsé uniquement par les batteries. Les panneaux ne reçoivent plus d'apport solaire et la pile à combustible n'est pas utilisée durant cette phase. La batterie de puissance fournit l'énergie électrique à la motorisation, puis celle-ci transmet l'énergie mécanique à l'hélice. Il faut donc entourer ces deux flux sur le DR5 et laisser non entourés les flux de production solaire et de la chaîne hydrogène.

Flux de la phase sur batteries à entourer

Flux d'énergie lors d'un déplacement sur batterie (fonctionnement normal).



✓ RÉPONSE À RETENIR

Flux à entourer : batterie 400 V vers motorisation, puis motorisation vers hélice.

Question 3.4. Sachant que la capacité de la batterie est de 112 kW·h, calculer la quantité d'énergie, en kW·h, cédée par les batteries.

Sur le DT5, la charge de la batterie passe d'environ 90 % au coucher du soleil à 30 % à 3 h, au démarrage de la pile à combustible. La batterie a donc cédé 60 % de sa capacité de 112 kW·h. L'énergie cédée se calcule en appliquant cette fraction à la capacité totale.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Énergie cédée : 67,2 kW·h.

Question 3.5. À partir du diagramme fourni, calculer l'énergie effectivement utilisée par la motorisation pour la propulsion.

Le diagramme indique que 20 % de l'énergie cédée par la batterie répond aux besoins de l'équipage. Il reste donc 80 % pour la propulsion. Le variateur dissipe 10 % de cette part, et 90 % atteignent la motorisation. L'énergie utile à la propulsion est ainsi égale à l'énergie cédée par la batterie multipliée par 0,80 puis par 0,90.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Énergie utilisée par la motorisation : 48,384 kW·h, soit environ 48,4 kW·h.

Question 3.6. Calculer en heures la durée de la deuxième phase de navigation à partir du DT5, puis en déduire la puissance moyenne dissipée utilisée par le moteur pour maintenir cette allure.

La deuxième phase va de 21 h 15, heure du coucher du soleil, à 3 h, heure du démarrage de la pile à combustible. Sa durée est donc de 5 h 45, soit 5,75 h. La puissance moyenne à la motorisation se calcule en divisant l'énergie de propulsion obtenue à la question précédente par cette durée.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Durée : 5 h 45 min. Puissance moyenne utilisée par le moteur : environ 8,41 kW.

Question 3.7. À partir du DT2 et du DT4, justifier l'exigence « Mode Eco ».

Le DT4 définit le mode éco par un équilibre entre production et consommation d'énergie. Le DT2 indique que les panneaux photovoltaïques produisent de l'électricité, stockée dans la batterie 400 V, tandis que la motorisation consomme cette énergie pour propulser le bateau. En journée, l'apport solaire participe donc à l'alimentation du

système et à la recharge de la batterie. Ce fonctionnement correspond au principe du mode éco, sans production d'hydrogène.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le mode éco vise l'équilibre entre l'apport solaire, le stockage dans la batterie et la consommation de la motorisation.

Question 3.8. Sachant que la puissance moyenne dissipée en mode « éco » est de 10,8 kW, calculer l'énergie totale consommée par le bateau sur une durée de deux jours.

Deux jours correspondent à 48 heures. À puissance moyenne constante, l'énergie consommée est le produit de la puissance par la durée. Avec une puissance moyenne de 10,8 kW, l'énergie totale requise pendant 48 heures se calcule donc directement par cette relation.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Énergie consommée en deux jours : 518,4 kW·h.

Question 3.9. Relever sur le DT5 l'énergie totale consommée lors de la navigation de Saint-Tropez à Minorque, puis commenter le résultat.

Le tableau du DT5 donne une consommation totale de 519,28 kW·h pour le trajet Saint-Tropez-Minorque. Cette valeur est très proche des 518,4 kW·h calculés pour deux jours à 10,8 kW. L'écart de 0,88 kW·h est faible : le bilan du trajet est donc cohérent avec une navigation d'environ deux jours à cette puissance moyenne.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Consommation du trajet : 519,28 kW·h, soit 0,88 kW·h de plus que l'estimation sur deux jours.

