

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

SESSION 2016

Série STI2D – Toutes spécialités

Série STL – Spécialité sciences physiques et chimiques en laboratoire

PHYSIQUE – CHIMIE

DURÉE : 3 HEURES

COEFFICIENT : 4

CALCULATRICE AUTORISÉE

L'emploi de toutes les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique est autorisé à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'elles ne soient pas connectables à un réseau.

Ce sujet comporte 12 pages numérotées de la page 1/12 à la page 12/12.

Avant de composer, assurez-vous que l'exemplaire qui vous a été remis est bien complet.

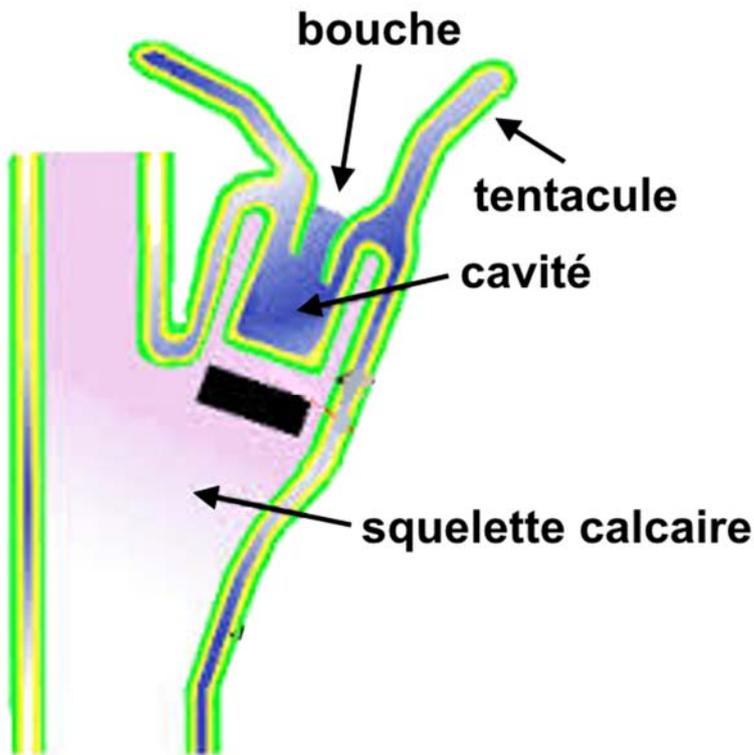
Lors des applications numériques, les résultats seront donnés avec un nombre de chiffres significatifs cohérent avec ceux de l'énoncé et une attention particulière sera portée aux unités utilisées.

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

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

L'ÉLECTROLYSE :

UNE MÉTHODE ACTIVE POUR RÉNOVER LES RÉCIFS CORALLIENS.



Coupe d'un corail

Le corail est un animal des mers chaudes (aussi appelé polype) vivant en colonie. Son squelette calcaire, associé à celui de nombreux autres, forme un récif sous-marin.

On estime que plus de 10 % des 600 000 km² de récifs coralliens ont été définitivement détruits ces cinquante dernières années. On estime que près de 30 % des récifs sont actuellement gravement menacés.

Les menaces qui affectent les récifs coralliens prennent probablement leurs sources dans les activités humaines des pays industrialisés. L'augmentation du taux de dioxyde de carbone dans l'atmosphère, l'augmentation de la température des eaux de surface des océans due à l'échauffement de l'atmosphère, les pollutions océaniques, etc. sont

quelques-unes des causes souvent avancées pour expliquer la disparition des coraux. Cependant les activités humaines locales ont leur part de responsabilité (surpêche, tourisme, extraction de matériaux, etc).

