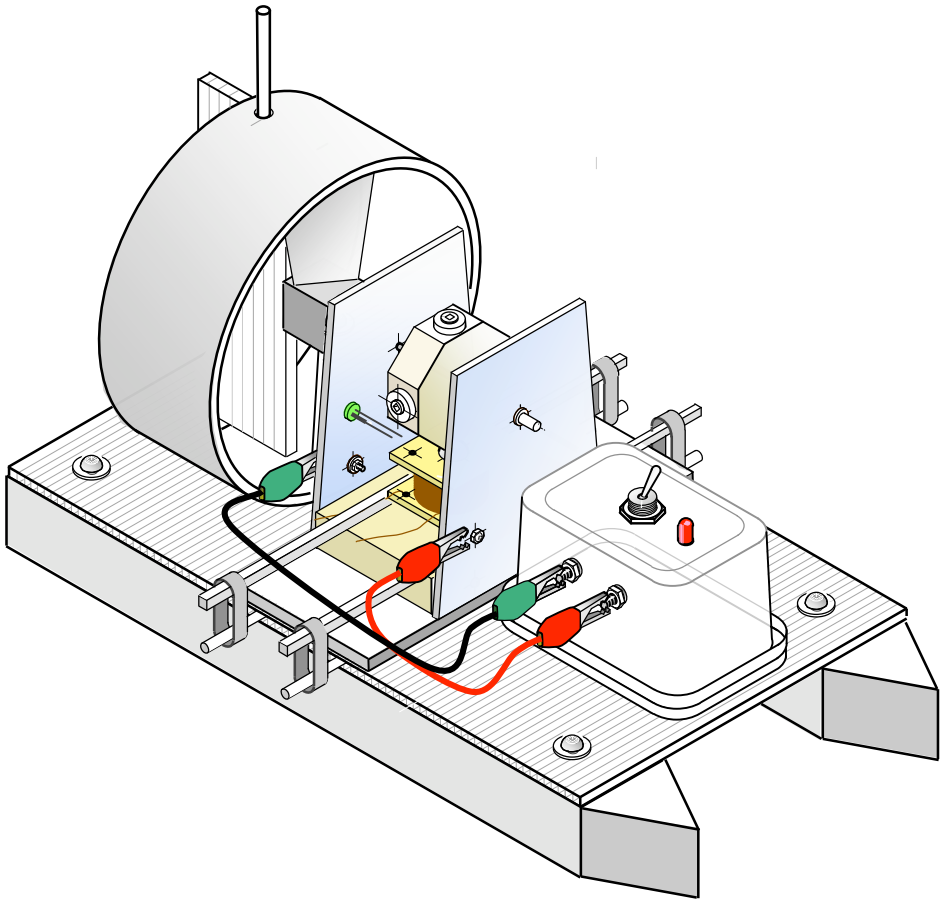
centre de développement pédagogique
pour la formation générale en science et technologie

Document de travail

L'HYDROGLISSEUR ÉLECTRIQUE



CAHIER DE L'ÉLÈVE

Octobre 2010

Table des matières

À vos marques, prêt *3*

Réchauffons-nous un peu ! *4*

Il est temps d'en savoir un peu plus ! *5*

Carte d'exploration « Circuit » 6
Carte d'exploration « Magnétisme » 7
Carte d'exploration « Électromagnétisme » 8
Carte d'exploration « Mesure » 9
Carte d'exploration « Puissance et énergie électrique » 10
Carte d'exploration « Énergie potentielle gravitationnelle » 11
Carte d'exploration « Vitesse moyenne et énergie cinétique » 12

Maintenant, c'est à vous de jouer ! *13*

Analyse du MIM *14*

Principaux composants du MIM 14
Questionnaire sur le fonctionnement du MIM 15

Fabrication du MIM (sans le support de interrupteur magnétique) *19*

Cahier des charges du support de l'interrupteur *21*

Conception du support de l'interrupteur magnétique *22*

Mise à l'essai du MIM (étude de ses caractéristiques) *25*

Il est encore temps d'en savoir un peu plus ! *29*

Présentation du principe d'Archimède 30
Questionnaire sur le principe d'Archimède 32
Présentation du principe de Bernoulli 35
Hélice et principe de Bernoulli 36

Cahier des charges de l'hélice *47*

Conception de deux pales indentiques *48*

Activité de synthèse *51*

Déroulement de la course 51
Divers calculs liés à la course 52
Réseaux de concepts 53
Réflexion sur vos aspirations professionnelles 55

À vos marques, prêt…

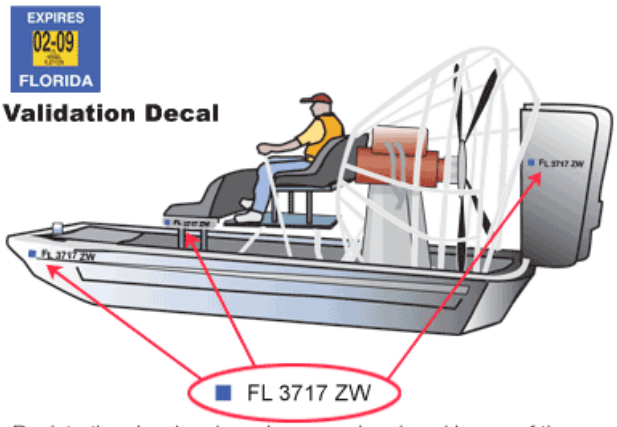
NOTE **Cette activité a été élaborée dans le cadre de sessions de formation. Elle nécessite des adaptations avant d'être proposée aux d'élèves.**





Que diriez-vous d'une course ? Une compétition d'hydroglisseurs électriques. Oui, un hydroglisseur, ce genre de bateau propulsé par une hélice d'avion. Les états-uniens s'en servent pour se déplacer dans les marais comme dans les Everglades en Floride. Les «airboats», comme on les appelle là-bas, peuvent aisément se déplacer à travers les broussailles. C'est très pratique pour ne pas arriver face à face avec un alligator. Vous pouvez en voir un en action à l'adresse suivante : http://www.jimpinson.com/boat.htm

Nous pourrions faire notre course à la mare à grenouilles du coin mais une piscine propre ou même un bain peut aussi bien faire l'affaire. Un tel projet nous permettrait de toucher beaucoup de choses au programme d'une façon bien concrète et agréable. Allez, je suis certain que vous allez «triper» !



Registration decal and numbers may be placed in one of three areas on the port side of an airboat.

Bon c'est décidé, on se lance! Il faudra penser à bien des choses : les performances du moteur et de l'hélice que vous allez fabriquer, la durée de vie de la batterie, l'équilibre de l'hydroglisseur, etc.



Allez, ingénieurs en herbe, à vos crayons, perceuses et fers à souder. Il y a une course à gagner!

Réchauffons-nous un peu !



Voici un lien Internet qui vous montre comment fabriquer un moteur électrique très simple à comprendre. Même si ce moteur ne peut pas vraiment effectuer de travail, il peut quand même piquer votre curiosité.

Fabrication d'un moteur électrique très simple.
http://www.bofunk.com/video/6361/make_a_cool_simple_electric_motor_in_minutes.html

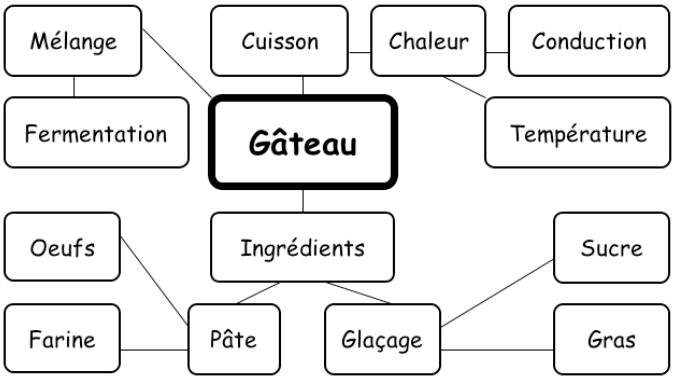
Au cours des dernières années vous avez eu l'occasion d'étudier plusieurs concepts utiles à la fabrication du moteur électrique de votre hydroglisseur. Cette section vous permettra de rafraîchir votre mémoire.

Prenez donc quelques minutes pour essayer de compléter cette carte liée à l'étude de l'électricité.

Cette carte vous permettra d'organiser vos connaissances d'une façon visuelle.

Par la suite, une plénière permettra à toute la classe de mettre en commun les réflexions.

Exemple d'un réseau de concepts



Réseau de concepts

Ingénierie électrique

Il est temps d'en savoir un peu plus !

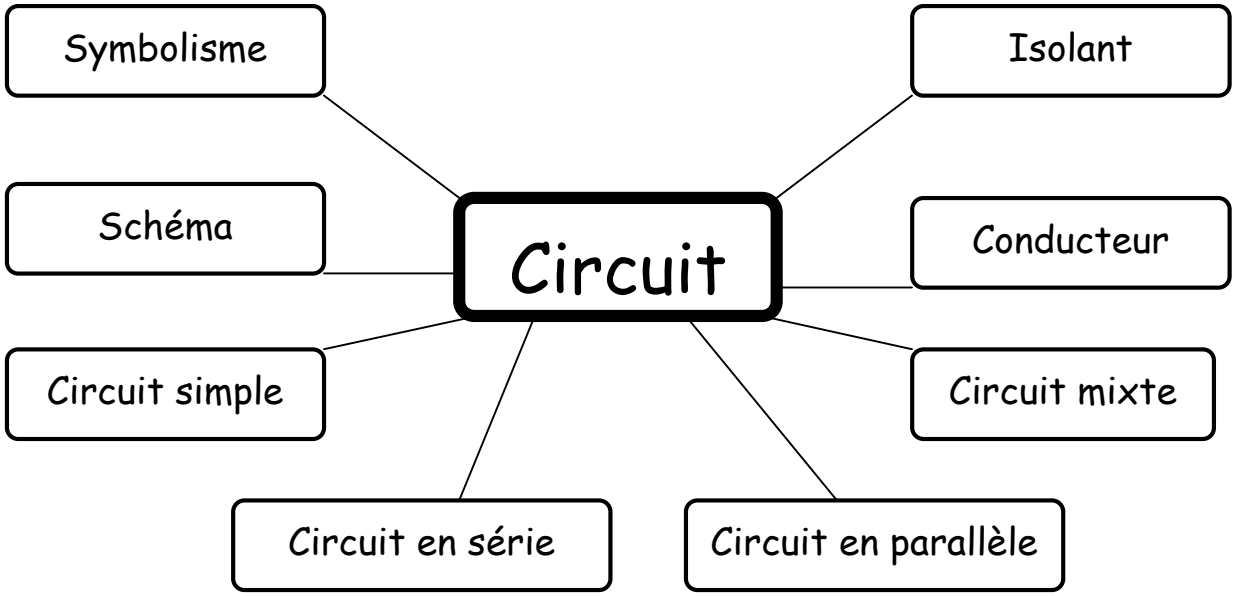


Il est maintenant temps de faire de nouveaux apprentissages. Voici maintenant diverses activités qui vous permettront de mieux comprendre le fonctionnement d'un moteur électrique. Voici donc une liste des sujets qui seront traités :

1. **L'électricité** (Loi d'Ohm, circuits électriques, puissance et énergie électrique)
2. **L'électromagnétisme** (Force d'attraction et répulsion, champ magnétique d'un solénoïde)
3. **Transformation de l'énergie** (Loi de la conservation de l'énergie, rendement) et *énergie potentielle gravitationnelle pour le cours optionnel seulement*
4. **Ingénierie électrique** (Fonction d'alimentation, de conduction, d'isolation, de protection, de commande et de transformation d'énergie)

