

TP 1 ASTABLE (Trigger de Schmidt)

A chaque fois qu'apparait le symbole  , vous devez appeler le prof pour montrer le fonctionnement du montage.

I) CIRCUITS ELEMENTAIRES :1°) Circuit n°1 :

On s'intéresse au montage de la figure 1 ci-contre.

- ◇ L'ALI va-t-il fonctionner *a priori* en régime linéaire ou saturé ? Justifier.
- ◇ Etablir la formule théorique reliant $v_{s1}(t)$ à $v_{e1}(t)$ lorsque le fonctionnement est linéaire et l'ALI idéal.
- ◇ Pour quels domaines de valeurs de v_{e1} (en fonction de V_{sat} , R_1 et R_2) l'ALI sera-t-il saturé ?
- ✓ Réaliser le montage. R_1 est une résistance de 10 k Ω et R_2 une de 20 k Ω .
- ◇ On veut relever expérimentalement (directement à l'oscilloscope) la caractéristique entrée-sortie, c'est-à-dire v_{s1} en fonction de v_{e1} , pour v_{e1} compris entre -10V et +10V. Quel type de signal d'entrée choisir pour voir s'afficher la caractéristique en entier ? Réaliser l'expérience. 

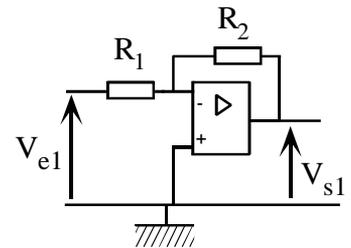


figure 1

Reproduire sur votre copie l'allure de la courbe et préciser les domaines où l'ALI fonctionne en régime linéaire, et ceux où il est en régime saturé.

2°) Circuit n°2 :

On s'intéresse au montage de la figure 2 ci-contre.

- ◇ L'ALI fonctionne-t-il en régime linéaire, ou saturé ? Pourquoi ?
- ◇ Etablir et dessiner la caractéristique **théorique** entrée-sortie, c'est-à-dire v_{s2} en fonction de v_{e2} , pour v_{e2} compris entre -10V et +10V.
- ✓ Réaliser le montage. R_1 est une résistance de 10 k Ω et R_2 une de 20 k Ω .
- ◇ Comment obtenir expérimentalement cette caractéristique entrée-sortie sur un écran d'oscilloscope ? Quel type de signal d'entrée choisir ? 

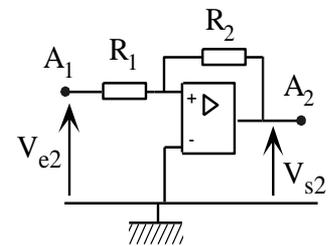


figure 2

Garder ce montage câblé pour la suite (II) 

3°) Circuit n°3 : $R = 10\text{k}\Omega$ et $C = 47\text{ nF}$. On s'intéresse au montage de la figure 3 ci-contre.

- ◇ Etablir l'équation différentielle reliant $v_{s3}(t)$ à $v_{e3}(t)$ lorsque le fonctionnement est linéaire et l'ALI idéal. Comment s'appelle un tel montage ?
- ◇ Réaliser le montage et tester son fonctionnement. Quel type de signal d'entrée choisir pour cela ? 

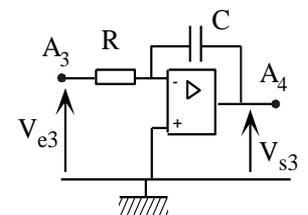


figure 3

Garder le montage câblé pour la suite (II)**II) MONTAGE ASTABLE :**1°) montage :

On associe les circuits des figures 2 et 3, en reliant A_4 à A_1 et A_2 à A_3 . Il n'y a plus de signal d'entrée à brancher, le montage doit fonctionner tout seul

- ◇ Etablir les expressions théoriques de $v_{s2}(t)$ et $v_{s3}(t)$, en précisant le choix fait pour l'origine des temps.
- ◇ En déduire l'expression théorique de la période de fonctionnement T en fonction de R , C , R_1 , R_2 .
- ✓ Réaliser le montage et le faire fonctionner. 

- ◇ Mesurer T expérimentalement, et comparer.

2°) Contrôle de la période :

- ◇ Donner une méthode pour changer la valeur de T , et contrôler expérimentalement.

TP 2 : VELOCIMETRE DOPPLER

Préliminaire : l'effet Doppler ; approche qualitative

Un tennisman s'entraîne au service face à un mur : il frappe une balle toutes les $T=10$ secondes, c'est-à-dire aux instants $t_n = nT$. Chaque balle se déplace à vitesse constante c en ligne droite et vient frapper le mur d'en face, situé à une distance d du joueur aux instants $t'_n = nT + d/c$. Le mur reçoit donc une balle toutes les $T'=T=10$ secondes car toutes les balles ont la même distance à parcourir.

Si le tennisman monte sur un wagonnet se déplaçant à vitesse constante v en direction du mur (distance joueur-mur = d à $t=0$), et qu'il continue à frapper les balles aux instants $t_n = nT$, l'intervalle de temps T'' entre deux chocs sur le mur devient inférieur à T .

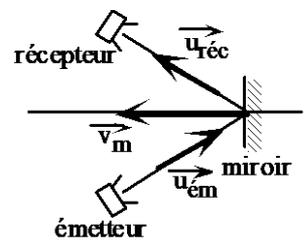
Si le chariot s'éloignait du mur, l'intervalle de temps deviendrait $T''' > T$.

Ainsi, si un mobile en mouvement selon un axe Ox émet une onde de fréquence f se propageant selon cet axe également, un observateur fixe sur l'axe Ox perçoit l'onde avec une fréquence $f'' = f/(1-v/c)$ si le mobile vient vers lui ; et une fréquence $f''' = f/(1+v/c)$ s'il s'éloigne.

Application aux ondes ultrasonores :

On dispose d'un **émetteur fixe**, d'un **récepteur fixe** également, et d'un miroir est mobile (vitesse \vec{v}_m). Celui-ci réfléchit les ondes ultrasonores vers le récepteur (exactement comme cela se fait le long des routes avec les radars de la gendarmerie, mais les gendarmes utilisent des ondes électromagnétiques ...). On montre que pour une fréquence émise $f_{ém}$, et des vecteurs unitaires de propagation $\vec{u}_{ém}$ et $\vec{u}_{réc}$, la fréquence de l'onde reçue est :

$$f_{réc} = f_{ém} \left(1 + \frac{\vec{v}_m \cdot (\vec{u}_{réc} - \vec{u}_{ém})}{c_{son}} \right)$$



I) ETUDE DU MATERIEL :

Vous disposez d'émetteurs et de récepteurs à ultrasons fonctionnant à 40 kHz. Ils se présentent sous la forme de petits haut-parleurs et de petits micros montés sur des potences. Le boîtier de l'émetteur comprend un dispositif servant à fabriquer le signal électrique à 40 kHz, ainsi qu'un système permettant de moduler l'émission (salves). Ce boîtier doit être alimenté en tension continue : en 12 V d'après ce qui est écrit sur le boîtier. En fait, une alimentation {0 ; +15V} convient. **MAIS NE PAS UTILISER +15 et -15**, seulement 0 et +15 !!

