Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV©

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour en savoir plus sur nos formations disponibles, veuillez visiter :
www.formav.co/explorer

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2022

SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INDUSTRIE ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE

Ingénierie, innovation et développement durable

SYSTÈMES D'INFORMATION ET NUMÉRIQUE

Durée de l'épreuve : **4 heures**

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.
L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collège » est autorisé.

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce sujet comporte 30 pages numérotées de 1/30 à 30/30.

Constitution du sujet :

Partie commune (durée indicative 2h30)	12 points
Partie spécifique (durée indicative 1h30)	8 points

- **La partie commune comporte 5 parties dont 2 au choix.**

À traiter obligatoirement	**À traiter au choix**
Partie commune : • partie 1 • partie 2 • partie 3	**Partie commune :** • soit la partie 4 • soit la partie 5 **Une seule de ces 2 parties doit être traitée.**

- **La partie spécifique comporte 3 parties qui sont toutes à traiter obligatoirement.**

Tous les documents réponses sont à rendre avec la copie.

PARTIE COMMUNE (12 points)

Energy Observer



- **Présentation de l'étude et questionnement**..... pages 3 à 9
- **Documents techniques**..... pages 10 à 18
- **Documents réponses** ..... pages 19 à 22

Mise en situation

« Energy Observer » est le premier navire à hydrogène visant l'autonomie énergétique. Il ne dégage aucune émission de gaz à effet de serre ni particule fine lors de ses trajets. Cet ancien bateau de course a été reconditionné en navire du futur à propulsion électrique fonctionnant grâce à un mix d'énergies renouvelables (eau, vent, soleil) et un système de production d'hydrogène décarboné à partir de l'eau de mer.

L'étude et la conception des technologies embarquées ont été réalisées par le Centre d'Étude Atomique (CEA) de Grenoble. Le centre CEA de Grenoble consacre l'essentiel de ses recherches au développement des nouvelles technologies, dans les domaines de l'énergie, de la santé, de l'information et de la communication.

Ce navire permet d'éprouver et optimiser les nouvelles technologies à bord de son laboratoire flottant en milieu extrême. Les expériences sur le terrain doivent permettre de concevoir des applications futures et à grande échelle dans le domaine de la navigation maritime.

Les nouveaux enjeux écologiques pour le transport maritime

Le transport maritime achemine plus de 90% des marchandises dans le monde et plusieurs millions de personnes chaque année. Les gaz d'échappement des navires sont une source importante d'émission de gaz à effet de serre et de particules fines.

L´Organisation Maritime Internationale a approuvé en avril 2018 une stratégie de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) produites par les activités du transport maritime. L'objectif est de réduire les émissions annuelles totales de GES d'au moins 50 % d'ici à 2050.

L'hydrogène comme vecteur d'énergie propre ?

Actuellement dans le monde, 95% de l'hydrogène est produit à partir d'énergies fossiles.

Le défi : développer une production d'hydrogène propre, à partir de l'électrolyse de l'eau ou grâce aux énergies renouvelables. On parle alors d'hydrogène « vert ». L'hydrogène permet de stocker à long terme les surplus d'énergies renouvelables pour pouvoir les réutiliser plus tard.

L'hydrogène « vert » peut être un moyen de répondre à un nouvel enjeu environnemental et de santé publique lors des liaisons fluviales et maritimes. Il permet de réduire les émissions de CO_2 et de diminuer le niveau sonore des navires en circulation.

Pour les liaisons fluviales et maritimes, le passage à un mode hybride batterie / hydrogène permet d'accroître les performances et d'assurer la continuité du service public rendu, tout en préservant la réduction sonore et l'absence de polluants atmosphériques.

Travail demandé

Partie 1 : quel est l'intérêt environnemental d'un navire à hydrogène ?

Question 1.1 | **Indiquer** au moins deux raisons qui justifient l'intérêt environnemental de ce projet.

Question 1.2 | **Expliquer** en quoi l'hydrogène « vert » pourrait être une solution d'avenir pour réduire l'impact environnemental du transport maritime.

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

DT1

Question 1.4 | On donne les différents éléments technologiques qui participent à la chaîne de production d'hydrogène:

DT1, **DT2**

DR1

- purificateur
- électrolyseur
- dessalinisateur
- réservoirs
- compresseur

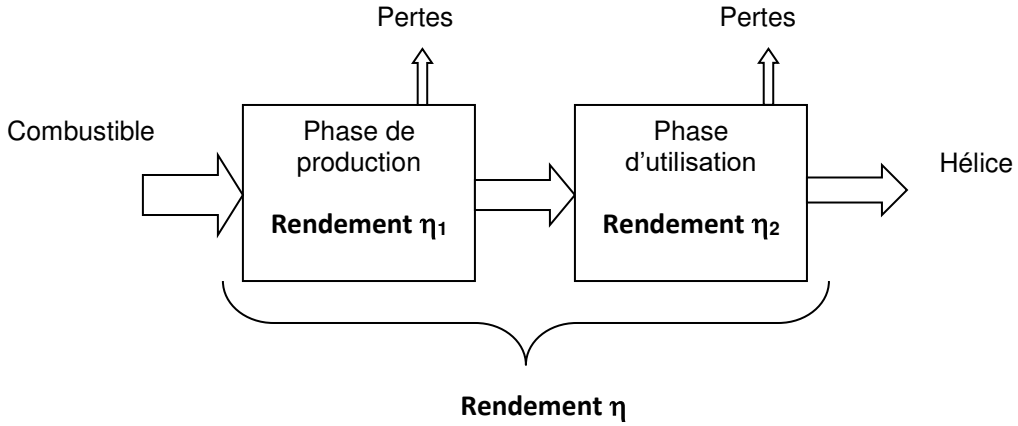
Compléter, sur le document réponse **DR1**, les noms de ces éléments en fonction de leur rôle dans la chaîne de production d'hydrogène.

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

Partie 2 : quel est le meilleur combustible pour propulser le bateau ?

On s'intéresse ici au bilan carbone et au bilan énergétique de plusieurs combustibles sur une phase de cycles de vie (production jusqu'à l'utilisation).

La chaîne énergétique pour un combustible peut être schématisée de la manière suivante :



Question 2.1 **DR2**	**Calculer** dans le DR2 le rendement global (production et utilisation) pour l'hydrogène obtenu par électrolyse.

Question 2.2 **DT3**	**Montrer** en quoi l'hydrogène obtenu à partir de la technique de l'électrolyse est actuellement une solution d'avenir, à partir du DT3 et du calcul précédent.

Partie 3 : la capacité de stockage d'hydrogène du bateau est-elle suffisante pour assurer deux jours de navigation ?

L'étude précédente a montré que l'hydrogène vert est un combustible intéressant pour la propulsion du fret maritime. Pour utiliser une pile à combustible en tant que source d'énergie, il est nécessaire d'utiliser un système de propulsion électrique pour les navires.

Pour effectuer un voyage, il faut vérifier l'exigence 1.1 du document **DT4**.

Energy Observer part pour un voyage d'essais entre St Tropez et Minorque, décrit dans le document **DT5**.

La première phase de fonctionnement (jusqu'au coucher de soleil) se déroule de jour et il n'y a aucun vent. Le bateau fonctionne sur ses batteries avec l'apport d'énergie extérieure due à l'ensoleillement. Il s'agit du fonctionnement « éco » pendant lequel le système ne produit pas d'hydrogène.

Question 3.1 **DR3**	**Repérer,** en entourant les flèches correspondantes, les flux d'énergie en jeu lors de cette phase de fonctionnement sur le document réponse **DR3**.

Question 3.2 **DT2** **DR4**	**Compléter** sur le **DR4** le tableau descriptif de cette chaîne de puissance à l'aide des éléments de la question précédente.

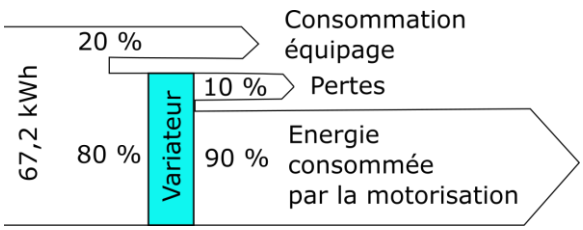
Après le coucher du soleil et jusqu'à 3 heures du matin, le bateau est propulsé uniquement à l'aide de l'énergie des batteries. Il s'agit de la deuxième phase de fonctionnement décrite dans **DR5.**

Question 3.3 **DR5**	**Repérer,** en entourant les flèches correspondantes, les flux d'énergie en jeu lors de cette phase de fonctionnement sur le document réponse **DR5.**

Nous rappelons que la capacité de la batterie est de 112 kW·h.

Question 3.4 **DT5**	**Calculer** la quantité d'énergie en kW·h cédée par les batteries.

Les besoins en énergie pour l'activité du navire et la vie à bord (consommation de l'équipage) correspondent à 20% de l'énergie produite par les batteries.



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

Question 3.6 **DT5**	**Calculer** en heure la durée de cette deuxième phase de navigation. **En déduire** la puissance moyenne dissipée utilisée par le moteur pour maintenir cette allure.

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

La puissance moyenne dissipée en mode « éco » est de 10,8 kW.