Question 3.10. Sachant qu'un kilogramme d'hydrogène stocke 33 kW·h, calculer la masse d'hydrogène nécessaire pour alimenter le bateau pendant deux jours sans vent ni ensoleillement, avec une propulsion uniquement à l'hydrogène.

Pour produire les 518,4 kW·h consommés par le bateau, il faut tenir compte du rendement de 54 % du groupe propulsion et du rendement de 48 % de la pile à combustible (DT6). L'énergie chimique nécessaire est donc l'énergie utile divisée par le produit de ces rendements. La masse d'hydrogène s'obtient ensuite en divisant cette énergie chimique par 33 kW·h par kilogramme.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Masse nécessaire : environ 60,6 kg d'hydrogène.

Question 3.11. Lire sur le diagramme de définition des blocs du DT2 la capacité et le nombre de réservoirs d'hydrogène embarqués, puis en déduire la masse totale d'hydrogène à bord.

Le DT2 donne une capacité de 7,75 kg de H_2 par réservoir et une quantité de huit réservoirs. La capacité totale nominale est le produit de la capacité d'un réservoir par leur nombre. Cette valeur correspond à des réservoirs remplis à 100 % ; le taux de charge réellement indiqué au départ dans le DT5 est de 88 %.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Capacité nominale totale : 8 × 7,75 = 62 kg d'hydrogène.

Question 3.12. Conclure sur la faisabilité d'un trajet de deux jours avec un apport d'hydrogène uniquement.

À pleine capacité, les huit réservoirs contiennent 62 kg, ce qui dépasse les 60,6 kg requis pour deux jours : le trajet est donc faisable avec des réservoirs pleins. Toutefois, le DT5 indique un taux de charge initial de 88 %, soit 54,56 kg. Avec cette charge réelle, la réserve est inférieure au besoin calculé. Il faut donc compléter le remplissage avant un trajet de deux jours sans vent ni ensoleillement.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Faisable avec les réservoirs pleins (62 kg), mais pas à 88 % de charge (54,56 kg).

4. Stockage et choix des réservoirs d’hydrogène

L’hydrogène est stocké à haute pression afin d’en réduire le volume, puis détendu à la pression d’utilisation. L’étude compare trois réservoirs en acier ou en composite au moyen de simulations mécaniques et de leurs masses.

Question 4.1. Indiquer la raison pratique qui justifie le stockage de l’hydrogène sous haute pression.

À pression atmosphérique, 1 kg d’hydrogène occupe environ 11 m³. Le DT7 explique qu’augmenter la pression permet de diminuer le volume du gaz à température constante. La densité passe de 0,090 kg·m^{-3} aux conditions normales à 14 kg·m^{-3} à 20 MPa. Le stockage sous haute pression permet donc d’embarquer davantage d’hydrogène dans des réservoirs de volume compatible avec le bateau.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> La haute pression augmente la densité de l’hydrogène et réduit le volume nécessaire à son stockage.

Question 4.2. Sachant que la pression d’utilisation est de 2 bars, justifier le choix du détendeur à module inox à l’aide des DT6 et DT8.

Les réservoirs stockent l’hydrogène à 350 bar. D’après le DT8, le détendeur à module inox accepte une pression d’entrée maximale de 415 bar : il peut donc recevoir le gaz stocké à 350 bar. Sa plage de réglage en sortie va jusqu’à 17 bar et comprend la pression d’utilisation de 2 bar. Le choix est adapté aux pressions d’entrée et de sortie requises.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le détendeur inox convient : entrée maximale de 415 bar et réglage de sortie incluant 2 bar.

Question 4.3. Parmi les trois réservoirs simulés, en acier allié de 6 mm, en acier allié de 11 mm et en composite époxy-fibre de carbone de 8 mm, indiquer ceux qui peuvent convenir et justifier le choix à partir du DT9.

