

MINI-PROJET GUIDE 1

Ce document est élaboré à partir du sujet de bac 14PY2DSPAG1

Extrait du sujet de bac

Le Vendée Globe est une célèbre course autour du monde à la voile en solitaire sans escale et sans assistance dont le départ et l'arrivée se font aux Sables d'Olonne, en Vendée (façade atlantique de la France métropolitaine).

Cette course qui se pratique sur des voiliers de la classe IMOCA 60 (monocoques de 18 mètres) est évidemment un moment fort pour tous les passionnés de voile, mais pas seulement.

Chaque nouvelle édition est l'occasion de s'intéresser aux récentes innovations technologiques dans la conception et dans l'équipement des voiliers même si un cahier des charges précis permet d'assurer une équité entre les concurrents.

Nous nous intéresserons particulièrement ici à l'équipement électrique embarqué à bord de ces voiliers et aux solutions envisagées pour l'alimenter en énergie.

La solution classique est d'utiliser un **moteur Diesel** associé à un alternateur pour **recharger des batteries**, mais lors de la dernière édition dont le départ a eu lieu en novembre 2012, le Vendée Globe a présenté un nouveau défi : diminuer l'utilisation de gasoil en s'appuyant sur les sources d'énergie naturelles et ainsi contribuer à la recherche et au développement de solutions durables et responsables.

PROBLEMATIQUE

Quels sont les équipements de base d'un voilier de course ? quelle énergie électrique nécessitent-ils ? Quels équipements utilisant l'énergie renouvelable pour remplacer le moteur Diésel ?

RESOLUTION

Activité 1 .

Les élèves recherchent les fiches techniques des appareils. L'**Annexe 1** présente les fiches techniques de certains équipements.

Les données sont des puissances : Rappel de la relation puissance énergie pour estimer le besoin total en énergie.

Mise en forme des résultats dans un tableau, utilisation possible du tableau.

TP : bialn énergétique d'un moteur avec un Joulemètre.

Activité 2

La production d'énergie avec le moteur Diésel. Voir **Annexe 2**.

Etude de la réaction de combustion. Pictogrammes. Conversion d'énergie.

TP : pouvoir calorifique d'un combustible.

Acitivité 3

La recharge des batteries.

Doc principe de fonctionnement d'une pile.

TP Pile zinc cuivre usagée. Les élèves doivent mettre en œuvre une pile neuve puis proposer les conditions pour une pile usager. Comparer les tensions à vide.

Activité doc les piles et les accumulateurs. :

- https://www.maxisciences.com/energie/quelle-est-la-difference-entre-une-pile-et-un-accumulateur_art41787.html
- C'EST PAS SORCIER, PILE ET BATTERIES.

Activité 4

Les panneaux photovoltaïques

A partir de la caractéristique donnée, compléter le document. Repérer la zone de puissance maximale.

Conversion d'énergie

TP tracé de la caractéristique d'un panneau solaire. **Voir Annexe 3.**

ANNEXE 1 Besoins en énergie

Document 1

Source : <http://Seatronic>

Calcul du bilan d'énergie

Un bilan d'énergie sert à la fois à dimensionner le parc de batterie et à déterminer quels sont les producteurs d'énergie à mettre en place pour répondre à la consommation d'électricité quotidienne. C'est une étape nécessaire pour mettre en place une installation adaptée aux besoins. Pour réaliser un bilan il faut commencer par l'inventaire du matériel électrique utilisé en relevant pour chacun la puissance nécessaire à son fonctionnement (ces valeurs sont généralement indiquées sur les appareils et sont exprimées soit en Ampère soit en Watt). Ensuite l'énergie consommée en est déduite en estimant la durée d'utilisation de chacun des appareils sur une période de 24 heures. Si la navigation dure uniquement 24 heures et que le bateau retourne au port, le chargeur de quai assurera ensuite la recharge des batteries. Sinon, il faudra mettre en place des générateurs tels que des éoliennes, des panneaux solaires, utiliser l'alternateur ou un groupe électrogène.

