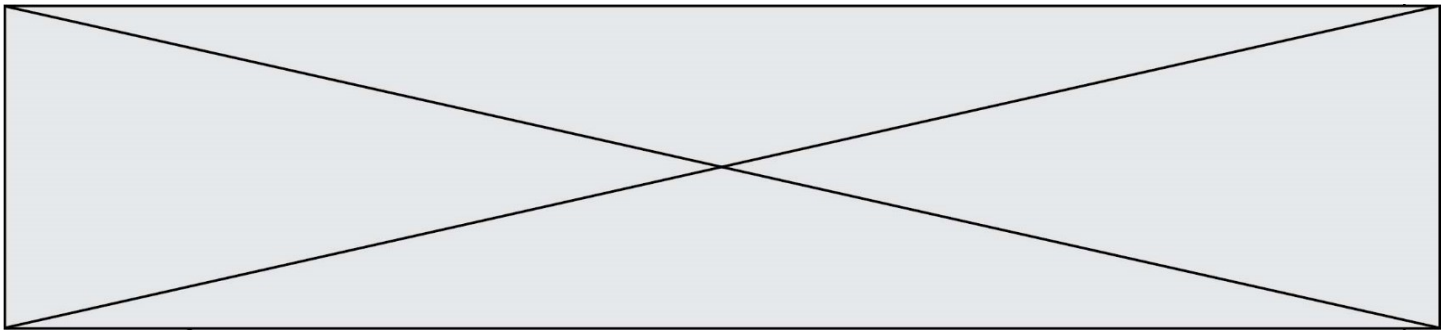


**TRAINING!**

**2021-2022**

**SCIENCES  
INGÉNIEUR**

**PREMIÈRE  
SPÉCIALITÉ**



## PRÉSENTATION DU SURF ELECTRIQUE OU E-SURF



Plus facile à pratiquer que le surf conventionnel, le surf électrique peut être appris par un amateur en 5 min. Les chutes sont moins fréquentes, donc l'amusement est plus rapide. Plus besoin non plus de prendre des grosses vagues, il peut avancer sur une eau lisse comme sur une eau formée. Contrairement à la planche de surf tractée, la technologie électrique apporte un rendu plus silencieux et moins polluant. Il devient même plus facile de prendre des vagues : à l'aide d'une télécommande, on accélère lorsque la vague s'élève et on stoppe le moteur une fois qu'on est lancé. C'est grâce au foil, la petite aile située sous la planche (Voir figure 2), et un groupe propulseur (moteur, hélice), que l'engin s'élève au-dessus de l'eau.

## ÉTUDE DES PERFORMANCES DU E-SURF

**Problématique** : dans les conditions aux limites stipulées par le fabricant, le groupe propulseur est-il suffisamment performant pour élever au-dessus de l'eau un surfeur de 85 kg sur la planche à une vitesse de 35 km.h<sup>-1</sup>. Tout en garantissant une résistance et une fiabilité optimales.

La gravité est donnée à  $g = 9.81 \text{ m.s}^{-2}$ .

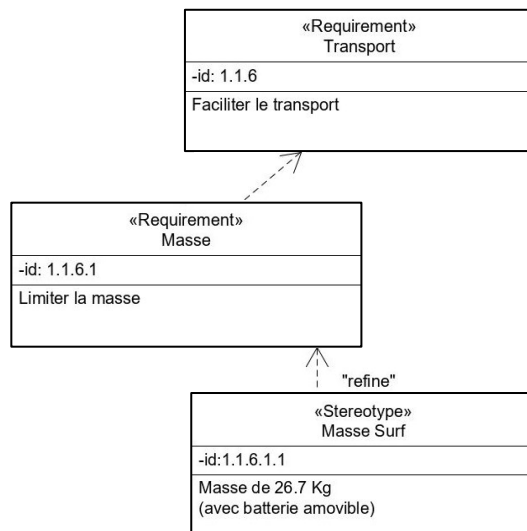


Figure 1 : extrait du diagramme des exigences

Question I-1  
Figure 1

**Calculer** la masse totale en kg de l'ensemble surfeur-planche-batterie.  
En **déduire** le poids total en N.

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :  N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le :  /  /

Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1



Figure 2

Un foil (ou un hydrofoil) est une aile profilée (figures 2 et 3) qui se déplace dans l'eau. La vitesse de déplacement génère sur le foil une portance hydrodynamique capable de soulever un objet partiellement ou totalement hors de l'eau. Le but de ce transfert de portance est de réduire le frottement et donc la puissance nécessaire à la propulsion.

