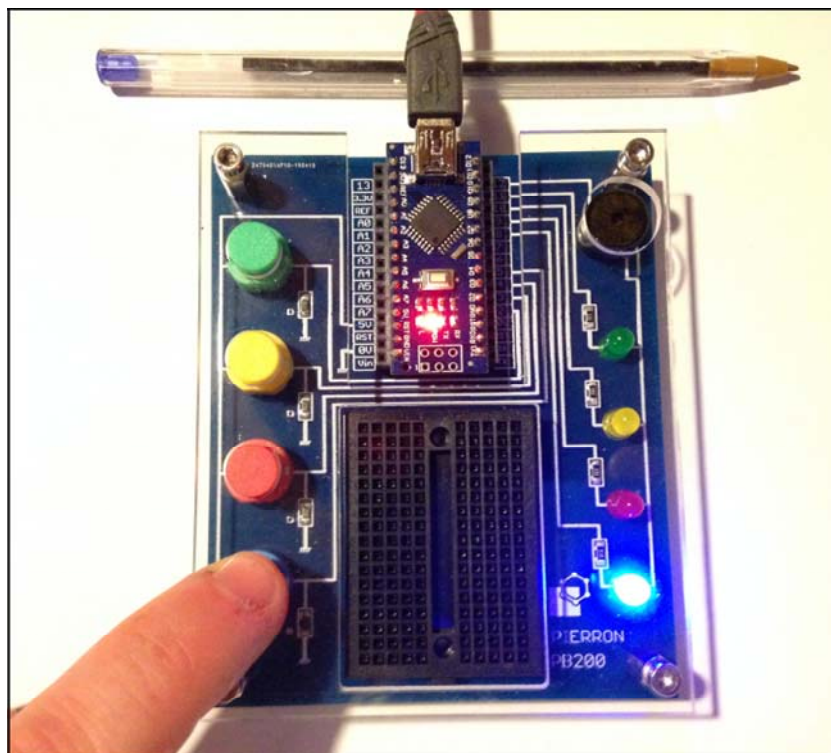


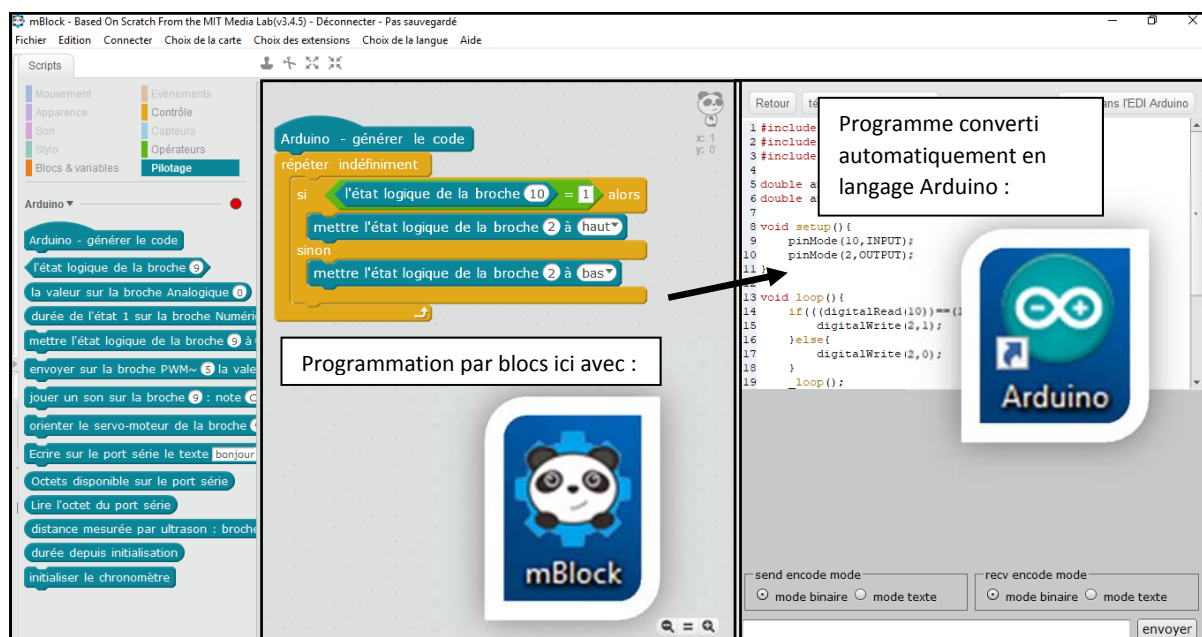
## MATÉRIEL ET LOGICIELS

### LA MAQUETTE PÉDAGOGIQUE PB200 :



*Photo n°1 : Maquette pédagogique PB200 composée d'une carte Arduino™ Nano déjà câblée aux 4 DEL, 4 BP et 1 buzzer. Sur cette photo, la maquette est reliée par un cordon à un ordinateur contenant le logiciel mBlock afin de téléverser les programmes réalisés par les élèves. L'ordinateur sert en même temps d'alimentation électrique à la maquette.*

### Le logiciel mBlock (Version 3) :



*Photo n°2 : Un exemple simple de programmation du microcontrôleur Arduino™ avec mBlock.*

## TP n°1 UTILISATION D'UN DISPOSITIF AVEC MICROCONTRÔLEUR - RÉALISATION D'UNE SIRÈNE DE VÉHICULE DE SECOURS -

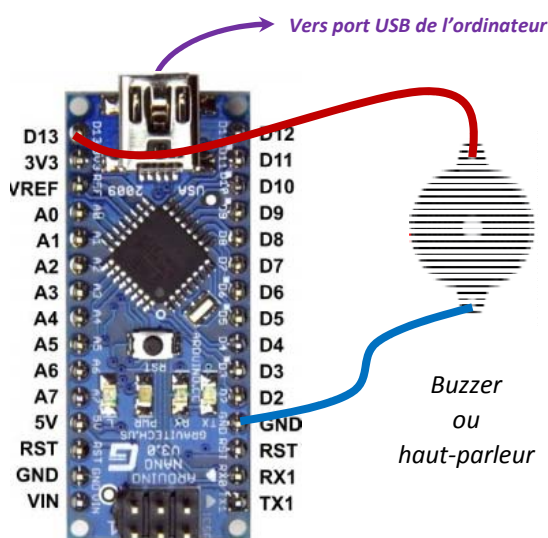