Document 2

Source : <http://www.ronan-tourdumonde.com/> Avec l'aimable autorisation de l'auteur

L'énergie à bord

Un voilier de nos jours consomme de l'électricité. Plus l'on désire du confort, plus le besoin en énergie est important. Quand je parle de confort, c'est par exemple le frigo, avoir de la lumière, ce genre de confort. Tout ce qui est électrique sur un voilier se définit par sa consommation en ampère heure. Je dispose à bord de 4 batteries dédiées aux fonctionnements des appareils électriques. Pour produire de l'électricité, on a plusieurs choix:

⌚ Le moteur

(Le pire). Je fais tourner le moteur qui lui entraîne un alternateur qui fournira pour mon bateau de 0 à 50 ampères selon l'état de charge des batteries. J'ai installé un régulateur externe pour l'alternateur qui augmente le rendement de l'alternateur en gérant l'excitation en fonction de la tension des batteries. Quand la batterie est à 80% de charge, je peux produire jusqu'à 50 ampères et quand j'approche de 95% de charge, la charge diminue jusqu'à passer en mode "floating" où l'alternateur ne fait plus que maintenir les batteries pleines. Outre le fait qu'il faut éviter de faire tourner le moteur à vide (il est préférable de le faire tourner en charge, c'est à dire en faisant tourner l'hélice qui fait avancer le bateau), je n'aime vraiment pas le bruit du moteur et je préfère m'en passer.

⌚ Les panneaux solaires

Aucun bruit mais pour charger il faut du soleil donc au maximum 12 heures de charge par jour avec un rendement variable selon la couverture nuageuse, l'orientation des panneaux par rapport au soleil. L'autre inconvénient est la taille de ces panneaux qui mesurent 1m30 X 0m70.

⌚ L'hydro générateur ou l'alternateur d'arbre

Quand le bateau avance, l'hélice (du bateau ou une hélice externe que l'on met à l'eau quand on veut l'utiliser) tourne. Elle entraîne ainsi un alternateur qui produit de l'électricité. L'hélice qui tourne est soit celle du moteur, soit une hélice que l'on jette à l'eau et qui est reliée par un bout à un alternateur sur le pont du bateau. Ce système est très performant, il produit 5 ampères environ par heure mais sur 24 heures. L'inconvénient de ce système est qu'il ne fonctionne que lorsque le bateau avance, il est donc inutilisable au mouillage. Je n'en dispose pas sur mon bateau

⌚ L'éolienne

C'est le système le plus répandu mais pas forcément le plus efficace. Le vent fait tourner les pâles de l'éolienne entraînant un alternateur qui produit du courant. Plus le vent est fort, plus les pâles tournent vite et plus la production est importante. Il existe une foule de fournisseurs pour ce genre de matériel avec des courbes de rendement très variables. La règle avec une éolienne est simple. Moins il y a de pâles, plus le rendement est bon. La monopâle est donc théoriquement l'idéale mais il y a trop de vibration. Avec 2 pâles, le rendement est toujours très bon mais des vibrations persistent. La 3 pâles semblent un bon compromis. L'autre élément déterminant est la taille des pâles. Une Aerogen 4 fait 87cm de diamètre contre 1m40 pour la Kiss ou la WS400 qui présentent les meilleures courbes. Mais quelque soit le modèle, l'inconvénient est qu'il faut du vent.

Une fois le bilan sur ma consommation réalisé. Reste à mesurer ma production d'énergie. La production étant directement dépendante du vent rencontré, il faut connaître la force du vent que l'on va rencontrer pour évaluer sa production. Pour une traversée de l'Atlantique avec les alizés, les vents sont en moyenne compris entre 15 et 20 noeuds (30 à 40 Km/H). Le bateau avançant à 5 ou 6 noeuds, le vent apparent tombe donc de 10 à 15 noeuds.

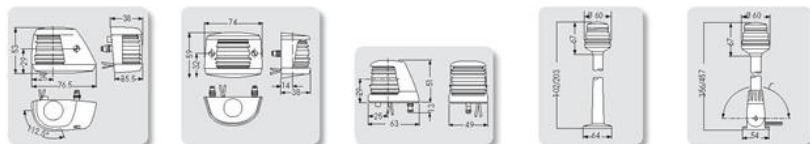
Feux de navigation



Série 20

Conçus pour les bateaux à moteur.
Boîtier et optique en polycarbonate.
Antimagnétique, résistant aux chocs
et à la corrosion. Les feux sont
conformes aux exigences de l'IP45 en
matière d'étanchéité et de protection
contre la poussière.
Ampoule type : BA9S (fournie).