Si on déplace dans un fluide (air ou eau) un profil asymétrique, il se crée une différence de pression entre le dessous du profil (surface la plus faible ou intrados) et le dessus (surface la plus grande ou extrados). Voir figure 3.

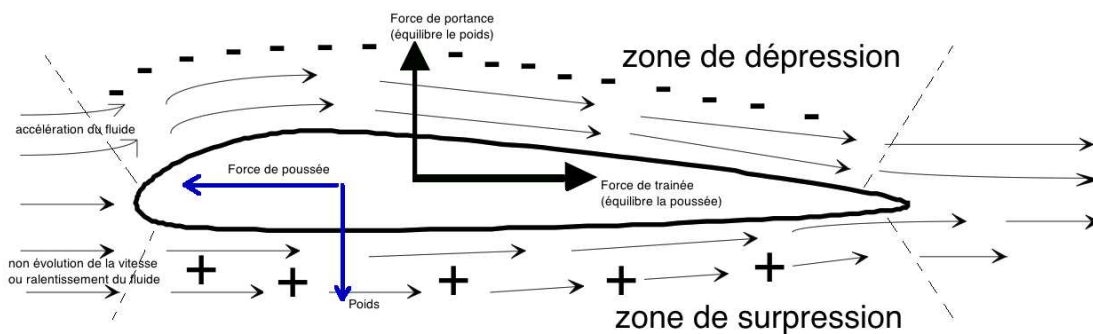
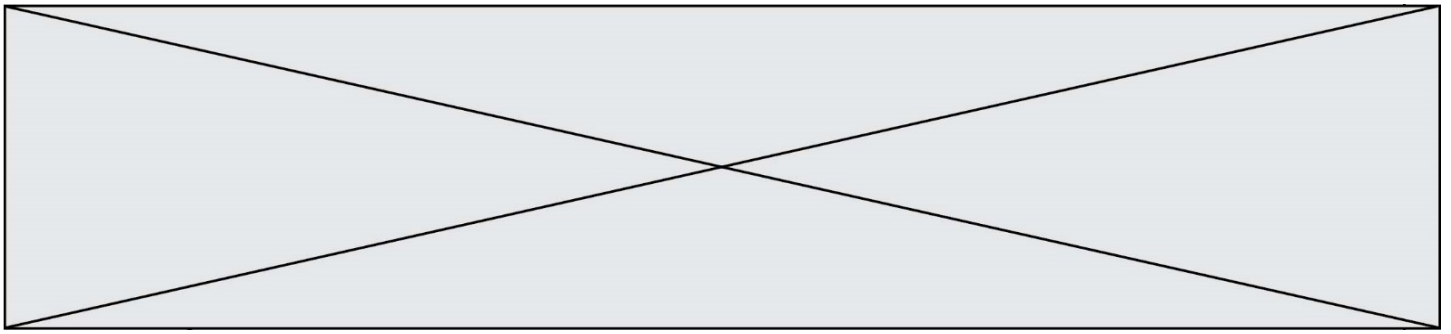


Figure 3 : coupe d'un hydrofoil



La force  $F_z$  qui tend à faire monter le profil s'appelle la portance et est de la forme :

$$F_z = \frac{1}{2} C_z \cdot \rho \cdot S \cdot V^2$$

avec :

$C_z$  : Coefficient de portance.

$\rho$  :  $1025 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  (masse volumique de l'eau de mer)

$S$  :  $0.08 \text{ m}^2$  (surface immergée ou surface « mouillée »)

$V$  : Vitesse de déplacement en  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

Si on fait varier l'angle d'incidence  $\alpha$  (Figure 4), les valeurs des coefficients de portance  $C_z$  et de traînée  $C_x$  varient comme présenté dans le tableau 5.