Réservoir	Contrainte maximale	Limite d’élasticité	Conclusion
Acier, 6 mm	1 221 MPa	620 MPa	Ne convient pas
Acier, 11 mm	613 MPa	620 MPa	Convient
Composite, 8 mm	878 MPa	1 050 MPa	Convient

Un réservoir convient lorsque la contrainte maximale simulée reste inférieure à la limite d’élasticité du matériau. Le modèle en acier de 6 mm dépasse cette limite. Les modèles en acier de 11 mm et en composite époxy-fibre de carbone de 8 mm restent en dessous de leur limite respective et peuvent donc être retenus.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Réservoirs adaptés : acier de 11 mm et composite époxy-fibre de carbone de 8 mm.

Question 4.4. Parmi les réservoirs qui conviennent et dont le volume extérieur est identique, choisir et justifier le réservoir le mieux adapté en tenant compte de sa masse.

Les deux réservoirs retenus à la question précédente sont l'acier de 11 mm et le composite de 8 mm. À volume extérieur identique, la masse dépend de la masse volumique du matériau. Le DT9 indique 7 800 kg·m^{-3} pour l'acier et 1 600 kg·m^{-3} pour le composite époxy-fibre de carbone. Le composite est donc le choix le plus léger, tout en respectant la limite d'élasticité indiquée par la simulation.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Choisir le réservoir composite époxy-fibre de carbone de 8 mm : il est plus léger et convient mécaniquement.

5. Influence des éléments extérieurs et maintien du cap

Le vent et les courants peuvent modifier la route d'Energy Observer, tandis que la force de l'eau qui s'oppose au déplacement dépend du carré de la vitesse. L'étude examine les vecteurs de déplacement et l'algorithme du pilote automatique qui corrige le cap.

Question 5.1. À l'aide du texte de présentation, identifier les deux paramètres extérieurs au bateau qui peuvent modifier sa position en navigation.

Le texte identifie deux facteurs extérieurs : le vent, lié à l'environnement météorologique, et les courants, liés à l'environnement océanographique. Tous deux peuvent modifier la position du bateau par rapport à sa route.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le vent et les courants marins.

Question 5.2. À partir de la formule $F = k \cdot v^2$, expliquer l'intérêt pour Energy Observer de naviguer à faible vitesse, soit 10 km·h⁻¹.

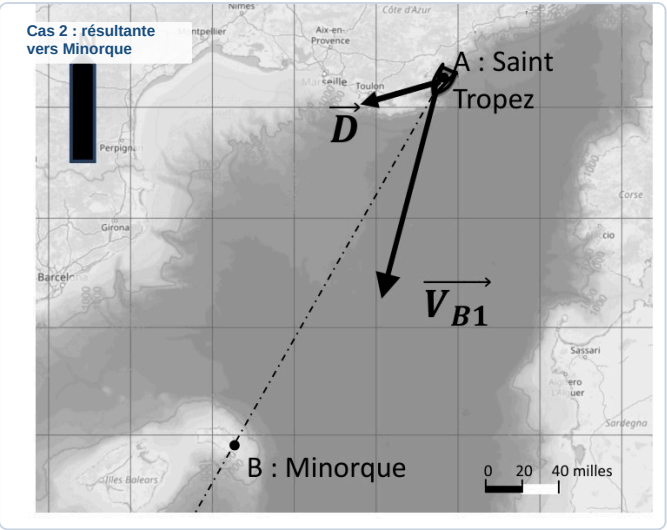
La résistance de l'eau suit **$F = k \cdot v^2$**. À caractéristiques constantes, si la vitesse est divisée par deux, cette force est divisée par quatre. Naviguer à 10 km·h⁻¹ limite donc la résistance à vaincre et réduit l'énergie nécessaire à la propulsion.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> À 10 km·h⁻¹, la résistance de l'eau est plus faible, ce qui réduit l'énergie de propulsion nécessaire.

Question 5.3. À partir des deux cas du DT10, justifier dans quel cas le bateau pourrait atteindre Minorque en tenant compte des vecteurs de dérive et de cap du bateau.

Il faut additionner vectoriellement le cap du bateau et la dérive. Dans le cas 2, leur résultante est orientée vers Minorque, dans la direction de la route en pointillés. Dans le cas 1, la résultante s'écarte de cette route : le bateau ne rejoint pas la destination.

