

Baccalauréat **Blanc** technologique

Épreuve de physique-chimie série STI2D et STL spécialité sciences physiques et chimiques
en laboratoire

Durée : 3 heures – Coefficient : 4

À l'exclusion de tout autre matériel, l'usage de la calculatrice est autorisé conformément à la circulaire n°99-186 du 16-11-1999.

La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront dans l'appréciation des copies.

Lors des applications numériques, les résultats seront donnés avec un nombre de chiffres significatifs cohérents avec ceux de l'énoncé et une attention particulière sera portée aux unités utilisées.

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il soit complet et comporte 11 pages numérotées de 1 à 11. **Les documents réponse page 5 (DR1) et 11 (DR2 et DR3) sont à rendre avec la copie.**

Mis en forme : Couleur de police : Automatique

Mis en forme : Police : Gras, Soulignement , Couleur de police : Automatique

Mis en forme : Police : Gras, Soulignement

Les parties du sujet sont indépendantes et peuvent être traitées séparément dans l'ordre choisi par le candidat.

Monsieur Martin souhaite faire l'acquisition d'une maison dans une zone rurale vallonnée. La situation géographique de la maison est telle que celle-ci n'est pas raccordée au réseau d'électricité ni au réseau d'eau potable. Pour y remédier, Monsieur Martin décide d'une part, d'utiliser un groupe électrogène afin de pourvoir à ses besoins en électricité et d'autre part, de mettre en place un système de récupération de l'eau de pluie, pour subvenir à ses besoins en eau.

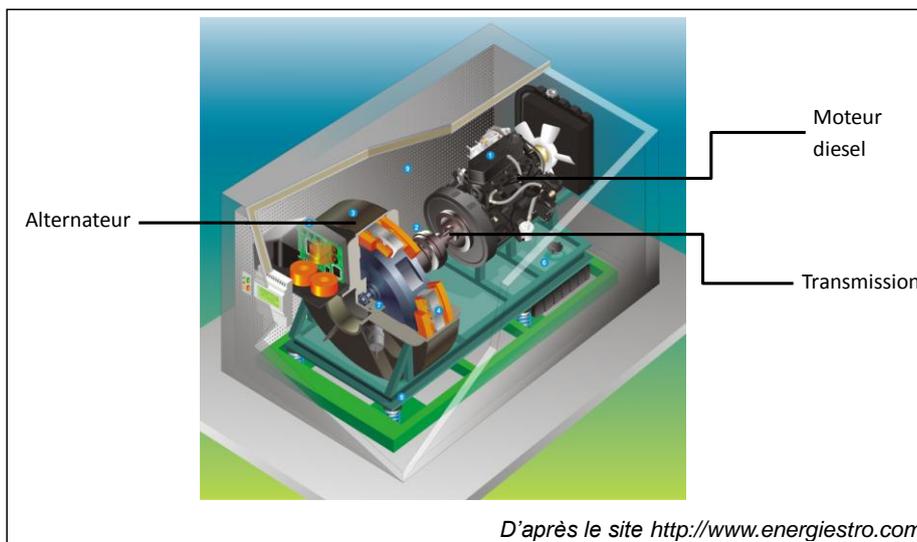
Mis en forme : Couleur de police : Automatique

Dans une première partie, il souhaite savoir si le groupe électrogène qu'il a choisi, peut-être installé dans son garage, sans mise en danger de sa famille. Au préalable, il lui est nécessaire de faire une étude énergétique.

La seconde partie porte sur le choix et l'étude d'une pompe de récupération d'eau de pluie.

Partie 1

Le groupe électrogène est constitué d'un moteur diesel et d'une transmission permettant de mettre en rotation un alternateur (voir schéma ci-après). L'ensemble sert d'alimentation à l'installation électrique de 14,5 kW.



