Ce document a été mis en ligne par l'organisme FormaV®.

Toute reproduction, représentation ou diffusion, même partielle, sans autorisation préalable, est strictement interdite.

Pour consulter tous nos sujets d'annales et corrigés du Bac Général Maths + SI, veuillez visiter :
bac-maths-si.fr/annales-sujets-et-corriges

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2022

SCIENCES DE L'INGÉNIEUR
JOUR 2

Durée de l'épreuve : **4 heures**

Partie sciences de l'ingénieur : durée indicative de **3 h** - Coefficient : **12**
Partie sciences physiques : durée indicative de **1 h** - Coefficient : **4**

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.

L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collège », est autorisé.

Chacune des parties est traitée sur des copies séparées.

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

Ce sujet comporte 32 pages numérotées de 1/32 à 32/32.

Le candidat traite les 2 parties en suivant les consignes contenues dans le sujet.

Partie 1 - Sciences de l'ingénieur	20 points
Partie 2 - Sciences Physiques	20 points

Partie 1 : les documents réponses DR1 à DR2 (pages 20 à 21) sont à rendre avec la copie.
Partie 2 : si les exercices traités comportent des annexes, elles sont à rendre avec la copie.

Partie 1 : Sciences de l'ingénieur

Bateau amorceur Feed'O

Constitution du sujet

- Sujet ..... pages 3 à 19
- Documents réponses..... pages 20 à 21

Le candidat devra traiter obligatoirement la sous-partie 1.

Puis, il devra choisir et traiter l'une des deux sous-parties suivantes :

- la sous-partie 2 (choix 1), question 9 à Question 14
- la sous-partie 3 (choix 2), questions 15 à question 20

Les documents réponses DR1 à DR2 (pages 20 à 21) seront à rendre agrafés aux copies.

Mise en situation

Depuis une dizaine d’années, le nombre de pécheurs amateurs est en augmentation. Avec 1,6 millions de licenciés, la fédération nationale de la pêche est devenue la deuxième fédération française en termes d’adhérents.



Profitant de cet engouement, des innovations technologiques, tel que le bateau amorceur, sont apparues dans le domaine de la pêche à la carpe.

C'est un bateau télécommandé permettant d'aller déposer de 0,5 à 5 kg d'amorces, de façon très précise, dans des endroits difficiles et à longue distance (jusqu'à 300 m). Certains modèles possèdent un sondeur intégré ainsi qu’un GPS.

Le diagramme des cas d'utilisation (figure 1) explicite les interactions du bateau amorceur avec son environnement.

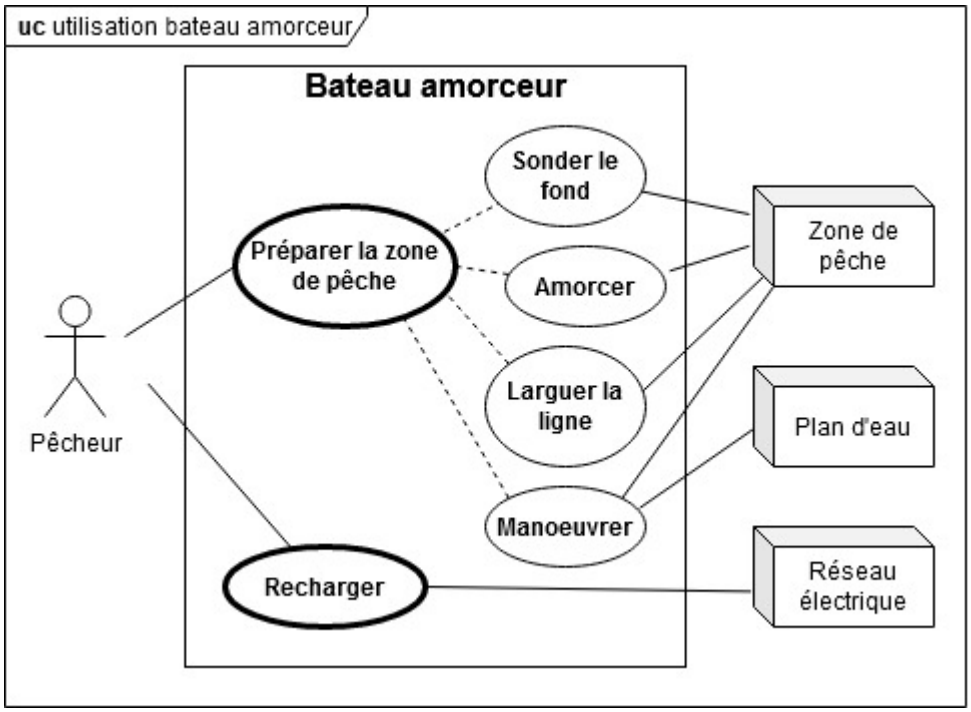


figure 1 : diagramme de cas d'utilisation du bateau amorceur

L’étude s'intéressera successivement à trois des problèmes techniques qui en découlent :

- comment permettre au bateau de se déplacer sur le plan d'eau ?
- comment obtenir le profil du fond sous-marin ?
- comment assurer une autonomie de fonctionnement suffisante ?

Le diagramme des exigences (figure 2) permet de préciser certaines des capacités attendues du bateau amorceur.

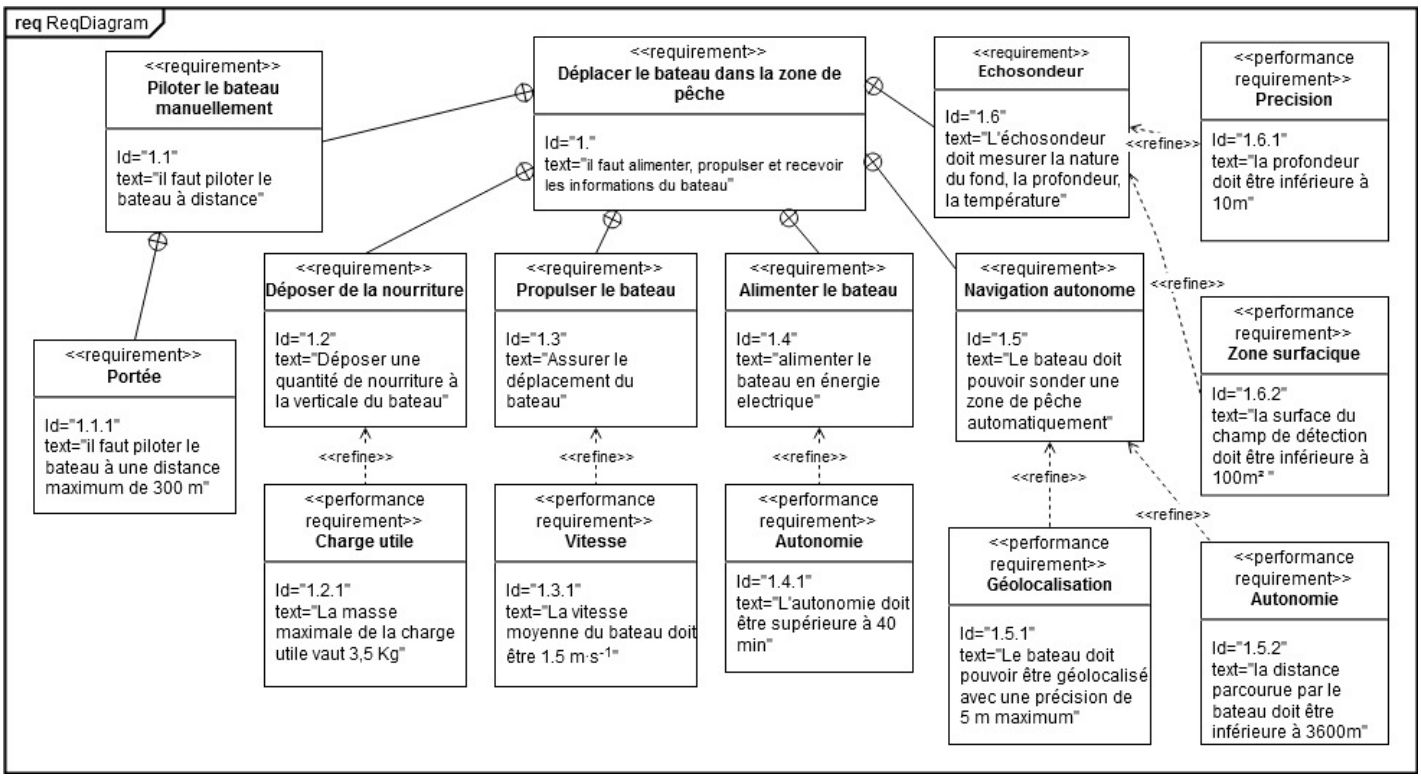


figure 2 : diagramme des exigences

Sous-partie 1 – obligatoire

Étude de la maniabilité du bateau

L'objectif de cette sous-partie est de vérifier que le bateau peut être manœuvré sur un plan d'eau.

L'étude suivante permettra de déterminer les performances du bateau en termes de flottabilité, propulsion et pilotage.

Flottabilité

Le tirant d'eau est la hauteur de la partie immergée d'un bateau (figure 3). Elle est mesurée entre la ligne de flottaison et le point le plus bas du bateau.

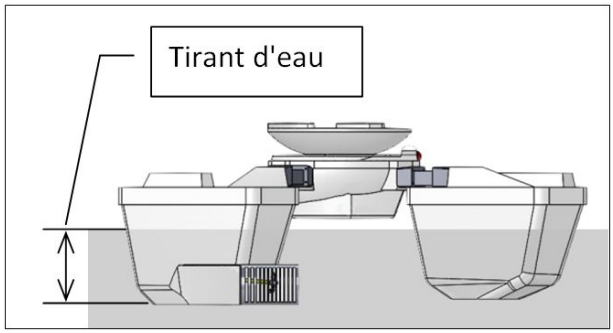


figure 3 : définition du tirant d'eau

À l'équilibre, la poussée d'Archimède compense le poids du bateau. Elle vaut :

$$P_{arch} = V_{im} \times \rho_{eau} \times g$$

Avec :

- P_{arch} : la poussée d'Archimède en N,
- V_{im} : le volume d'eau déplacé des 4 flotteurs en m^3,
- ρ_{eau} : la masse volumique de l'eau,
- g : l'accélération de la pesanteur.

La figure 4 donne le volume d'eau déplacé d'un flotteur en fonction du tirant d'eau.

Plus le bateau est chargé, plus il s'enfonce et plus le tirant d'eau est important. Il doit être supérieur à 60 mm pour maintenir les hélices sous l'eau, mais inférieur à 130 mm pour que la coque centrale reste au-dessus de l'eau.

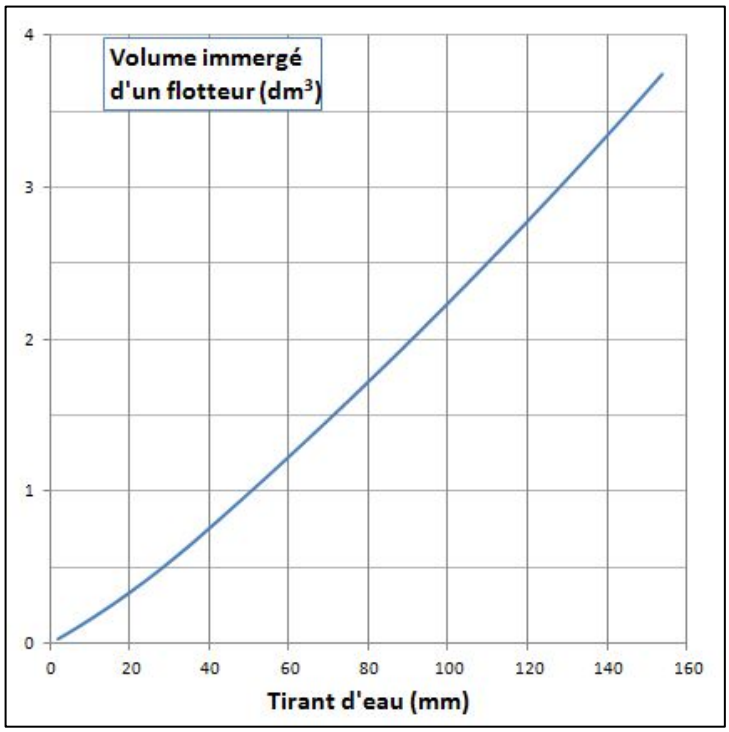


figure 4 : volume d'eau déplacé d'un flotteur

Données :

- masse du Feed'O à vide M_{vide} = 5,5 kg (batteries incluses) ;
- masse volumique de l'eau douce ρ_{eau} = 999,5 $kg \cdot m^{-3}$;
- accélération de la pesanteur g = 9,81 $m \cdot s^{-2}$;

- chaque flotteur supporte un quart du poids total du bateau.