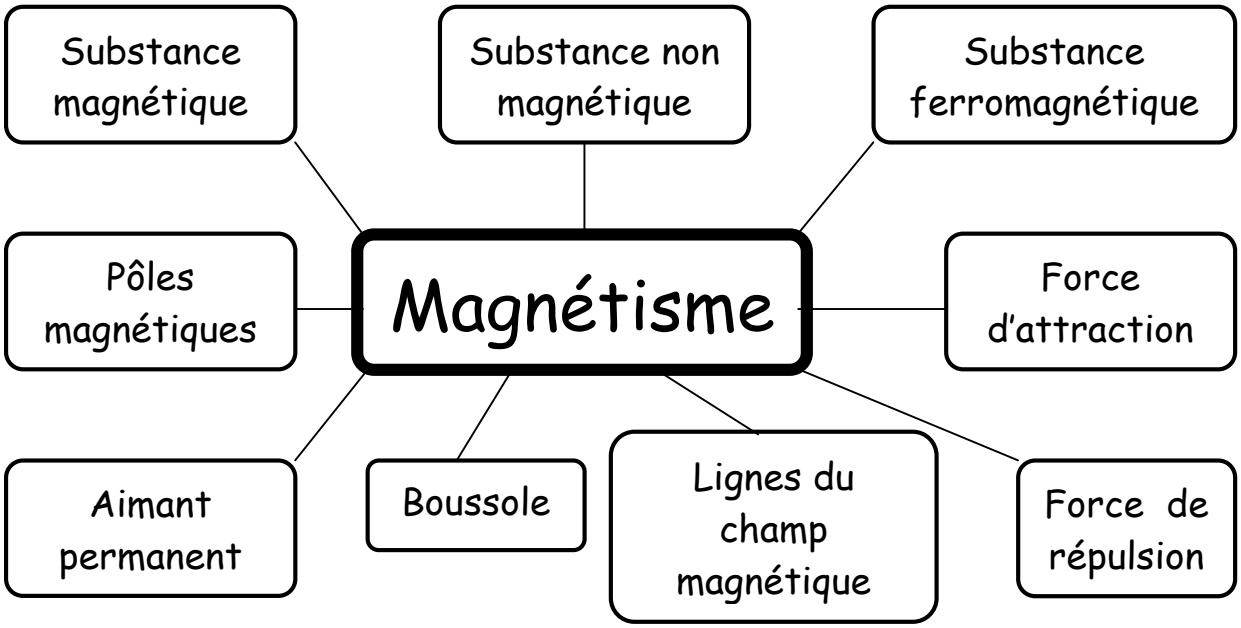
Vous trouverez aux pages suivantes des cartes d'exploration qui couvrent les activités d'apprentissage vécues en classe. Pour chacune des ces cartes, indiquez ce qui est important de retenir.

Carte d'exploration « Circuit »



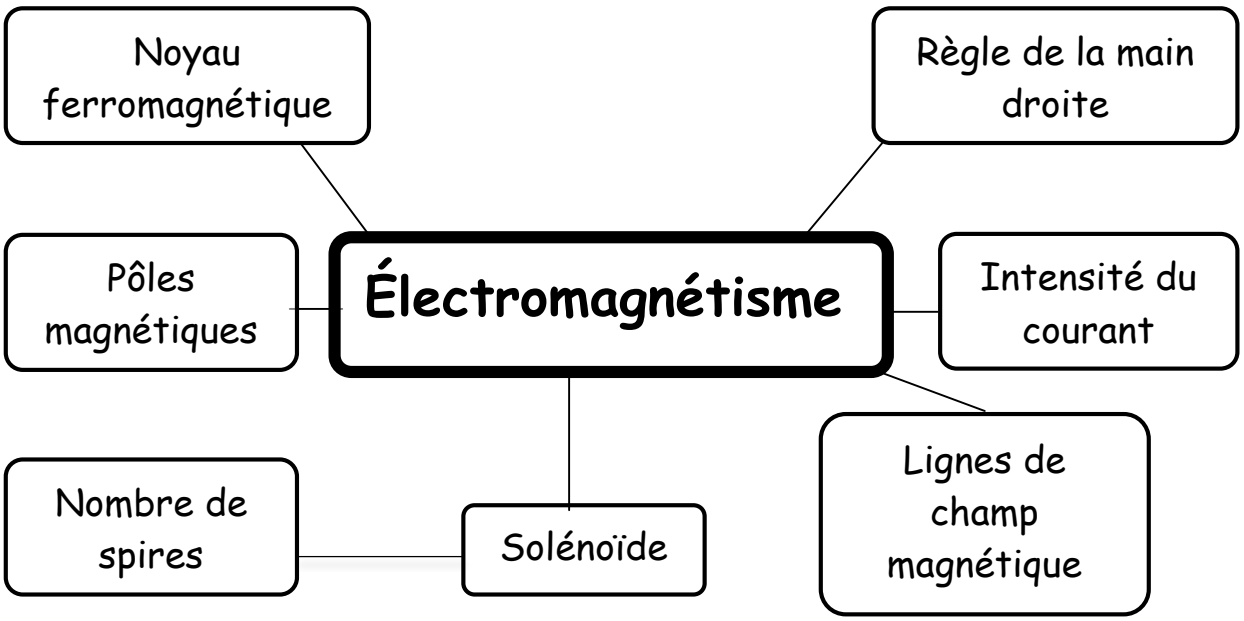
Ce qu'il faut retenir

Carte d'exploration « Magnétisme »



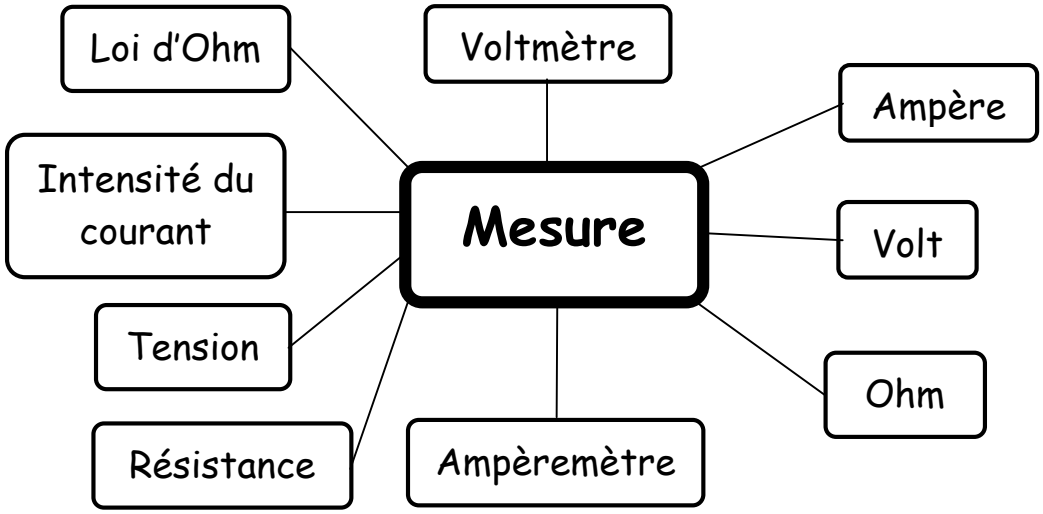
Ce qu'il faut retenir

Carte d'exploration « Électromagnétisme »



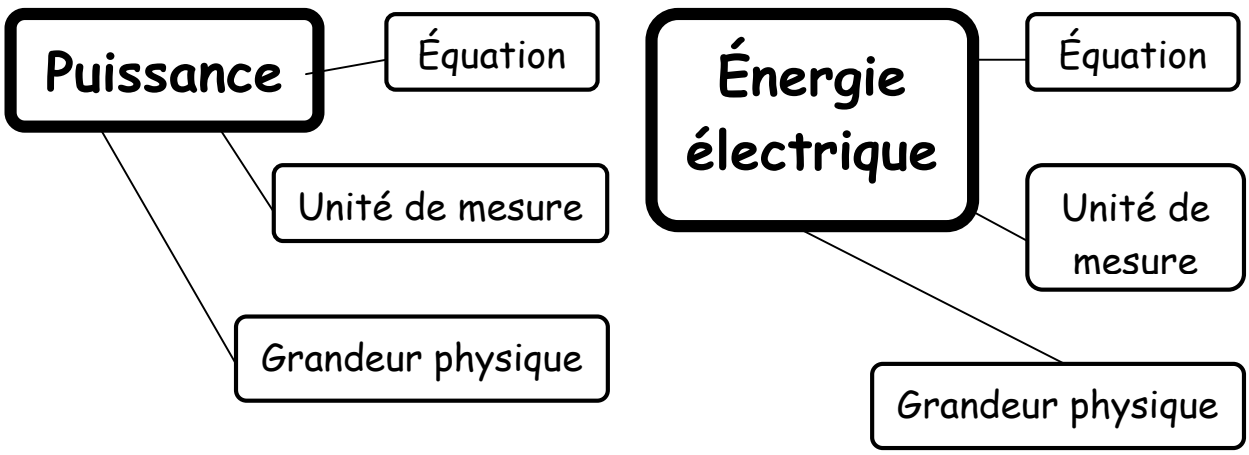
Ce qu'il faut retenir

Carte d'exploration « Mesure »



Ce qu'il faut retenir

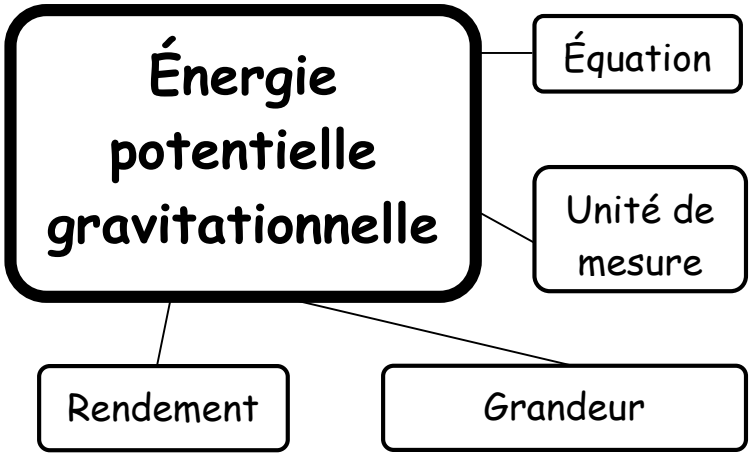
Carte d'exploration « Puissance et énergie électrique »



Ce qu'il faut retenir

Carte d'exploration « Énergie potentielle gravitationnelle »

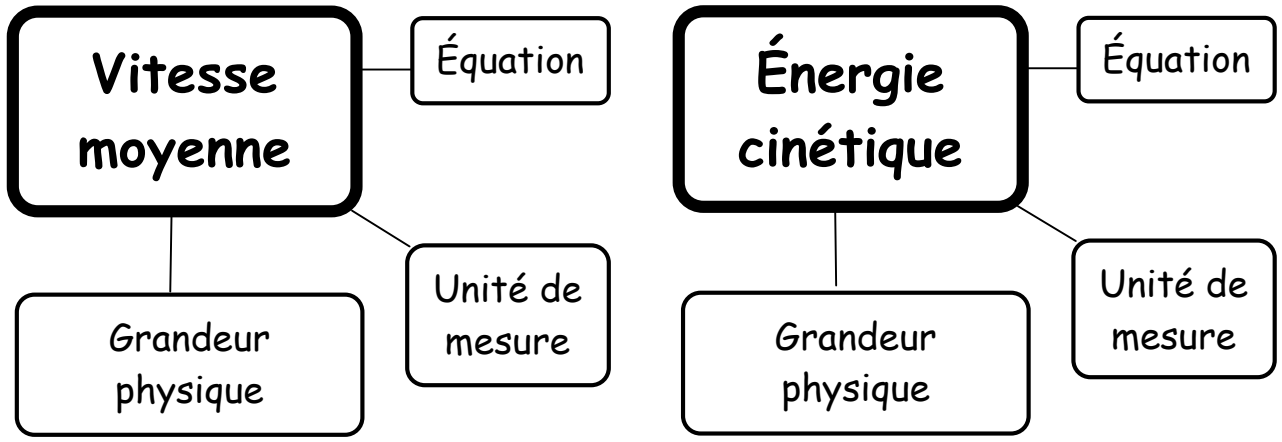
« Pour le cours de SE seulement »



Ce qu'il faut retenir

Carte d'exploration « Vitesse moyenne et énergie cinétique »

« L'énergie cinétique, pour le cours de SE seulement »



Ce qu'il faut retenir



Maintenant, c'est à vous de jouer !

