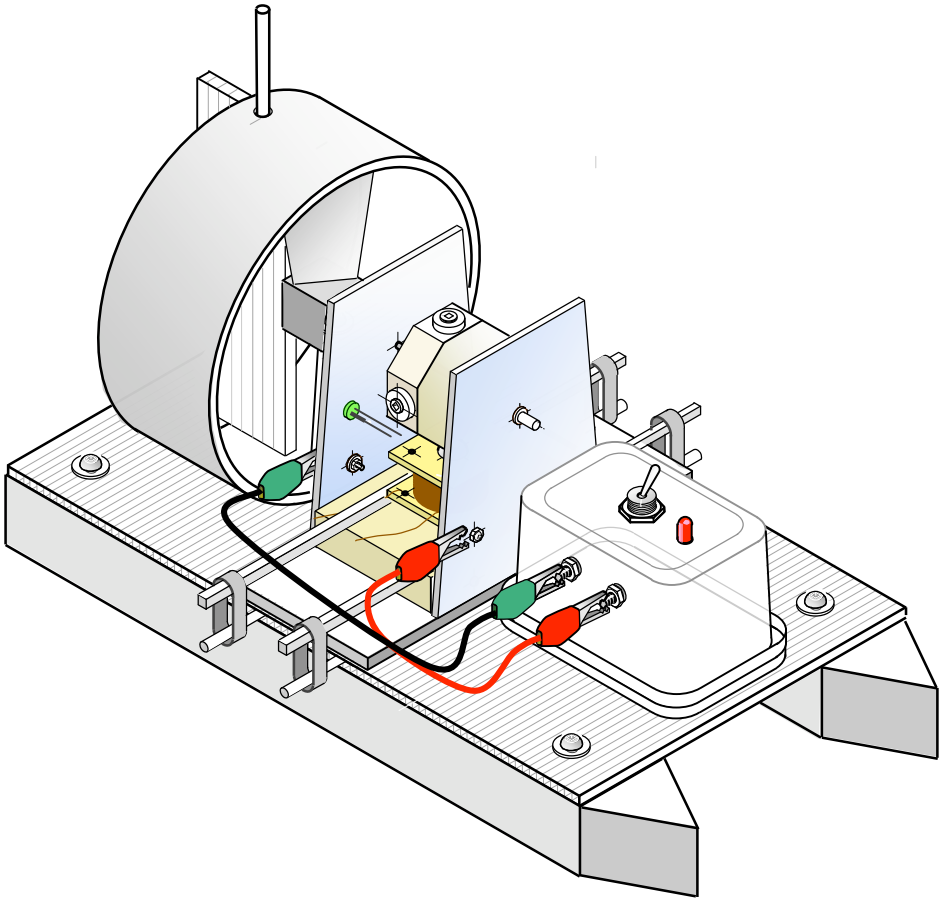
centre de
développement
pédagogique
pour la formation générale
en science et technologie

Document de travail

L'HYDROGLISSEUR ÉLECTRIQUE



GUIDE DU MAÎTRE

Octobre 2010

Table des matières

Concepts touchés par cette SAE 3

Planification d'enseignement suggérée 4

Il est temps d'en savoir un peu plus! 7

Analyse du MIM 10

Corrigé du questionnaire sur le fonctionnement du MIM 11

Fabrication du MIM (sans le support de l'interrupteur magnétique) 13

Capsules de sécurité 14

(1) Soudure à l'étain, au plomb ou autres 14
(3) Couteau à lame rétractable 15
(7) Scie à ruban 16
(8) Ponceuse à disque et à ruban 17
(9) Perceuse d'établi (à colonne) 18

Conseils pour la mise en marche du MIM 19

Conception du support d'interrupteur magnétique 20

Mise à l'essai du MIM 21

Il est encore temps d'en savoir un peu plus 24

Corrigé du questionnaire sur le principe d'Archimède 24
Hélice et principe de Bernoulli (laboratoire dirigé 1) 25
Hélice et principe de Bernoulli (laboratoire dirigé 2) 26
Hélice et principe de Bernoulli (laboratoire dirigé 3) 27

Conception de l'hélice 29

Vidéo sur «Le balsa comme matériau» 29
Fabrication du moyeu 30
Perçage des pales et montage de l'hélice 31

Détermination du pas idéal des pales 32

Rapporteur d'angle des pales à imprimer 35

Vidéo sur la «Préparation et le déroulement de la course» 36

Annexe 2 (Exemples de solutions de conception pour le MIM) 39

Concepts touchés par cette SAE

Pour le cours d'ATS de quatrième secondaire (sans le cours de SE)			
Univers	Nombre de concepts au programme	Nombre de concepts visés par la SAE	Pourcentage de concepts touchés
Technologique	22	12	55 %
Vivant	7	0	0 %
Matériel	22	10	45 %
Terre et espace	9	0	0 %
Total :	60	22	37 %

Remarques :

- La SAE a une durée de 15 périodes. Ceci représente « théoriquement » 12,5 % du temps disponible au cours de l'année scolaire. Ce pourcentage pourra augmenter puisque dans la réalité, de nombreuses périodes ne sont pas disponibles pour l'enseignement (activités, tempêtes, évaluations, etc.)
- Les concepts visés par cette SAE sont vus d'une façon concrète et appliquée. Cependant, certains d'entre eux devront avoir été introduits préalablement et d'autres devront être approfondis par la suite.

Aménagements possibles pour limiter le coût de la SAE :

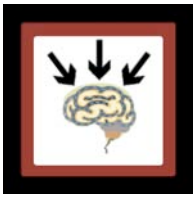
- Le moteur à interrupteur magnétique (MIM) peut être réutilisé année après année ce qui permet de limiter le coût des matériaux. L'élève n'aurait alors qu'à concevoir le support de l'interrupteur magnétique. De cette façon, il faudrait retrancher 3 cours (cours 4, 5, 6) dans la planification d'enseignement ci-jointe. Le nombre de concepts touchés serait cependant moins grand. Voici ceux qui ne seront pas ou peu touchés :
    - Cotation fonctionnelle
    - Adhérence et frottement entre les pièces
    - Perçage
    - Mesure et contrôle (forme et position, angle)

Planification d'enseignement suggérée

Cours (75 min.)	**Description sommaire en fonction du cahier de l'élève**	**À prévoir**
Cours 1	• Déclencheur (Cahier de l'élève p. 3) • Activation des connaissances antérieures (p. 4) • Retour sur les activités d'apprentissage (p. 6 à 8)	• Projecteur multimédia pour présenter les séquences vidéo. • Matériel de démonstration touchant les circuits et le magnétisme. • Tableau pour le retour en plénière sur le réseau de concepts.
Cours 2	• Retour sur les activités d'apprentissage (p. 9 à 12)	• Matériel de démonstration touchant l'électromagnétisme, la puissance et l'énergie.
Cours 3	• Présentation de la tâche complexe (p.13) • Analyse du MIM (p. 14 à 18) . Vidéo du MIM en action . Composants du MIM . PowerPoint sur l'explication du MIM . Questionnaire sur le fonctionnement du MIM	• Projecteur multimédia pour présenter la séquence vidéo ainsi que la présentation PowerPoint.
Cours 4	• Fabrication du MIM en équipe de deux élèves (cours 1 de 3) . Début de la fabrication de l'électroaimant (comme cette étape est longue, il faut toujours qu'il y ait une équipe à ce poste) . Fabrication de la base . Fabrication des supports de l'arbre	• Dossier technique du MIM • Atelier avec machines-outils • Se référer à la gamme pour tous les autres outils nécessaires
Cours 5	• Fabrication du MIM (cours 2 de 3) . Fin de la fabrication de l'électroaimant. . Fabrication du rotor . Début de l'assemblage final	• Dossier technique du MIM • Atelier avec machines-outils • Se référer à la gamme pour tous les autres outils nécessaires

Cours (75 min.)	**Description sommaire en fonction du cahier de l'élève**	**À prévoir**
Cours 6	• Fabrication du MIM (cours 3 de 3) . Fin de l'assemblage final . Câblage du circuit (soudure) . Première mise sous tension	• Dossier technique du MIM • Atelier avec machines-outils • Se référer à la gamme pour tous les autres outils nécessaires
Cours 7	• Début de la conception du support de l'interrupteur magnétique (p. 21 à 24) . Cerner le problème . Mijoter ses idées . Choisir et schématiser . Réaliser un prototype	• Divers matériaux pouvant servir à la conception • Outils variés • Atelier avec machines-outils si nécessaire
Cours 8	• Fin de la conception du support de l'interrupteur magnétique (p. 21 à 24) . Réaliser un prototype . Mise à l'essai du support . Améliorer le prototype si nécessaire	• Divers matériaux pouvant servir à la conception • Outils divers • Atelier avec machines-outils si nécessaire
Cours 9	• Mise à l'essai du MIM, déterminer expérimentalement (p. 25 à 28) : . La résistance avec la loi d'ohm . La puissance . L'énergie électrique . L'énergie potentielle engendrée par son travail . Le rendement énergétique	• Un MIM par équipe • Matériel de laboratoire . Source de 9 volts . Voltmètre . Ampèremètre . Chronomètre . Ensemble de masses pour balance…
Cours 10	• Activité d'apprentissage portant sur le principe d'Archimède (p. 30 à 34) • Début de l'activité d'apprentissage portant sur le principe de Bernoulli (p. 35 à 39)	• Matériel nécessaire pour le laboratoire dirigé 1 (p.35) • Facultatif : ordinateur équipé d'un tableur pour le traitement des données (graphique)
Cours 11	• Fin de l'activité d'apprentissage portant sur le principe de Bernoulli (p. 40 à 46)	• Matériel nécessaire pour les laboratoires dirigés 2 et 3 (p.39, 42) • Facultatif : ordinateur équipé d'un tableur pour le traitement des données (graphique)

Cours (75 min.)	**Description sommaire en fonction du cahier de l'élève**	**À prévoir**
Cours 12	• Début de la conception de l'hélice (p. 47 à 50) . Cerner le problème . Mijoter ses idées . Choisir et dessiner . Fabriquer la première pale	• Divers matériaux pouvant servir à la conception • Outils variés • Atelier avec machines-outils si nécessaire
Cours 13	• Fin de la conception de l'hélice (p. 47 à 50) . Fabriquer la seconde pale . Mise à l'essai de l'hélice (trouver le pas idéal) . Améliorer le prototype si nécessaire	• Divers matériaux pouvant servir à la conception • Outils variés • Atelier avec machines-outils si nécessaire
Cours 14	• Début de l'activité synthèse, course d'hydroglisseur (p. 51) Note : Le dossier technique d'un modèle d'hydroglisseur est disponible sur le site du CDP. Cet hydroglisseur peut être commun à toutes les équipes.	• Hydroglisseur de chacune des équipes • Chronomètre • Plan d'eau . Piscine pour les chanceux . Bac de rangement pour le dessous d'un lit
Cours 15	• Fin de l'activité synthèse (p. 52 à 55) . Compléter deux réseaux de concepts pour prendre conscience des progrès accomplis . Calculer la vitesse moyenne de l'hydroglisseur pendant la course . Calculer l'énergie électrique consommée par l'hydroglisseur pendant la course . Calculer l'énergie cinétique moyenne de l'hydroglisseur pendant la course . Réfléchir sur ses aspirations professionnelles	• Hydroglisseur de chaque équipe • Balance pour peser les hydroglisseurs • Accès à Internet ou à d'autres sources dans le but d'alimenter des élèves sur leurs aspirations professionnelles.