Source de l'image : <http://coraux.univ-reunion.fr/spip.php?article8>

PARTIE A – SUIVRE ET COMPRENDRE LA DISPARITION DES RÉCIFS CORALLIENS

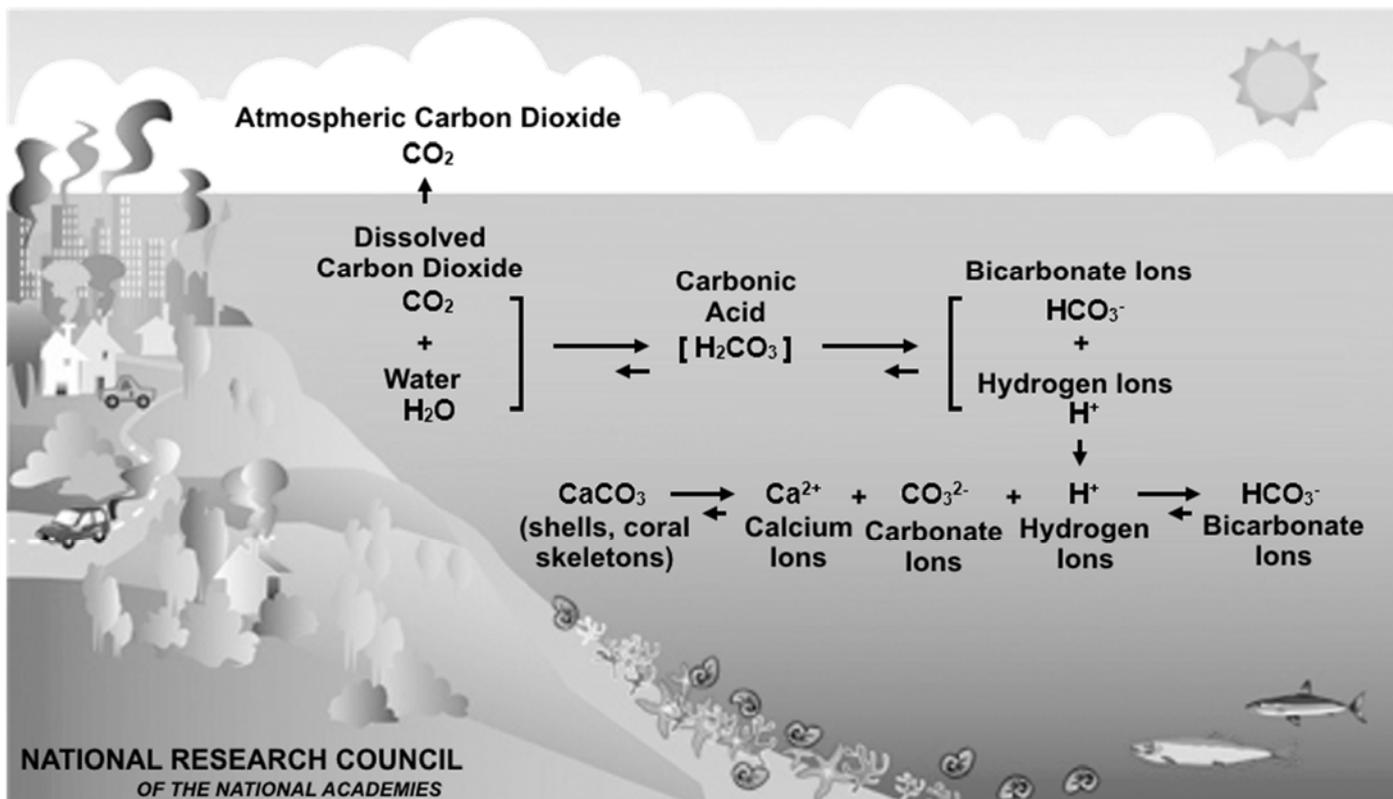
PARTIE B – SAUVER LES CORAUX : LA STRUCTURE BIOROCK

PARTIE C – CHOISIR LA SOURCE D'ÉNERGIE POUR ALIMENTER LA STRUCTURE BIOROCK

PARTIE A – SUIVRE ET COMPRENDRE LA DISPARITION DES RÉCIFS CORALLIENS

A.1 L'acidification des océans.

Ocean are more acidic due to absorbing 30 % of the CO₂ produced since 1750.



<http://www.reefresilience.org/coral-reefs/stressors/ocean-acidification/ocean-carbon-chemistry/>

A.1.1 À l'aide de vos connaissances, citer deux causes responsables de l'augmentation de l'émission de CO₂ dans l'atmosphère ces dernières années.

La dissolution dans l'eau du dioxyde de carbone gazeux entraîne, d'abord, la formation d'acide carbonique H₂CO_{3(aq)} qui se transforme, ensuite, en ion carbonate HCO_{3⁻(aq)}, selon l'équation H₂CO_{3(aq)} = HCO_{3⁻(aq)} + H⁺_(aq).

A.1.2 En vous appuyant sur la définition d'un acide, justifier que la molécule H₂CO_{3(aq)} est bien une espèce acide.

On donne le couple acide / base de l'eau H₃O⁺_(aq) / H₂O_(ℓ).

A.1.3 Écrire la demi-équation acido-basique traduisant la transformation de l'eau H₂O_(ℓ) en ion oxonium H₃O⁺_(aq).

A.1.4 En déduire l'équation bilan de la réaction entre l'acide carbonique H₂CO_{3(aq)} et l'eau H₂O_(ℓ).

A.1.5 Pourquoi parle-t-on d'acidification des océans ? Une réponse argumentée de quelques lignes (maximum 10 lignes) est demandée dans laquelle devront apparaître les notions suivantes : pH, concentration, dissolution, H₃O⁺ ou H⁺, CO₂.