Mandat

Chaque équipe doit :

1. Analyser le **M**oteur à **I**nterrupteur **M**agnétique (MIM)
2. Fabriquer un MIM
3. Concevoir un support pour l'interrupteur magnétique du MIM
4. Mettre à l'essai son MIM

Consignes

1. Pour analyser le MIM, prendre connaissance de sa nomenclature puis répondre au questionnaire portant sur son fonctionnement. Cet exercice vous permettra de bien comprendre la façon dont le MIM fonctionne.
2. Pour fabriquer le MIM, prendre connaissance des dessins techniques puis suivre les gammes de fabrication. Le moteur fabriqué sera presque complet, il n'y manquera que le support de l'interrupteur magnétique.
3. Pour concevoir un support pour l'interrupteur magnétique, prendre connaissance du cahier des charges puis suivre les étapes de la démarche de conception proposée.
4. Pour mettre à l'essai votre MIM, étudier ses caractéristiques en effectuant différentes mesures et calculs.

Analyse du MIM

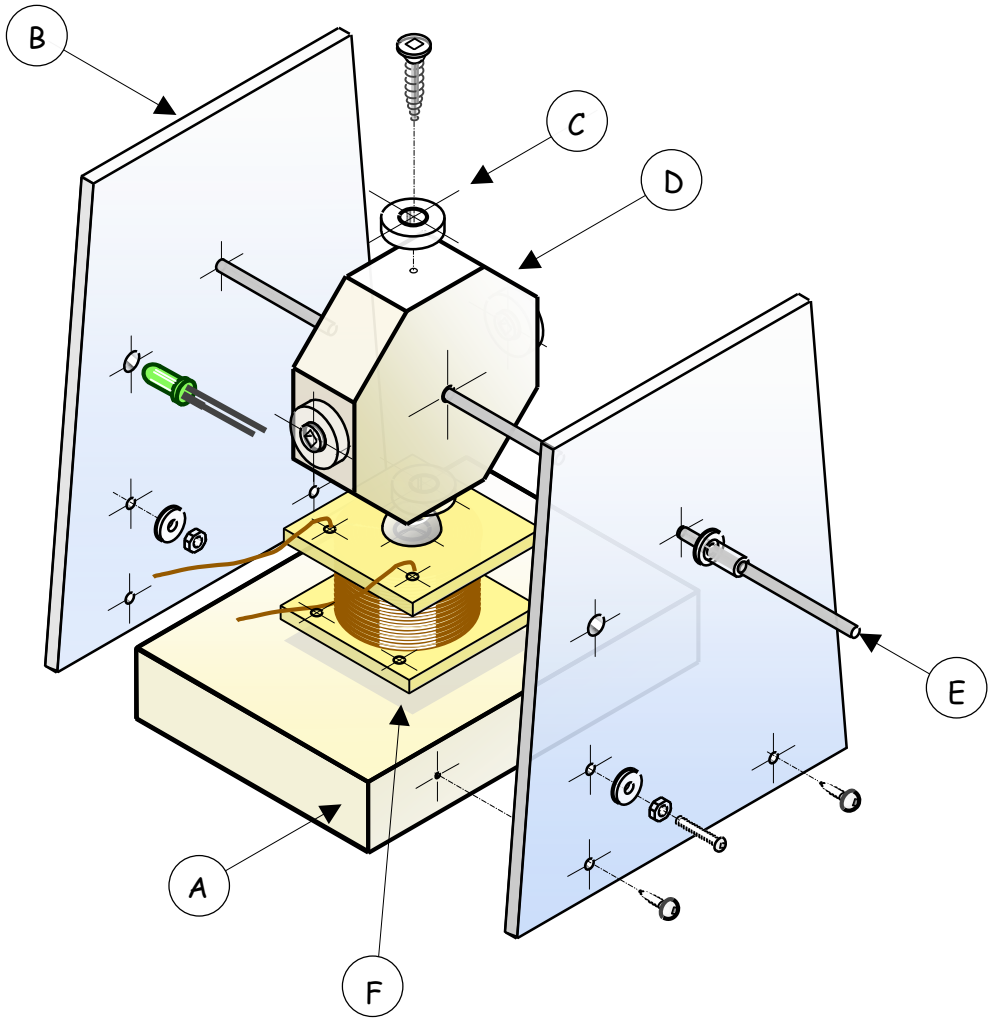


Avant d'analyser le fonctionnement du MIM, il est préférable d'en voir un tourner. Le moteur présenté sur la vidéo est complet, mais une pièce nécessaire à son fonctionnement a été cachée. En effet, vous aurez à concevoir cette pièce d'ajustement plus tard au cours du projet.

Lien de la vidéo du MIM en action : http://www2.cslaval.qc.ca/cdp/index.html

Principaux composants du MIM

	Désignation		Désignation
A	Base du moteur	D	Rotor
B	Côté du moteur	E	Arbre du rotor
C	Aimant	F	Électroaimant

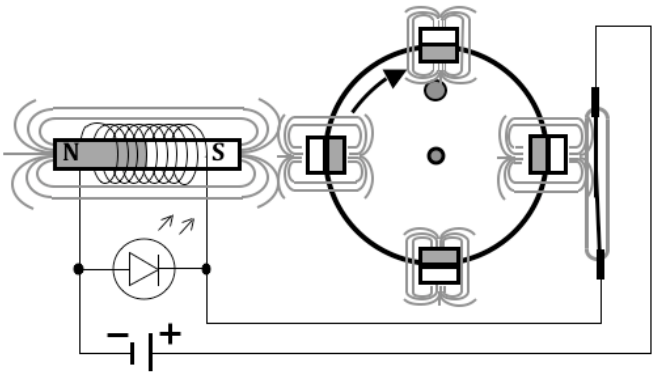


Questionnaire sur le fonctionnement du MIM

Les questions qui suivent ont pour but de guider votre réflexion suite à la présentation «PowerPoint» sur le fonctionnement du MIM. Les quatre schémas de principe suivants représentent l'électroaimant, à gauche, et le rotor, à droite. Chaque schéma illustre le rotor du moteur à des positions différentes. Vous devez étudier tous ces schémas et comprendre ce qui se passe sur chacun d'eux. Le sens de rotation du rotor est indiqué par la flèche.

Question 1
Sur ce schéma, le circuit est-il ouvert ou fermé?

Schéma de principe nº 1 (Questions 1 à 4)



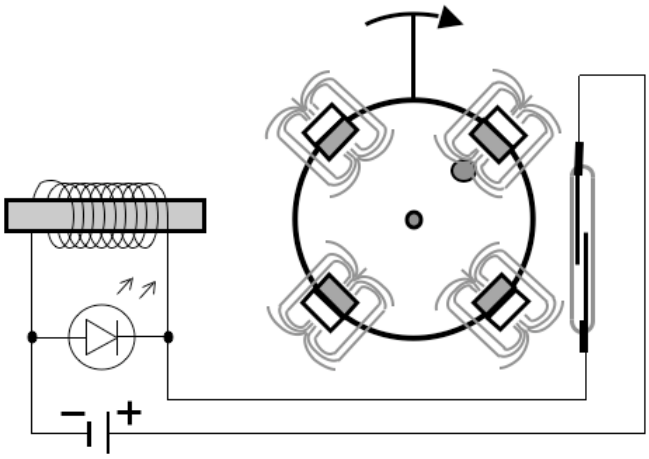
Question 2
La règle de la main droite est-elle respectée sur ce schéma et pourquoi?

Question 3
Ce moteur fonctionne-t-il en attraction ou en répulsion?

Question 4
Ce moteur pourrait-il tourner en sens inverse et pourquoi?

Question 5
Sur ce schéma, le circuit est-il ouvert ou fermé?

Schéma de principe n° 2 (Questions 5 à 8)



Question 6
L'électroaimant est-il en fonction?

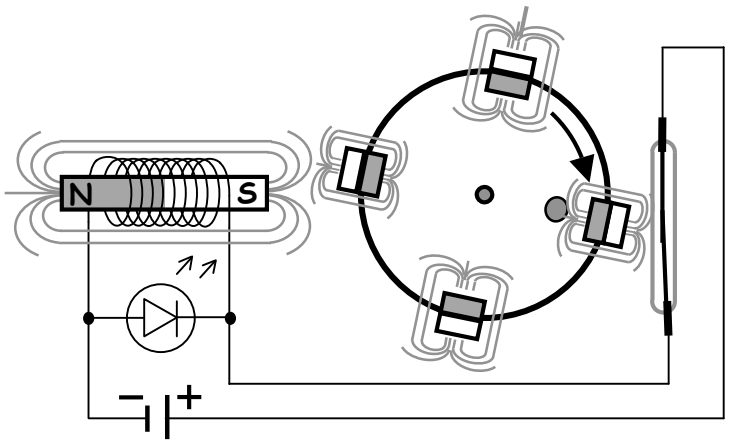
Question 7
Quel type de force y a-t-il entre le noyau ferromagnétique de l'électroaimant et l'aimant?

Question 8
Pourquoi le moteur continue-t-il à tourner?

Question 9

Lors de l'installation des aimants, doit-on tenir compte de l'orientation de leurs pôles et pourquoi?

Schéma de principe n° 3 (Questions 9 à 12)



Question 10

Pourquoi les lamelles situées à l'intérieur de l'interrupteur se collent-elles?

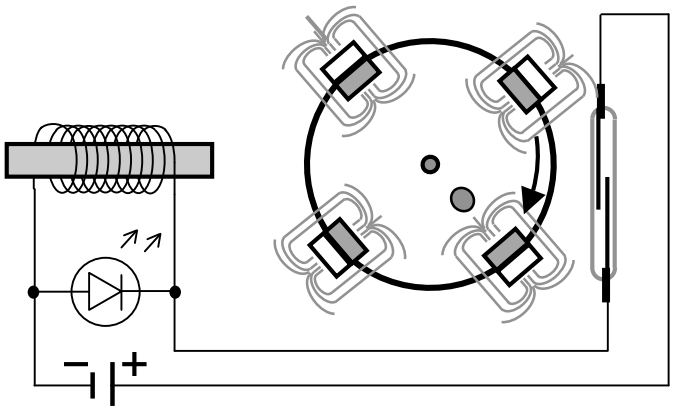
Question 11

Sur ces schémas, pourquoi l'interrupteur est-il légèrement déplacé vers le bas?

Question 12

Lorsque l'interrupteur est fermé, la polarité de la source de courant a-t-elle une importance et pourquoi?

Schéma de principe n° 4 (Questions 13 à 16)



Question 13

La distance entre l'aimant permanent et l'électroaimant a-t-elle de l'importance lorsqu'ils sont vis-à-vis? Quelle serait la situation idéale et pourquoi?