Question 1	À partir de l'expression de la poussée d'Archimède, calculer le volume d'eau déplacé par le bateau. En déduire le volume d'eau d'un flotteur.

Question 2	À l'aide de la figure 4, déterminer le tirant d'eau du bateau à vide.

Question 3	Relever la valeur limite du volume d'eau pouvant être déplacé par le bateau. L'exigence id 1.2.1 est-elle satisfaite ?

Propulsion

La propulsion du bateau est assurée par deux moteurs brushless logés dans les flotteurs avant. Les moteurs sont associés à des hélices tripales, en nylon renforcé aux fibres de verre, de diamètre 50 mm. À vitesse stabilisée, la poussée permet de compenser la résistance à l'avancement dans l'eau, appelée "trainée hydrodynamique" (figure 5).

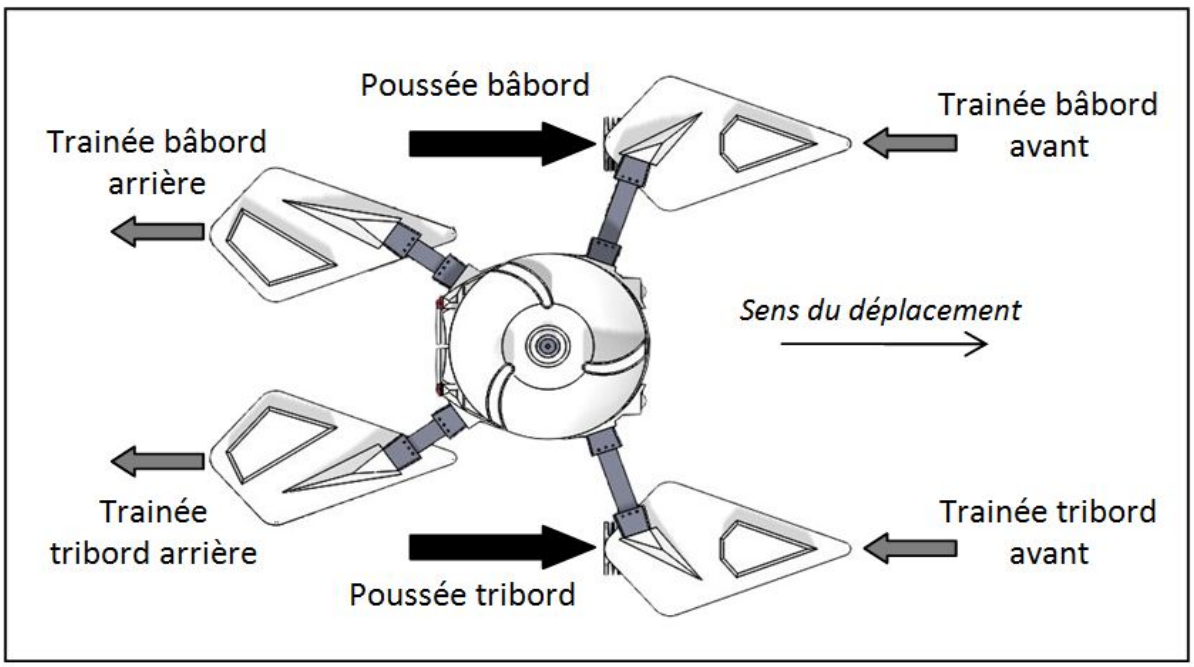


figure 5 : poussée et trainée

La poussée par moteur en fonction du régime moteur représenté par la vitesse de rotation des pales se trouve figure 6

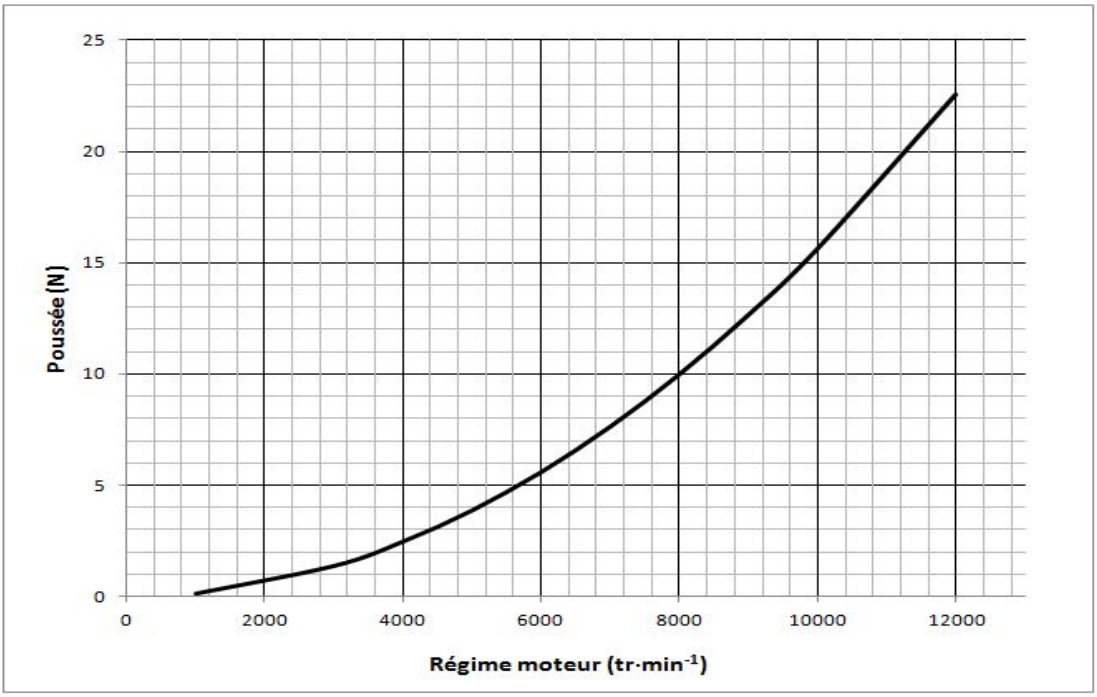


figure 6 : poussée par moteur en fonction de la fréquence de rotation (régime moteur)

Des simulations ont permis d'obtenir les courbes de la figure 7 donnant la valeur de la trainée hydrodynamique d'un flotteur, en fonction du tirant d'eau, pour différentes vitesses de déplacement du bateau.

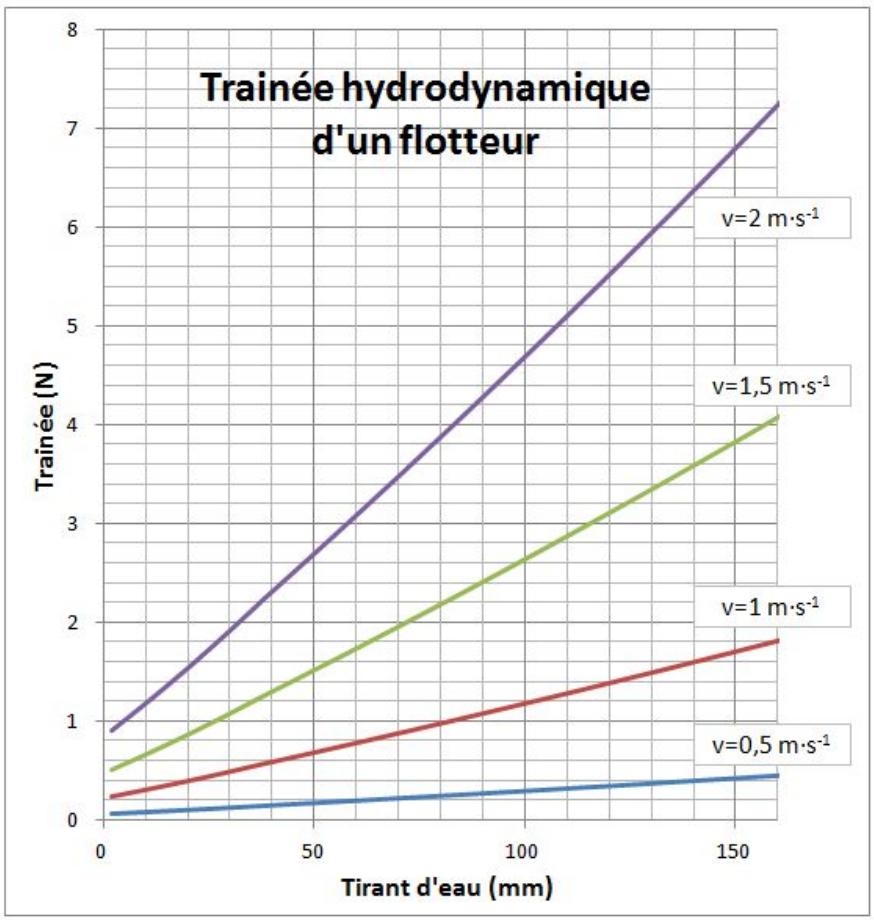


figure 7 : trainée d’un flotteur en fonction du tirant d’eau et de la vitesse du bateau

Dans les conditions les plus défavorables, le bateau doit pouvoir naviguer à 2 $m \cdot s^{-1}$, avec un tirant d'eau de 130 mm. Le régime moteur maximal pour une alimentation de 12 V est : $N_{mot\text{-}maxi}$ = 10560 $tr \cdot min^{-1}$

Question 4	À l'aide de la figure 7, déterminer T_{hydro}, la trainée hydrodynamique des 4 flotteurs du bateau pour la condition la plus défavorable. En déduire, à l'aide de la figure 6, N_{mot}, la fréquence de rotation des deux moteurs. Conclure.

Comme la représentation de la figure 8 le montre, si le chargement du bateau n'est pas symétrique, les tirants d'eau bâbord et tribord sont différents ainsi que les trainées hydrodynamiques. Ceci a comme conséquence de faire giter et dévier le bateau de son cap.

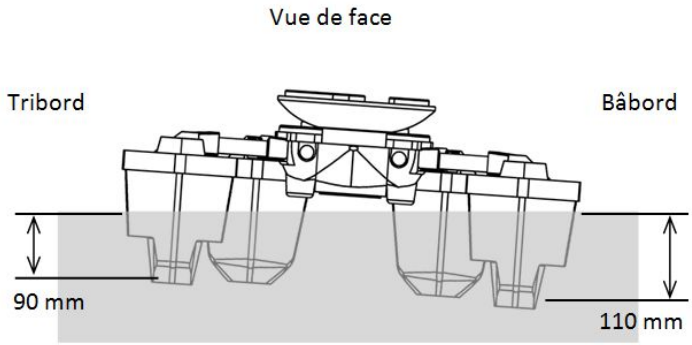


figure 8 : gite en cas de chargement déséquilibré

Dans ce cas, il faut compenser la déviation en réglant différemment les vitesses de rotation des deux hélices.