Homologations : USCG,
IMO, RINA, MCA, GL A-16, CE.



Version	Modèle	Boîtier noir	Boîtier blanc	Pour bateau	Visibilité	Puis.	Volt.
A Bâbord (112.5°)	Fixation latérale	417406	419253	< 12 m	1 MN	5 W	12 V
Tribord (112.5°)		417405	419252		1 MN	5 W	12 V
B Poupe (135°)	Fixation latérale	417404	419254	< 12 m	2 MN	5 W	12 V
C Bicolore (vert/rouge 112.5°)	Fixation à plat	-	418231	< 12 m	1 MN	5 W	12 V
		417403	-		1 MN	5 W	12 V
D Mouillage (360°)	Sur pied	417458	-	> 12 - < 50 m	2 MN	5 W	12 V
E Mouillage (360°)	Sur hampe inclinable - 356 mm	417693	419251	> 12 - < 50 m	2 MN	5 W	12 V

Le schéma suivant présente, vu de haut, les feux de
route bâbord (à gauche) et tribord (à droite) et le feu
arrière

Voilier de moins de 20 mètres faisant route à la voile

Réfrigérateur

WAEKO CoolMatic



WAEKO CoolMatic CR 80

Réfrigérateur à compresseur en finition inox, 12/24 Volts DC

Capacité brute: env. 80 litres, compartiment congélation de 7, litres incl.

Tension d'alimentation: 12/24 Volts DC

Puissance moyenne absorbée: env. 48 Watts

Consommation de courant: 1,8 Ah/h pour une température ambiante de +5 °C,
2,1 Ah/h pour une température ambiante de +10 °C,
avec une température intérieure de l'appareil de +5 °C

Isolation: Entièrement en mousse polyuréthane

Système: Compresseur entièrement hermétique avec commande électronique intégrée, protecteur de batterie, thermostat réversible, système de dégivrage automatique, système de ventilation mécanique, système de condensation, système de réfrigération, système de l'intérieur

Matériaux: Bac intérieur: Plastique
Cadre de porte: Plastique
Ferrures: Inox

Couleur: Bâti : noir
Cadre de porte : argent
Panneau décoratif : argent mat (aspect acier inoxydable brossé)

Dimensions d'encastrement (LxHxP): Sans porte : 475 x 640 x 475 mm
Avec cadre standard : 479 x 642 x 475 mm
Avec cadre de finition : 501 x 642 x 523 mm

Poids: 23 kg

Conformité: CE, TÜV/GS, homologuée e (directives EMC/véhicules)

Désignation d'article: CoolMatic CR 80

Radar

FURUNO



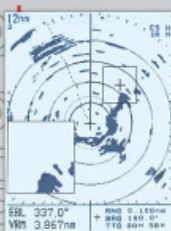
Radar M1623 Écran plat LCD 6"

- Sélection de la vitesse de rotation automatique en fonction de l'échelle (24, 31 et 41 tours/minute).
- Excellente détection à petite échelle grâce aux faibles largeurs d'impulsions et à la double bande passante.
- Alarme programmable à intervalles réguliers.
- En mode veille : Consommation quasi nulle.
- Sécurité/Silencieux

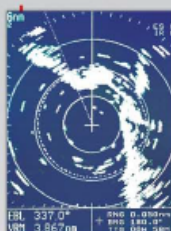


Affichages M1623

ZOOM



Vidéo inversée



NAV DATA L/L VIT. CAP, distance de relevement



NAV DATA VENT*, CAP, L/L



■ Le radar M1623 est doté d'un afficheur LCD à fort contraste, conçu pour les bateaux de plaisance et les petits navires de pêche. L'image est présentée en quatre niveaux de gris sur un écran 6". La représentation de la côte et des échos est améliorée grâce à l'utilisation de largeurs d'impulsions très fines et une double bande passante. L'écran est conçu pour un montage en extérieur.