1. Étude du système complet

- 1.1. Compléter, sur le document réponse DR1, la chaîne énergétique du groupe électrogènesystème complet.
- 1.2. Le rendement du moteur diesel est de 35 %, celui de la transmission de 60% et, celui de l'alternateur est de 92%. Calculer alors le rendement global du groupe électrogène.
- 1.3. Calculer la puissance absorbée par le moteur lorsque l'alternateur fournit les 14,5 kW à l'installation électrique.
- 1.4. Calculer l'énergie fournie par le carburant pour 4une heure de fonctionnement.
- 1.5. Sachant que le pouvoir énergétique (PCI) du gasoil est de $50,9 \text{ MJ.L}^{-1}$, calculer la consommation de carburant pour 4une heure de fonctionnement.

Commentaire [r1]: Pour éviter la redondance « complet »

2. Étude de l'alternateur

L'installation électrique fonctionne sous 230 V et demande 14,5 kW. La vitesse de rotation nominale est de 3000 tr.min⁻¹.

- 2.1. Déterminer l'intensité, I , du courant fourni par l'alternateur.
- 2.2. Pour l'alternateur :
 - 2.2.1. Calculer la puissance absorbée P_A .
 - 2.2.2. En déduire la puissance perdue P_P .
- 2.3. À partir de la question 2.2.1., calculer le couple C développé par la transmission (entrée de l'alternateur).
- 2.4. La caractéristique mécanique de l'alternateur en fonctionnement moteur est donnée sur le document 3.
 - 2.4.1. Déterminer la valeur du couple de démarrage C_0 .
 - 2.4.2. Donner les coordonnées du point de fonctionnement.

3. Étude du moteur thermique

Monsieur Martin veut installer le groupe électrogène dans son garage. On considère que la consommation de carburant est de 5,3 litres par heure de fonctionnement.

Le gasoil (diesel) est principalement constitué de [molécules de formule brute](#) $C_{21}H_{44}$.

Données : Masse volumique du gasoil : $\rho = 845,0 \text{ g.L}^{-1}$;
Masse molaire : $M(C_{21}H_{44}) = 296,0 \text{ g.mol}^{-1}$; $M(CO_2) = 44,0 \text{ g.mol}^{-1}$.

- 3.1. Écrire l'équation bilan de la combustion complète du diesel par le moteur thermique. Préciser le combustible et le comburant.
- 3.2. Calculer la masse puis la quantité de matière de diesel consommée pour une heure de fonctionnement.
- 3.3. En considérant que le comburant est présent en large excès, montrer que $n(CO_2) = 21 \times n(C_{21}H_{44})$ et calculer la quantité de matière de dioxyde de carbone formé pour une heure de fonctionnement.
- 3.4. Montrer que le volume de CO_2 formé en une heure de fonctionnement est de $7,7 \text{ m}^3$.
*On rappelle que $V = n \times V_M$ avec n la quantité de matière en mole, V le volume en litre et V_M le volume molaire tel que $V_M = 24 \text{ L.mol}^{-1}$.
 1 m^3 correspond à 1000 L*
- 3.5. Monsieur Martin souhaite savoir si l'installation du groupe électrogène dans son garage peut présenter des risques pour la santé de sa famille. Son garage mesure 6,0 m de long sur 4,0 m de large et a une hauteur de 2,0 m. Il n'y a aucun système de ventilation, ni aucune grille d'aération. Vous avez à votre disposition les documents 1 et 2.
 - 3.5.1. Estimer le volume V_G du garage.
On rappelle que le volume d'un pavé rectangulaire est $V = l \times L \times h$
 - 3.5.2. À partir de la question 3.4., estimer le pourcentage de CO_2 dans le garage au bout d'une heure de fonctionnement.
 - 3.5.3. L'installation du groupe électrogène dans le garage semble-t-elle pertinente ? Un raisonnement argumenté est demandé.

Mis en forme : Couleur de police :
Automatique

Documents de la partie 1:

DOCUMENT N°1 :

Les groupes électrogènes produisent du dioxyde de carbone, un gaz asphyxiant, ainsi que du monoxyde de carbone, extrêmement toxique et de plus quasi indétectable. Même en bon état et placés dans une pièce aérée comme un garage, mais attenante à une partie de logement occupée, ils peuvent être la cause d'intoxications mortelles.

Les groupes électrogènes fonctionnant avec un moteur Diesel produisent aussi des particules qui sont nocives pour les voies respiratoires.