**Objectif :** Programmer un microcontrôleur pour simuler la sirène d'un véhicule de secours (police, pompiers, ambulance...) ou jouer une mélodie.

**Capacité exigible (2<sup>de</sup>) :**

*Utiliser un dispositif comportant un microcontrôleur pour produire un signal sonore.*

### Partie 1 - RÉALISER le dispositif (Compétence RÉALISER)

Consigne : Réalisez le circuit électronique suivant, reliez la carte Arduino™ à l'ordinateur à l'aide du câble USB et ouvrez le logiciel mBlock (ou Arduino™).



Microcontrôleur Arduino™ type Nano

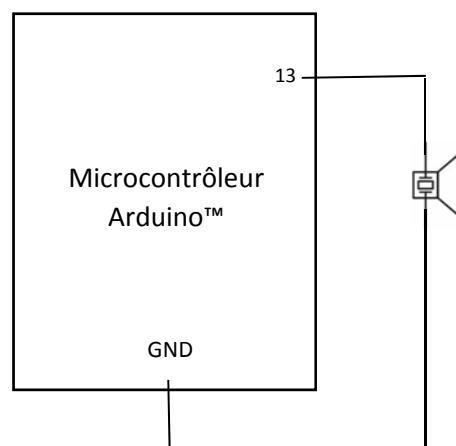


Schéma du circuit

**APPEL n°1 : APPELEZ LE PROFESSEUR POUR VALIDER VOTRE CIRCUIT  
OU EN CAS DE DIFFICULTÉS.**

### Partie 2 - PROGRAMMER le dispositif (ANALYSER / RÉALISER / VALIDER)

Consigne : À l'aide de vos connaissances de programmation acquises au collège et du rappel du professeur en début de séance, programmez votre circuit afin de réaliser et de tester les 3 programmes de la page suivante.