A.2 Les observations satellites.

Les informations nécessaires au suivi des coraux sont collectées par des capteurs embarqués sur des satellites d'observation tels que SPOT, Landsat ou NOAA. Ces capteurs sont sensibles aux rayonnements électromagnétiques, émis ou réfléchis par la Terre et modulent le passage du courant en fonction de l'énergie électromagnétique reçue. Différents détecteurs sont utilisés pour les différentes longueurs d'ondes, le plus souvent des capteurs CCD (Charge Coupled Device) ou CMOS (Complementary metal oxide semi-conductor).

http://eoedu.belspo.be/noflash/menu_fr.htm

Document 1 : Image Data Comparison.

Étendue de mesure des différents capteurs embarqués sur les satellites.

	Landsat MSS (1,2,3,4)	Landsat TM (4,5,7)	SPOT XS	SPOT Pan	NOAA AVHRR
.5		Band 1	Band 0		
.6	Band 1	Band 2	Band 1		Band 1
.7	Band 2	Band 3	Band 2	Band 1	
.8	Band 3				
.9		Band 4	Band 3		Band 2
1.0	Band 4				
1.1					
1.2					
1.3					
1.4					
1.5					
1.6		Band 5			Band 3A
1.7					
1.8					
1.9					
2.0					
2.1		Band 7			
2.2					
2.3					
2.4					
2.5					
2.6					
3.0					
3.5					Band 3B
4.0					
5.0					
6.0					
7.0					
8.0					
9.0					
10.0					
11.0					Band 4
12.0		Band 6			Band 5
13.0					

Source : <http://www.hexagongeospatial.com/>

Document 2 : Les effets de l'atmosphère en télédétection thermique :

La température radiométrique (relevée par le capteur) s'écarte parfois sensiblement de la température réelle de la surface, en raison des effets de l'atmosphère d'une part, et de l'émissivité qui diffère de celle d'un corps noir d'autre part.

L'évaluation des températures, à partir de la télédétection, nécessite donc de corriger les effets de l'atmosphère. **Les valeurs des corrections peuvent aller jusqu'à quelques micromètres.**

D'après Claude Kergomard
Professeur à l'École Normale Supérieure de Paris :
<http://www.geographie.ens.fr/>

Document 3 : Quelques données.

$$\text{Loi de Wien : } T = \frac{2,90 \times 10^{-3}}{\lambda_{\max}}$$

Température T en kelvin (K)

Longueur d'onde λ en mètre (m)

$$\text{Énergie d'un photon : } E = \frac{h \times c}{\lambda}$$

$$T \text{ en kelvin : } T \text{ (K)} = \text{(}^\circ\text{C)} + 273$$

Température θ en degré celsius ($^\circ\text{C}$)

Énergie E en joule (J)

$$\text{Constante de Planck : } h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$$

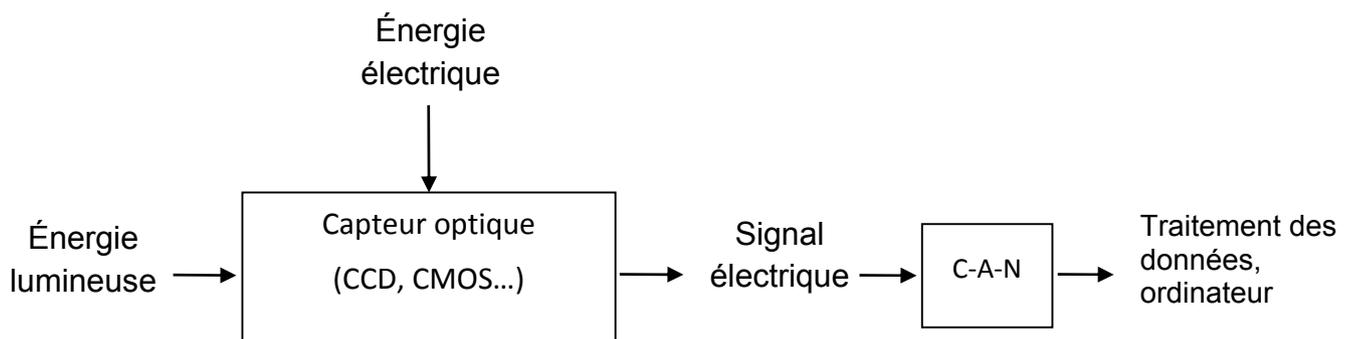
$$\text{Célérité : } c = 3,00 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$$

Onde	Longueur d'onde en λ (nm)
Infra-Rouge	700 à 10 000
Ultra-violet	200 à 400

Onde	Longueur d'onde en λ (nm)
Ultrason	$1,7 \times 10^7$ à $1,7 \times 10^{10}$
Radiofréquences	$1,8 \times 10^8$ à $3,3 \times 10^{12}$

A.2.1 Étude des capteurs.