Le fonctionnement d'un groupe électrogène peut poser des problèmes sur la qualité de l'eau et de l'air, ainsi que des nuisances sonores, donc dégrader les conditions de vie à son alentour.

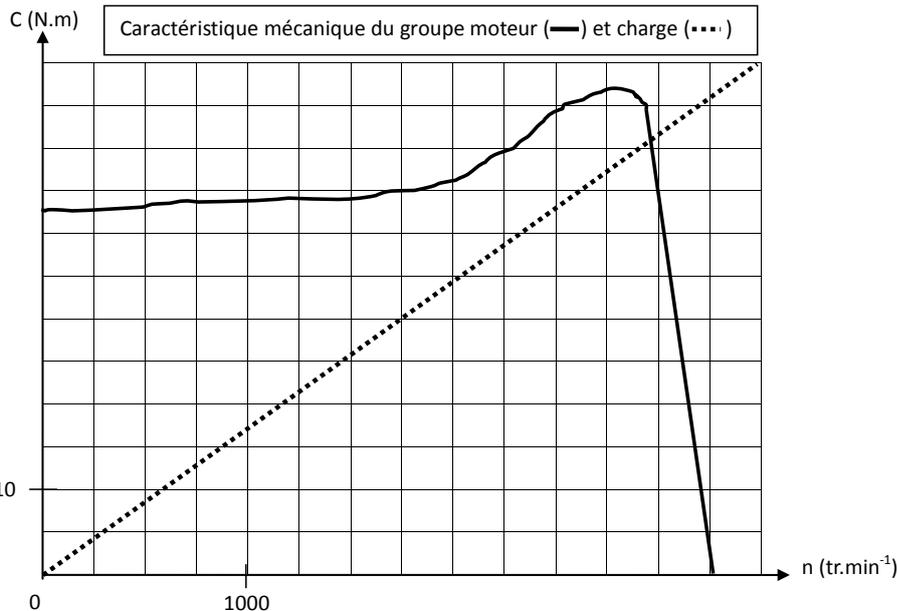
Extrait de : <http://fr.wikipedia.org>

DOCUMENT N°2 : Effets sur la santé

L'air contient aujourd'hui environ 0,04 % de CO₂. À partir d'une certaine concentration dans l'air, ce gaz s'avère dangereux voire mortel. La valeur limite d'exposition est de 3 % sur une durée de 15 minutes. Cette valeur ne doit jamais être dépassée. Au-delà, les effets sur la santé sont d'autant plus graves que la teneur en CO₂ augmente. Ainsi, à 2 % de CO₂ dans l'air, l'amplitude respiratoire augmente. À 4 %, la fréquence respiratoire s'accélère. À 10 %, peuvent apparaître des troubles visuels, des tremblements et des sueurs. À 15 %, c'est la perte de connaissance brutale. À 25 %, un arrêt respiratoire entraîne le décès.

Extrait de : <http://www.respire-asso.org/dioxyde-de-carbone-co2/>

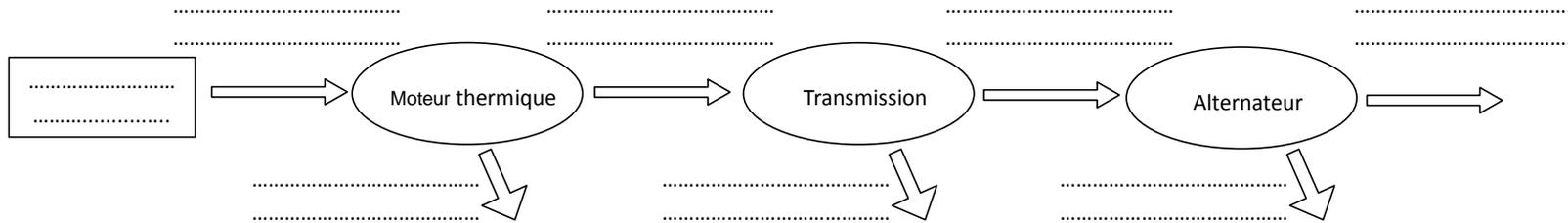
DOCUMENT N°3 :



Mis en forme : Police :Gras

Mis en forme : Retrait : Première
ligne : 1,25 cm

Chaîne énergétique du groupe électrogène



Partie 2

La récupération de l'eau de pluie est une pratique qui tend à devenir de plus en plus courante. Elle a pour le moment restreint ses usages à l'arrosage du jardin. Mais rien n'interdit de l'utiliser aussi à l'intérieur de la maison comme dans nombre de pays d'Europe du Nord.