Cas favorable pour rejoindre Minorque



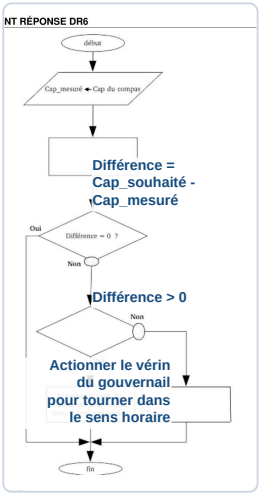
✓ RÉPONSE À RETENIR

Le bateau peut atteindre Minorque dans le cas de figure 2.

Question 5.4. Compléter l'algorigramme du DR6 avec les trois fonctions proposées : calculer Différence = Cap_souhaité - Cap_mesuré, tester Différence > 0 et actionner le vérin du gouvernail pour tourner dans le sens horaire.

1. Calculer **Différence = Cap_souhaité - Cap_mesuré**.
2. Tester **Différence = 0** : si oui, le cap est atteint.
3. Sinon, tester **Différence > 0** : Oui commande le virage anti-horaire déjà indiqué ; Non commande le virage horaire.

Algorigramme DR6 complété



✓ RÉPONSE À RETENIR

Différence = Cap_souhaité - Cap_mesuré. Si Différence > 0 : virage anti-horaire ; sinon : virage horaire.

6. Choix du capteur et transmission sur le bus CAN

Un capteur girouette-anémomètre mesure la vitesse et la direction du vent à bord d'Energy Observer. Ses données sont transmises aux équipements marins par un bus CAN selon le protocole NMEA2000.

Partie A

Question A.1. À l'aide du DT S1, justifier à l'aide d'au moins deux arguments le choix du modèle AIRMAR 220W.

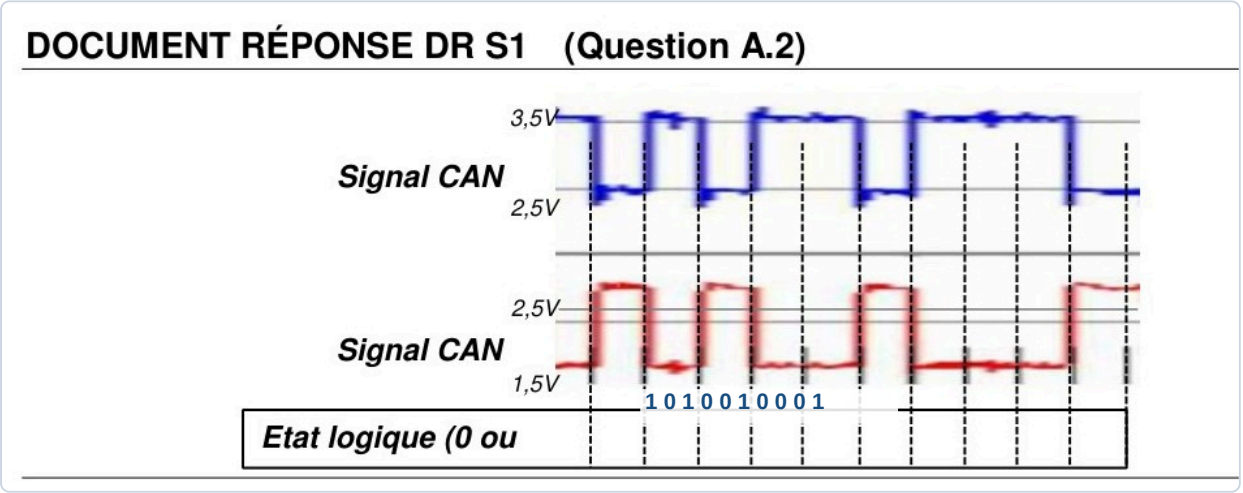
Le modèle AIRMAR 220WX est directement compatible avec le protocole NMEA2000 et la liaison CAN utilisés à bord. Sa technologie ultrasonique évite les pièces mécaniques mobiles, donc l'usure des roulements et les défaillances liées au sel ou aux saletés. Il mesure le vent jusqu'à 40 m/s et fonctionne de −40 °C à 55 °C, des caractéristiques adaptées aux conditions difficiles prévues en mer.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> AIRMAR 220WX : compatible NMEA2000/CAN, sans pièces mobiles, plage de fonctionnement de −40 °C à 55 °C.