Question 14

Combien de fois par tour l'électroaimant est-il en fonction ?

Question 15

Le nombre de tours de fil composant le solénoïde a-t-il de l'importance et pourquoi?

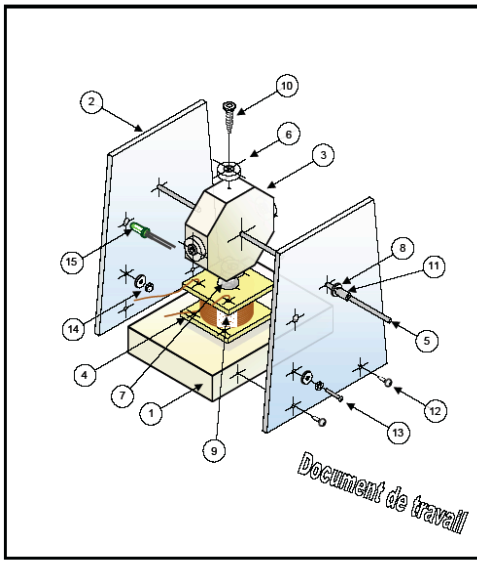
Question 16

La distance entre l'aimant permanent et l'interrupteur magnétique a-t-elle de l'importance lorsqu'ils sont vis-à-vis? Quelle serait la situation idéale et pourquoi?

Fabrication du MIM (sans le support de interrupteur magnétique)

Il est maintenant temps de fabriquer les principaux composants du moteur à interrupteur magnétique. Pour ce faire, vous avez à votre disposition un dossier technique complet. Ce dossier contient entre autres les documents suivants.

Les dessins techniques



NOMENCLATURE

REP	DÉSIGNATION	NB	OBSERVATIONS
15	DEL	1	∅ 5
14	Écrou	4	n° 6 x 32
13	Bornes d'alimentation	2	Vis mécanique n° 6 x 32 x 1/2"
12	Vis à tête ronde	4	n° 6 x 3/4"
11	Tube butoir	2	Tube flexible en vinyle 1/8" int.
10	Vis à tête fraisée	4	Vis à bois n° 6 X 3/4
9	Solénoïde	1	Fil de cuivre émaillé jauge 28
8	Rondelle	4	Rondelle plate n° 8
7	Noyau du solénoïde	1	Vis 1/4" x 20 x 1 1/2"
6	Aimant	4	Rare earth ring magnet ∅ extérieur 1/2" ∅ intérieur 1/4"
5	Arbre du rotor	1	Goujon ∅ 1/8" Long. 150
4	Butée du solénoïde	2	Polystyrène 35 x 35 x 3
3	Rotor	1	Pin 50 x 50 x 16
2	Côté du moteur	2	Polystyrène 90 x 100 x 3
1	Base du moteur	1	Latte de pin 64 x 90 x 16

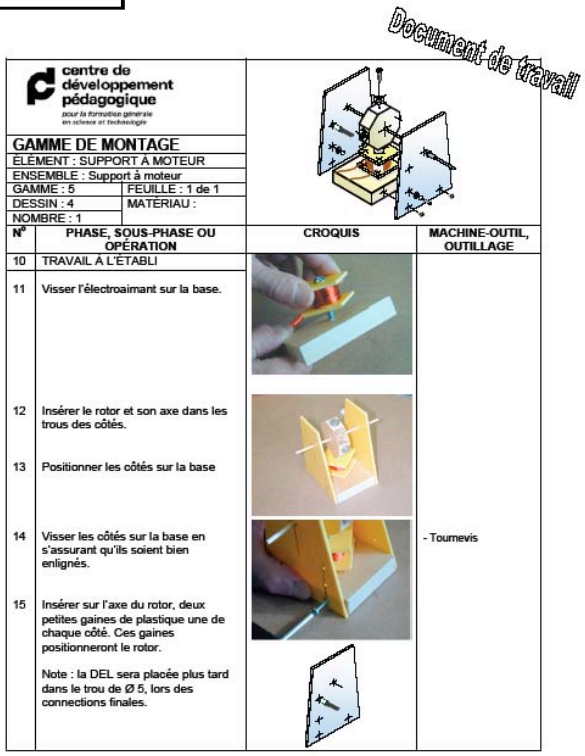
centre de développement pédagogique

TITRE Moteur à interrupteur magnétique

TOLÉRANCE GÉNÉRALE ±1mm | NO 5

DATE 17 DEC. 07 | NON A L'ECHELLE

Les gammes de fabrication

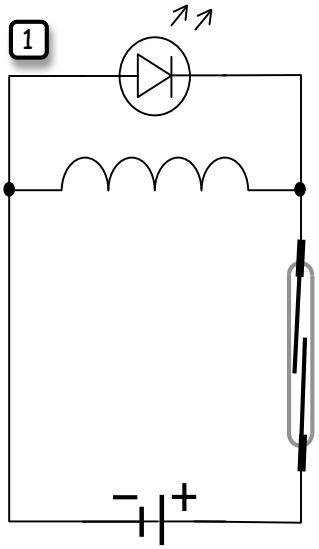


Câblage du circuit électrique

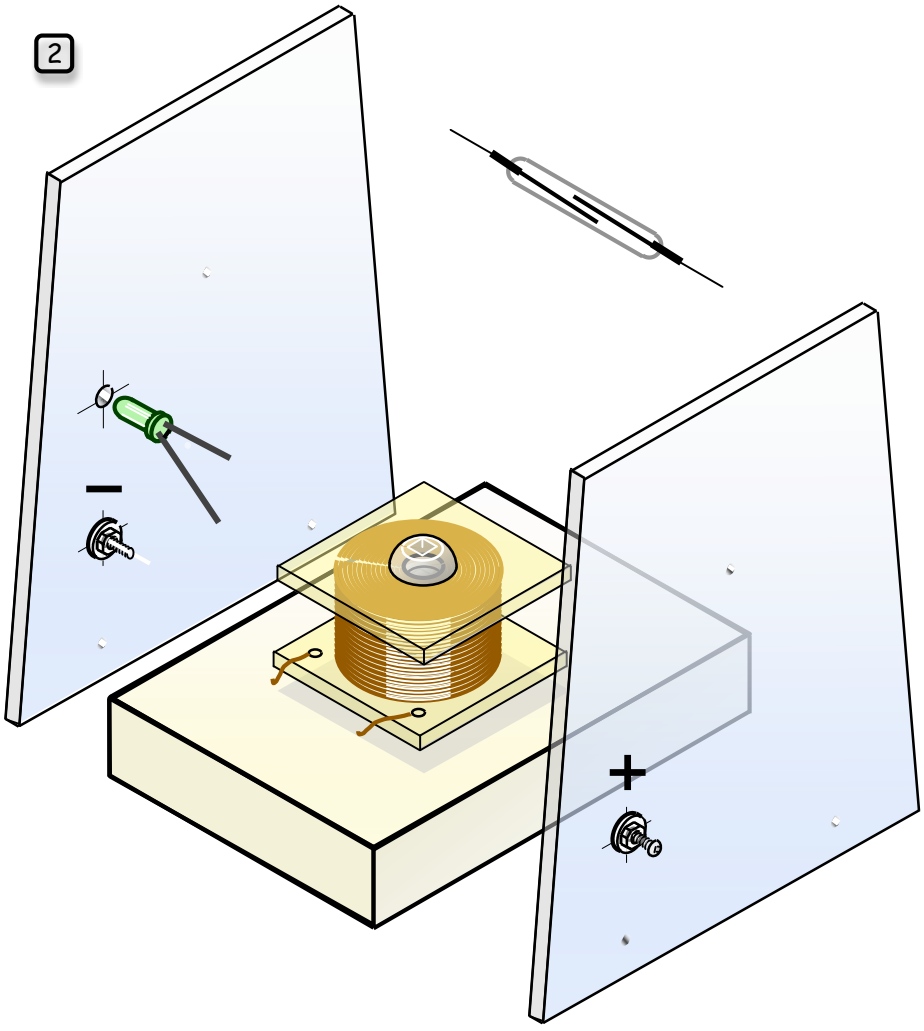
C'est fait vous avez votre MIM entre les mains. Maintenant, il faut qu'il tourne. Pour ce faire, vous avez à câbler votre moteur en suivant le schéma du circuit n° 1 ci-dessous. Un retour sur la section «Questionnaire sur le fonctionnement du MIM» peut vous aider à mieux comprendre le circuit à monter. Complétez le dessin n° 2 ci-dessous afin de vous préparer à souder correctement les composants. À l'aide d'un crayon de couleur, tracez les fils comme ils seront soudés sur le prototype.

N. B. La polarité des bornes d'alimentation est indiquée au-dessus des boulons. La longue électrode de la DEL est positive (voir le n° 3 ci-dessous).

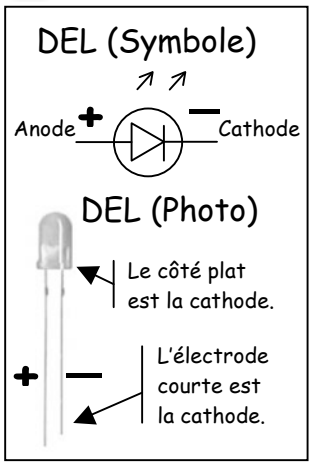
1



2



3

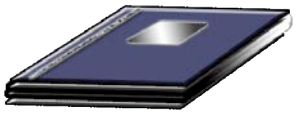


Cahier des charges du support de l'interrupteur



Fonction globale

À l'aide de la démarche de conception décrite aux pages suivantes, chaque équipe doit concevoir un support pour l'interrupteur magnétique du MIM, en respectant les paramètres suivants.



Veuillez ne tenir compte que des milieux non cochés lors de votre conception. Pour les milieux cochés ☑, les choix nécessaires ont déjà été effectués.

☑	**a)**	**Au regard du *milieu physique*** *(effet sur l'objet des éléments de la nature : eau, air, sol, rayonnement, etc.),* **le *support* devra :** • être composé de matériaux adaptés aux conditions normales d'utilisation à l'intérieur d'un édifice.
☐	**b)**	**Au regard du *milieu technique*** *(contraintes liées au fonctionnement : contacts avec d'autres objets techniques, composants imposés),* **le *support* devra :** • être fixé au(x) support(s) de l'arbre du rotor; • permettre le remplacement de l'interrupteur; • être ajustable pour obtenir une efficacité maximale du moteur à une tension de neuf volts (tourner à haute vitesse et démarrer seul); • être ajustable afin d'inverser le sens de la rotation du moteur.
☐	**c)**	**Au regard du *milieu humain*** *(sécurité, ergonomie, esthétisme, éthique),* **le *support* devra :** • protéger l'enveloppe de verre de l'interrupteur magnétique contre les impacts causés par les aimants en rotation; • ne pas avoir d'arêtes tranchantes ni d'éléments piquants.
☑	**d)**	**Au regard du *milieu industriel*** *(production : atelier, outillage, main-d'œuvre, délais de fabrication),* **le *support* devra :** • être réalisé avec les matériaux et les outils disponibles en atelier.
☑	**e)**	**Au regard du milieu économique** *(coût de revient, etc.),* **le *support* devra :** • être constitué d'éléments simples de façon à minimiser les coûts.
☑	**f)**	**Au regard du milieu environnemental** *(impact de l'objet sur l'environnement : recyclage en fin de vie, cycle de vie, etc.),* **le *support* devra :** • être constitué d'éléments robustes qui assureront une bonne durabilité.

