

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

- Session 2015 -

Sciences et Technologies de Laboratoire spécialité Biotechnologies

Épreuve de PHYSIQUE-CHIMIE

EPREUVE DU VENDREDI 11 SEPTEMBRE 2015

Durée de l'épreuve : 3 heures

Coefficient : 4

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.

Ce sujet comporte **13** pages numérotées de 1/13 à 13/13.

L'usage d'une calculatrice est autorisé.

Il est rappelé aux candidats que la qualité de la rédaction, la clarté et la précision des explications entreront dans l'appréciation des copies. Toute réponse devra être justifiée

Une piscine ... un rêve !

Monsieur Thomas habite dans la banlieue de Nantes. Il souhaite installer une piscine sur le terrain de son habitation. Le modèle de la piscine est choisi.

Par contre, il se pose encore des questions sur différents sujets ; pour y répondre, il a collecté des informations qu'il a classées par thème dans trois dossiers :

Dossier n°1 : la sécurité avant tout.

Dossier n°2 : le chauffage de la piscine.

Dossier n°3 : l'entretien de la piscine.

Chaque dossier rassemble divers documents classés dans des pochettes. Mais il peine à les exploiter. Votre travail consiste à lui venir en aide.

Le sujet comporte trois parties correspondant aux dossiers n°1, n°2 et n°3 qui sont indépendantes entre elles. Vous respecterez la numérotation des questions.

Dossier n°1 – La sécurité avant tout

La loi du 3 janvier 2003, qui traite de la sécurité des piscines privées, s'adresse à tous les propriétaires de piscine à usage individuel ou collectif. Cette loi impose de mettre en place l'un des quatre dispositifs de sécurité suivants : volet de couverture, barrière, alarme ou abri de piscine.

Pour collecter des informations, Monsieur Thomas se rend au salon de la piscine et du spa et vous demande de l'accompagner : il a déjà prévu de se renseigner auprès des exposants suivants :

- Exposant 1 : alarme périmétrique.
- Exposant 2 : alarme à détection d'immersion.
- Exposant 3 : volet de couverture.

1. Monsieur Thomas s'entretient avec l'un des vendeurs du premier exposant ...

Le vendeur : « ... Cette alarme périmétrique comporte quatre bornes entre lesquelles se propagent des faisceaux infrarouges. Si un obstacle coupe un faisceau, l'alarme se déclenche. »

M. Thomas : « Comment le système d'alarme est-il alimenté ? »

Le vendeur : « Il fonctionne avec des piles alcalines qu'il faut insérer dans les bornes en respectant les consignes de branchement. »

1.1. Les ondes électromagnétiques du système d'alarme.

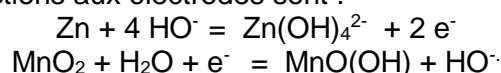
1.1.1. Une onde électromagnétique peut être modélisée par la propagation de deux grandeurs vibratoires perpendiculaires entre elles. Quelles sont ces grandeurs ?

1.1.2. Après avoir rappelé les limites en longueur d'onde dans le vide du domaine visible, préciser si la longueur d'onde du rayonnement infrarouge est supérieure ou inférieure à celles de la lumière visible.

1.2. Les piles du système d'alarme.

1.2.1. Sur l'une des piles de l'alarme figurent les indications suivantes : 9 V et 18 A.h. À quelles grandeurs caractéristiques correspondent ces valeurs ?

1.2.2. La pile insérée dans la borne "maître" de l'alarme est une pile alcaline qui fonctionne par oxydoréduction entre le zinc et le dioxyde de manganèse. Les équations des réactions aux électrodes sont :



Quels sont l'oxydant et le réducteur mis en jeu dans cette pile ? Justifier votre réponse.

- 1.2.3.** Dans la pile alcaline, quel est le type d'énergie emmagasinée, le type d'énergie utile et le type d'énergie perdue ?

2. La visite se poursuit chez un exposant d'alarme à immersion ...

Le commercial : « *L'alarme par immersion est placée au bord de la piscine ; elle comporte un tube vertical immergé. Toute modification du niveau d'eau à l'intérieur de ce tube entraîne une variation de pression qui provoquera un éventuel déclenchement de l'alarme.* »

M. Thomas : « *Mais on ne risque pas d'avoir des déclenchements intempestifs à cause des perturbations atmosphériques comme le vent ?* »

Le commercial : « *Ne vous inquiétez pas, ce risque a été pris en compte par le fabricant.* »

M. Thomas : « *Auriez-vous de la documentation technique ?* »

Le commercial : « *Je n'ai pas de brochure décrivant le fonctionnement détaillé de l'alarme, mais je vous donne une documentation expliquant son principe de fonctionnement.* »

Monsieur Thomas range soigneusement cette documentation dans la pochette 1.