Les chasses d'eau des toilettes représentent entre 20 et 30 % de notre consommation d'eau, le lavage du linge environ 12 %.

Avec l'eau d'arrosage du jardin, c'est près de la moitié de la consommation d'eau potable qui peut être économisée en récupérant l'eau de pluie.

L'installation d'un système de récupérateur d'eau de pluie comprend :

- une cuve pour récupérer l'eau de pluie des gouttières ;
- une pompe avec son aspiration dans la cuve ;
- un filtre et un réseau spécifique d'alimentation vers les WC, robinets extérieurs...

Le but de la première partie de l'exercice est de déterminer les caractéristiques de la pompe que doit installer Monsieur Martin au niveau de sa cuve afin de subvenir au besoin de son installation domestique. Celle-ci comprend :

- un jardin de 2000 m².
- un lave-linge.
- diverses sorties d'eau nécessaires à l'alimentation en eau pour 5 personnes.

Dans la suite de l'exercice on cherchera à vérifier les résultats obtenus et à améliorer le système par l'installation d'un capteur de pression.

1. Choix de la pompe

Le choix de la pompe comporte 3 étapes :

- 1) Détermination de son débit volumique ;
- 2) Détermination de la pression ;
- 3) Choix de la pompe.

1.1. Détermination du débit volumique

À partir du document N°1, inspiré d'une fiche technique fourni par le fabricant de pompe Jetly, déterminer le débit de la pompe que doit installer Monsieur Martin pour subvenir aux besoins des 5 membres de sa famille, arroser le jardin et faire une lessive par jour. On exprimera le résultat en m³.jour⁻¹ puis en m³.h⁻¹.

1.2. Détermination de la pression pour alimenter l'installation

Il est indispensable de connaître la pression disponible à la sortie de la pompe afin d'assurer la distribution en tout point de la maison. Dans les documents techniques, cette pression est exprimée en hauteur manométrique totale, notée HMT.

On peut lire sur le site du constructeur Jetly : « 1bar = 10 m de colonne d'eau ».

On rappelle : 1 bar = 10⁵ Pa ; masse volumique de l'eau : 1,0.10³ kg.m⁻³ ; g = 10 N.kg⁻¹.

1.2.1. En utilisant la loi fondamentale de la statique des fluides, justifier l'indication donnée par le constructeur et montrer qu'une hauteur de 10 mètres d'eau correspond à une variation de pression de 1 bar.

1.2.2. À partir des documents N°2 et 3, déterminer la pression en HMT après avoir calculé exprimé la valeur de la pression résiduelle P en hauteur manométrique.

Mis en forme : Couleur de police : Automatique

Mis en forme : Sans numérotation ni puces

Mise en forme : Puces et numéros

1.3. Exploitation des résultats

A chaque pompe est joint un graphique HMT / Débit (m^3/h) sur lequel est représenté la courbe de performance de la pompe.

1.3.1. Sur le document réponse DR2, reporter la HMT calculée précédemment et le débit souhaité.

Il est nécessaire que ce point soit situé juste en dessous de la courbe de la pompe choisie.

Si en revanche le point se situe au dessus de la courbe, les performances de la pompe seront trop faibles par rapport aux caractéristiques de l'installation et des besoins.

1.3.2. En déduire la pompe adaptée à l'installation.

2. Caractéristiques de la pompe

On s'intéresse dans la suite du problème aux performances de la pompe HMP 604 dont les caractéristiques mécaniques et hydrauliques figurent dans le document N°4.