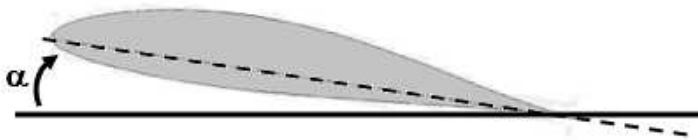


Figure 4 : angle d'incidence  $\alpha$

Incidence	0°	2°	4°	6°	8°	10°	12°	14°	16°
$C_z$	0.05	0.1	0.15	0.2	0.25	0.3	0.33	0.34	0.32
$C_x$	0.006	0.006	0.0065	0.008	0.0105	0.012	0.014	0.016	0.02

Tableau 5 : coefficients de portance  $C_z$  et de traînée  $C_x$  en fonction de  $\alpha$

Question I-2 *Structurellement, l'angle est de 0°. Calculer la force de portance  $F_z$ . Dans ces conditions, conclure quant à la capacité du foil à soulever l'ensemble (surfeur + engin).*

Question I-3 *Le surfeur peut incliner la planche grâce à ses appuis. Définir alors l'angle d'incidence minimum  $\alpha_{\text{minimum}}$  pour soulever l'ensemble.*

Tableau 5

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :


(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :  N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le :  /  /



1.1

### Dimensionnement partiel du groupe moteur-arbre-hélice

La vitesse doit atteindre  $35 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ . La figure 6 présente la chaîne de puissance partielle. Les résultats présentés ci-après sont issus de simulations.

$P_m$  : puissance sur l'arbre moteur

$F_p$  : force de poussée de l'hélice.

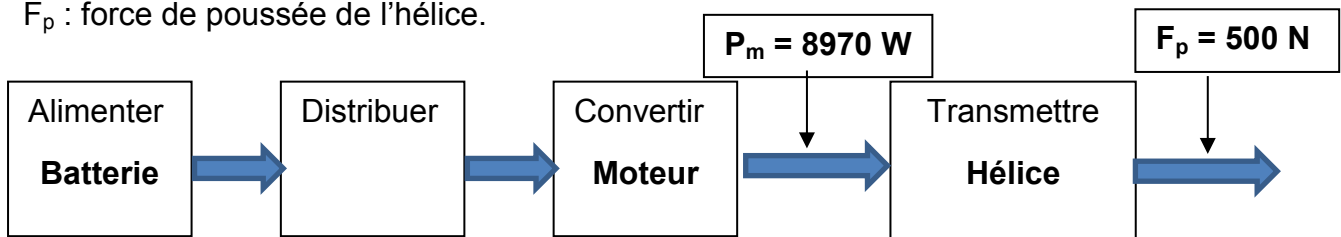


Figure 6 : modélisation de la chaîne de puissance partielle

On rappelle que  $P_{\text{hélice}} = F_p \cdot V$

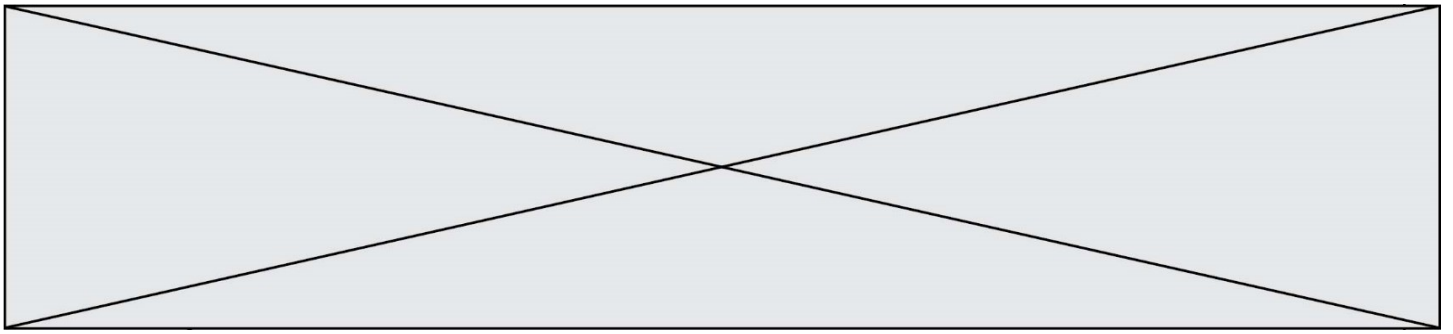
Question I-4 **Calculer** le rendement entre l'arbre moteur et l'hélice. **Commenter** ce résultat.