Il est temps d'en savoir un peu plus!

Les activités d'apprentissages peuvent être présentées de diverses façons. Il appartient à chaque enseignant de déterminer celle qu'il préfère, d'autant que le matériel disponible dans chaque établissement peut varier. Ces quelques lignes attirent votre attention sur des éléments importants à considérer avant d'attaquer la SAE.

Circuit

La notion de conductibilité électrique est importante pour la compréhension du moteur électrique. En effet, il nous suffit de penser à l'interrupteur magnétique en verre ou au fil de cuivre verni pour nous en convaincre.
La schématisation des circuits et son symbolisme devraient avoir été vus dans le cours d'ATS de troisième secondaire. Il est sûrement à propos de prévoir un retour sur ces concepts.
Finalement, les différents circuits électriques doivent être connus. En effet, le circuit du MIM, avec sa diode de protection, est un circuit mixte.

Magnétisme

***Note** : Si vous avez vécu la SAE « Écouteur », ces notions ont été déjà présentées.*
Le MIM est composé de substances non magnétiques, magnétiques et ferromagnétiques. Il est parfait pour aborder ces propriétés, d'autant plus qu'elles sont essentielles à la compréhension du fonctionnement du moteur.
Connaître ce qu'est un aimant permanent, avec ses pôles et son champ magnétique, est primordial. Les forces qui s'exercent entre deux aimants doivent aussi être connues. L'utilisation même de la boussole est également indispensable. En effet, l'élève devra déterminer les pôles des aimants du rotor. Ceux-ci devront être convenablement orientés, sans quoi le moteur ne sera pas fonctionnel. (Il ne faut pas se fier aux petits points rouges tracés pour indiquer le nord des aimants utilisés pour le MIM. Il nous est arrivé de détecter des erreurs.)

Électromagnétisme

***Note** : Si vous avez vécu la SAE « Écouteur », ces concepts ont été déjà présentés.*
Le solénoïde tient une place de choix dans la structure du MIM. Il est important de le comprendre parfaitement. Les facteurs qui influencent la force de son champ magnétique doivent être connus (noyau ferromagnétique, nombre de spires, intensité du courant). C'est en étudiant son champ ainsi que ses pôles magnétiques que l'élève pourra faire des parallèles avec les aimants permanents.
La règle de la main droite peut être abordée avec les élèves. Vous trouverez sur le site du CDP une présentation *PowerPoint* utile pour présenter le sujet.

Mesure

Lorsque l'élève procédera à l'essai de son MIM, il devra, entre autres, calculer la résistance électrique du moteur <u>en marche</u> à l'aide de la loi d'Ohm. Pour ce faire, l'élève devra être capable de mesurer la tension à ses bornes ainsi que l'intensité du courant qui le traverse.

Remarques importantes

On doit noter que la résistance mesurée à l'aide d'un ohmmètre ne donne pas une mesure identique à la valeur calculée à l'aide de l'intensité du courant et de la tension. Elle est bien inférieure. Comme l'ohmmètre est utilisé sur un appareil hors tension, cette mesure n'est pas représentative de la réalité.
En effet, le courant mesuré est un courant moyen qui tient compte du fait que le solénoïde n'est pas toujours sous tension dans le fonctionnement normal du moteur. Le solénoïde reçoit quatre impulsions électriques à chaque tour. Il est donc en fonction environ 40 % du temps de fonctionnement. Ce courant efficace est donc plus petit que le courant que l'on mesurerait sur un solénoïde branché en permanence. Comme la résistance électrique est obtenue par l'équation R=U/I et que la tension est constante, une petite intensité implique une grande résistance. C'est pourquoi la résistance calculée à l'aide de l'intensité et de la tension est plus grande que celle mesurée avec un ohmmètre.

Puissance et énergie électrique

Lorsque l'élève procédera à l'essai de son MIM, il devra aussi entre autres calculer la puissance électrique du moteur ainsi que l'énergie électrique consommée lorsqu'il effectue un travail. Un chronomètre devra aussi être utilisé pour mesurer le temps d'utilisation nécessaire pour effectuer un travail.

Énergie potentielle gravitationnelle

Lors de la mise à l'essai de son MIM, l'élève devra, entre autres, calculer son rendement énergétique. Aborder l'énergie potentielle gravitationnelle rend le concept de rendement très accessible. C'est pourquoi nous suggérons d'étudier l'énergie potentielle gravitationnelle avec tous les groupes même si ce concept est associé au cours de SE.

Vitesse moyenne

Après la course, l'élève aura à calculer la vitesse moyenne de son hydroglisseur. Pour y arriver, il aura à sa disposition la grandeur du plan d'eau (longueur du parcours) et la durée totale du trajet. La vitesse de l'hydroglisseur, à un moment donné (vitesse instantanée), pourrait être abordée d'une façon intuitive et qualitative.

Énergie cinétique

Après la course, l'élève devra aussi calculer l'énergie cinétique (pour le cours de SE seulement). Pour ce faire, il devra peser son hydroglisseur et avoir à sa disposition la vitesse moyenne de son hydroglisseur calculée précédemment.
L'énergie calculée ici ne peut pas servir à calculer un rendement comme on l'a fait lors de la mise à l'essai du MIM. L'énergie calculée ici est sous-estimée. Pour obtenir une quantité d'énergie acceptable, il faudrait utiliser la vitesse maximale de l'hydroglisseur.

Analyse du MIM

Polyvalence du MIM

Le **m**oteur à **i**nterrupteur **m**agnétique (MIM) est facile à fabriquer, simple à expliquer et surtout d'une fiabilité surprenante. La puissance de ce moteur permet une variété d'applications accessibles aux élèves. En effet, il est possible de faire du MIM un moteur d'ascenseur, un moteur de véhicule terrestre ou même un moteur de véhicule nautique comme l'hydroglisseur. De plus, en faisant tourner le MIM à bonne vitesse à l'aide d'un outil rotatif, on peut le transformer en générateur de courant alternatif (alternateur). Dans ce cas, la DEL s'illuminera.

L'utilité de la diode électroluminescente (DEL)

La diode est un composant électronique qui laisse passer le courant dans un seul sens. Ici, elle élimine les flammèches qui se produisent à l'intérieur de l'interrupteur magnétique. Sans elle, la durée de vie de l'interrupteur serait grandement raccourcie à cause de l'échauffement des lamelles. Lorsque l'interrupteur s'ouvre, les électrons poursuivent leur chemin dans le gaz (ou l'air) contenu dans l'ampoule de verre. C'est l'inertie électrique créée par le solénoïde qui les projette ainsi. Ajouter une diode aménage une voie d'évitement où le courant électrique pourra ralentir et s'arrêter sans causer d'échauffement destructif. C'est comme si l'on aiguillait un train à grande vitesse sur une voie d'évitement pour lui permettre de ralentir sans causer de dégât. Il est à noter que la diode doit être polarisée à l'inverse de la pile. Lorsque le solénoïde est sous tension, aucun courant ne doit passer dans la diode. La DEL que nous utilisons pourrait être remplacée par une diode rectificatrice ordinaire. Cette modification diminuerait le coût, mais l'ajout d'un composant qui émet de la lumière est pédagogiquement intéressant. En effet, il est intéressant de noter que l'énergie servant à illuminer la DEL aurait été perdue lors de l'apparition de la flammèche.

Il est à noter que les DEL translucides de couleur verte semblent plus robustes et plus appropriées dans ce circuit. Celles qui émettent une lumière verte tout en étant constituées de plastique incolore seraient à éviter.

Pour plus d'informations sur la diode, voir la section « **Conseils pour la mise en marche du MIM** ».

Corrigé du questionnaire sur le fonctionnement du MIM

Notes

Avant de soumettre le questionnaire aux élèves, il faudrait :

1. Présenter la vidéo où l'on voit le MIM en action
2. Présenter les principaux composants du MIM (présenter aussi la DEL)
3. Expliquer le fonctionnement de l'interrupteur magnétique (en approchant un aimant de l'interrupteur, on peut le fermer et le rendre conducteur d'électricité)
4. Présenter le schéma du circuit
5. Projeter la présentation PowerPoint « hydroglisseur_explication_MIM_ATS.ppt » (celle-ci permet d'expliquer, pas à pas, le fonctionnement du MIM)

Question 1 : Le circuit est fermé.

Question 2 : Oui, le sens du courant correspond à la polarité du champ magnétique.

Question 3 : En répulsion, les pôles Sud sont face à face.

Question 4 : Oui, si l'interrupteur est déplacé vers le haut, la répulsion se produira plus tôt, ce qui entraînera une inversion du sens de rotation. Il est à noter qu'une inversion de la polarité de la source de courant ne provoque pas une inversion du sens de rotation comme dans le cas des moteurs fonctionnant en courant continu. Une inversion fait passer le moteur du mode répulsion au mode attraction, et vice-versa.

Question 5 : Le circuit est ouvert.

Question 6 : Non, l'électroaimant ne fonctionne pas.

Question 7 : Il y a une force d'attraction entre le noyau de l'électroaimant et l'aimant permanent du rotor. Cette attraction est présente même si le solénoïde n'est pas en fonction. De type résiduel, elle aide quand même le moteur à tourner. On doit noter que, si le moteur fonctionnait en attraction, cette attraction résiduelle le ralentirait.