Question 3.8	**Calculer,** sur une durée de 2 jours, l'énergie totale consommée par le bateau.

Question 3.9 **DT5**	**Relever** sur le **DT5** l'énergie totale consommée lors de la navigation de St Tropez à Minorque. **Commenter** le résultat.

La quantité d'énergie stockée dans 1 kg de H_2 est de 33 kW·h.

Question 3.10 **DT6**	**Calculer** la masse en kg d'hydrogène nécessaire pour alimenter en énergie un trajet de deux jours sans vent et sans ensoleillement (le bateau est uniquement propulsé par l'hydrogène).

Question 3.11 **DT2**	**Lire** sur le diagramme de définition des blocs (bdd) du DT2 la capacité et le nombre de réservoirs à hydrogène sur le bateau. **En déduire** la masse totale d'hydrogène embarquée.

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

Partie 4 : comment stocker l'hydrogène sur le bateau ?

L'hydrogène est stocké dans des réservoirs sous haute pression (35 MPa ou 350 bars).

Question 4.1 **DT7**	**Indiquer** la raison pratique qui justifie le stockage sous haute pression.

Question 4.2 **DT6 et DT8**	**Justifier** le choix qui a été fait pour le détendeur (module inox) sachant que la pression d'utilisation est de 2 bars.

Afin de choisir un réservoir pour stocker cette quantité d'hydrogène trois simulations ont été réalisées. Une simulation avec un réservoir en acier allié de 6 mm d'épaisseur, une autre avec de l'acier allié de 11 mm et une dernière avec un composite époxy / fibre de carbone de 8 mm. Les résultats de ces simulations sont donnés **DT9**.

Question 4.3 **DT9**	Parmi les trois réservoirs, **indiquer** en justifiant ceux qui peuvent convenir.

Parmi les réservoirs qui conviennent, le réservoir le plus léger est retenu. Ces réservoirs ont un volume extérieur identique.

Question 4.4 **DT9**	**Choisir** en justifiant le réservoir le mieux adapté.

Partie 5 : comment maintenir le cap du bateau malgré les éléments extérieurs ?

Naviguer consiste à déterminer une route pour aller d'un point à un autre, en évitant les dangers et en tenant compte de l'environnement météorologique (les vents) et océanographique (les courants).

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

L'étude suivante porte sur le parcours d'Energy Observer entre Saint Tropez et Minorque.

D'après les lois de l'hydrodynamique, on peut approximer la force due à l'eau qui s'oppose au déplacement du bateau par la formule : $\boxed{F = k \cdot v^2}$

- k une constante liée aux caractéristiques du bateau ;
- v la vitesse du bateau.

Question 5.2	En analysant la formule précédente, **expliquer** l'intérêt pour Energy Observer de naviguer à une vitesse faible (10 $km \cdot h^{-1}$).

*Étude de l'influence du courant et du vent sur le déplacement du bateau (voir **DT10**).*

On considère que $\overrightarrow{V_{B1}}$ représente le vecteur cap du bateau. Pour simplifier, on considère que les courants et le vent ont la même direction et le même sens, ils sont présentés par le vecteur « dérive » **:** $\vec{D}$**.**

On donne, dans le **DT10**, deux cas de figure représentant deux caps différents suivis par le bateau, et ce pour une dérive identique.

Question 5.3 **DT10**	**Justifier** dans quel cas le bateau pourrait atteindre Minorque, en tenant compte des représentations des vecteurs $\overrightarrow{D}$ et $\overrightarrow{V_{B1}}$**.**

Afin d'assister le skipper dans le contrôle de la navigation, le bateau est équipé d'un pilote automatique. Il permet de diriger automatiquement le bateau afin que ce dernier suive la route (cap) préalablement définie.

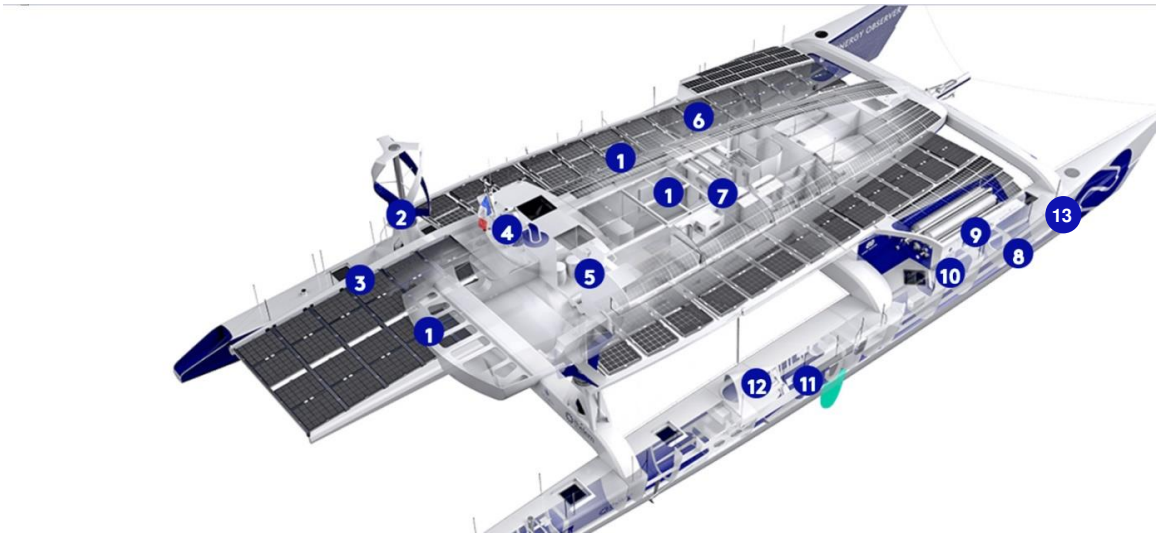
Le système est composé de :

- un compas : mémorise le cap (direction) souhaité et mesure le cap suivi par le bateau ;
- une unité de commande électronique : calcule la différence entre le cap suivi et le cap mémorisé afin d'envoyer une consigne à l'actionneur ;
- un actionneur (vérin) : agit sur la barre pour repositionner le bateau sur sa route.

L'unité électronique fonctionne suivant l'algorigramme fourni sur le **DR6.**

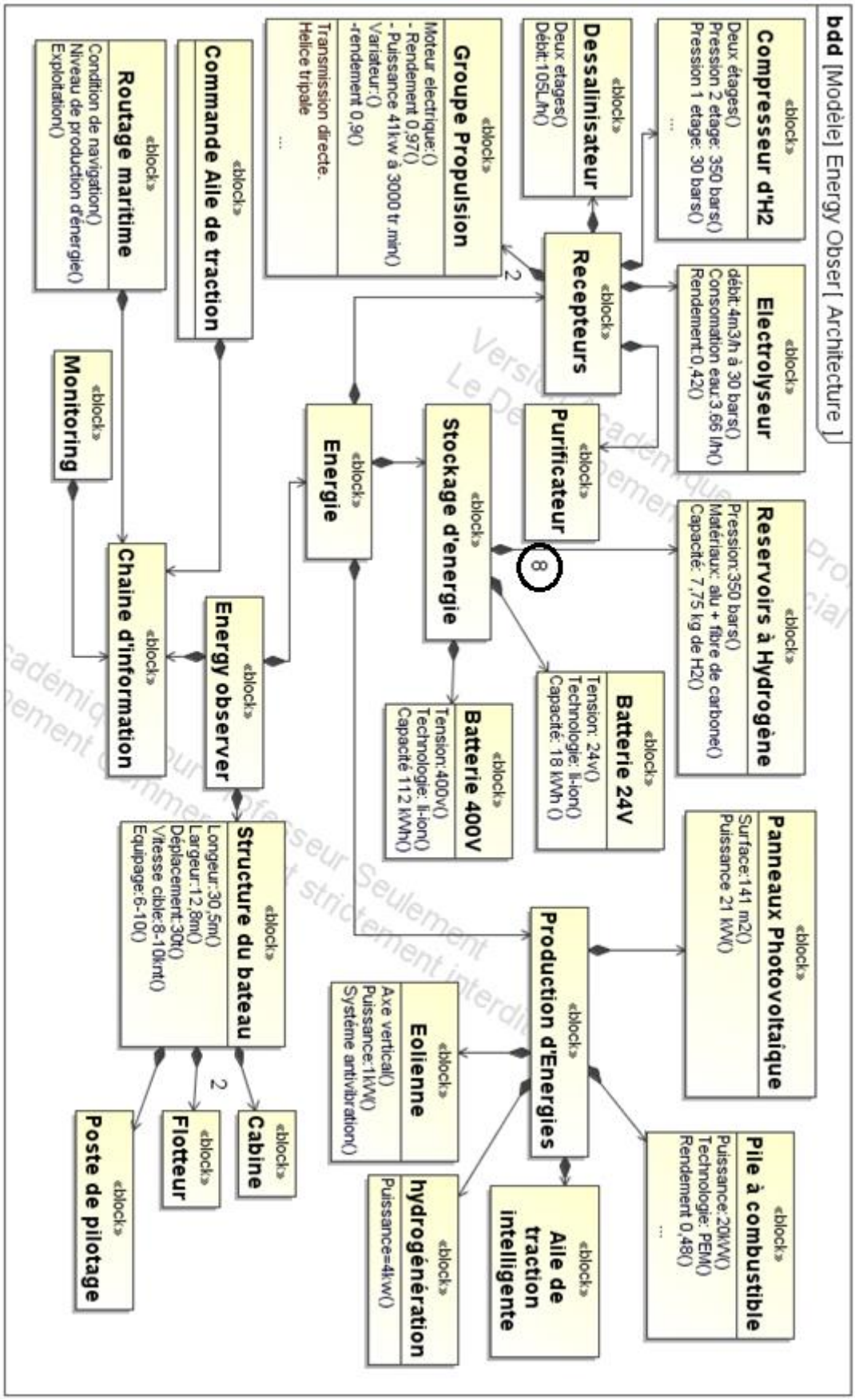
Question 5.4 **DR6**	**Compléter** l'algorigramme, présent sur le **DR6,** avec les trois fonctions suivantes : - Actionner le vérin du gouvernail pour tourner dans le sens horaire - Différence = « Cap_souhaité » – « Cap_mesuré » - Différence > 0