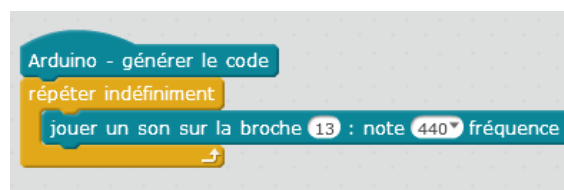
**Programme n°1** : Le buzzer émet un son de 440 Hz après avoir téléversé le programme.

Le code correspondant à ce programme n°1 vous est donné ci-dessous. Écrivez ce programme dans l'interface de votre choix, puis testez-le avec votre circuit.

Choix n°1



avec  
mBlock



Choix n°2



en  
langage Arduino  
directement

```
void setup() {
  pinMode(13, OUTPUT);
}

void loop() {
  tone(13, 440);
}
```

Entendez-vous un son ?

- Si oui, n'hésitez pas à mettre votre doigt sur le buzzer pour atténuer l'intensité sonore !
- Si non, cherchez l'erreur !

À vous de programmer à présent ! (Compétences ANALYSER / RÉALISER / VALIDER)

**Programme n°2** : Le buzzer émet la sirène des pompiers indéfiniment.

**Programme n°3** : Le buzzer émet 3 fois la sirène des pompiers « PIN-PON » (instruction RÉPETER 3 fois dans mBlock).

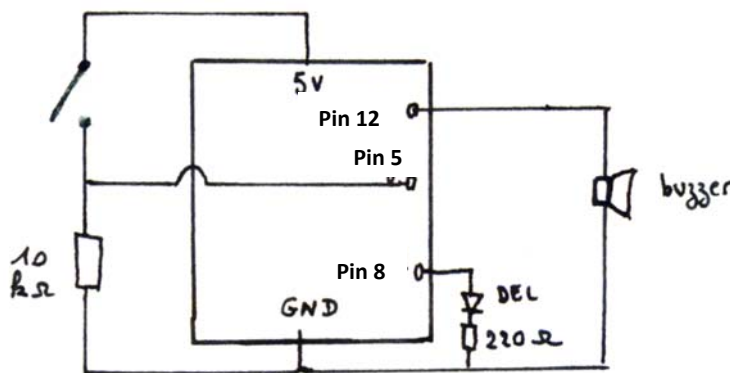
**APPEL n°2 : APPELEZ LE PROFESSEUR POUR VALIDER VOTRE Programme n°3  
OU EN CAS DE DIFFICULTÉS.**

**Partie 3 -**

**Améliorer le dispositif (RÉALISER)**

[ **FACULTATIF**, en fonction du profil et de l'appétence de l'élève ]

Dans le TP n°2,  
on remplacera  
l'interrupteur  
par  
un CAPTEUR !



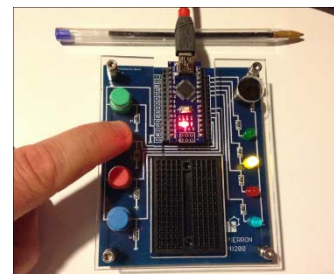
**Programme n°4** : Lorsque j'appuie sur le bouton poussoir relié à la broche 8 du microcontrôleur, j'entends la sirène de police et la DEL (reliée à la broche 2) clignote au rythme de la sirène.