- Brancher l'alimentation 15V (ou 12V) sur le boîtier émetteur.

II) MESURE DIRECTE DES FREQUENCES :

Vous disposez d'une petite voiture radiocommandée (Little vroom vroom ou autre) sur laquelle est fixé une plaque verticale servant de miroir vis-à-vis des ultrasons. En principe un(e) élève de PSI est capable de la faire fonctionner et de maîtriser son déplacement sur la paillasse.

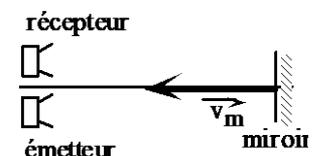
- Disposer l'émetteur et le récepteur côte-à-côte, et face au miroir, comme le montre la figure.

Pour cette configuration, quel est le lien entre $\vec{u}_{réc}$ et $\vec{u}_{ém}$? Simplifier la formule encadrée plus haut.

- La voiture étant à l'arrêt et en bout de piste, observer **sur un fréquencemètre** (boîtier noir avec affichage digital à chiffres rouges) le signal recueilli sur le récepteur (mode émission continue). Relever la fréquence reçue f .
- Faire avancer la voiture et observer alors la fréquence du signal au fréquencemètre. Attention, ça ne dure pas longtemps. Evaluer la fréquence reçue f_1 , grâce au fréquencemètre ou à l'oscilloscope. Théoriquement, doit-elle être inférieure ou supérieure à f ? Est-ce le cas ?
- Reprendre la démarche lorsque la voiture va en marche arrière et s'éloigne de l'ensemble émetteur-récepteur. Attention de ne pas faire sortir la voiture de la planche ! Evaluer la fréquence reçue f_2 .

Théoriquement, doit-elle être inférieure ou supérieure à f ? Est-ce le cas ?

- Ces mesures de fréquences vous semblent-elles assez précises pour déterminer la vitesse de la voiture de façon fiable ?



III) CHANGEMENT DE FREQUENCE :

Dans les mesures du II), la détermination de la vitesse se faisait en mesurant 2 fréquences (f et f_1 ou f et f_2) puis en en faisant la différence ($f_1 - f$ ou $f - f_2$). Ces 2 fréquences étant très proches, l'incertitude sur la différence était grande.

Le mode opératoire était mauvais.

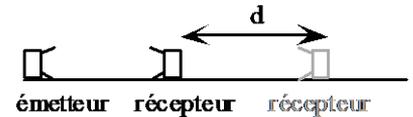
Il faut trouver le moyen de mesurer directement ($f_1 - f$ ou $f - f_2$) plutôt que f puis f_1 ou que f puis f_2 .

Une méthode consiste à utiliser un multiplieur analogique :

- Si $s(t)$ est le signal émis (signal prélevé sur le boîtier d'émission, entre la borne "test" et la borne "masse") et $s_1(t)$ le signal reçu, proposer une méthode pour obtenir au moyen d'un multiplieur et d'un filtre, un signal de fréquence $|f_1 - f|$.
- Réaliser le montage correspondant, l'émetteur et le récepteur restant disposés sur la paillasse côte à côte comme précédemment.
- Observer à l'oscilloscope la tension à la sortie du filtre lorsque la voiture est à l'arrêt. Que se passe-t-il si on change la position d'arrêt de la voiture ? Interpréter.
- Faire faire un trajet aller à la voiture et enregistrer avec l'oscilloscope à mémoire (ou avec le micro-ordinateur) la tension à la sortie du filtre (pour ces expériences, le fréquencemètre n'est plus adapté).
- En déduire la vitesse de la voiture, grâce à la formule encadrée donnée au début.
- La méthode convient-elle aussi en marche arrière ? Commenter.

IV) MESURE DE LA CELERITE DU SON :

• 1ère méthode : placer l'émetteur (en mode continu) et le récepteur face-à-face le long du bord de la planche. Observer les 2 sur les 2 voies de l'oscilloscope (sans le mode mémoire), en synchronisant sur la voie de l'émetteur. Placer le récepteur dans une position telle que les 2 signaux soient en phase. Puis reculer le récepteur sans toucher à l'émetteur jusqu'à ce que 10 périodes aient défilé à l'écran. Mesurer la distance parcourue par le récepteur. En déduire la longueur d'onde des ondes ultrasonores utilisées, puis la célérité c , connaissant la fréquence des ondes, qui a déjà été mesurée plus haut.



• 2ème méthode : placer en face de l'émetteur 2 récepteurs côte à côte. L'émetteur est ici en mode salves rapides avec un faible rapport cyclique. Observer les signaux des 2 récepteurs en même temps à l'oscilloscope. Puis reculer un des 2 récepteurs d'une dizaine de centimètres et mesurer à l'oscilloscope le retard temporel dû à la propagation. En déduire une nouvelle estimation de c_{son} .

V) MESURE DIRECTE DE LA VITESSE DE LA VOITURE:

En faisant décrire à la voiture un parcours chronométré suffisamment long, mesurer sa vitesse puis comparer aux mesures par effet Doppler.

TP3 : mesure d'un coefficient de portance en soufflerie



Le but de ce TP est d'étudier le comportement d'un tronçon d'aile d'avion en fonction de l'angle d'incidence, puis d'estimer sommairement les coefficients de portance C_z et de trainée C_x de ce tronçon d'aile, pour différentes incidences.

A chaque fois que vous devez répondre à une question, ou bien réaliser une action expérimentale, le symbole \diamond apparaît en tête de ligne.

I) SOUFFLERIE ET MATERIEL ANNEXE

La soufflerie du lycée Victor Hugo est une soufflerie de type Eiffel. C'est plus ou moins une réplique de la soufflerie EOLIA de Poitiers, laquelle a été réalisée par l'AAAF, avec l'aide de EADS, DASSAULT et l'ENSMA. Celle du lycée V Hugo a été construite en 2012. C'est une soufflerie aspirante : le moteur à hélice est placé tout à l'arrière ; l'air, aspiré par l'hélice, entre par le convergent blanc, passe dans le tunnel en plexiglas, puis arrive à l'hélice et ressort.