DT1 : caractéristiques techniques principales de « l'Energy Observer »



1	**Panneaux photovoltaïques**	Fournir de l'énergie électrique à partir du soleil
2	**Éoliennes**	Fournir de l'énergie électrique à partir du vent
3	**Dessalinisateur**	Produire de l'eau douce à partir de l'eau de mer
4	**Logiciel de routage**	Optimisation du plan de route liée aux différents paramètres de navigation (vent, vague, ensoleillement…) mais aussi aux différentes productions d'énergie à bord (ensoleillement, nébulosité, niveau d'hydrogène …).
5	**Monitoring**	IHM (Interface Homme Machine) pour le suivi en temps réel des performances, gestion et optimisation des flux énergétiques, à bord et à distance.
6	**Compresseur d'hydrogène**	Compresser l'hydrogène pour le stocker dans des réservoirs.
7	**Kit de traction intelligent**	Cerf-volant automatisé destiné à augmenter la vitesse du bateau et réduire ses dépenses énergétiques.
8	**Électrolyseur**	Produire de l'hydrogène à partir de l'énergie électrique et de l'eau.
9	**Réservoirs d'hydrogène**	Stocker de l'énergie à long terme.
10	**Pile à combustible**	Générer de l'électricité à partir de l'hydrogène stocké
11	**Batteries Lithium-Ion**	Stocker de l'énergie à court terme
12	**Propulseur**	2 moteurs électriques à haut rendement (97%), réversibles en hydrogénérateurs lors des navigations sous kite.
13	**Purificateur**	système de filtration qui vise à séparer l'eau des particules solides (résidus) en la faisant passer travers d'un milieu poreux

DT2 : diagramme de définition des blocs (BDD)



DT3 : bilan carbone de différents combustibles

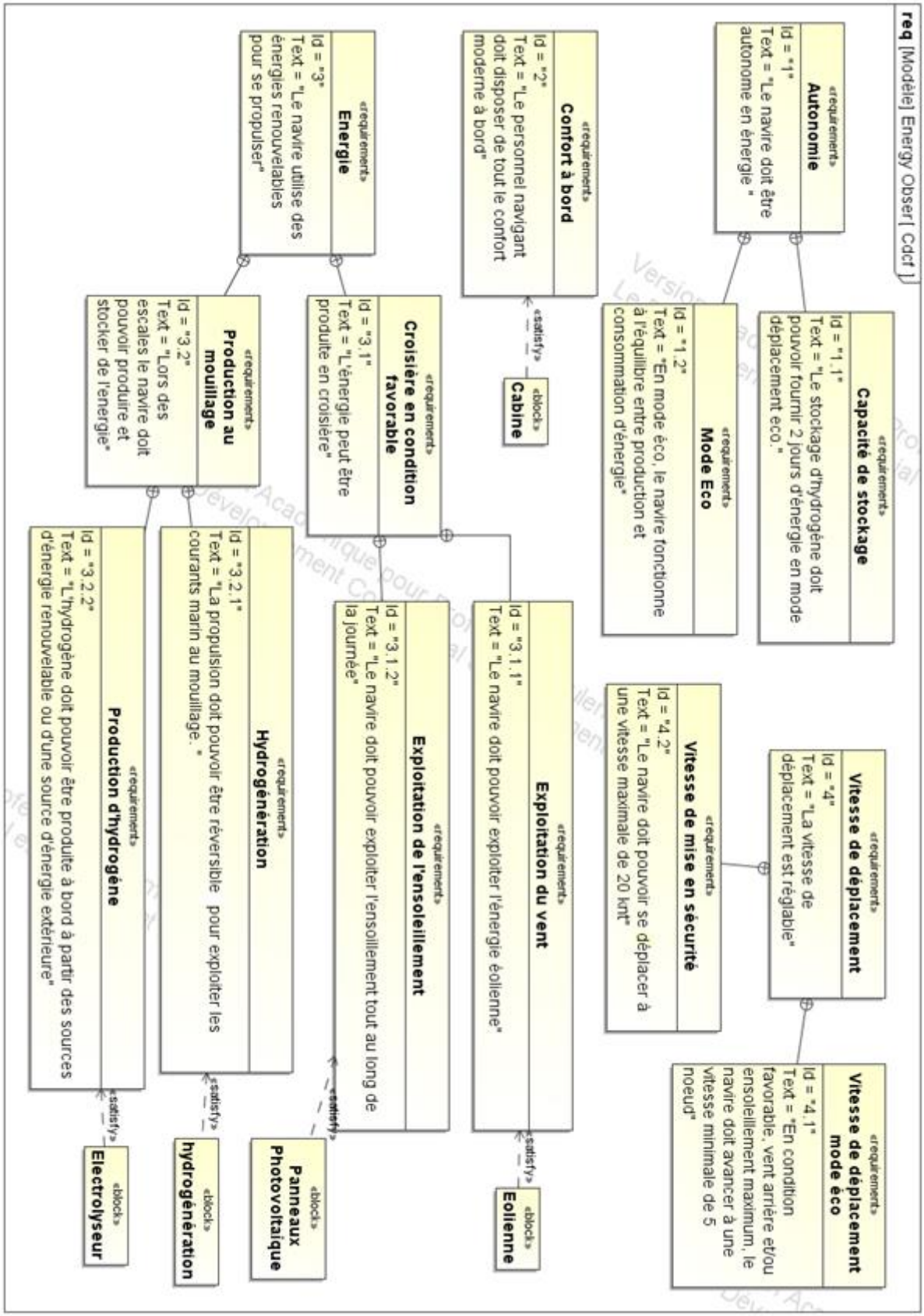
Combustible	**Cycle de vie** (Production jusqu'à l'utilisation)	**Bilan CO_2 (g CO_2/kW·h)**		
		Production	Utilisation	**Global**
Fuel	Extraction puis raffinage	55	270	**325**
Gaz naturel	Extraction puis raffinage, gazéification et compression	40	200	**240**
Hydrogène	Reformage* du gaz naturel puis compression à 35 MPa	330	0	**330**
Hydrogène	Électrolyse** (électricité d'origine renouvelable) puis compression à 35 MPa	9	0	**9**

Source : « la pile à combustible – l'hydrogène et ses applications », Meziane Boudellal, Dunod et données internes CEA

