

**BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE
- Session 2014 -**

**Sciences et Technologies de Laboratoire
spécialité Biotechnologies**

Épreuve de PHYSIQUE-CHIMIE

EPREUVE DU VENDREDI 20 JUIN 2014

**Durée de l'épreuve : 3 heures
Coefficient : 4**

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce sujet comporte **12** pages numérotées de 1/12 à 12/12.

Les documents réponses, page 12/12 sont à rendre avec la copie.

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

AUTOUR DE LA PISCINE

La natation fait partie des trois premières activités sportives des Français. D'après une enquête réalisée par IPSOS en 2007, elle est pratiquée plus ou moins régulièrement par plus de 17 millions de personnes.

Les piscines représentent, à elles seules, 10 % de la consommation d'énergie des équipements sportifs des communes⁽¹⁾.

Elles offrent donc un potentiel d'économie d'énergie non négligeable.

(1) Source : ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie)

Pour des raisons d'hygiène et de sécurité, une piscine est un bâtiment très réglementé.



d'après <http://www.grand-dijon.fr/archives/la-piscine-olympique/>

Le sujet comporte 3 parties indépendantes les unes des autres :

Partie A : les aspects énergétiques

Partie B : le traitement de l'eau

Partie C : la natation

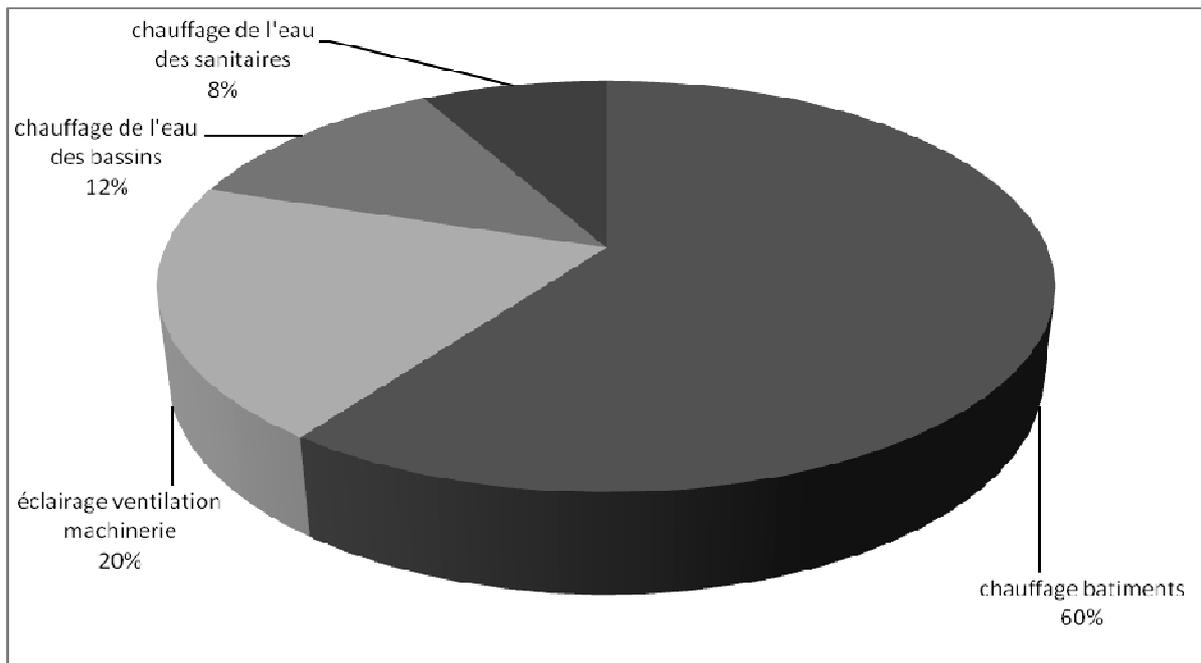
PARTIE A : Les aspects énergétiques

A.1. Répartition des besoins

Les besoins énergétiques d'une piscine peuvent être regroupés en quatre grandes catégories :

- le chauffage des bâtiments,
- le chauffage de l'eau des bassins,
- la production d'eau chaude sanitaire (douches),
- l'éclairage, la ventilation, la machinerie (équipements électriques).