Monsieur Martin désire utiliser un robinet d'eau afin de remplir un arrosoir de 10 litres ($0,010 \text{ m}^3$). Le débit de la pompe est $D_v = 2,5 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$. La section de sortie du robinet est $S = 1,0 \text{ cm}^2$.

2-22.1. En appliquant la conservation de la masse entre la pompe et le robinet, donner la valeur du débit d'eau à la sortie du robinet.

2-22.2. Déterminer la durée nécessaire pour remplir l'arrosoir. Ce résultat vous semble-t-il raisonnable?

On rappelle la relation entre le débit volumique D_v , la section de la canalisation S et la vitesse moyenne d'écoulement v : $v = \frac{D_v}{S}$

2-32.3. Montrer qu'à la sortie du robinet, la vitesse moyenne d'écoulement de l'eau est de $6,9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

2-42.4. En utilisant les données du document N°4 et le graphique du document réponse DR3, déterminer le rendement de la pompe.

2-52.5. Ce rendement est-il comparable à celui d'un moteur thermique? Justifier.

3. Contrôle de la hauteur d'eau.

Monsieur Martin souhaite disposer d'un dispositif l'avertissant lorsque le niveau d'eau dans la cuve devient inférieure à 50 cm. Pour cela, il propose d'installer au fond de celle-ci un capteur de pression.

Son choix se porte sur la sonde CS450 commercialisée par la marque CAMPBELL SCIENTIFIC®. Cette sonde permet de mesurer à la fois la pression au fond de la cuve et la température.

Un extrait de la fiche techniques fournie par le constructeur est donné dans le document N°5.

3-43.1. Quelles sont les grandeurs d'entrée et de sortie du capteur de pression ?

3-23.2. À quoi sert le « Convertisseur A/N » indiqué dans les spécifications du capteur ?

3-33.3. D'après le texte, sur quel phénomène physique repose le capteur de pression ?

Une enveloppe en titane ou en acier inox protège les capteurs.

3-43.4. À quel type de matériaux appartiennent-ils ?

Mis en forme : Hiérarchisation + Niveau : 2 + Style de numérotation : 1, 2, 3, ... + Commencer à : 1 + Alignement : Gauche + Alignement : 0,63 cm + Tabulation après : 0 cm + Retrait : 1,4 cm

Mise en forme : Puces et numéros

Mis en forme : Hiérarchisation + Niveau : 2 + Style de numérotation : 1, 2, 3, ... + Commencer à : 1 + Alignement : Gauche + Alignement : 0,63 cm + Tabulation après : 0 cm + Retrait : 1,4 cm

Mise en forme : Puces et numéros

Mis en forme : Hiérarchisation + Niveau : 2 + Style de numérotation : 1, 2, 3, ... + Commencer à : 1 + Alignement : Gauche + Alignement : 0,63 cm + Tabulation après : 0 cm + Retrait : 1,4 cm

Mise en forme : Puces et numéros

Mis en forme : Hiérarchisation + Niveau : 2 + Style de numérotation : 1, 2, 3, ... + Commencer à : 1 + Alignement : Gauche + Alignement : 0,63 cm + Tabulation après : 0 cm + Retrait : 1,4 cm

Mise en forme : Puces et numéros

Mis en forme : Hiérarchisation + Niveau : 2 + Style de numérotation : 1, 2, 3, ... + Commencer à : 1 + Alignement : Gauche + Alignement : 0,63 cm + Tabulation après : 0 cm + Retrait : 1,4 cm

Mise en forme : Puces et numéros

Mis en forme : Hiérarchisation + Niveau : 2 + Style de numérotation : 1, 2, 3, ... + Commencer à : 1 + Alignement : Gauche + Alignement : 0,63 cm + Tabulation après : 0 cm + Retrait : 1,4 cm

Mise en forme : Puces et numéros

Mis en forme : Hiérarchisation + Niveau : 2 + Style de numérotation : 1, 2, 3, ... + Commencer à : 1 + Alignement : Gauche + Alignement : 0,63 cm + Tabulation après : 0 cm + Retrait : 1,4 cm