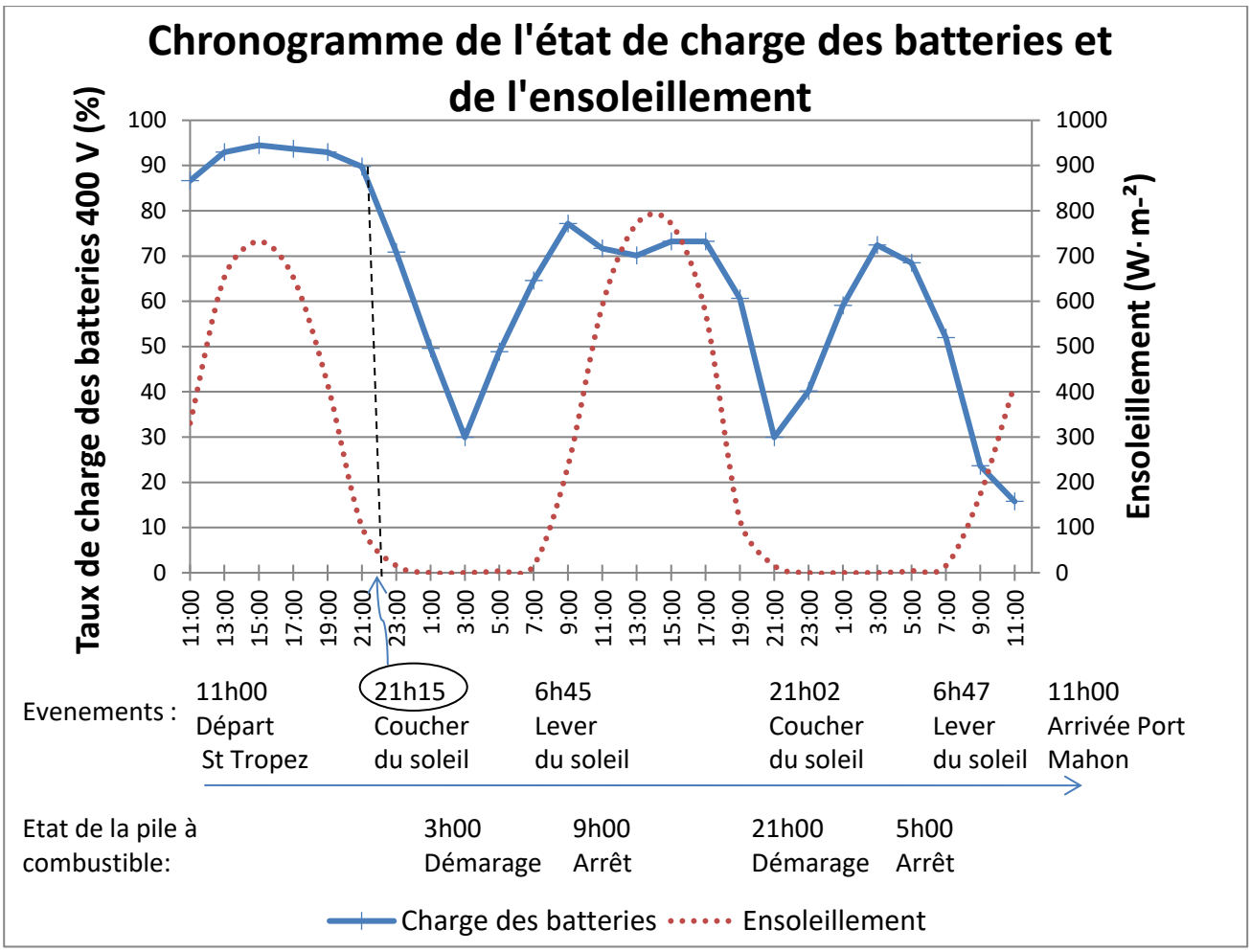
* Le **reformage** est une réaction chimique qui consiste à produire de l'hydrogène (H_2) à partir du méthane (CH_4) présent dans le gaz naturel.

** L'**électrolyse de l'eau** est un procédé **électrolytique** qui décompose l'**eau** en dioxygène (O_2) et hydrogène (H_2) avec l'aide d'un courant électrique.

DT4 : diagramme des exigences (partiel)



DT5 : bilan énergétique de la navigation St Tropez - Minorque



Bilan énergétique	

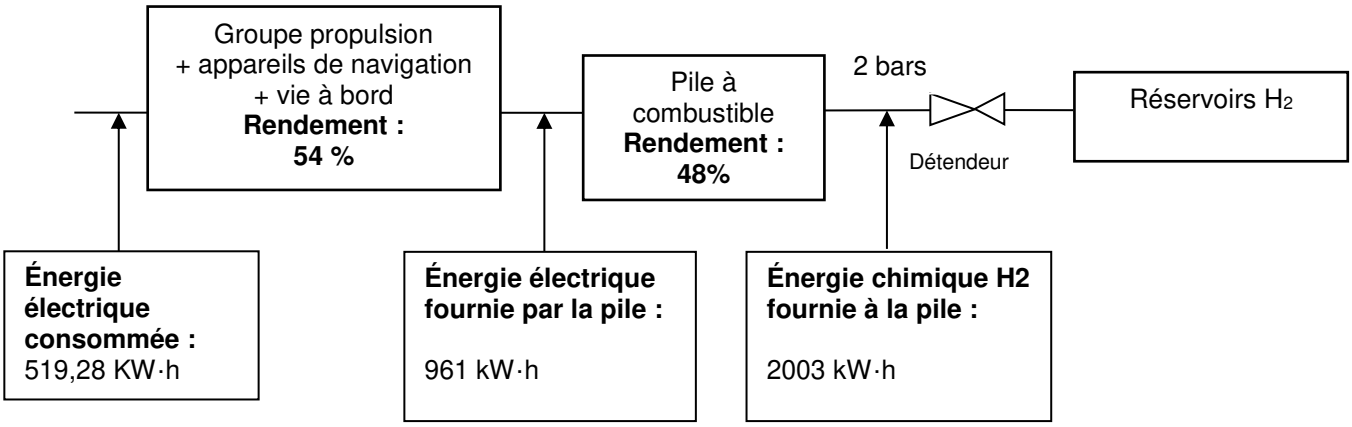
Production	
Panneaux photovoltaïques	198,6 kW·h
Éoliennes	0
Moteurs électriques réversibles	0
Apport Batteries	95,2 kW·h
Apport pile à combustible	277,43 kW·h
Total	519,29 kW·h

Consommation	
Propulsion électrique	474,14 kW·h
Vie à bord, instrument de navigation, etc…	97,15 kW·h
Chaîne de production d'hydrogène	0 kW·h
Total	519,28 kW·h

État de charge	
Taux de charge des batteries 400 V au départ	100 %
Taux de charge des batteries 400 V à l'arrivée	15 %
Taux de charge des réservoirs d'hydrogène au départ	88 %
Taux de charge des réservoirs d'hydrogène à l'arrivée	61 %

Performances	
Puissance solaire maximale atteinte	18 423 W
Puissance éolienne maximale atteinte	0 kW
Puissance hydrolienne maximale atteinte	0 kW

DT6 : chaîne d'énergie de la production d'hydrogène



DT7 : le stockage haute pression de l'hydrogène

L'hydrogène est le gaz le plus léger de tout l'univers: un litre de ce gaz ne pèse que 90 mg à pression atmosphérique, il est donc environ 11 fois plus léger que l'air que nous respirons.

Il faut un volume d'environ 11 m^3, c'est-à-dire le volume du coffre d'un grand utilitaire, pour seulement stocker 1 kg d'hydrogène. Il est donc indispensable d'augmenter sa densité ou masse volumique.

La méthode la plus simple permettant de diminuer le volume d'un gaz, à température constante, est d'augmenter sa pression.

Ainsi à 20 MPa on obtient une densité de 14 $kg \cdot m^{-3}$ et à 70 MPa une densité de 42 $kg \cdot m^{-3}$ contre 0,090 $kg \cdot m^{-3}$ à pression et température normales.

À 70 MPa on peut alors stocker 5 kg d'hydrogène dans un réservoir de 125 litres.

TESCOM

Détendeur

Entrée Maximum 415 bar / Plages de Sortie jusqu'à 17 bar
Technologie à membrane / Trés Haute Sensibilité

Série 26-1500

Spécifications

❑ **Caractéristiques techniques**

Classe de pression selon critères ANSI/ASME B31.3

Pression d'entrée maxi:

Inox: ..... 415 bar

Laiton, aluminium: ..... 345 bar

Plages de réglage: ..... 0-3.5 / 0-10 / 0-17 bar

Pression d'épreuve: ..... 150% de la pression d'entrée maxi

Niveau d'étanchéité: ..... Sans bulle

Plage de température (ambiance et fluide): ..... -55 °C à +74 °C

Capacité de débit: ..... Cv = 0.08

Couple de manoeuvre maxi: ..... 2.26 Nm

❑ **Pièces en contact avec le fluide**

Corps: ..... Inox 316, laiton, aluminium

Capot: ..... Inox 300

Filtre 40 microns: ..... Inox 316

Siège: ..... CTFE

Joints o-ring: ..... Buna-N

Membrane: ..... Buna-N

Autres pièces: ..... Inox 300

Pour tous autres matériaux ou modifications, nous contacter.

❑ **Propreté**: ..... CGA 4.1 & ASTM G93 (niveau intermédiaire)

❑ **Poids (sans manomètres)**:

Inox, laiton ..... 1.4 kgs

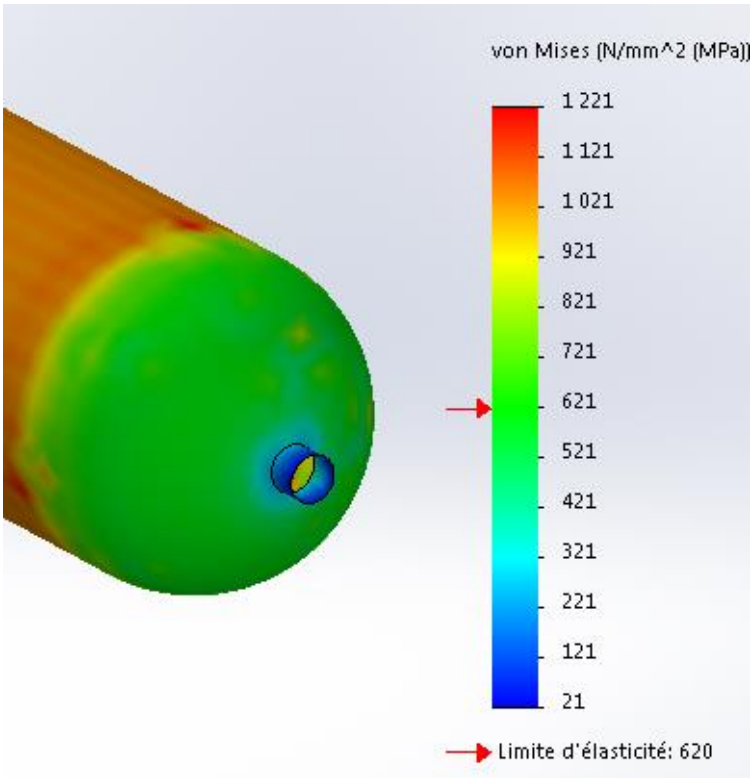
Téflon®, Viton® and Vespel® *est une marque déposée de Du Pont.*