Dans le cas d'un déséquilibre latéral de 20 mm, tirant d'eau de 110 mm à bâbord et de 90 mm à tribord (figure 8), la disposition des forces est représentée ci-dessous (figure 9) :

- $T_{bâb} = 5{,}3\ N$
- $T_{tri} = 4{,}2\ N$

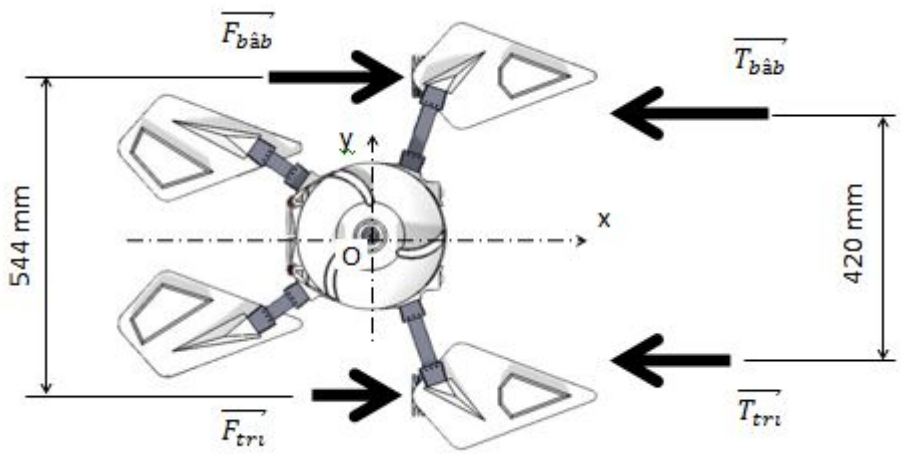


figure 9 : disposition des forces

Pour ce cas d'étude, le bateau n'est soumis qu'aux forces indiquées en figure 9 et se déplace en translation rectiligne uniforme.

Question 5	En appliquant le principe fondamental de la statique au centre du bateau (point O), calculer les poussées des moteurs bâbord $F_{bâb}$ et tribord F_{tri}.

Quelles que soient les valeurs trouvées précédemment, les valeurs suivantes seront utilisées :

$$F_{bâb} = 5{,}5\ N \text{ et } F_{tri} = 4{,}5\ N$$

Question 6	À l'aide de la figure 6, déterminer la fréquence de rotation permettant d'obtenir ces poussées sur chaque moteur.

Pilotage

Le pilotage automatique du bateau nécessite de lui fixer un cap à suivre.La route réellement suivie est relevée à l'aide du GPS.

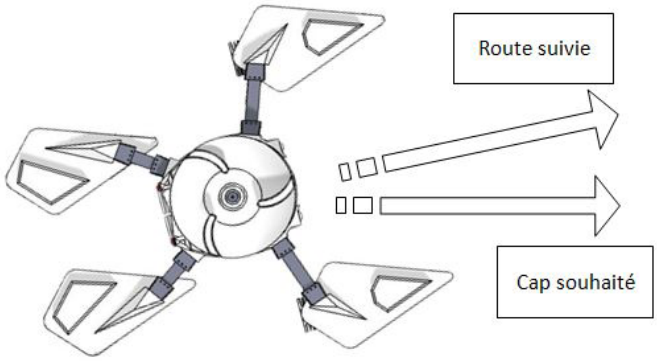


figure 10 : cap souhaité et route suivie

Pour orienter le bateau suivant le cap souhaité, malgré les perturbations liées au vent, au courant ou encore aux vaguelettes, il faut régler différemment la poussée des deux moteurs.

La comparaison de la route suivie avec le cap souhaité permet de réguler la vitesse des deux moteurs autour d'une valeur moyenne, suivant le schéma de la figure 11.

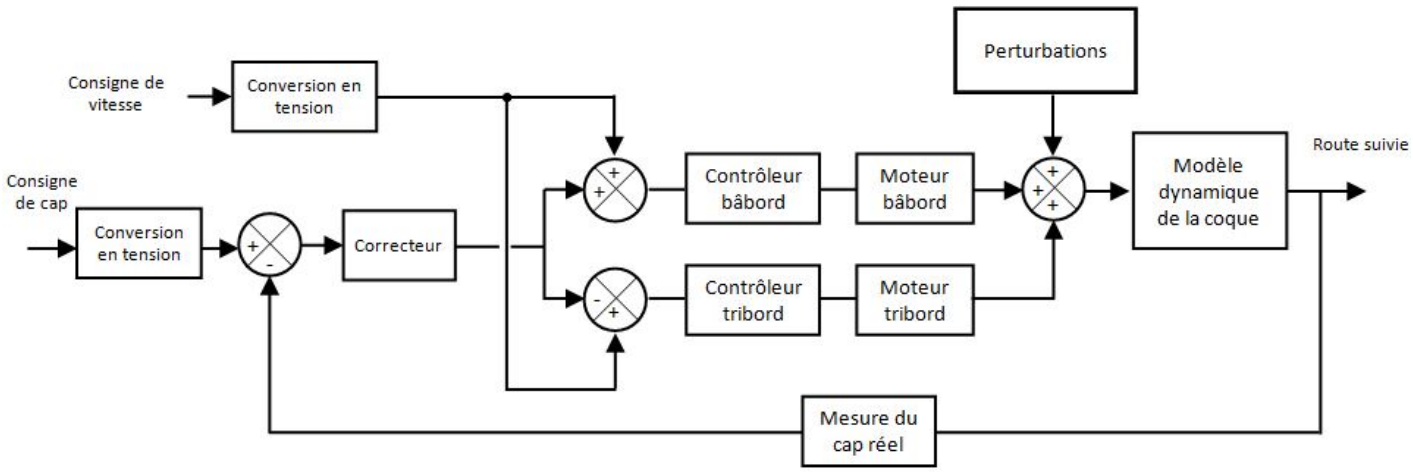


figure 11 : schéma de principe de la régulation de cap

Cette chaîne de commande comporte un correcteur proportionnel et intégral. La figure 12 présente la réponse du système à une consigne de type échelon pour différentes valeurs du facteur de correction proportionnelle et du facteur de correction intégrale.

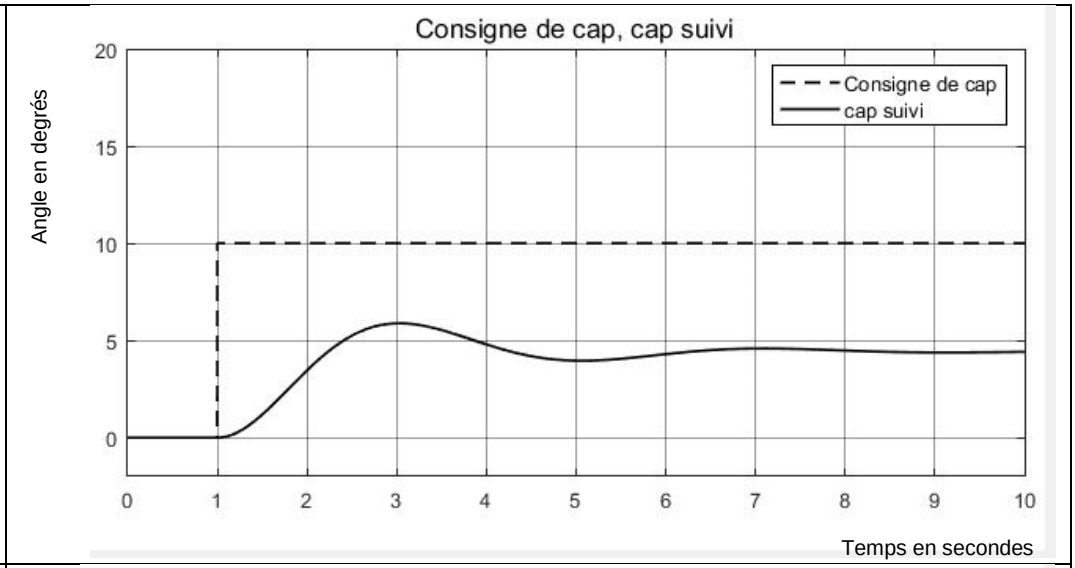
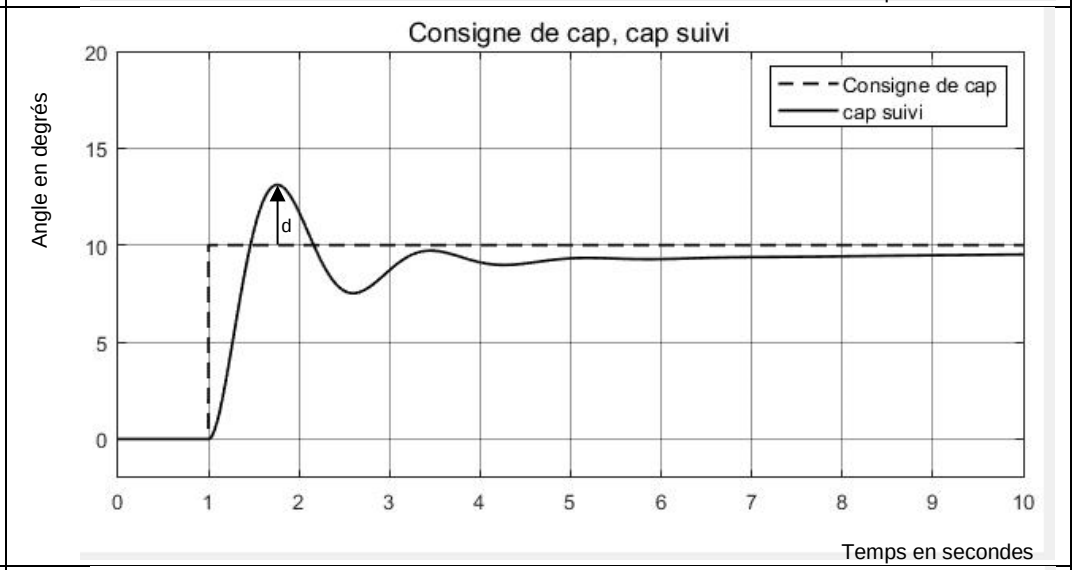
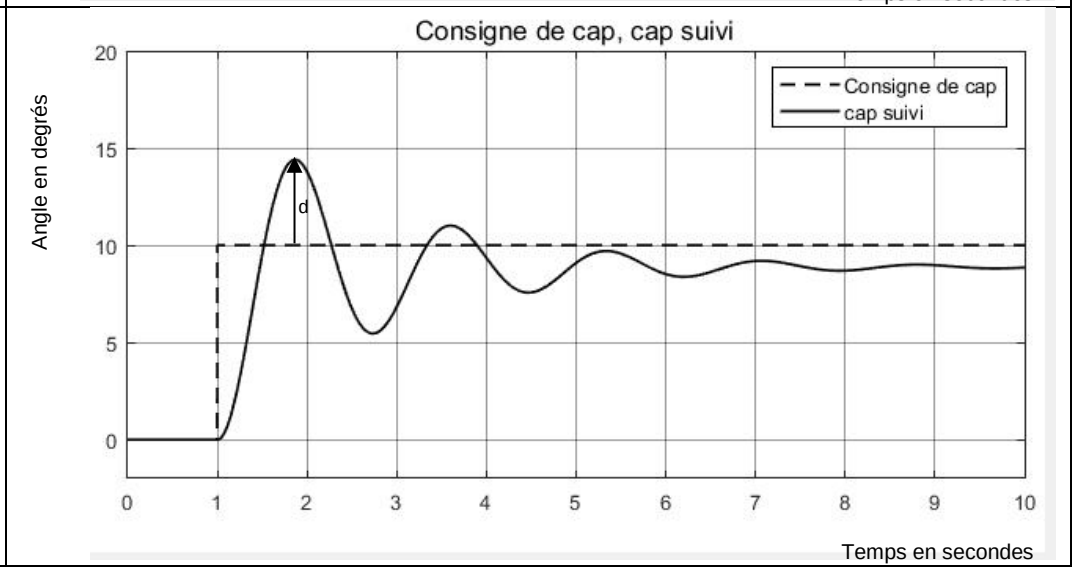
Réglage 1	
Réglage 2	
Réglage 3	

figure 12 : réponse du système à une consigne de type échelon pour différents réglages du correcteur proportionnel-intégral

Afin de guider correctement le bateau sur la trajectoire souhaitée, les caractéristiques suivantes sont données:

- l'erreur statique doit être inférieure à 2° ;
- la valeur d (dépassement relatif) doit être inférieur à 35 % de la valeur de consigne.

Question 7	Choisir le meilleur réglage parmi les trois proposés (figure 12), en justifiant la réponse.