L'équipement de cette soufflerie a été considérablement amélioré récemment, grâce à un projet réalisé par la section BTS SNEC du lycée V Hugo : maquette d'aile d'avion équipée de capteurs de pression et de jauges de contraintes, avec motorisation de l'inclinaison de l'aile, et affichage des pressions et des forces sur une tablette. Et aussi régulation de la vitesse du flux d'air, grâce à un système bouclé (avec rétroaction)

Ce travail a reçu le 1^{er} prix national de l'académie des sciences des projets scientifiques en décembre 2024, à Paris.

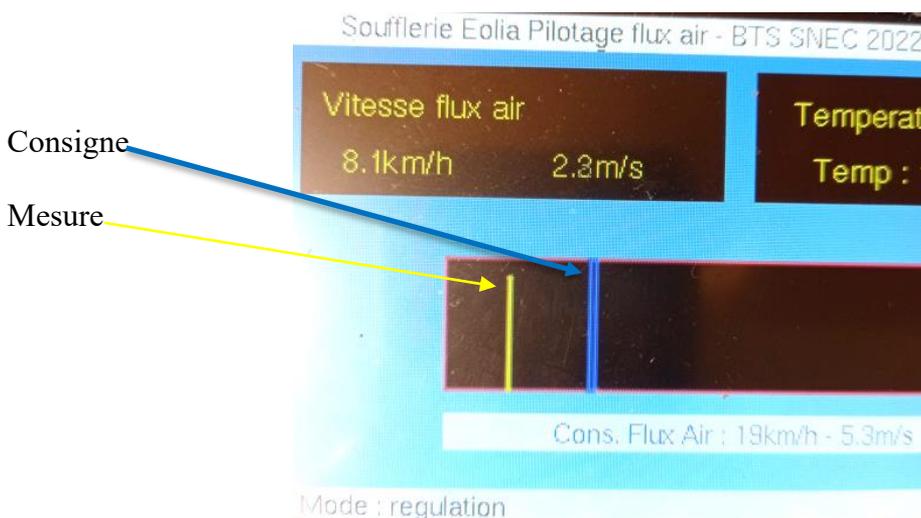
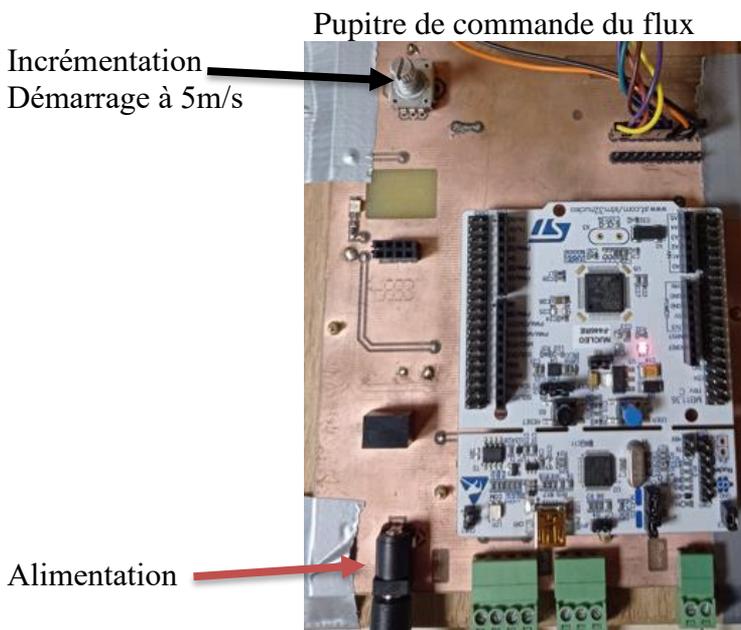
Pour rendre l'écoulement le plus laminaire possible, une structure de type « nid d'abeille » est placée à l'entrée de la soufflerie.

Sécurité :

- Ne jamais se placer devant le « convergent » (partie blanche par laquelle l'air entre dans la soufflerie) pendant le fonctionnement du moteur de la soufflerie ;
- Utiliser les casques pour vous protéger du fort bruit de la soufflerie ;
- Ne jamais démonter la grille se situant à l'arrière de la soufflerie.

Contrôle de la vitesse du flux d'air (quand ce sera nécessaire) :

Dans toute la suite, on notera v_{∞} cette vitesse.



Attendre que la mesure (en jaune) soit dans le rectangle (bleu) de la consigne, comme ci-contre



La mesure de la vitesse du flux d'air se fait au moyen d'une sonde à fil chaud. Son principe est de faire passer un courant dans un fil, qui se trouve à la fois échauffé par ce courant, et refroidi par l'écoulement de fluide (ici l'air). Sa température est directement liée à la vitesse de l'écoulement.

Le moteur qui entraîne l'hélice de la soufflerie est un moteur brushless triphasé, à aimants permanents. Il est alimenté par un onduleur triphasé, lui-même alimenté par une source de tension continue. Le système de régulation de la vitesse du flux d'air fonctionne de la façon suivante : on fixe une valeur de consigne (rectangle bleu), on mesure la vitesse de l'écoulement (trait vertical jaune). Compte tenu de ces deux informations, on fixe la fréquence des tensions appliquées aux 3 phases du moteur brushless : si le flux est trop lent, on augmente la fréquence des tensions.

II) DESCRIPTION DE LA MAQUETTE D'AILE D'AVION (voir Figure 1 ci-dessous)

Le tronçon d'aile correspond à un profil NACA 0017. C'est un profil symétrique : l'extrados et l'intrados ont exactement la même forme. L'envergure du tronçon d'aile est $\ell_{env} = 21 \text{ cm}$.

8 capteurs différentiels de pression mesurent la différence de pression ($P_{A_k} - P_{B_k}$) entre des points de l'extrados (de A_1 à A_8) et leurs homologues de l'intrados (de B_1 à B_8). Les points de mesure A_k et B_k sont situés à la même distance du bord d'attaque (voir schéma ci-dessous).

Les informations de pression sont amenées depuis les petits trous jusqu'aux capteurs par des tuyaux souples transparents.

Chaque point A_k ou B_k est repéré par ses coordonnées $(x_{ak}, \pm z_{ak})$ dans la base $(\vec{u}_{x_a}, \vec{u}_{z_a})$ liée à l'aile, l'axe Ox_a étant l'axe de la corde de l'aile.

Un autre système d'axes, (Ox, Oz) sera utilisé, celui lié à la soufflerie, l'axe Ox étant celui selon lequel s'écoule l'air dans la soufflerie. Comme indiqué au I), on note $\vec{v}_\infty = v_\infty \vec{u}_x$ la vitesse de l'écoulement dans le tunnel en plexiglas, là où il n'est pas perturbé par l'aile. Sa mesure est assurée par l'anémomètre à fil chaud.