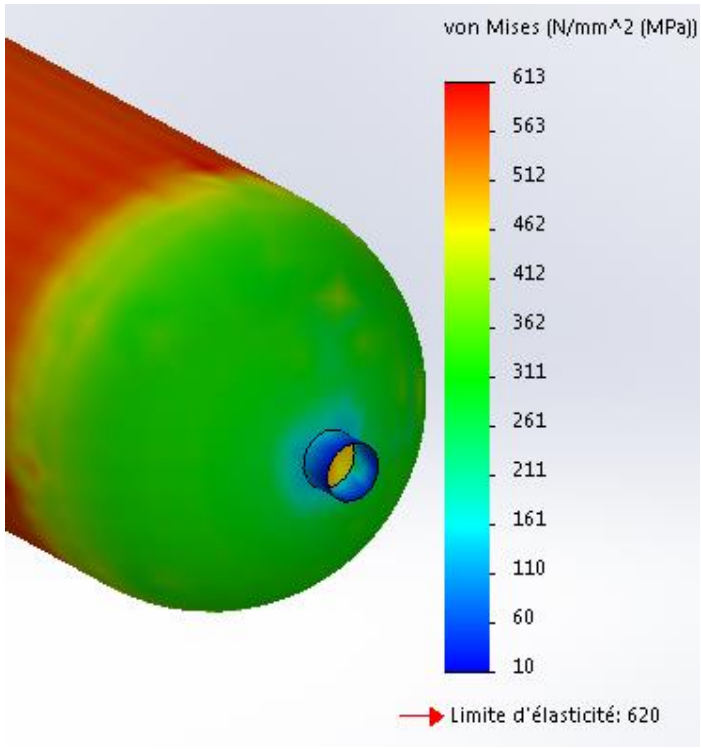
Caractéristiques & Avantages

- Régulation précise - technologie à membrane
- Nombreuses options en terme de raccordements mécaniques et choix de pièces non métalliques
- Excellente répétabilité
- Poignée à faible couple de manoeuvre
- Montage panneau (collier inclus)
- Construction inox, laiton ou aluminium
- Ports manomètres disponibles
- Version fort débit, Cv = 0.24 (pour une pression d'entrée maximum de 207 bar)

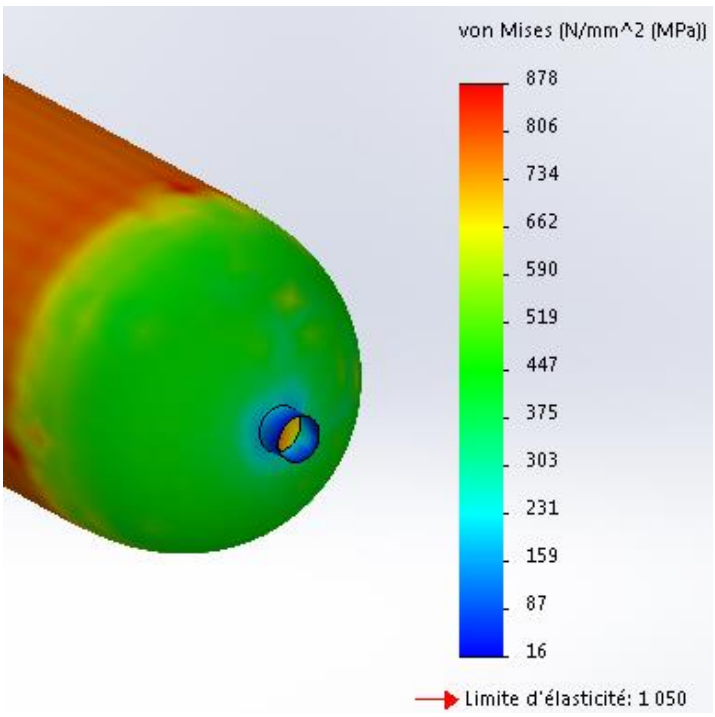
DT9 : choix du détendeur



6 mm Acier



11 mm Acier



8 mm Composite Epoxy / fibre de carbone

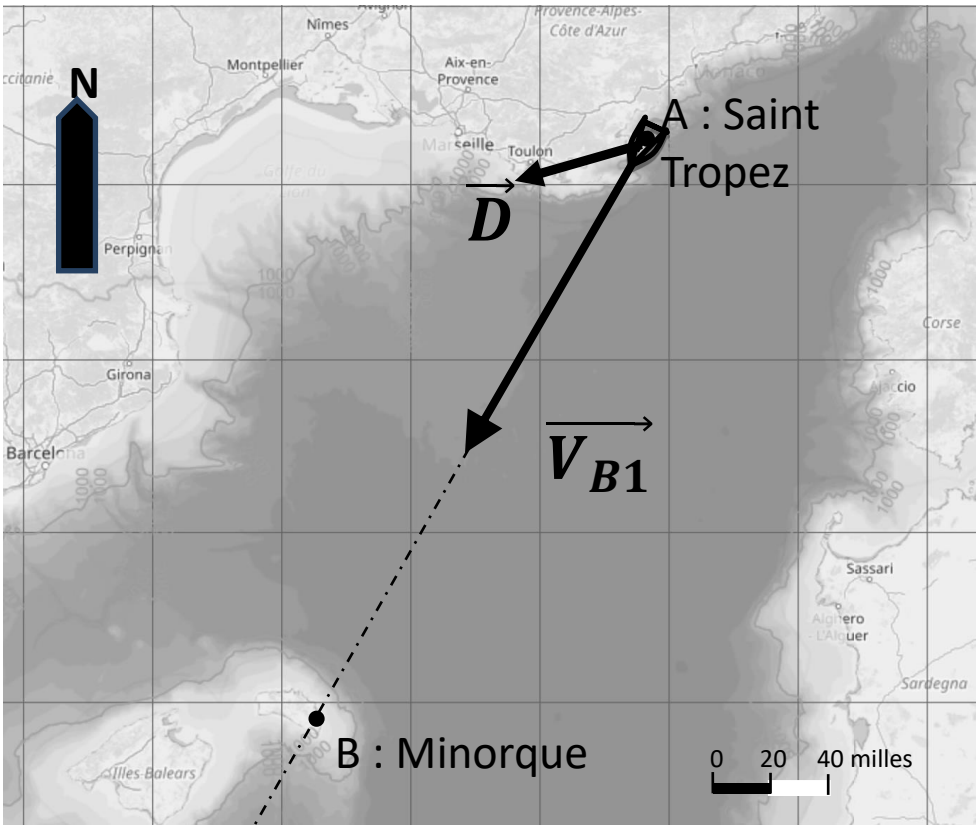
Masse volumique acier :
7800 $kg \cdot m^{-3}$

Masse Volumique Composite Epoxy / fibre de carbone :