Question 8 : Il continue à tourner à cause de son inertie et à cause de l'attraction résiduelle abordée à la question précédente.

Question 9 : Oui, ils devront tous être orientés de la même façon, c'est-à-dire le même pôle vers l'extérieur (sur le dessin, nous avons choisi d'orienter les aimants d'une façon arbitraire).

Question 10 : Ces lamelles sont constituées d'une substance ferromagnétique. Elles deviennent momentanément des aimants lorsqu'elles sont plongées dans le champ magnétique de l'aimant qui passe. Les lamelles s'attirent donc mutuellement comme les pôles opposés d'aimants permanents.

Question 11 : Pour que l'interrupteur se ferme lorsque l'aimant dépasse légèrement le solénoïde.

Question 12 : Oui, en inversant la polarité de la pile, nous changeons le mode de fonctionnement du MIM (en répulsion ou en attraction). La performance du MIM est nettement supérieure lorsque celui-ci fonctionne en répulsion au moment où le solénoïde est en fonction.

Question 13 : La plus petite possible pour maximiser la force de répulsion.

Question 14 : Quatre fois par tour, car il y a quatre aimants.

Question 15 : Oui, plus il y a de tours, plus le champ magnétique produit est important.

Question 16 : Oui, la distance devrait être la plus petite possible. Si l'aimant est trop loin, le champ magnétique sera trop faible pour que les lamelles s'attirent.



Fabrication du MIM (sans le support de l'interrupteur magnétique)

Pour cette fabrication, vous avez à votre disposition un dossier technique complet. On y retrouve les documents suivants :

- Les gammes de fabrication et d'assemblage
- Les dessins techniques
- Les gabarits
- Les capsules de sécurité
- Les détails du coût de construction

Notes

1. **Tolérance fonctionnelle** : Certaines cotes des dessins de détail du rotor et des supports de l'arbre du rotor font appel à une tolérance fonctionnelle. Ne pas tenir compte de ces cotations spécifiques pourrait rendre la conception du support de l'interrupteur magnétique plus difficile. Il serait donc important de présenter à l'élève ce qu'est une tolérance sur une cote et plus spécifiquement ce qu'est une tolérance fonctionnelle
2. **Câblage du circuit** : le câblage du circuit peut se faire de deux façons.
    a. La première façon laisse beaucoup de latitude à l'élève. L'enseignant laisse l'élève câbler le circuit en utilisant la section « Câblage du circuit électrique » du cahier de l'élève (dans ce cas, il faut retirer la dernière section de la gamme d'assemblage du MIM).
    b. La deuxième façon est beaucoup plus encadrée. L'élève suit alors la dernière section de la gamme d'assemblage du MIM. Toutes les étapes du câblage du circuit sont expliquées dans les moindres détails.
3. **Bobinage du solénoïde** : Il ne faudrait pas trop augmenter le nombre de spires de fil du solénoïde (le diamètre du solénoïde proposé dans la gamme est de 25 mm). En effet, une trop grande intensité de courant passerait alors dans la DEL et pourrait l'endommager ou même la rendre inopérante. Le rôle de protection de la DEL serait alors compromis et l'interrupteur magnétique en souffrirait. La jauge du fil (28 AWG) ne devrait pas être changée pour la même raison.

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

Capsules de sécurité

(1) Soudure à l'étain, au plomb ou autres







1. Attention aux brûlures que pourrait causer le fer à plus de 200 °C. (Ne pas porter de gants de caoutchouc ou de latex, ces substances pouvant fondre sur la main.)
2. Porter des lunettes de sécurité pour se protéger contre les projections d'étain.
3. Utiliser un support à fer pour éviter d'enflammer ses vêtements, ses cheveux, le papier, les plastiques, etc.
4. Ne pas secouer le fer pour le nettoyer : utiliser l'éponge prévue à cette fin.
5. Éviter de porter à la bouche ou de couper avec les dents l'étain et le plomb qui sont très toxiques. (Il ne faut ni manger ni boire en soudant.)
6. Ne jamais souder des composants sous tension.
7. Bien aérer les lieux ou utiliser la hotte prévue à cette fin pour limiter l'inhalation des vapeurs de soudure, car elles sont toxiques.
8. Utiliser une poire à dessouder pour enlever une soudure fautive.
9. Se laver les mains après le travail et nettoyer la table de travail pour éviter tout risque d'intoxication.







S'assurer que les modifications à cette capsule ne compromettent pas la sécurité des élèves. La personne fautive devra assumer ses choix.

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

Capsules de sécurité

(3) Couteau à lame rétractable







1. Attention aux blessures. Ne jamais placer la main qui retient la pièce dans la trajectoire de la lame.
2. Utiliser une règle profilée en métal pour guider les coupes droites.
3. Utiliser une surface de travail propre, rigide, non glissante, mais pouvant légèrement se marquer (planche de panneau dur).
4. Utiliser une lame bien aiguisée, sans quoi des efforts non nécessaires pourraient causer des blessures.
5. Prendre son temps de façon à bien penser à chacun de ses gestes.
6. Utiliser des pinces pour casser et retirer les bouts de lames émoussés.





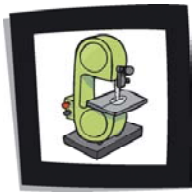


S'assurer que les modifications à cette capsule ne compromettent pas la sécurité des élèves. La personne fautive devra assumer ses choix.

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

Capsules de sécurité

(7) Scie à ruban











1. Porter des lunettes de sécurité pour se protéger contre les projections.
2. Attacher ses cheveux et rouler ses manches pour éviter qu'ils soient happés par le mécanisme.
3. Ne pas porter de bracelets, colliers, bijoux, etc.
4. Nettoyer la surface de travail de tout débris pouvant mener à des gestes dangereux ou nuire au bon fonctionnement de la scie.
5. Utiliser une lame bien aiguisée, sans quoi des efforts non nécessaires pourraient causer des blessures.
6. Prendre son temps de façon à bien penser à chacun de ses gestes. Maintenir les mains à plus de 5 cm de la ligne de coupe.
7. Utiliser un poussoir pour les petites pièces afin de garder les mains loin de la lame.
8. Respecter le périmètre de sécurité tracé sur le sol. La proximité d'une autre personne pourrait déconcentrer l'utilisateur.
9. Actionner le dépoussiéreur ou porter un masque antipoussière.
10. Porter des protecteurs acoustiques pour éviter les troubles auditifs si l'exposition au bruit atteint 85 décibels durant une période de 8 heures consécutives.





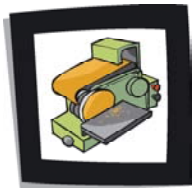




S'assurer que les modifications à cette capsule ne compromettent pas la sécurité des élèves. La personne fautive devra assumer ses choix.

Capsules de sécurité

(8) Ponceuse à disque et à ruban







1. Porter des lunettes de sécurité pour se protéger contre les projections.
2. Attacher ses cheveux et rouler ses manches pour éviter qu'ils soient happés par le mécanisme.
3. Ne pas porter de bracelets, colliers, bijoux, etc.
4. Nettoyer la surface de travail de tout débris pouvant mener à des gestes dangereux ou nuire au bon fonctionnement de la ponceuse.
5. Prendre son temps de façon à bien penser à chacun de ses gestes.
6. Respecter le périmètre de sécurité tracé sur le sol. La proximité d'une autre personne pourrait déconcentrer l'utilisateur.
7. Il est obligatoire que le dépoussiéreur soit en marche lorsqu'on utilise la ponceuse à disque et à ruban. Si on se trouve en présence d'un contaminant pouvant causer un cancer (ex. silice), le masque est également obligatoire.
8. Appeler le responsable de l'atelier si la courroie se désaligne.
9. Porter des protecteurs acoustiques pour éviter les troubles auditifs si l'exposition au bruit atteint 85 décibels durant une période de 8 heures consécutives.






S'assurer que les modifications à cette capsule ne compromettent pas la sécurité des élèves. La personne fautive devra assumer ses choix.

Capsules de sécurité

(9) Perceuse d'établi (à colonne)






1. Porter des lunettes de sécurité pour se protéger contre les projections.
2. Attacher ses cheveux et rouler ses manches pour éviter qu'ils s'enroulent sur le mandrin.
3. Ne pas porter de bracelets, colliers, bijoux, etc.
4. Attention, risque de blessures graves! Fixer fermement les matériaux à la table à l'aide de serres pour éviter qu'une pièce s'accroche à la mèche et se mette à tourner à grande vitesse.
5. Ajuster la hauteur de la table, régler la profondeur et nettoyer la surface de travail avant de démarrer la perceuse.
6. Utiliser une mèche bien aiguisée sans quoi des efforts non nécessaires pourraient faire casser la mèche et causer des blessures.
7. Enlever la clé du mandrin immédiatement après avoir serré l'outil de perçage.
8. Prendre son temps de façon à bien penser à chacun de ses gestes.
9. Respecter le périmètre de sécurité tracé sur le sol. La proximité d'une autre personne pourrait déconcentrer l'utilisateur.
10. Débrancher l'alimentation du secteur avant d'effectuer un changement de mèche.





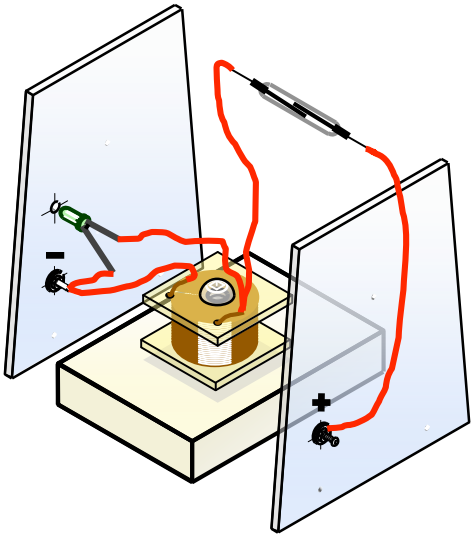

S'assurer que les modifications à cette capsule ne compromettent pas la sécurité des élèves. La personne fautive devra assumer ses choix.