■ De nombreuses fonctions standard comprenant: EBL, EVRMs (Electronic Variable Range Marker), TLL output (Target Latitude et Longitude), curseur L/L input/output, Echo Trail, Zone alarme, Anti clutter et pluie, contrôle automatique d'accord et de sensibilité. Toutes ces fonctions assurent une parfaite détection et représentation dans toutes les conditions.

■ L'utilisateur choisit son mode de présentation: Normal, décentré, zoom ou veille. En veille, le radar s'arrête et l'émission est stoppée. L'affichage des données de navigation reste possible. A intervalle régulier de 5, 10 ou 20mn le radar émet durant une minute et surveille la zone de garde. Si une cible est détectée, une alarme se déclenche et le radar repasse en mode normal, annulant la fonction veille. La zone d'alarme peut être également réglée pour détecter un écho sortant de la zone.

■ Connecté au GPS l'écran du M1623 permet l'affichage du point de destination sur l'image radar ainsi que les données de navigation. Une girouette peut également être connectée (ROWIND).

Caractéristiques

Antenne

Type Radiateur microstrip dans radôme de diamètre 38 cm.

Faisceau : Hor. 6.2 Vert. 2.5

Vitesse de rotation : - 41 rpm de (0.125 à 0.75 mn)

- 31 rpm de (1 à 2 mn)

- 24 rpm de (3 à 16 mn)

Emetteur / Récepteur

Fréquence : 9410 +/- 30 MHz (bande X)

Impulsions et PRR : - 0.06µs/3000Hz de (0.125 à 0.75 mn)

- 0.3µs/1200Hz de (1 à 2 mn)

- 0.8µs/600Hz de (3 à 16 mn)

Puissance : 2.2 kW nominal

Amplificateur IF : IF : 50 MHz

BW : 15MHz de (0.125 à 0.75 mn)

5 MHz de (1 à 16 mn)

Indicateur

LCD6" monochrome, 4 niveaux de gris.

240 X 320 pixels 90mm (W) X 120mm (H)

Précision

Distance : 1.0 % de l'échelle utilisée ou 8m

Relevement : Précision EBL +/- 1°

Echelles et cercle de calibration :

Echelle : 0.125 0.25 0.5 0.75 1 1.5 2 3 4 6 8 12 16mn

Cercles : .625 .125 .125 .25 .25 5 5 1 1 2 2 3 4 mn

Trace d'écho : Intervalle 30s, 1.3, 6mn ou en continu.

Interface (format NMEA 0183) : BWC, BWP, DBK, DBS, DBT, DPT, GCA, GLC, GLL,

GTD, HDG, HDM, HDT, MTW, MWV, RMA, RMB, RMC, VBW, VHW, VTG, XTE, ZDA

Environnement

Température (IEC60945) : Antenne de -25°C à +70°C

Indicateur de -15°C à +55°C

Etanchéité (IEC 60529 Test Method) : Antenne IEC IPX6, CFR46 (USCG)

Indicateur IEC IPX5, CFR46 (USCG)

Alimentation

12 à 24Vcc, 42W (max), 8W (en mode veille)

115/230Vca avec alimentation PR62 en option

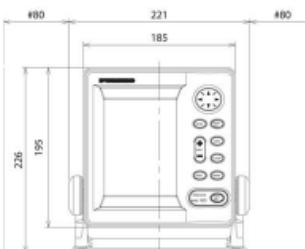
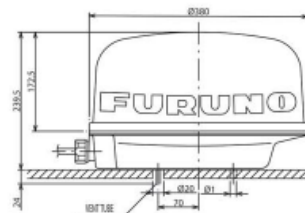
Liste du matériel

Standard

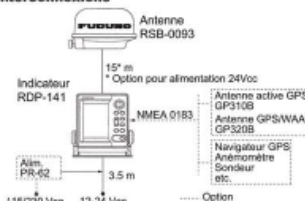
1. Indicateur
2. Antenne
3. Câble d'antenne 15m
4. Câble d'alimentation 3.5m
5. Matériel d'installation

Options

- 000.144.418 Câble NMEA 5m MJ-A7SPF0007-050
- 000.145.690 Câble NMEA en Y 0.5m MJ-A15A7F0004-005
- 000.145.691 Câble NMEA 2m, 7 broches
- 000.146.422 Alarme extérieure XH3-EZ-L970
- 000.130.034 Câble d'antenne 30m (pour alim. 24Vcc)
- 000.144.565 Câble équipé 20m