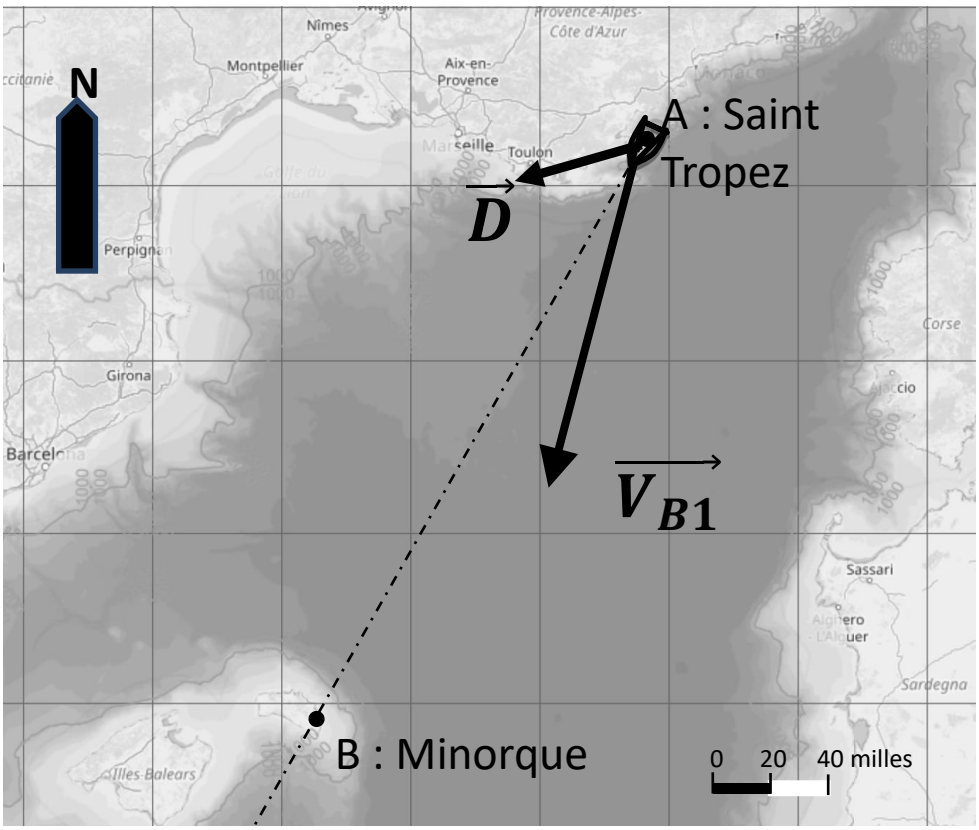
1600 $kg \cdot m^{-3}$

DT10 : déplacement du bateau

Cas de figure 1



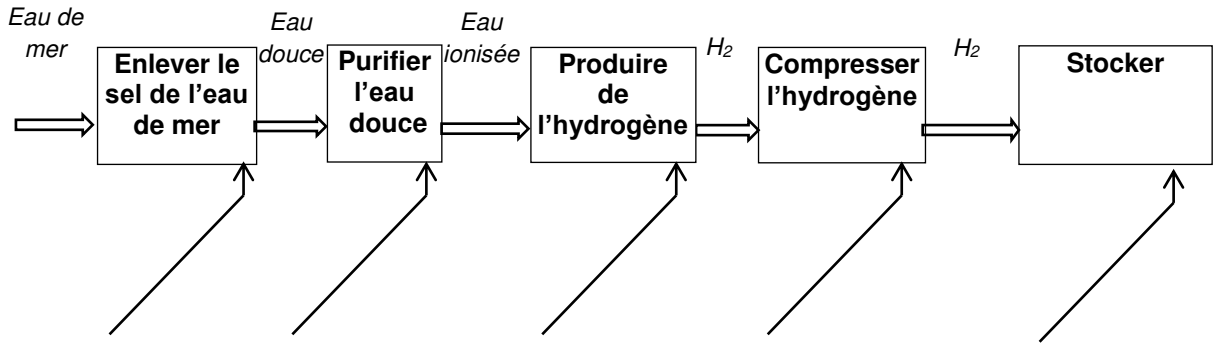
Cas de figure 2



DOCUMENT RÉPONSE DR1

Compléter, les noms des éléments technologiques en fonction de leur rôle dans la chaîne de production d'hydrogène

Chaîne de production d'hydrogène à bord de « Energy Observer »



DOCUMENT RÉPONSE DR2

Combustible	**Cycles de vie** (Production jusqu'à l'utilisation)	**Bilan net énergie**		
		Production η_1	Utilisation η_2	**Global η**
Fuel	Extraction puis raffinage			**24%**
Gaz naturel	Extraction puis raffinage, gazéification et compression			**16,4%**
Hydrogène	Reformage du gaz naturel puis compression à 35MPa			**25%**
Hydrogène	Électrolyse (électricité d'origine renouvelable) puis compression à 35 MPa	65%	44%	

Source : « la pile à combustible – l'hydrogène et ses applications », Meziane Boudellal, Dunod et données internes CEA

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

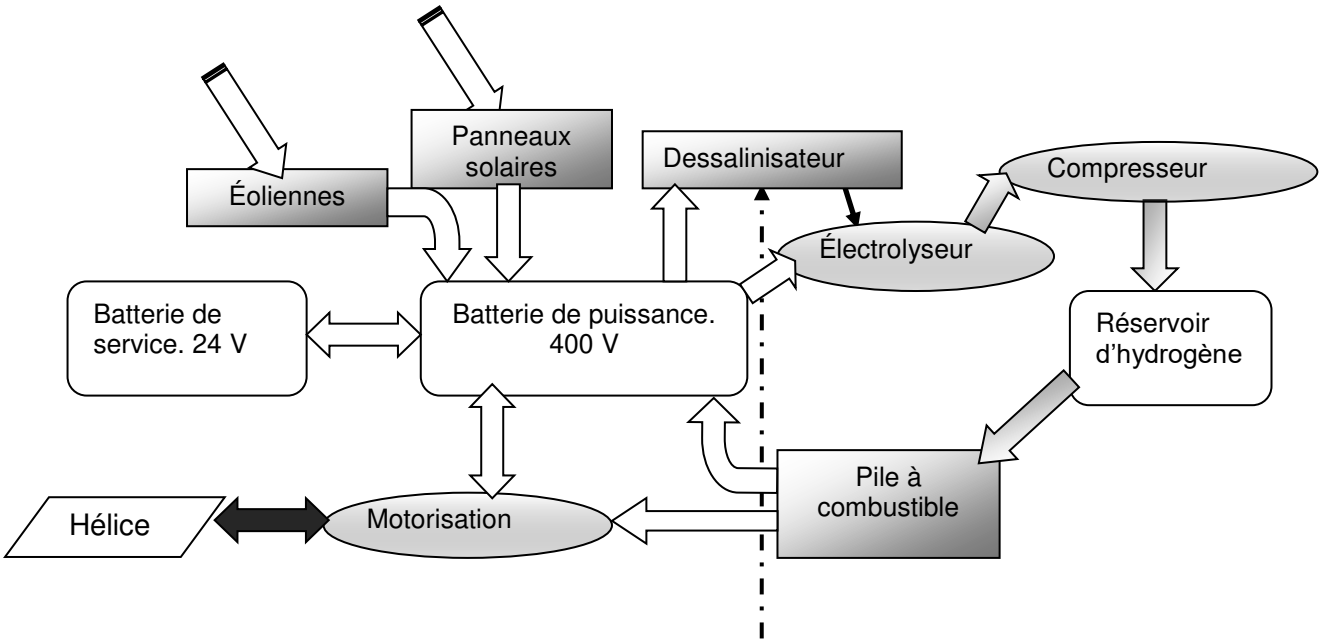
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

DOCUMENT RÉPONSE DR3

Flux d'énergie lors d'un déplacement sur panneau solaire.



Légendes :

Production — Stockage — Réception

Flux électriques — Flux d'hydrogène — Flux mécaniques

Eau salée — Eau claire — Flux extérieurs

DOCUMENT RÉPONSE DR4

Fonction	Sous système	Type d'énergie en entrée	Type d'énergie en sortie	Rendement
Produire		**Rayonnement solaire**		
Alimenter		**Chimique**		
Distribuer	**Variateur**	**Électrique**	**Électrique**	**0.9**
Convertir		**Électrique**		
Agir		**Mécanique**	**Hydraulique**	**0,6**

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

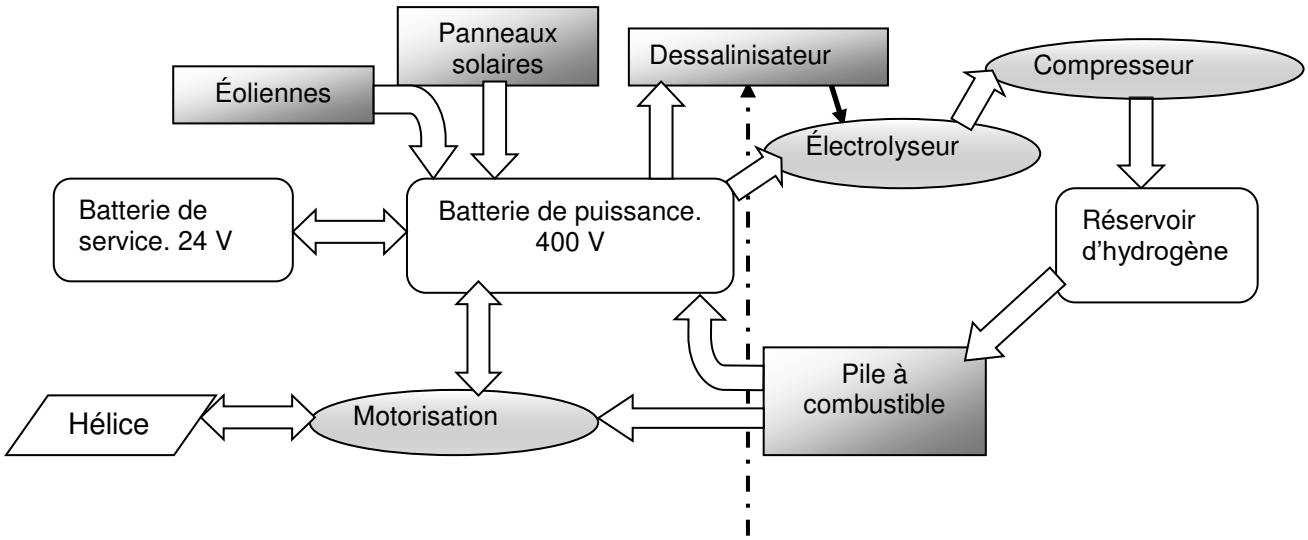
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