- 2.1.** À quelle grandeur physique d'entrée le capteur présent dans l'alarme à immersion est-il sensible ?
- 2.2.** Indiquer, pour chacun des graphes présentés dans la pochette 1, si les signaux sont analogiques ou numériques.
- 2.3.** Vérifier que le graphe 3 de la documentation de la pochette 1 correspond bien à un signal produit à la suite de la chute d'un enfant dans une piscine.

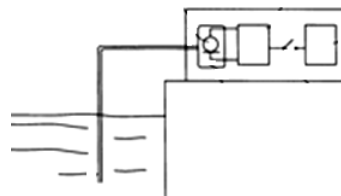
3. Et se termine par la collecte d'informations sur les volets de couverture ...

En plus d'une alarme, monsieur Thomas est bien décidé à installer un volet de couverture : non seulement, il assurera la sécurité mais limitera aussi les pertes par transferts thermiques lorsque la piscine ne sera pas utilisée. Il a classé les informations relatives au volet de couverture dans la pochette 2.

- 3.1.** Certaines parties du mécanisme du volet de couverture sont en acier inoxydable. Pourquoi utilise-t-on ce type d'acier ?
- 3.2.** Exposé aux rayons du soleil, le PVC vieillit.
 - 3.2.1.** En utilisant les informations de la pochette 2, déterminer la longueur d'onde de la radiation qui influence le vieillissement du PVC du caillebotis.
 - 3.2.2.** Dans la brochure publicitaire de la pochette 2, par quelle information le constructeur informe-t-il qu'il a tenu compte de ce problème ?

Dossier n°1 - Pochette 1 : Principe de fonctionnement de l'alarme par immersion

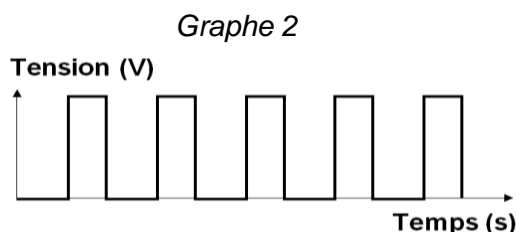
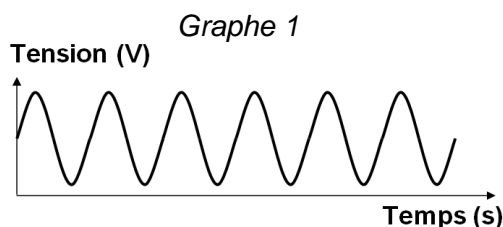
L'alarme comprend un tube à angle droit dont la partie verticale est immergée dans l'eau de sorte que l'entrée du tube soit à quelques centimètres en dessous de la surface de l'eau de la piscine. Ce tube est relié à un dispositif qui commande le déclenchement de la sirène.



Un tel dispositif comprend :

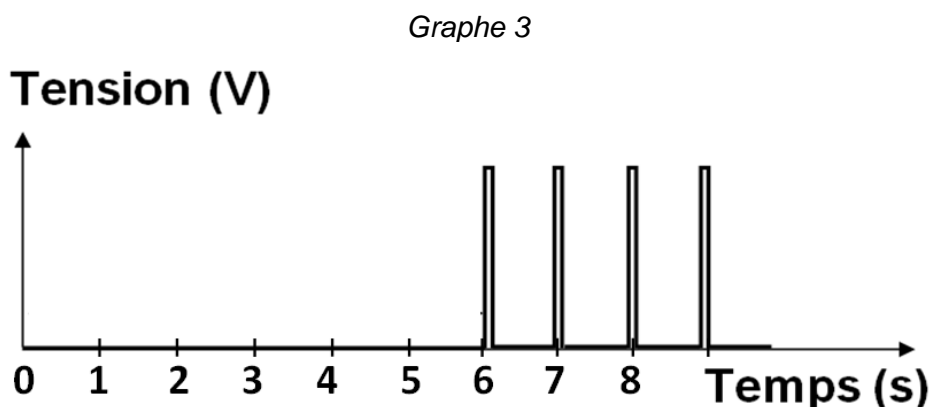
- un moyen de conversion des ondes aquatiques en un signal électrique
- un détecteur différentiel qui comporte un convertisseur analogique-numérique, et un comparateur permettant de comparer le signal électrique avec un signal de référence.