Interconnexions



FURUNO

www.furuno.fr

INSTRUMENTS DE NAVIGATION

NAVTEX FURUNO 300



Le NX300 Pro est un récepteur Navtex qui permet d'avoir des informations marines tel que la météo, les AVURNAV, les messages d'information et de détresse, ... Le système Navtex est le moyen le plus facile pour accéder à ce type d'information. Silencieux, les messages d'information seront stockés dans la mémoire tandis qu'une alarme vous préviendra des messages importants. La couverture du système Navtex est de 200/400 milles des émetteurs. L'utilisation de ce système est international sur la fréquence 490 kHz et National sur le 518 kHz (Info en français en France). Doté d'un large écran de 4,5" et d'une très bonne lisibilité des messages, le NX300D Pro pourra aussi répéter les informations NMEA.

Consommation: 3W Etanchéité Poids: Indicateur: 0.8 kg Antenne: 1.2 kg
Dimensions hors tout: 209 x 125 x 85 mm Dimensions d'encastrement: 183 x 92 x 61 mm

GPS FX312



. Keypad: complete illuminated keypad with 19 tactile keys with 4 arrow keys.
. Memory: FlashRom technology guaranteeing the safeguard of navigation information, waypoints, routes etc., backup lasts up to 100 years no lithium battery
. Dimensions of the receiver: 198 x 101 x 63 mm.
. Dimensions of antenna: 113 x 75 mm + whip antenna (0.85 m) for the FX412.
. Operating temperature: -10°C to +60°C.
. Storage temperature: -20°C to +70°C.
. Power supply: 10 to 36 volts DC.
. Waterproof: IPX6 IEC 529 norm

	FX312	FX412
. Weight	400 grams	450 grams
. Consumption w/o backlight	1.5 watts	2.4 watts
. Consumption with backlight	2.0 watts	3.0 watts

AIS Simrad AI 50 Système d'Identification Automatique



AIS écran	
Alimentation:	1C.BV bis 15.6V
Consommation:	<1 A
Récepteur:	Double TDMA (AISN)
Sensibilité:	< -107dBm for 20% PER
Puissance d'émission:	2Watt
Homologué:	IEC62287-1
Classe AIS:	Classe B pour utilisation sur navire non solas
Affichage des données GPS:	Lat long, cog, sog etc etc.
Port entrée:	Simnet, NMEA 2000, Fast NMEA183
Port Sortie:	Simnet, NMEA2000, Fast NMEA183
Possibilité de connexion à un PC pour transfert des cibles NMEA sur cartographie avec module AIS	
Dimensions:	201mm(W)x133mm(H)x77mm(D) (avec évier)
Poids:	1kg
EMC:	IEC60945
Température de fonctionnement:	-15°C to +55°C
Etanchéité:	IP67

Centrale de Navigation Raymarine



Caractéristiques techniques ;:

Tension nominale	12V CC
Plage de tension absolue	10 à 16V CC
Consommation (mA)	Loch speedomètre - 45 mA Sondeur - 45 mA Girouette-anémomètre - 65 mA Loupe de près - 65 mA

Pilote automatique



Pilote ST6001

Idéal lorsque l'espace est compté, son écran LCD très clair capable d'afficher jusqu'à 7 pages de données SeaTalk, vous permet de gérer toutes les données de navigation importantes.

Option GYRO+

Pour bateau jusqu'à 8500 kg avec Smart S1 ou S1G

101107

Ronan Gavrot nous indique dans son journal de bord que la puissance du pilote automatique est égale à 50 W

RADIO RAY54E



Receiver

Intermediate Frequency:	
1st	21.4 MHz
2nd	455 KHz
Sensitivity	
0.25µV (12dB SINAD)	
Squelch Sensitivity	
> 0.7µV at tight	
Spurious Response Rejection Ratio	
70 dB	
Adjacent Channel Selectivity	
70 dB	
Intermodulation Rejection Ratio	
68dB	
S/N at 3KHz Dev.	
40 dB	
Audio Output Power At THD 10%	
2 W	
Audio Distortion	
10%	
Current Drain at:	
Max Audio Power	1.5 A
Stand-By	0.5 A