Document 4 : Chaîne d'acquisition du signal par un capteur CCD.



A.2.1.a Les propositions suivantes sont-elles vraies ou fausses ? Justifier brièvement la réponse.

- 1) Les ultrasons sont des ondes électromagnétiques.
- 2) Les particules alpha (émises lors des désintégrations nucléaires) sont des ondes électromagnétiques.
- 3) Une onde électromagnétique est composée d'un champ électrique et d'un champ cinétique.
- 4) La longueur d'onde d'une onde électromagnétique est proportionnelle à sa période.

A.2.1.b En vous appuyant sur la chaîne d'acquisition du signal (**document 4 page 5**), identifier la grandeur d'entrée et la grandeur de sortie du capteur optique. Préciser dans chaque cas s'il s'agit d'une grandeur analogique ou d'une grandeur numérique, tout en définissant ces deux termes.

A.2.1.c Donner le sens des lettres C-A-N dans la chaîne d'acquisition du signal par un capteur CCD. (**Document 4 page 5**).

A.2.2 Température.

La température de l'eau a aussi une influence sur la santé des coraux. L'évaluation de température à distance repose sur l'utilisation du rayonnement propre émis par les corps. Le plus fréquemment, le corps émetteur est assimilé à un « corps noir ». Le rayonnement émis ne dépend que de la température. La relation entre la longueur d'onde du rayonnement et la température est donnée par la **loi de Wien**.

A.2.2.a En supposant que le rayonnement émis par l'eau est celui du corps noir à la même température, calculer la longueur d'onde du rayonnement émis par une zone de l'océan dont la température de surface vaut $\theta = 20,0 \text{ }^\circ\text{C}$. Exprimer le résultat en micromètres.

A.2.2.b En utilisant le **document 3 page 5**, indiquer à quel domaine du spectre électromagnétique appartient cette onde.

A.2.2.c En vous appuyant sur le **document 2 page 4**, justifier que les satellites LANDSAT.TM et NOAA (**document 1 page 4**) peuvent-être utilisés pour mesurer la température des océans.

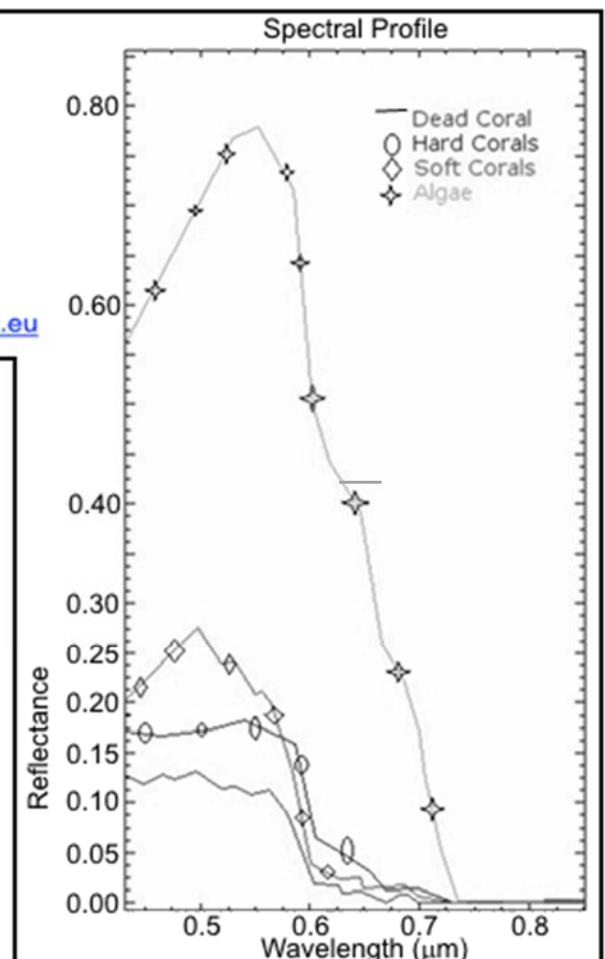
A.2.3 Réflectance.

La réflectance, quantité d'énergie réémise par rapport à la quantité d'énergie reçue par un objet, est une mesure essentielle dans le suivi du développement des coraux par satellite. C'est grâce aux variations de réflectance que la télédétection permet d'identifier les coraux victimes du blanchiment, de surveiller la santé des coraux et de distinguer les coraux des algues et des autres types de surfaces.