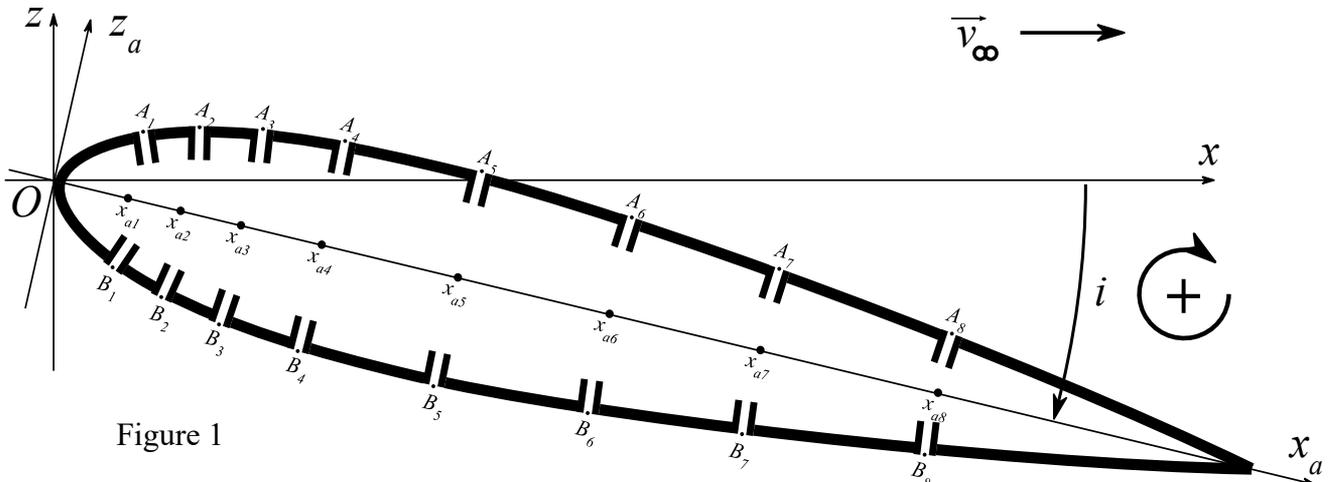


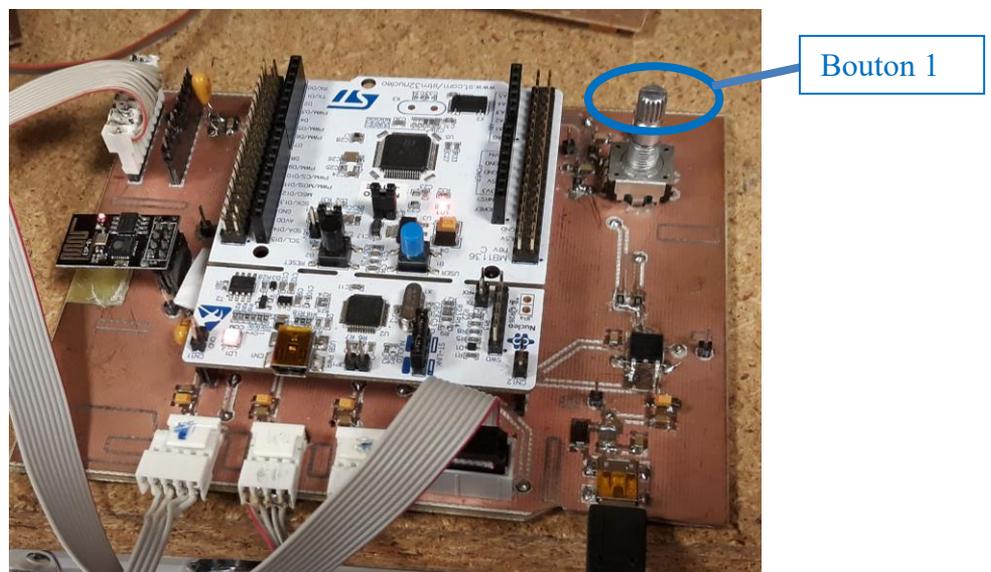
Figure 1

La variation de l'angle d'incidence i se fait grâce à un petit moteur caché dans le tube en PVC gris. Il se commande au moyen du bouton 1 de la platine.

Attention, pour faire tourner l'aile dans le sens horaire ($i > 0$), il faut tourner le bouton dans le sens inverse.

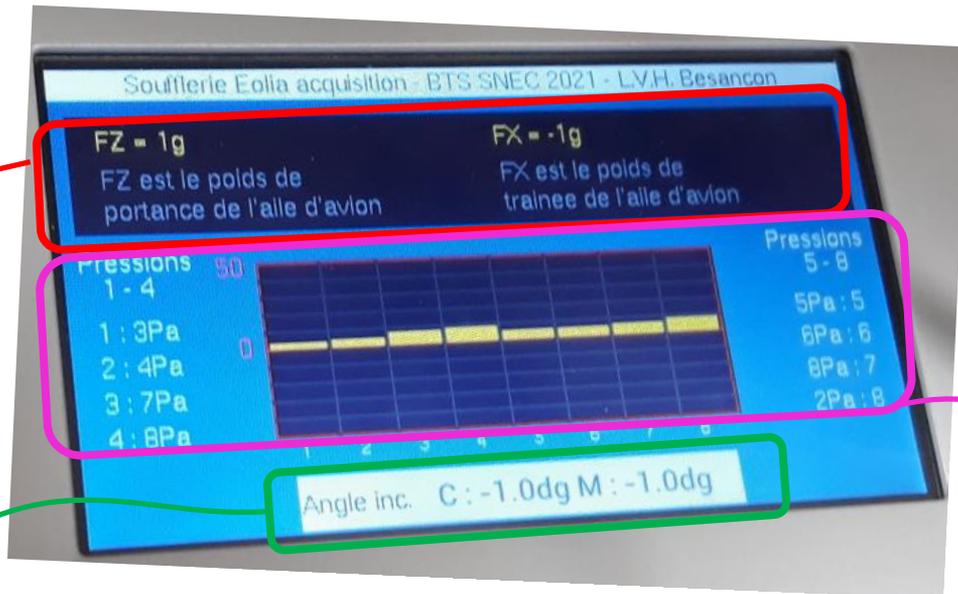
Le tronçon d'aile servant à ce TP est également équipé de flancs latéraux (planches fines de surface nettement plus grande que celle de la section de l'aile).

- ◇ Pour quelle raison a-t-on ajouté ces flancs ?



Notons enfin que le tronçon d'aile est équipé de « penons », comme les voiles des bateaux à voile de compétition. Ce sont des petits bouts de fils de laine, dont une extrémité est scotchée sur le dessus de l'aile (ou fixée sur la voile d'un bateau). Ils permettent de détecter la forme des lignes de courant au niveau de la paroi, afin de détecter un décollement éventuel de la couche limite.