Un microprocesseur déclenche l'alarme lorsque le signal électrique de sortie du comparateur est différent d'un signal de référence. Les graphes 1 et 2 ci-dessous présentent des exemples de signaux électriques générés dans ce dispositif.



Quand une perturbation atmosphérique, telle que le vent, se produit, cette perturbation génère un signal ayant généralement une fréquence comprise entre 10 et 20 hertz.

Dans le cas d'un enfant, la fréquence des ondes aquatiques est comprise entre 0,8 Hz et 1,2 Hz selon la distance entre le point d'impact et le détecteur. Si l'on considère une distance de 5 m entre le point de chute de l'enfant et le détecteur, un train d'ondes aquatiques (4 vagues) est créé ; le signal électrique correspondant est représenté sur le graphe 3.

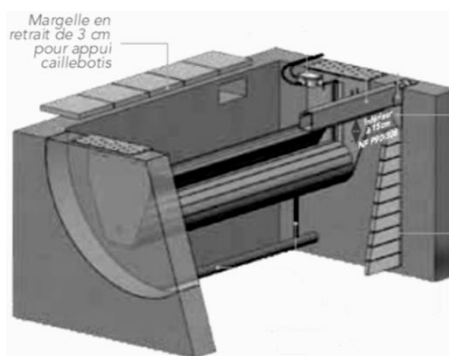


D'après la publication de brevet US7170416 B2, du 30 janvier 2007.

Dossier n°1 - Pochette 2 : Le volet de couverture

Couverture automatique immergée

Ce volet de couverture apporte la réponse à tous ceux qui souhaitent une couverture automatique avec une parfaite intégration à l'environnement tout en respectant les normes de sécurité. Esthétique, élégant et silencieux, c'est un système idéal pour piscine existante ou à construire. Son mécanisme, placé dans un espace sécurisé, est invisible.



Touche finale de votre piscine, le caillebotis permet d'obturer la fosse d'enroulement de la couverture.

• CARACTÉRISTIQUES

- Large choix de coloris et de matériaux :
 - PVC renforcé, traité anti-tâches et anti-UV
 - Pin classe IV ou bois exotique
- Modules coupés sur mesures ou en dimensions standards



PVC Blanc



PVC Sable



PVC Gris



Pin lisse

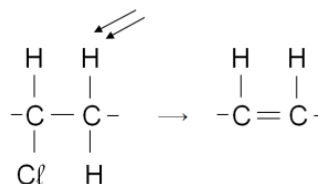


Bois exotique lisse

D'après une brochure Aqualife

Information sur le vieillissement du PVC

Le polychlorure de vinyle (P.V.C.) est un matériau rigide naturellement sensible à certaines ondes électromagnétiques. En effet, sous l'effet de photons d'énergie* proche de $6,4 \times 10^{-19}$ J, il se forme des doubles liaisons dans la chaîne du polymère qui sont à l'origine d'une coloration brune. Comme le polymère comporte davantage de doubles liaisons, il devient plus rigide et donc cassant.



* L'énergie E (en joule) d'un photon s'exprime par la relation :

$$E = h \times \frac{c}{\lambda}$$

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

c : vitesse d'une onde électromagnétique. $c = 3,0 \times 10^8$ m.s⁻¹

λ : longueur d'onde de l'onde associée, exprimée en mètre

Dossier n°2 – Chauffage de la piscine

Pour profiter pleinement de sa piscine, monsieur Thomas envisage une piscine chauffée ; comme il est très attaché aux sources d'énergie renouvelables, il souhaite installer des « capteurs » solaires. Dans ce dossier, il a soigneusement classé tous les documents qu'il a récupérés :

- Pochette 1 : elle contient les trois pièces jointes envoyées par son ami Louis qui a réalisé une étude thermique.
- Pochette 2 : elle contient les publicités des « capteurs » solaires.