Question 8	À partir des réponses précédentes, conclure sur les capacités du bateau en termes de flottabilité, propulsion et pilotage.

Sous-partie 2 – choix 1

Étude du système de reconnaissance du fond de zone de pêche

L'objectif de cette sous-partie est de montrer en quoi l'utilisation du sondeur sur le bateau amorceur permet une meilleure compréhension du fond de la zone de pêche.

L'historiquement, le sondage d'une zone de pêche est réalisé manuellement. La technique utilisée se décompose en trois étapes illustrées à la figure 13.

Etape 1. Dans le cas d'un sondage manuel, le pêcheur lance un système constitué d'un marqueur sondeur, d'un plomb et d'un émerillon. Ce dernier permet de faire coulisser le fil du moulinet.

Etape 2. Une fois le montage lancé et le plomb au fond de l'eau, le pêcheur mouline jusqu'à ce que le marqueur sondeur atteigne l'émerillon et "sente" une forte résistance lié au plomb.

Etape 3. Le pêcheur déroule le fil du moulinet qui coulisse dans l'émerillon jusqu'à ce que le flotteur vienne à la surface de l'eau et mesure la longueur de fil déroulée.

Une fois la profondeur estimée, le pêcheur tire sur l'ensemble du montage afin de ramener le plomb de quelques mètres et il recommence l'opération détectant ainsi les différentes profondeurs de la zone de pêche.

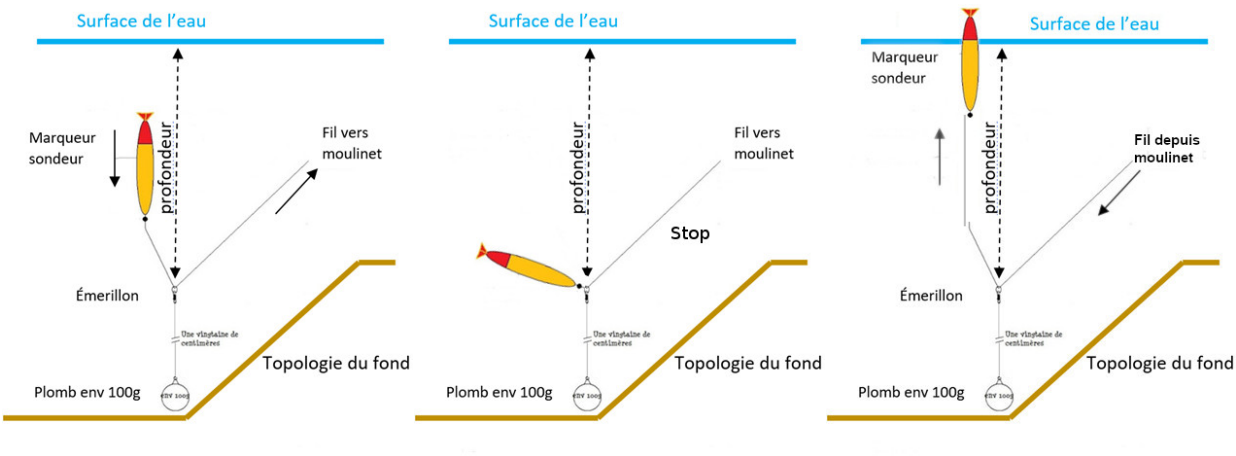


figure 13 : les trois étapes du sondage manuel

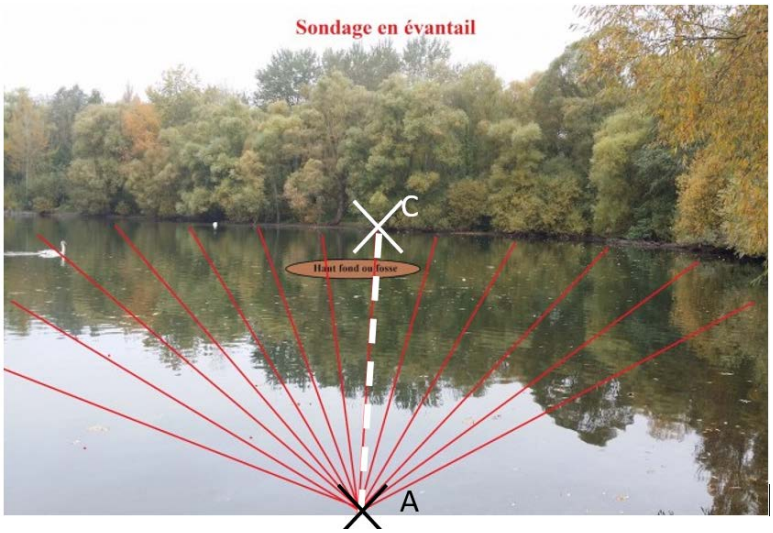


figure 14 : sondage manuel

Le pêcheur ne peut pas lancer le montage à une distance supérieure à 80 m. Un relevé sur un lancer lui prend en moyenne 5 minutes.

Le pêcheur renouvelle plusieurs fois l'opération sur des trajectoires différentes, afin d'avoir une vision d'ensemble des profondeurs dans sa zone de pêche.

Pour cette zone de pêche, quatorze lancés sont nécessaires.

Le relevé manuel, correspondant au lancé [AC] de la figure 14 est présenté sur la figure 16.

Question 9	Estimer le temps nécessaire pour qu'un pêcheur ait une vision d'ensemble de sa zone de pêche lorsqu'il sonde manuellement.

Étude de l'échosondeur

Un échosondeur est un appareil qui permet de mesurer la profondeur en envoyant un signal acoustique (ultrasons) qui est réfléchi par le fond. La mesure du temps entre l'émission du faisceau et le retour de l'écho permet d'en déduire une distance. Ce principe est schématisé sur la figure 15.

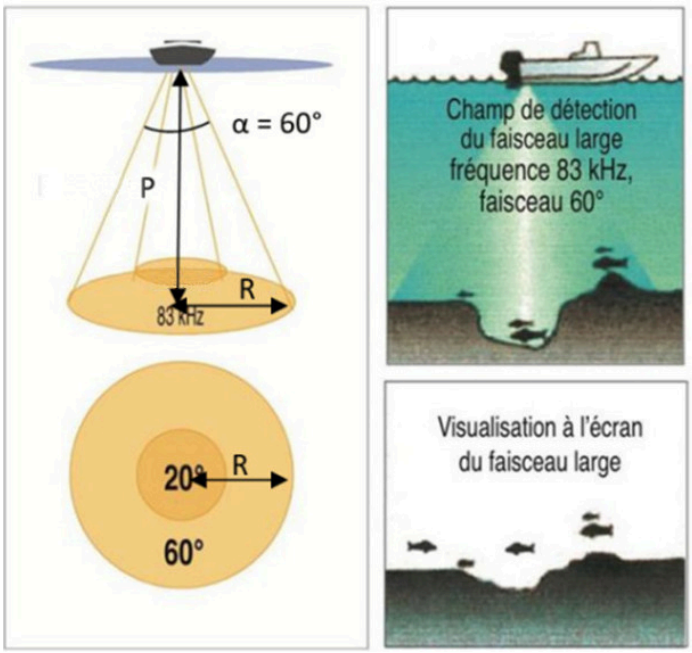


figure 15 : champ de détection de l'échosondeur

Une comparaison d'un relevé topographique manuel et par échosondage de la trajectoire [AC] du plan d'eau est présenté sur la figure 16.

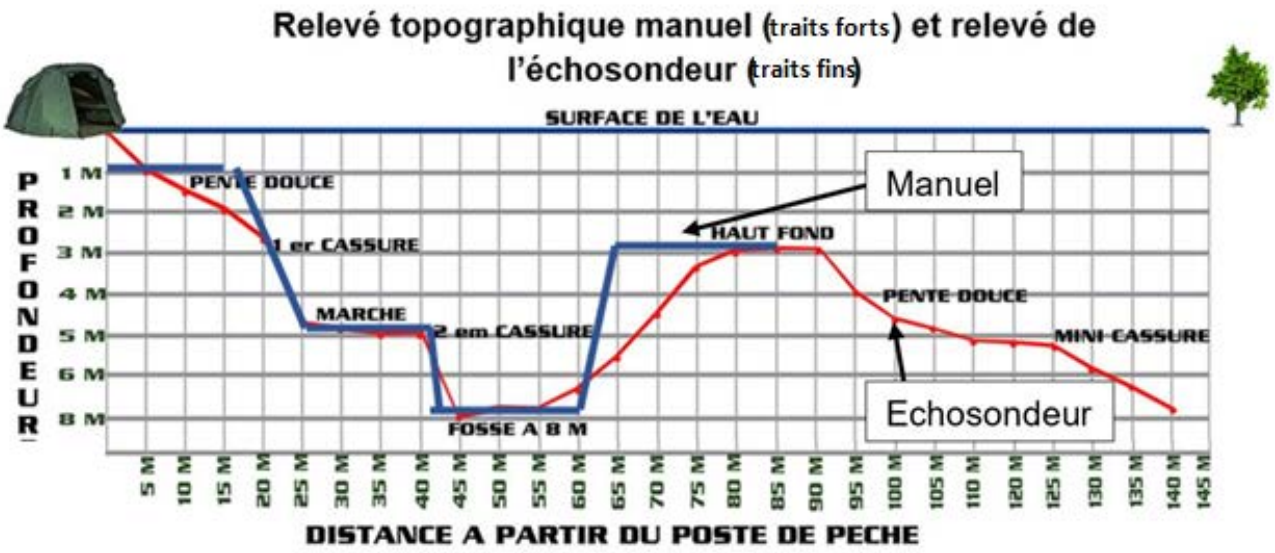


figure 16 : comparaison du relevé topographique manuel et avec l'échosondeur.

Question 10	À partir du relevé figure 16, donner la profondeur maximale de la zone de pêche. Dans ce cas, calculer le rayon R du faisceau large de l'échosondeur ainsi que la surface du champ de détection. Vérifier les exigences de performances de l'échosondeur.

Aujourd'hui, l'échosondeur intégré au bateau amorceur permet de cartographier et de transmettre sur un écran en temps réel tout ce qu'il y a sous le bateau en analysant le fond aquatique de la zone de pêche (profondeur, nature du fond, obstacles...).

En effectuant un balayage de la zone, le pêcheur peut alors visualiser précisément toutes les propriétés du fond et repérer les emplacements des différents poissons recherchés. Dans le bateau Feed'O, un module GPS est présent et le balayage d'une zone de pêche peut se faire automatiquement.

Étude de l'algorithme de déplacement

L'algorithme étudié permet de balayer une zone rectangulaire. L'utilisateur entre les coordonnées GPS de trois points du rectangle (dans ce cas A, B et C). Le calculateur détermine la position du point D. Un exemple de ces points est donné ci-dessous.

Point	A	B	C
Latitude φ	43.65695	43.65745	43.65819
Longitude λ	5.550390	5.551330	5.550480

Le calculateur détermine la position du point D. Le balayage s'effectue en suivant le parcours représenté en figure 17 (A, B, B_1, A_1, A_2, B_2, B_3, A_3…, Bn, An, C et D).