DOCUMENT RÉPONSE DR5

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



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

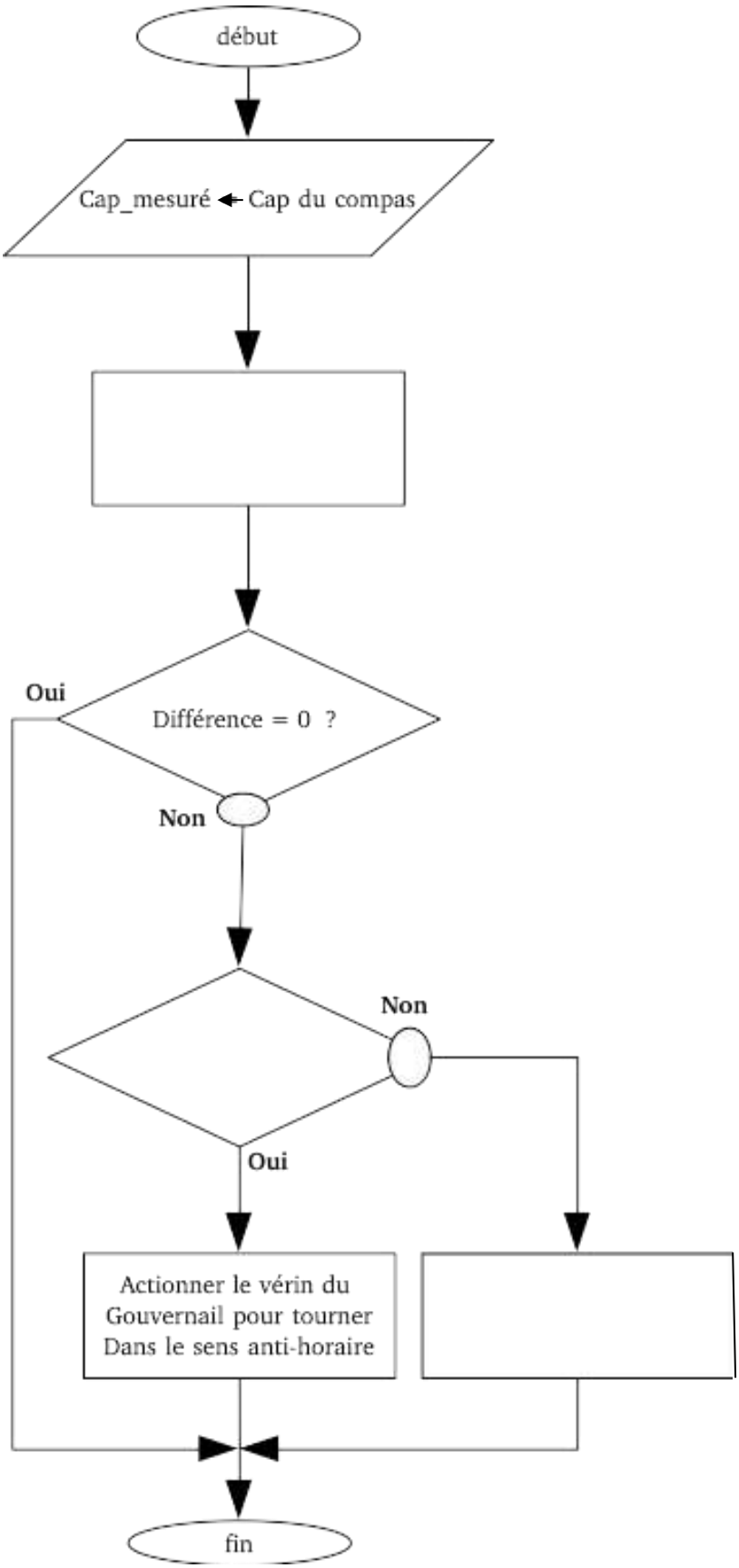
(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

DOCUMENT RÉPONSE DR6



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

SYSTÈMES D'INFORMATION ET NUMÉRIQUE

Étude des données de vitesse et de direction du vent

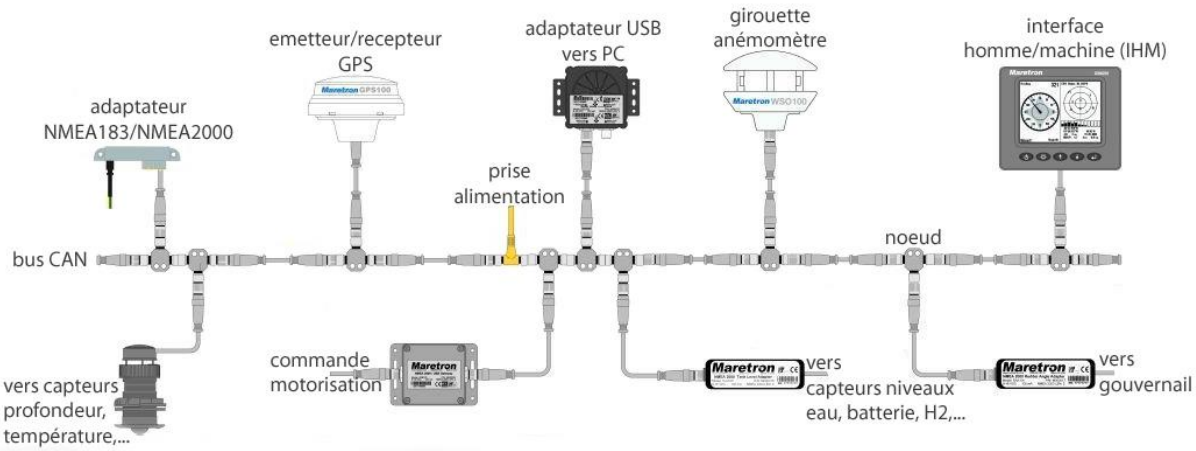




- **Présentation de l'étude ..... page 24**
- **Questionnement..... pages 24 à 26**
- **Documents techniques DT S1 à DT S3 ..... pages 27 à 29**
- **Document réponses DR S1 à DR S3 ..... page 30**

Mise en situation

Le bateau Energy Observer, destiné à naviguer dans les mers polaires, doit pouvoir mesurer des données climatiques dans des conditions extrêmes.
Les grandeurs physiques de vitesse de vent et direction de vent sont données par un capteur girouette-anémomètre fixé en haut de la cabine de pilotage.
La National Marine Electronics Association (NMEA), association américaine de fabricants d'appareils électroniques maritimes, a défini une norme de communication NMEA2000 entre le capteur et les autres équipements marins. Les échanges de données sont transportés par un bus série à la norme Bus CAN (Controller Area Network).



Architecture par bus de données CAN (Controller Area Network) des équipements du bateau

Comment vérifier que les informations provenant de l'anémomètre-girouette sont correctement traitées ?

Partie A : quel capteur choisir pour mesurer la vitesse et la direction du vent ?

Le capteur anémomètre-girouette AIRMAR 220W est le modèle qui a été choisi. Le document technique **DT S1** propose les principales caractéristiques de trois modèles d'anémomètres-girouettes.

Question A.1 **DT S1**	**Justifier** à l'aise d'au moins deux arguments le choix du modèle AIRMAX 220W.

Sur le document réponse **DR S1**, on donne un extrait d'une trame prélevée sur le réseau bus CAN à la sortie de l'anémomètre girouette.

Question A.2 **DT S2** **DR S1**	**Indiquer** les états logiques (0 ou 1) envoyés en complétant le **DR S1** à partir du **DT S2**.

Question A.3 **DT S2**	**Citer** au moins deux avantages qu'apporte l'utilisation d'un bus CAN sur ce bateau.

Partie B : comment décoder les informations numériques de la vitesse du vent ?

Chaque équipement marin est défini par un identifiant PGN respectant le protocole NMEA2000.

Question B.1 **DT S3**	**Exprimer** la valeur décimale de l'identifiant PGN du capteur Girouette-Anémomètre à partir du **DT S3.**

Question B.2 **DT S3** **DR S2**	**Convertir** la valeur décimale de l'identifiant PGN déterminé précédemment en une valeur hexadécimale. **Compléter** le champ ID de la trame du **DR S2.**

Les données provenant du capteur girouette-anémomètre sont composées de 8 octets répartis en 5 champs (field). Le champ n°2 (field 2) indique la vitesse du vent. Lors d'une capture du message CAN on relève les valeurs suivantes concernant la vitesse du vent : MSB=$0D et LSB=$A2

Question B.3 **DT S3**	**Calculer** la valeur de la vitesse du vent en $m \cdot s^{-1}$.

Partie C : à quelle vitesse transmettre les données ?

On estime, dans le cas le plus défavorable, que l'envoi d'une trame sur le bus CAN est constitué de **64 bits maximum**.

Question C.1 **DT S2**	**Déterminer** le débit de la transmission en $Kbits \cdot s^{-1}$ dans le cas le plus défavorable, à partir du **DT S2**.

Question C.2 **DT S2**	**Calculer**, le temps de transmission d'une trame $\mathbf{T_{trans}}$ provenant de la girouette-anémomètre, dans le cas le plus défavorable, à partir du **DT S2**.

Un premier algorithme simple a été codé avec le langage Python (voir DR S3). La valeur de la vitesse du vent est consignée dans une variable « vitesse_vent ».

- Si la vitesse du vent est comprise entre 1 et 20 $m \cdot s^{-1}$, une variable « gestion-cap » passe à 1. Elle autorisera la gestion automatique du cap en fonction de la direction du vent.

- Si la vitesse du vent est inférieure à 1 $m \cdot s^{-1}$, la variable « gestion_cap » passe à 0. Elle n'autorisera plus la gestion automatique du cap en fonction de la direction du vent.