1. Sous quelles formes d'énergies l'énergie solaire peut-elle être convertie ?
2. Le dossier numéro 2 contient des informations qui permettront à monsieur Thomas d'étudier le chauffage de l'eau de la piscine.
 - 2.1. En utilisant les documents de la pochette 1, calculer en kilowattheure (kW.h), l'énergie solaire globale moyenne E_1 reçue quotidiennement à Nantes, au mois de mai, par la surface de 45 m² d'eau de la piscine.
 - 2.2. Certaines pertes s'effectuent par évaporation. Comment peut-on expliquer ce changement d'état au niveau microscopique ?
 - 2.3. En utilisant la réponse 2.1. et la pièce jointe n°1 envoyée par Louis, réaliser un bilan thermique pour déterminer, en kW.h, l'énergie E_2 que doivent fournir quotidiennement les « capteurs » solaires pour maintenir l'eau de la piscine à la température souhaitée.
3. Pour apporter cette énergie, deux types de « capteurs » solaires ont retenu l'attention de monsieur Thomas au salon des énergies renouvelables : les documents qu'il a récupérés à propos des « capteurs » plans vitrés et des « capteurs moquette » sont rangés dans la pochette 2.
 - 3.1. Les « capteurs » solaires évoqués dans la pochette 2, sont-ils des capteurs photovoltaïques ou des capteurs thermiques ? Justifier la réponse par une phrase courte.
 - 3.2. Donner un exemple de matériau métallique et un exemple de matériau organique choisis parmi les différents matériaux cités dans les publicités des deux types de « capteurs » de la pochette 2.

3.3. Le « capteur » plan vitré.

3.3.1. En utilisant la pièce jointe n°3 de la pochette 1, justifier que le cuivre soit utilisé dans le « capteur » plan vitré.

3.3.2. Si monsieur Thomas choisit d'installer les « capteurs » plans vitrés présentés dans la pochette 2, quelle surface de « capteurs » devra-t-il installer pour apporter une énergie de 91 kW.h par jour du mois de mai ?

Donnée : les conditions d'installation permettent aux « capteurs » de recevoir par jour du mois de mai une énergie moyenne de 5,0 kW.h.m².

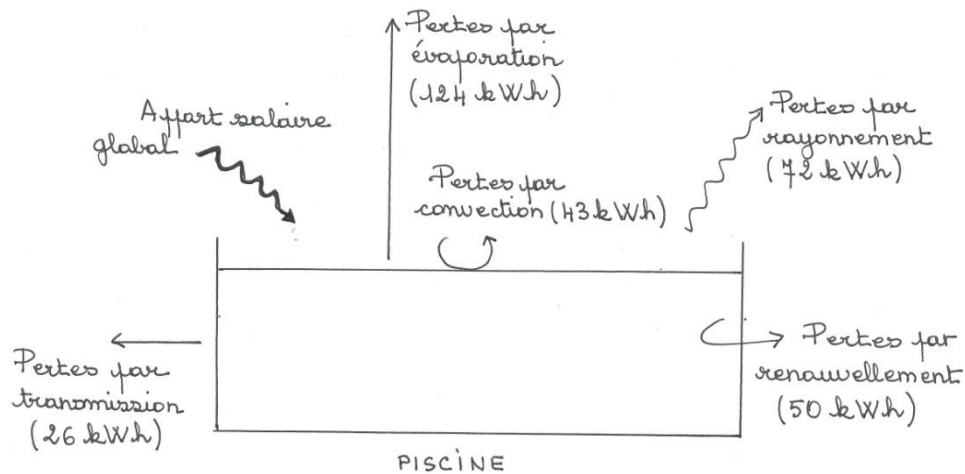
3.3.3. Cette surface est légèrement supérieure à celle annoncée dans la publicité de la pochette 2. En utilisant la pièce jointe n°2 de la pochette 1, justifier cette différence.

3.4. Pour sa piscine de surface 45 m², Monsieur Thomas opte finalement pour l'achat des « capteurs solaires moquette », modèle 4040. Il envisage de les installer sur son toit à 45°, orienté au sud-ouest (SO). Combien de « capteurs » devra-t-il installer ?

Dossier n°2 - Pochette 1 – Les pièces jointes du courriel de Louis

Pièce jointe n°1 – Croquis fourni par Louis

Ce croquis représente les principaux échanges d'énergie par jour entre l'eau de la piscine et l'extérieur, avec volet de couverture.