Conseils pour la mise en marche du MIM

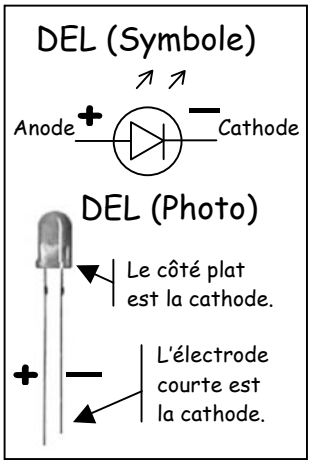
ATTENTION AUX YEUX



L'interrupteur magnétique est assez fragile puisque sa partie externe est faite de verre. On doit éviter que les aimants ne le frappent durant les tests et la conception. De plus, on ne devrait en aucun cas tenter de plier ses électrodes. **De graves blessures aux yeux pourraient être provoquées par le verre projeté, si l'on ne tient pas compte de ces remarques.**



- Lorsqu'on branche le moteur pour la première fois, on constate qu'il est beaucoup plus performant lorsqu'il est polarisé d'une certaine façon. Un essai des deux polarités rend le choix évident. Un moteur qui tourne plus vite est en mode répulsion (lorsque le solénoïde est en fonction), et c'est parfait.
- Le MIM tourne, c'est super, mais voyez les flammèches qui se produisent à l'intérieur de l'interrupteur magnétique. L'échauffement des lamelles réduira la durée de vie de l'interrupteur. Un moyen de les éliminer est d'ajouter une DEL au circuit (voir la section « *L'utilité de la diode* »). La DEL doit être branchée en parallèle avec l'électroaimant et polarisée à l'inverse de la pile (voir les schémas de la section « *Questionnaire sur le fonctionnement du MIM* »). On doit éviter de la brancher dans le sens où elle s'échauffe. Dans ce cas, elle s'illumine quand même, mais cesse de fonctionner en quelques minutes et entraîne l'échauffement destructif de l'interrupteur. **Il est à noter que les DEL translucides de couleur verte semblent plus robustes et plus appropriées dans ce circuit.** Celles qui émettent une lumière verte tout en étant constituées de plastique incolore seraient à éviter.



Pour plus de détails au sujet de la mise en marche, consultez la section « Câblage du circuit » de la gamme d'assemblage du MIM



Conception du support d'interrupteur magnétique

La forme et les dimensions des supports de l'arbre du rotor ont été soigneusement choisies. Cette configuration permet l'installation du support de l'interrupteur sur les trois côtés disponibles. Ceci laisse une plus grande latitude à l'élève lors de sa conception.

Notes

- Durant la conception du support, il est bon de rappeler à l'élève que l'interrupteur doit être le plus près possible des aimants en rotation et qu'il est possible d'inverser le sens de rotation du moteur en déplaçant celui-ci. Pour plus d'informations, quant au positionnement idéal de l'interrupteur, consulter le « *Questionnaire sur le fonctionnement du MIM* ».
- À l'étape 3 du processus de conception, nous avons ajouté une vue de face et de côté du MIM. Ceci a pour but d'aider l'élève à adapter son support d'interrupteur au reste du MIM. Ces dessins sont à l'échelle 1:1, ce qui devrait simplifier la tâche de l'élève.
- L'annexe 2, du présent document, contient des photos d'exemples de conceptions possibles.



Mise à l'essai du MIM

Résistance électrique

Il est maintenant temps de mettre le MIM à l'essai. On doit, à l'aide de la loi d'Ohm, calculer la résistance électrique du moteur en marche. Pour ce faire, l'élève doit mesurer la tension aux bornes du moteur ainsi que l'intensité du courant qui le traverse.

La résistance mesurée à l'aide d'un ohmmètre donnerait une mesure bien inférieure. Comme l'ohmmètre est utilisé lorsque l'appareil est hors tension, cette mesure n'est pas représentative de la réalité. En effet, le courant mesuré lorsque le moteur tourne est un courant moyen qui tient compte du fait que le solénoïde n'est pas continuellement sous tension. Ce courant efficace est donc plus petit que le courant que l'on mesurerait sur un solénoïde branché en permanence.

La résistance obtenue par l'équation R=U/I serait en quelque sorte une impédance. La notion d'impédance est habituellement utilisée dans le domaine du courant alternatif. À notre avis, cette notion est trop complexe pour être abordée au secondaire

Puissance électrique

L'élève doit aussi calculer la puissance électrique du moteur à l'aide des valeurs d'intensité et de tension mesurées précédemment. On doit noter qu'il s'agit ici de la puissance électrique consommée par le moteur et non pas de sa puissance mécanique qui, elle, est forcément plus faible à cause des pertes d'énergie.

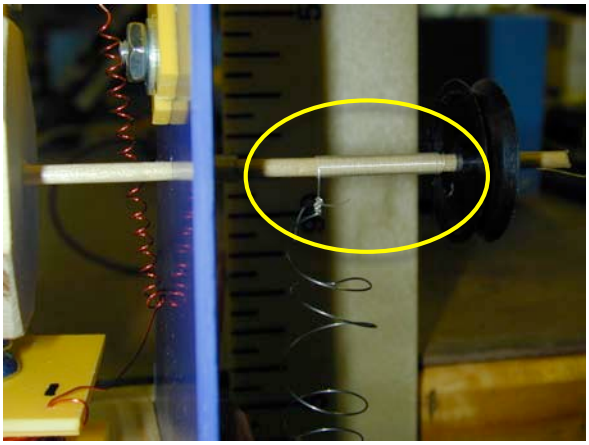
Nous avons choisi une tension de 9 volts, équivalente à une petite batterie afin de simplifier une éventuelle application concrète. En effet, une batterie de 9 volts peut être facilement logée dans un hydroglisseur ou un petit véhicule terrestre. Il est à noter qu'une batterie alcaline doit être utilisée. Une batterie ordinaire ne produirait pas une intensité de courant suffisante.

Effort mécanique proposé (sans l'énergie potentielle gravitationnelle)

Il existe de nombreuses façons de faire travailler un moteur. Utiliser l'énergie potentielle gravitationnelle est une façon simple de quantifier le travail fait par le moteur. Cependant, comme l'énergie potentielle gravitationnelle n'est vue que dans le cours de SE, nous laissons ici à l'élève l'opportunité de trouver une façon qualitative d'évaluer l'efficacité du moteur.

Effort mécanique proposé (avec l'énergie potentielle gravitationnelle)

Nous vous proposons ici une méthode simple de provoquer un effort mécanique qui permettra de faire des calculs simples et, à notre avis, très intéressants.



Il s'agit de soulever un poids d'une masse connue en l'accrochant à une ficelle et en enroulant celle-ci sur l'arbre du rotor.

La masse du poids choisi est aussi importante : trop grande, elle entraînera l'arrêt du MIM; trop petite, le poids montera trop rapidement et rendra difficile la mesure du temps.



Le fil choisi devra être le plus petit possible. L'effort du moteur sera plus constant durant l'élévation du poids. Un fil à pêche peut sans doute faire l'affaire.



Un ressort peut être attaché entre le bout de la ficelle et le poids. Le moteur aura ainsi le temps d'atteindre sa vitesse de croisière avant que la masse ne quitte le sol. On doit démarrer le chronomètre au moment où le poids quitte le sol et l'arrêter lorsque le poids atteint un repère préalablement fixé.

Calcul de l'énergie électrique

On doit maintenant calculer l'énergie électrique consommée par le MIM soumis à l'effort mécanique choisi à la page précédente.
Un chronomètre sera utilisé pour mesurer le temps nécessaire pour effectuer le travail.

L'énergie électrique a adopté diverses formes :

- énergie mécanique (heureusement);
- énergie thermique (effet joule dans l'électroaimant);
- énergie thermique due à la fiction des pièces;
- énergie sonore (bruit de fonctionnement);
- énergie magnétique (champ généré par l'électroaimant), etc.

Calcul de l'énergie potentielle gravitationnelle

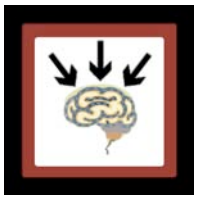
Même si le concept d'énergie potentielle gravitationnelle est habituellement vu dans le cours optionnel, nous recommandons de le présenter à tous les groupes. Le peu de temps ainsi investi sera largement compensé par la satisfaction d'obtenir un rendement en pourcentage. En effet, sans aborder ce concept, vous serez condamnés à parler du rendement d'une manière strictement qualitative. Pour calculer l'énergie potentielle gravitationnelle, il faut utiliser l'équation suivante :

$\mathbf{E_p = mgh}$ où m est la masse du poids en kg,
g est l'accélération gravitationnelle terrestre en m/s^2,
h est le déplacement du poids durant le travail en m.

Finalement, le rendement énergétique du MIM doit être calculé à l'aide de l'équation suivante :

$$\textbf{Rendement} = E_p / E_{é} \times 100$$

Où $\mathbf{E_p}$ est l'énergie potentielle gravitationnelle gagnée par le poids,
$\mathbf{E_{é}}$ est l'énergie électrique consommée par le MIM.



Il est encore temps d'en savoir un peu plus

Corrigé du questionnaire sur le principe d'Archimède

Question 1 : Comme la masse volumique de la bille est supérieure à celle de l'eau, la bille coulera au fond. La bille ne déplace pas suffisamment d'eau pour compenser son poids.

Question 2 : La masse volumique du billot est plus petite que celle de l'eau. Le billot, en s'enfonçant dans l'eau, déplace un grand volume d'eau. Dès que le billot déplace l'équivalent de sa masse en eau, il cesse de s'enfoncer.

Question 3 : Dès que le bateau déplace l'équivalent de sa masse en eau, il cesse de s'enfoncer.

Question 4 : *La masse du lingot est :*

$\rho = m/V \rightarrow m = \rho \cdot V \rightarrow m = 19{,}3\ g/cm^3 \cdot 1000\ cm^3 \rightarrow m = 19\,300\ g = 19{,}3\ kg$

La masse du lingot dans l'eau est : (masse volumique de l'eau = 1 g/cm³)

$Masse_{\text{de l'eau déplacée}} = 1000\ cm^3 = 1000\ g = 1\ kg$

$Masse_{\text{dans l'eau}} = Masse_{\text{dans l'air}} - Masse_{\text{de l'eau déplacée}}$

$Masse_{\text{dans l'eau}} = 19{,}3\ kg - 1\ kg = 18{,}3\ kg$

Question 5 : $Masse_{\text{totale du système}} = Masse_{MIM} + Masse_{bloc} = 400g + 100g = 500g$

Pour l'eau 500g = 500 ml = 500 cm^3

La base du bloc a une surface de 100 cm^2

Si le bloc s'enfonce de 5 cm dans l'eau, il aura donc déplacé 500 cm^3 donc 500 g d'eau.