**Partie 4 - Utiliser un dispositif comportant un microcontrôleur pour produire un signal sonore. (Maquette pédagogique PB20)**  
**(ANALYSER / RÉALISER / VALIDER / COMMUNIQUER)**

**Les défis « lumière »**

**Défi 1 :**

Lorsque j'appuie sur le bouton poussoir (BP) relié à la broche 3 de la carte Arduino™, la DEL reliée à la broche 10 s'allume. Lorsque je n'appuie plus sur le BP, la DEL s'éteint.



**Défi 2 : [facultatif]**

Lorsque j'appuie sur le BP JAUNE, la DEL JAUNE s'allume.

Lorsque j'appuie sur le BP ROUGE, la DEL ROUGE s'allume.

Lorsque j'appuie sur le BP BLEU, la DEL BLEUE s'allume.

Lorsque j'appuie sur le BP VERT, la DEL VERTE s'allume.

**Défi 3 : [facultatif]** Réalise un chenillard

Lorsque j'appuie une fois sur le BP VERT, la DEL ROUGE s'allume pendant 0,1 s puis s'éteint en même temps que la DEL JAUNE s'allume pendant 0,1 s puis s'éteint en même temps que la DEL VERTE s'allume pendant 0,1 s puis s'éteint etc...

Je réalise ainsi un chenillard sur un aller-retour en allumant successivement les DEL.

**Les défis « son »**

**Défi 4 :**

Lorsque j'appuie sur le bouton poussoir (BP) relié à la broche 5, un son de 440 Hz est émis par le buzzer relié à la broche 12 de la carte Arduino™.

**Défi 5 :**

Lorsque j'appuie sur le bouton poussoir (BP) relié à la broche 5, j'entends la sirène de la Police !

**Défi 6 : [facultatif]**

Lorsque j'appuie sur le bouton poussoir (BP) relié à la broche 5, j'entends la sirène de la Police !

Lorsque j'appuie sur le bouton poussoir (BP) relié à la broche 4, j'entends la sirène de la Gendarmerie !

Lorsque j'appuie sur le bouton poussoir (BP) relié à la broche 3, j'entends la sirène du SAMU !

Lorsque j'appuie sur le bouton poussoir (BP) relié à la broche 2, j'entends la sirène de l'ambulance !

**Défi 7 :**

Lorsque j'appuie sur le bouton poussoir (BP) relié à la broche 2, je joue une mélodie bien connue :

- Au clair de la Lune ... Do, Do, Do, Ré, Mi, Ré, Do, Mi, Ré, Ré, Do
- Happy birthday to you ... Do, Do, Ré, Do, Fa, Mi, Do, Do, Ré, Do, Sol, Fa

Fréquence des notes : Do : 262 Hz - Ré : 294 Hz - Mi : 330 Hz - Fa : 349 Hz - Sol : 392 Hz - La : 440 Hz - Si : 494 Hz

**Les défis « son et lumière »**

**Défi 8 :**

Lorsque j'appuie sur le bouton poussoir relié à la broche 2, j'entends la sirène de la Police et je vois la DEL bleue clignoter au rythme du changement de fréquence de la sirène.

**Défi 9 :**

Réalise ton propre scénario « SON ET LUMIÈRE » avec cette maquette.

**Sois créatif !**

## TABLEAU RÉCAPITULATIF DES TONALITÉS FRANÇAISES

Source Ministère de l'ÉQUIPEMENT.

Arrêtés des 30 octobre, 2 et 3 novembre 1987

Descriptif/Tonalité	POLICE	
1er ton	435 Hz $\pm$ 2/100	
2ème ton	580 Hz $\pm$ 2/100	
3ème ton		
4ème ton		
Cadence	50 à 60 cycles/ min.	
Niveau sonore	Jour	Nuit
en dB	110 dB	70 à 90 dB

Descriptif/Tonalité	GENDARMERIE	
1er ton	435 Hz $\pm$ 2/100	
2ème ton	732 Hz $\pm$ 2/100	
3ème ton		
4ème ton		
Cadence	50 à 60 cycles/ min.	
Niveau sonore	Jour	Nuit
en dB	110 dB	110 dB

