

Alain ROBERT

EXAO : Une petite interface bien sympathique



A.P.I.S.P. 2008

Sommaire

1—Fiche technique :	Page 3
2—Prise en main :	Page 3
3— Capteurs de base :	Page 3
Quelques idées de TP	
4 Allumage d'une lampe	Page 6
5 Etude du courant alternatif	Page 7
5.1 Très basse fréquence	Page 7
5.2 Tension alternative 50 Hz	Page 7
5.3 Redressement et filtrage	Page 8
5.4 Tracé de caractéristiques de dipôles	Page 9
6 Capteur de température	Page 11
6.1 Généralités	Page 11
6.2 Chauffage de l'eau—Changement d'état	Page 12
6.3 Distillation - Séparation des constituants d'un mélange homogène	Page 13
6.4 Autres expériences	Page 13
7 Capteur de pression	Page 14
7.1 Généralités	Page 14
7.2 Étude $P \times V$	Page 14
7.3 Autres expériences	Page 15
8 Capteur de son (micro)	Page 16
8.1 Fabrication des micros	Page 16
8.2 Déclaration du capteur	Page 16
8.3 Capture d'un son	Page 17
8.4 Mesure de la vitesse du son	Page 15
9 Capteurs lumière—Chronométrage	Page 20
9.1 Fabrication des capteurs	Page 20
9.11 Capteur simple	Page 20
9.12 Fourche optique pour chronométrage :	Page 20
9.2 Utilisation	Page 21
9.21 Photopile	Page 21
9.22 Chronométrage — Chute libre	Page 21
9.23 Chronométrage — Autres expériences	Page 23

10 . Fabrication de l'étage variateur et des capteurs de température, de pression et de la fourche optique	
10.1 Étage variateur pour alimentation 12 V	Page 25
10.2 - Capteur de Température	Page 27
10.3 - Pression—Mano-baromètre	Page 30
10.4 - Fourche optique pour chronométrage	Page 35
Liste des composants (fabrication des capteurs)	Page 38

EXAO :

Une petite interface bien sympathique

A la fin du salon Educatec 2007, sur notre demande, l'entreprise PIERRON nous a prêté une interface DataDirect qui nous intriguait (2 entrées analogiques, branchement par port USB, 99 €).

Tenait-elle les promesses de son descriptif ?
Était-elle utilisable avec des capteurs divers ?
Pouvait-elle être utilisable en TP de collègue ?

Voici quelques éléments de réponse :

1—Fiche technique :

Caractéristiques :

- 2 entrées analogiques différentielles
- Calibre ± 5 V
- Résolution 2.5 mV (12 bits)
- Jusqu'à 50 000 mesures par seconde
- Synchronisation analogique : déclenchement par seuil
- Connexion USB 2 compatible USB 1
- Alimentation par le port USB : pas d'adaptateur supplémentaire
- Livré avec notice de mise en route, câble USB (1.8 m) et logiciel d'acquisition.

Prix de vente : 99 € avec le logiciel, ce qui la rend compatible avec nos budgets, à condition de pouvoir réaliser nos propres capteurs.

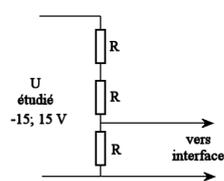
2—Prise en main :

Installation du logiciel, prise en main de l'interface sans grande difficulté, à condition de disposer d'ordinateurs récents munis de ports USB 2 (en USB 1, cela fonctionne, mais avec quelques difficultés).

3— Capteurs de base :

On peut, si l'établissement est riche, acheter les capteurs de la marque, mais ce n'est pas indispensable !

Capteur Tension :



Pour pouvoir étudier des tensions entre -15 et 15 V, il suffit de réaliser un diviseur de tension :

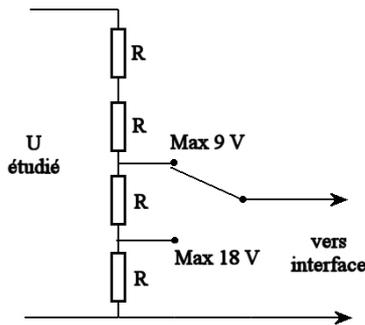
Cela peut être réalisé sur une platine de 5 x 5,5 cm comme les autres composants de la boîte de TP (voir sur le site de l'association :

http://www.ac-grenoble.fr/apisp/fabmat/boite_mat.htm)

R = 100 k Ohms



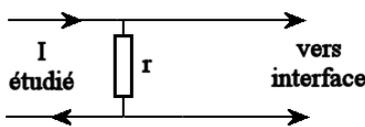
Photo PIERRON



On peut aussi réaliser, sur le même type de platine, une interface plus évoluée permettant d'aller jusqu'à 18 V (en théorie 20 V, mais ne pas dépasser 9 ou 18 V évite de dépasser les limites de l'interface).

$R = 100 \text{ k Ohms}$

Capteur Intensité :



Le capteur Intensité est encore plus simple à fabriquer : on fait passer le courant étudié dans une résistance de puissance de faible valeur (pour ne pas trop perturber le fonctionnement du montage) et on relève la tension aux bornes.

$R = 3,9 \text{ Ohms}, 5 \text{ W}$

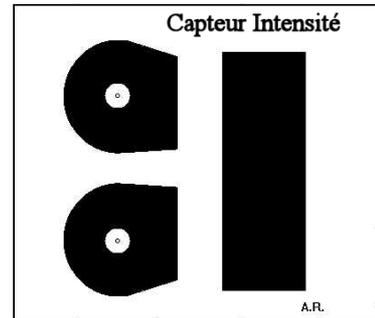
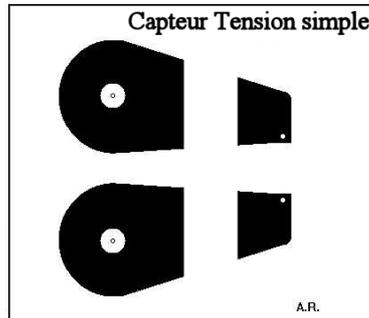
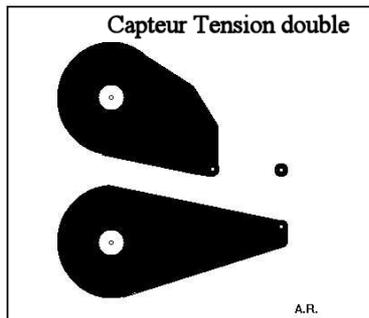
$I = U/R$, ce qui nous donne une intensité max de 1,2 A, largement suffisante pour les circuits étudiés en collège.

Réalisation pratique : Voir les différentes étapes sur le site de l'association :

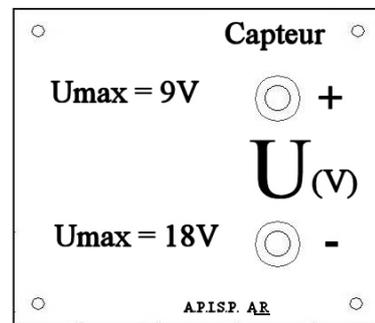
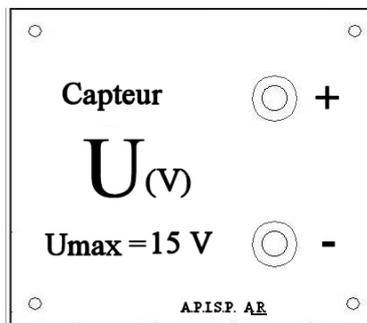
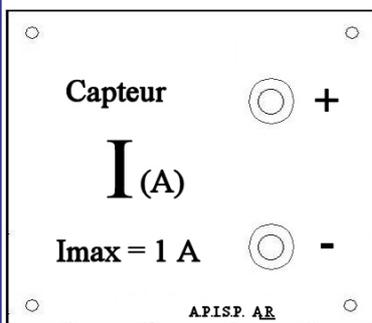
http://www.ac-grenoble.fr/apisp/fabmat/boite_mat.htm

Accueil → Fabrication de matériel de TP → Boîte de TP électricité

Circuits imprimés :



Faces avant :

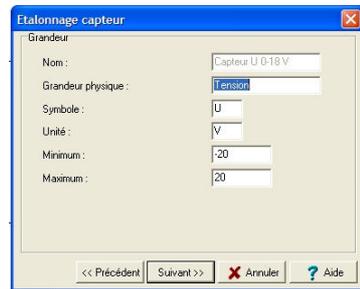
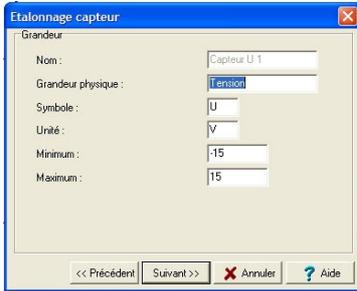


On peut évidemment réaliser de la même manière des capteurs U et I avec des valeurs max différentes.

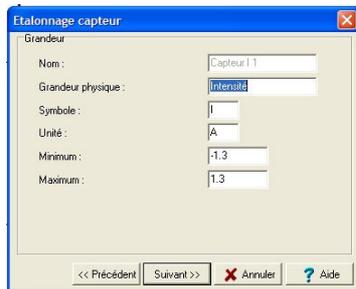
Exemple : en remplaçant la résistance de 3.9 Ohms par une 1 Ohm sur le capteur I, l'intensité max est de 5 A (attention à la puissance dissipée).

Étalonnage des capteurs :

Dans le logiciel DataDirect, aller sur : Interface, Étalonner un capteur, Créer un nouveau capteur
Choisir un nom, puis compléter le panneau :

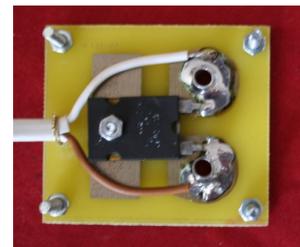
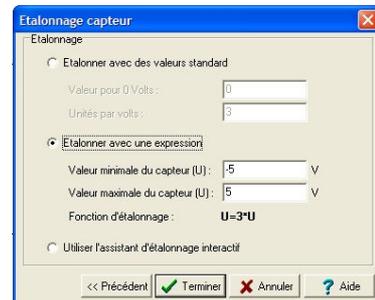


Capteur Tension simple

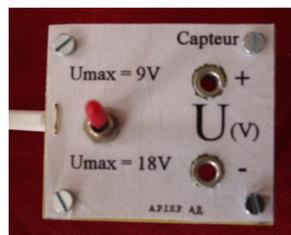


Pour le capteur tension double, il faut déclarer 2 capteurs :
1 capteur 9V et 1 capteur 18 V

Pour chaque capteur, choisir ensuite « Étalonner avec une expression » et cliquer sur Terminer.



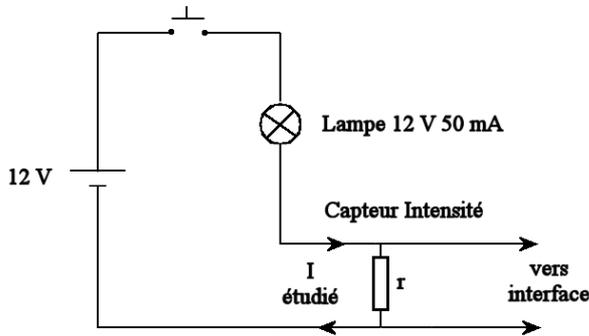
Capteur Intensité



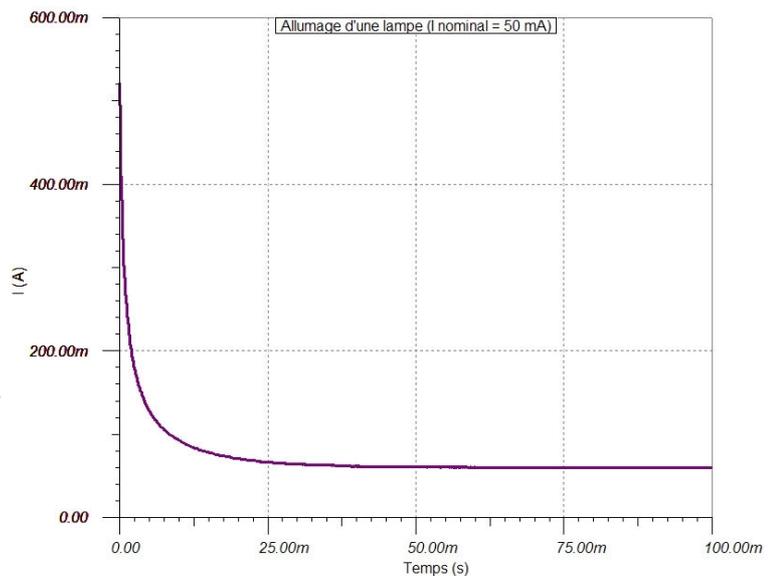
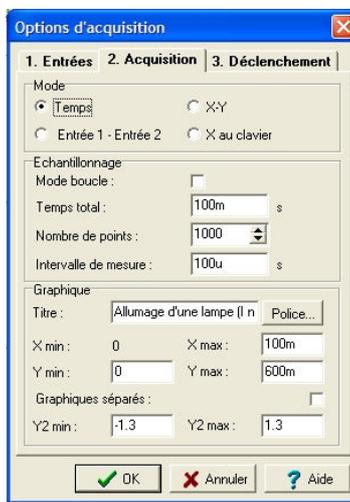
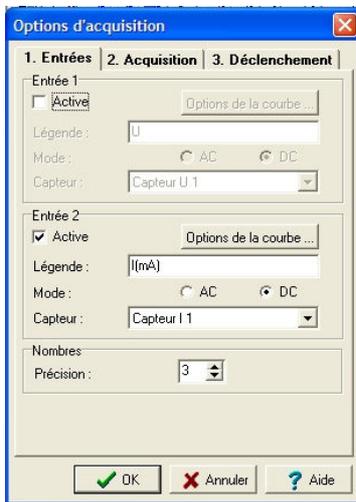
Pour réaliser d'autres capteurs (lumière, température, pression), voir sur le site de l'association : <http://www.ac-grenoble.fr/apisp/fabmat/pcao/capteurs.htm>
Accueil —> Fabrication de matériel de TP —> Capteurs pour PCAO

Quelques idées de TP

4—Allumage d'une lampe



Configuration de l'interface :



Résultat : on voit bien que l'intensité au démarrage est énorme (550 mA) par rapport à l'intensité en régime permanent (60 mA), ce qui explique pourquoi les lampes à incandescence « claquent » souvent à l'allumage.