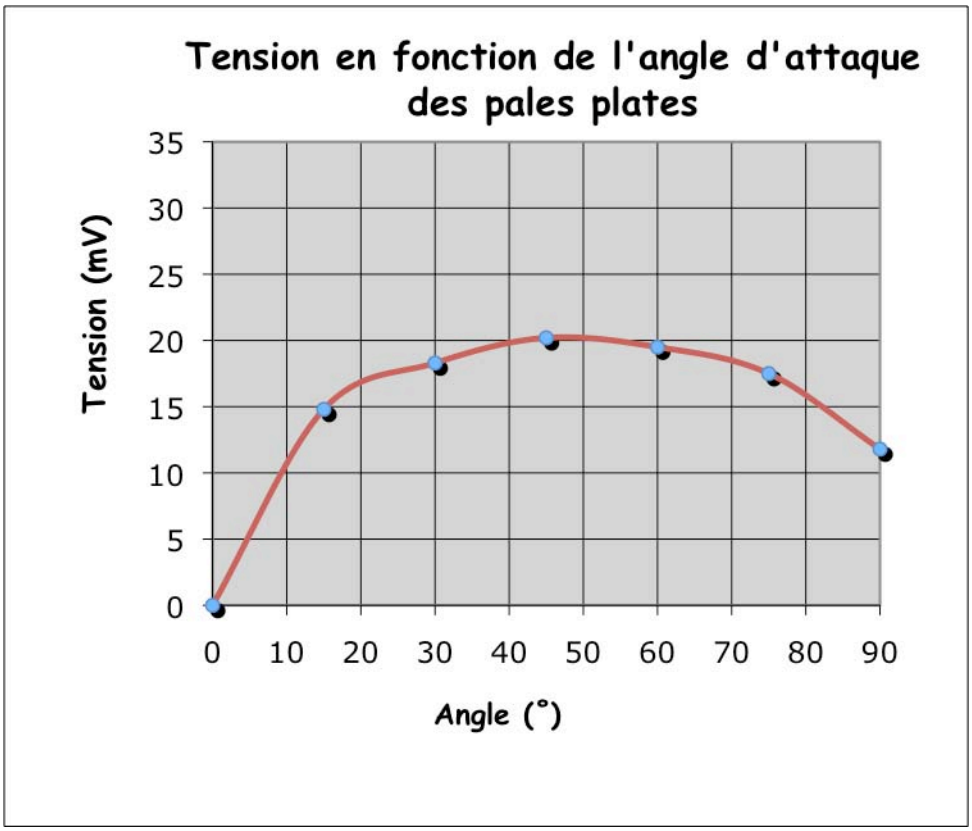
Le tirant d'eau du système sera donc de 5 cm.

Hélice et principe de Bernoulli (laboratoire dirigé 1)

Tableau de données		
Essai	**Angle d'attaque (°)**	**Tension (mV)**
1	**0**	**0**
2	**15**	**14,8**
3	**30**	**18,3**
4	**45**	**20,2**
5	**60**	**19,5**
6	**75**	**17,5**
7	**90**	**11,8**

Question 1 :
45° est l'angle qui engendre la plus forte tension, donc le plus grand déplacement d'air.

Question 2 :
À 90°, les pales chassent l'air autant vers l'alternateur que vers l'outil rotatif. Cette configuration rendrait impossible la propulsion d'un véhicule.



Hélice et principe de Bernoulli (laboratoire dirigé 2)

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	**« dans un sens »**	**Vers l'outil rotatif**
Pales bombées vers l'outil rotatif	**« dans l'autre sens »**	**Vers l'alternateur**

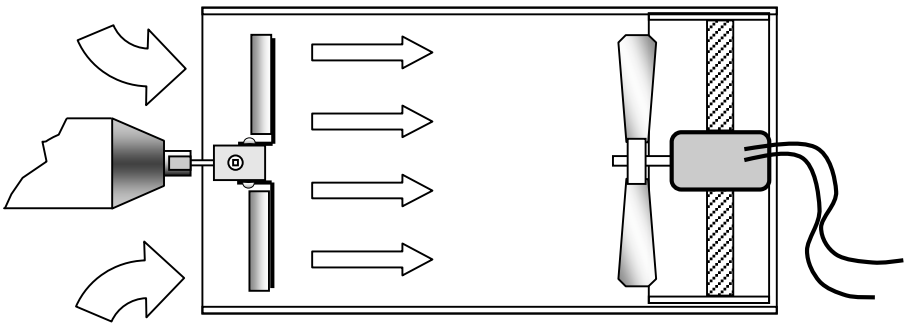
Question 1 :
Les pales bombées doivent être placées du côté de l'outil rotatif.

Question 2 :
La zone de basse pression prévue par le principe de Bernoulli se situe du côté de l'outil rotatif.

Question 3 :
L'air ambiant se déplace vers cette zone de basse pression.

Question 4 :
La zone de haute pression prévue par le principe de Bernoulli se situe du côté de l'alternateur

Question 5 :
L'air quitte cette zone de haute pression et se dirige vers l'alternateur.

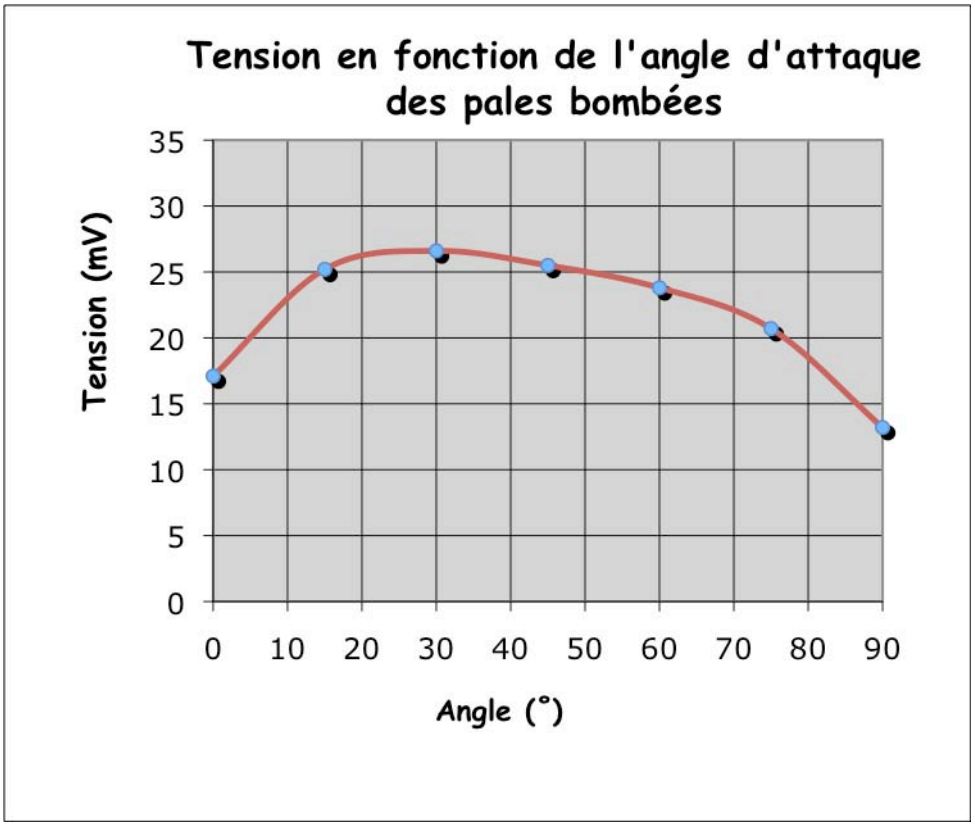


Hélice et principe de Bernoulli (laboratoire dirigé 3)

Tableau de données		
Essai	**Angle d'attaque (°)**	**Tension (mV)**
1	**0**	**17,1**
2	**15**	**25,2**
3	**30**	**26,6**
4	**45**	**25,5**
5	**60**	**23,8**
6	**75**	**20,7**
7	**90**	**13,2**

Question 1 :
30° est l'angle qui engendre la plus forte tension, donc le plus grand déplacement d'air.

Question 2 :
En comparant les deux graphiques, on constate que les tensions sont nettement plus élevées avec des pales bombées.



Question 3 :
En comparant les trois manipulations, on peut conclure que les pales bombées sont nettement plus performantes. Le principe de Bernoulli peut donc nous aider à rendre l'hélice plus performante. L'angle idéal des pales bombées semble être de 30°.

Question 4 :
On pourrait modifier les dimensions de l'hélice :

- largeur des pales
- longueur des pales

On pourrait aussi modifier la forme de l'hélice :

- forme des pales
- courbure des pales

Question 5 :
Oui, le principe de Bernoulli peut être utilisé. Il y a une grande similitude entre un gouvernail et une aile d'avion.

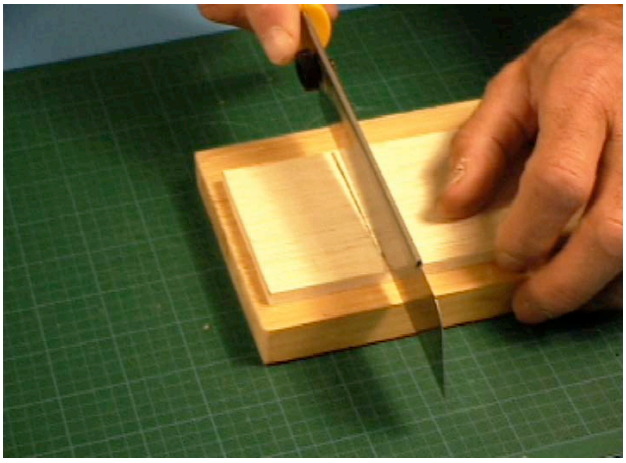
Conception de l'hélice

Vidéo sur «Le balsa comme matériau»

Cette vidéo sur la manière de façonner le balsa est disponible sur le site du CDP.
http://www2.cslaval.qc.ca/star/L-hydroglisseur-Le-balsa-comme

Le balsa est disponible en feuilles et baguettes de plusieurs dimensions. Il est facile de coller plusieurs morceaux ensemble pour en faire une plus grande pièce.