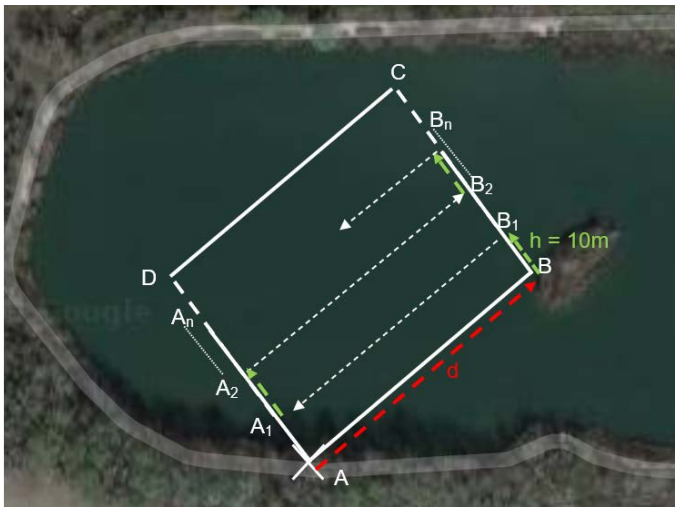
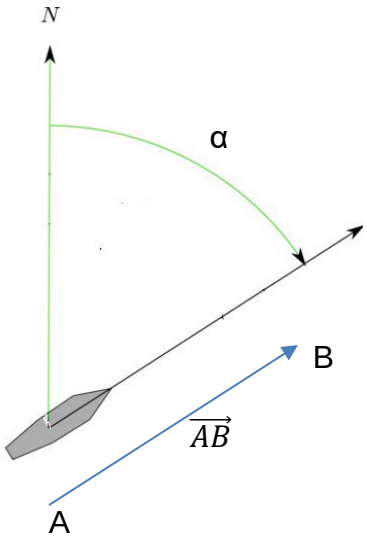


figure 17 : représentation schématique du balayage en vue de dessus de la zone de pêche

Les distances entre les points A, B et C et les coordonnées des points intermédiaires A_1 à A_n et B_1 à B_n de la figure 17 sont calculées automatiquement en fonction des coordonnées GPS initiales renseignées par l'utilisateur. Le bateau ne retourne au point initial A que s'il atteint le point final D.

Distance	[AB]	[BC]	[AC]
Mètres	94	107	142



Le calculateur détermine tous les caps à suivre et l'ensemble des points GPS à atteindre. Pour rappel, le cap est la direction vers laquelle est orienté le bateau. C'est l'angle α exprimé en degrés (de 0 à 360°), dans le sens des aiguilles d'une montre, entre la direction du nord et sa ligne de foi (son axe longitudinal).

Cet angle est donné par le capteur GPS. L'algorithme, présenté sur le document réponse DR1, permet de commander les deux moteurs du bateau.

Les différents caps à suivre sont représentés par la notation vectorielle. Ainsi, pour aller du point A au point B (figure 17), le bateau suivra le cap donné par $\overrightarrow{AB}$.

Question 11	Calculer le nombre total de points à atteindre pour la zone définie précédemment. Compléter l'algorigramme de balayage sur le document réponse DR1 avec les fonctions (avancer, pivoter à droite, pivoter à gauche) ainsi que le test manquant en s'inspirant du test précédent afin de garantir que la correction de cap soit fonctionnelle.

Question 12 DR1	Compléter l'algorigramme de balayage sur le document réponse DR1 avec les fonctions (avancer, pivoter à droite, pivoter à gauche) ainsi que le test manquant en s'inspirant du test précédent afin de garantir que la correction de cap soit fonctionnelle.

Question 13	Calculer et vérifier que la distance totale parcourue par le bateau pour balayer toute la zone et revenir au point de départ est inférieure à l'exigence d'autonomie. En déduire le temps moyen que mettra le bateau pour cartographier le fond.

La cartographie obtenue par balayage est représentée sur la figure 18.

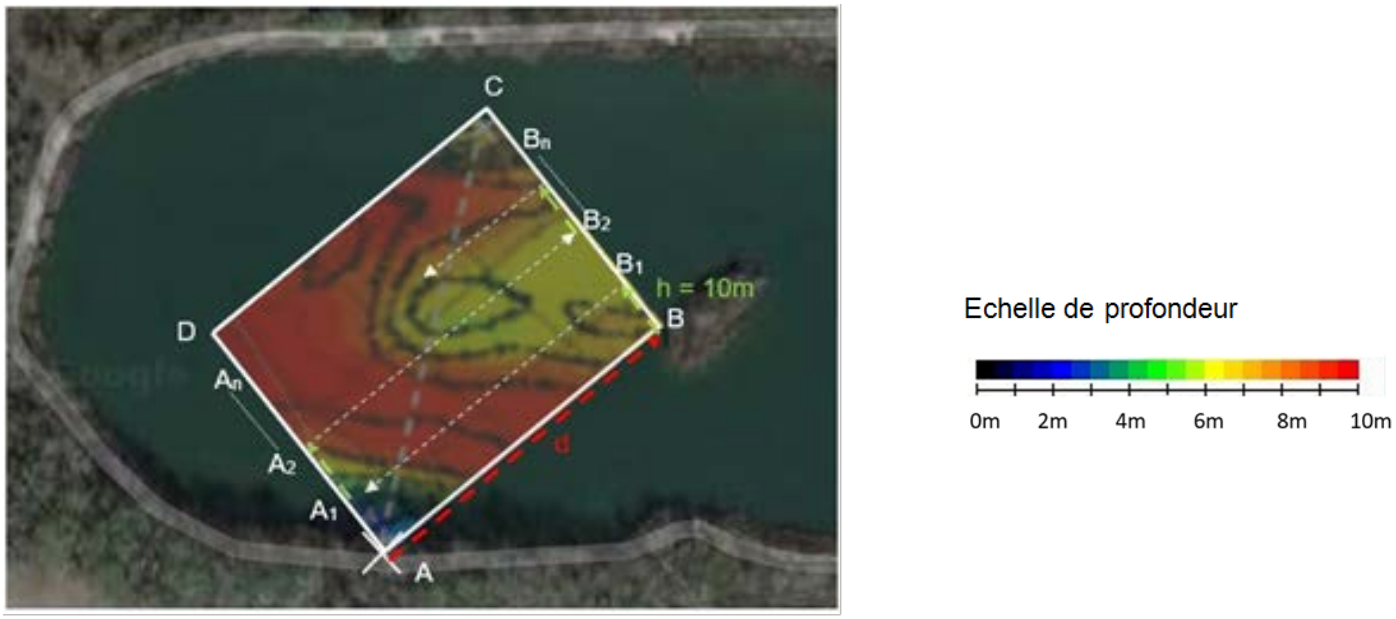


figure 18 : topographie de la zone de pêche obtenue avec l'échosondeur

Question 14	Quantifier et conclure sur les avantages de l'utilisation du bateau amorceur avec sondeur par rapport à un sondage manuel en termes de gain de temps et de connaissance du fond aquatique.

Sous-partie 3 – choix 2

Étude de l'autonomie du bateau

L'objectif de cette sous-partie est de vérifier l'autonomie du bateau dans le cas d'un sondage automatique.

Calcul de l'autonomie

L'utilisation du bateau amorceur nécessite de l'énergie électrique provenant de batteries. Le pêcheur doit rester vigilant à l'état de charge de celle-ci afin d'éviter tout échouage. La figure 19 représente les différents éléments électriques présents dans le bateau.

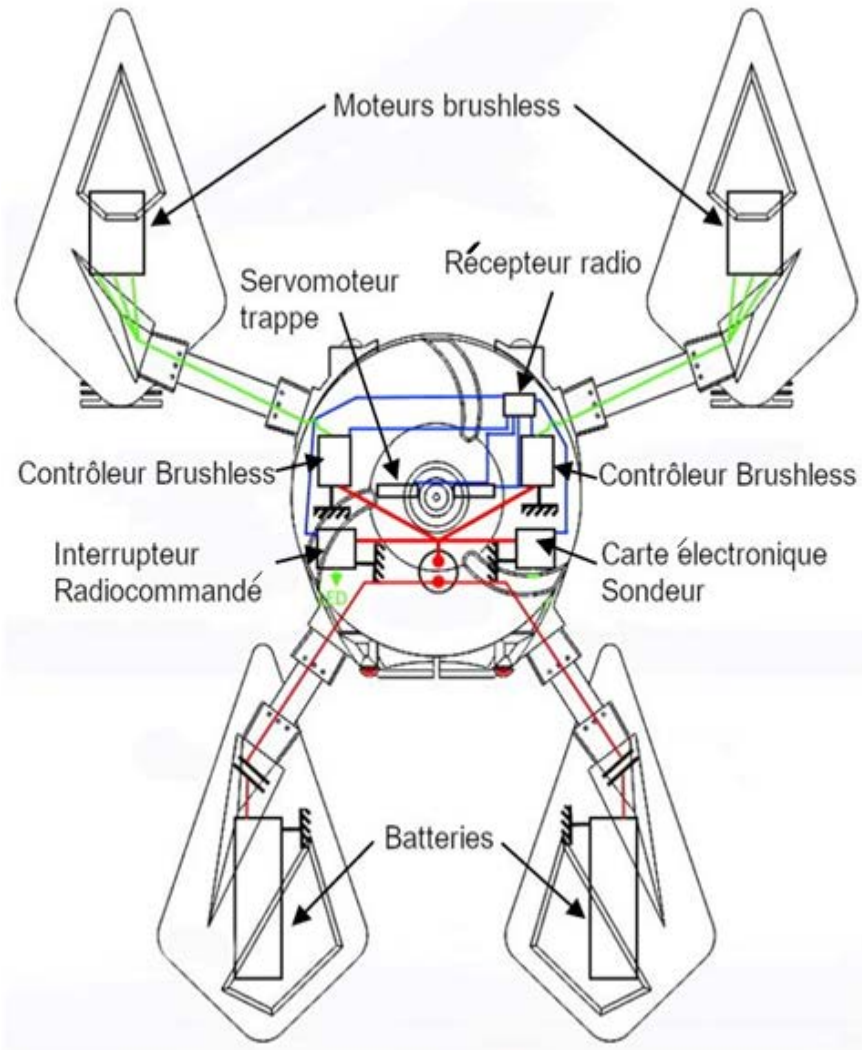


figure 19 : représentation simplifiée des éléments électriques

Question 15	Compléter le diagramme de blocs internes du bateau amorceur DR2 en renseignant les différents types d'énergie ainsi que les efforts et les flux correspondants dans la chaîne de puissance.
DR2	

L’énergie électrique, fournie par les batteries, doit permettre au bateau d’effectuer, au minimum, la cartographie du fond représentée sur la figure 18. Ni le fonctionnement manuel, ni la dépose d’appâts ne sont étudiés.

Question 16	À partir du diagramme de blocs, figure 20, calculer la puissance électrique globale du bateau.

Question 17	Montrer que la puissance des moteurs brushless est prépondérante devant les autres éléments.

Dans le cas où le bateau se déplace automatiquement, le dimensionnement des batteries utilisées doit être vérifié.

Question 18	Déterminer la quantité d’énergie électrique disponible dans le bateau.

Question 19	Calculer le temps de fonctionnement théorique du bateau amorceur et justifier l’utilisation de deux batteries.

Question 20	Déterminer la distance totale parcourue à vitesse moyenne par le bateau dans ces conditions. Conclure synthétiquement sur la capacité du bateau à satisfaire les exigences d’autonomie.