Pièce jointe n°2 – Irradiation sur plan horizontal en kW.h/m² par jour, à Nantes

Irradiation	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin
Globale	1.01	1.84	3.45	4.45	4.98	5.97
Directe	0.32	0.73	1.83	2.19	2.26	3.09
Diffuse	0.69	1.11	1.62	2.26	2.72	2.88

Irradiation	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Globale	5.86	5.16	3.97	2.37	1.33	0.83
Directe	3.08	2.76	2.12	1.09	0.51	0.24
Diffuse	2.78	2.40	1.85	1.28	0.82	0.59

D'après l'Institut national de l'énergie solaire

Pièce jointe n°3 - Grandeurs caractéristiques de quelques matériaux

	Cuivre	Tungstène	Aluminium	Zinc
Conductivité thermique (W.m ⁻¹ .K ⁻¹)	390	174	237	116
Capacité thermique massique (J.kg ⁻¹ .K ⁻¹)	380	130	897	390
Soudabilité	Très bonne	Moyenne	Faible	Très bonne

La conductivité thermique représente l'énergie transférée (quantité de chaleur) par unité de surface et de temps sous un gradient de température de 1 degré par mètre.

La capacité thermique est l'énergie qu'il faut apporter à un kilogramme d'un corps pour augmenter sa température d'un kelvin.

La soudabilité est une propriété d'un matériau qui se prête à l'assemblage de différentes pièces par soudage.

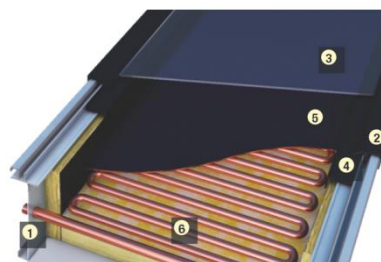
D'après Wikipédia

Document 1 - Publicité du « capteur » solaire plan vitré

Une construction au zénith !

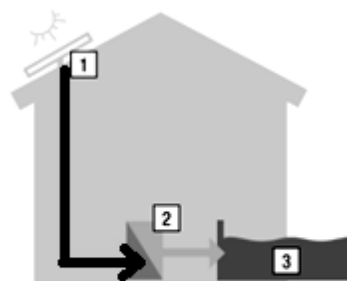
- 1 Cadre**
en profilés d'aluminium très résistant aux conditions climatiques extrêmes. Angles étanches pliés et sertis.
- 2 Joint vitrage supérieur**
en profilés caoutchouc EPDM de haute qualité, avec angles vulcanisés. Longue durée de vie éprouvée depuis plus de 30 ans.
- 3 Vitrage sécurisé**
antireflet à haute transparence énergétique. Démontable facilement grâce au joint supérieur amovible.
- 4 Joint vitrage inférieur**
en caoutchouc EPDM.
- 5 Absorbeur**
à haute efficacité en tôle de cuivre à haut pouvoir d'absorption et faible émissivité énergétique.
- 6 Serpentin en cuivre**
un grand réseau de tubes cuivre entièrement soudé à l'absorbeur par la technique laser. Les coudes soudés et le faible espacement de 7 cm entre les tubes garantissent une efficacité remarquable. Le transfert de chaleur de l'absorbeur au fluide caloporteur du circuit solaire est direct et rapide.
- 7 Isolation inférieure**
forte isolation de 55 mm réduisant les pertes thermiques.
- 8 Isolation latérale**
laine minérale 20 mm.
- 9 Tôle inférieure**
en aluminium structuré.

Garantie produit: 5 ans



Chauffage de piscines

L'énergie solaire est idéale pour le chauffage de piscines privées ou publiques. L'augmentation de la température de l'eau améliore le confort et prolonge la saison des bains. Environ 0.5 m² de capteurs sont nécessaires par m² de bassin.



- 1. Capteurs solaires
- 2. Echangeur de chaleur
- 3. Bassin

Rendement : 65 %

D'après la brochure Capteur solaire Azur 8+ – Agena, l'énergie du soleil

Document 2 - Information sur le « capteur solaire moquette »

Dans des « capteurs moquette », l'eau de la piscine circule directement dans des tubes en polyéthylène soumis aux rayonnements solaires.

Surface du « capteur moquette » 4040 : 1,12 m².

La surface des « capteurs » à installer dépend de la surface d'eau de la piscine. Elle est indiquée en pourcentage de la surface d'eau dans le tableau suivant.