Transmitter

RF Power:	
Hi Mode	23 ± 2 W
Lo Mode	0.8 ± 0.1 W
Maximum Deviation	
±5 KHz	
S/N at 3KHz Dev	
40 dB	
Modulation Distortion	
3KHz < / = 7%	
Audio Response	
1KHz EIA STANDARD dB	
Spurious/Harmonic Emissions:	
0.25µW	
Modulation Sensitivity	
< / = 12mv	
Current Drain At 13.6V DC:	
Hi Power	< / = 6 A
Lo Power	< / = 1.5A

Eclairage intérieur : 2 tubes néons



Tube type néon 12V-13W

Ordinateur portable

Tension/Intensité	12V/4A
Production	5,7L/h
Rejet	98% du sel dilué
Dimensions	171x419x394mm
Poids	11,3kg



Batterie et alimentation	
Type de batterie	Batterie Li-Ion 6 cellules
Type d'alimentation électrique	Adaptateur secteur 65W
Poids	
Poids	Pesant à partir de 1,6 kg

Conçus à l'origine pour les radeaux de survie de la marine américaine, les dessalinisateurs KATADYN sont une référence en la matière. Les dessalinisateurs KATADYN de la gamme Powersurvivor sont en version électrique 12V (ou 24V sur demande). Pour fournir un bateau en eau potable sans groupe électrogène ou sans démarrer ce dernier. Comment ça marche ? Sur le principe de l'OSMOSE INVERSE : l'eau salée est forcée sous pression à travers une membrane semi-perméable laissant passer l'eau pure, mais filtrant le sel, les virus et les bactéries. 10% seulement de l'eau pompée est alors transformée en eau potable, d'où une perte d'énergie considérable. Récupération d'énergie : les 90% d'eau rejetée, encore sous pression, sont dirigés vers l'arrière du piston de

Dessalinisateur KATADYN POWERSURVIVOR 40E 12V 5,7l/h	la pompe et procurent une assistance de puissance à l'opération de pompage. La mise sous pression de l'eau de mer demande ainsi très peu d'effort. C'est pourquoi les dessalinisateurs KATADYN sont si peu gourmands en énergie.
--	--

ANNEXE 2 Le moteur Diesel

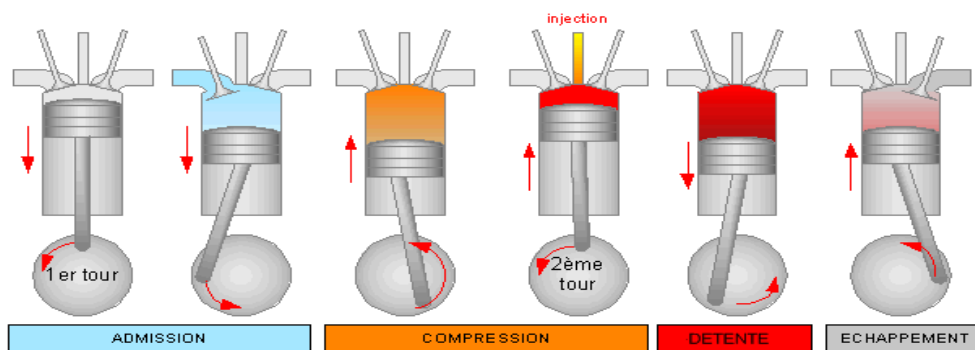
Le moteur Diesel est constitué de pistons coulissants dans des cylindres, fermés par une culasse reliant les cylindres aux collecteurs d'admission et d'échappement et munie de soupapes. Son fonctionnement repose sur l'auto-inflammation du gasoil (le carburant) dans de l'air comprimé dans le cylindre, et dont la température est portée de 600 °C à 1 500 °C environ. Sitôt le carburant injecté, celui-ci s'enflamme. En brûlant, le mélange augmente fortement la température et la pression dans le cylindre, repoussant le piston.

Les quatre temps du cycle Diesel sont :

1. **admission** d'air par l'ouverture de la soupape d'admission et la descente du piston.
2. **compression** de l'air par remontée du piston, la soupape d'admission étant fermée.
3. **injection - combustion - détente** : peu avant le point mort haut on introduit, par un injecteur,

le carburant qui se mêle à l'air comprimé. La combustion rapide qui s'ensuit constitue le temps moteur, les gaz chauds repoussent le piston.