Conception du support de l'interrupteur magnétique

1. *Cerner le problème en fonction des dessins, des gammes et du cahier des charges*







2. *Mijoter ses idées (textes et de croquis)*

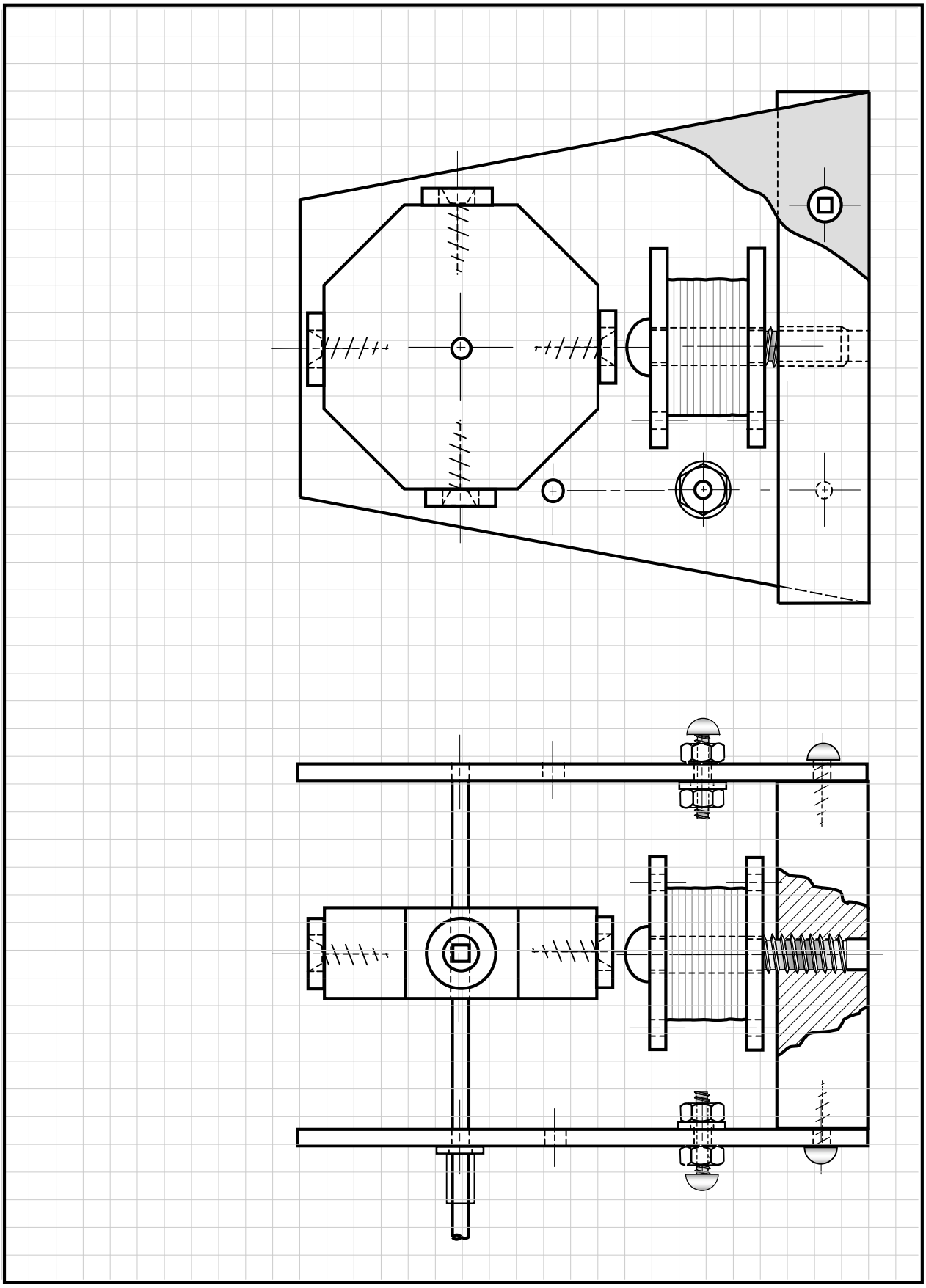


3. *Évaluer ses idées et choisir (justifier le choix)*

Dessiner la solution retenue à la page suivante



Votre choix et sa justification



4. Réaliser un prototype de la solution retenue



Consigner toutes les décisions prises.

Problèmes de conception et/ou de construction	**Ajustements ou modifications**

5. Effectuer une mise à l'essai du support

Évaluer l'efficacité et améliorer la solution



Tests effectués et résultats obtenus



Améliorations

Mise à l'essai du MIM (étude de ses caractéristiques)

Déterminer sa résistance électrique lorsqu'il est soumis à une tension de 9 volts.	
Données	*Calcul(s)*
Équation(s)	Réponse :_____

Calculer sa puissance à une tension de 9 volts.	
Données	*Calcul(s)*
Équation(s)	Réponse :_____

PROPOSER une façon d'évaluer l'efficacité du MIM.

À quel genre d'effort mécanique pourrais-tu soumettre ton moteur?
Mes propositions :
Ma solution finale :
Explication détaillée :

TESTER

À l'aide de votre solution de mise à l'essai, calculer l'énergie électrique consommée par le moteur. La tension utilisée doit être de 9 volts.

Données	*Calcul(s)*
Équation(s)	Réponse :_____

Comment votre MIM se compare-t-il à celui des autres équipes?
Les autres équipes ont-elles utilisé la même solution d'effort mécanique que vous?
Croyez-vous qu'il y a conservation de l'énergie durant le fonctionnement de votre MIM?
S'il n'y a pas de conservation d'énergie, sous quelles formes l'énergie électrique s'est-elle transformée?
Le rendement du moteur peut-il être de 100 %? Expliquez.

Pour ceux qui suivent le cours optionnel (SE), calculer l'énergie potentielle gravitationnelle.	
Données	*Calcul(s)*
Équation(s)	Réponse :_____

Calculer maintenant son rendement en utilisant l'équation suivante.	
Données	*Calcul(s)*
Équation(s) *Rendement = $E_p/E_é \cdot 100$,* *où E_p est l'énergie potentielle gravitationnelle.*	Réponse :_____

Il est encore temps d'en savoir un peu plus !

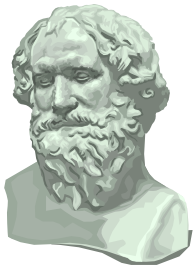


Il est maintenant temps de faire de nouveaux apprentissages. Voici maintenant deux activités qui vous permettront de mieux comprendre le fonctionnement d'un hydroglisseur.

1. **Le principe d'Archimède**
   - Pour bien comprendre la raison pour laquelle certains objets flottent.
   - Pour faciliter l'équilibrage de l'hydroglisseur sur l'eau.
2. **Le principe de Bernoulli**
   - Pour améliorer la performance de l'hélice que vous allez concevoir.

Présentation du principe d'Archimède

Une découverte qui date, mais qui pourrait vous être utile…



Archimède, un savant de l'Antiquité (287-212 av. J.-C.), nous a laissé un héritage considérable, tant en mathématique qu'en science et en technologie. On lui attribue des inventions telles que la vis sans fin, les leviers et la roue dentée pour ne nommer que celles-là. Il aurait également découvert un important principe en prenant son bain : **« Tout corps plongé dans un fluide subit une poussée verticale, dirigée de bas en haut, égale au poids du fluide déplacé. »** Ce principe est aujourd'hui connu sous le nom de « principe d'Archimède ».

Selon Wikipedia – septembre 2008
(http://fr.wikipedia.org/wiki/Poussée_d'Archimède)

La couronne du roi Hiéron II



Vitruve rapporte que le roi Hiéron II de Syracuse (306-214 av. J.-C.) aurait demandé à son jeune ami et conseiller scientifique Archimède (alors âgé de 22 ans seulement) de vérifier si une couronne d'or, qu'il s'était fait confectionner comme offrande à Jupiter, était totalement en or ou si l'artisan y avait mis de l'argent. La contrainte était bien sûr de ne pas détériorer la couronne. La forme de celle-ci était en outre trop complexe pour effectuer un calcul du volume de l'ornement. Archimède aurait trouvé le moyen de vérifier si la couronne était vraiment en or, alors qu'il était au bain public, en observant comment des objets y flottaient. Il serait alors sorti dans la rue en criant le célèbre « Eurêka », (J'ai trouvé!)



Au bain public, Archimède constate que, pour un même volume, les corps n'ont pas le même poids apparent, c'est-à-dire une masse par unité de volume différente. On parle de nos jours de masse volumique. L'argent (masse volumique 10 500 kg·m-3) étant moins dense que l'or (masse volumique 19 300 kg·m-3), sa masse volumique est plus faible. De là, Archimède déduit que si l'artisan a caché de l'argent dans la couronne du roi, alors elle a une masse volumique plus faible. C'est ainsi que fut découverte la supercherie du joaillier.

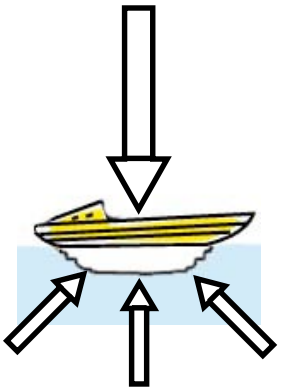
Mais concrètement, qu'est-ce que ça signifie?
Vous avez probablement déjà pris quelqu'un dans vos bras lorsque vous êtes dans l'eau. La personne semble alors beaucoup moins lourde. La raison pour laquelle ce phénomène se produit est toute simple. L'eau qui était à la place de la personne, avant que celle-ci entre dans l'eau, cherche à reprendre sa place. Les particules d'eau poussent alors sur la personne en cherchant à la chasser hors du liquide. Ce phénomène aide beaucoup les nageuses à sortir de l'eau lors de la pratique de la nage synchronisée.



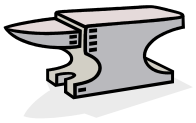


Nous pouvons observer le même phénomène avec tous les fluides. Cependant, plus la masse volumique du fluide est grande, plus il pousse fort pour reprendre sa place. C'est la raison pour laquelle nous flottons plus dans l'eau salée. Pour la même raison un bateau flotte beaucoup mieux sur une mer salée de plus grande densité que sur de l'eau douce. Le bateau s'enfoncera donc beaucoup moins dans l'eau salée que dans l'eau douce.

Mais jusqu'où s'enfoncera-t-il? Imaginons qu'un bateau miniature pèse 1000 grammes. Lorsque nous le déposons dans l'eau, sa coque déplace une certaine quantité d'eau. Puisque cette eau cherche à reprendre sa place, elle applique une force sur la coque. Plus le bateau s'enfonce dans l'eau, plus les particules d'eau sont nombreuses à appliquer cette poussée. À une certaine profondeur, la force de la poussée de l'eau est exactement égale à la force de gravité appliquée sur le bateau. C'est à ce moment que le bateau arrête de s'enfoncer. **À ce moment précis, la masse d'eau chassée par la coque est exactement égale à la masse du bateau.** Dans notre cas puisque notre bateau pèse 1000 grammes, il y aura précisément 1000 grammes d'eau déplacée. Dans le cas de l'eau douce, on peut même dire qu'il y aura un volume de 1000 ml d'eau déplacée puisque la masse volumique de l'eau est de 1 g/ml.



Dans le cas d'objet lourd comme une enclume, on sait qu'elle ne flotte pas sur l'eau. Cependant la poussée de l'eau déplacée lorsqu'on l'immerge réduit sa masse. L'équation suivante décrit bien ce phénomène.



Masse (dans l'eau) = **Masse** (dans l'air) – **Masse** (de l'eau déplacée)

Vous en savez désormais assez sur le principe d'Archimède pour concevoir un hydroglisseur qui flottera à coup sûr.