III) AFFICHAGES SUR LA TABLETTE DEDIEE A LA MAQUETTE



Le cadre du haut contient les informations mesurées par deux jauges de contrainte, c'est-à-dire des capteurs de forces, comme ceux qui équipent les balances électroniques de la vie courante :

- FZ correspond à la force de portance, mais est donnée en équivalent-masse, en grammes
- FX correspond à la force de traînée, mais est donnée en équivalent-masse, en grammes
- ◇ Comment fait-on pour convertir les valeurs en grammes en Newton ?
- ◇ Rappeler la définition des forces de portance et de traînée s'exerçant sur une aile d'avion.
- ◇ En observant bien le positionnement des deux jauges de contrainte, et en mesurant les dimensions de l'équerre bleue, expliquer par un raisonnement théorique comment relier les forces F_1 et F_2 mesurées par les jauges de contraintes, aux forces FZ et FX de portance et de traînée.

Le cadre du bas indique l'angle d'incidence.

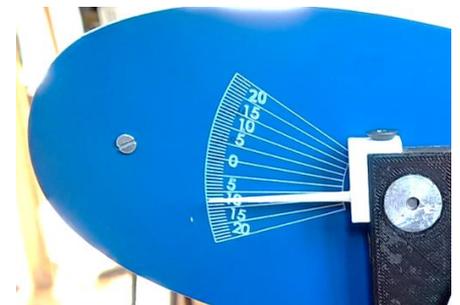
- « C » donne la valeur de la consigne, c'est-à-dire l'angle d'incidence désiré ;
- « M » donne la valeur de l'angle d'incidence mesuré, grâce à un capteur angulaire.

La partie centrale de l'écran donne les différences de pression :

- À gauche, on peut lire les valeurs de $(P_{A_k} - P_{B_k})$, pour $k \in \{1,2,3,4\}$
- À droite, on peut lire les valeurs de $(P_{A_k} - P_{B_k})$, pour $k \in \{5,6,7,8\}$
- Au milieu, tous les $(P_{A_k} - P_{B_k})$ sont rassemblés de façon graphique (bargraphe jaune)

IV) ETUDE QUALITATIVE

- * Démarrer la soufflerie et régler la vitesse à $v_{\infty 1} = 6 \text{ m/s}$.
- * Au moyen du bouton 1, régler l'incidence de l'aile à $i = 0^\circ$ en plaçant l'aiguille en face de la graduation angulaire « 0 ».
- * Appuyer alors sur le bouton 1, pour réinitialiser i et FZ.
- * Puis faire croître lentement l'angle d'incidence, en observant à la fois les indications de FZ et FX, les « penons », et le bargraphe jaune.



- ◇ Décrire ces observations et expliquer les corrélations éventuelles. En particulier, expliquer si les points de l'extrados sont à des pressions supérieures ou inférieures à leurs homologues de l'intrados.
- ◇ Mettre en évidence le phénomène de décrochage et évaluer l'angle d'incidence pour lequel il se produit. Recommencer l'évaluation de l'angle de décrochage pour une vitesse $v_{\infty 2} = 10 \text{ m/s}$.

- ◇ Reprendre les observations et les corrélations (sans chercher à voir le décrochage) en repartant de $i = 0^\circ$, mais en rendant l'angle d'incidence de plus en plus négatif, pour $v_{\infty 1} = 6 \text{ m/s}$.

V) ETUDE THEORIQUE SIMPLIFIEE

Pour retrouver la force de portance, on va intégrer les forces de pression sur toute la surface du tronçon d'aile.

- ◇ Quel est l'autre type de forces de contact (autre que celle de pression) qui intervient de façon générale en mécanique des fluides ?
- ◇ Pourquoi peut-on se permettre de ne prendre en compte que les forces de contact de type pression, quand on cherche à calculer la force de portance ?

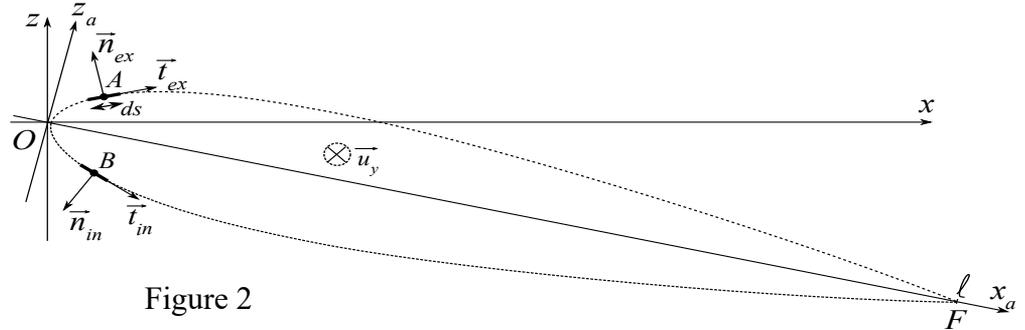
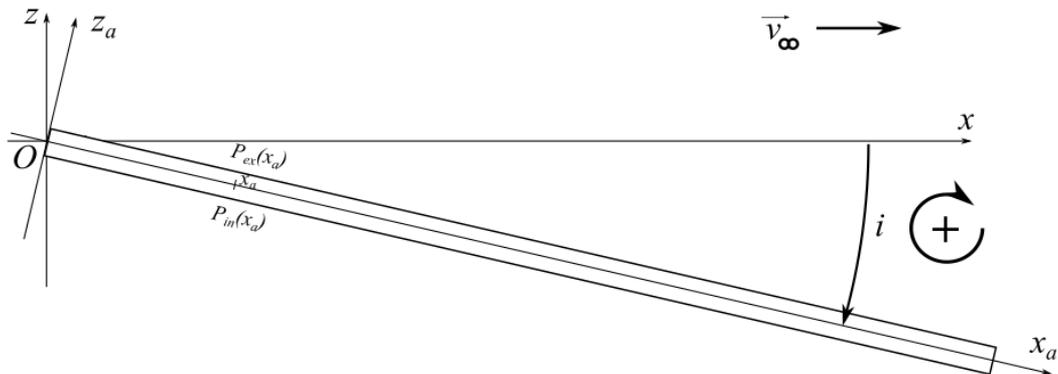


Figure 2

On donne dans le tableau ci-dessous les coordonnées x_{ak} des points de captage des différences de pression, ainsi que celles des points O (bord d'attaque) et F (bord de fuite) :

Valeur de k	bord d'attaque O	1	2	3	4	5	6	7	8	bord de fuite F
$x_{ak} \text{ (mm)}$	0	20	35	52	75	113	156	198	249	337

- ◇ On néglige les forces de pression sur le bord d'attaque et sur le bord de fuite. En assimilant, pour simplifier, le tronçon d'aile à une plaque plane sans épaisseur (figure ci-dessous), et en ne prenant en compte que les forces de pression, établir la formule mathématique (que l'on notera **Eq1**) donnant au moyen d'une intégrale (par rapport à x_a), la force vectorielle de portance \vec{F}_{por} en fonction de ℓ_{env} , de l'angle d'incidence $i > 0$, et des différences de pression $P_{ex}(x_a) - P_{in}(x_a)$.