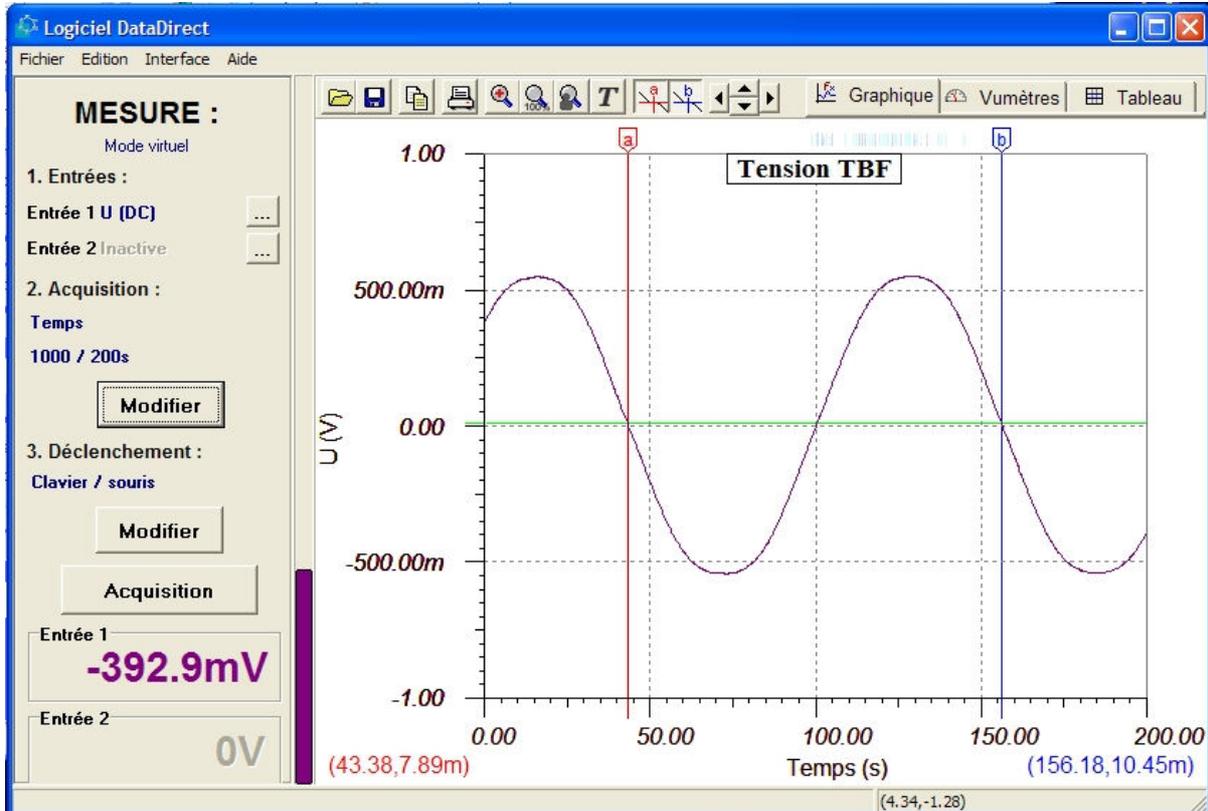
Cela montre aussi que le pic d'intensité est extrêmement bref puisque l'intensité nominale est quasiment atteinte au bout de 25 ms.

5—Etude du courant alternatif

5.1 Très basse fréquence

Configuration de l'interface : capteur Tension sur l'entrée 1, durée 200 s, 1000 points

Après l'acquisition, utiliser les curseurs a et b pour délimiter une période :

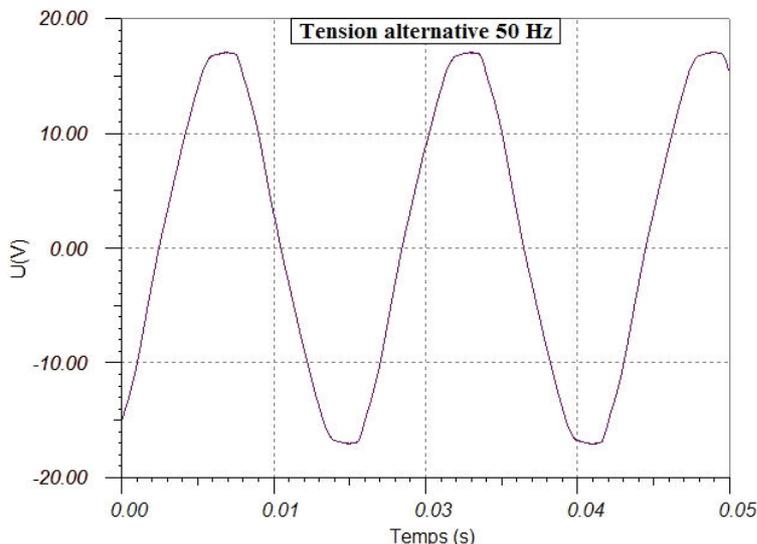
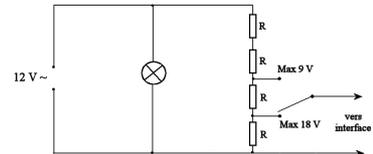


Ici, $T = 156,18 - 43,38 = 112,8 \text{ s}$ $N = 1/T = 8,86 \text{ mHz}$

5.2 Tension alternative 50 Hz

Configuration de l'interface : capteur Tension (18 V) sur l'entrée 1, AC, durée 50 ms, 1000 points, intervalle 50 us

Attention : si vous utilisez une tension de 12 V ~, il faut utiliser le capteur 18 V. Si vous n'avez réalisé que le 15 V, il faut se limiter à 6 V ~



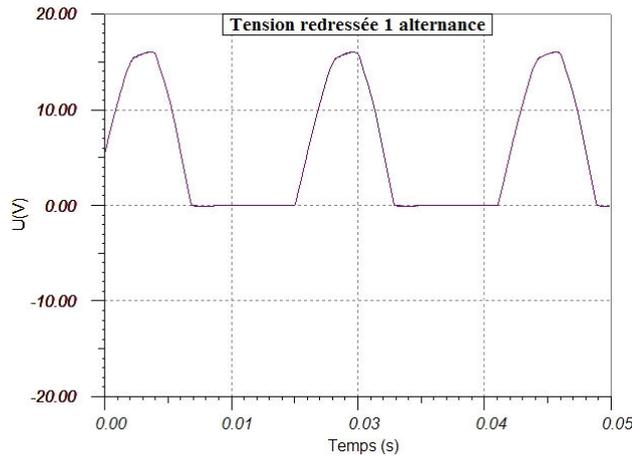
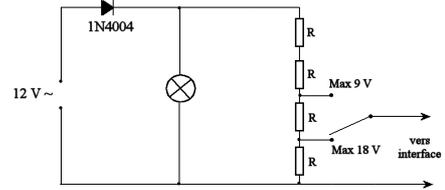
Nota : le logiciel permet la capture du graphique et son enregistrement en vue de la réalisation du compte-rendu de TP

5.3— Redressement et filtrage

Redressement 1 alternance :

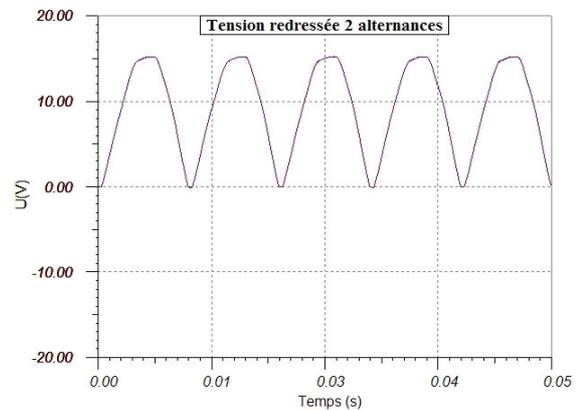
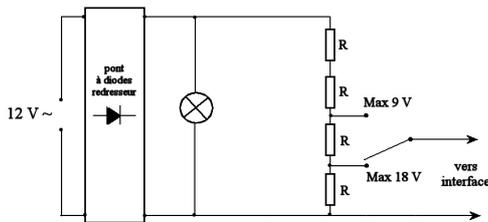
Configuration de l'interface : capteur Tension (18 V) sur l'entrée 1, DC, durée 50 ms, 1000 points, intervalle 50 us. Reliez le point 0 V de l'entrée 1 à la masse de l'interface

Attention : si vous utilisez une tension de 12 V ~, il faut utiliser le capteur 18 V. Si vous n'avez réalisé que le 15 V, il faut se limiter à 6 V ~

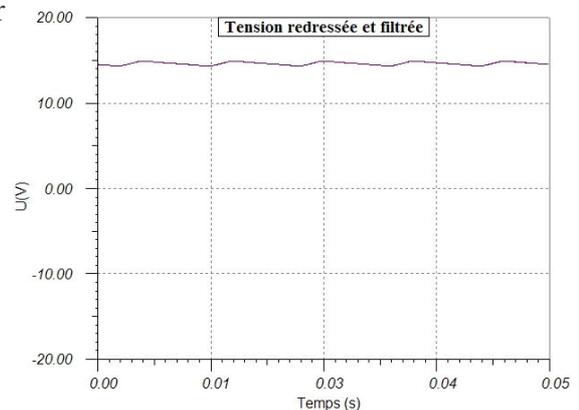
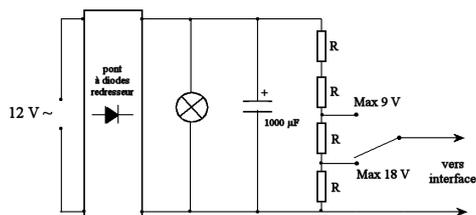


Redressement 2 alternances et filtrage :

Avec les mêmes réglages de l'interface, faites le montage avec un pont redresseur (pont de Graetz)



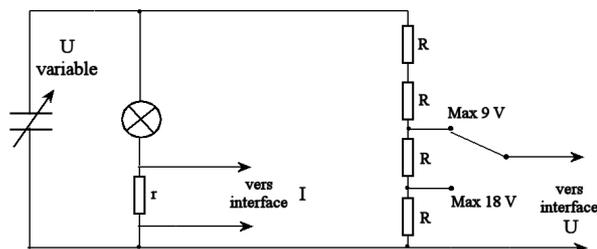
Puis filtrez la tension à l'aide d'un condensateur de 1000 μF (attention à la polarité)



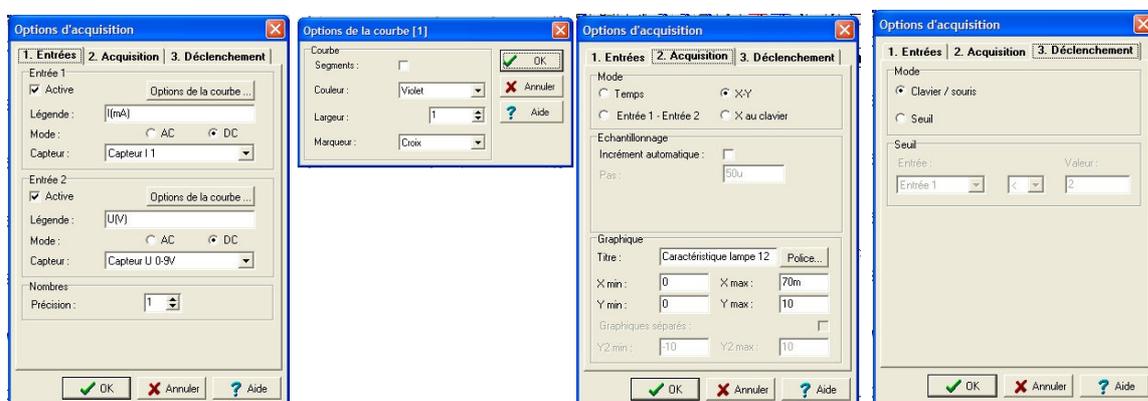
5.4—Tracé de caractéristiques de dipôles

Matériel : alimentation variable, capteurs U et I, lampe 12 V 50 mA

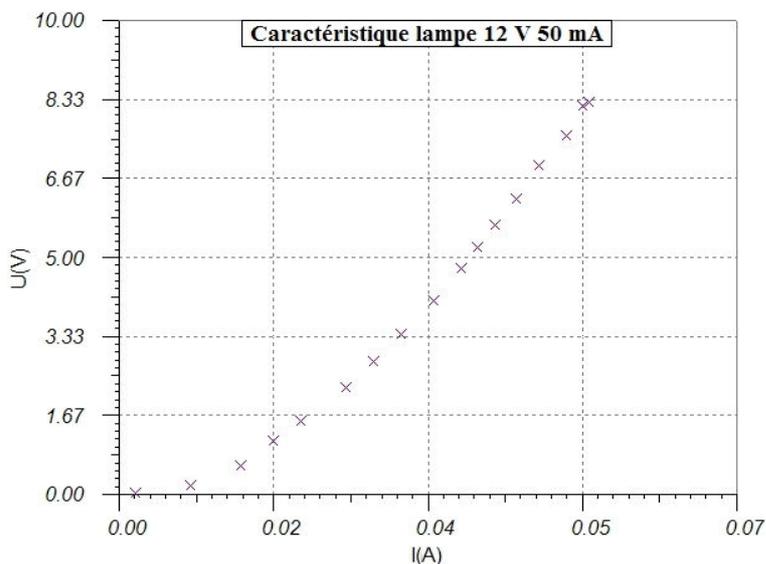
Nota : pour transformer une alim 12 V en alimentation variable on peut utiliser l'Étage variateur décrit page 25



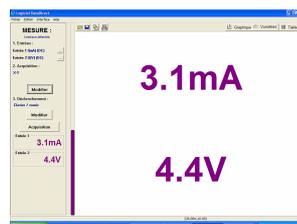
Configuration de l'interface : I sur l'entrée 1, U sur l'entrée 2



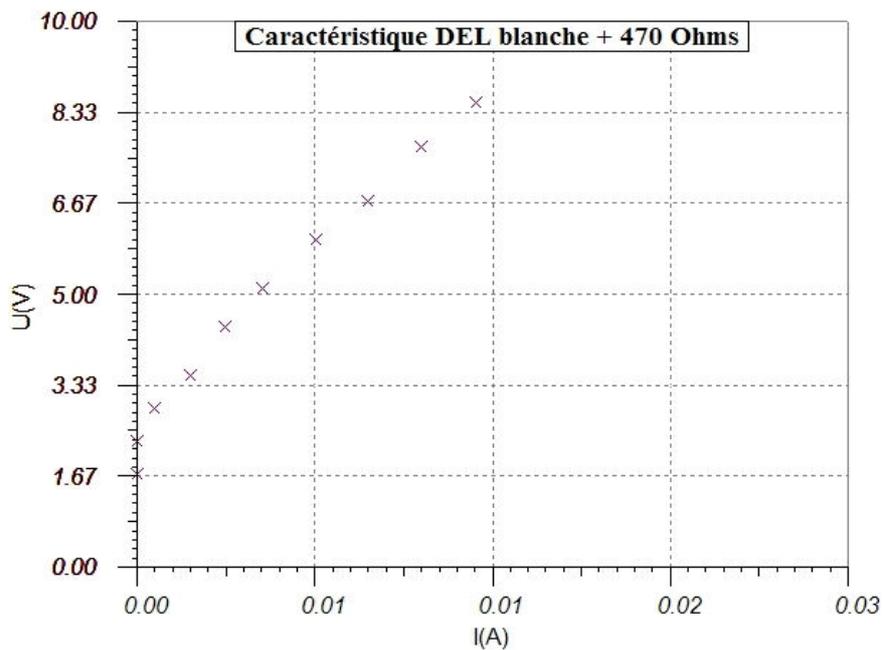
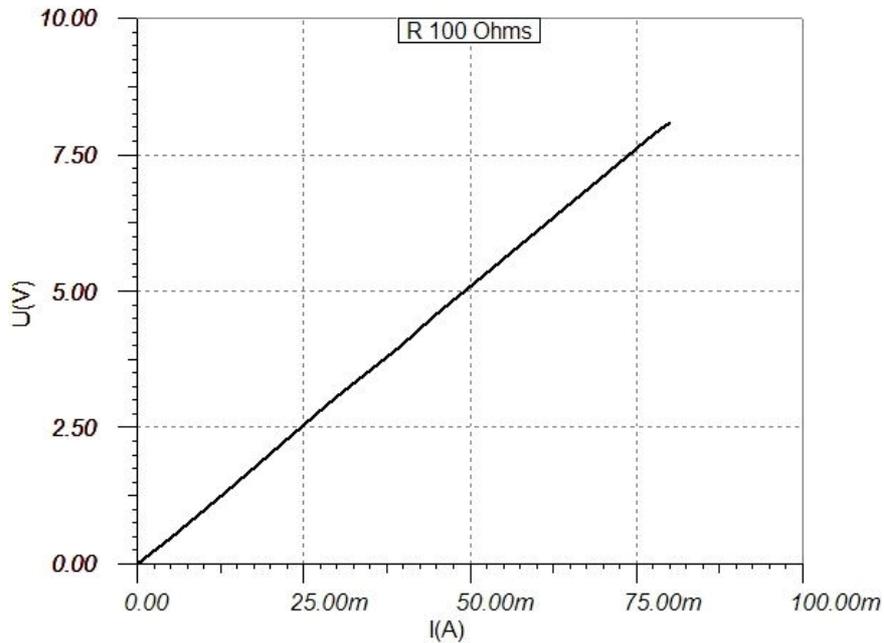
Mettre l'alim sur 0 V, prendre une mesure, mettre l'alim sur 0,5 V, prendre une mesure, etc.