- Si le vent dépasse la vitesse de 20 $m \cdot s^{-1}$, la variable « gestion_cap » passe à 0 et une variable « consigne_urgence » passe à 1. La gestion de la barre de direction se fera en mode d'urgence.

Question C.3 **DR S3** | **Compléter** l'algorithme sur le **DR S3** en ajoutant les signes (**=**, **>**, **<**) et les valeurs adaptées au fonctionnement souhaité.

Question C.4 | **Indiquer** le message que doit afficher l'algorithme de calcul pour une vitesse de vent de 35 $m \cdot s^{-1}$.

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

DT S1 : caractéristiques de plusieurs anémomètres-girouettes

	WINDSONIC1	DNA921	AIRMAR 220WX
			
Technologie	Ultrason	Coupelles-hélice	Ultrason
Caractéristiques	Pas de pièces mobiles Minimise les coûts de maintenance de routine Insensibilité à l'effet gyroscopique Stabilité de la sensibilité aux vents faibles Prise au vent minimisée	Mesure de la vitesse et de la direction du vent combinée avec des signaux de sortie directe pour la vitesse du vent (Hz) et la direction du vent (0-1 Vdc). Son utilisation simplifie les exigences d'installation, en plus d'être de taille réduite, il est léger et peu onéreux. Très faible consommation électrique.	Ce modèle comprend des sorties de données numériques configurables NMEA 0183 et NMEA2000®, offrant une polyvalence pour tous les besoins de surveillance météorologique. Contrairement aux anémomètres mécaniques, le modèle 220WX n'est pas confronté à l'usure de roulement, l'accumulation de sel ou de saleté pouvant entraîner une défaillance ou une imprécision des données
Vitesse du vent	De 0 à 60 m/s Précision ±2% Résolution 0,01 m/s	De 0 m/s à 60 m/s Incertitude 0 à 3 m/s=1,5%, >3 m/s= 1% Seuil de démarrage 0,26 m/s Résolution 0,07 m/s	De 0 m/s à 40 m/s Précision 1 m/s ou 5% Résolution: 0.1 m/s
Direction du vent	0º à 360° Précision ±3° Résolution 1°	0 à 360° Incertitude 1% Seuil de démarrage 0,15 m/s Résolution 0,3°	0° à 360° Précision 1% résolution: 0,1°
Température de fonctionnement	-35°C à +70°C	-30°C à +70°C	-40°C à 55°C
Protocole	SDI-12	Modbus RTU® ou TTY-ASCII	NMEA183 OU NMEA2000
Type de liaison	RS-232	RS-485	RS422 ou CAN Bus
Vitesse de transmission	270 Mbits/s	9600 bits/s	125 Kbits/s

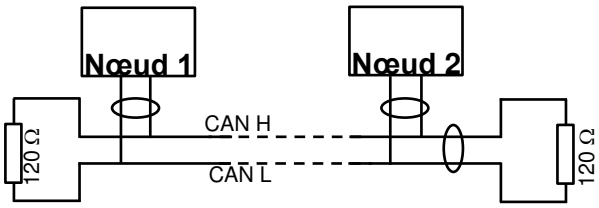
DT S2 : le bus de données CAN

Le bus de données CAN (Controller Area Network) est un bus système série respectant la norme ISO 118987. Il consiste à raccorder à un même câble (un bus) un grand nombre d'équipements marins.
La norme bus CAN est définie par :

- le bus CAN en mode étendu (CAN 2.0B)
- le nombre de nœuds est limité à 50
- la longueur jusqu'à 200 m
- débit entre 125Kbits·s^{-1} et 1Mbits·s^{-1}

La transmission des données est effectuée sur deux fils :

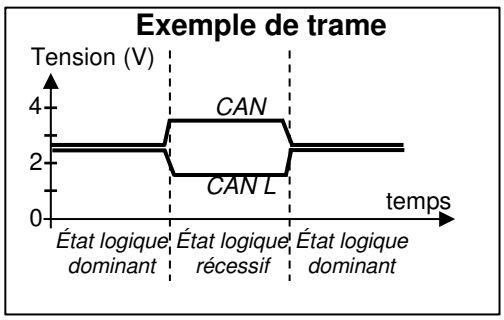
- CAN L (CAN LOW),
- CAN H (CAN HIGH).



Les deux extrémités du bus sont rebouclées par des résistances de 120 Ω

Correspondance entre les niveaux électriques et les états logiques transportés sur le bus CAN high-speed (norme ISO118987):

État logique	$V_{CANH-GND}$	$V_{CANL-GND}$	$V_{CANH-CANL}$
Récessif ou « 1 »	2,5 V	2,5 V	de 0 à 0,5 V
Dominant ou « 0 »	3,5 V	1,5 V	de 0,9 à 2 V



DT S3 : Le protocole NMEA2000

Chaque équipement connecté sur le bus CAN possède une adresse PGN pour émettre, et une adresse source pour recevoir
La structure des identifiants étendus (29 bits) des messages au protocole NMEA 2000 est la suivante :

- 3 bits priorité
- 18 bits adresse PGN (2 bits libres + 16 bits pour l'adresse de l'émetteur)
- 8 bits adresse de la source

28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Priority					MSB ID (pgn)								LSB ID (pgn)								Source Address *							
			■	■																								

Chaque équipement marin doit posséder une adresse source sur 8 bits. Les adresses 0 à 251 sont réservées à cet usage. L'adresse 255 est une adresse globale qui spécifie un envoi à tous les nœuds du réseau (broadcast).

PGN	Equipement
127250	Cap du bateau
128259	Vitesse du bateau
128267	Profondeur de l'eau
129029	Position GPS
129284	Données de navigation
130306	Données sur les vents
130312	Température

Identification PGN en fonction des données envoyées par l'équipement

L'adresse PGN de l'équipement est codée sur 2 octets (MSB et LSB) sous forme binaire à partir de la valeur hexadécimale de l'adresse.
Exemple de codage PGN dans le champ ID
Pour le capteur détectant la température, l'adresse décimale PGN est 130312
Après conversion hexadécimale, la valeur est 1FD08
On code en binaire les 4 caractères hexadécimaux de poids faible dans le champ ID : FD08

28	*27*	*26*	*25*	*24*	*23*	*22*	*21*	*20*	*19*	*18*	*17*	*16*	*15*	*14*	*13*	*12*	*11*	*10*	*9*	*8*	*7*	*6*	*5*	*4*	*3*	*2*	*1*	*0*
Priorité					*MSB ID (PGN)*								*LSB ID (PGN)*								*Adresse source*							
					1	*1*	*1*	*1*	*1*	*1*	*0*	*1*	*0*	*0*	*0*	*0*	*1*	*0*	*0*	*0*								
					F				***D***				***0***				***8***											

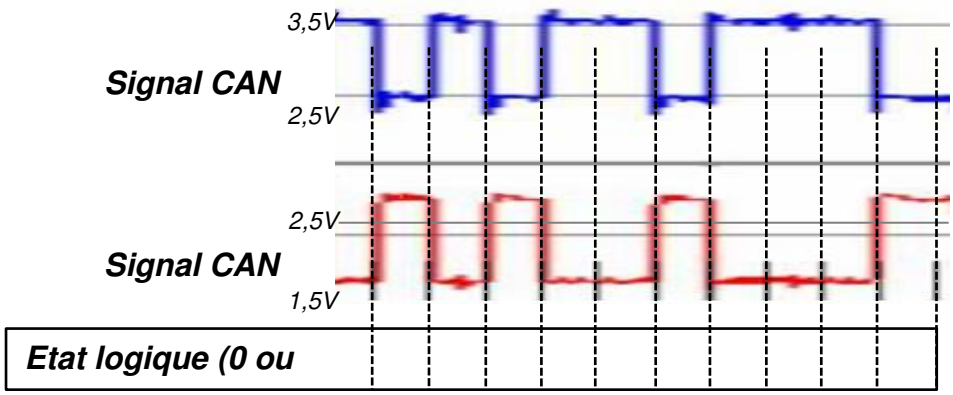
Codage du champ de données du capteur girouette-anémomètre

Décodage du message Id 0x09FD02xx (PGN 130306) : Wind Data

28	27	26	25	24	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Priority					MSB ID (pgn)								LSB ID (pgn)								Source Address *							
0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	-	-	-	-	-	-	-	-

Field 1	Field 2		Field 3		Field 4	Field 5	
FF	**05**	**3D**	**33**	**50**	02	1FFFFF	
SID	Wind speed **(10 mm/s)**		Wind direction **(0,0001 rad)**		Wind Reference 02 → apparent	Reserved (21 bits)	
[0]	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]

DOCUMENT RÉPONSE DR S1 (Question A.2)



DOCUMENT RÉPONSES DR S2 (Question B.2)

	23	22	21	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8
	MSB ID (PGN)								LSB ID (PGN)							
Valeur binaire																
Valeur Hexadécimale																

DOCUMENT RÉPONSE DR S3 (Question C.3)

Extrait du programme sous le langage Python

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

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

Copyright © 2026 FormaV. Tous droits réservés.

Ce document a été élaboré par FormaV© avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV©, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV© se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.