Document 1 : Répartition de la consommation énergétique par poste



La consommation énergétique d'une piscine est souvent ramenée à la surface des bassins. Elle varie fortement en fonction des performances énergétiques de la piscine.

Elle est estimée en moyenne à $4,00 \cdot 10^3 \text{ kW.h.m}^{-2}$ par an (la surface prise en compte, pour calculer la consommation par m^2 est celle des bassins).

La piscine olympique étudiée possède une surface totale de bassin (bassin olympique et bassins annexes) de $1\,650 \text{ m}^2$.

A.1.1. Estimer la consommation énergétique annuelle totale de cette piscine.

A.1.2. Montrer que la consommation énergétique annuelle de cette piscine pour la production totale d'eau chaude est de l'ordre de $1,3 \cdot 10^6 \text{ kW.h}$.

Bien qu'une piscine soit fortement consommatrice d'énergie, il existe des solutions à mettre en œuvre pour diminuer celle-ci.

Le but des questions suivantes est d'explorer quelques pistes d'économies.

A.2. Utilisation de capteurs solaires thermiques

Pour diminuer sa consommation énergétique, la piscine citée précédemment est équipée de 140 m² de capteurs solaires thermiques.

A.2.1. Sur le lieu d'implantation de la piscine, l'énergie solaire rayonnée est de l'ordre de $1,30 \cdot 10^3 \text{ kW.h.m}^{-2}$ par an.

Les capteurs solaires convertissent au mieux 80 % de l'énergie reçue.

Dans ce cas, montrer que les capteurs solaires installés assurent 11 % de la production totale d'eau chaude.

Il existe plusieurs types de capteurs solaires thermiques.

Le document 2 représente un capteur solaire de type " capteur sous vide ".

A.2.2. Définir le rendement du capteur thermique représenté sur le document 2 et calculer sa valeur.

Pour un capteur thermique il existe un mode de calcul spécifique présenté dans le document 3.

A.2.3. À partir de la définition du document 3 du rendement optique β , montrer que la valeur β du capteur présenté dans le document 2 est égale à 0,80.

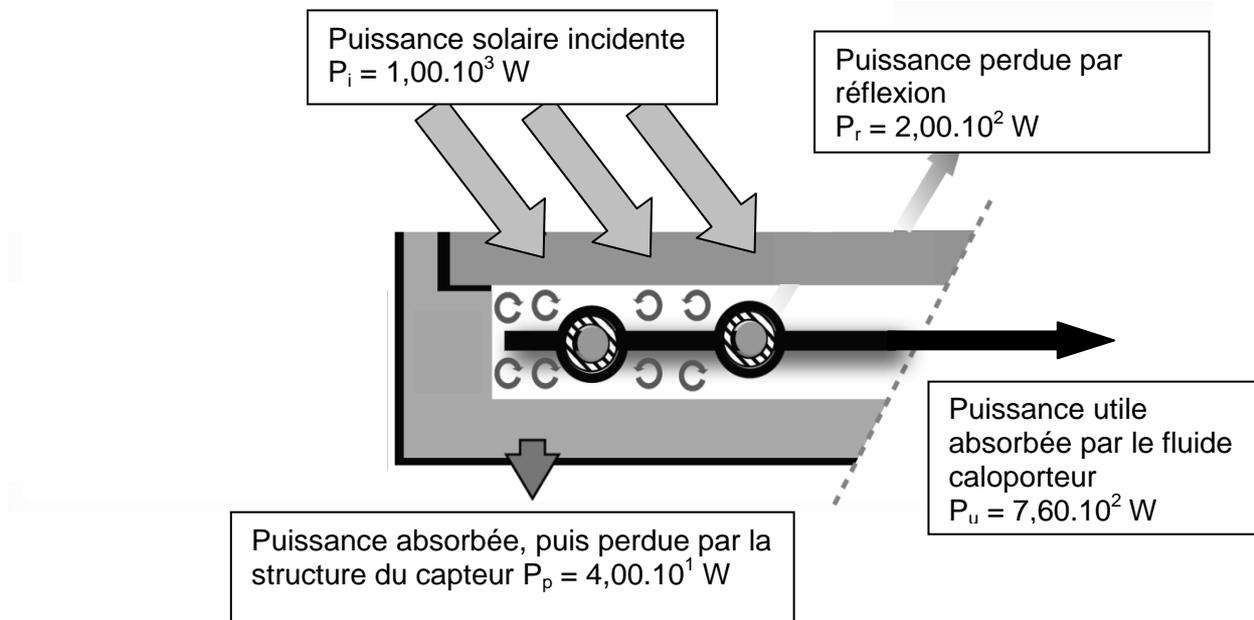
A.2.4. La puissance solaire incidente P_i du capteur solaire du document 2 correspond à un éclairage $E = 1,00 \cdot 10^3 \text{ W.m}^{-2}$.