Nota : on peut aussi utiliser le mode 'Vumètres' » :



De la même manière, on peut étudier les caractéristiques de dipôles divers :



Conclusion : avec seulement 2 capteurs très faciles à fabriquer et très bon marché (~2 € pièce), les possibilités de cette interface sont déjà très larges.

Elle a sa place dans notre matériel de TP, d'autant que son prix permet d'envisager l'équipement de plusieurs postes. On peut souhaiter que PIERRON fasse une offre groupée (par exemple lot de 6 interfaces) à un prix étudié.

Dans la suite, nous verrons comment utiliser cet outil avec d'autres capteurs : suivi de température, pression, vitesse du son, signaux lumineux et infra-rouges...

Suivi de température, pression, vitesse du son, signaux lumineux et infra-rouges...

Dans cette deuxième partie, nous allons utiliser d'autres capteurs un peu plus compliqués à fabriquer. Toutes les « manips » présentées ne sont pas –aujourd'hui - au programme du col-lège, mais elles peuvent vous donner des idées sur les possibilités de l'appareil.

6 - Capteur de température

6.1 - Généralités

Le capteur retenu est basé sur une sonde PT 1000. les caractéristiques données par le vendeur sont les suivantes :

Gamme de température : -70° à 600° C, nous n'atteindrons pas ses limites en TP

Coefficient de température : 0,00385

Classe de tolérance : $\pm 0,6\%$

Il s'agit donc d'un élément dont la résistance est donnée par la relation

$$R = 1000 (1 + \theta \times 0,00385) \quad \theta = \text{température en degrés Celsius}$$

La fabrication de ce capteur est décrite page 27.

Sa réalisation ne pose pas de gros problème. Vous pouvez négocier avec vos collègues de Technologie pour qu'ils fassent réaliser ce capteur (et ceux qui suivent) dans le cadre de leurs cours.

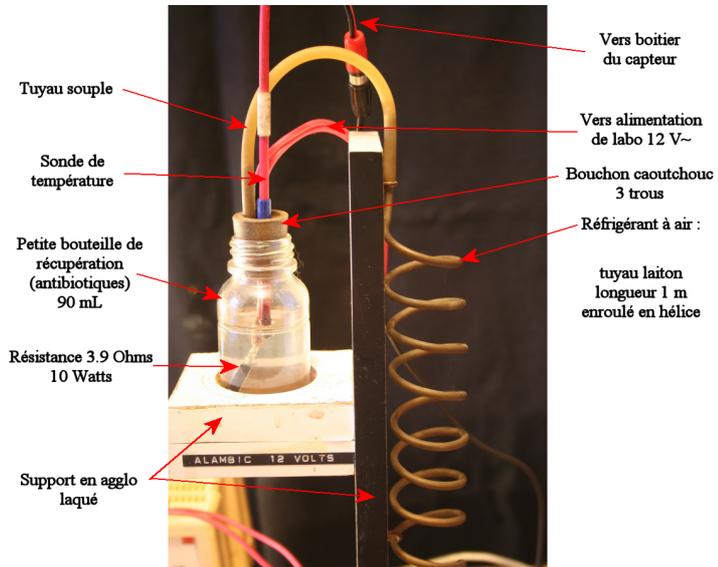
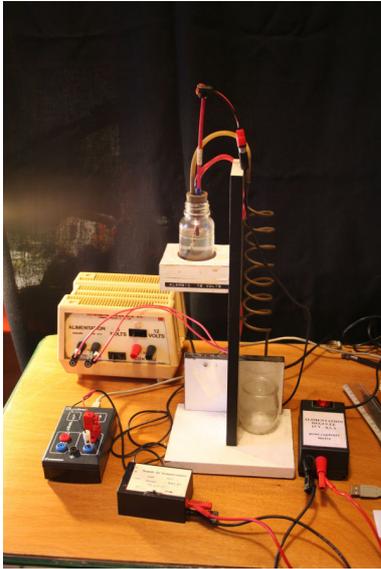
Après avoir fabriqué le capteur, vous devez l'étalonner :



Plongez la sonde et un thermomètre dans l'eau froide, attendez que la valeur mesurée soit stable, validez. Recommencez avec de l'eau très chaude.

6.2 - Chauffage de l'eau—Changement d'état

Vous pouvez utiliser le capteur avec un matériel « classique » : ballon, chauffe-ballon, réfrigérant ou construire (faire construire) de petits alambics « élèves » :



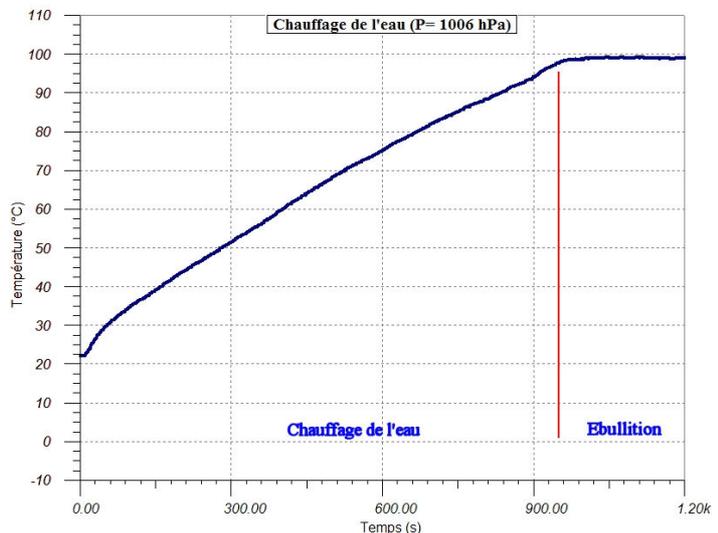
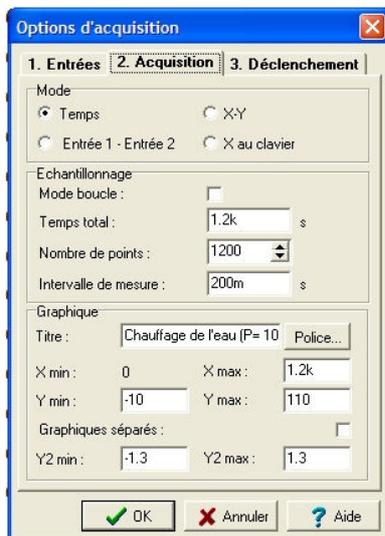
Nota : le serpentin de refroidissement est réalisé à partir d'un tube de laiton (long = 1m, diam= 4 ou 5 mm acheté dans un magasin de modélisme). Pensez à le chauffer au rouge pour le rendre plus malléable avant de le mettre en forme).

La résistance de 3,9 Ohms, alimentée en 12 V~ dissipe 37 Watts et les supporte à condition d'être immergée, ce qui est suffisant pour amener 50 mL d'eau à ébullition dans un temps raisonnable (~ un quart d'heure).

Mettre 50 mL d'eau dans la bouteille, mettre en place le bouchon (tenant la sonde et la résistance), relier le boîtier de la sonde à l'interface, la résistance à l'alimentation (éteinte).

Pensez à relier la masse de l'alimentation du capteur à la masse de l'interface

Configurez la capture (durée 1200 s), puis –simultanément– lancez la capture et allumez l'alimentation. Il n'est pas inutile de noter la pression atmosphérique au moment de l'expérience. Après capture, vous pouvez améliorer la présentation du graphique avant de l'inclure dans le compte-rendu de TP.



6.3 - Distillation - Séparation des constituants d'un mélange homogène

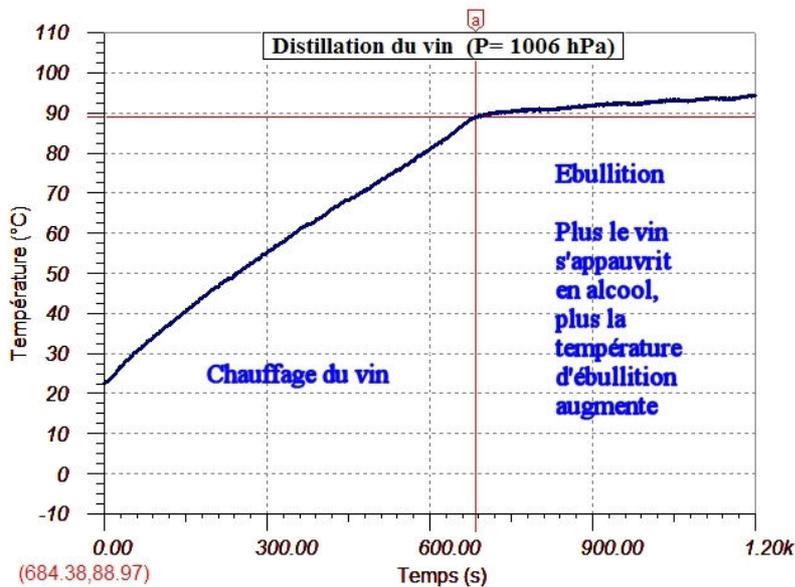
Avec le même matériel, les mêmes réglages, on peut aussi réaliser une distillation.

En étudiant un tableau donnant les températures d'ébullition de différents corps, les élèves arrivent à l'hypothèse que, en chauffant du vin, l'alcool doit s'évaporer avant l'eau.

Il reste à vérifier cette hypothèse.

Mettre 50 mL de vin dans l'alambic, puis lancer l'expérience (même procédure que pour le chauffage de l'eau). Après 5 minutes d'ébullition, faire mettre de côté le distillat. En fin d'expérience, récupérer tous ces distillats pour les faire brûler (expérience prof).

L'étude de la courbe permet de comprendre le phénomène, quant au distillat, s'il a l'apparence de l'eau (liquide incolore), il n'en a pas l'odeur et brûle avec une flamme quasi invisible en pleine lumière, mais très visible si l'on peut faire la pénombre dans la classe.



6.4 Autres expériences

Le capteur de température peut, au gré de votre imagination, être utilisé à d'autres expériences : changement d'état solide/liquide ou liquide/solide, refroidissement par évaporation, etc.

7 - Capteur de pression

7.1 - Généralités

Le montage utilise un capteur piezo-résistif Motorola MPX2200 AP

Gamme de mesures : 0 - 2000 hPa (pression absolue)

La fabrication de ce capteur est décrite page 30.

Sa réalisation est plus délicate que celle du capteur de température. Après l'avoir étalonné (voir indications sur le site), vous devez le déclarer dans le logiciel :

7.2 Étude P x V

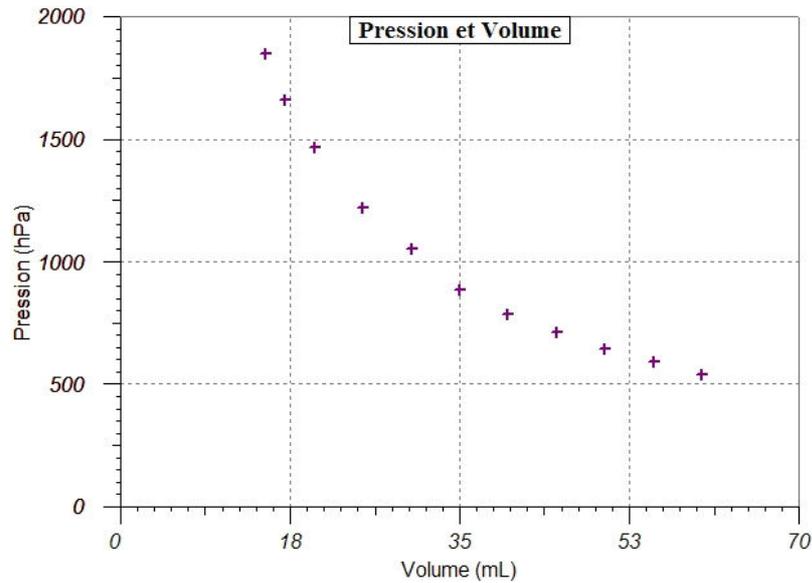
Brancher, à l'aide d'un tuyau très court, une grosse seringue (60 mL), piston à mi-course, à la sonde de pression.

Pensez à relier la masse de l'alimentation du capteur à la masse de l'interface

Configurez la capture :

Lancer l'acquisition. Dans la fenêtre X (en bas) tapez le volume indiqué par la seringue, puis cliquez sur « prendre une mesure ». Changez la position du piston (de 5mL en 5 mL par exemple) et prenez d'autres mesures.

Lorsque vous avez terminé, cliquez sur « acquisition » pour stopper la capture. Modifiez si besoin l'affichage des axes, le titre, la présentation des points.



Copiez le graphique pour le compte-rendu de TP, copiez les données et importez-les dans un tableur. Ajoutez une colonne dans laquelle vous indiquez au tableur de faire le produit $P \times V$

	PV= cte ?		
Volume (mL)	Pression (hPa)		P x V
15	1 847		27 705
17	1 658		28 186
20	1 468		29 360
25	1 219		30 475
30	1 049		31 470
30	1 051		31 530
35	886		31 003
40	787		31 479
45	710		31 955
50	642		32 089
55	591		32 479
60	538		32 284

V varie d'un facteur 4, $P \times V$ est presque constant. Les variations en début et en fin de tableau sont dues au volume résiduel (sonde + tuyau).