Questionnaire sur le principe d'Archimède

Les questions qui suivent vous permettront de mieux comprendre ce fameux principe d'Archimède. Comme les premières questions sont plus faciles, il faudrait y répondre dans l'ordre.

Rappel d'une équation utile

$\rho=m/V$ Où $\rho \Rightarrow$ masse volumique en g/cm^3, $m \Rightarrow$ masse en g, $V \Rightarrow$ volume en cm^3

Question 1

Qu'arrivera-t-il à une bille dont la masse volumique est de 2,6 g/cm^3 lorsqu'on la plonge dans l'eau[1]?

Question 2

Pourquoi un billot de bois flotte-t-il sur l'eau ?

Question 3

À quelle profondeur un bateau s'enfoncera-t-il dans l'eau?



[1] La masse volumique de l'eau étant de 1 g/cm^3

Question 4

Vous devez transporter un lingot d'or dont les dimensions sont les suivantes : 20 cm x 10 cm x 5 cm.
La masse volumique de l'or est de 19,3 g/cm^3.



Quelle est la masse de ce lingot? (Laissez les traces de vos calculs)

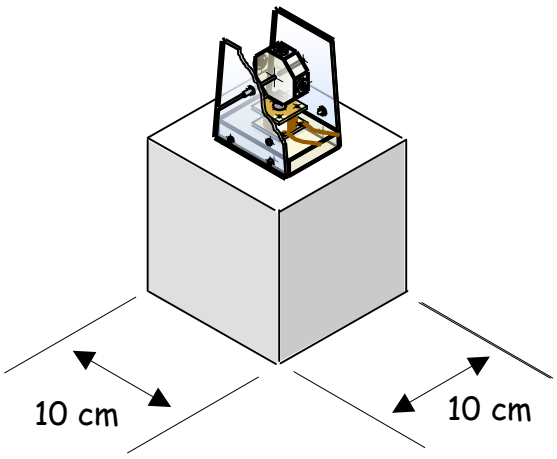
Quelle est la masse de ce lingot dans l'eau? (Laissez les traces de vos calculs)

QUESTION 5

On pose un moteur MIM miniature de 400 g sur le bloc de polystyrène expansé de droite. La masse du bloc est de 100 g. En prenant soin de garder l'équilibre, on dépose le tout sur un plan d'eau (ce montage est hypothétique, l'équilibre serait difficile à garder à cause du centre de gravité élevé).

Jusqu'à quelle profondeur s'enfoncera le bloc (on pourrait également dire : quel est le tirant[2] d'eau du système)?

On considère encore que la masse volumique de l'eau est de 1 g/cm^3.



(Laissez toutes les traces de vos calculs)

[2] Distance verticale entre la ligne de flottaison d'un bateau et le point le plus bas de sa coque.

Présentation du principe de Bernoulli

Selon Wikipedia – septembre 2009
(*http://fr.wikipedia.org/wiki/Théorème_de_Bernoulli*)

*Le **théorème de Bernoulli** qui a été établi en 1738 par Daniel Bernoulli exprime le bilan hydraulique simplifié d'un fluide dans une conduite. Il a posé les bases de l'hydrodynamique et, d'une façon plus générale, de la mécanique des fluides.*

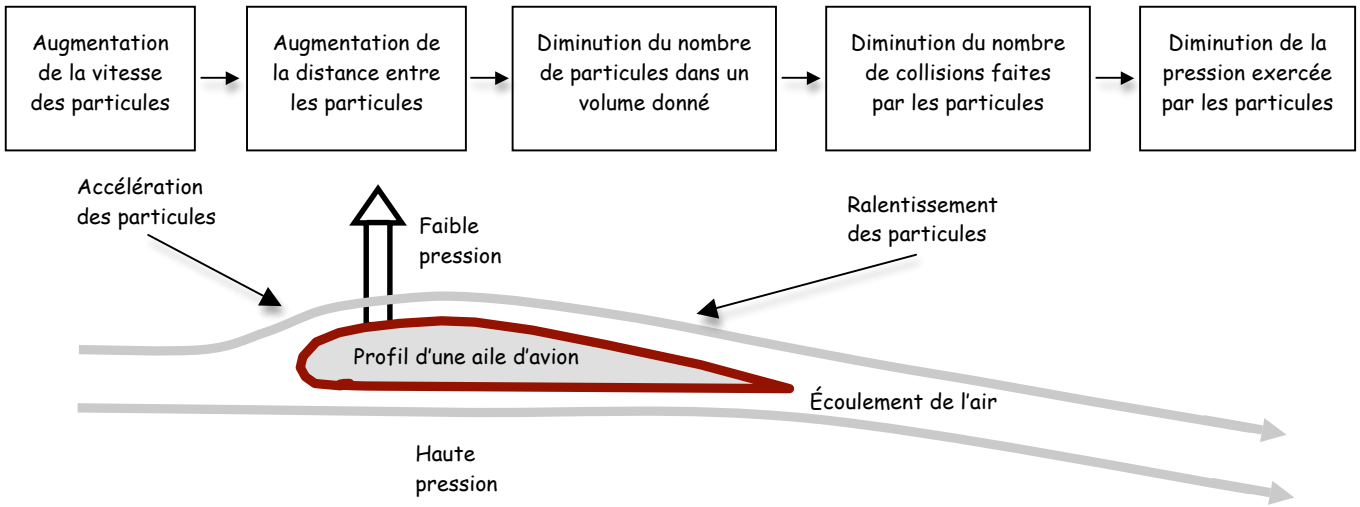


Essentiellement, Bernoulli montra que la vitesse et la pression d'un fluide varient en sens inverse (inversement proportionnel). Ainsi, une grande vitesse du fluide entraîne une faible pression de celui-ci. Inversement, une faible vitesse du fluide entraîne une forte pression de celui-ci.



Daniel Bernoulli (1700 – 1782)
Physicien et mathématicien suisse

Une façon simpliste de comprendre ce phénomène est d'imaginer que lorsque les particules accélèrent, ils se distancent les unes des autres. Dans une zone où le fluide a une grande vitesse, il y a donc moins de particules présentes. Comme on le sait, la pression est générée par la collision des particules avec les objets. On peut donc conclure que le fait qu'il y ait moins de particules implique une plus faible pression.



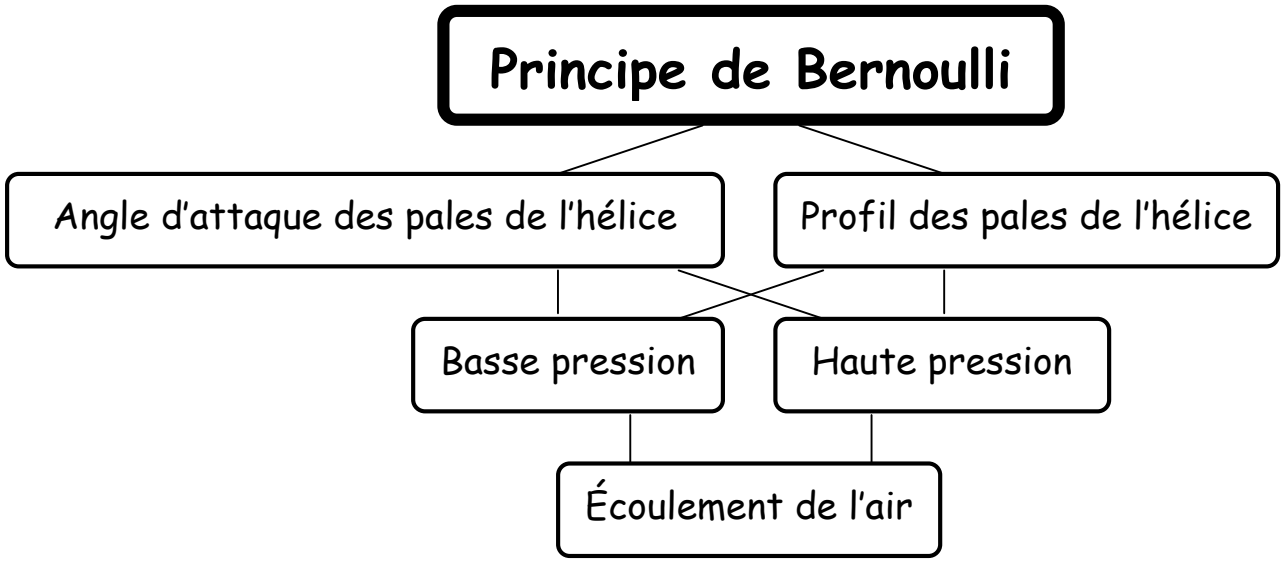
En résumé :

L'écoulement de l'air autour de l'aile génère ces zones de haute et de basse pression. Les objets ont toujours tendance à se déplacer d'une zone à haute pression vers une zone à basse pression. Nous n'avons qu'à penser à une balle dans le canon d'un révolver, une personne qui éternue ou à la simple présence du vent. Une force ascendante apparaît donc et c'est celle-ci qui supporte l'avion lors de son vol.

Hélice et principe de Bernoulli

Questions : Quel est l'effet de la variation de l'angle d'attaque d'une hélice sur la quantité d'air quelle peut chasser ? Quel est l'effet de la variation de la courbure des pales d'une hélice sur la quantité d'air qu'elle peut chasser ? Quelle sorte de courbe peut-on tracer expérimentalement? Quelle relation mathématique unit ces deux grandeurs physiques? Qu'est-ce qui devrait demeurer constant au cours de l'expérimentation? Comment cette étude peut vous amener à mieux concevoir votre hydroglisseur?

Carte d'exploration

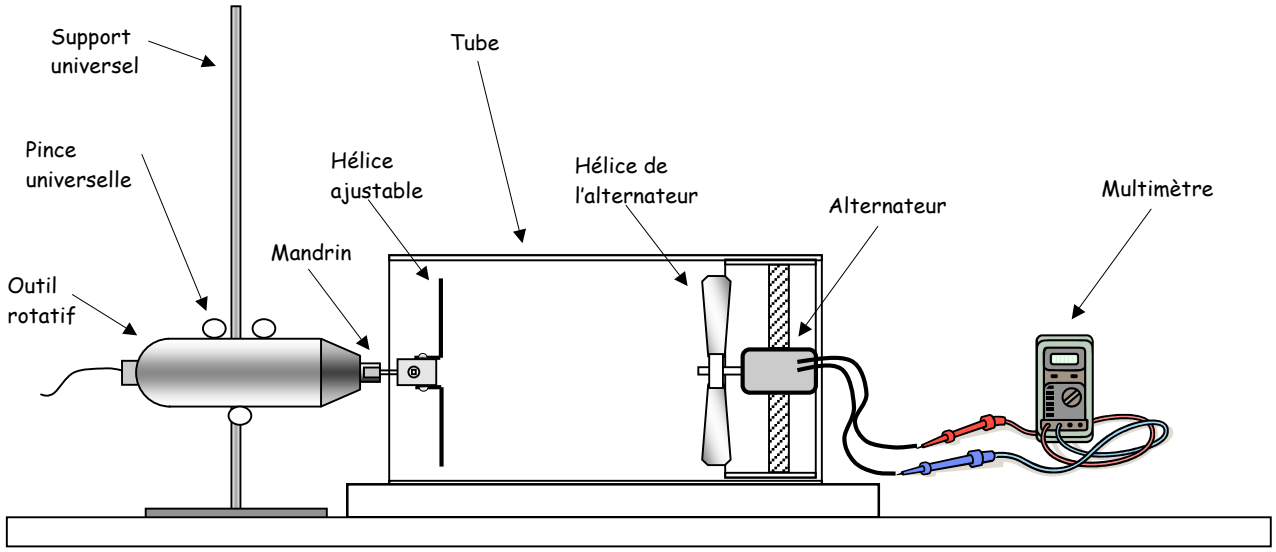


Laboratoire dirigé 1 (avec l'hélice à pales plates)