Par application de la relation donnée dans le document 3, déterminer la valeur η du rendement de ce capteur thermique.

Cette valeur est-elle cohérente avec celle trouvée à la question **A.2.2.** ?

Document 2 : Vue en coupe d'un capteur thermique sous vide
 Les valeurs sont indiquées pour 1 m² de panneau.

Température de l'air : 10 °C
 Température du fluide caloporteur : 30 °C



d'après <http://www.2027plomberie.com/les-dossiers/installations-solaire/>

Document 3 : Méthode spécifique de calcul du rendement

Le rendement d'un capteur thermique η est défini pas la relation :

$$\eta = \beta - K \cdot \frac{T_{fl} - T_{ext}}{E}$$

Avec :

- β : rendement optique du capteur (sans dimension).
- Le rendement optique du capteur est le rapport de la puissance absorbée par le capteur sur la puissance solaire incidente (il permet de caractériser les pertes par réflexion à la surface du capteur).
- T_{fl} : température du fluide caloporteur (°C ou K)
 - T_{ext} : température extérieure (°C ou K)
 - E : éclairement reçu (W.m^{-2})
 - K est appelé coefficient de déperdition du capteur, il représente les pertes thermiques du capteur, sa valeur dépend du type de capteur utilisé :

Type de capteur	Valeur de K
Capteur sans vitre	20
Capteur vitré simple	5
Capteur sous vide	2

A.3. Utilisation de capteurs solaires photovoltaïques

La piscine étudiée possède également une surface de panneaux solaires photovoltaïques égale à 163 m^2 .

Dans cette partie, on cherchera à déterminer la puissance électrique fournie par ces panneaux.

A.3.1. En utilisant le document 4, montrer que la puissance maximale du panneau "Modèle E19-320" est d'environ 320 W.

A.3.2. En utilisant le document 5, déterminer la valeur de l'éclairement qui correspond à cette puissance maximale ? Justifier votre réponse.

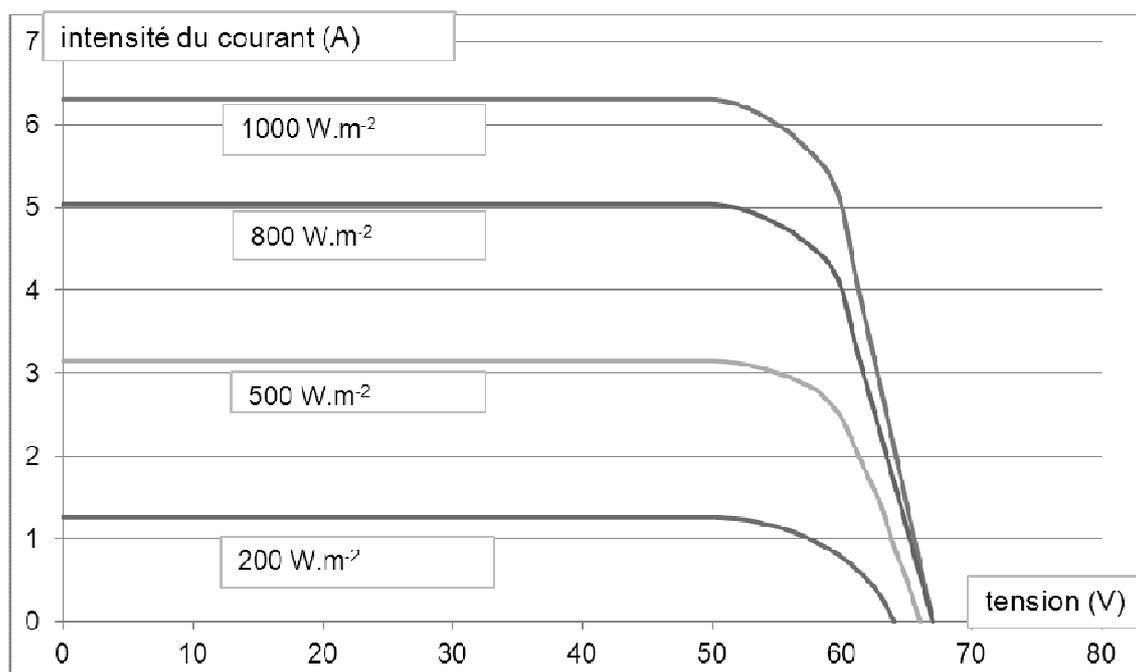
A.3.3. Pour un éclairement de 1000 W.m^{-2} , déterminer la puissance électrique fournie par l'ensemble de ces panneaux.