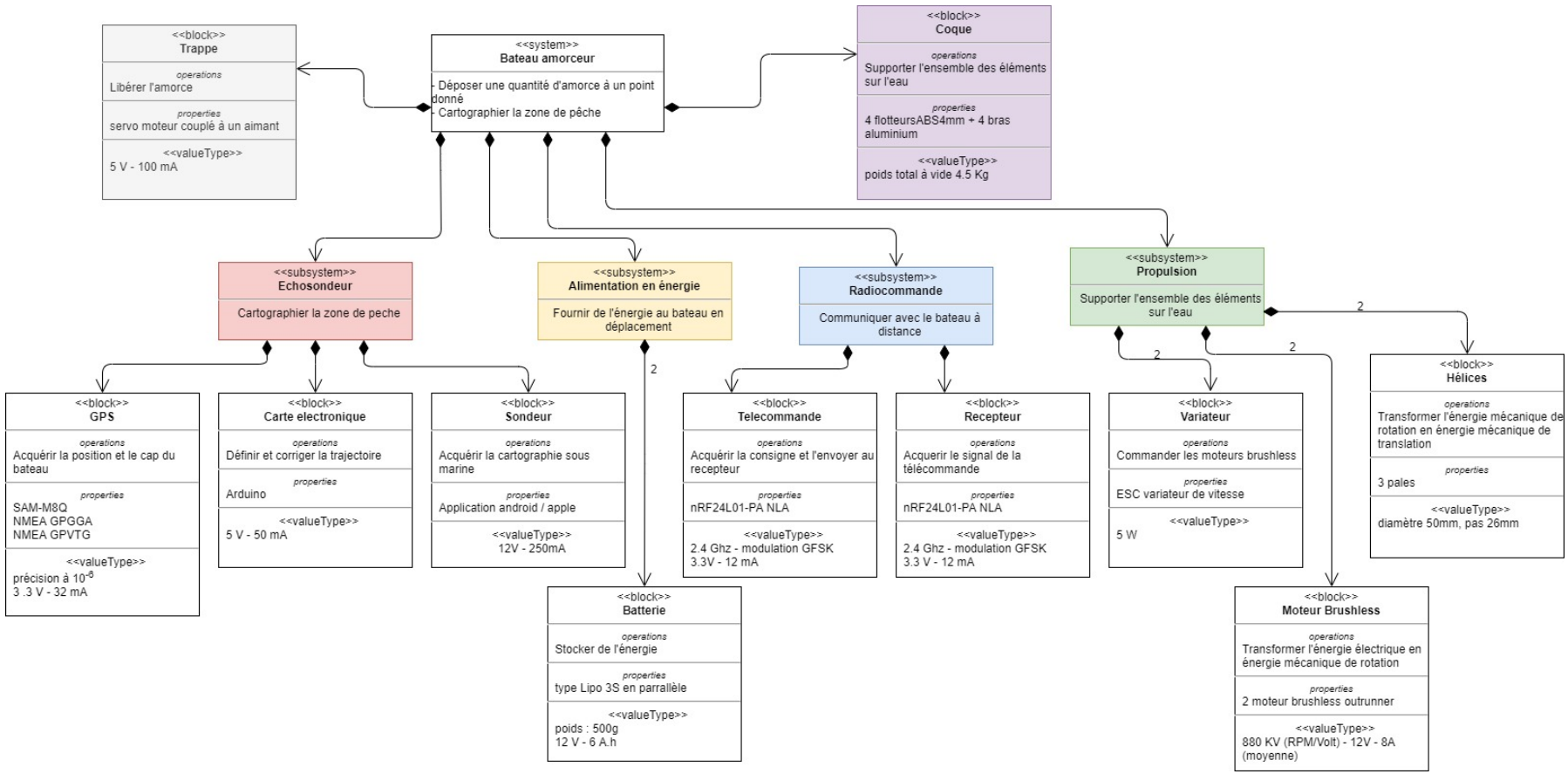
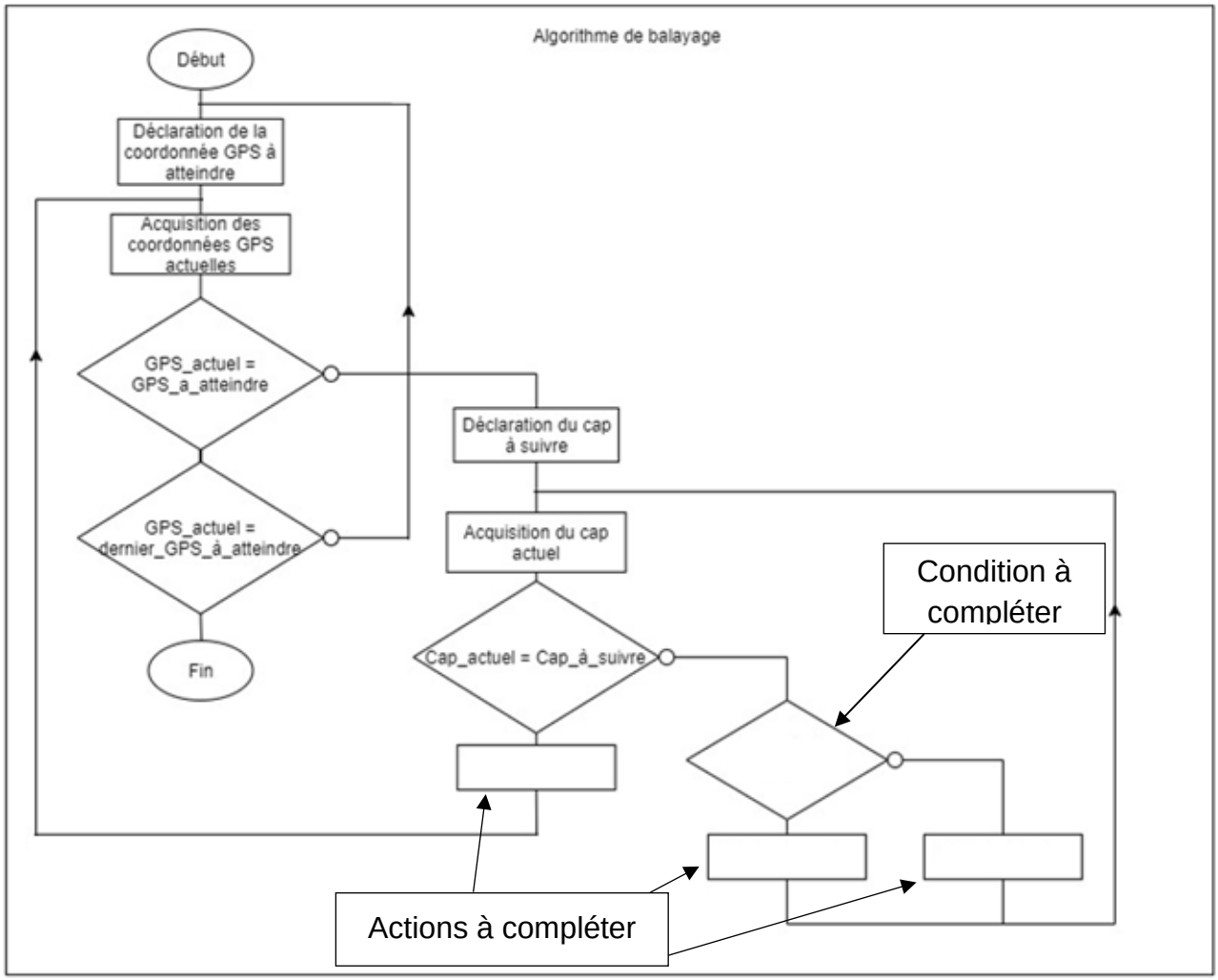


figure 20 : diagramme de blocs du bateau amorceur

DR1 - algorithme de déplacement du bateau en mode automatique

Question 12 – choix 1



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

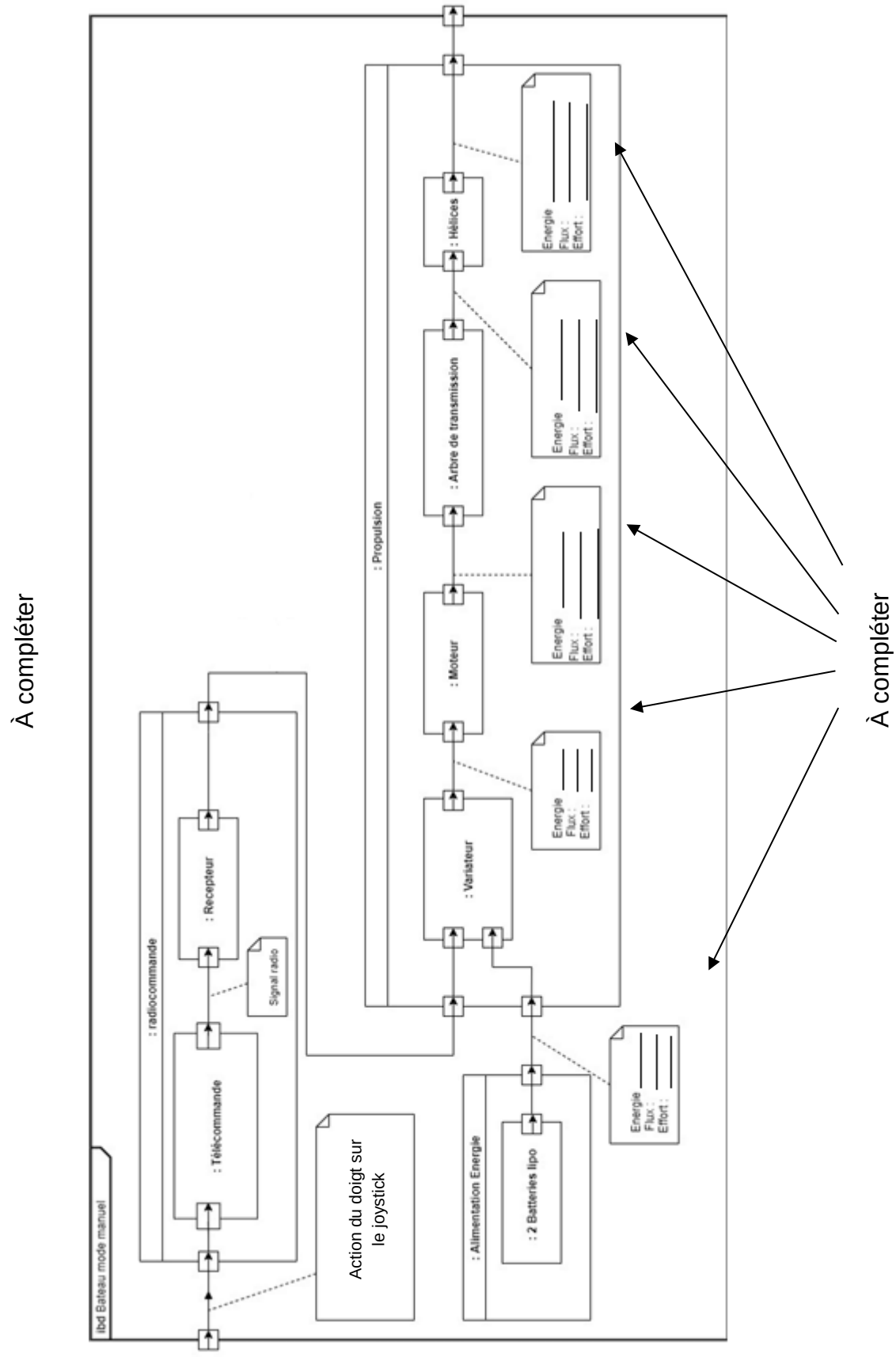
Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

DR2 – Diagramme de bloc interne

Question 15 – choix 2



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

Partie 2 – Sciences physiques

Les trois exercices proposés sont indépendants ; le candidat doit en traiter seulement deux. Chacun des exercices est noté sur 10.
Le candidat indiquera au début de sa copie les numéros des 2 exercices choisis.
Les mots clés présents en en-tête de chaque exercice, peuvent l'aider à effectuer son choix.
Les numéros des exercices traités doivent apparaitre clairement sur la copie.

EXERCICE I - Granulométrie du lactose

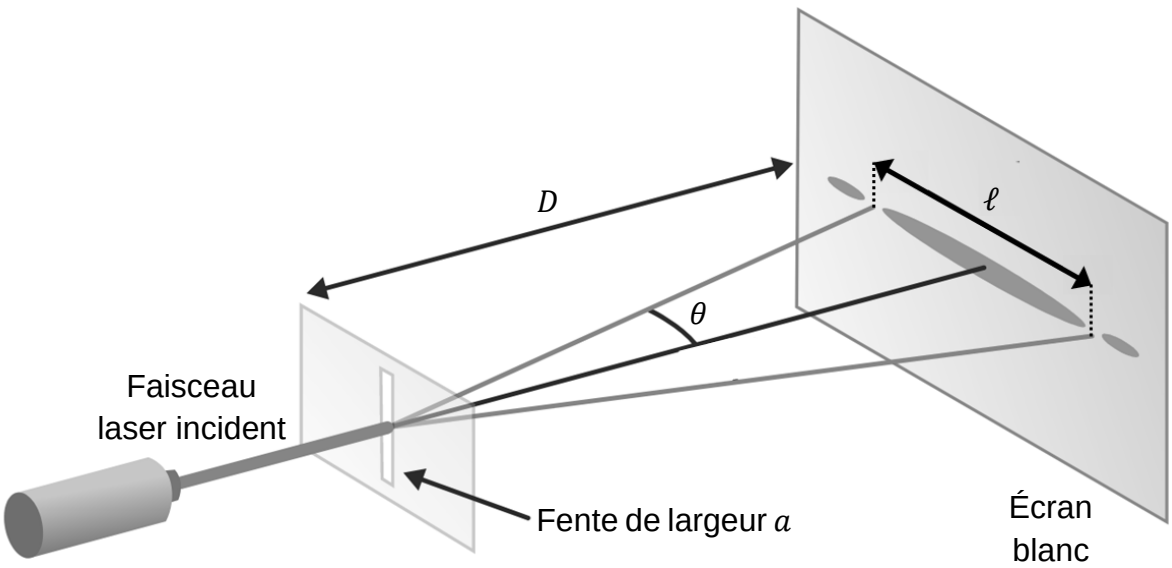
Mots clés : diffraction.