7.3 Autres expériences

Pression dans un liquide en fonction de la profondeur (en raccordant un tube de verre à la sonde à l'aide d'un tube souple de 50 à 100 cm), etc.

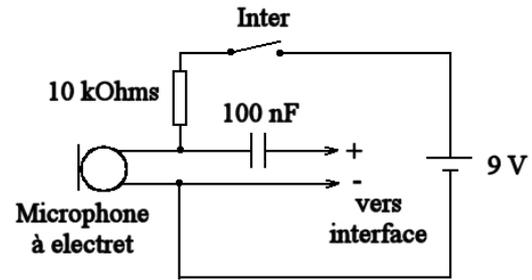
8 - Capteur de son (micro)

8.1 - Fabrication des micros

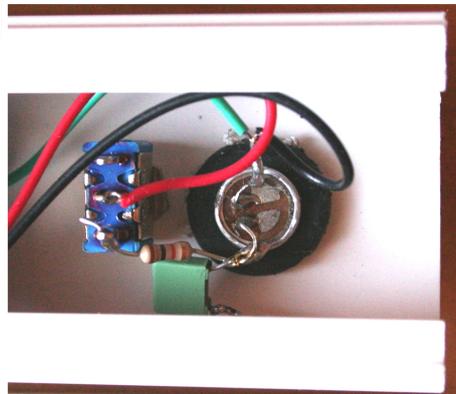
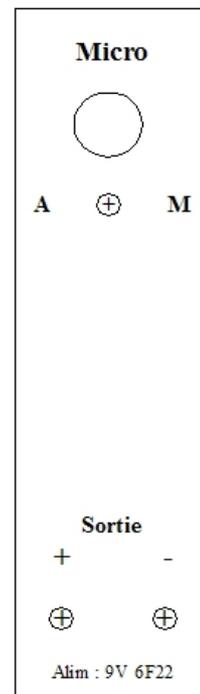
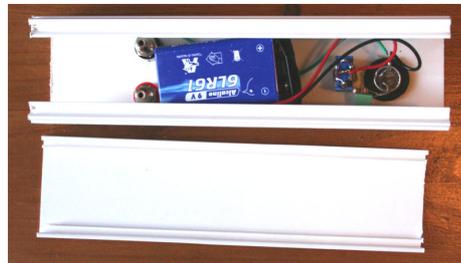
Idée : fabriquer 2 micros sur pied pour pouvoir

- capturer un son (1 micro)
- Mesurer la vitesse du son (2 micros)

Le montage est basé sur l'utilisation de micros à électret (moins d'un € pièce). Le montage est très simple (voir schéma ci-contre) et le câblage peut se faire directement, sans circuit imprimé. La consommation de ces micros étant très faible (~ 0,5 mA), une alimentation par pile est conseillée.



Le montage peut être fait dans un morceau de goulotte électrique ou dans une petite boîte. Dans les deux cas, prévoir un pied pour stabiliser le micro sur la table de TP.



8.2 - Déclaration du capteur

Etalonnage capteur

Grandeur

Nom :

Grandeur physique :

Symbole :

Unité :

Minimum :

Maximum :

<< Précédent Suivant >> X Annuler ? Aide

Etalonnage capteur

Etalonnage

Etalonner avec des valeurs standard

Valeur pour 0 Volts :

Unités par volts :

Etalonner avec une expression

Valeur minimale du capteur (U) : V

Valeur maximale du capteur (U) : V

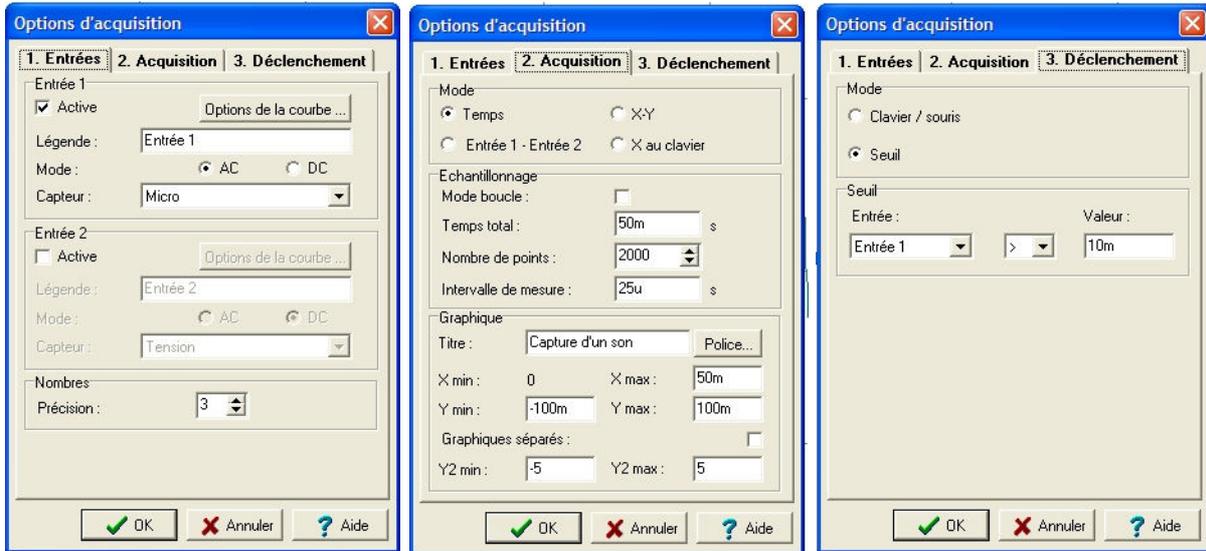
Fonction d'étalonnage : **Son=1*U**

Utiliser l'assistant d'étalonnage interactif

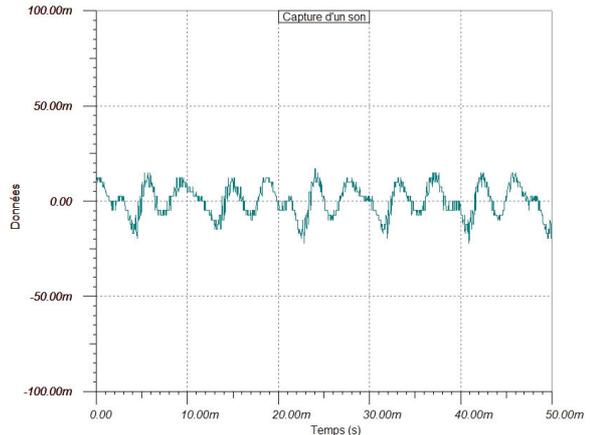
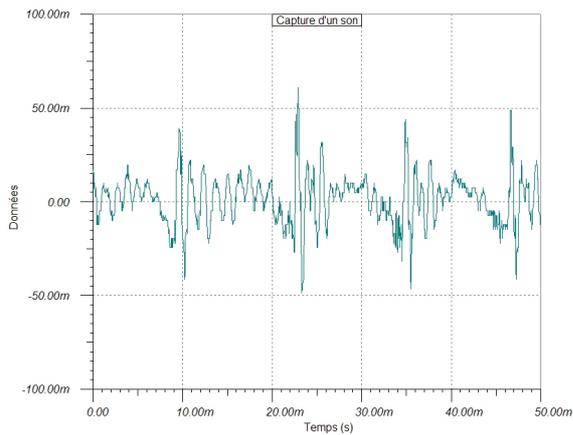
<< Précédent ✓ Terminer X Annuler ? Aide

8.3 - Capture d'un son

Configuration de l'interface :



Pensez à relier le moins du micro à la masse de l'interface



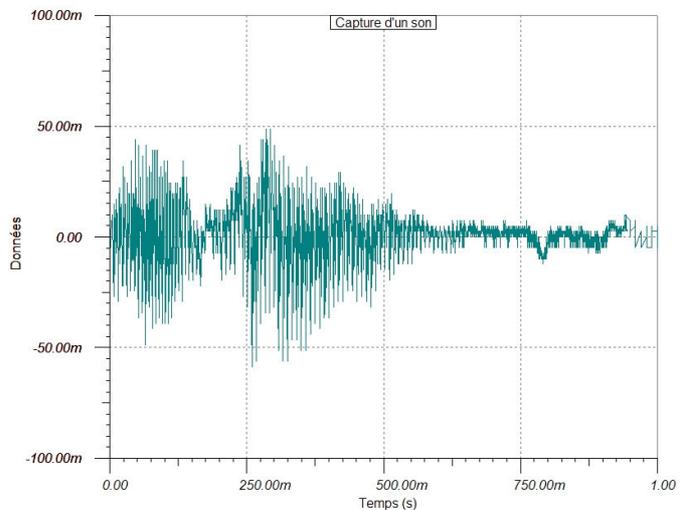
Parler devant le micro :

Son « a »

Son « i »

En modifiant la durée d'acquisition, on peut visualiser un mot :

Exemple : « bonjour »



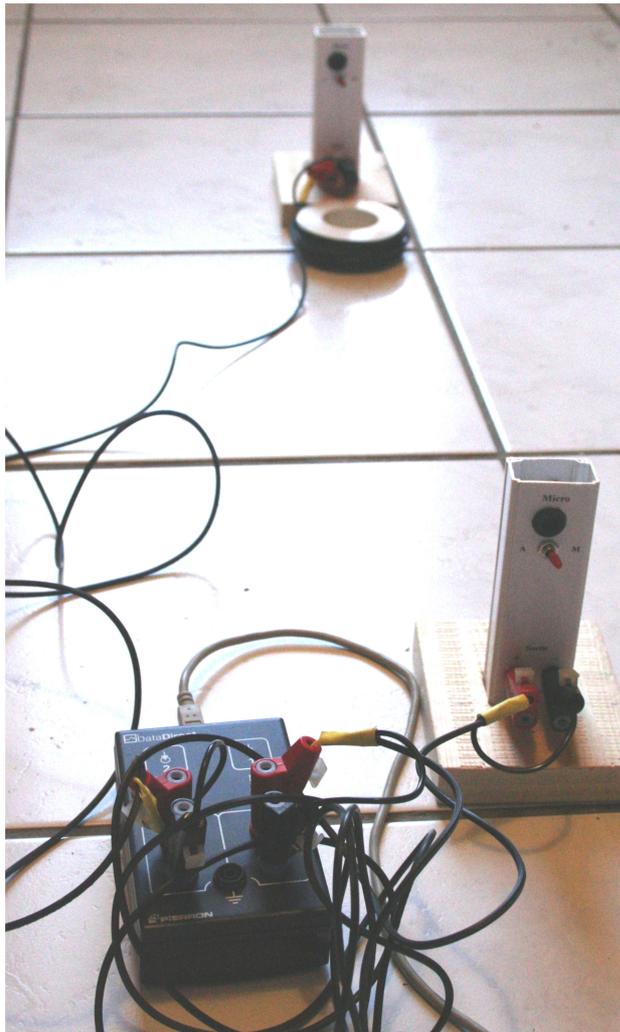
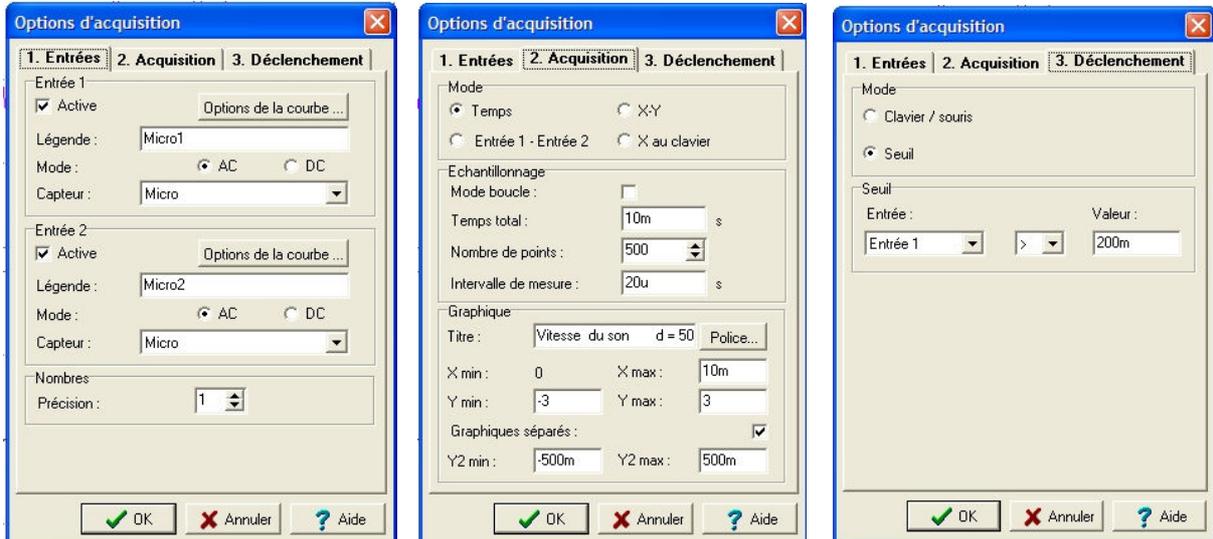
On pourra ainsi montrer que la structure d'un son est généralement complexe.

8.4 - Mesure de la vitesse du son

Il faut 2 micros alignés sur la table de TP, à une distance réglable par exemple entre 0,5 et 1,5 m. Le son est donné par un « Clap » (deux morceaux de bois claqués l'un contre l'autre), le déclenchement est assuré par l'arrivée du son sur le premier micro.

Pensez à relier le moins des micros à la masse de l'interface.

Configuration :



Pour tenir compte de l'affaiblissement du son avec la distance, il est nécessaire de donner des valeurs différentes aux maxima et minima d'affichage des deux micros.

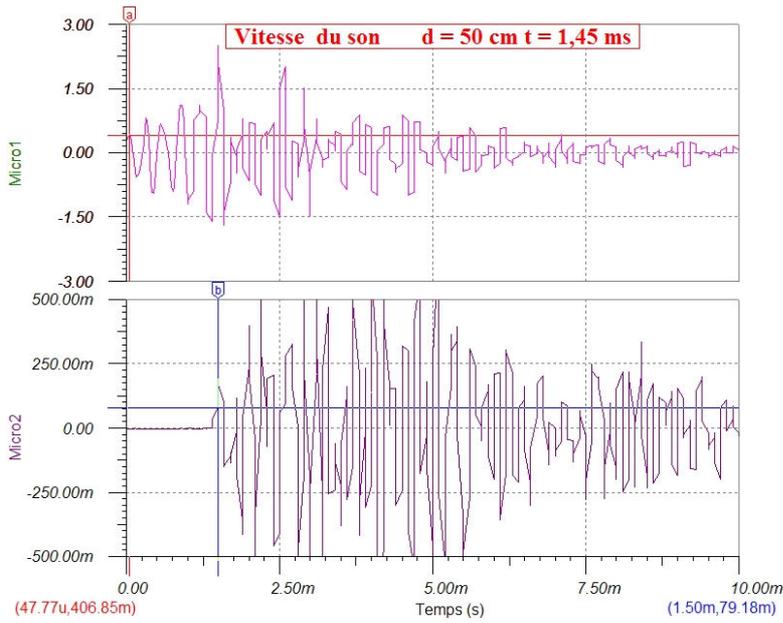
Régler la distance entre les micros (par exemple 50 cm).