### Conditions de résistance hydrodynamique de l'hélice

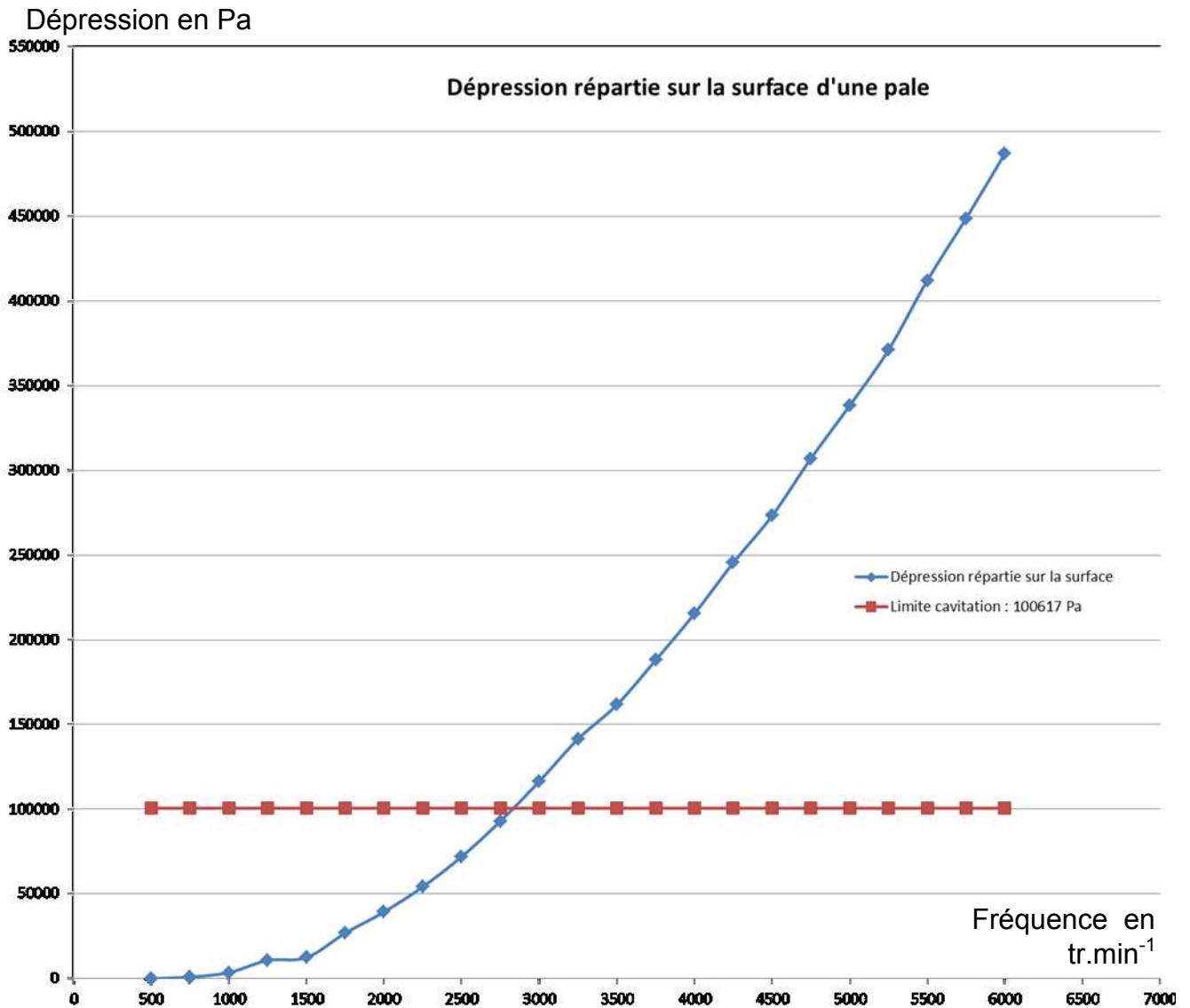
Augmenter la portance des objets profilés sans pour autant augmenter de façon exagérée ses dimensions, implique d'augmenter la vitesse du surf. Cela implique, souvent, une augmentation de la fréquence de rotation du moteur, donc de l'hélice. Cependant, cette solution atteint voire dépasse elle aussi très vite les limites à cause d'un phénomène particulier : la cavitation. Cette limite est variable et dépend des paramètres liés à l'environnement (profondeur d'immersion, température, salinité, forme de l'hélice...). C'est un phénomène d'ébullition dû à une dépression avec apparition de bulles de vapeur qui vont avoir des effets très néfastes sur le fonctionnement comme le décrochage du profil, l'apparition de bruits et de vibrations, d'usure voire la destruction de la surface.