Question A.2. À partir du DT S2, indiquer les états logiques 0 ou 1 transmis et compléter le DR S1.

Le tableau du DT S2 associe les deux tensions égales à 2,5 V à l'état récessif, donc à la valeur logique 1. Les tensions de 3,5 V sur CAN H et 1,5 V sur CAN L indiquent l'état dominant, donc la valeur logique 0. En lisant les niveaux au centre de chaque intervalle du DR S1, on obtient la suite à inscrire dans la case de réponse.

DR S1 complété



> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> États logiques, de gauche à droite : 1 0 1 0 0 1 0 0 0 1.

Question A.3. Citer au moins deux avantages apportés par l’utilisation d’un bus CAN sur le bateau.

Le bus CAN relie plusieurs équipements marins à un même câble, ce qui évite de tirer une liaison distincte entre chaque appareil et simplifie l’installation. Il permet de connecter jusqu’à 50 nœuds, sur une longueur pouvant atteindre 200 m. Cette architecture commune facilite ainsi l’intégration des capteurs et des autres équipements du bateau.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Le bus CAN simplifie le câblage et permet de relier jusqu’à 50 équipements sur une longueur maximale de 200 m.

7. Décodage des données numériques de vitesse du vent

Les messages du protocole NMEA2000 utilisent des identifiants PGN pour distinguer les équipements et les données transmises sur le bus CAN. Il faut identifier l'adresse PGN du capteur, la convertir et décoder les octets correspondant à la vitesse du vent.

Partie B

Question B.1. À partir du DT S3, exprimer en valeur décimale l'identifiant PGN du capteur girouette-anémomètre.

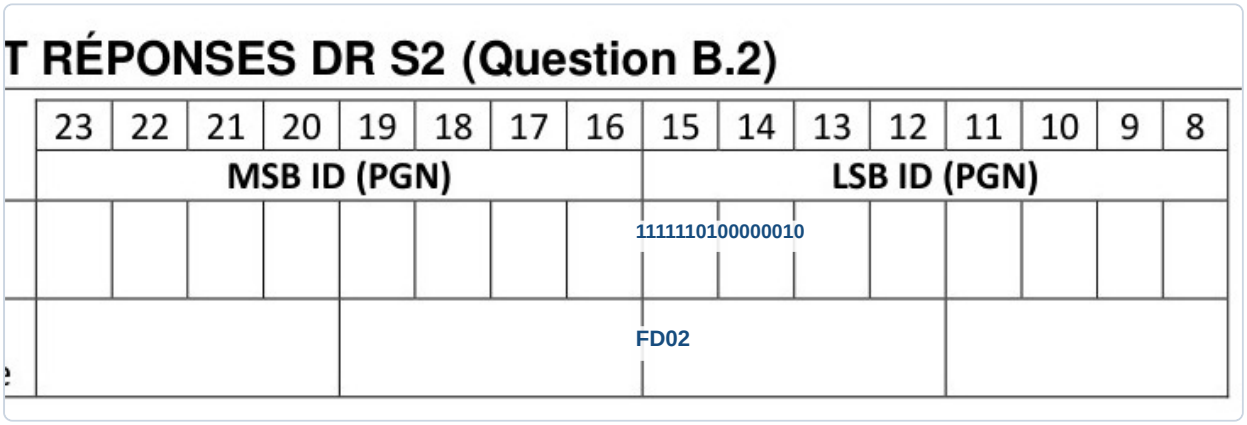
Le tableau du DT S3 associe le PGN **130306** aux données sur les vents. C'est l'identifiant correspondant aux messages du capteur girouette-anémomètre.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> L'identifiant PGN décimal associé aux données sur les vents du capteur girouette-anémomètre est 130306, dans le protocole NMEA2000.

Question B.2. Convertir en valeur hexadécimale l'identifiant PGN déterminé précédemment, puis compléter le champ ID de la trame dans le DR S2.