Document 4 : Extrait de la fiche technique d'un modèle de panneau photovoltaïque vendu par la marque "sunpower"

Caractéristiques électriques	Modèle E19-320
Puissance maximale	à déterminer en A.3.1.
Rendement	19,8%
Tension à puissance maximale	54,7 V
Intensité à puissance maximale	5,86 A
Autres caractéristiques	
Cellules	96 cellules monocristallines Maxeon Gén. II
Dimension (Longueur×largeur×hauteur en mm)	1559 × 1046 × 46

d'après <http://www.sunpowercorp.fr>

Document 5 : Caractéristiques d'un panneau photovoltaïque pour différents éclairements



PARTIE B : Le traitement de l'eau

L'eau d'une piscine est un milieu vivant où prolifèrent des bactéries, des virus, des champignons et des algues. Le traitement de l'eau d'une piscine collective est complexe (coagulant, filtres, bac tampon...). Dans cette partie, nous nous intéresserons à la désinfection de l'eau par le chlore qui reste le désinfectant le plus utilisé dans les piscines.

B.1. Le chlore dans l'eau

B.1.1. Écrire le couple acide/base cité dans le document 6.

B.1.2. Un des couples acide/base associé à l'eau est $\text{H}_3\text{O}^+_{(\text{aq})} / \text{H}_2\text{O}_{(\text{l})}$; écrire l'équation de la réaction traduisant la phrase en caractères gras dans le document 6.

Document 6 :

Quelle que soit sa forme (galets, pastilles, sels, liquide, gaz), le pouvoir désinfectant du chlore se libère au contact de l'eau, sous la forme d'acide hypochloreux de formule $\text{HClO}_{(\text{aq})}$.
Ce dernier se dissocie en partie dans l'eau pour former l'ion hypochlorite $\text{ClO}^-_{(\text{aq})}$.
Ces deux espèces forment un couple acide/base. Elles coexistent dans l'eau.
L'acide hypochloreux est un désinfectant beaucoup plus efficace que l'ion hypochlorite.

B.2. Mesures de la teneur en chlore de l'eau

La réglementation des piscines nécessite de connaître les teneurs ou concentrations massiques en chlore actif et en chlore combiné de l'eau. Elles ne sont pas directement mesurables.

Pour les déterminer, il faut connaître les teneurs en chlore total et en chlore libre ainsi que le pH de l'eau.

Leurs valeurs sont relevées plusieurs fois par jour par un professionnel.

On précise que le terme « chlore » utilisé par les "piscinistes" ne correspond pas à l'élément chlore de symbole Cl du chimiste, mais aux différentes espèces chimiques le contenant.

Vous disposez des documents suivants :

Document 7 : Réglementation en piscines publiques

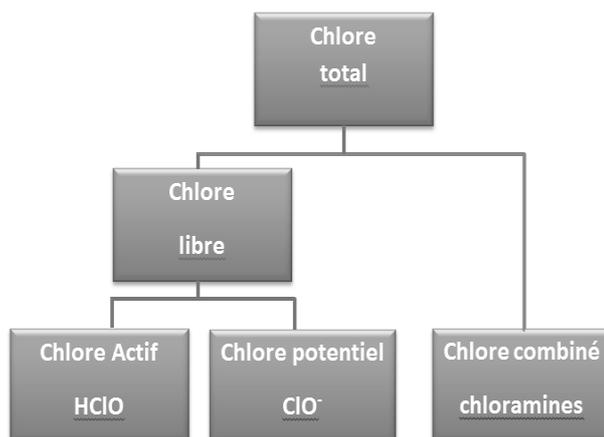
Réglementation en piscine publique (arrêtés des 10.04.1981 & 28.09.1989) :	• pH 6,9 à 7,7	• chlore actif 0,4 à 1,4 mg/l	• chlore combiné inférieur à 0,6mg/l.l
---	----------------	-------------------------------	--

d'après www.cifec.