Lancez l'acquisition.
Actionnez le « Clap »
Attention : il faut que le « Clap » soit dans l'axe des micros.



Sur le graphique, à l'aide des curseurs, repérez le temps d'arrivée du son sur chaque micro et calculez la différence.

Recommencez avec une distance différente entre les micros.



Dans un premier temps, on peut voir que le retard d'arrivée du son sur le deuxième micro dépend de la distance entre les micros.

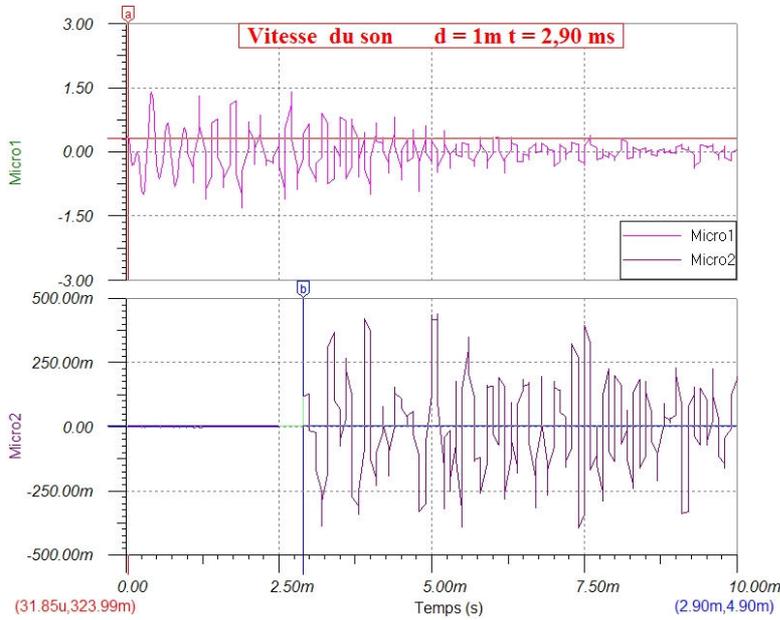
On peut calculer pour chaque acquisition la vitesse de propagation du son.

Ici :

$$d = 0,5 \text{ m}$$

$$t = 1,46 \text{ ms}$$

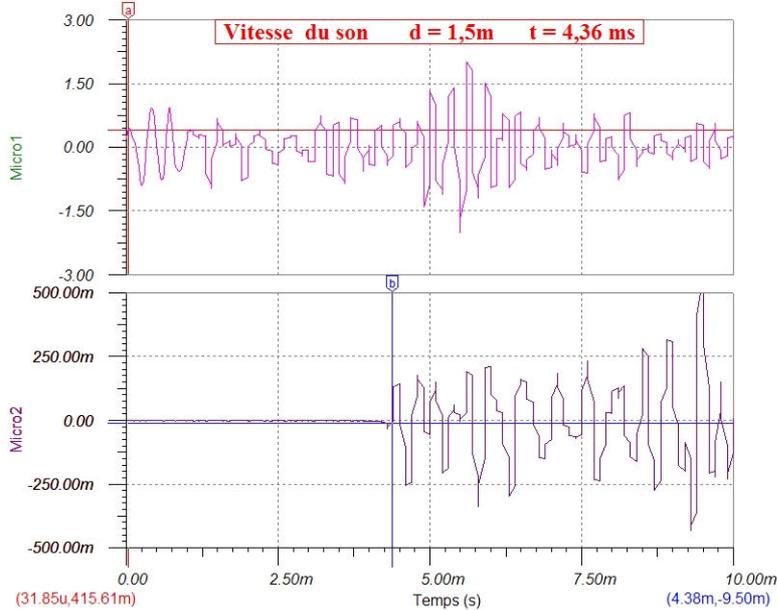
$$V_{\text{son}} = 0,5 / 1,46 \cdot 10^{-3} = 342 \text{ m.s}^{-1}$$



$$d = 1 \text{ m}$$

$$t = 2,90 \text{ ms}$$

$$V_{\text{son}} = 1 / 2,90 \cdot 10^{-3} = 345 \text{ m.s}^{-1}$$



$$d = 1,5 \text{ m}$$

$$t = 4,36 \text{ ms}$$

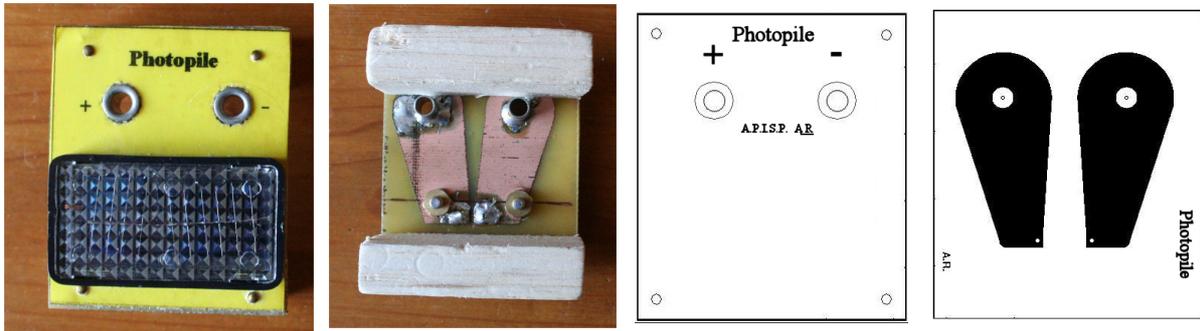
$$V_{\text{son}} = 1,5 / 4,36 \cdot 10^{-3} = 344 \text{ m.s}^{-1}$$

On peut évidemment faire d'autres mesures avec des distances plus grandes, mais dans ce cas la manip ne tient plus sur une seule table de TP.

9 - Capteurs lumière—Chronométrage

9.1 - Fabrication des capteurs

9.1.1 Capteur simple : une petite photopile, utilisée en direct, suffit :



9.1.2 Fourche optique pour chronométrage :

C'est, à peine modifié, le capteur développé par notre collègue François BOSSERT. Vous trouverez le schéma et les indications de fabrication à la page 35

Mettez en place sur l'un des côtés une vis munie d'un écrou papillon pour pouvoir fixer une règle de 40 cm sur le capteur.

9.1.3 Déclaration des capteurs

Photopile :

Fourche optique : entrée directe sur 5 V



Etalonnage capteur

Grandeur

Nom : Photopile

Grandeur physique : Luminosité

Symbole : L

Unité : dV

Minimum : 0

Maximum : 5

<< Précédent Suivant >> Annuler Aide

Etalonnage capteur

Etalonnage

Etalonner avec des valeurs standard

Valeur pour 0 Volts : 0

Unités par volts : 10

Etalonner avec une expression

Valeur minimale du capteur (U) : 0 V

Valeur maximale du capteur (U) : 500m V

Fonction d'étalonnage : $L=10 \cdot U$

Utiliser l'assistant d'étalonnage interactif

<< Précédent Terminer Annuler Aide

Etalonnage capteur

Grandeur

Nom : Direct

Grandeur physique : Tension

Symbole : U

Unité : V

Minimum : -5

Maximum : 5

<< Précédent Suivant >> Annuler Aide

Etalonnage capteur

Etalonnage

Etalonner avec des valeurs standard

Valeur pour 0 Volts : 0

Unités par volts : 1

Etalonner avec une expression

Valeur minimale du capteur (U) : -5 V

Valeur maximale du capteur (U) : 5 V

Fonction d'étalonnage : $U=1 \cdot U$

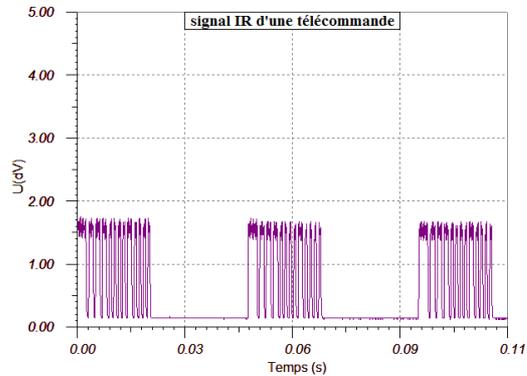
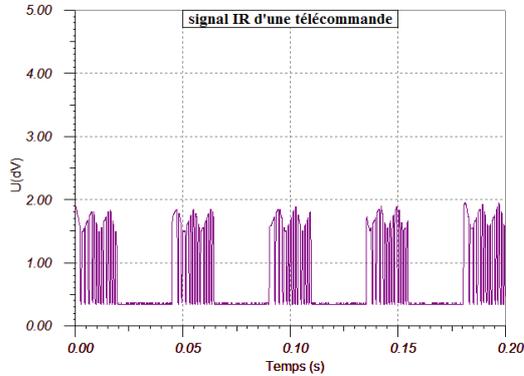
Utiliser l'assistant d'étalonnage interactif

<< Précédent Terminer Annuler Aide

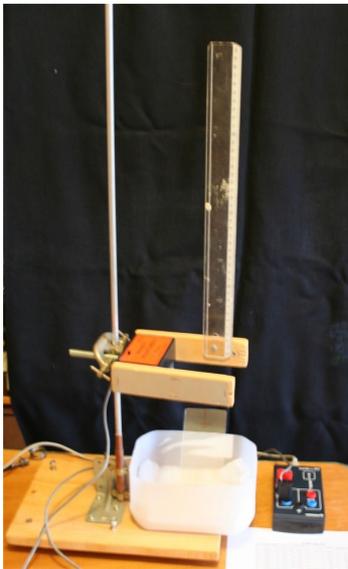
9.2 - Utilisation

9.21 Photopile

On pourra suivre des variations d'éclairement, ou comme ci-dessous visualiser les signaux infrarouges émis par différentes télécommandes.

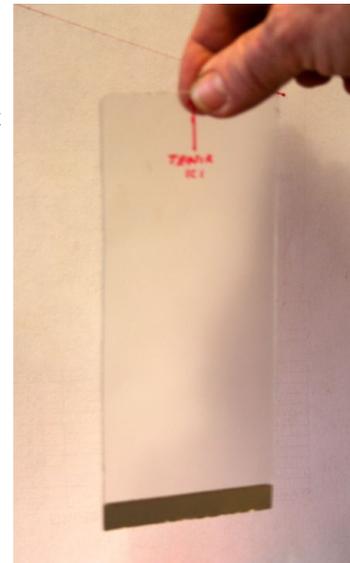


9.22 Chronométrage — Chute libre



Installez la fourche optique sur un support de Physique, fixez la règle sur le côté de la fourche. Le 0 de la règle doit être au niveau de l'axe du phototransistor.

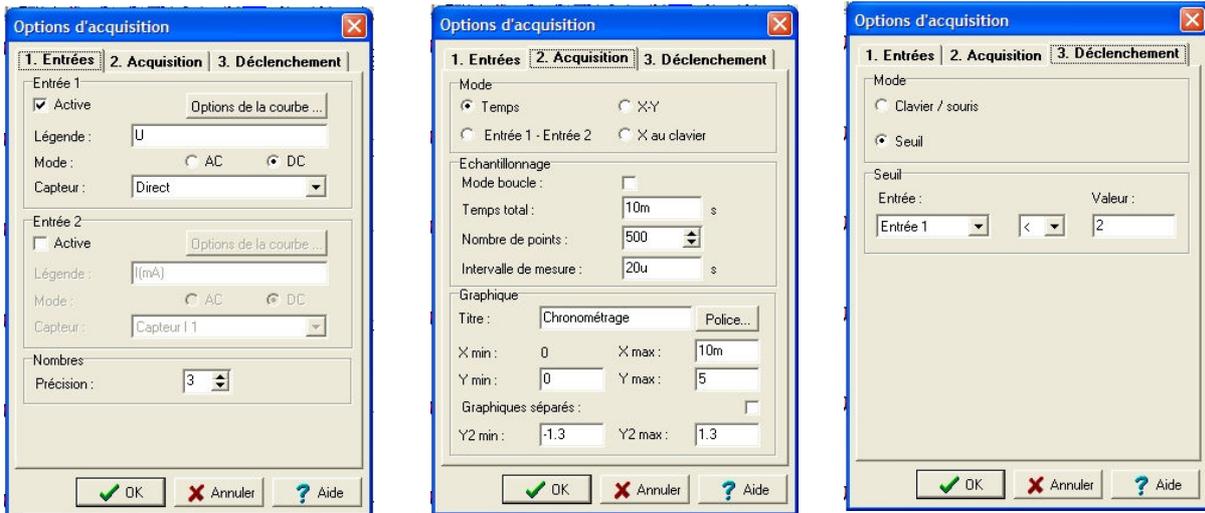
Le « véhicule » est constitué d'une plaque de plastique transparent d'environ 6 x 15 cm avec à la base une lame opaque (par exemple en aluminium) d'1 cm de large.



Au passage entre les branches de la fourche optique, cette lame coupe le faisceau lumineux durant un temps qui dépend de la vitesse du « véhicule ».



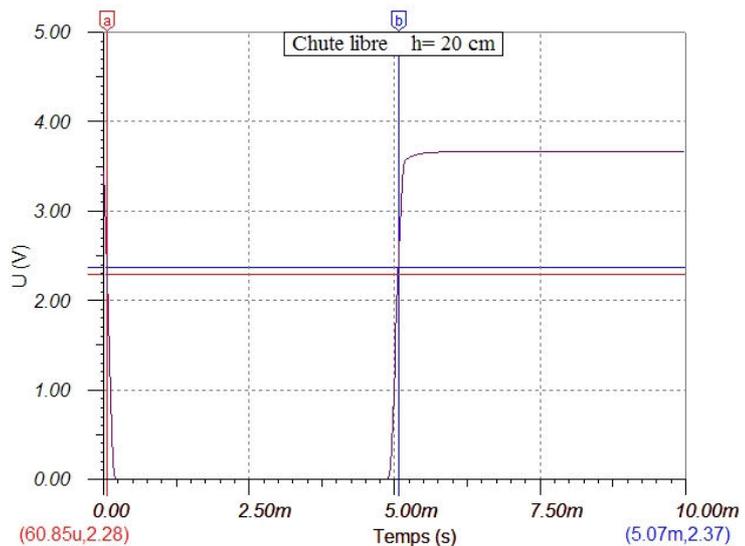
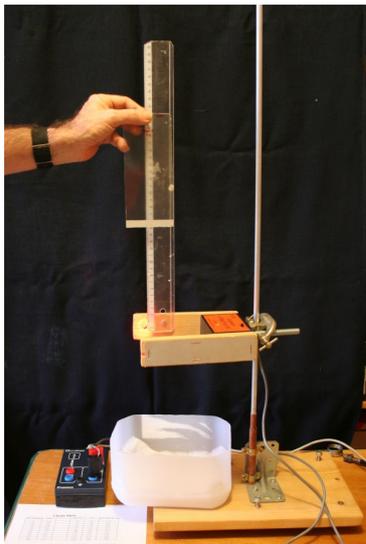
Configuration des captures :



Lâcher le « véhicule » d'une hauteur de x cm

(x= hauteur de chute étudiée — la moitié de la largeur de la barre opaque)

Exemple : pour 20 cm de chute, placez le bas du « véhicule » 19,5 cm au dessus du capteur.