Figure 7 : une hélice est formée de pales s'apparentant à un foil




La figure 8 montre la variation de dépression répartie sur une pale en fonction du régime moteur ainsi que la limite de cavitation, calculée à 100 617 Pa.



**Figure 8** : courbe d'évolution du risque de cavitation de portance en fonction de la vitesse de rotation de l'arbre moteur

Question I-5  
Figure 8

**Préciser**, pour la fréquence de rotation étudiée de 3 000 tr.min<sup>-1</sup>, si le phénomène de cavitation existe. **Évaluer** à partir de quelle valeur de fréquence de rotation apparaît ce phénomène.

Modèle CCYC : ©DNE																				
Nom de famille (naissance) : <small>(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)</small>																				
Prénom(s) :																				
N° candidat :											N° d'inscription :									
 <small>Liberté • Égalité • Fraternité RÉPUBLIQUE FRANÇAISE</small>	<small>(Les numéros figurent sur la convocation.)</small>																			
Né(e) le :			/			/														

1.1

## Conclusion sur les performances générales de ce dispositif.

Question I-6 **Conclure**, par rapport aux différents points abordés, sur les capacités de cet engin à respecter les contraintes du cahier des charges.  
**Proposer** des solutions techniques pour améliorer ses performances.

## MODIFICATION DU COMPORTEMENT DU E-SURF

Dans le cadre de leurs activités proposées pendant les vacances scolaires à des enfants de 6 à 13 ans et plus particulièrement aux enfants de plus de 7 ans ayant validé un test natation/voile, de nombreux centres de loisirs sans hébergement (C.L.S.H.) basés sur le littoral méditerranéen souhaitent élargir leur gamme d'activités nautiques afin de leur faire découvrir des expériences inédites sur l'eau et de leur permettre d'accéder à de nouvelles sensations sportives en toute sécurité. Séduits par l'équipement de sport nautique grand public nouvelle génération, « la planche de surf électrique volant ou e-surf », ils s'interrogent sur son acquisition car ils savent que le surf électrique peut être une expérience très tendue, surtout pour les débutants. Cela peut être aussi fatiguant, assez épuisant. Habituellement, après 15 minutes, une pause est nécessaire.

C'est la raison pour laquelle le constructeur du e-surf est sollicité afin de rendre la commande du mouvement plus adaptée à un tout jeune public au petit gabarit et d'y associer un fonctionnement davantage personnalisé.

Pour permettre l'évolution des jeunes surfeurs débutants ou non chevronnés, deux tranches d'âge sont prises en compte :

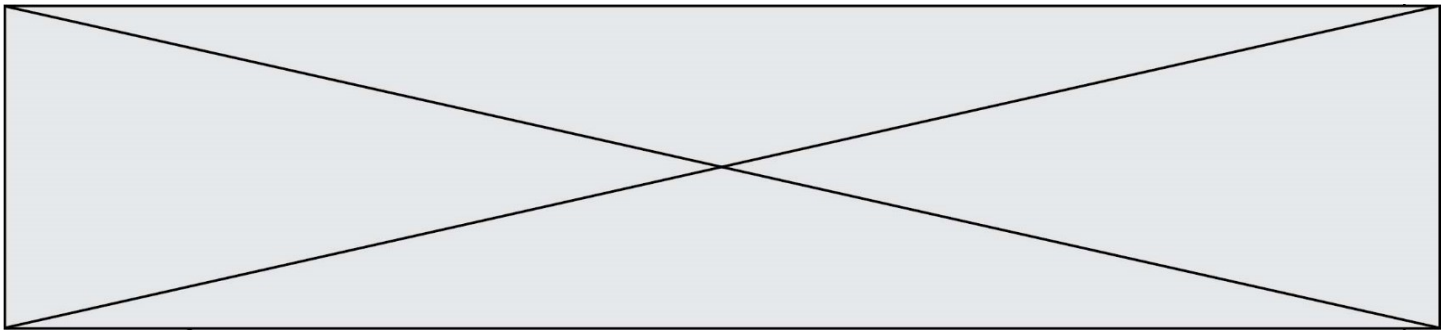
Groupe 1 / Tranche d'âge : 6-10 ans pour une masse embarquée de 15 à 22 kg

Groupe 2 / Tranche d'âge : 10-13 ans pour une masse embarquée de 22 à 36 kg

Pour chaque groupe sont associés trois niveaux de performance : niveau 1 débutant, niveau 2 confirmé, niveau 3 expert.