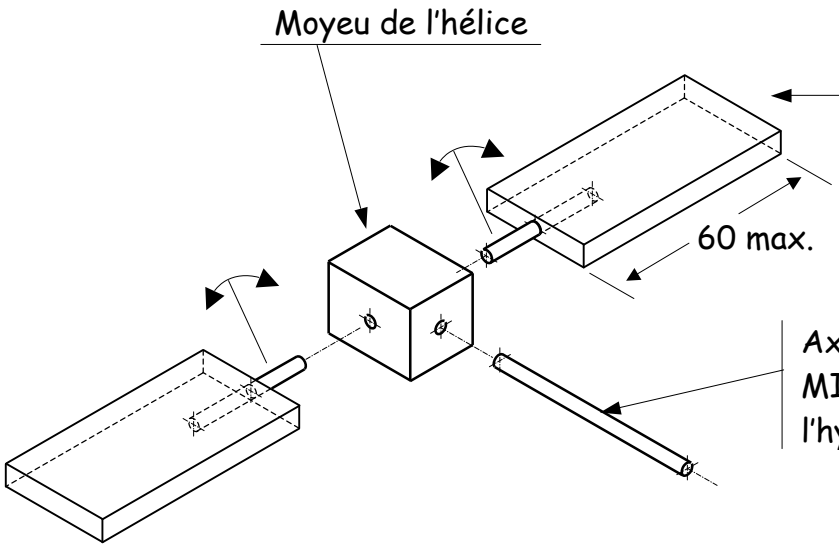


Le balsa se coupe aisément à l'aide d'une petite scie ou avec un couteau à lame rétractable. Lorsque la feuille est de faible épaisseur, il est même possible de la découper avec des ciseaux.

Finalement, il est possible de le façonner à l'aide de papier de verre ou d'une lime. Pour l'élève, il est donc un matériau de choix pour fabriquer son hélice.



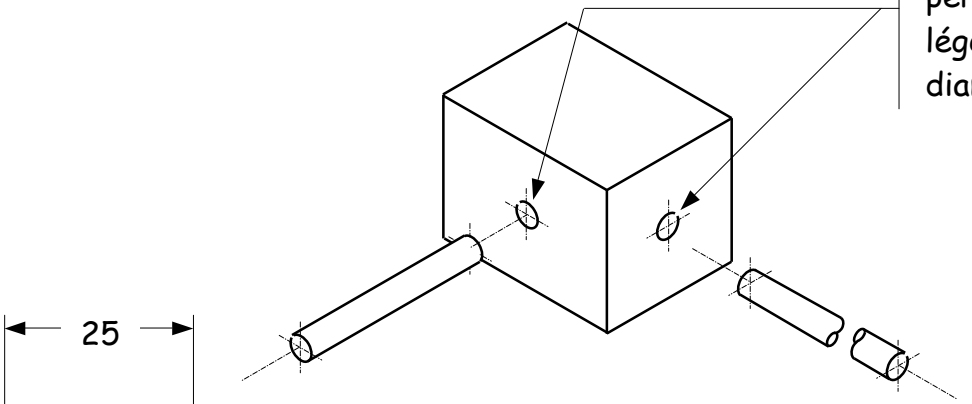
Fabrication du moyeu



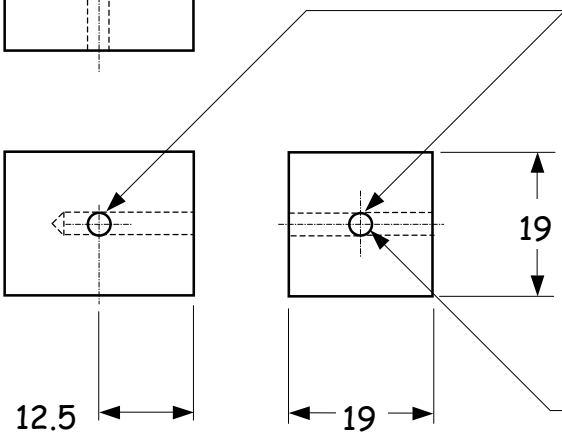
Morceau de balsa d'une longueur maximal de 60 mm avant le façonnage de pale de l'hélice

Axe du moteur MIM de l'hydroglisseur

Le diamètre du foret pour le perçage du moyeu doit être légèrement inférieur au diamètre des goujons

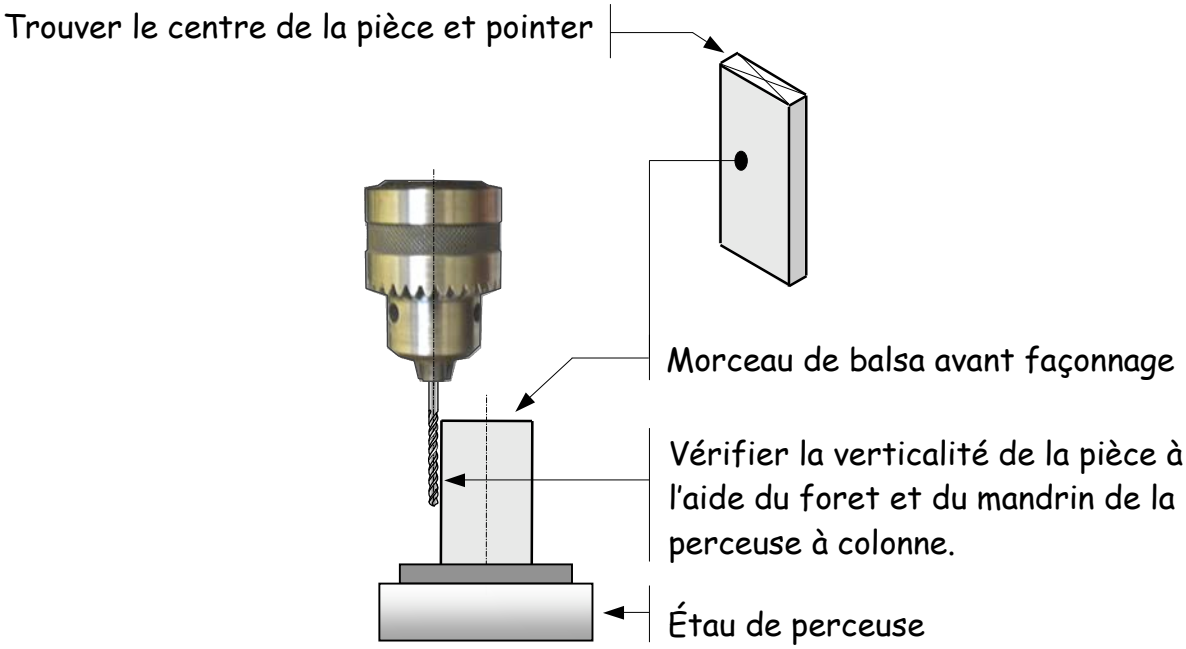


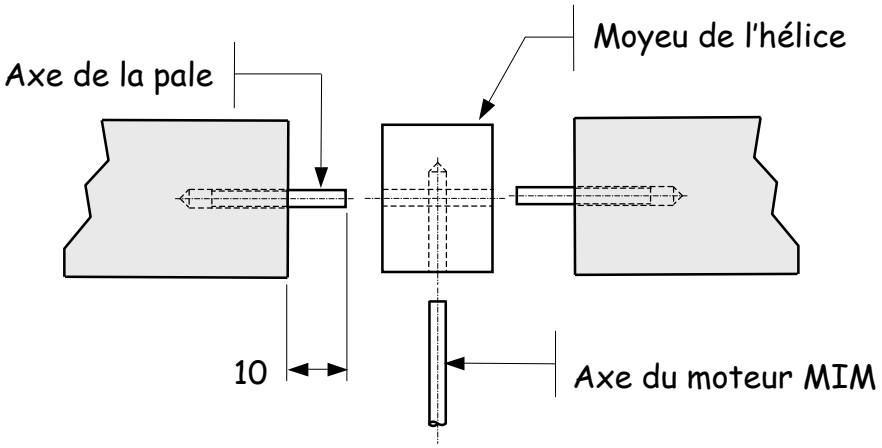
Percer en fonction du diamètre des goujons de l'axe du moteur MIM. On doit s'assurer que l'ajustement entre les pièces est serré. Par exemple, il faudrait percer 3 mm pour un goujon 1/8 po de diamètre. À titre de référence, voir sur notre si Web :[Tableau des équivalences métriques de forets impériaux]