Document 8 : Table de détermination de la teneur en chlore actif (en mg.L^{-1}) selon la teneur en chlore libre (en mg.L^{-1}) et le pH.

Teneur en chlore libre en mg/L \ pH	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
6,8	0,67	0,75	0,84	0,92	1	1,09	1,17	1,25	1,34	1,42	1,5
6,9	0,64	0,72	0,8	0,88	0,96	1,04	1,12	1,2	1,28	1,36	1,44
7	0,61	0,69	0,76	0,84	0,91	0,99	1,07	1,14	1,22	1,3	1,37
7,1	0,57	0,65	0,72	0,79	0,86	0,93	1,01	1,08	1,15	1,22	1,29
7,2	0,54	0,6	0,67	0,74	0,8	0,87	0,94	1	1,07	1,14	1,2
7,3	0,49	0,55	0,62	0,68	0,74	0,8	0,86	0,92	0,91	1,05	1,11
7,4	0,45	0,5	0,56	0,62	0,67	0,73	0,78	0,84	0,9	0,95	1,01
7,5	0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,81	0,86	0,91
7,6	0,36	0,4	0,45	0,49	0,54	0,58	0,62	0,67	0,71	0,75	0,8
7,7	0,31	0,35	0,39	0,43	0,47	0,51	0,55	0,58	0,62	0,66	0,7
7,8	0,27	0,3	0,34	0,37	0,4	0,44	0,47	0,51	0,54	0,57	0,61
7,9	0,28	0,25	0,29	0,32	0,34	0,37	0,4	0,43	0,46	0,49	0,52
8	0,19	0,2	0,24	0,27	0,29	0,32	0,34	0,36	0,39	0,41	0,44

Document 9 : Schéma simplifié du "type de chlore" dans les piscines



B.2.1. Donner le nom de l'espèce chimique correspondant au chlore actif. Pourquoi sa mesure est-elle déterminante ?

Le contrôleur fait un prélèvement et relève :

- un pH = 7,2 ;
- une teneur en chlore libre de $1,4 \text{ mg.L}^{-1}$;
- une teneur en chlore total de $2,2 \text{ mg.L}^{-1}$.

B.2.2. En utilisant le document 8, déterminer la teneur en chlore actif du prélèvement effectué. Que peut-on conclure sur la qualité de l'eau ?

B.2.3. À partir des valeurs relevées, retrouver par le calcul que le pourcentage en chlore actif du prélèvement vaut 67 %.

B.2.4. Comment varie la teneur en chlore actif en fonction du pH pour une teneur en chlore libre constante ?

Les chloramines se forment dans l'eau des bassins à partir des matières azotées composées de la sueur des baigneurs, du mucus, de l'urine, etc. Elles sont responsables de la fameuse odeur dite

de « chlore ». Elles sont fortement irritantes pour les yeux et le système respiratoire, mais certaines d'entre elles ont malgré tout la propriété d'être désinfectantes.

B.2.5. À quel type de chlore correspondent les chloramines ?

B.2.6. Quel est le nom de la chloramine principalement présente dans l'eau contrôlée ?
Conclure quant à la prolifération des microorganismes.

B.2.7. En utilisant le document 9 et les mesures relevées par le contrôleur, calculer la teneur en chlore combiné de l'eau.

B.2.8. La teneur en chloramines de ce prélèvement est-elle conforme à la réglementation ?
Justifier.

Document 10 : Propriétés des différentes chloramines

formule	nom	domaine pH	efficacité désinfection
NH_2Cl	monochloramine	> 7	bonne
NHCl_2	dichloramine	4 - 7	tolérable
NCl_3	trichloramine	1 - 3	moyenne
RNHCl	chloramines organiques	inconnu	mauvaise

d'après <http://www.lenntech.fr>

PARTIE C : La natation

La performance en natation dépend fortement de la technique adoptée par les nageurs durant les différentes phases de la nage ainsi que de la résistance à l'avancement dans l'eau. L'amélioration de la performance nécessite [...] une bonne connaissance des forces de résistance (aussi appelées frottements) rencontrées afin de les minimiser.

d'après www.theses.fr/2008REIMS004

Document 11 : Définitions utilisées en natation

Cycle : mouvement complet des quatre membres du nageur. La nage est constituée d'une succession de cycles répétés au cours du temps.