A l'aide des curseurs, déterminez la durée d'occultation et notez-la.

Recommencez avec d'autres hauteurs de chute, par exemple de 50 à 300 mm, par pas de 25 mm.

Insérez ces valeurs dans un tableau (à la main ou utilisez un tableur).

Pour chaque valeur, calculez la vitesse de passage, le carré de cette vitesse et le carré de la vitesse divisé par la hauteur de chute.

On voit que ce dernier calcul donne un résultat sensiblement constant, ce qui veut dire que le carré de la vitesse est proportionnel à la hauteur de chute.

Si l'on introduit les formules

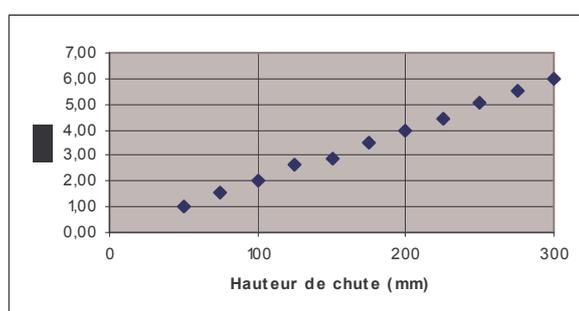
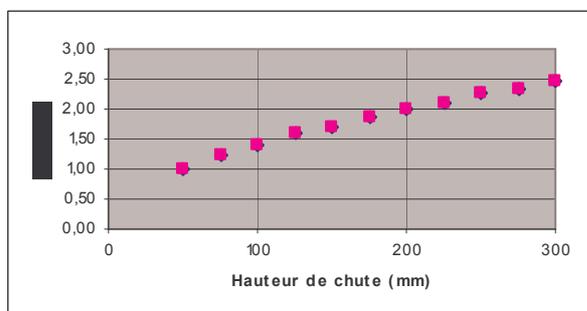
Énergie de position = $m \cdot g \cdot h$

Énergie cinétique = $1/2 \cdot m \cdot V^2$

on peut en déduire que $g = m \cdot V^2 / (2h)$ et introduire ce calcul dans le tableau.

Chute libre

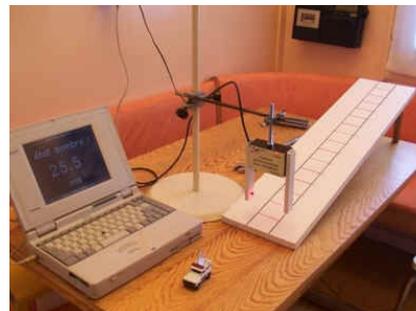
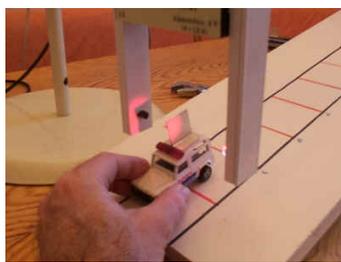
dist chute(mm)	t(ms)		V(m.s ⁻¹)	V ²	g=V ² /2*h (m.s ⁻²)
50	10		1,00	1,00	10,00
75	8,05		1,24	1,54	10,29
100	7,1		1,41	1,98	9,92
125	6,19		1,62	2,61	10,44
150	5,92		1,69	2,85	9,51
175	5,34		1,87	3,51	10,02
200	5,01		2,00	3,98	9,96
225	4,73		2,11	4,47	9,93
250	4,44		2,25	5,07	10,15
275	4,26		2,35	5,51	10,02
300	4,08		2,45	6,01	10,01
			g moyen =	10,02	m,s ⁻²



On obtient ainsi une valeur de g à 2% près, ce qui est convenable avec un matériel aussi simple.

9.23 Chronométrage — Autres expériences

Avec le même matériel et un plan incliné, on peut chronométrer une petite voiture lâchée, sans vitesse initiale, à 5, 10, 15cm de la fourche optique et mettre ainsi en évidence un mouvement accéléré.



Il suffit de munir la voiture d'un « drapeau » opaque de 20 mm de large et de régler la hauteur de la fourche optique pour que seul ce « drapeau » occulte le faisceau lumineux.

En conclusion, il y a sans doute bien d'autres « manips » possibles avec ce type d'interface. Si vous en mettez au point, prenez le temps de l'écrire et envoyez votre travail pour qu'il soit publié dans notre bulletin et puisse ainsi servir à d'autres collègues.

Alain ROBERT

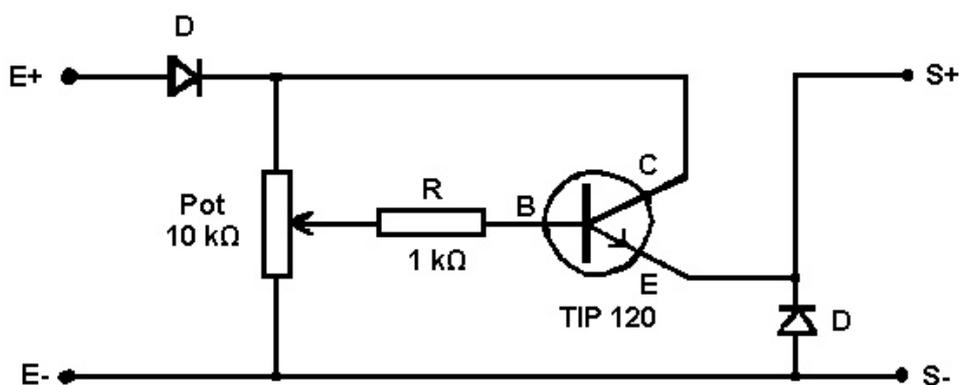
10 . Fabrication de l'étage variateur et des capteurs de température, de pression et de la fourche optique

10.1 Étage variateur pour alimentation 12 V

Ce montage, associé à une alimentation de laboratoire 6 ou 12 V (courant continu) vous permettra d'obtenir une source de tension variable pour étudier par exemple les caractéristiques d'un dipôle ou la vitesse de rotation d'un moteur en fonction de la tension d'alimentation.

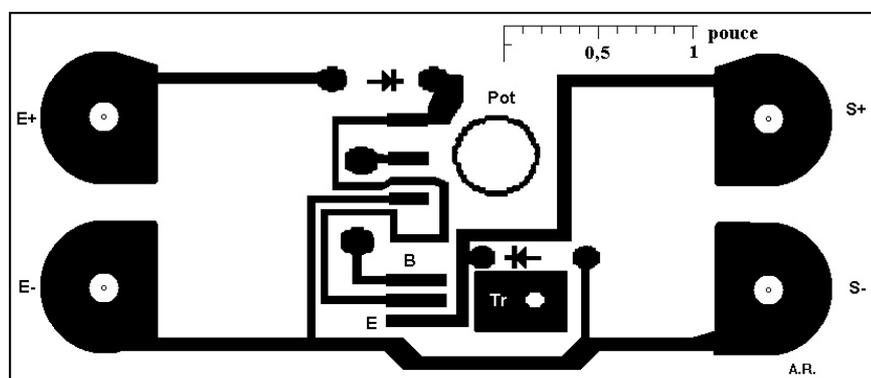
Le montage est bâti autour d'un transistor TIP 120, ce qui permet de disposer d'une intensité notable (ici : $I_{\max} = 2 \text{ A}$). Le TIP 120 peut accepter des intensités bien supérieures (6 A en continu, 8 A en pointe), mais dans ce cas il faudra le munir d'un radiateur dimensionné en conséquence.

Les deux diodes présentes sur le montage sont là pour assurer la sécurité contre les fausses manoeuvres (alimentation inversée, sortie sur dipôle inductif sans diode anti-retour)



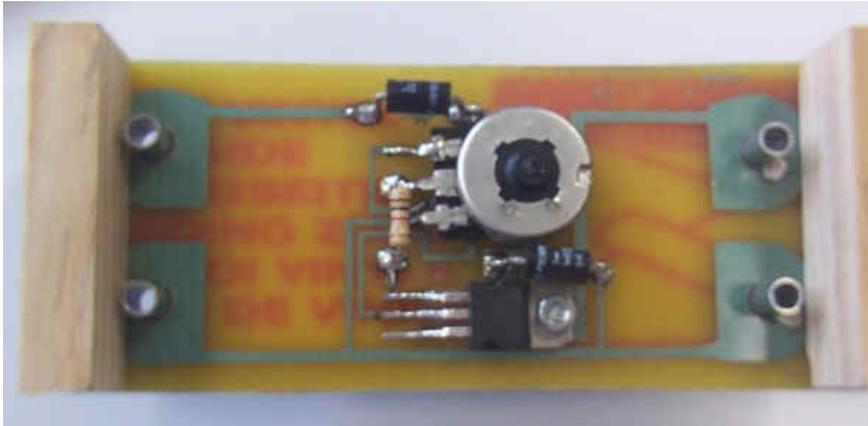
Réalisation :

Même technique de base que pour la [Boîte de TP électricité / électronique](#) (voir sur le site de l'APISP) ou que pour la fourche optique (voir pages 35 et 36).

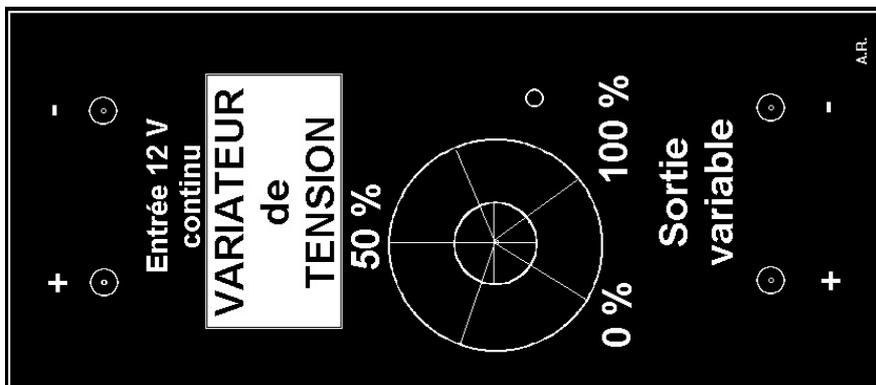


Circuit imprimé

Après gravure et perçage du circuit, fixez le transistor au circuit à l'aide d'une vis (vis métal 3 x15, tête plate) puis le potentiomètre. Soudez les composants **côté cuivre**.



Imprimez la face avant sur papier, plastifiez-la et collez-la sur l'envers du circuit.



Face avant à coller sur l'envers du circuit



Liste des composants :

- | | |
|-------------------------------|---|
| 1 transistor T I P 120 | 1 résistance 1k Ω |
| 1 potentiomètre 10 k Ω | |
| 2 diodes : | 1N4004 ou 1N4007 pour une intensité maximale de 1 A ou
BY 255 ou 1N5400 pour une intensité maximale de 1 A |

10.2 - Capteur de température

10.21 - Généralités

Le capteur retenu est une sonde platine PT 1000. les caractéristiques données par le vendeur sont les suivantes :

Gamme de température : -70° à 600° C

Coefficient de température : 0,00385

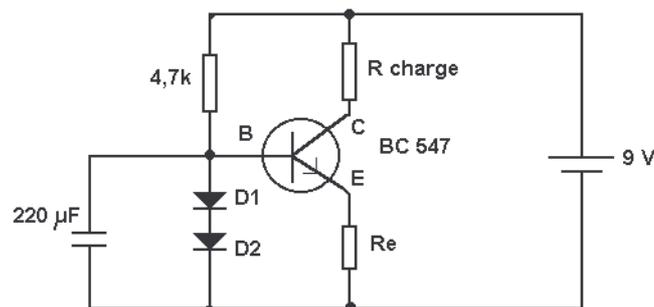
Classe de tolérance : $\pm 0,6 \%$

Il s'agit donc d'un élément dont la résistance est donnée par la relation $R = 1000 (1 + \theta \times 0,00385)$

(θ = température en degrés Celsius)

10.22 - Electronique

Il faut disposer d'une source de courant constant. Le schéma "classique" est le suivant :



D1 et D2 : diodes au silicium (1N4148) - BC 547 = transistor NPN

Principe : entre le point 0 et la base du transistor, l'ensemble des deux diodes montées en série impose une tension constante égale à deux fois la chute de tension dans une jonction silicium (environ $0,6 \text{ V} \times 2 = 1,2 \text{ V}$). Entre base et émetteur du transistor, la chute de tension est de $0,6 \text{ V}$ pour la même raison. la tension aux bornes de la résistance R_e est donc égale à la différence, soit $0,6 \text{ V}$ et reste constante. L'intensité qui traverse R_e , et donc I_c sont constantes :

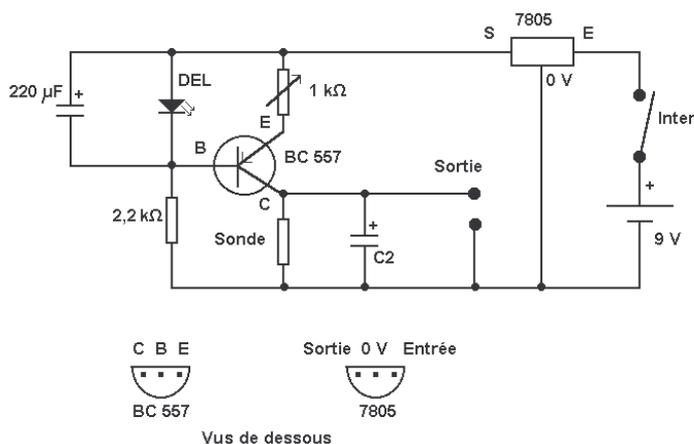
$$I_c = 0,6 / R_e \quad R_e = 0,6 / I_c$$

Par exemple, pour avoir $I_c = 1 \text{ mA}$, $R_e = 0,6 / 10^{-3} = 600 \text{ Ohms}$

La tension aux bornes de la charge est donc fonction seulement de la résistance "R charge".

Ce montage très simple présente cependant un inconvénient : la résistance de charge n'a pas de borne reliée au point 0 V, ce qui nous imposerait une alimentation particulière pour ce capteur, sans masse commune avec les autres capteurs ou leurs alimentations.