Matériel

- 1 support universel
- 1 pince universelle (noix)
- 1 outil rotatif à haute vitesse (environ 10 000 rpm) «Dremel»
- 1 hélice à deux pales ajustables
- 1 multimètre
- 1 tube d'essai
  - . «Sonotube» Ø150 x 300 mm
  - . support du tube
  - . hélice de l'alternateur
  - . alternateur (moteur jouet)
- 1 tournevis tête carrée #1

Schéma du montage



Manipulations

1. Fixer l'outil rotatif au support universel à l'aide de la pince universelle.
2. Introduire l'axe de l'hélice ajustable dans le mandrin de l'outil rotatif.
3. Brancher le multimètre sur l'alternateur du tube d'essai.
4. Ajuster le multimètre en mode tension alternative sur l'échelle des millivolts (mV).
5. Ajuster l'angle d'attaque des deux pales en les positionnant verticalement (angle de 0°) à l'aide du tournevis # 1 (dans cette position les pales devraient fendre l'air sans pousser l'air d'un côté ou de l'autre).
6. Ajuster le support universel de façon à :
   a. Introduire l'hélice ajustable dans le tube à environ 4 cm du bord (le tube guide l'air et protège l'utilisateur d'éventuelles projections).
   b. Centrer l'hélice dans le tube.
7. Mettre des lunettes protectrices pour se protéger d'éventuelles projections.
8. Démarrer l'outil rotatif (la vitesse a été préalablement fixée).
9. Mesurer et noter la tension sur le multimètre (la tension devrait être nulle puisqu'aucun vent ne devrait être présent).
10. Recommencer les étapes 5 à 9 avec des angles de 15, 30, 45, 60, 75 et 90 degrés (il faudrait que l'écoulement de l'air se fasse en direction de l'alternateur).

En une phrase, résumez votre but :

En une phrase, formulez votre hypothèse :

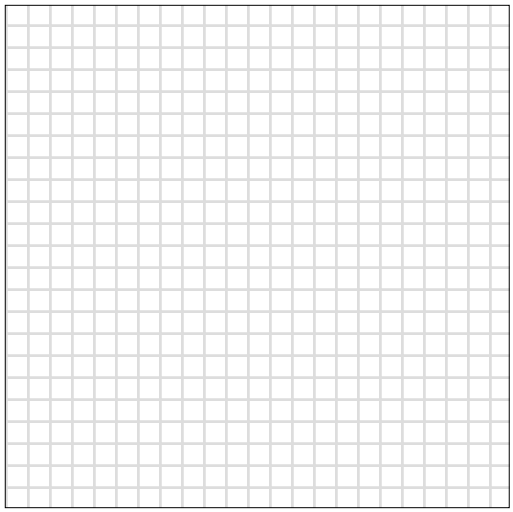
Quels sont les facteurs constants lors de cette expérimentation (exemples : vitesse, distance, position, etc.)?

Résumez votre protocole sous forme d'un diagramme.

Tableau de données		
Essais	**Angle d'attaque (°)**	**Tension (mV)**
1	**0**	
2	**15**	
3	**30**	
4	**45**	
5	**60**	
6	**75**	
7	**90**	

Analyser les résultats

Traitez vos données.



Faites ressortir les tendances.

Question 1
D'après-vous, quel serait l'angle d'attaque idéal pour vos pales?

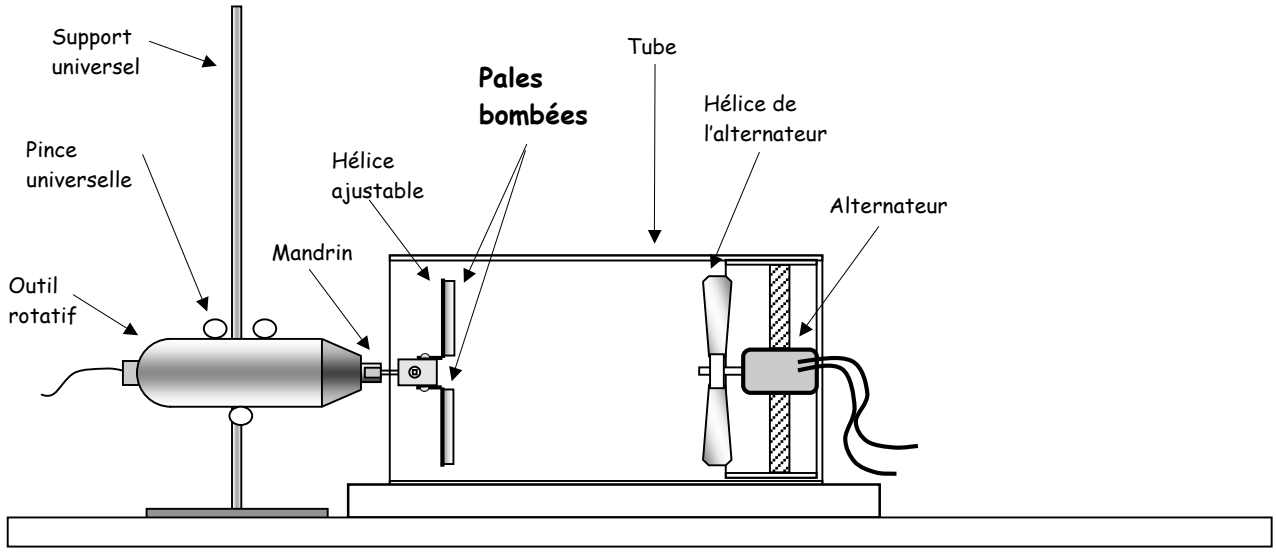
Question 2
Pourquoi ce graphique est-il asymétrique? Autrement dit, pourquoi la courbe ne redescend pas à 0 mV à un angle d'attaque de 90°?

Laboratoire dirigé 2 (avec l'hélice à pales bombées non inclinées)

Matériel

- 1 support universel
- 1 pince universelle (noix)
- 1 outil rotatif à haute vitesse
- 1 hélice à deux pales ajustables
- **2 demi-goujons**
- **1 bande de papier (1x28 cm)**
- **4 vis carrées #0**
- 1 tube d'essai
  - . «Sonotube» Ø150 x 300 mm
  - . support du tube
  - . hélice de l'alternateur
  - . alternateur (moteur jouet)
- **2 tournevis tête carrée #1 et #0**

Schéma du montage



Manipulations

1. Fixer l'outil rotatif au support universel à l'aide de la pince universelle.
2. Introduire l'axe de l'hélice ajustable dans le mandrin de l'outil rotatif.
3. Fixer les deux demi-goujons aux pales à l'aide des quatre vis carrées #0.
4. Ajuster l'angle d'attaque des pales à 0° avec les pales bombées (goujons) vers l'alternateur, comme sur le dessin ci-dessus.

5. Ajuster le support universel de façon à introduire l'hélice ajustable dans le tube à environ 4 cm du bord et centrer l'hélice dans le tube.
6. Mettre des lunettes protectrices pour se protéger d'éventuelles projections.
7. Démarrer l'outil rotatif (la vitesse a été préalablement fixée).
8. Observer et noter le sens de rotation de l'hélice de l'alternateur (horaire ou antihoraire en regardant du côté de l'alternateur).
9. Afin de déterminer et de noter le sens de l'écoulement de l'air, tenir la bande de papier par l'une des extrémités et positionner-la près de l'ouverture du tube, du côté de l'alternateur.
10. Recommencer les étapes 6 à 11 avec les pales bombées vers l'outil rotatif.

En une phrase, résumez votre but :

En une phrase, formulez votre hypothèse :

Quels sont les facteurs constants lors de cette expérimentation (exemples : vitesse, distance, position, etc.)?

Résumez votre protocole sous forme d'un diagramme.

Tableau de données		
	Sens de rotation de l'hélice de l'alternateur	**Sens de l'écoulement de l'air indiqué par la bande de papier**
Pales bombées vers l'alternateur		
Pales bombées vers l'outil rotatif		

Analyser les résultats

Traitez vos données.

Question 1

De quelle façon doivent être placées les pales bombées pour favoriser l'écoulement de l'air dans le tube, vers l'alternateur?

Question 2

Dans ce cas, la zone de basse pression prévue par le principe de Bernoulli se situe de quel côté de l'hélice (côté de l'outil rotatif ou côté de l'alternateur)?

Question 3

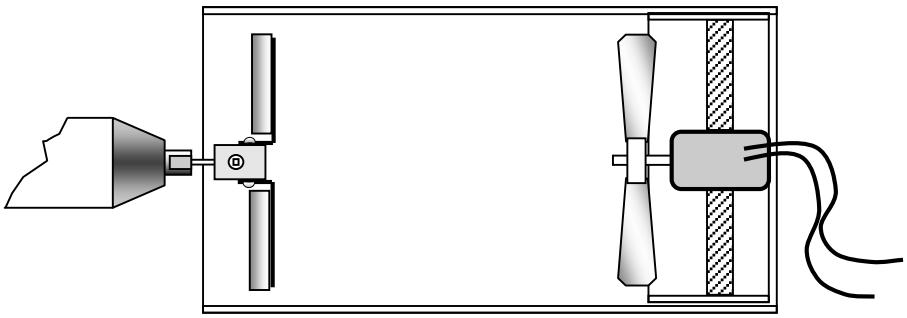
L'air se déplace toujours d'une zone de haute pression vers une zone de basse pression. Nous n'avons qu'à penser à l'air qui s'échappe d'un pneu lors d'une crevaison pour nous en convaincre. Sur le dessin ci-dessous, indiquez par des flèches le déplacement de l'air ambiant (à pression atmosphérique) vers cette zone de plus basse pression.

Question 4

Toujours dans ce même cas, la zone de haute pression prévue par le principe de Bernoulli se situe de quel côté de l'hélice (côté de l'outil rotatif ou côté de l'alternateur)?

Question 5

Sur le même dessin ci-dessous, indiquez par des flèches le déplacement de l'air de cette zone de haute pression vers une zone de plus basse pression près de l'alternateur.

