

Activité :
Bathy Thermographe – Etude, modélisation du signal issu du capteur et affichage de la température sur le moniteur série de l'IDE Arduino

Objectif :

Dans de nombreux cas, il s'avère utile de modéliser le comportement d'un capteur par une équation mathématique (= modèle mathématique sur capteur).

La présente activité a plusieurs objectifs :

- Etudier le signal fourni par la structure d'adaptation (pont diviseur de tension puis pont de Wheatstone) ;
- Utilisation d'une modélisation « multiphysique » afin d'obtenir un signal variant positivement avec la température et dont l'excursion se situe entre 0V et 5V maximum pour une utilisation possible sur une entrée analogique d'une carte Arduino ;
- Traitement du signal fourni par le pont de Wheatstone par une carte Arduino dans un but éventuel d'afficher la température sur un écran LCD, d'enregistrer les valeurs à intervalle régulier sur carte SD, etc.

Pour mener à bien le dernier objectif, vous apprendrez à modéliser (ici obtenir l'équation mathématique) un nuage de points issu de mesures, d'une courbe fournie par le constructeur (Data Sheet) ou dans le cas présent, un tableau de points au format CSV issu du logiciel multiphysique.

**Mise en situation :**

Pour mesurer la température au fond des océans, les océanographes doivent utiliser des thermomètres qui ne sont pas influencés par la pression environnante.

L'une des solutions possible pour mesurer cette température est d'utiliser une thermistance (composant dont la résistance interne, en Ohms, varie en fonction de la température).

Le bathy thermographe perdable, fabriqué par Sippican Ocean Systems est un exemple d'utilisation d'une thermistance comme capteur de température.


Étude des signaux en fonction de 2 structures d'adaptation (pont diviseur de tension et pont de Wheatstone)

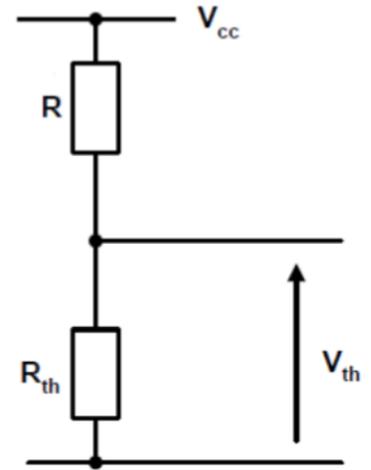
La courbe de réponse de la thermistance est donnée par l'équation $R_{th} (\Omega) = 100 + 2T (^{\circ}\text{C})$

1. Pour une température allant de 0°C à 100°C, **calculer** la plage de variation de R_{th} .

T(°C)	0	25	50	75	100
Rth (Ω)					

Structure d'adaptation : Pont diviseur de tension

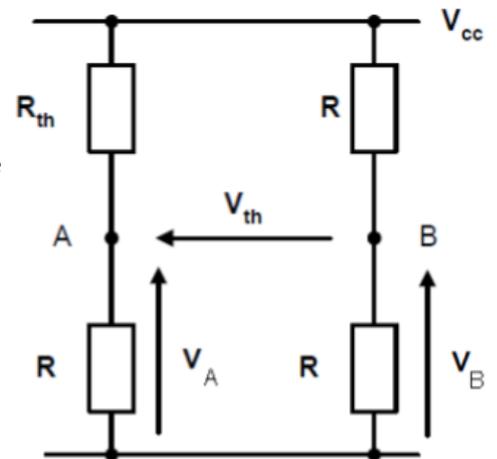
2. **Exprimer** la valeur de la tension aux bornes de la thermistance V_{th} en fonction de R , R_{th} et V_{cc} .
3. **Compléter** le tableau suivant qui donne les valeurs de V_{th} en fonction de la température. On donne $R = 200\Omega$ et $V_{cc} = 10V$



T(°C)	0	25	50	75	100
Vth (V)					

Structure d'adaptation : Pont de Wheatstone

4. **Exprimer** la valeur de la tension V_{th} en fonction de V_{cc} , et des résistances R_{th} et R (Rappel $V_{th} = V_A - V_B$).
5. **Indiquer** la valeur de R_{th} pour obtenir $V_{th} = 0V$?
6. **Compléter** le tableau suivant qui donne les valeurs de V_{th} en fonction de la température T (Mêmes valeurs de V_{cc} et R que précédemment).



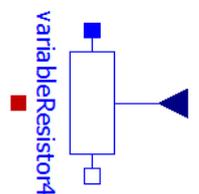
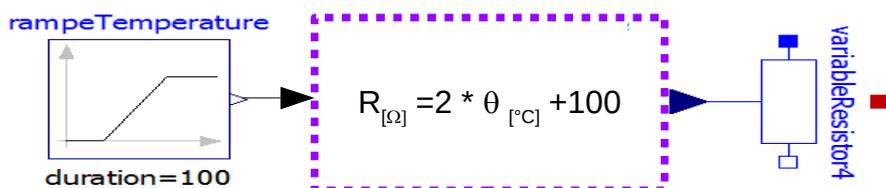
T(°C)	0	25	50	75	100
Vth (V)					

Recherche de la configuration du Pont de Wheatstone à partir du modèle « multiphysique »

1. A partir du logiciel multiphysique OpenModelica, **rechercher** la configuration permettant de rendre le signal issu du montage (V_{th} en l'occurrence) pour qu'il soit compatible avec une entrée analogique dont l'excursion est de 0V à 5V et que le signal soit croissant avec la température.