Angle d'inclinaison	Sens d'inclinaison					Surface d'absorption en % de la surface d'eau
	E	SE	S	SO	O	
90°	90	80	70	75	85	
60°	80	65	55	60	70	
45°	70	60	50	55	65	
30°	60	55	45	50	55	
15°	55	50	50	50	55	
0°	50	50	50	50	50	

D'après la brochure Energies renouvelables – Zantia

Dossier n°3 – L'entretien de la piscine

Pour que l'eau d'une piscine reste de qualité, il faut assurer un bon entretien : filtration et désinfection en sont les principales étapes. Comme pour les dossiers précédents, Monsieur Thomas a soigneusement classé ses documents dans des pochettes :

- Pochette 1 : elle contient un graphique que M.Thomas a tracé à partir de mesures.
- Pochette 2 : elle contient le rapport d'une entreprise à propos d'une pompe de filtration.
- Pochette 3 : elle contient des documents relatifs à quelques traitements chimiques de l'eau.

1. Monsieur Thomas a récupéré chez un ami une pompe de filtration. Certains détails restant obscurs, il vous sollicite.

« Bonjour, c'est monsieur Thomas !

Pour ma future piscine, on m'a conseillé une pompe de filtration dont le débit volumique doit être de $18 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ au minimum. L'un de mes amis m'en a donné une, mais je ne connais pas son débit. Pour le déterminer, j'ai donc fait un test en m'inspirant d'une méthode décrite sur internet : elle consiste à mesurer le volume d'eau éjectée par la pompe en fonction du temps. J'ai fait les mesures, et j'ai tracé un graphique, mais je ne sais pas l'exploiter ... Vous trouverez mon graphique dans la pochette 1 que j'ai déposée dans votre boîte aux lettres. Encore merci pour votre aide.»

- 1.1. Test réalisé par monsieur Thomas.

- 1.1.1. En exploitant le graphique qui est rangé dans la pochette 1, déterminer le débit volumique D_v de la pompe de filtration.

Donnée : le débit volumique D_v (en mètre cube par seconde), le volume V de ce liquide (en mètre cube) et la durée d'écoulement t (en seconde) sont liés par la relation : $V = D_v \times t$.

- 1.1.2. Monsieur Thomas peut-il utiliser cette pompe de filtration ?

- 1.2. Pour avoir confirmation de la valeur du débit volumique de la pompe de filtration, monsieur Thomas le fait contrôler par l'entreprise DébElit' dont le rapport est rangé dans la pochette 2.

- 1.2.1. Dans ce rapport, on parle de « vitesse moyenne d'écoulement ... ». Que représente cette vitesse ?

- 1.2.2. En utilisant la formule du débit volumique et certaines données de ce rapport, vérifier que la valeur du débit volumique de la pompe correspond bien à la valeur indiquée en bas du rapport, soit $21 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

2. Monsieur Thomas a également des questions à propos de la désinfection de l'eau... Il vous laisse un second message sur votre répondeur quelques minutes plus tard.

« Bonjour, c'est encore monsieur Thomas ! Vous avez dû aussi trouver une pochette 3 dans votre boîte aux lettres. Elle renferme des documents relatifs au traitement de l'eau d'une piscine. Pour que l'eau soit de qualité, il faut que son pH, qui est actuellement de 7,8, soit abaissé à 7,7 et que les chloramines soient régulièrement traitées. Merci de me rappeler ! »

2.1. Pour modifier le pH de l'eau de sa piscine, Monsieur Thomas utilisera le correcteur pH-moins présenté dans le document 1 de la pochette 3.

2.1.1. L'ion hydrogénéosulfate HSO_4^- qui est la substance active de ce correcteur est un acide. Qu'est-ce qu'un acide ?

2.1.2. Écrire l'équation de la réaction qui a lieu entre la substance active du correcteur, c'est-à-dire l'ion hydrogénéosulfate HSO_4^- et l'eau.

Donnée : couple acide/base de l'eau mis en jeu : $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})}/\text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$

2.1.3. En s'appuyant sur l'équation précédente, expliquer pourquoi ce produit est appelé correcteur pH-moins.

2.1.4. D'après l'étiquette du correcteur de pH, calculer la masse de produit que monsieur Thomas devra ajouter dans le volume de 72 m^3 d'eau de sa piscine pour que le pH passe de 7,8 à 7,7.

2.2. Après correction, le pH de l'eau de la piscine est donc de 7,7. Il faut maintenant s'intéresser au problème des chloramines.