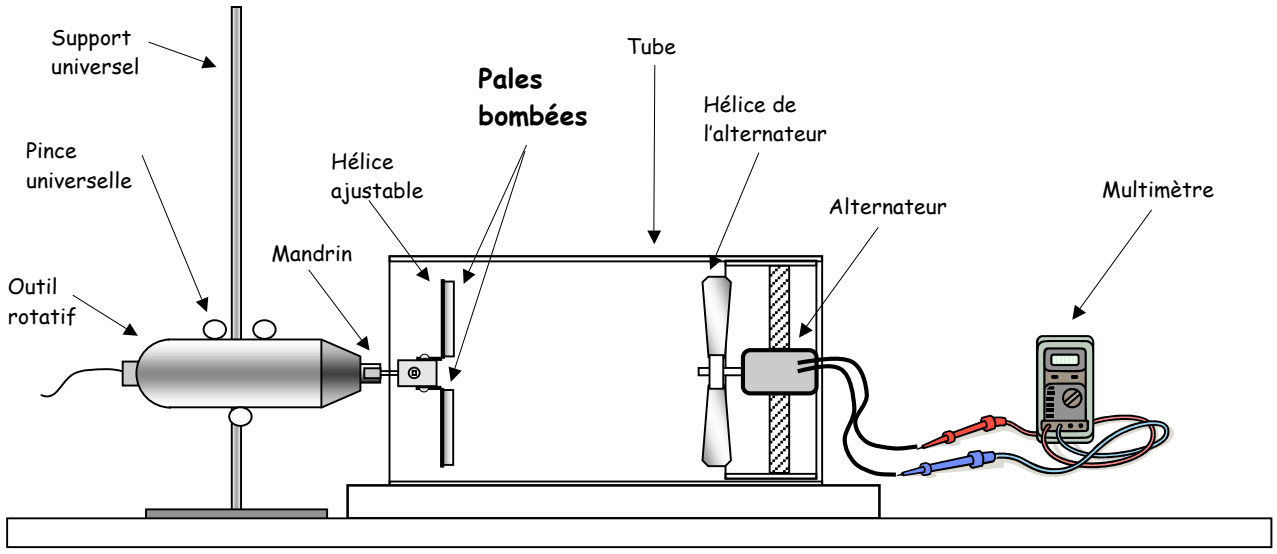


Laboratoire dirigé 3 (avec l'hélice à pales bombées inclinaison variable)

Matériel

- 1 support universel
- 1 pince universelle (noix)
- 1 outil rotatif à haute vitesse
- 1 hélice à deux pales ajustables
- 2 demi-goujons
- **1 multimètre**
- 4 vis carrées #0
- 1 tube d'essai
  - . «Sonotube» Ø150 x 300 mm
  - . support du tube
  - . hélice de l'alternateur
  - . alternateur (moteur jouet)
- 2 tournevis tête carrée #1 et #0

Schéma du montage



Manipulations

1. Fixer l'outil rotatif au support universel à l'aide de la pince universelle.
2. Introduire l'axe de l'hélice ajustable (munie de pales bombées) dans le mandrin de l'outil rotatif.
3. Brancher le multimètre sur l'alternateur du tube d'essai.
4. Ajuster le multimètre en mode tension alternative sur l'échelle des millivolts (mV).
5. Ajuster l'angle d'attaque des deux pales en les positionnant à un angle de 0° à l'aide du tournevis #1 (les cotés bombés des pales devraient être disposés de façon à favoriser l'écoulement de l'air vers l'alternateur) .

6. Ajuster le support universel de façon à introduire l'hélice ajustable dans le tube à environ 4 cm du bord et centrer l'hélice dans le tube.
7. Mettre des lunettes protectrices pour se protéger d'éventuelles projections.
8. Démarrer l'outil rotatif (la vitesse a été préalablement fixée).
9. Mesurer et noter la tension sur le multimètre.
10. Recommencer les étapes 5 à 9 avec des angles de 15, 30, 45, 60, 75 et 90 degrés (il faudrait que l'écoulement de l'air se fasse toujours en direction de l'alternateur).

En une phrase, résumez votre but :

En une phrase, formulez votre hypothèse :

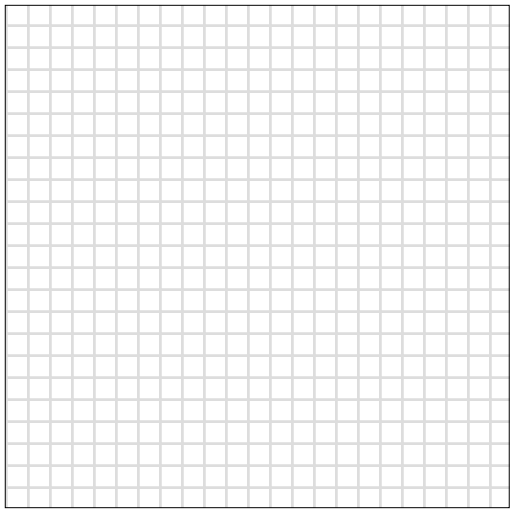
Quels sont les facteurs constants lors de cette expérimentation (exemples : vitesse, distance, position, etc.)?

Résumez votre protocole sous forme d'un diagramme.

Tableau de données		
Essais	**Angle d'attaque (°)**	**Tension (mV)**
1	**0**	
2	**15**	
3	**30**	
4	**45**	
5	**60**	
6	**75**	
7	**90**	

Analyser les résultats

Traitez vos données.



Faites ressortir les tendances.

Question 1
D'après-vous, quel serait l'angle d'attaque idéal pour vos pales bombées?

Question 2
En comparant les graphiques des laboratoires 1 et 3, que pouvez-vous conclure?

Tirez vos conclusions

Question 3

En tenant compte des trois manipulations précédentes, quelle serait la meilleure configuration de votre hélice (angle des pales et orientation des pales bombées)?

Question 4

Que pourriez-vous faire pour rendre l'hélice de votre hydroglisseur encore plus performante?

Question 5

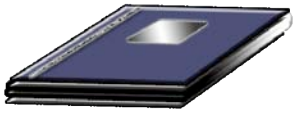
D'après vous, est-ce que le principe de Bernoulli peut être appliqué au gouvernail de ton hydroglisseur ? Pourquoi?

Cahier des charges de l'hélice



Fonction globale

À l'aide de la démarche de conception décrite aux pages suivantes, chaque équipe doit concevoir une hélice qui permettra au MIM de propulser un hydroglisseur, en respectant les paramètres suivants.



Veuillez ne tenir compte que des milieux non cochés lors de votre conception. Pour les milieux cochés ☑, les choix nécessaires ont déjà été effectués.

☑	**a)**	**Au regard du *milieu physique*** *(effet sur l'objet des éléments de la nature : eau, air, sol, rayonnement, etc.),* ***l'hélice devra :*** • être composé de matériaux adaptés aux conditions normales d'utilisation à l'intérieur d'un édifice.
☐	**b)**	**Au regard du *milieu technique*** *(contraintes liées au fonctionnement : contacts avec d'autres objets techniques, composants imposés),* ***l'hélice devra*** **:** • se fixer par l'entremise du moyeu à l'arbre du rotor du MIM; • avoir une longueur maximale de 140 millimètres de façon à pouvoir s'installer sur l'hydroglisseur (60 mm pour la première pale + ≈20 mm pour le moyeu + 60 mm pour la seconde pale); • permettre la rotation des pales sur elles-mêmes de façon à ajuster le pas de l'hélice. Cet ajustement permet d'adapter l'hélice au sens de rotation du moteur et à sa puissance.
☐	**c)**	**Au regard du *milieu humain*** *(sécurité, ergonomie, esthétisme),* ***l'hélice devra*** **:** • ne pas avoir d'arêtes tranchantes ni d'éléments piquants; • être munie de pales solidement fixées.
☑	**d)**	**Au regard du *milieu industriel*** *(production : atelier, outillage, main-d'œuvre, délais de fabrication),* ***l'hélice devra*** **:** • être réalisé avec les matériaux et les outils disponibles en atelier.
☑	**e)**	**Au regard du milieu économique** *(coût de revient, etc.),* ***l'hélice devra*** **:** • être constitué d'éléments simples de façon à minimiser les coûts.
☑	**f)**	**Au regard du milieu environnemental** *(impact de l'objet sur l'environnement : recyclage en fin de vie, cycle de vie, etc.),* ***l'hélice devra*** **:** • être constitué d'éléments recyclables ou biodégradables.

Conception de deux pales indentiques

1. *Cerner le problème en fonction des activités d'apprentissage et du cahier des charges*







2. *Mijoter ses idées (textes et de croquis)*



3. *Évaluer ses idées et choisir (justifier le choix)*

Dessiner la solution retenue à la page suivante



Votre choix et sa justification

1. Dessiner la silhouette (vue du dessus) de la pale dans un rectangle dans lequel on retrouve la longueur (60 mm) et la largeur.
2. Dessiner le profil de la pale (côté opposé au perçage) dans un autre rectangle où on retrouve la hauteur et la largeur.

4. Réaliser deux prototypes identiques de la solution retenue



N.B. Préalablement percer le bloc de balsa à fin de recevoir l'axe.

Consigner toutes les décisions prises.

Problèmes de conception et/ou de construction	**Ajustements ou modifications**

5. Effectuer une mise à l'essai de l'hélice

Évaluer l'efficacité et améliorer la solution



Tests effectués et résultats obtenus



Améliorations

Activité de synthèse



Je vous invite maintenant à soumettre votre système de propulsion (MIM et hélice) à un test ultime. Vous avez à vous mesurer aux autres équipes lors d'une course amicale. Les points alloués lors de cette course ne sont là que pour mettre un peu de piquant. Après la course, un court travail de synthèse et de réflexion vous sera aussi demandé.



Déroulement de la course

Tableau d'évaluation du système de propulsion lors de la course															
Nom de l'équipe															
Pointage pour les conceptions															
Conception du support de l'interrupteur magnétique réussie (30 points)													Cocher ( )		
Conception de l'hélice de balsa (30 points)													Cocher ( )		
Pointage pour la vitesse de l'hydroglisseur															
Distance parcourue (mètre)															
Durée de la course (seconde)															
Rang	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Point	32	30	28	26	24	22	20	18	16	14	12	10	8	6	4	2
Cocher																
Pointage pour la précision du guidage															
Distance du centre de la cible (centimètre)								0 à 4		4 à 8		8 à 12		12 à 16	
Point								8		6		4		2	
Cocher															
Total des points :															

Disqualification si l'hydroglisseur :

- a un système de téléguidage;
- est touché par quelqu'un après le départ de la course;
- a une source d'alimentation autre qu'une batterie alcaline de 9 volts standard.



Que le meilleur hydroglisseur gagne!

Divers calculs liés à la course

Calculer la vitesse moyenne de l'hydroglisseur	
Données	*Calcul(s)*
Équation(s)	Réponse :_____

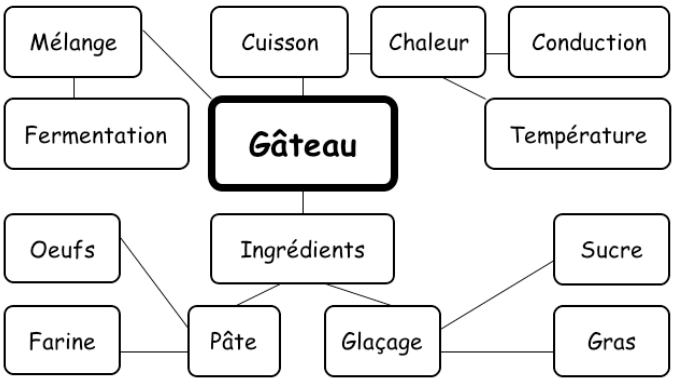
Calculer l'énergie électrique consommée par l'hydroglisseur (voir p. 28)	
Données	*Calcul(s)*
Équation(s)	Réponse :_____

Calculer l'énergie cinétique moyenne de l'hydroglisseur (pour le cours de SE)	
Données	*Calcul(s)*
Équation(s)	Réponse :_____

Réseaux de concepts

Suite à l'étude et à la fabrication de votre moteur à interrupteur magnétique, construisez un réseau des concepts liés au moteur électrique. La confection de ce nouveau réseau vous permettra d'apprécier le chemin parcouru depuis le début de cette SAE. Vous en savez probablement beaucoup plus sur le sujet !

Exemple d'un réseau de concepts



Réseau de concepts

Moteur électrique

Construisez un réseau des concepts liés à l'hydroglisseur.

La banque de mots ci-jointe peut vous inspirer dans votre travail.

Prenez soin d'organiser le tout d'une façon logique.

Banque de mots

- Principe d'Archimède
- Coque
- Masse volumique
- Masse
- Volume
- Déplacement d'eau
- Flottabilité
- Principe de Bernoulli
- Hélice
- Gouvernail
- Pression
- Vitesse
- Particule
- Écoulement

Réseau de concepts

Hydroglisseur

Réflexion sur vos aspirations professionnelles

Réflexion sur vos aspirations professionnelles en lien avec cette SAE