Fréquence : nombre de cycles réalisés pendant une unité de temps.

Amplitude : distance parcourue pendant un cycle.

C.1. Comparaison de performances

Un entraîneur fait participer quatre nageurs de différents niveaux à une expérience. Ceux-ci réalisent une épreuve chronométrée de nage libre dans un bassin de 25 mètres. Le tableau du **document 12** regroupe quelques mesures effectuées par l'entraîneur.

Document 12 : Mesures effectuées par l'entraîneur

Nageurs	Durée (en s) pour parcourir les 25 m	Nombres de cycles réalisés sur 25 m
Premier niveau	28,88	16,5
Deuxième niveau	22,12	14,5
Troisième niveau	18,64	9,5
Quatrième niveau	14,68	7,5

d'après http://campusport.univ-lille2.fr/ress_crawl/co/

C.1.1. Compléter la dernière ligne du **tableau du document réponse D1 à rendre avec la copie** concernant le quatrième nageur.

C.1.2. Le nageur doit-il axer son entraînement sur l'amélioration de l'amplitude ou de la fréquence ? Justifier.

C.2. Combinaison technique et frottement

L'analyse des actions freinant le nageur fait l'étude de recherches complexes et variées. Une meilleure compréhension de ces phénomènes hydrodynamiques permet de faire évoluer les techniques de natation au plus haut niveau sportif.

C.2.1. À partir des documents 13 et 14, déterminer la position qui permet d'augmenter la performance du nageur pour une vitesse constante. Justifier.

Le développement des combinaisons techniques de natation a permis d'améliorer sensiblement les performances des sportifs de haut niveau. Ainsi en 2008, de nombreux records mondiaux ont été battus par des nageurs équipés de combinaisons.

On considère un nageur évoluant à une vitesse constante de $1,8 \text{ m.s}^{-1}$.

C.2.2. En utilisant le document 15, déterminer le travail de la force de la résistance (supposée constante) exercée par l'eau sur le nageur équipé d'une combinaison, pour une distance parcourue de 25 m.

C.2.3. Les schémas **du document réponse D2 à rendre avec la copie** représentent le même nageur, se déplaçant à la même vitesse, mais équipé ou non d'une combinaison technique. On précise que seule la force de frottement due à la résistance de l'eau est représentée. À partir du document 15, compléter ces schémas en choisissant :

“ avec combinaison technique ” ou “ sans combinaison technique ”

C.2.4. D'après l'étude précédente, expliquer pourquoi le port d'une combinaison technique permet d'améliorer l'amplitude du nageur ?

Document 13 : Résistance exercée par l'eau sur le nageur

La force de résistance totale F_t est une force qui s'oppose au déplacement du nageur dans l'eau. Elle peut être exprimée par la relation suivante :

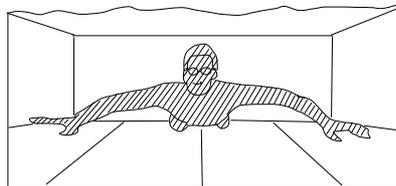
$$F_t = K \times S \times V^2$$

où :

K : constante qui dépend de la technique de nage ;

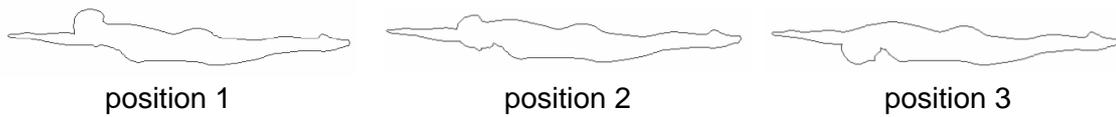
V : vitesse du nageur (m.s^{-1}) ;

S : surface hachurée en m^2 sur le schéma ci-dessous. Elle est représentée par la projection orthogonale du corps sur un plan perpendiculaire à l'axe du déplacement.