- ◇ En déduire une expression approchée de cette force compte tenu que l'angle d'incidence est faible.
- ◇ En déduire l'expression du coefficient de portance C_z .

VI) MESURE DU COEFFICIENT DE PORTANCE

1°) Nombre de Reynolds

Dans ce paragraphe, on va réaliser des mesures de pression afin de déterminer le coefficient de portance C_z pour plusieurs angles d'incidence et pour plusieurs valeurs du nombre de Reynolds.

- ◇ Comment calcule-t-on le nombre de Reynolds pour les écoulements autour de l'aile dans ce TP ?

2°) Mesures préliminaires

Dans l'état actuel de la maquette, il y a un risque d'erreur de mesure de la composante FZ donnée par l'une des deux jauges de contraintes. Pour corriger cela, on procèdera avec un essai préliminaire :

- ◇ Régler l'incidence de l'aile pour qu'elle soit horizontale (graduation 0) ;
- ◇ En l'absence d'écoulement, appuyer sur le bouton 1 pour faire un « reset » complet ;

NE PLUS APPUYER SUR LE BOUTON 1 PAR LA SUITE dans cet essai préliminaire.

- ◇ Donner à v_∞ des valeurs de 5 à 10 m/s, par pas de 2, et remplir un tableau, en relevant les valeurs de v_∞ et les indications de FZ (en grammes) correspondantes.

Le plateau sur lequel repose la maquette peut générer une force de portance en plus de l'aile. C'est cette force qui est mesurée par la jauge de contrainte lorsque l'angle d'incidence est nul.

Dans la suite du TP, pour chaque valeur de v_∞ utilisée, il faudra retirer de la valeur de FZ indiquée, celle provenant du tableau ci-dessus.

3°) Relevés expérimentaux

On donne la longueur ℓ de la corde : $\ell = 337$ mm. On prend $\eta = 2.10^{-5}$ Pl.

- ◇ Evaluer la valeur du nombre de Reynolds pour $v_{\infty 1} = 6$ m/s.
- ◇ Régler l'incidence de l'aile pour qu'elle soit horizontale (graduation 0) ;
- ◇ En l'absence d'écoulement, appuyer sur le bouton 1 pour faire un « reset » complet ;
NE PLUS APPUYER SUR LE BOUTON 1 PAR LA SUITE tant que la soufflerie n'est pas arrêtée.
- ◇ Régler la vitesse de la soufflerie à $v_{\infty 1} = 6$ m/s.
- ◇ Régler l'incidence de l'aile à $i = +3^\circ$;
- ◇ Relever les informations de différences de pression pour les 8 capteurs ;
- ◇ Relever les données des deux jauges de contraintes.
- ◇ Recommencer ces différentes opérations en incrémentant l'angle d'incidence de 3° à chaque fois, jusqu'à 21° .

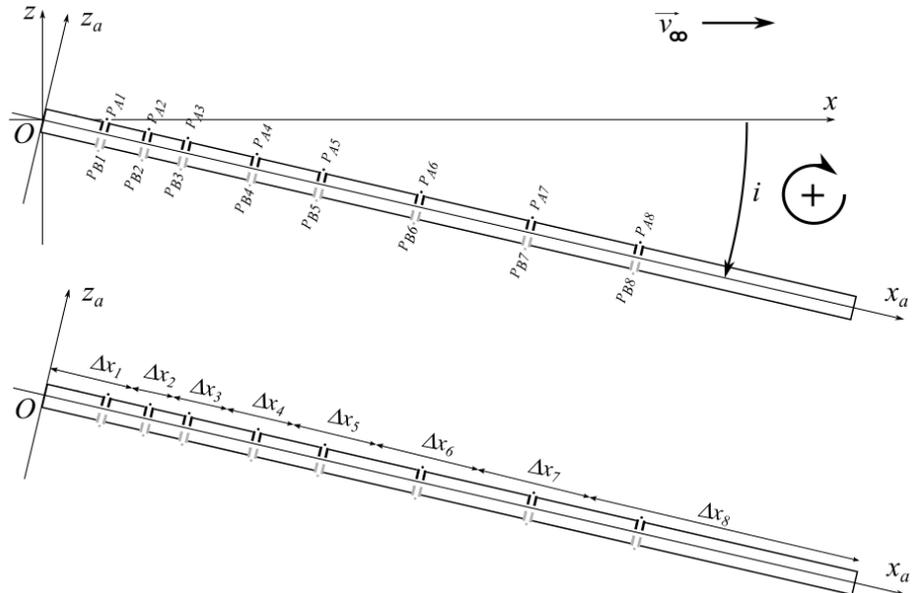
Reprendre toutes ces étapes pour $v_{\infty 2} = 10$ m/s.

4°) Exploitation des mesures

Afin d'effectuer un calcul approché de l'intégrale correspondant à la formule **Eq1** du paragraphe V, on attribue à chaque point (de M_1 à M_8) une largeur correspondant à partie de l'intervalle $[0, \ell]$: Δx_1 pour M_1 , Δx_2 pour M_2 , et ainsi de suite. La somme de ces Δx_k doit donc être égale à ℓ .

- ◇ Pour chaque indice de 1 à 8, fixer les valeurs des Δx_k .
- ◇ Expliquer comment on peut faire un calcul numérique approché de l'intégrale présente dans l'équation **Eq1** du V).
- ◇ Pour chaque angle d'incidence, calculer F_{por} au moyen de **Eq1**, en effectuant un calcul numérique approché de l'intégrale.

- ◇ Comparer à l'information délivrée par la balance électronique, en tenant compte du VI) 2°).
- ◇ Déduire de F_{por} le coefficient de portance C_z pour chaque incidence.
- ◇ Tracer C_z en fonction de l'angle d'incidence.



TP 4 DIAGRAMME DE BODE D'UN FILTRE INCONNU

Vous devrez rendre en fin de séance un compte rendu par binôme. À chaque fois qu'apparaît un point d'interrogation dans un losange, vous devrez apporter une réponse dans ce compte-rendu.

Et à chaque fois qu'apparaît le symbole  , vous devez appeler le prof pour montrer le fonctionnement du montage.