Document 5 :

réflectance de différents milieux marins en fonction de la longueur d'onde émise, mesurée par le satellite VITO

D'après : <http://www.seos-project.eu>



A.2.3.a En vous appuyant sur le **document 5 page 6**, indiquer quelle(s) grandeur(s) permet(tent) de différencier un corail vivant (soft ou hard), d'un corail mort ou un corail vivant, d'algues ?

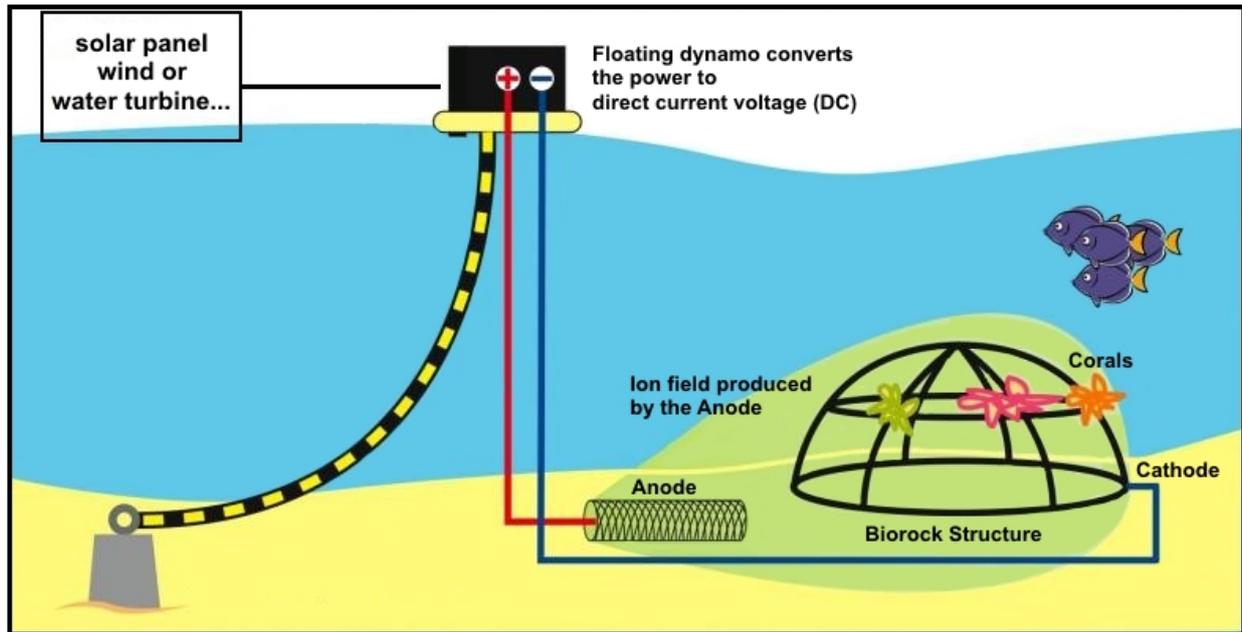
A.2.3.b La longueur d'onde du rayonnement réfléchi maximal pour un corail vivant « soft » appartient-elle au domaine visible ?

A.2.3.c Le capteur mesure une réflectance égale à 0,25 pour une énergie de rayonnement $E = 2,84 \times 10^{-19} \text{ J}$. Déterminer la nature du matériau détecté.

PARTIE B – SAUVER LES CORAUX : LA STRUCTURE BIOROCK.

Le carbonate de calcium $\text{CaCO}_3(s)$, appelé aussi dans ce cas **aragonite**, squelette du corail, se décompose sous l'effet de l'acidification des océans. Afin d'inverser le processus, les structures biorocks proposent par électrolyse de l'eau de mer d'augmenter localement le pH de l'eau afin d'inverser le processus et ainsi de favoriser la formation de carbonate de calcium.

Self-Powered BIOROCK Structure



Document 6 : Obtention de l'aragonite.

L'électrolyse se produit lorsque l'on applique une tension électrique entre deux électrodes plongées dans l'eau de mer. Une multitude de réactions chimiques peuvent se produire, selon la valeur de la tension appliquée, la température de l'eau, la concentration en ions minéraux dans l'eau de mer. Il faut donc déterminer les conditions optimales pour favoriser la formation d'aragonite (solide blanc très résistant qui peut supporter une pression à sa surface de **80 MegaPascal**) avant d'installer le système. Lorsque ces conditions sont réunies, il se forme alors un dépôt d'aragonite sur l'électrode reliée à la borne « - » du générateur, appelée cathode.

D'après Marine Electrolysis for Building Materials and Environmental Restoration

Une fois la structure installée, des fragments de coraux sont simplement accrochés à l'aide de fils de fer ou de colliers en plastiques. Les coraux se développent alors en moyenne de 3 à 5 fois plus rapidement que sur une implantation classique.