Le lactose, poudre blanche cristalline, légèrement sucrée, est un composé chimique largement utilisé comme excipient dans l'industrie pharmaceutique. Un excipient est une substance associée au principe actif d'un médicament et dont la fonction est de faciliter l'administration, la conservation et le transport de ce principe actif jusqu'à son site d'absorption. Les poudres de lactose sont fabriquées en modifiant de façon sélective la taille ou la forme des grains qui les composent.

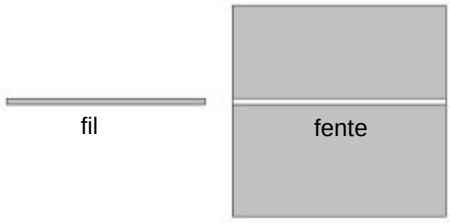
L'objectif de l'exercice est d'étudier une application industrielle du phénomène de diffraction laser : la granulométrie laser.

Il s'agit d'une technique qui permet la mesure de la taille de particules, comprises entre 0,05 µm et 900 µm. Elle convient particulièrement à tout type de poudre.

La figure ci-dessous présente le schéma du montage de diffraction avec une fente.



Théorème de Babinet



Deux objets sont complémentaires si les parties opaques de l'une correspondent à des parties transparentes de l'autre et inversement. Les figures de diffraction de deux objets complémentaires sont identiques.
Par exemple, la figure de diffraction d'un fil de diamètre a est identique à celle d'une fente de largeur a.

On réalise au laboratoire une expérience afin d'illustrer le principe de la mesure de la taille d'un objet de faible dimension en mesurant le diamètre d'un fil par diffraction.

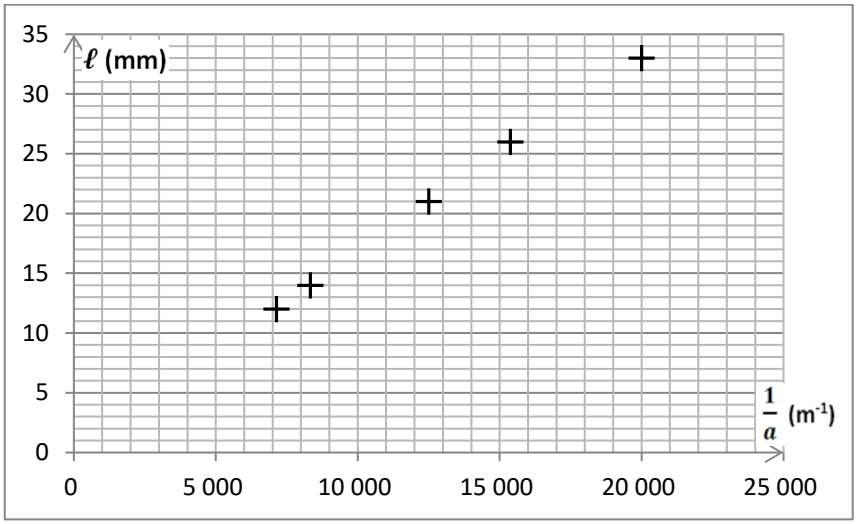
Lors de l'expérience, on intercale successivement cinq fils calibrés (de diamètres a connus) sur le trajet d'un faisceau laser de longueur d'onde λ. Sur un écran blanc placé à une distance D du fil utilisé, on observe une figure de diffraction : ℓ représente la largeur de la tache centrale et θ l'angle caractéristique de diffraction.

Données :

- approximations des petits angles, exprimés en radians : $\sin\theta \approx \theta$ et $\tan\theta \approx \theta$;
- accord d'une mesure avec une valeur de référence : le résultat d'une mesure est considéré en accord avec une valeur de référence si la valeur du quotient $\frac{|x-x_{ref}|}{u(x)}$ est inférieure ou égale à 2.
  avec :
  - x : la valeur mesurée,
  - x_{ref} : la valeur de référence,
  - $u(x)$: l'incertitude-type.

1. On fait l'hypothèse que l'angle caractéristique de diffraction est petit. La largeur de la tache centrale de diffraction peut s'exprimer sous la forme : $\ell = k \times \frac{1}{a}$. Donner l'expression de la constante k en fonction de D et λ.

La figure ci-après représente $\ell = f\left(\frac{1}{a}\right)$, largeur de la tache centrale de diffraction en fonction de l'inverse du diamètre des fils calibrés :



2. Déterminer graphiquement la valeur de la constante k en m^2, avec trois chiffres significatifs, en faisant apparaître la démarche sur le document-réponse de **l'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**.

Afin d'en mesurer le diamètre, l'expérience précédente a été reproduite dans les mêmes conditions expérimentales mais avec un sixième fil.
La mesure de la largeur de la tache centrale de diffraction a donné : ℓ = 17,0 mm.
L'incertitude-type sur la mesure réalisée est : $u(\ell)$ = 0,5 mm.
La modélisation du nuage de points $\ell = f\left(\frac{1}{a}\right)$ par un tableur-grapheur a fourni la valeur de la constante k avec son incertitude-type associée : k = 1,67 × 10^{-6} m^2 et $u(k)$ = 0,04 × 10^{-6} m^2.

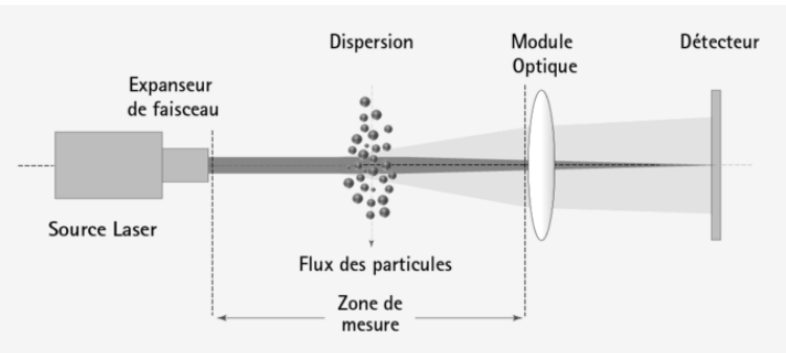
3. Calculer la valeur expérimentale du diamètre a_{fil} du fil puis son incertitude-type associée définie par :

$$u(a_{fil}) = a_{fil} \times \sqrt{\left(\frac{u(\ell)}{\ell}\right)^2 + \left(\frac{u(k)}{k}\right)^2}$$

4. Comparer avec la valeur de 100 μm annoncée par le fabricant.

Dans un granulomètre, la figure de diffraction est obtenue en réalisant la mesure en lumière parallèle.

Dans cette situation expérimentale, représentée dans la figure ci-dessous, la taille de particule que l'on souhaite déterminer correspond toujours au diamètre moyen d'une ouverture circulaire ayant la même figure de diffraction.



Données :

- la figure de diffraction obtenue lors du passage de la lumière à travers une ouverture circulaire est constituée d'une tâche centrale circulaire brillante et d'une alternance de cercles concentriques brillants et sombres ;
- dans l'approximation des petits angles, l'angle caractéristique de diffraction θ pour une ouverture circulaire a pour expression : $\theta = 1{,}22 \times \frac{\lambda}{a}$ avec λ la longueur d'onde de la lumière utilisée et a le diamètre de l'ouverture.

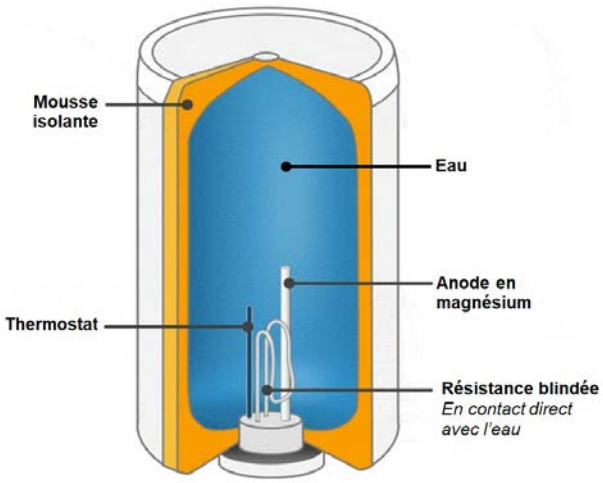
5. Les particules de lactose sont assimilées à des sphères. Décrire qualitativement l'allure de la figure de diffraction obtenue au cours de la mesure effectuée au granulomètre.

EXERCICE II - Eau chaude sanitaire

Mots clés : bilans énergétiques, premier principe de la thermodynamique, transfert thermique, travail

L'eau chaude sanitaire est le deuxième poste de dépense en électricité des foyers de France après le chauffage. Selon le fournisseur d'énergie EDF, elle représente entre 11 % et 15 % de la dépense totale**.**

Un chauffe-eau électrique, encore appelé cumulus ou ballon d'eau chaude, se compose principalement d'une cuve isolée (grâce à une mousse isolante) qui maintient l'eau à bonne température, et d'une résistance blindée qui permet la montée en température de l'eau.
Cette isolation interne est généralement insuffisante et n'empêche pas les déperditions thermiques.
La température idéale de l'eau contenue dans un chauffe-eau se situe aux alentours de 55 à 60 °C. Au-delà de 65 °C, le risque d'apparition de tartre augmente. À l'inverse, une température trop basse (moins de 50 °C) peut favoriser le développement de bactéries comme la salmonelle.



Le but de l'exercice est d'étudier des moyens pour diminuer la facture énergétique annuelle liée à la consommation d'eau chaude sanitaire.

Le système d'étude est l'eau liquide contenue dans le ballon.

Données :

- l'eau liquide est un fluide incompressible ;
- capacité thermique massique de l'eau liquide : c_{eau} = 4,18 kJ·kg^{-1}·K^{-1} ;
- masse volumique de l'eau liquide : ρ_{eau}= 1,00 kg·L^{-1}.

On considère une famille de quatre personnes habitant une maison individuelle équipée d'un chauffe-eau électrique. L'eau admise dans le ballon, de volume 200 L, est chauffée de 15 °C à 60 °C une fois par jour en moyenne.

1. Indiquer le mode de transfert thermique qui permet d'uniformiser la température de l'eau au sein du ballon.

2. Déterminer la valeur de la variation d'énergie interne du système sur une journée.

Le chauffe-eau est installé dans une buanderie dans laquelle la température de l'air est de 20 °C, considérée constante.

La résistance thermique des parois du ballon contenant l'eau chaude est R_{th} = 0,624 K·W^{-1}.

3. Donner l'expression du flux thermique ϕ à travers les parois du ballon, entre l'eau chaude et l'air de la buanderie. Calculer sa valeur lorsque la température de l'eau est de 60 °C. Préciser le sens du transfert thermique.

4. Vérifier que la valeur de l'énergie perdue sur une journée par l'eau du ballon sous forme de transfert thermique vers l'air extérieur est environ $Q_{journée}$ = 5,5 × 10^6 J. On négligera les pertes thermiques pendant la phase de chauffage.

La résistance blindée du chauffe-eau convertit l'énergie qu'elle reçoit par travail électrique $W_{él}$ en énergie thermique. On considère que cette énergie est restituée intégralement par transfert thermique à l'eau du ballon, en contact direct avec la résistance.