Descriptif/Tonalité	POMPIERS	
1er ton	435 Hz $\pm$ 2/100	
2ème ton	488 Hz $\pm$ 2/100	
3ème ton		
4ème ton		
Cadence	25 à 30 cycles/ min.	
Niveau sonore	Jour	Nuit
en dB	110 dB	110 dB

Descriptif/Tonalité	AMBULANCE	
1er ton	420 Hz $\pm$ 2/100	
2ème ton	516 Hz $\pm$ 2/100	
3ème ton	420 Hz $\pm$ 2/100	
4ème ton	silence 1,5 secondes	
Cadence	50 à 60 cycles/ min.	
Niveau sonore	Jour	Nuit
en dB	110 dB	70 à 90 dB

Source : <http://www.snc.fr/frequenc.htm>

**TP n°2 UTILISATION D'UN DISPOSITIF AVEC MICROCONTROLEUR ET CAPTEUR**  
**- REALISATION D'UNE ALARME A INCENDIE -**

**Objectif :** Utiliser un dispositif avec microcontrôleur et capteur de température pour **réaliser une alarme à incendie**.

**Capacités exigibles (2<sup>nde</sup>) :**

*Mesurer une grandeur physique à l'aide d'un capteur électrique résistif.*

**Parties E**

*Produire et utiliser une courbe d'étalonnage reliant la résistance d'un système avec une grandeur d'intérêt (température, etc.).*

**Partie A**

*Utiliser un dispositif avec microcontrôleur et capteur.*

**Parties B, C, D**

**Principe de fonctionnement de l'alarme à incendie :**

Si la température du capteur est supérieure à 35°C alors des signaux sonore et lumineux sont émis par le dispositif pour alerter du danger (cette température de déclenchement de l'alarme est modifiable).

**Partie A : Le capteur de température (thermistance CTN) et sa courbe d'étalonnage.**

**APP - REA**



Une thermistance est un capteur de température qui se comporte comme une résistance dont la valeur dépend de la température : on l'appelle pour cette raison une **thermistance** (préfixe « **thermi** » pour **thermique** ; suffixe « **istance** » pour **résistance**).

**L'objectif de la partie A** est de tracer la courbe d'étalonnage de cette thermistance 10K CTN. Pour cela, il faut mesurer avec un Ohmmètre la résistance  $R_{th}^{(1)}$  de ce capteur pour différentes températures  $T$  du milieu dans lequel il se trouve puis, il faut tracer le graphique  $R_{th} = f(T)$  qui montre la dépendance de la résistance du dipôle en fonction de la température.

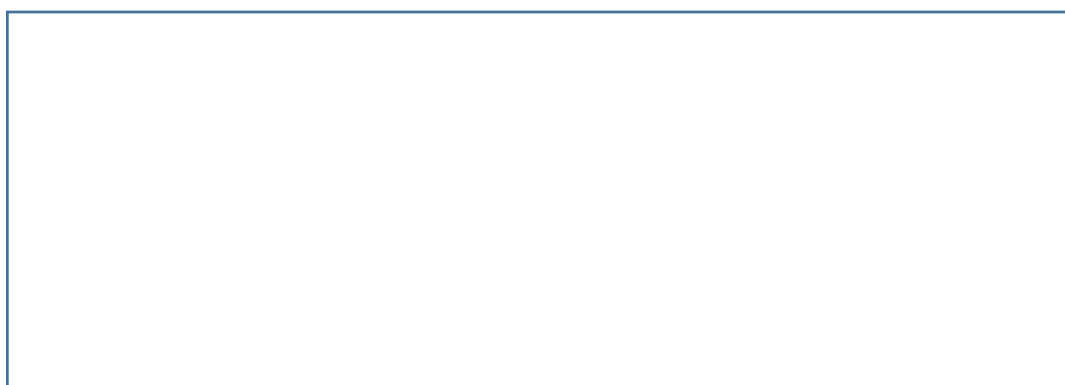
<sup>(1)</sup> L'indice  $th$  signifie thermistance.