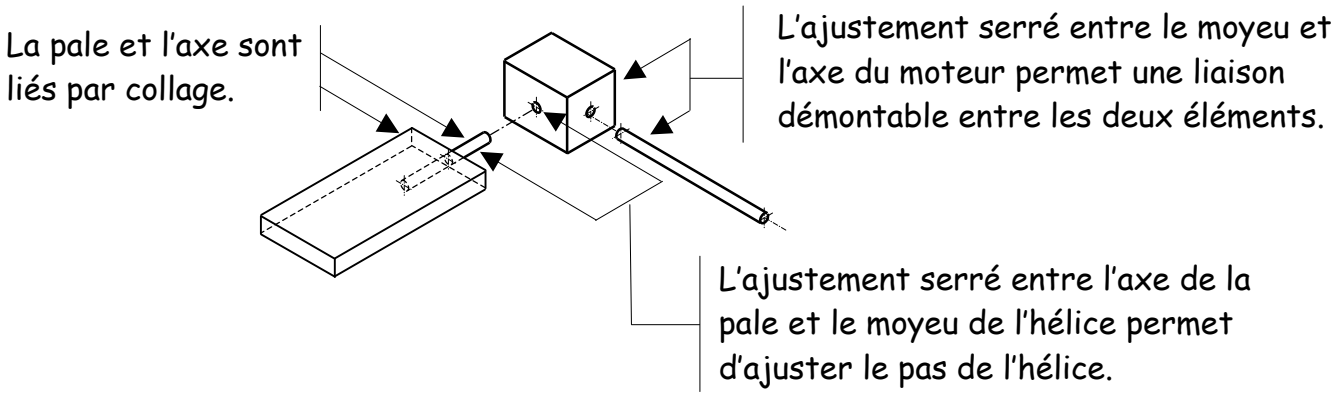


Percer à une profondeur de 19

Perçage des pales et montage de l'hélice







Détermination du pas idéal des pales

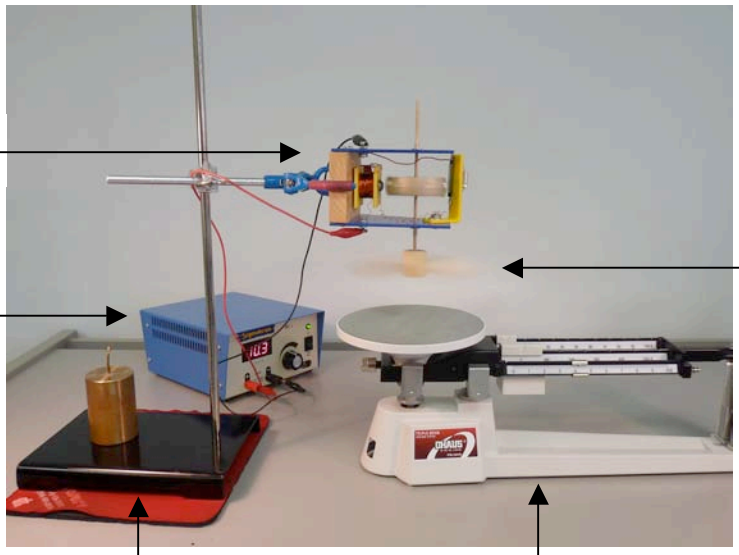
Nous avons expérimenté une installation permettant aux élèves de vérifier la performance de leur hélice et de leur moteur MIM. C'est en se servant de la poussée appliquée par l'hélice sur le plateau d'une balance à fléau que nous réussissons à quantifier ce phénomène.

Plusieurs facteurs peuvent influencer la poussée de l'hélice :

- la qualité du travail fait lors de la conception;
- l'optimisation des ajustements du moteur;
- le pas donné aux pales de l'hélice.

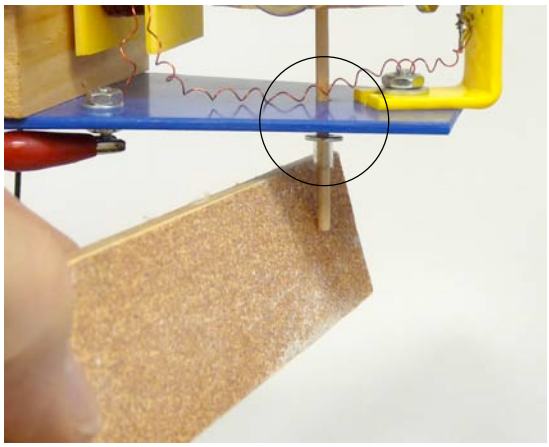


Porter des lunettes de sécurité

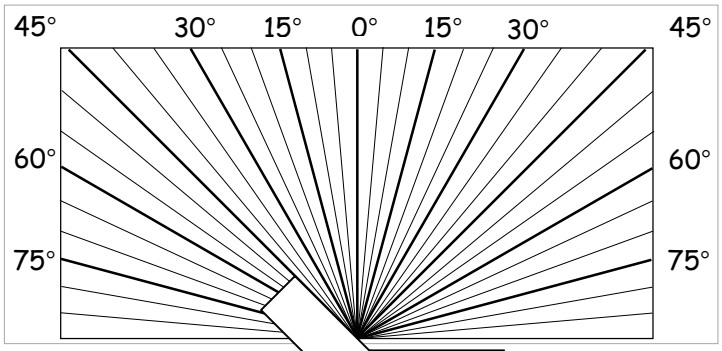


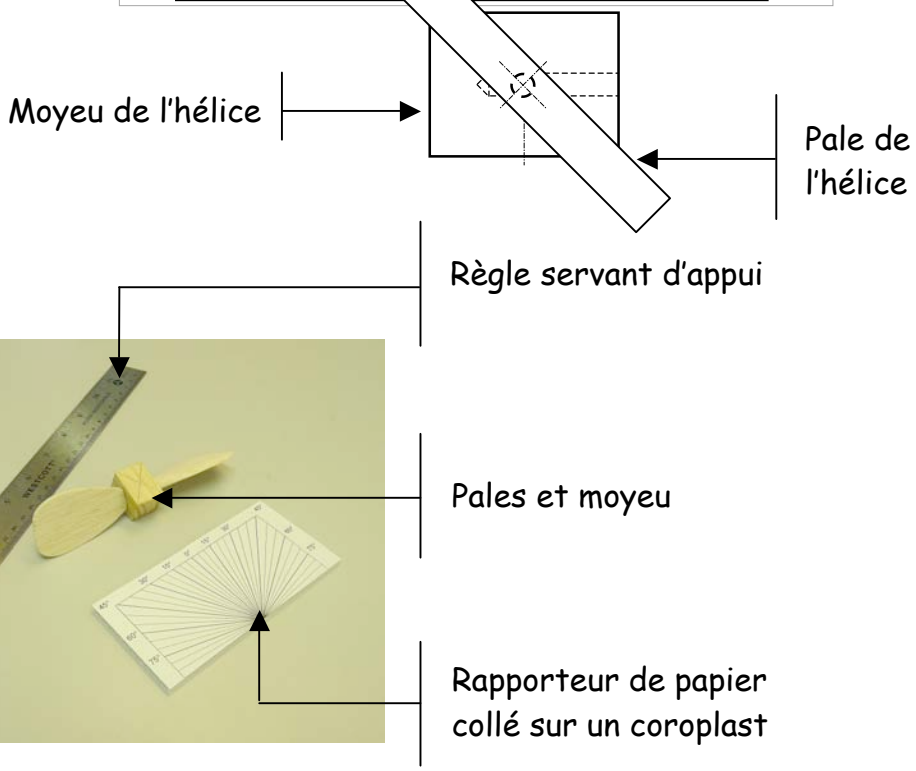
Les quelques observations suivantes peuvent faciliter votre propre expérimentation.

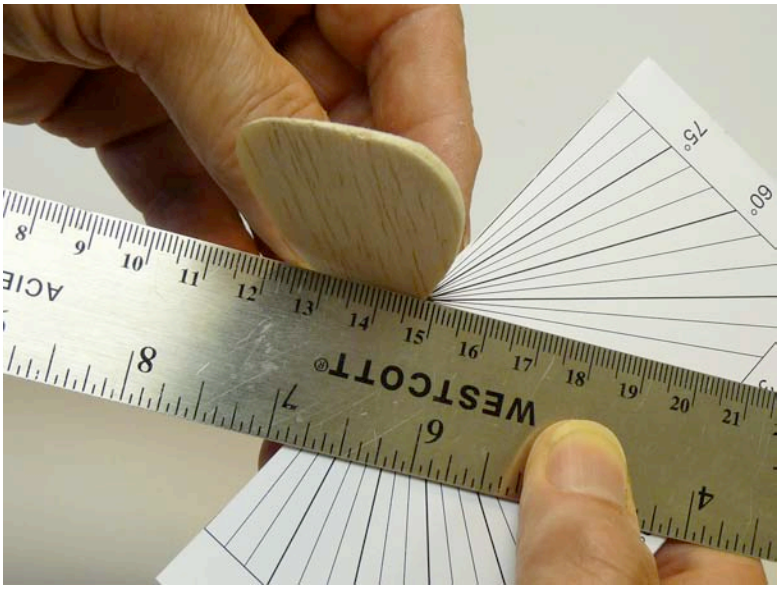
Rendre légèrement conique le bout de l'axe du moteur. Ceci permet un montage et un démontage plus aisés du moyeu de l'hélice sur l'arbre du moteur. Pour ce faire, il suffit de simplement appuyer un papier de verre sur l'axe en rotation.



L'usage d'un rapporteur d'angle adapté permet d'ajuster ou de vérifier le pas des pales de l'hélice.





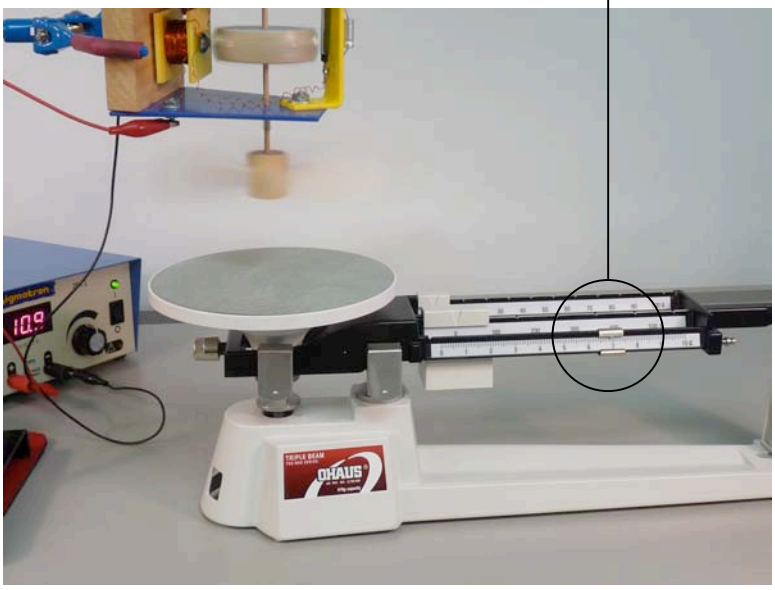


Avec ce montage, il est possible de déterminer :

- la position idéale du support de l'interrupteur du MIM;
- le pas idéal des pales de l'hélice.

Les photos ci-dessous illustrent deux situations où nous avons modifié le pas des pales.