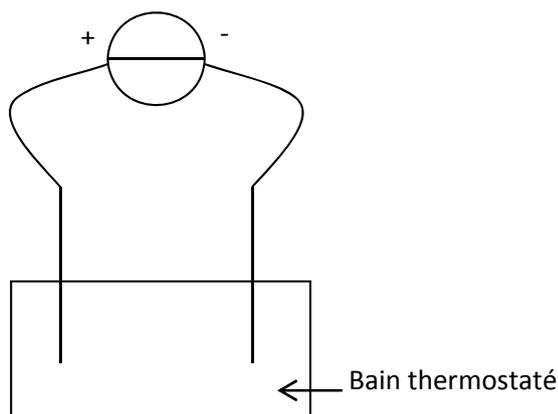
B.1 L'expérimentation en laboratoire.

Vous êtes chargé(e) de tester en laboratoire l'effet de deux paramètres sur la quantité du dépôt d'aragonite :

- l'effet de la température de l'eau ;
- l'effet de la tension appliquée entre les bornes lors de l'électrolyse.

Liste du matériel disponible : générateur de tension continue réglable, électrodes métalliques, multimètres, bain thermostaté (cuve associée à une résistance chauffante permettant de fixer la température du liquide), eau de mer, fils de connexion, balance électronique, chronomètre.

B.1.1 Pour mettre en œuvre la démarche expérimentale permettant d'étudier l'effet de la tension sur la quantité de CaCO_3 formée, reproduire sur la copie le schéma du montage ci-dessous et y faire figurer l'instrument de mesure utilisé pour mesurer la tension.



Indiquer les étapes de la démarche expérimentale avec des phrases courtes.

B.1.2 Choix d'un voltmètre.

Les résultats affichés montrent que la réaction atteint son maximum d'efficacité pour une tension appliquée $U = 1,230 \text{ V}$. Des réactions parasites peuvent se produire lors de l'électrolyse. Afin d'éviter cela il faut maintenir une tension effective entre 1,200 V et 1,270 V.

Document 7 : caractéristiques des deux multimètres disponibles au laboratoire :				
L'indication + n digits indique qu'il faut ajouter n unités sur le dernier chiffre.				
Multimètre 1 Metrix MX24B		Caractéristiques techniques du multimètre Metrix MX24B		
<ul style="list-style-type: none"> - Haute précision de base - Sélection de plage automatique - DCV, ACV, DCA, ACA, résistance, capacité, fréquence - Protection selon la norme IEC 6 1010-1, 600 V CAT III 		Tension DC		
		Plages de mesure	0,5 / 5 / 50 / 500 / 1000 V	
		Précision	0,3 % de l'indic. + 2 digits	
		Protection	$\pm 1100 \text{ VPEAK}$ (600 VRMS / 0,5 V)	
Multimètre 2 PCE-DM 10		Caractéristiques techniques du multimètre		
<ul style="list-style-type: none"> - Déconnexion automatique - 2000 Counts - Sélection de plage automatique - Détection de la tension sans contact - Mesure de diodes et de continuité - Fonction MAX. 		Tension DC		
		Plage mesure	Précision	
		200,0 mV	0,5 % de la valeur lue + 4 digits	
		2,000 V	1,2 % de la valeur lue + 2 digits	
		20,00 V		
		200,0 V	1,5 % de la valeur lue + 2 digits	
600 V				

B.1.2.a Les deux multimètres affichent la valeur $U = 1,230 \text{ V}$. Utiliser la précision de ces voltmètres, **document 7 page 8**, pour calculer l'incertitude sur la mesure ε .

Montrer que pour le multimètre 1, $\varepsilon_1 = 0,006 \text{ V}$ et que pour le multimètre 2, $\varepsilon_2 = 0,017 \text{ V}$

B.1.2.b Sachant que l'incertitude associée au résultat d'une mesure unique, $u(U)$, pour un niveau de confiance de 95 % est donnée par $u(U) = \frac{\varepsilon}{\sqrt{3}}$, exprimer, pour chaque voltmètre, la mesure de la tension sous la forme $U \pm u(U)$ en utilisant le nombre adapté de chiffres significatifs.

B.1.2.c Quel voltmètre est-il préférable de choisir ? Justifier votre choix.

B.2 Les propriétés de l'aragonite obtenue.

Données :

Principe fondamental de l'hydrostatique : $P_B - P_A = \rho \times g \times (h_A - h_B)$

Masse volumique de l'eau de mer : $\rho_{\text{mer}} = 1\,030 \text{ kg.m}^{-3}$

Intensité de la pesanteur : $g = 9,81 \text{ N.kg}^{-1}$

Au niveau de la mer, la pression moyenne est de 1 013 hPa.