Remarque 1 : la thermistance sera modélisée par le composant ci-contre dont le signal (symbole triangulaire) est la valeur que doit prendre la résistance.

Remarque 2 : Pour les essais vous utiliserez une rampe simulant la température tel que le schéma ci-après.



Aide :

- il est possible de déplacer la thermistance aux différents endroits du montage (sans changer la configuration en H de celui bien évidemment) et de modifier les valeurs des résistances notées « R ».
- le signal attendu est celui montré ci-après.

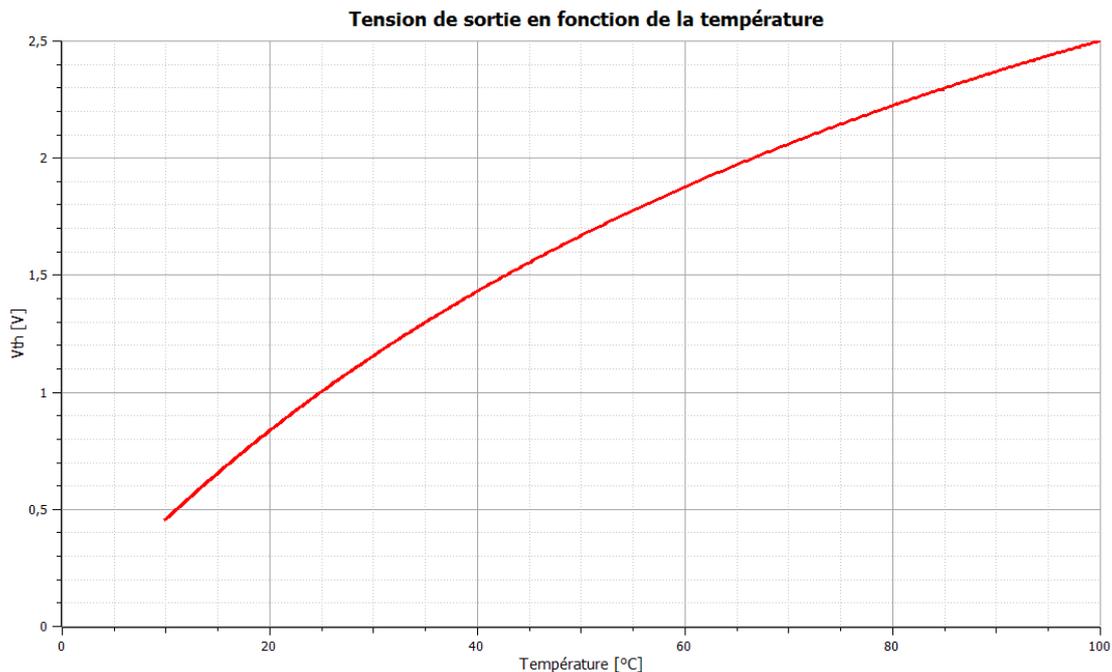


figure 1

2. Exporter les points de simulation (correspondant au graphique ci-dessus) au format CSV en nommant votre fichier « vthFoncTemp.csv »



Obtention du modèle mathématique du signal $V_{th} = f(\text{Température})$

L'objectif est de modéliser mathématiquement la réponse $V_{th} = f(\text{température})$ telle que montrée sur la figure ci-avant.

Approximation linéaire :

Une première solution est d'approximer le modèle mathématique à une équation linéaire du type $y = ax + b$.

1. **Déterminer** une équation linéaire satisfaisant au signal $V_{th} = f(\text{température})$ puis **critiquer** ce modèle.

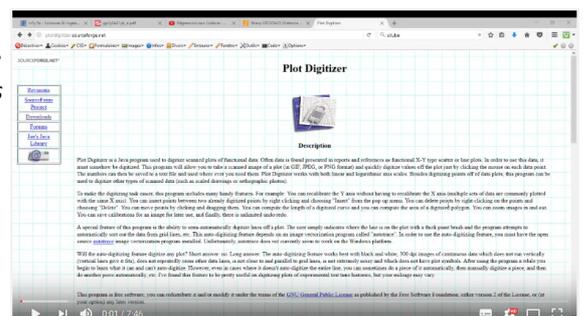
Approximation non linéaire :

L'objectif à présent est de déterminer un modèle mathématique plus fidèle de la réponse $V_{th} = f(\text{température})$. Ce modèle peut être de type (polynomial, exponentiel, etc).