**Problématique** : développer pour le jeune surfeur débutant de moins de 40 kg un programme permettant de :

- gérer automatiquement la vitesse de déplacement de la planche de surf en fonction de la consigne donnée par le jeune surfeur,
- informer à chaque démarrage le jeune surfeur du niveau de charge de la batterie,
- gérer le temps écoulé.



Pour un confort d'utilisation et une progression dans les étapes d'apprentissage, plusieurs vitesses de déplacement de consigne sont imposées.

Pour commencer, on désire faire évoluer le surfeur débutant niveau 1 du premier groupe en lui proposant d'effectuer des allers retours dans le plan (O, X,Y) à la vitesse de  $1 \text{ km.h}^{-1}$  selon un profil d'apprentissage décrit dans la figure 9 (vitesse constante, pas de vol au-dessus de l'eau) :

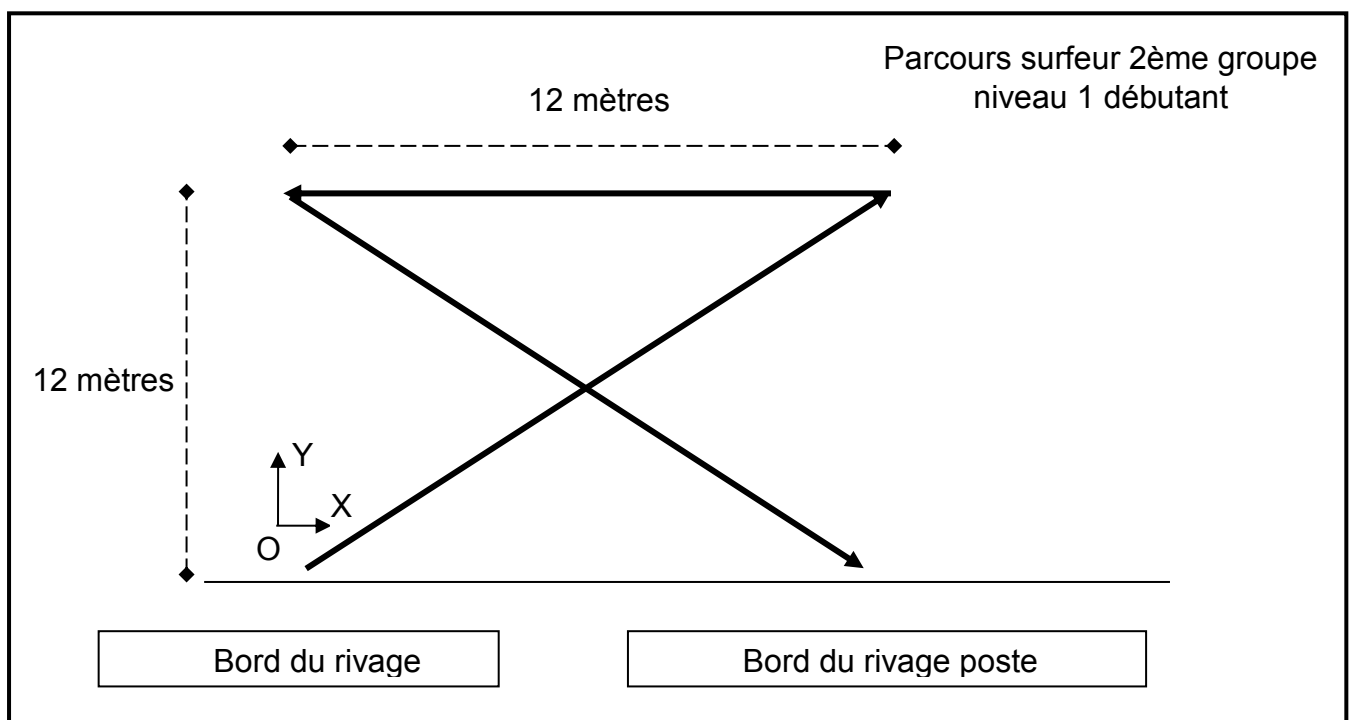


Figure 9 : secteur d'apprentissage numéro 1

On rappelle que si le coté d'un carré a pour longueur A, la longueur de sa diagonale est égale à  $A.\sqrt{2}$ .