Matériaux	Brique	Béton	Granite
Résistance à la pression jusqu'à :	14 MPa	20 à 50 MPa	60 MPa

B.2.1 Identifier les grandeurs présentes dans le principe fondamental de l'hydrostatique ; indiquer leurs unités. Vous pouvez vous appuyer sur un schéma.

B.2.2 Pour un récif corallien se situant à 20 m de profondeur, calculer la pression exercée par l'eau sur l'aragonite formée puis en déduire si ce matériau supportera cette pression.

B.2.3 Ce procédé est aussi envisagé pour la construction de digues ou de structures immergées. En comparant avec les matériaux de construction habituels, indiquer si cette idée vous semble intéressante.

B.3 La mise en place de la structure.

Alors que l'anode est constituée d'un matériau résistant à la corrosion (platine ou autre) la cathode est constituée de tiges de métaux conducteurs (acier le plus souvent) soudées entre elles. La structure ainsi constituée est remorquée sur le site du récif.

On étudie la mise à l'eau puis le remorquage, à une distance de 50 m de la côte, d'une structure de masse $m = 100 \text{ kg}$ par un bateau. On supposera le trajet linéaire.

La structure est maintenue à la surface grâce à des flotteurs répartis tout autour de la forme.

On notera :

- \vec{R} : résultante des forces appliquées par les flotteurs sur la structure.
- \vec{P} : poids de la structure.
- \vec{F} : force de traction du bateau.
- \vec{f} : résultante des forces de frottements.

Phase 1 : la structure est immobile à la surface de l'eau.

Phase 2 : Le bateau, initialement au repos, atteint la vitesse $v_f = 3,0 \text{ m.s}^{-1}$ après 10 m de traction.

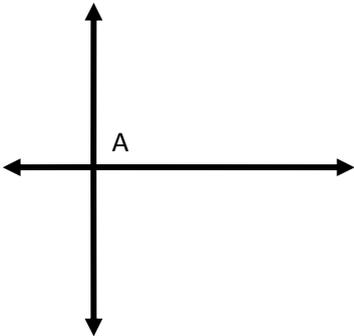
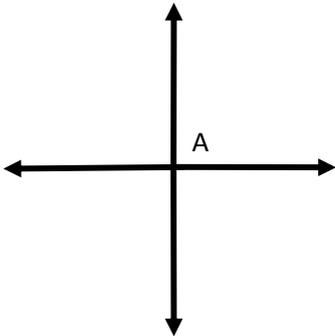
Phase 3 : Le bateau tracte la structure à vitesse constante $v_f = 3,0 \text{ m.s}^{-1}$ jusqu'à son emplacement final.

B.3.1 Calculer l'intensité du poids, P , de la structure.

B.3.2 Associer à chaque schéma (A, B et C) la phase (1, 2 ou 3) correspondante.

Pour chaque phase :

- Reproduire les schémas bilan en identifiant chaque force.
- Préciser la nature du mouvement.
- Justifier les relations vérifiées par les forces dans chaque situation.

Schémas bilan des forces lors des phases 1, 2 et 3. L'ordre chronologique n'est pas forcément respecté.		
Schéma A	Schéma B	Schéma C
		

PARTIE C – CHOISIR LA SOURCE D'ÉNERGIE POUR ALIMENTER LA STRUCTURE BIOROCK.

Afin de minimiser l'impact environnemental, les systèmes Biorock utilisent des énergies renouvelables. On étudie les différents modes de production d'énergie afin de choisir celui qui est le plus adapté à la zone d'implantation ; les caractéristiques sont données ci-dessous.

Caractéristiques géophysiques de la zone d'implantation :			
Irradiance moyenne	1500 W.m ⁻²		
Vitesse du courant marin	0,050 m.s ⁻¹	Masse volumique de l'eau de mer	$\rho_{\text{mer}} = 1,03 \times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$
Vitesse du vent	10 m.s ⁻¹	Masse volumique de l'air	$\rho_{\text{air}} = 1,20 \text{ kg.m}^{-3}$
Puissance nécessaire pour l'alimentation de 30,0 m ² de structure Biorock		P = 1,00 kW	

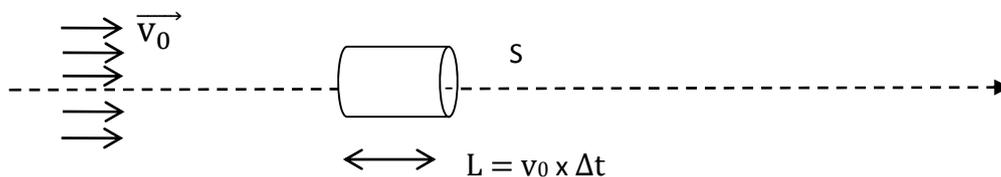
C.1 L'énergie éolienne ou hydrolienne.