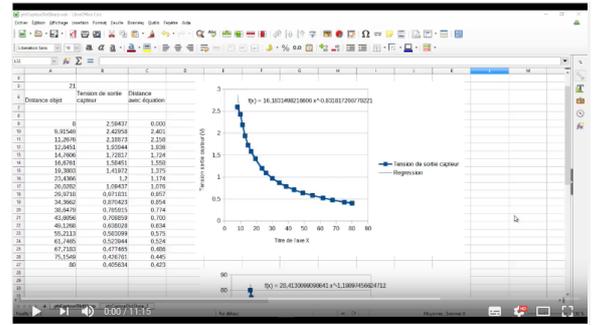
Pour modéliser la réponse, l'utilisation d'un tableur mathématique est requis. Vous utiliserez le tableur « Calc » du logiciel « LibreOffice ». Par ailleurs vous apprendrez à utiliser les fichiers au format CSV très utile à connaître.

Méthodologie proposée pour atteindre l'objectif de cette partie :

1. Cliquer sur l'image ci-contre pour accéder à la vidéo et réaliser les mêmes manipulations. (remarque : cette première vidéo présente le logiciel « PlotDigitizer » non nécessaire dans la présent activité mais très utile à connaître).



2. Cliquer sur l'image ci-contre pour accéder à la vidéo et réaliser les mêmes manipulations. Cette vidéo vous apprend comment réaliser, à partir d'un fichier CSV, un nuage de points et d'en déterminer l'équation de régression (modèle mathématique).

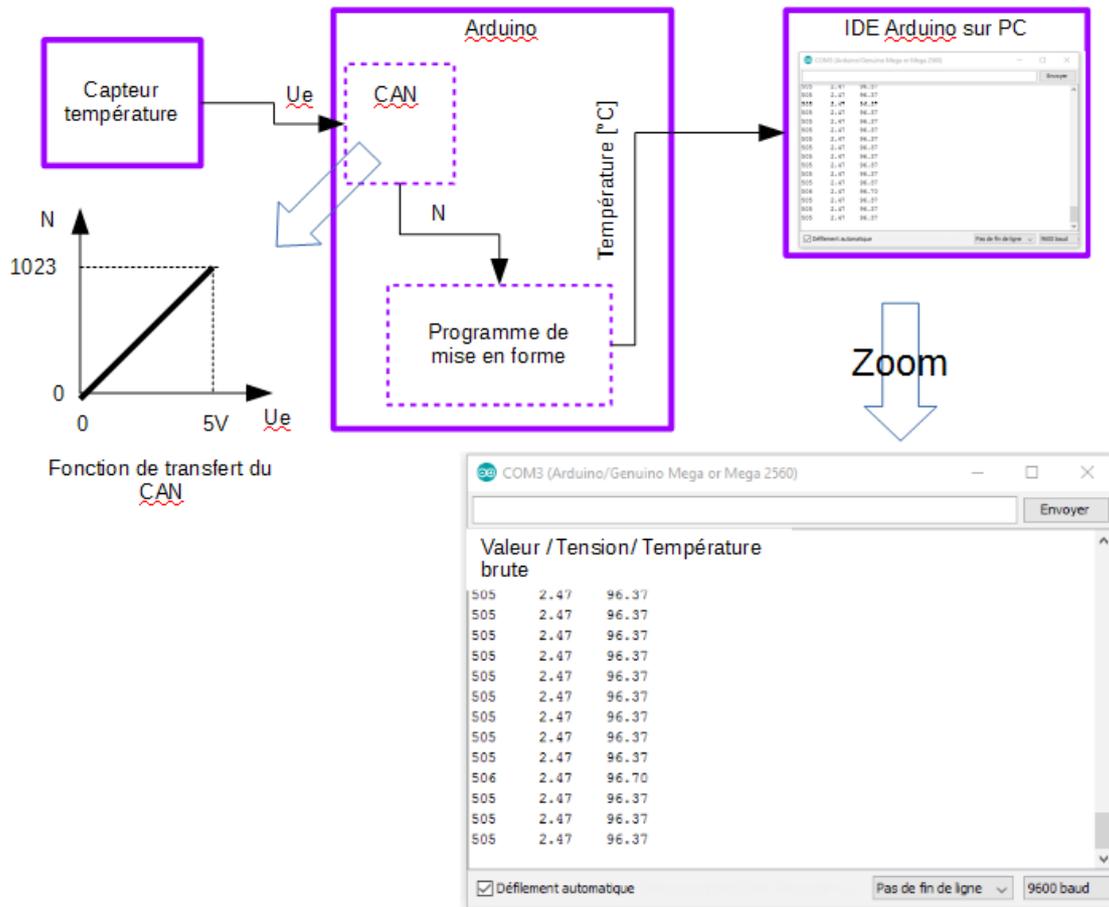


3. A partir de du fichier « vthFoncTemp.csv », déterminer le modèle mathématique de la réponse $V_{th}=f(\text{température})$ issue de OpenModelica.

Affichage de la température dans le moniteur série de l'IDE Arduino

L'objectif à présent est d'afficher dans le moniteur série de l'IDE Arduino la température mesurée par le capteur de température. La valeur affichée devra être le plus fidèle possible, une régression linéaire n'est donc pas suffisante...

Remarque : le capteur de température (thermistance) sera simulée par un potentiomètre permettant de faire évoluer la tension U_e de 0 à 2,5V à l'image de la figure 1.



1. Réaliser la démarche d'investigation permettant de satisfaire à l'objectif.