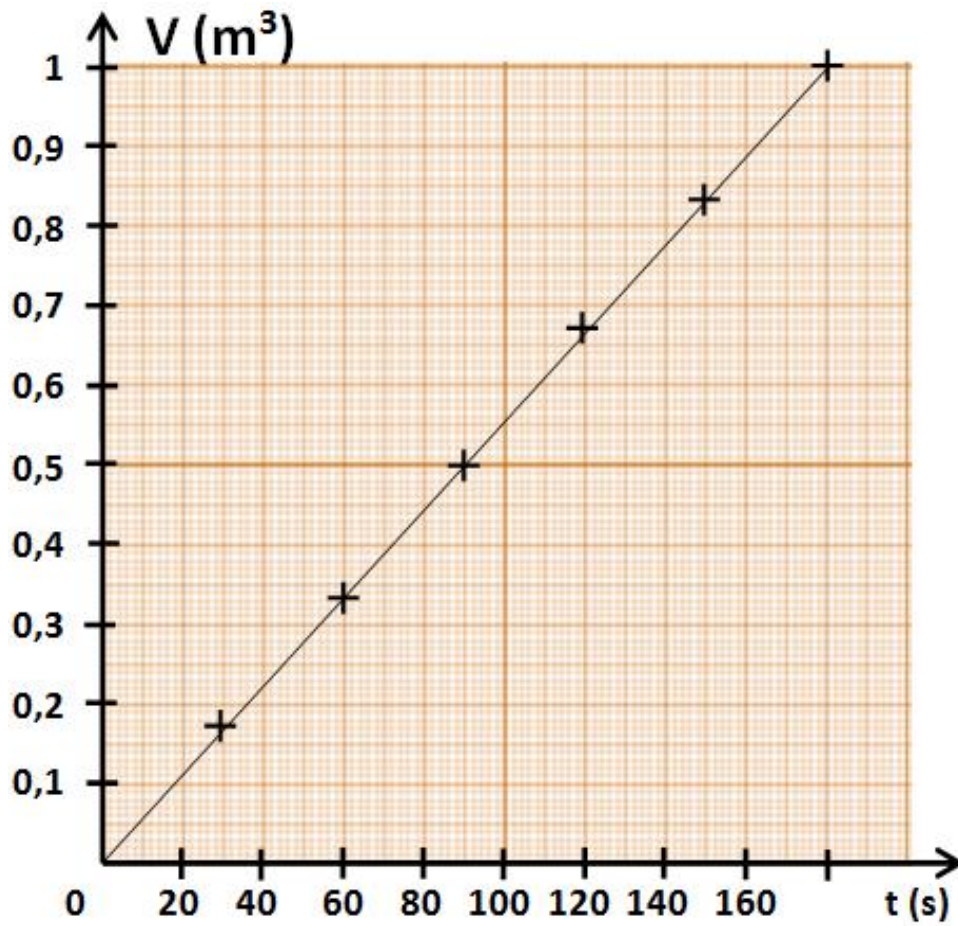
2.2.1. D'après le document 2 de la pochette 3, quel type de chloramines se forme-t-il : monochloramine, dichloramine ou trichloramine ?

2.2.2. La masse de chloramines ne doit pas dépasser 40 g dans la piscine de monsieur Thomas. En considérant que seule la sueur provoque l'apparition de chloramines, au-delà de quelle durée monsieur Thomas devra-t-il traiter l'eau de sa piscine si les cinq membres de sa famille se baignent en même temps ?

Le candidat s'efforcera de faire apparaître les différentes étapes de sa démarche et utilisera les informations regroupées dans le document 2 de la pochette 3.

Dossier n°3 – Pochette 1

Graphique représentant le volume V d'eau éjectée en fonction de la durée t



DébElit'