Les hydroliennes exploitent l'énergie des courants de marées (ou des fleuves). Une source d'énergie particulièrement intéressante car elle est **régulière** et **inépuisable**.

La production d'électricité est **prévisible**, puisque les marées peuvent être calculées à l'avance. À l'image de l'éolien qui utilise l'énergie cinétique de l'air, l'hydrolien utilise l'énergie cinétique de l'eau. La turbine permet la transformation de l'énergie cinétique du fluide en énergie électrique par un alternateur.

D'après : http://www.ecosources.info/dossiers/Hydrolienne_eolienne_sous-marine

On considère l'écoulement du fluide (eau ou air) en absence d'éolienne ou d'hydrolienne. Le fluide s'écoule alors à vitesse constante, notée v_0 . Pendant une durée Δt une certaine quantité de fluide traverse un volume cylindrique de section S et longueur $L = v_0 \times \Delta t$.



- C.1.1** Le volume d'un cylindre, de section S et de longueur L , est égal à $V = L \times S$. Exprimer la masse, m , de fluide contenue dans le volume en fonction de ρ , v_0 , Δt et S .
- C.1.2** Rappeler l'expression de l'énergie cinétique, E_c , pour un objet, de masse m , qui se déplace à la vitesse v_0 .
- C.1.3** Cette expression peut être appliquée dans le cas d'une masse, m , de fluide. Montrer alors que l'énergie cinétique du fluide, dans le volume cylindrique, est $E_c = \frac{1}{2} \times \rho \times S \times \Delta t \times v_0^3$.
- C.1.4** En déduire l'expression de la puissance, P , du fluide qui traverse la section, S .
- C.1.5** Calculer, pour les conditions d'implantation présentées en introduction, les sections S_e de l'éolienne et S_h de l'hydrolienne, afin qu'elles produisent chacune une puissance $P = 1,00 \text{ kW}$.
- C.1.6** Justifier, pour ces conditions d'implantation, qu'il est préférable de choisir l'éolien.

C.2 L'énergie solaire.

On dispose de panneaux solaires de rendement 15 %.

On rappelle que le rendement, η , est égal au quotient de la puissance fournie par le système par la puissance reçue : $\eta = \frac{P_{\text{fournie}}}{P_{\text{reçue}}}$

C.2.1 En déduire la valeur de la puissance reçue par le panneau solaire pour fournir 1,00 kW.

C.2.2 Montrer qu'une surface $S_{\text{pan}} = 5,00 \text{ m}^2$ de panneau solaire est suffisante pour alimenter $30,0 \text{ m}^2$ de structure Biorock dans les conditions d'implantation présentées.

C.3 Le groupe électrogène.

La dernière solution est d'installer un groupe électrogène sur la côte, relié aux structures Biorock par des câbles sous-marins. Il est possible de faire fonctionner ces groupes électrogènes avec de l'huile de coco.

Caractéristiques de l'huile de coco	Formule brute $\text{C}_{18}\text{H}_{34}\text{O}_2$	
Pouvoir calorifique $\text{PCI} = 34 \text{ MJ.kg}^{-1}$	Masse volumique $\rho = 918 \text{ kg.m}^{-3}$	Masse molaire $M = 282 \text{ g.mol}^{-1}$

Le groupe électrogène convertit l'énergie thermique produite par la combustion de l'huile de coco en énergie électrique.

C.3.1 Rappel : $1,00 \text{ kW.h} = 3,60 \times 10^6 \text{ J}$.

Utiliser la relation entre la puissance, l'énergie et la durée de fonctionnement pour calculer l'énergie nécessaire (en joule) pour faire fonctionner $30,0 \text{ m}^2$ de structure pendant 12,0 h.

C.3.2 Calculer la masse d'huile de coco qu'il faut brûler pour fournir cette énergie.

C.3.3 En déduire la quantité de matière d'huile de coco consommée.

C.3.4 Recopier et compléter l'équation de combustion de l'huile de coco, ci-dessous :



C.3.5 Donnée : $M_{\text{CO}_2} = 44,0 \text{ g.mol}^{-1}$.

En déduire que la masse de CO_2 produite, lors du fonctionnement du groupe électrogène pendant 12,0 h, est égale à 3,6 kg.

C.4 Le choix de l'énergie.

Parmi tous les modes de production d'énergie, quel est celui qui vous semble le plus adapté à la situation ? Vous justifierez votre choix en listant les points positifs et négatifs de chaque option.