d'après <http://ebureau.univ-reims.fr/>

Document 14 : Variation de la position de la tête pour trois postures en natation

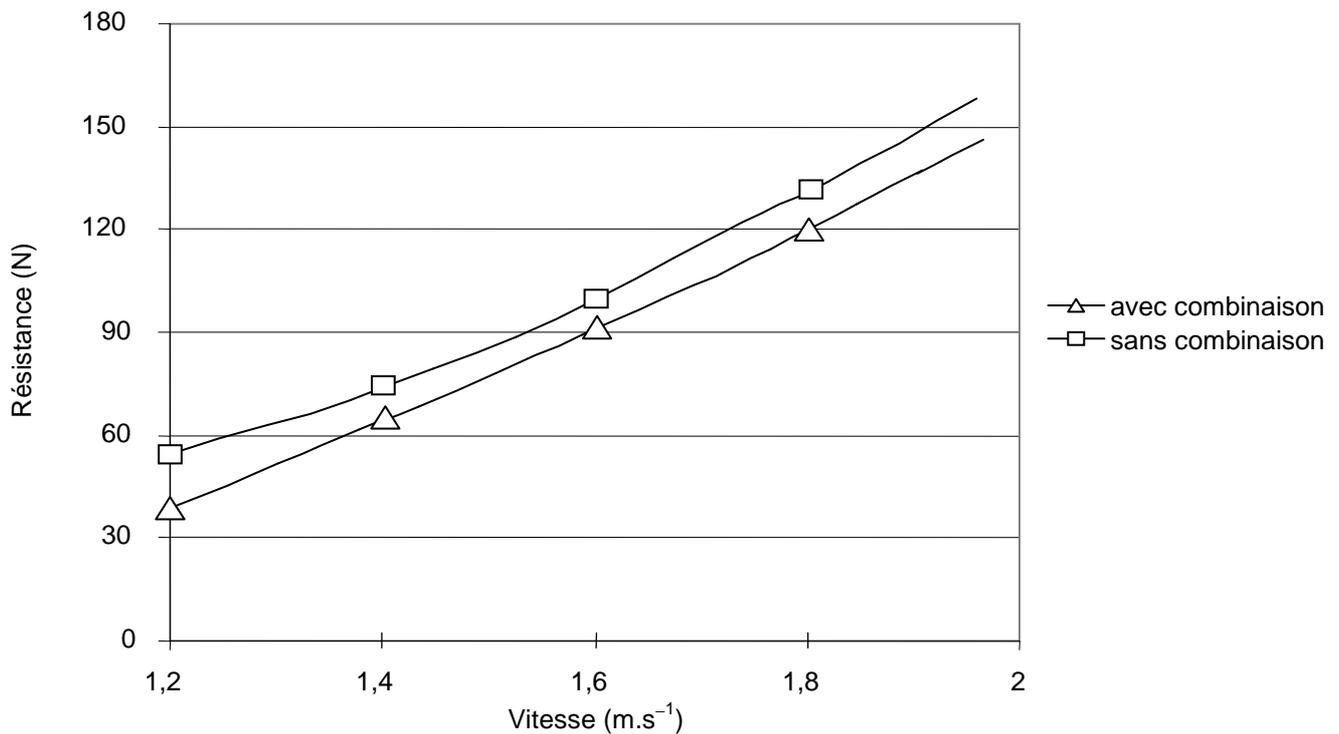


Le tableau suivant donne des valeurs mesurées de la surface S et de la constante K pour trois positions de la tête :

Position de la tête	Position 1	Position 2	Position 3
Surface hachurée S (m ²)	0,376	0,307	0,277
Constante K	185	130	180

d'après <http://ebureau.univ-reims.fr/>

Document 15 : Résistance exercée par l'eau sur le nageur



DOCUMENT REPONSE A RENDRE AVEC LA COPIE

D1 : Tableau à compléter (question C.1.1.)

Nageurs	Vitesse (m.s ⁻¹)	Amplitude (m/cycle)	Fréquence (cycle/min)
Premier niveau	0,866	1,52	34,3
Deuxième niveau	1,13	1,72	39,3
Troisième niveau	1,34	2,63	30,6
Quatrième niveau			

D2 (question C.2.3) :

Représentation sans soucis d'échelle de la résistance de l'eau sur le nageur