Question II-1 **Déterminer** la durée de ce parcours. En **déduire** en 45 minutes, le nombre de démarrages que va effectuer le e-surf si l'on prend en compte uniquement une pause du jeune surfeur de 5 minutes entre deux parcours successifs.

Lorsque la réussite du parcours a été validée par le moniteur du centre de loisirs, les jeunes apprentis surfeurs vont s'exercer à décoller de la surface de l'eau pour obtenir le niveau 2 confirmé.

Ils vont donc utiliser le même parcours en faisant varier la vitesse du e-surf dans une plage de réglage de la vitesse imposée à  $0-15 \text{ km.h}^{-1}$ .



Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :


(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :  N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

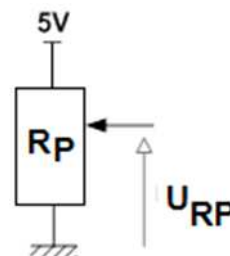
Né(e) le :  /  /



1.1

Pour assurer le pilotage de l'engin dans une plage de réglage de vitesse 0-15 km.h<sup>-1</sup>, adaptée aux jeunes surfeurs du groupe 2, le constructeur propose alors d'intégrer dans la télécommande un potentiomètre R<sub>P</sub> d'une valeur de 10 kΩ.

La tension U<sub>RP</sub> (image de la vitesse) ne doit pas dépasser 5V à l'entrée du microcontrôleur lorsque la valeur de la vitesse est maximale (15 km.h<sup>-1</sup>) comme l'indique le schéma ci-contre.



Les figures 10 et 11 fournissent les relations existant entre les différentes grandeurs.

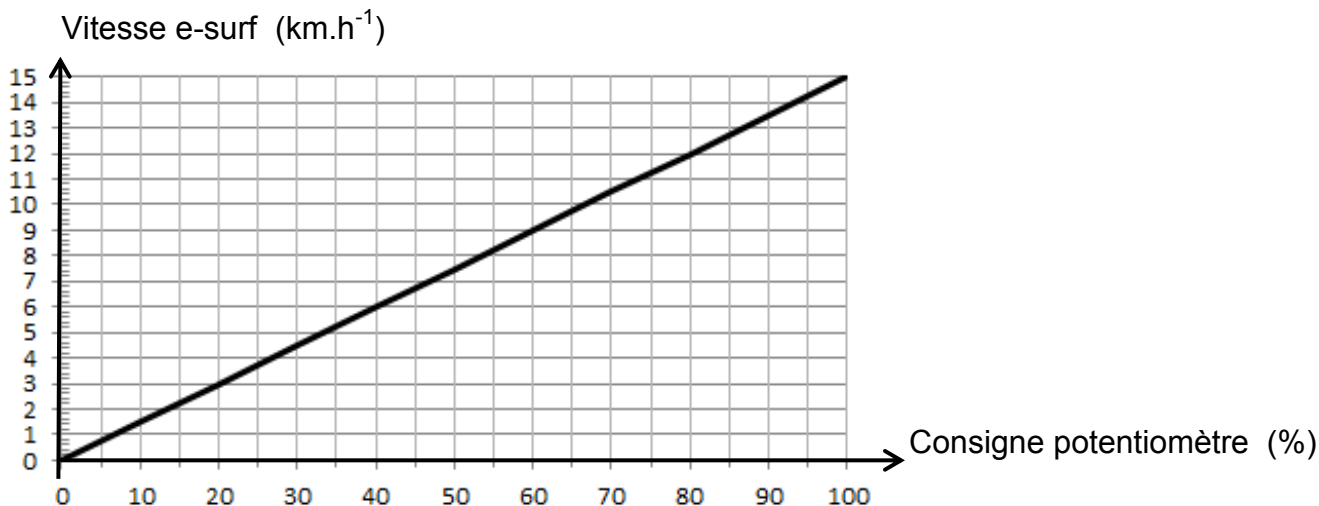
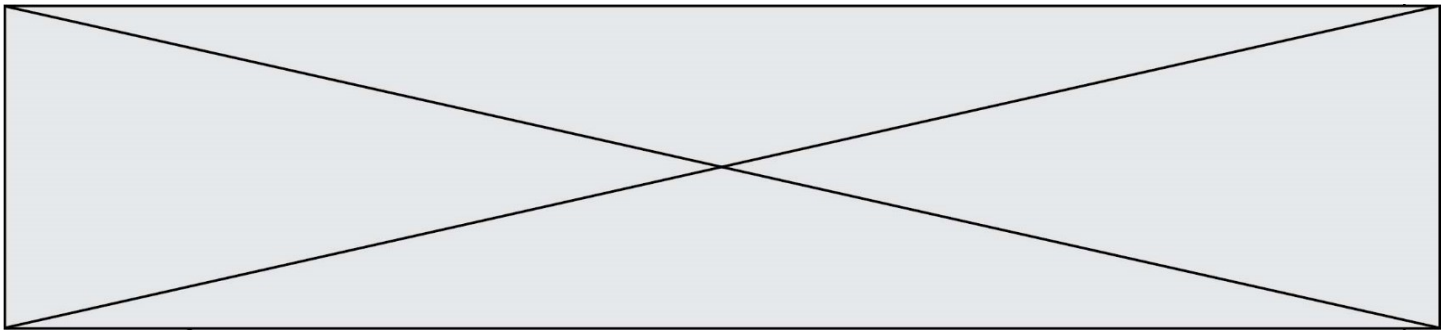