Pour résoudre cette difficulté, il suffit d'inverser le montage en utilisant un transistor PNP au lieu d'un NPN :



Autres modifications du montage :

On remplace la double diode par une DEL rouge qui nous donne une référence de tension (1,6 V) et nous procure "gratuitement" un voyant de mise sous tension. les relations deviennent :

$$I_c = 1 / R_e \quad R_e = 1 / I_c$$

- On règle l'alimentation du circuit par un circuit 78 L 05, ce qui améliore la constance de I_c

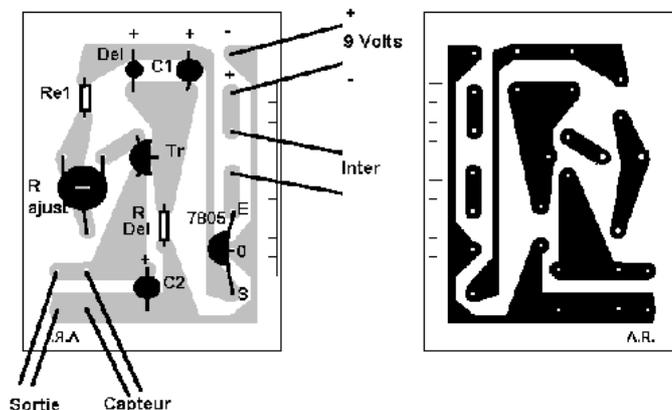
Les relations $I_c = 1 / R_e$ et $R_e = 1 / I_c$ restent valables. Si l'on règle I_c à 2,6 mA, on obtiendra :

$$R_0 = 1000 \Omega \quad U_0 = 2,6 \text{ V}$$

$$R_{100} = 1000 + 100 \times 3,85 = 1385 \Omega \quad U_{100} = 3,6 \text{ V}$$

La résistance R_e sera constituée d'une résistance variable de 1000Ω , (R_{ajust}).

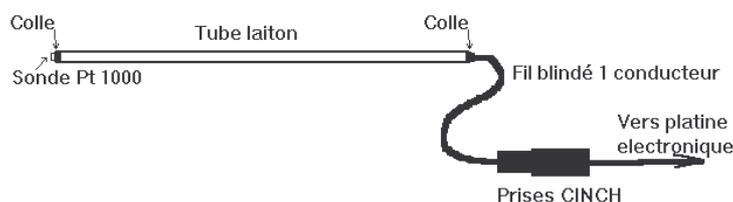
C_2 peut être omis (étude de variations rapides de température) ou prendre une valeur de 10 à 100 microfarads si l'on veut lisser des phénomènes transitoires.



Le circuit imprimé

La présence du régulateur permet l'alimentation à partir d'une pile de 9 Volts ou à partir d'une alim de labo 12 à 15 V.

La sonde sera fixée à l'aide d'une colle à deux composants à l'extrémité d'un tube métallique de diamètre extérieur 5 mm (voir construction de la girouette) et reliée au montage par un fil blindé 1 conducteur. Attention à bien isoler les soudures entre la sonde et le fil blindé (gaine thermo-retractable par exemple) pour éviter les courts-circuits avec le tube. Il peut être intéressant de couper ce fil à proximité de l'extrémité du tube et de raccorder les deux morceaux à l'aide de deux prises (CINCH). Cela permettra de réaliser une liaison courte (environ 1 m) pour les expériences type chauffage de l'eau, changement d'état, ... ou, par l'intermédiaire d'une rallonge construite avec le même fil et les mêmes prises, une liaison longue (10 m ou plus) pour les relevés de température extérieure.



10.23 Etalonnage :

1 - Sommaire

Relier le montage à la carte d'acquisition (entrée directe), placer la sonde et un thermomètre dans un récipient contenant de l'eau froide. Mettre l'ordinateur en acquisition rapide (0,1 s , 100 points, répéter).

Lire la température, calculer la tension théorique correspondante

$U = R \times I = 1000 (1 + \theta \times 0,00385) \times 2,6 \times 10^{-3} = 2,6 \times 10^{-3} \times (1000 + \theta \times 3,85)$ et régler la résistance ajustable pour obtenir cette tension à l'affichage. Si cette première méthode vous semble suffisante, il suffira de régler le logiciel en conséquence : $U_0 = 2,6 \text{ V}$; $U_{100} = 3,6 \text{ V}$

2 - Direct

Utilisez la fonction étalonnage du logiciel

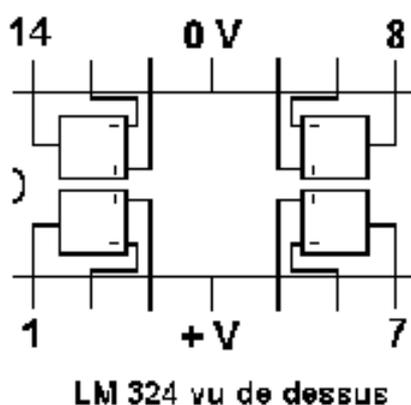
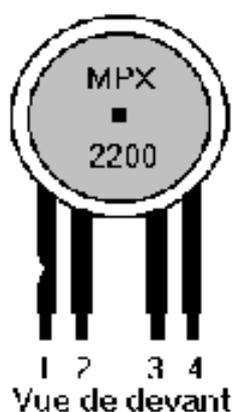
10.3 - Pression—Mano-baromètre

10.31 Principe :

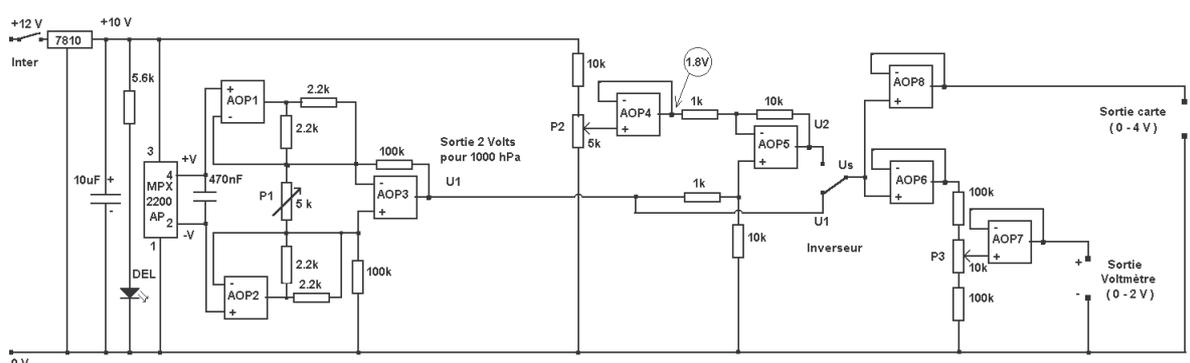
Le montage utilise un capteur piezo-résistif Motorola MPX2200 AP et deux CI LM324

MPX 2200 AP

- Tension d'alimentation : 10 V [broches 1 et 3] Quadruple ampli opérationnel
- Gamme de mesures : 0 - 2000 hPa Alimentation simple 0 - 3 à 30 V
- Tension de sortie : 0 - 40 mV ($\pm 1,5$ mV) [broches 2 et 4]
- Compensé en température



10.32 Le montage :



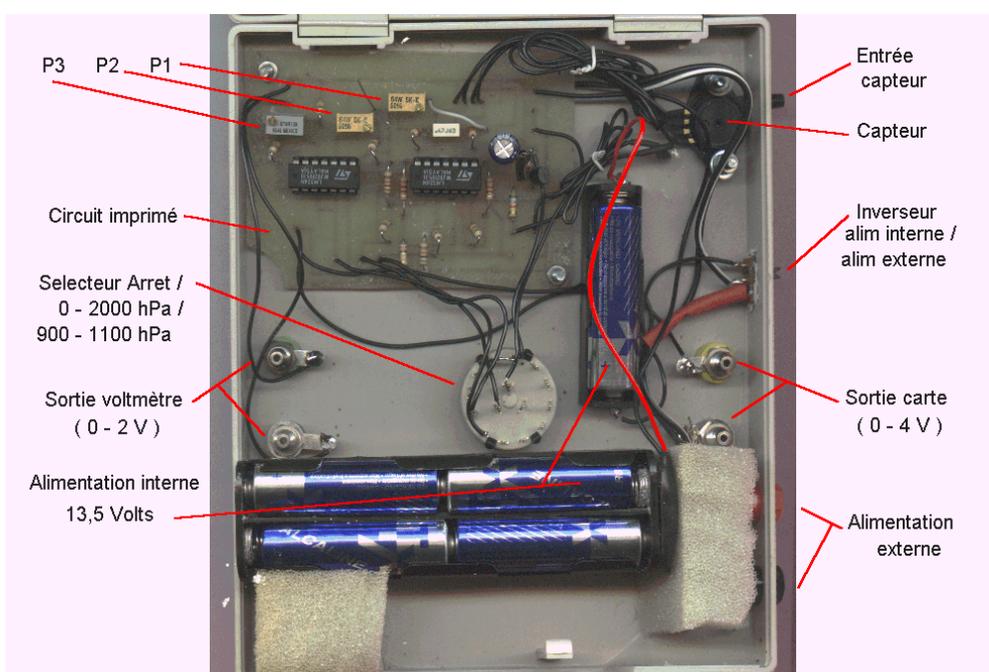
A partir d'une tension d'alimentation de 12 à 15 V, on fabrique la tension nécessaire au capteur (10 V) par l'intermédiaire d'un régulateur 7810. Le condensateur de 10 μ F améliore la stabilité de la tension d'alimentation, la DEL et sa résistance de protection sert de voyant d'alimentation.

La tension de sortie du capteur est trop faible pour une utilisation directe, et de plus il n'y a pas de référence à 0V.

10.33 Alimentation :

Le montage peut être alimenté à partir d'une alimentation de labo 12 à 15 V. Si vous souhaitez pouvoir utiliser l'appareil de façon autonome sur des relevés de courte durée (par exemple étude des différences de pression d'un étage à l'autre, avec sortie sur voltmètre), vous pouvez prévoir une alimentation sur piles. Dans ce cas, pour que la tension d'alimentation du capteur de pression ne chute pas en dessous de 10 V dès que les piles sont un peu usées, il faut alimenter le montage en 13,5 V par 3 piles de 4,5 V en série ou 9 piles de 1,5 V (un coupleur 12 V [8 piles] + 1 pile sur support individuel).

On peut remplacer l'interrupteur Marche / Arrêt et l'inverseur (0 - 2000 hPa ou 900 - 1100 hPa) par un composant unique : un sélecteur 3 circuits 4 positions (3 seulement sont utilisées).



10.34 Etalonnage :

1 - Après avoir réalisé le circuit, téléphonez au centre de Météo-France le plus proche de chez vous pour connaître la pression atmosphérique du moment. Demandez aussi l'altitude de ce centre. Calculez la pression à votre altitude à l'aide de la Loi de Laplace (simplifiée) :

$$Z = 18405 \log (P/P') \quad P = P' \times 10^{(Z/18405)}$$

Z = Différence d'altitude entre deux points (en mètres)

P, P' = Pressions atmosphériques aux deux points étudiés

Soit P la pression à votre altitude, exprimée en hPa

- 2 - Réglez P1 de manière à obtenir U1 (sortie de AOP3) en $mV = 2 \times P$
- 3 - Réglez P2 de manière à obtenir 1,8 V en sortie de AOP4 (point 1,8 V sur le montage).
- 4 - Placez l'inverseur sur U1 (gamme 0 - 2000 hPa)
- 5 - Réglez P3 de manière à obtenir en sortie voltmètre une tension en mV égale à la pression P en hPa.

5.35 Utilisation : Sortie sur voltmètre

- Gamme 0 - 2000 hPa.

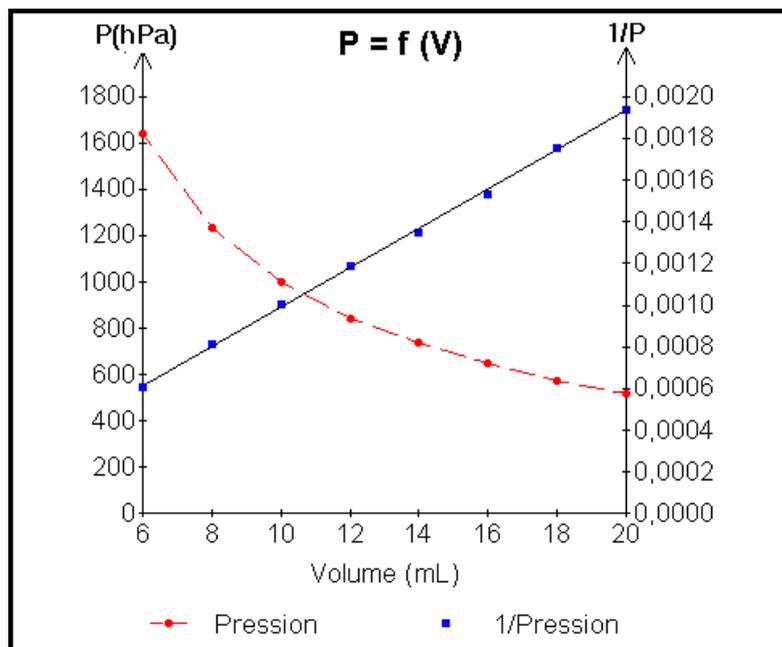
La pression (en hPa) est égale à la tension (en mV)

Résolution : 1 hPa avec un appareil 2000 points.

Reliez la sortie du capteur, à l'aide d'un petit tuyau plastique (type tuyau pour aquarium) à une seringue de 20 mL, piston positionné sur 10 mL.

Faites varier le volume de l'air emprisonné dans la seringue, lisez les valeurs correspondantes de la pression.

Sur une feuille de papier millimétré, tracez $P = f(V)$, puis $1/P = f(V)$. Conclure.



- Gamme 900 - 1100 hPa.

La pression (en hPa) est égale à $900 + 0,1 \times$ la tension (en mV)

Résolution : 0,1 hPa avec un appareil 2000 points.

Vu la sensibilité du montage (0,1 hPa), une différence d'altitude d'un ou deux mètres dans l'air, d'un à deux millimètres dans l'eau est perceptible.

- Dans l'air :

Placez le capteur au sol, lire la pression.

Levez le capteur à bout de bras, ou mieux grimpez d'un étage si vous alimentez le montage par piles et si la géométrie des lieux le permet; relevez la pression. Conclure.