La conversion donne $130306_{10} = 1FD02_{16}$. Le champ ID du DR S2 reçoit les quatre chiffres hexadécimaux de poids faible : **FD02**. En binaire, F = 1111, D = 1101, 0 = 0000 et 2 = 0010. Inscrire les 16 bits dans l'ordre, de la case 23 à la case 8.

DR S2 complété



> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> Identifiant PGN hexadécimal : FD02 ; champ ID, de la case 23 à la case 8 : 1111110100000010.

Question B.3. À partir du codage du DT S3 et des valeurs MSB = $0D et LSB = $A2 relevées dans le message CAN, calculer la vitesse du vent en m·s⁻¹.

Les octets MSB et LSB donnent $0x0DA2 = 13 \times 256 + 10 \times 16 + 2 = 3490$. Le DT S3 indique qu'une unité codée vaut 10 mm/s, soit 0,01 m/s. La vitesse est donc $3490 \times 0,01 = 34,9$ m/s.

> **✓ RÉPONSE À RETENIR**
>
> La vitesse du vent décodée à partir des octets 0D et A2 est de 34,9 m·s⁻¹.

8. Transmission des données et traitement algorithmique

Cette partie étudie la transmission des mesures de vent sur le bus CAN et leur traitement par un algorithme. Il faut déterminer le débit et le temps de transmission, puis compléter et analyser les conditions de gestion du cap en fonction de la vitesse du vent.

Partie C

Question C.1. À partir du DT S2, déterminer le débit de transmission en Kbits·s⁻¹ dans le cas le plus défavorable.

Le DT S2 donne une plage de débit de 125 kbit·s⁻¹ à 1 Mbit·s⁻¹. Pour le cas le plus défavorable, on retient le débit minimal : c'est à cette vitesse que la transmission d'une trame dure le plus longtemps.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> Débit minimal retenu : 125 kbit·s⁻¹.

Question C.2. En supposant qu'une trame comporte au maximum 64 bits, calculer le temps de transmission Ttrans d'une trame de la girouette-anémomètre dans le cas le plus défavorable.

La durée de transmission est le nombre de bits divisé par le débit. Avec une trame de 64 bits et un débit minimal de 125 kbit·s⁻¹ : $T_{trans} = 64/(125 \times 1000) = 0{,}000512$ s, soit $0{,}512$ ms.

> ✓ **RÉPONSE À RETENIR**
>
> $T_{trans} = 0{,}512$ ms.

Question C.3. Compléter l'algorithme du DR S3 en ajoutant les signes de comparaison (=, >, <) et les valeurs nécessaires au fonctionnement demandé.

Les seuils découlent des conditions données : un vent supérieur à 20 m·s⁻¹ active l'urgence, un vent inférieur à 1 m·s⁻¹ désactive la gestion du cap, et les autres valeurs autorisent cette gestion. Le DR S3 comporte aussi une incohérence : dans la branche « else », « direction_vent » doit être remplacé par « gestion_cap ».

1. Si vitesse_vent > 20 : gestion_cap = 0 et consigne_urgence = 1.
2. Sinon, si vitesse_vent < 1 : gestion_cap = 0 et consigne_urgence = 0.
3. Sinon : gestion_cap = 1 et consigne_urgence = 0.

DR S3 complété et corrigé

DOCUMENT REPONSE DR S3 (Question C.3)

Extrait du programme sous le langage Python

```
if vitesse_vent  > 20
    gestion_cap  = 0
    consigne_urgence  = 1
    print("vent trop fort")
elif vitesse_vent  < 1
    gestion_cap  = 0
    consigne_urgence  = 0
    print("vent trop faible")
else:
    gestion_cap = 1
    direction_vent  = 0
    consigne_urgence
    print("vent de force = "; vitesse_vent ; "m/s")
```

✓ RÉPONSE À RETENIR

> 20 : gestion_cap = 0, urgence = 1. < 1 : gestion_cap = 0, urgence = 0. Sinon : gestion_cap = 1, urgence = 0.

Question C.4. Indiquer le message que doit afficher l'algorithme pour une vitesse du vent de 35 m·s⁻¹.