Figure 10 : vitesse e-surf = f (Consigne potentiomètre)



Figure 11 : consigne potentiomètre = f (U<sub>RP</sub>)



Question II-2 **Déterminer** la consigne de réglage du potentiomètre entraînant une vitesse de déplacement de  $8 \text{ km.h}^{-1}$ , vitesse à partir de laquelle le surfeur a la sensation de voler au-dessus de l'eau. **Déduire** la tension  $U_{RP}$  qui correspond à cette consigne.

Le microcontrôleur va opérer à une conversion analogique numérique de  $U_{RP}$ . Le signal est numérisé par un convertisseur analogique numérique sur 8 bits.

	Désignation	Notation
Entrées	Tension à pleine échelle	$U_{PE}$
	Résolution en entrée (quantum)	$q = U_{PE} \times [1/(N_{PE} - 1)]$
Sorties	Nombre de bits	$n$
	Nombre de points mesurables	$N_{PE} = 2^n$
	Résolution en sortie	$1/(N_{PE} - 1)$

Figure12 : caractéristiques principales d'un convertisseur CAN

Question II-3 **Calculer** la valeur du quantum pour cette conversion.

Question II-4 **Déterminer** la valeur décimale de la conversion de la tension  $U_{RP}$  correspondant à  $V = 8 \text{ km.h}^{-1}$

Le 1<sup>er</sup> profil de vitesse imposé est fourni sur la figure 13 suivante :

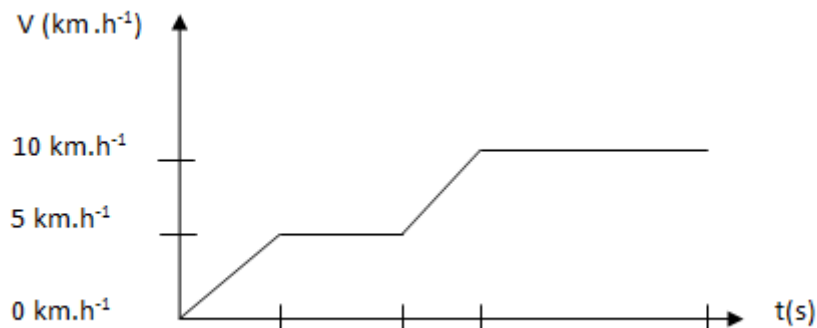


Figure 13 : Évolution du surfeur groupe 2 niveau 2

Question II-5 **Déterminer** les valeurs décimales de la conversion de la tension  $U_{RP}$  correspondant à  $V = 0 \text{ km.h}^{-1}$ ,  $5 \text{ km.h}^{-1}$ ,  $10 \text{ km.h}^{-1}$ ,  $15 \text{ km.h}^{-1}$

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :


(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :  N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le :  /  /



1.1

Question II-6 **Recopier** sur feuille de copie l'extrait de programme présenté ci-dessous  
**Le compléter et y faire apparaître** les parties représentatives de la pratique du surf en sensation de glisse et celle du surf en naviguant au-dessus de l'eau.