**Consigne :** Avec le matériel mis à ta disposition, propose et met en place un protocole expérimental afin de construire un tableau de valeurs qui te permettra ensuite de tracer la courbe d'étalonnage de la thermistance.

**Matériel :**

Un béccher, de l'eau, des glaçons, un thermomètre numérique de référence (précision  $\pm 0,5$  °C), un ballon, un chauffe ballon, une potence, un Ohmmètre, la thermistance (avec les pattes gainées), 2 fils de connexion (+ 2 pinces crocodiles) pour l'Ohmmètre.

**Schéma de l'expérience :**



**Tableau des mesures :**

température T (en °C)	0										100
résistance $R_{th}$ (en k $\Omega$ )											

**Courbe d'étalonnage de la thermistance :**

Sur une feuille de papier millimétré, trace la courbe d'étalonnage  $R_{th} = f(T)$ .

Ou bien avec le langage de programmation PYTHON, trace la courbe d'étalonnage  $R_{th} = f(T)$

*Collez votre courbe d'étalonnage ici*

*Collez votre programme PYTHON ici*



**Partie B : Le microcontrôleur, au cœur du dispositif de l'alarme à incendie**

**APP - REA**

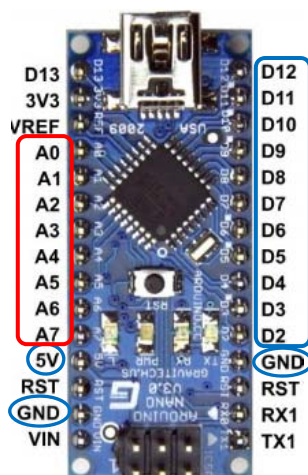
« Les capteurs écoutent le monde physique.

Les actionneurs agissent dans le monde physique.

Les microcontrôleurs écoutent les capteurs et parlent aux actionneurs. »

Source : le livre de projets Arduino

Dans ce TP n°2, vous allez utiliser d'autres types de broches, il s'agit des entrées analogiques, il y en a 8, numérotées de **A0 jusqu'à A7**. C'est sur ces broches que l'on branche les capteurs.



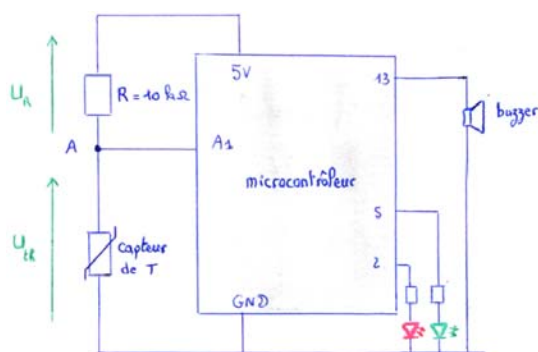
Microcontrôleur Arduino™ type Nano

Dans le TP n°1, vous avez repéré :

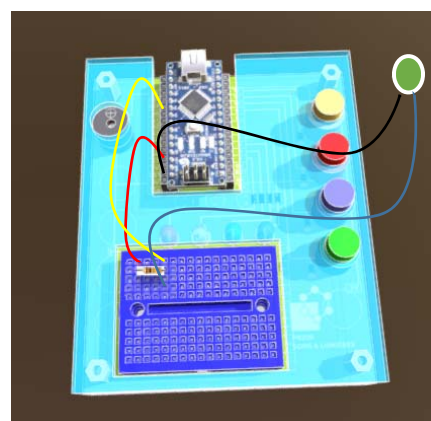
- les broches **5V** et **GND** pour alimenter votre circuit avec du +5V par rapport à la masse 0V ;
- les broches numériques **D2 à D13** qui envoient, selon le programme téléversé, un signal HAUT (+5V) ou BAS (0V) à des actionneurs (DEL ou buzzer) reliés à ces broches.