MATERIEL :

Vous disposez d'un circuit contenant un filtre linéaire. Celui-ci est actif ou passif selon le circuit que vous avez. S'il est actif, on rappelle qu'il faut alimenter le boîtier en +15/-15 et 0 avant de lui envoyer le moindre signal.

Attention : méfiez-vous de la baguette magique " autosect " des oscilloscopes, et de leurs « mesures automatiques ».

Pour mesurer avec précision des valeurs efficaces de sinusoïdes, on va utiliser des multimètres métrix MX579.

Afin d'avoir une bonne précision de mesure, il faut à chaque fois choisir le calibre le plus petit possible. Le calibre correspond à la plus grande valeur mesurable. Par exemple en se plaçant sur le calibre 2 Volt, on peut mesurer des valeurs efficaces inférieures ou égales à 2 Volt. Si ça dépasse, les chiffres clignotent.

Pour mesurer un déphasage entre deux sinusoïdes de même fréquence, il faut déjà repérer **laquelle est en retard sur l'autre**. Pour l'angle, on peut utiliser les curseurs verticaux : on mesure un écart temporel que l'on convertit en déphasage grâce à la valeur de la fréquence de travail.

I) RELEVÉ DU DIAGRAMME DE BODE :

- Mentionner sur votre copie le nom de votre circuit (boîte noire A, B, C ou D, ou bien autre circuit).
- Réaliser les branchements permettant d'étudier le filtre.
- Étudier rapidement les comportements haute et basse fréquence. De quel type de filtre s'agit-il *a priori* ? 
Dans quel intervalle de valeurs varie le déphasage entre l'entrée et la sortie (attention au signe !) ?
- Compte tenu du type de filtre et de son comportement en fréquence, choisir les deux bornes de l'intervalle de fréquences dans lequel il est souhaitable de faire des mesures dans le but de tracer les diagrammes de Bode.
- Dans cet intervalle, entre quelles valeurs le gain en dB varie-t-il ?
- Compte tenu de tout cela, préparer vos deux feuilles de papier log pour tracer le diagramme de Bode : 
repérage des fréquences, échelles verticales.
- Tracer le diagramme de Bode pour le gain en dB et le déphasage, en veillant à ce que, pour chaque fréquence, les signaux d'entrée et de sortie restent bien tous les deux purement sinusoïdaux (pas de saturation).
- Exploiter ce diagramme (gain max. fréquence(s) de coupure, pente des asymptotes).

II) REPONSE DU MONTAGE A UN CRENEAU :

- Connaissant à présent les caractéristiques du filtre, prévoir l'allure de sa réponse à un créneau selon le domaine de valeurs dans lequel se trouve la période de celui-ci.
- Visualiser cette réponse et la comparer aux prévisions. 

TP5 : HACHEUR A TRANSISTOR**I) NOTE PRELIMINAIRE TRES IMPORTANTE :**

Ce TP met en œuvre des circuits de puissance. À la différence des circuits de traitement de signaux, pour lesquels les courants dépassent rarement les 100 mA, on peut obtenir ici très facilement de forts courants. **IL FAUT DONC FAIRE ATTENTION !** En particulier une masse d'oscilloscope placée à un endroit mal choisi, fait disjoncter l'armoire électrique.

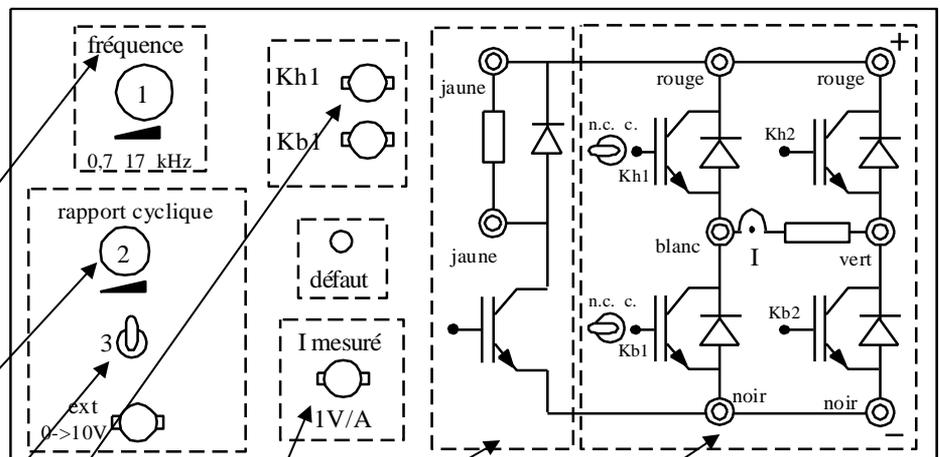
En conséquence, il est indispensable de respecter les règles de sécurité suivantes :

- Eteindre l'alimentation de puissance (c'est-à-dire la source de tension continue ou les batteries) pendant la réalisation des circuits.
- Utiliser des cordons de sécurité, et de couleur conventionnelle : rouge pour le +, bleu pour le -, jaune/vert pour relier les carcasses métalliques entre elles.
- Vérifier très sérieusement (et faire vérifier éventuellement) le câblage, avant d'allumer l'alimentation de puissance.
- **Toujours insérer un ampèremètre** en série dans le circuit de puissance (en mode DC), et **toujours garder un œil dessus**.
- **N'insérer qu'une seule masse (au maximum)** pour l'oscilloscope, **dans la partie " puissance " du montage**.
- **Ne jamais utiliser des résistances AOIP ou des boîtes DR5 dans les circuits de puissance**.

II) PRESENTATION DE LA MAQUETTE :

On dispose d'un boîtier électronique doté de 4 transistors de puissance (Kh1, Kh2, Kb1, Kb2) montés selon une structure en pont. Sur chaque transistor est placé, en antiparallèle, une diode (Dh1, Dh2, Db1, Db2). Cette structure permet plusieurs types de fonctionnements selon l'emplacement choisi pour la charge, et selon le type de commande choisi :

- hacheur dévolteur ;
- hacheur survolteur ;
- hacheur 2 quadrants réversible en courant ;
- hacheur 2 quadrants réversible en tension
- hacheur 4 quadrants.