5. En appliquant le premier principe de la thermodynamique à l'eau du ballon et en tenant compte des pertes thermiques à travers les parois du ballon, montrer que la consommation d'énergie électrique de la famille pour produire 200 L d'eau chaude sanitaire par jour a pour valeur environ 4,3 × 10^7 J.
Pour cette question, la rigueur des calculs, la rédaction du raisonnement et toute initiative prise durant la démarche, même non aboutie, seront valorisées lors de la correction.

EXERCICE III - Mission Mars 2020 : le portrait - robot de « Persévérance »

Mots clés : description d'un mouvement, mouvement dans un champ uniforme

Le rover américain Persévérance, qui s'est posé sur la planète Mars le 18 février 2021 dans le cratère Jezero, est un véhicule de la taille d'une voiture et équipé de multiples capteurs et instruments de mesure.
Après six mois et demi de voyage environ, le rover américain, protégé dans sa capsule, a accompli un enchaînement délicat et rigoureux d'actions pour se poser. Tout s'est joué en seulement 7 minutes : « les sept minutes de terreur ».
Cet enchainement délicat se déroule en 4 phases ; comme présenté sur la figure 1 :

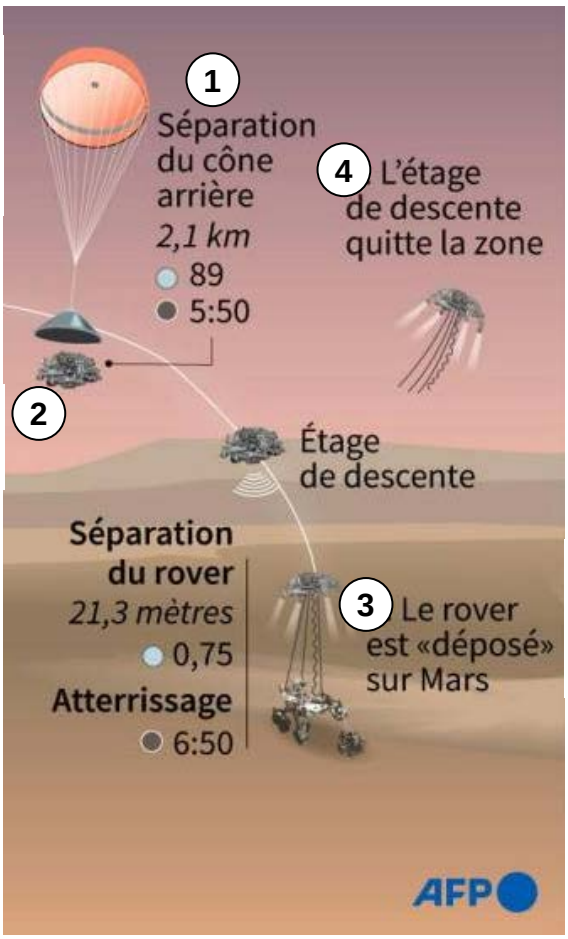
- phase 1 : la descente ralentie du Sky Crane portant le rover
- phase 2 : le surplace du Sky Crane
- phase 3 : la descente à vitesse constante suivie du dépôt du rover
- phase 4 : l'éjection du Sky Crane





Phase 1 : la descente ralentie du Sky Crane portant le rover

Phase 2 : le surplace du Sky Crane



Phase 4 : l'éjection du Sky Crane

Phase 3 : de la descente à vitesse constante au dépôt du rover

Source : NASA

Figure 1 - Fin de l'atterrissage de Persévérance sur Mars : « Extrait des 7 minutes de terreur »

Donnée :

- intensité du champ de pesanteur au voisinage de la surface de Mars : $g = 3{,}7$ m·s^{-2}

Études cinématique et dynamique lors de la descente autopropulsée (phases 1 à 3)

Dans cette première question, le système étudié est l'ensemble « Sky Crane + rover Persévérance » (assimilé à un point matériel) dans un référentiel considéré galiléen lié à Mars. Pour simplifier l'étude, on considèrera que les mouvements étudiés sont rectilignes et que les frottements sont négligeables.

1. Compléter le tableau situé en **l'ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE**. On notera $\vec{F}$ la force de propulsion des rétrofusées du Sky Crane, qui permettent de ralentir ou d'empêcher la descente de l'ensemble. Les vecteurs (forces, vitesse ou accélération) seront représentés sans souci d'échelle. Leurs longueurs devront cependant être cohérentes avec la situation étudiée ainsi qu'avec leurs évolutions au cours du temps.

Éjection du Sky Crane une fois le rover déposé (phase 3 à 4)

Pour la suite de cette partie, le système étudié est limité au seul Sky Crane, assimilé à un point matériel, noté M. Dès que le rover a été déposé, le Sky Crane monte à la verticale jusqu'à une altitude *H* de 60,0 m au-dessus du sol martien, puis s'incline d'un angle $\alpha = 45{,}0$ ° par rapport à l'horizontale et une force propulsive l'éjecte loin du lieu d'atterrissage du rover, avec une vitesse initiale $v_0 = 25{,}0$ m·s^{-1}. La force propulsive cesse à $t = 0$ s.

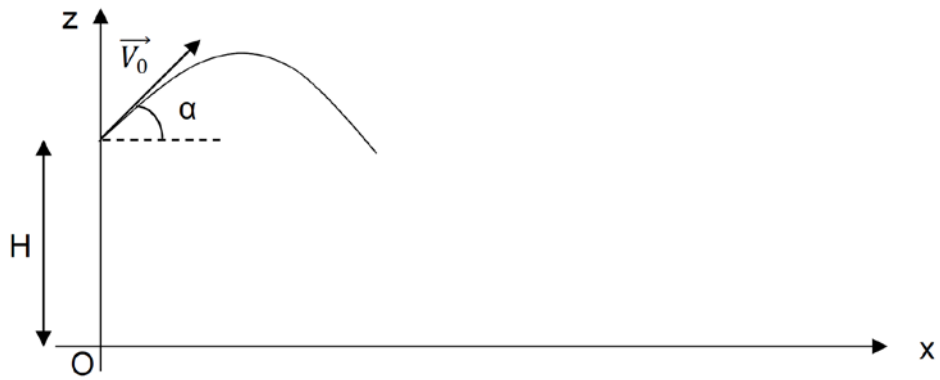


Figure 2

2. À partir de $t = 0$ s, les forces de frottements sont négligées. Citer la seule force s'appliquant sur le Sky Crane et qualifier ainsi la nature de la chute ainsi obtenue.

3. Établir l'expression des composantes de l'accélération, celles de la vitesse du Sky Crane et enfin celle des coordonnées de sa position en fonction du temps.

4. Montrer que l'équation de la trajectoire du Sky Crane s'écrit :

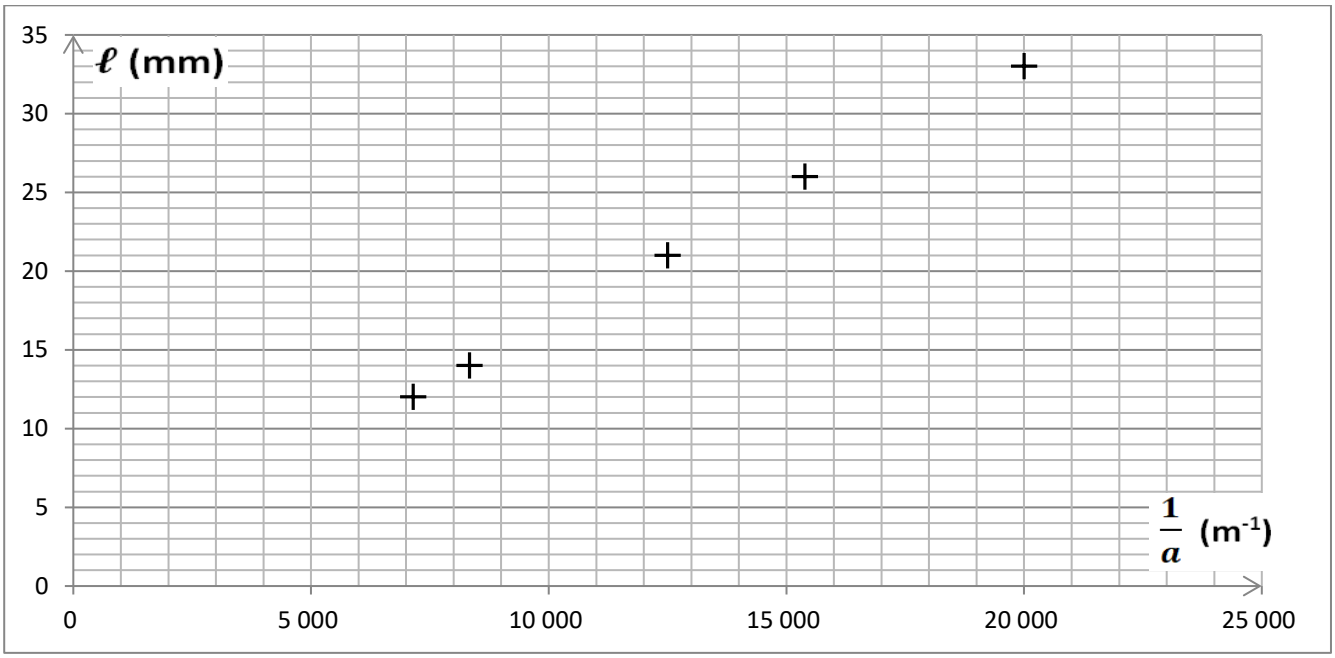
$$z(x) = -\frac{1}{2} g \times \left(\frac{x}{v_0 \times cos\alpha}\right)^2 + x \times tan\alpha + H$$

Préciser le type de trajectoire auquel correspond cette équation.

5. Pour des questions de sécurité évidente et afin de ne pas endommager le rover Persévérance qui a été déposé sur le sol martien en O, le Sky Crane doit être éjecté au minimum à 200 m de distance du lieu d'atterrissage du rover. Dans ces conditions opératoires, vérifier que le Sky Crane atteint bien la distance de sécurité.
Pour cette question, la rigueur des calculs, la rédaction du raisonnement et toute initiative prise durant la démarche, même non aboutie, seront valorisées lors de la correction.

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

Document-réponse : EXERCICE I, question 2.



Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

ANNEXE À RENDRE AVEC LA COPIE

Document-réponse : EXERCICE III question 1

Indiquer $\vec{v} = \vec{0}$ ou $\vec{a} = \vec{0}$ si nécessaire. (phases 1 à 3)

Mouvement étudié	**Étude cinématique** (représenter $\vec{v}$ et $\vec{a}$)	**Étude dynamique** (représenter $\vec{F}$)	**Justifier l'étude dynamique à partir d'une loi**
La descente ralentie entre (1) et (2).	•	$\vec{P}$	
Le surplace (2).	•	$\vec{P}$	
La descente à vitesse constante entre (2) et (3).	•	$\vec{P}$	

Modèle CCYC : ©DNE

NOM DE FAMILLE (naissance) :
(en majuscules)

PRENOM :
(en majuscules)

N° candidat :

N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation, si besoin demander à un surveillant.)

Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Né(e) le : ☐☐ / ☐☐ / ☐☐☐☐

1.2

Copyright © 2027 FormaV®. Tous droits réservés.

FormaV® est une marque déposée auprès de l'INPI sous le numéro 5227897.

Ce document a été élaboré par FormaV® avec le plus grand soin afin d'accompagner chaque apprenant vers la réussite de ses examens. Son contenu (textes, graphiques, méthodologies, tableaux, exercices, concepts, mises en forme) constitue une œuvre protégée par le droit d'auteur.

Toute copie, partage, reproduction, diffusion ou mise à disposition, même partielle, gratuite ou payante, est strictement interdite sans accord préalable et écrit de FormaV®, conformément aux articles L.111-1 et suivants du Code de la propriété intellectuelle. Dans une logique anti-plagiat, FormaV® se réserve le droit de vérifier toute utilisation illicite, y compris sur les plateformes en ligne ou sites tiers.

En utilisant ce document, vous vous engagez à respecter ces règles et à préserver l'intégrité du travail fourni. La consultation de ce document est strictement personnelle.

Merci de respecter le travail accompli afin de permettre la création continue de ressources pédagogiques fiables et accessibles.