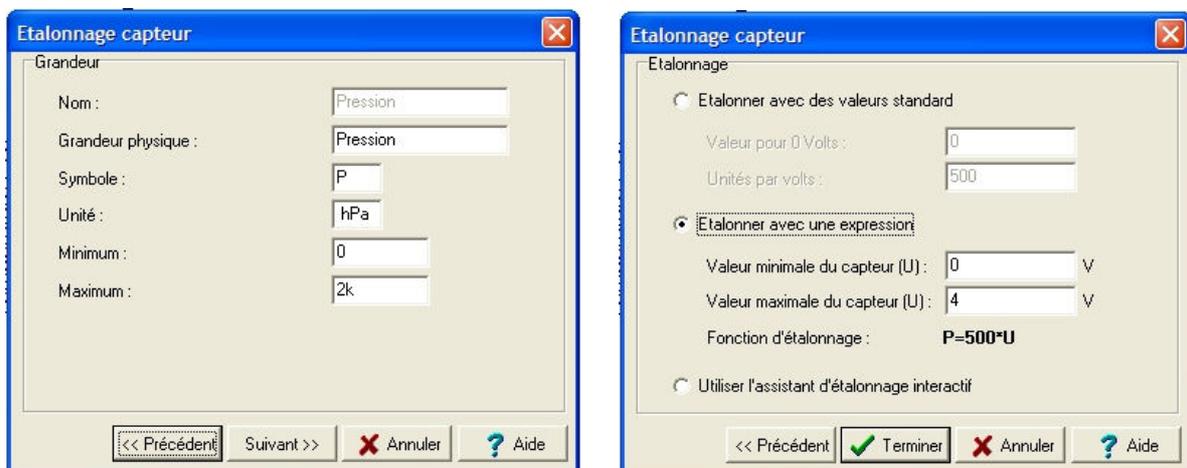
- Dans l'eau :

Reliez la sortie du capteur à un tuyau plastique. Plongez l'extrémité de ce dernier dans l'eau et relevez la pression pour différentes profondeurs. Conclure. Avec une bonne classe, on fait tracer le graphe de $P = f(h)$, [h=profondeur], puis leur demander de calculer par extrapolation, ou en recherchant l'équation de la droite, la pression à 10, 20, 100 m de profondeur.

Attention : la profondeur doit être mesurée entre la surface libre et le niveau de l'eau dans le tuyau, ce qui impose d'utiliser un tuyau plastique transparent, ou de le raccorder à un tube de verre qui servira de sonde.

On pourra, en utilisant un fin tuyau souple et en modifiant l'orientation de son ouverture (vers le bas, le haut, latérale) montrer que la pression ne dépend que de la profondeur. Cela permettra d'aborder l'étude de la poussée d'Archimède.

10.36 Utilisation : - Sortie sur carte d'acquisition



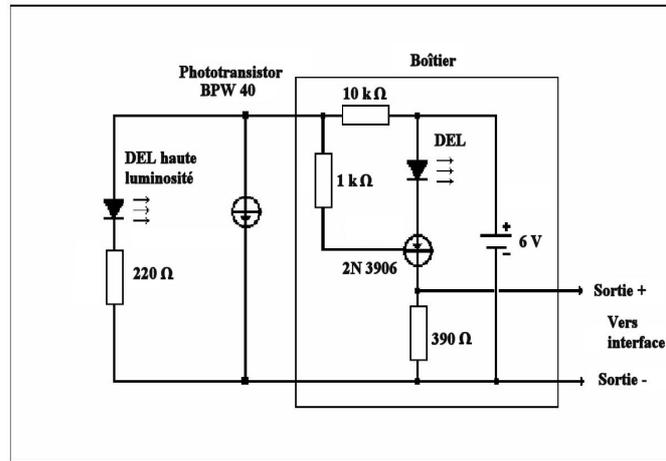
Reliez la sortie [0 - 4 V] à la carte d'acquisition et déclarez le capteur :

Le capteur est opérationnel !

10.4 - Fourche optique pour chronométrage

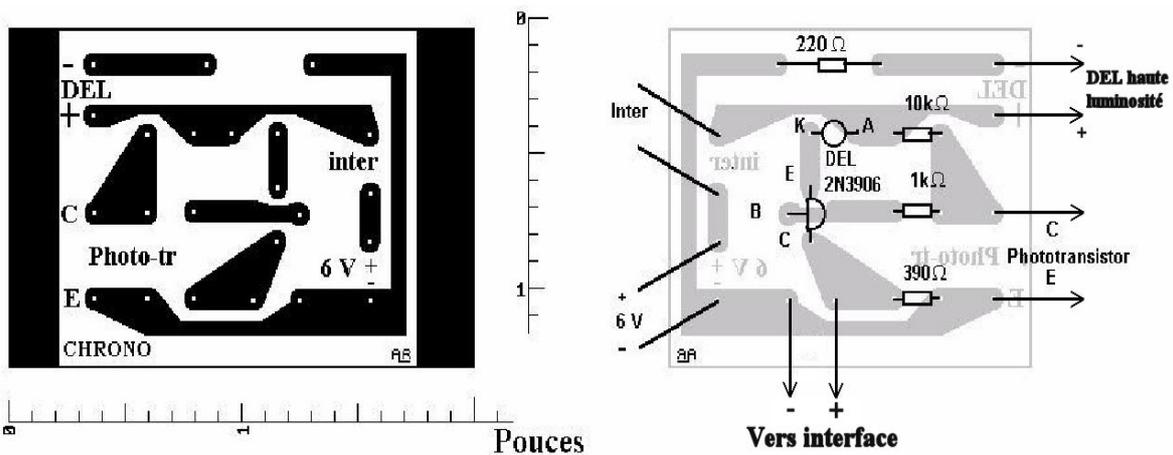
Cette fabrication est directement dérivée du travail de nos collègues de la section académique [UdP](#) de Strasbourg (François BOSSERT, François FRANCK, Paul MAHE et Olivier PECHEUX)

Schéma (dérivé du schéma d'origine) :



Circuit imprimé correspondant :

Fabrication :



Enregistrez l'image ci-dessus dans le répertoire de votre choix, reprenez la avec un logiciel de dessin et imprimez la en respectant l'échelle indiquée sur l'image (2 pouces = 50 mm). Notez les réglages de votre logiciel pour pouvoir imprimer la face avant à la même échelle.

Nota : les écartements entre pattes de composants ou de circuits imprimés sont des multiples simples du 1/10 de pouce. Cela est dû à la position dominante de l'industrie électronique américaine.

Les réglages étant trouvés, si vous disposez d'une imprimante laser imprimez deux fois l'image sur transparent. Si votre imprimante est un modèle à jet d'encre, imprimez sur papier de bonne qualité, puis utilisez cette impression pour réaliser par photocopie deux transparents à l'échelle 1.

Superposez le plus finement possible les deux transparents et rendez-les solidaires (ruban adhésif).

Insolation, développement :

Utilisez cet assemblage comme film pour insoler une plaque pour circuit imprimé (résine époxy + cuivre + résine photo-sensible).

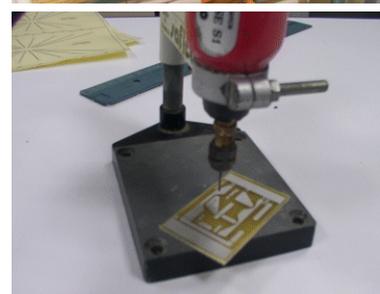
Après avoir insolé la plaque (durée approximative = 3 minutes, à modifier en fonction de la puissance d'éclairage UV de votre boîte à insoler), vous devez la développer. Utilisez le révélateur acheté chez votre revendeur préféré ou fabriquez-le : Soude 0,5 molaire (20 g par litre). Rincez la plaque.



Gravage : Mettez la plaque à graver dans la machine à graver remplie de perchlorure de fer (voir dans le matériel de technologie). Si vous n'avez pas de machine à graver, vous pouvez effectuer l'opération dans une cuvette (cuvette photo, cuvette "à chat" ou cuvette de dissection empruntée aux collègues de SVT).

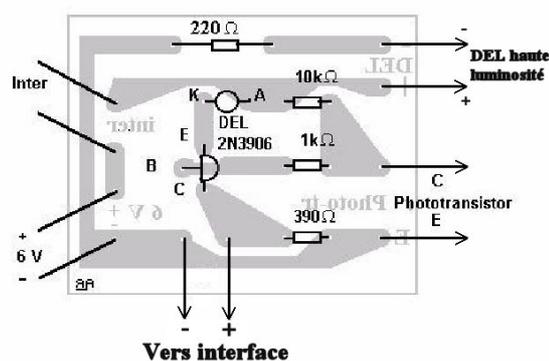


Perçage : percez les différents trous prévus sur le circuit.



Implantation des composants / soudure :

Implantez les différents composants en respectant le schéma ci-contre, puis soudez-les. Soudez les fils qui iront au phototransistor et à la DEL haute luminosité (environ 20 cm de longueur) et le câble qui reliera votre interface à l'ordinateur par l'intermédiaire de deux fiches « banane » (1,5 m environ).



Réalisation du boîtier :

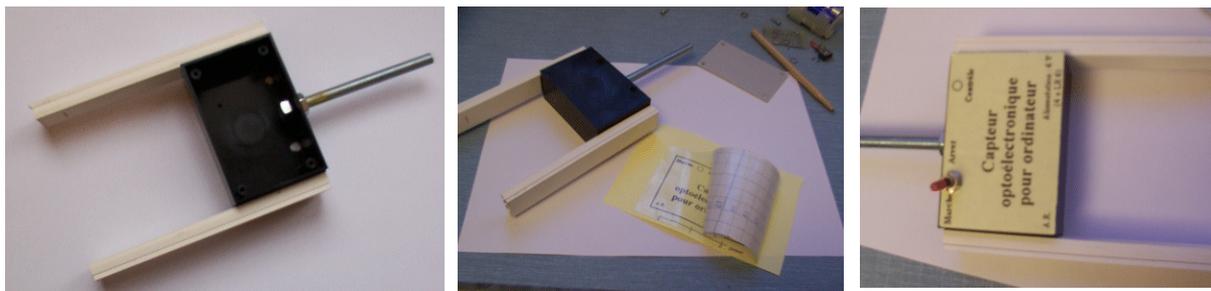
Enregistrez l'image ci-dessous dans le répertoire de votre choix, reprenez-la avec un logiciel de dessin et imprimez-la en respectant l'échelle indiquée sur l'image (2 pouces = 50 mm)



Positionnez cette image sur la face avant du boîtier, marquez les centres des deux trous (interrupteur, DEL).

Percez un trou de diamètre 8 mm sur l'un des grands côtés pour placer la tige filetée, les deux trous de diamètre 5 mm pour le passage de l'interrupteur et de la DEL sur la face avant, du côté du trou de 8 mm .

Collez, à l'aide de mousse adhésive double face deux morceaux de goulotte électrique de 140 mm de long sur les deux petits côtés puis percez dans chaque morceau un trou de 5 mm pour permettre le passage des fils.



Nota : il est prudent de solidifier l'assemblage des morceaux de goulotte sur le boîtier à l'aide de colle.

Plastifiez l'image de la face avant, collez-la sur la face avant à l'aide d'adhésif double face. Installez l'interrupteur

Installez le phototransistor dans l'une des goulottes, la DEL haute luminosité dans l'autre, en vis à vis à 15 mm des extrémités des goulottes. Soudez sur ces composants les fils de liaison venant du circuit imprimé. Placez le circuit imprimé dans l'une des séries de glissières du boîtier.

Limitez le risque de lumière parasite sur le phototransistor en plaçant du ruban adhésif noir sur l'arrière et autour de ce dernier s'il est dans un boîtier transparent.



Installez les deux fiches « banane » au bout du câble.

Après vérification, installez les piles.

Tests :

1 - Mettez le montage sous tension : la LED haute luminosité et la LED de contrôle doivent s'allumer. Si vous placez un obstacle opaque entre la LED haute luminosité et le phototransistor, la LED de contrôle doit s'éteindre.

Liste des composants (fabrication des capteurs) :

Fourche optique

1 DEL haute luminosité diamètre 10 mm	1 interrupteur
1 DEL rouge diamètre 5 mm	1 fiche « banane » rouge
1 transistor 2N3906	1 fiche « banane » noire
1 phototransistor	Divers :
1 coupleur de pile	circuit imprimé
1 boîtier porte piles (4 x LR6)	soudure
1 Résistance 1 kOhm	goulotte électrique
1 Résistance 10 kOhms	tige filetée diamètre 8 mm
1 Résistance 390 Ohms	1 vis métal 4 x 25 tête plate avec écrou papillon (fixation de la règle)
1 Résistance 220 Ohms	1 règle plastique 40 cm
1 Boîtier	adhésif double face, colle
1 m fil 2 conducteurs	plastique adhésif transparent

Capteur de température

1 DEL rouge diamètre 5 mm	1 m fil 2 conducteurs
1 transistor BC 557	1 interrupteur
1 coupleur de pile	1 douilles 4 mm rouge pour boîtier
1 boîtier porte piles (6 x LR6)	1 douilles 4 mm noire pour boîtier
1 Résistance 2,2 kOhm	1 Boîtier
1 Résistance ajustable 1 kOhm	Divers :
1 Résistance 2,2 kOhms	circuit imprimé
1 régulateur 7805	soudure
1 condensateur 220 μ F	adhésif double face
1 condensateur 10 à 100 μ F (facultatif)	plastique adhésif transparent

Capteur de pression

1 capteur Motorola MPX 2200 AP	1 condensateur 10 μ F
2 CI LM 324	1 condensateur 470 nF
1 DEL rouge diamètre 5 mm	1 interrupteur
1 coupleur de pile	1 inverseur (si alimentation par pile ou par alim de labo)
1 boîtier porte piles (6 x LR6)	1 Boîtier
1 boîtier porte pile (1 x LR6)	3 douilles 4 mm rouges pour boîtier
2 Résistances 1 kOhm	3 douilles 4 mm noires pour boîtier
3 Résistances 10 kOhms	Divers :
4 Résistances 100 kOhms	circuit imprimé
1 Résistance 5,6 kOhms	soudure
4 Résistances 2,2 kOhms	adhésif double face
1 Résistance ajustable 10 kOhms	plastique adhésif transparent
2 Résistances 2,2 ajustables 5 kOhms	

Micros (pour 2 micros)

2 microphones à electret	2 fiches « banane » rouges
2 passe-fils caoutchouc	2 fiches « banane » noires
2 condensateurs 100 nF	
2 coupleurs de pile	Divers :
2 Résistance 10 kOhms	soudure
5 m fil 2 conducteurs blindé	goulotte électrique
2 interrupteurs	adhésif double face
2 douilles 4 mm rouge pour boîtier	plastique adhésif transparent
2 douilles 4 mm noire pour boîtier	4 morceaux de bois 100 x 120 x 20 mm (2 pour les pieds de micro, 2 pour le « Clap »)

Etage variateur

1 transistor T I P 120	1 bouton pour potentiomètre
1 potentiomètre 10 k Ω	Divers :
1 résistance 1k Ω	circuit imprimé
2 diodes :	soudure
1N4004 ou 1N4007 pour une intensité maxi- male de 1 A ou BY 255 ou 1N5400 pour une	adhésif double face
intensité maximale de 1 A	plastique adhésif transparent
4 douilles 4 mm à souder	

Capteurs tension 9/18 V et intensité (2 de chaque)

4 inverseurs	Divers :
8 résistances 100 k Ω	circuit imprimé
2 résistances 3,9 Ω 10 Ω	soudure
8 douilles 4 mm à souder	16 vis métal 3 x 16 tête plate (pieds)
2 m fil 2 conducteurs	
4 fiches « banane » rouges	adhésif double face
4 fiches « banane » noires	plastique adhésif transparent