**1°) Fonctionnalités :**

- * **Fréquence** : le bouton 1 permet de régler la fréquence de commande des transistors. En gros de 800 Hz à 17 kHz.
- * **Rapport cyclique** : l'interrupteur 3 doit être vers le haut ; le bouton 2 permet de régler le rapport cyclique du hacheur, c'est-à-dire le fameux coefficient α . Il peut varier de $\alpha = 0,05$ à $\alpha = 0,95$.
- * Kh1 et Kb1 : les douilles BNC Kh1 et Kb1 permettent de visualiser à l'oscilloscope les commandes des transistors Kh1 et Kb1. Les signaux de commande Kb1 et Kh1 sont des tensions ne pouvant prendre pour valeur que 0 ou 15 volts.
- * La douille BNC "**I mesuré**" donne, grâce à une **sonde de courant**, une tension proportionnelle au courant dans cette branche.
- * Le **module de dissipation** n'est pas utilisé ici.
- * Dans la partie de droite, c'est-à-dire la partie puissance, bien repérer les douilles "banane" de différentes couleurs : rouge, noir, vert, blanc.

2°) Observation des commandes Kb1 et Kh1 :

- Brancher la prise du hacheur sur le secteur et le mettre en marche.
- Connecter aux 2 voies de l'oscilloscope les sorties Kh1 et Kb1 et observer ces 2 signaux.
- Sachant qu'un transistor est fermé quand sa tension de commande est à +15V, et qu'il est ouvert quand sa tension de commande est à 0V, déterminer si en tournant le bouton 2 vers la droite, on augmente le rapport cyclique du transistor Kh1 ou du transistor Kb1. On rappelle que le rapport cyclique d'un transistor est le rapport de son temps de fermeture à la période de commande.

III) HACHEUR DEVOLTEUR : *Suivre les indications dans l'ordre SVP*1°) Emplacement de la source d'énergie et de la charge énergétique :

- Relier avec des cordons vert et jaune les masses de l'alimentation de puissance et du hacheur (face avant).
- La source d'énergie, qui sera ici une source de tension, notée E (Technosystem), sera à placer (dans le bon sens !) entre la borne rouge (notée +) en haut à droite, et la borne noire (notée -) en bas à droite.
- La charge (qui est ici une source de courant très imparfaite, cf ci-dessous) sera à placer entre la borne blanche (côté +) et la borne noire (côté -).
- Le seul transistor utilisé sera ainsi Kh1.
- ◊ Montrer (par un schéma ne faisant intervenir que les interrupteurs qui sont réellement utilisés) qu'on est dans les conditions du hacheur dévolteur.
- ◊ Quelle est, parmi l'ensemble $\{Dh1, Dh2, Db1, Db2\}$, la diode qui joue le rôle de diode de roue libre ?

2°) Cas d'une charge R, L :

- Avant d'allumer le hacheur, mettre l'interrupteur de Kb1 sur "n.c." et celui de Kh1 sur "c."

Ces interrupteurs ne doivent pas être manipulés, par la suite, lorsque le hacheur ou la batterie seront en marche.

- Réaliser le montage de la partie charge : on prendra $L = 9$ mH (se brancher entre les deux plots les plus éloignés). R sera la résistance interne de la bobine. L'ampèremètre sera un multimètre numérique utilisé entre les bornes de gros ampérage, **en mode ampèremètre continu, avec le calibre 10A.**

- Connecter l'oscilloscope de manière à visualiser sur la voie 1 le courant i_s dans la charge (à l'aide de la **sonde de courant, voir le descriptif du II 1°**) et sur la voie 2 la tension u_s aux bornes de la charge.

- Amener le bouton de réglage de la tension de l'alimentation de puissance à 0 (à fond dans le sens trigonométrique) et le bouton de réglage du courant au maximum (sens des aiguilles d'une montre). Connecter cette alimentation aux bornes rouge et noire du hacheur.

- Après avoir fait vérifier le montage, brancher puis allumer l'alimentation et la régler sur une valeur de 8 volts.

- Vérifier que le courant ne dépasse pas la valeur max indiquée sur les différents dispositifs utilisés.

- Prendre une fréquence de hachage de 3 kHz, et un rapport cyclique $\alpha = 0,65$.

- ◊ Mesurer avec l'oscilloscope l'ondulation de courant définie par $\Delta I = I_M - I_m$. Réfléchir à la façon d'avoir la plus grande précision possible pour cette mesure.

- ◊ Comparer à la valeur théorique. On donne pour cela : $I_m = \frac{E}{R} \frac{\exp(\frac{\alpha T}{\tau}) - 1}{\exp(\frac{T}{\tau}) - 1}$ et $I_M = \frac{E}{R} \frac{\exp(\frac{-\alpha T}{\tau}) - 1}{\exp(\frac{-T}{\tau}) - 1}$.

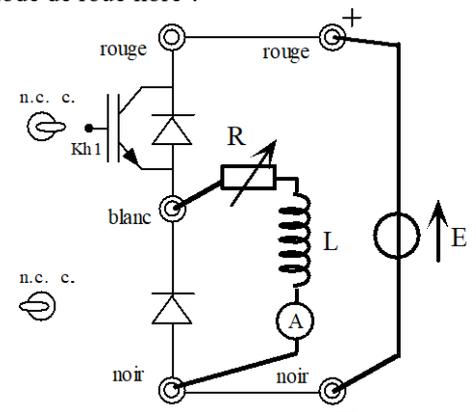
- ◊ Avec la méthode vue en cours, donner une expression simplifiée de l'ondulation de courant, compte tenu du fait que la fonction courant est quasiment affine par morceaux.

- ◊ Reprendre avec un rapport cyclique $\alpha = 0,95$.

- ◊ À fréquence donnée, pour quelle valeur de α l'ondulation de courant est-elle théoriquement maximale ? L'observer.

- ◊ Conduction discontinue : pour $f = 1$ kHz, en diminuant le rapport cyclique, on voit apparaître le phénomène de conduction discontinue. Expliquer la forme que prend le chronogramme de la tension (penser à la tension de seuil de la diode, qui vaut 0,6 V).

- **Faire décroître α (et donc décroître le courant) puis éteindre l'alimentation continue puis le hacheur.**

3°) Cas d'une charge R, L, E' :

- Après avoir bien éteint l'alimentation Technosystem, prendre comme charge : l'induit du moteur à courant continu, en série avec le rhéostat (à fond, donc de valeur 10Ω) et une bobine 2,2mH.

- Après avoir fait vérifier le montage, allumer le hacheur puis l'alimentation et amener la tension à 35 volts, le bouton du courant étant encore à fond.

- ◊ Observer la tension aux bornes de la charge, et le courant dans la charge pour différentes valeurs de α , puis pour différentes valeurs de f .

On néglige la résistance dans les calculs.

- ◊ Pour $\alpha = 0,7$, et $f = 5,0$ kHz, et en expliquant la méthode, déterminer la valeur de E' , c'est-à-dire la fcém du moteur.

- ◊ Pour $\alpha = 0,7$, et $f = 5,0$ kHz, mesurer l'ondulation de courant et comparer à la valeur théorique.

- Faire décroître la tension puis éteindre l'alimentation et le hacheur.