4. **échappement** des gaz brûlés par l'ouverture de la soupape d'échappement, poussés par la remontée du piston.



Fiche technique du gasoil :

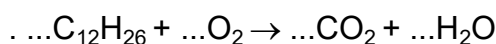
COMPOSITION	MÉLANGE D'HYDROCARBURES ET ADDITIFS
Masse volumique à 15°C	800 - 910 kg/m ³
T° d'auto-inflammation	225 °C
Précautions	

Pouvoir calorifique (1)	40 000kJ/kg
-------------------------	-------------

(1) Le **pouvoir calorifique** ou **chaleur de combustion** (en [anglais](#) : *heating value* ou *heat of combustion*) d'une [matière combustible](#) est l'opposé de l'[enthalpie](#) de réaction de [combustion](#) par unité de masse dans les [conditions normales de température et de pression](#), notée $\Delta_c H^0$ (< 0). C'est l'[énergie](#) dégagée sous forme de chaleur par la réaction de combustion par le dioxygène (autrement dit la quantité de chaleur). Le plus souvent, on considère un [hydrocarbure](#) réagissant avec le [dioxygène](#) de l'air pour donner du [dioxyde de carbone](#), de l'[eau](#) et de la [chaleur](#). Extrait Wikipédia le 19/06/2019

Elle est exprimée en général en kilojoules par [kilogramme](#) (noté kJ/kg ou $\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$), mais on rencontre également le pouvoir calorifique molaire (en kilojoules par [mole](#), kJ/mol) ou le pouvoir calorifique volumique (en kilojoules par [litre](#), kJ/L). Pour le [gaz naturel](#), il est exprimé en [kilowatts-heures](#) par [normo mètre cube](#) (noté kWh/Nm³).

1. Donner la signification des pictogrammes que l'on trouve sur la fiche technique du gasoil.
2. Lors de quel temps du cycle de fonctionnement du moteur Diesel y a-t-il libération d'énergie par le mélange « air + combustible » ?
3. À quelle valeur particulière la température du mélange « air- combustible » doit-elle être supérieure à la fin de l'injection ? Justifier.
4. L'un des hydrocarbures que l'on trouve dans le gasoil est le dodécane de formule chimique $\text{C}_{12}\text{H}_{26}$.
5. Ecrire l'équation équilibrée de la combustion complète du dodécane dans le dioxygène de l'air,



6. Proposer un protocole pour déterminer le pouvoir calorifique du carburant.

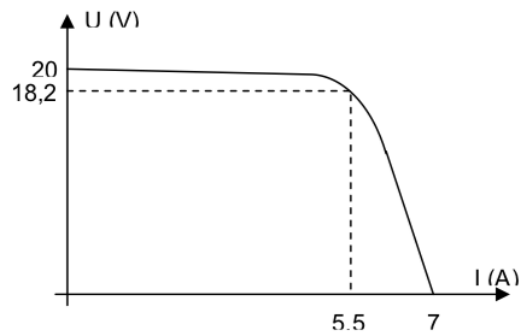
ANNEXE 3.

Document réponse n°2 : Caractéristiques des panneaux solaires photovoltaïques

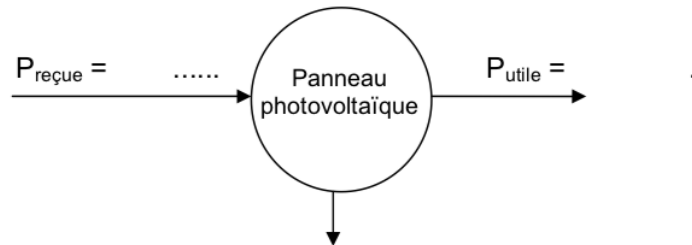
Valeurs caractéristiques : (à compléter)

Tension nominale	
Intensité nominale	
Tension à vide	
Intensité de court-circuit	

Caractéristique tension - courant :



Document réponse n°3 : Bilan de puissance du panneau photovoltaïque



Proposer un protocole expérimental pour tracer la caractéristique d'un panneau solaire.