Mise en forme : Puces et numéros

Mis en forme : Hiérarchisation + Niveau : 2 + Style de numérotation : 1, 2, 3, ... + Commencer à : 1 + Alignement : Gauche + Alignement : 0,63 cm + Tabulation après : 0 cm + Retrait : 1,4 cm

Mise en forme : Puces et numéros

Mis en forme : Hiérarchisation + Niveau : 2 + Style de numérotation : 1, 2, 3, ... + Commencer à : 1 + Alignement : Gauche + Alignement : 0,63 cm + Tabulation après : 0 cm + Retrait : 1,4 cm

Mise en forme : Puces et numéros

3-53.5. Quel avantage présente le titane par rapport à l'inox ?

3-5

Monsieur MARTIN désire alimenter la sonde avec une batterie dont les caractéristiques sont données dans le document N°6.

3-73.6. En utilisant les documents N°5 et 6, déterminer la durée de fonctionnement de la batterie si le capteur effectue une mesure par seconde. Le choix de cette batterie vous semble-t-il judicieux ?

Mis en forme : Hiérarchisation + Niveau : 2 + Style de numérotation : 1, 2, 3, ... + Commencer à : 1 + Alignement : Gauche + Alignement : 0,63 cm + Tabulation après : 0 cm + Retrait : 1,4 cm

Mise en forme : Puces et numéros

Mis en forme : Paragraphe de liste, Gauche, Sans numérotation ni puces

Mis en forme : Sans numérotation ni puces

Mis en forme : Hiérarchisation + Niveau : 2 + Style de numérotation : 1, 2, 3, ... + Commencer à : 1 + Alignement : Gauche + Alignement : 0,63 cm + Tabulation après : 0 cm + Retrait : 1,4 cm

Mise en forme : Puces et numéros

Documents de la partie 2

DOCUMENT N°1 : Consommation /jour

| | |
|--------------|--|
| Par personne | 0,600 m ³ /jour |
| Jardin | 0,028 m ³ /m ² /jour |
| Lave linge | 0,100 m ³ |

DOCUMENT N°2 : Calcul de la hauteur manométrique totale

Trois éléments principaux permettent le calcul de la pression exprimée en HMT :

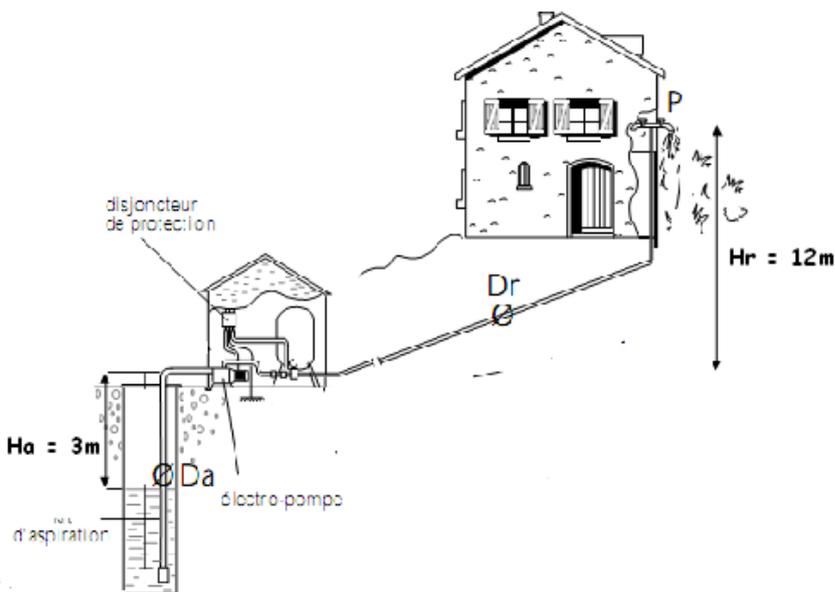
Ha : Hauteur géométrique d'aspiration.

Hr : Hauteur géométrique de refoulement.