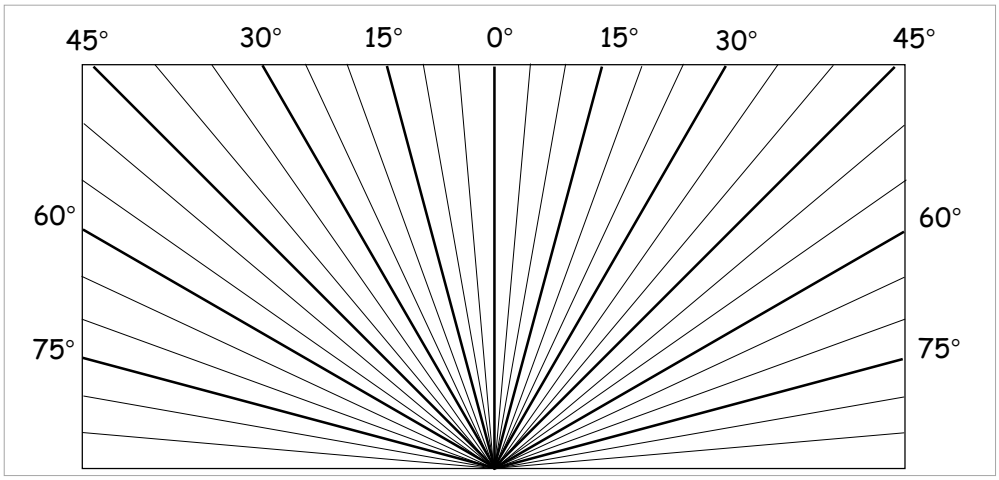
7 grammes

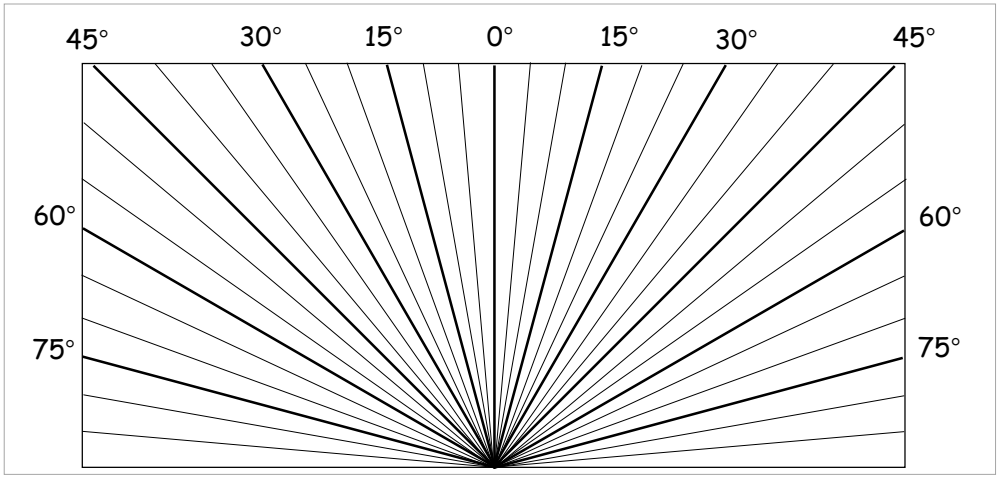


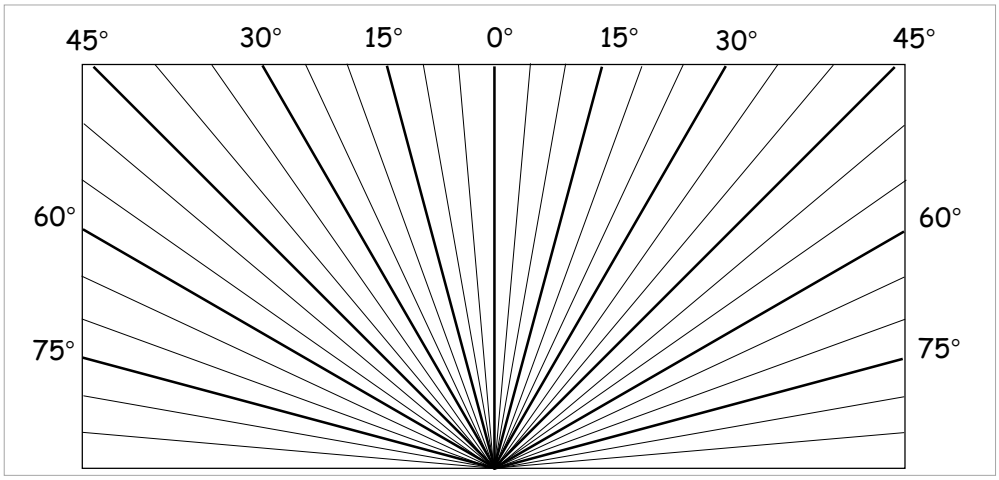


8,8 grammes

Rapporteur d'angle des pales à imprimer



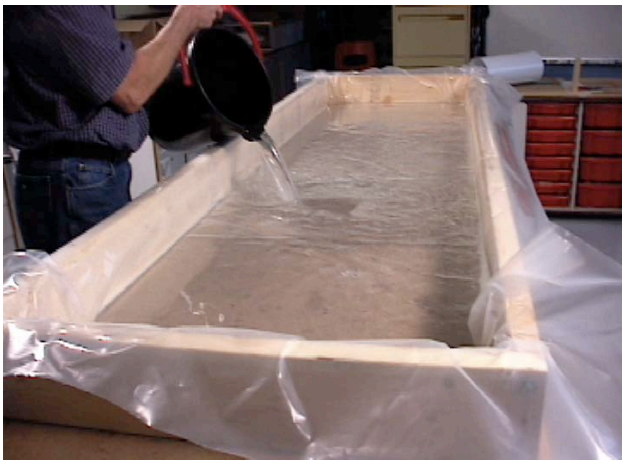


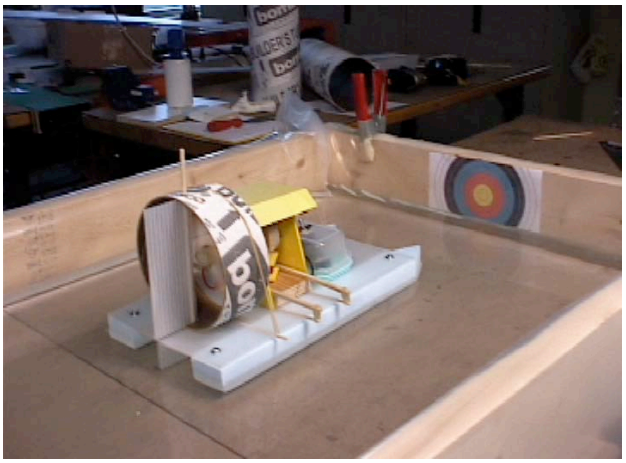


Vidéo sur la «Préparation et le déroulement de la course»

Cette vidéo est disponible sur le site du CDP.
http://www2.cslaval.qc.ca/star/L-hydroglisseur-Preparation-et

Cette vidéo montre la façon dont on monte le bassin.



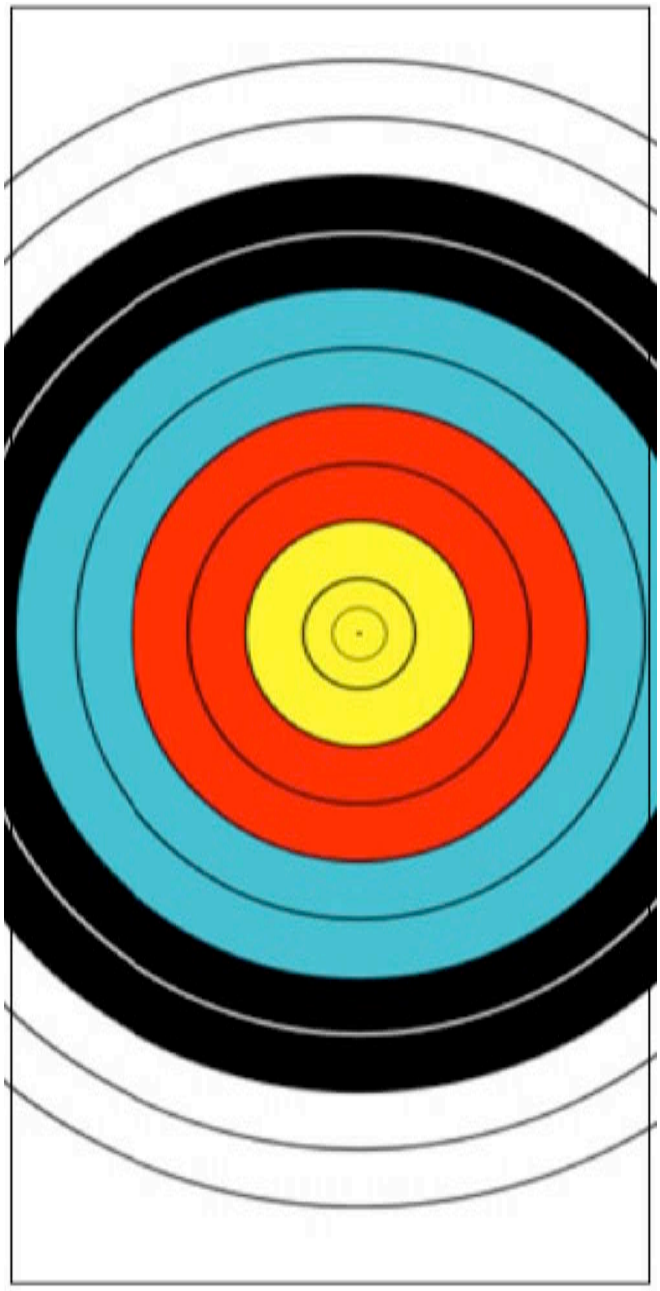


On peut y voir aussi un hydroglisseur évoluer vers la cible située à l'autre bout du bassin.

Finalement, une façon de drainer le plan d'eau est présentée.



Cible à utiliser lors de la course



Annexe 1 (Coordonnées utiles)

Site web de Stan Pozmantir

http://www.simplemotor.com/

N. B. Le matériel suivant est disponible ailleurs, ces coordonnées étant fournies à titre indicatif.

Fil de cuivre émaillé (verni)

Prolabec
2213 rue le Chatelier
Laval (Québec) H7L 5B3
CANADA
Téléphone: (450) 682-5118 ou (800) 556-5226
Télécopieur: (450) 682-6468 ou (800) 556-8182
http://www.prolabscientific.com/Electricity-p-1-c-688.html

Fil de cuivre émaillé (verni)

Les distributions Cyme
561 Lindbergh
Laval (Québec) H7P 2N8
CANADA
Téléphone: (450) 625-2428 ou (800) 563-1030
Télécopieur: (450) 625-2429

Aimants puissants

Lee Valley Tools Ltd.
P.O. Box 6295, Station J
Ottawa, ON K2A 1T4
Tel : (613) 596-9202
Fax: (613) 596-9502
http://www.leevalley.com/hardware/page.aspx?c=1&p=42348&cat=3,42363

Annexe 2 (Exemples de solutions de conception pour le MIM)