Pour 35 m·s⁻¹, la condition vitesse_vent > 20 est vraie. L'algorithme entre donc dans la première branche, règle la gestion du cap à 0, active la consigne d'urgence et affiche le message associé au vent trop fort.

✓ RÉPONSE À RETENIR

Message affiché : « vent trop fort ».

Question C.5. Conclure quant à la capacité de la chaîne d'information à traiter correctement la vitesse du vent.

La chaîne peut traiter la vitesse du vent : le capteur AIRMAR 220WX mesure jusqu'à 40 m·s⁻¹ et le bus CAN transmet à partir de 125 kbit·s⁻¹. Les seuils de l'algorithme sont dans la plage mesurable. Toutefois, pour que le traitement soit correct, il faut corriger dans le DR S3 « direction_vent » en « gestion_cap » et désactiver cette variable en cas de vent fort.

✓ RÉPONSE À RETENIR

La chaîne convient, à condition de corriger la variable « direction_vent » en « gestion_cap » et de désactiver la gestion du cap au-delà de 20 m·s⁻¹.

SYNTHÈSE DE L'ÉPREUVE & RÉFÉRENTIEL • BAC STI2D

Ce qu'il faut retenir de ce sujet (Session 2022)

Bilan de l'épreuve : Épreuve de spécialité STI2D, option Systèmes d'information et numérique, session 2022, code 22-2D2IDSINME3, durée de 4 heures, sans coefficient imprimé. Autour du navire Energy Observer, elle évalue l'analyse environnementale et énergétique, le stockage d'hydrogène, la navigation, le choix des capteurs, le décodage NMEA2000, les transmissions CAN et l'algorithmique.

Notions-clés, formules & règles à maîtriser

- Le rendement global d'une chaîne énergétique est le produit des rendements successifs : $\eta = \eta1 \times \eta2$.
- La force hydrodynamique $F = k \cdot v^2$ augmente comme le carré de la vitesse du bateau.
- Sur le bus CAN, l'état logique dominant 0 correspond à une différence CANH-CANL de 0,9 à 2 V, et l'état récessif 1 à 0 à 0,5 V.
- Pour le PGN des données de vent, convertir la valeur décimale en hexadécimal, puis reporter les octets PGN requis dans le champ ID.

Points de vigilance & attentes du jury

- Distinguer le rendement énergétique du bilan carbone : ils mesurent deux aspects différents du combustible.
- Dans les bilans d'énergie, tenir compte des pertes et des consommations à bord avant d'évaluer l'énergie consacrée à la propulsion.
- Pour les réservoirs, comparer les contraintes maximales simulées à la limite d'élasticité du matériau correspondant.
- Dans l'algorithme, respecter les seuils de 1 et 20 $m \cdot s^{-1}$ et vérifier les conditions ainsi que les affectations des variables.

Questions fréquentes sur cette épreuve (Q&A Examen)

Q : Comment calculer le rendement global de la production puis de l'utilisation ?

On multiplie les rendements des étapes successives : $\eta = \eta1 \times \eta2$. Convertissez les pourcentages en nombres décimaux pour effectuer le calcul, puis exprimez le résultat final en pourcentage.

Q : Comment interpréter les états logiques d'un signal sur le bus CAN ?

On compare les tensions CANH et CANL. Une différence de 0 à 0,5 V correspond à l'état récessif 1, tandis qu'une différence de 0,9 à 2 V correspond à l'état dominant 0.

Q : Comment répartir le temps entre les parties commune et spécifique ?

Les durées indicatives sont de 2 h 30 pour la partie commune et de 1 h 30 pour la partie spécifique. Dans la partie commune, les parties 1, 2 et 3 sont obligatoires, puis il faut choisir entre les parties 4 et 5.

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

Le sujet attribue 12 points à la partie commune et 8 points à la partie spécifique, sans répartition par question. Aucun coefficient d'épreuve n'est imprimé sur la page de garde.

Sujet officiel associé (PDF) : https://bacsti2d.fr/assets/annales/bac-sti2d/Ingénierie, innovation et développement durable/2022/Bac STI2D - Ingénierie, innovation et développement durable - Session 2022 - 4-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.