3, chemin des pâquerettes. 44000 Nantes

A l'attention de MONSIEUR THOMAS,

CARACTÉRISTIQUES DE LA POMPE

Type : Pompe de filtration pour piscine

Marque : Isopro FJ7S99

CARACTÉRISTIQUES DU FLUIDE POMPÉ

Type : eau

Masse volumique : 1000 kg.m^{-3}

CARACTÉRISTIQUES DE L'INSTRUMENT DE MESURE

Type : Tube de Venturi TUV457

Diamètre D d'entrée : 110 mm

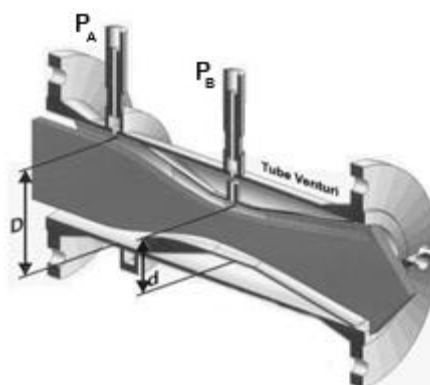
Diamètre d à la base du col : 39 mm

Conditions d'utilisation de l'instrument de mesure

Température : 20°C

Pression atmosphérique : 1019 hPa

Date du dernier étalonnage : 17/02/2014



Principe de fonctionnement de l'instrument de mesure

Lorsque le liquide s'écoule à travers le tube de Venturi, sa vitesse moyenne d'écoulement augmente au niveau du passage du col dont le diamètre d est plus petit que le diamètre D de l'entrée. Dans le même temps, la pression statique P_B au niveau du col diminue. Le débit volumique étant constant, les mesures de pression P_A et P_B permettent de déterminer le débit volumique D_v instantané par la relation suivante :

$$D_v = \sqrt{\frac{(P_A - P_B) \times \pi^2 \times D^4}{24 \times \rho}}$$

D_v s'exprime en mètre cube par seconde ($\text{m}^3.\text{s}^{-1}$), P_A et P_B en pascal (Pa), D en mètre (m), ρ en kilogramme par mètre cube (kg.m^{-3}).

Relevé de mesures : $P_A = 975.5 \text{ hPa}$

$P_B = 970.0 \text{ hPa}$

Débit volumique mesuré : **21 m³/h**

A Nantes, le 7 mars 2014 P. Lanvin

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'P. Lanvin', with a long horizontal stroke extending to the right.

Document 1 - Un correcteur pH-moins

OVY POOL® Correcteur pH Moins poudre

Diminue le pH en piscine
Seau de 5kg
(Code: 515000050)

Poudre de haute pureté permettant d'abaisser le pH des eaux de baignade.

- Nécessaire au bon fonctionnement de vos produits de désinfection

Les points forts :

- Compatible avec tout autres traitements employés en piscine
- Compatible avec tout équipement de filtration

CONSEIL D'EMPLOI :

Prévoir 150 g de pHminus poudre / 10 m³ pour baisser le pH de 0,2 unité.



Contient de l'hydrogénosulfate de sodium

La substance active de ce correcteur est l'ion hydrogénosulfate HSO₄⁻(aq) qui appartient au couple acide/base : HSO₄⁻(aq)/SO₄²⁻(aq)

Document 2 - Les chloramines

Il existe trois types de chloramines :

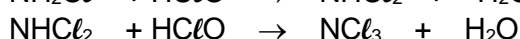
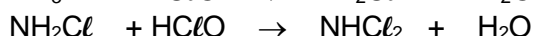
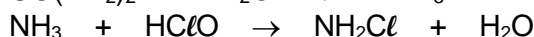
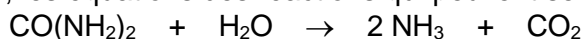
- La monochloramine NH₂Cl,
- La dichloramine NHCl₂
- La trichloramine NCl₃

Elles résultent de la dégradation de l'urée CO(NH₂)₂.

Information sur la sueur

Lors d'un effort physique, on produit en moyenne 200 mL de sueur par heure, contenant 0,80 g d'urée.

Selon le pH du milieu, les équations des réactions qui peuvent se produire s'écrivent :



Masses molaires :

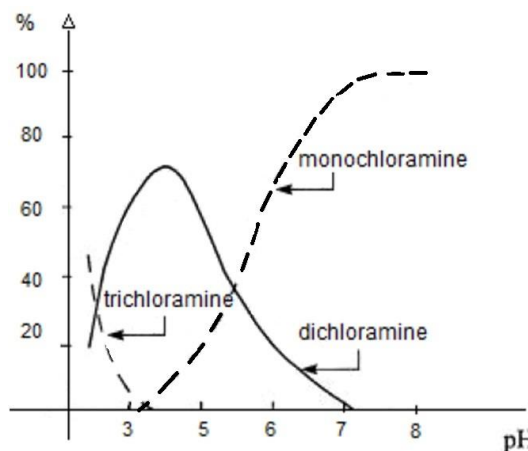
- de l'urée : M(urée) = 60,0 g.mol⁻¹

- des différentes chloramines :

M(NH₂Cl) = 51,5 g.mol⁻¹

M(NHCl₂) = 86,0 g.mol⁻¹

M(NCl₃) = 120,5 g.mol⁻¹



Domaine d'existence des chloramines en fonction du pH