P : Pression résiduelle : pression utile dans l'appareil le plus haut de l'installation (Généralement 1,5 bar)

$$HMT = Ha + Hr + P \text{ (exprimée en mètre)}$$

DOCUMENT N°3 : Schéma de l'installation



DOCUMENT N°4 : Caractéristiques de la pompe HMP 604.

| Caractéristiques hydrauliques | |
|----------------------------------|--------------------|
| Pression d'alimentation maximale | 6 bar |
| Température du fluide | De + 0,5°C à 35 °C |
| Pression maximale de sortie | 10 bar |
| Caractéristiques électriques | |
| Tension d'alimentation | 230 V |
| Fréquence du réseau | 50 Hz |
| Puissance nominale | 1050 W |
| Vitesse nominale | 2900 tr/min |

DOCUMENT N°5 : Fiche technique des sondes CS450 et CS455.



Les capteurs de pression submersibles de niveau CS450 et CS455 de Campbell Scientific fournissent des mesures de pression et température, fiables et précises. Leurs conceptions robustes les rendent appropriés pour des mesures de niveau d'eau dans des canaux, des puits, des étangs, des ports, des lacs, des cours d'eau et des réservoirs.

Les capteurs possèdent une sortie numérique SDI-12 ou RS-232 donnant la pression et la température observées. Les capteurs consistent en un capteur piézoélectrique et un capteur de température hébergé dans une enveloppe métallique.

Le CS450 a une enveloppe 316L en inox qui peut être submergé dans la plupart des canaux, des puits, des étangs, des lacs et des cours d'eau.

Le CS455 a une enveloppe en titane très résistante qui permet d'utiliser le capteur dans l'eau salée ou d'autres environnements difficiles.

Spécifications :

- Convertisseur A/N sur 24 bits.
- Alimentation requise : 6 à 18 V.
- Consommation maximale : 8,0 mA (une mesure par seconde)
- Gamme de température de fonctionnement : -10°C à 80°C

Mis en forme : Couleur de police : Automatique

Température de compensation : 0 °C à 60 °C
Précision de la température : ± 0,2 °C
Type de câble : 5 conducteurs, 26 AWG, Gaine Hytrel

DOCUMENT N°6 : Fiche technique, batterie 9,6V

| BE-POWER | |
|--|---|
| Battery and Energy Modules | |
| 1. GENERAL: | |
| Electrochemical System: | Nickel-Metal-Hydride |
| Nominal voltage: | 9,6 V |
| Capacity: | nominal: 200mAh |
| Average weight | ca.46 g |
| Heavy metal content: | Mercury free, Cadmium free, Lead free |
| Dimension (maximum): | Length* x Width x Height: 47,0mm x 27,0 m x 18,0mm *Length is defined as shoulder length, without pole contacts. Including pole contacts the maximum length is 48.5mm |
| Internal resistance: (1kHz, fully charged) | ≤ 1200mOhm |
| Discharge current: Recommended (continuous) | 20mA - 600mA |

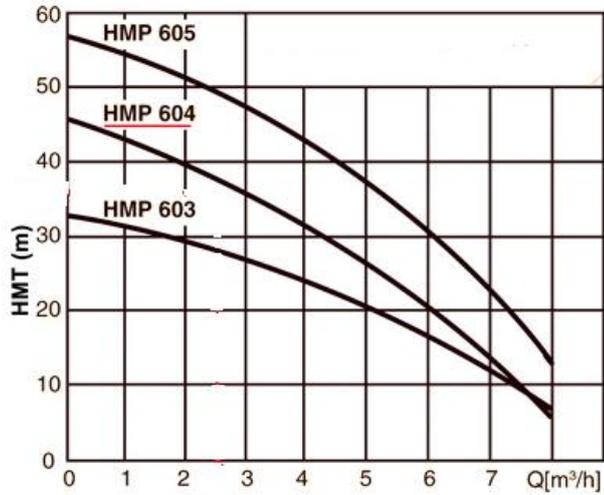


Document réponse DR2 : Choix de la pompe

NOM :

Courbe de performance des pompes HMP 60X

Mis en forme : Couleur de police :
Automatique



Document réponse DR3 : Performances hydrauliques des pompes HMP 603, 604 et 605.

Graphique représentant la puissance hydraulique (mécanique) en fonction du débit.