Il ne faut pas brancher un capteur directement entre la broche 5V et la broche GND (0V) ! En effet, selon la valeur de la grandeur physique qu'il mesure, le capteur peut avoir une résistance très faible. L'intensité du courant électrique qui le traverse peut dans ce cas être très élevée, et vous risquez de griller le microcontrôleur. Ceci explique que dans le dispositif d'alarme à incendie, on ajoute une résistance ( $R=10\text{ k}\Omega$ ) en série avec le capteur selon le schéma suivant :

Schéma électrique de l'alarme à incendie



Circuit avec la maquette PB200



Capteur de T

**RÉALISEZ le circuit électrique ci-dessus.**

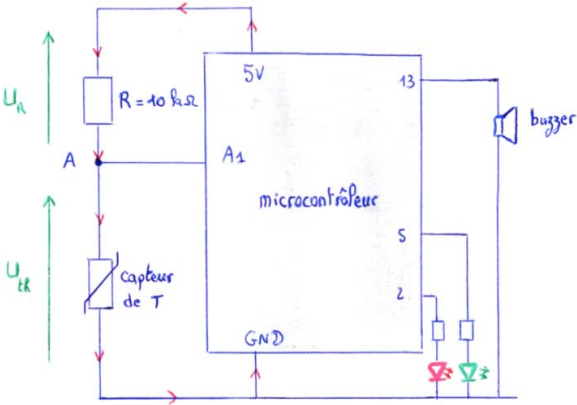
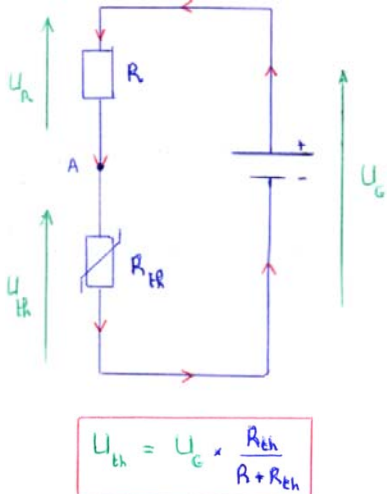
Si vous utilisez la maquette pédagogique PB200 (distribuée par PIERRON), les deux DEL et le buzzer sont déjà câblés, il ne vous reste donc plus qu'à brancher la thermistance et la résistance  $R=10\text{ k}\Omega$  en utilisant la plaque multitrous. **N'OUBLIEZ PAS** le fil de connexion (fil jaune sur la maquette) qui relie le nœud A à la broche A1.

**APPELEZ LE PROFESSEUR POUR VÉRIFIER VOTRE CIRCUIT**



**Partie C : Application des lois de la physique**

**ANA – RAIS - REA**

Schéma électrique de l'alarme à incendie	Schéma électrique équivalent, seule la maille contenant le capteur est représentée
	

**Remarque très importante :** Le courant électrique ne circule pas dans la branche A-A1. L'intensité du courant électrique qui circule dans la résistance  $R=10\text{ k}\Omega$  est donc la même que celle qui circule dans la thermistance.

- 1) Lorsque le capteur est à la température ambiante, mesurez les tensions  $U_R$ ,  $U_{th}$  et  $U_G$  et vérifiez la loi des mailles.

- 2) À l'aide de la loi d'Ohm et de la loi d'unicité du courant électrique dans un circuit en série, établir la relation entre la tension  $U_{th}$  aux bornes de la thermistance, la tension  $U_R$  et les deux valeurs des résistances  $R_{th}$  et  $R$ .

- 3) À l'aide de la loi des mailles, en déduire la relation encadrée en rouge sous le schéma électrique.

**APPELEZ LE PROFESSEUR POUR VÉRIFIER VOTRE TRAVAIL**

**Partie D : Le convertisseur Analogique Numérique ou CAN**

cas où  $U_G = 4,64 \text{ V}$

ANA

Avec la courbe d'étalonnage (partie A), nous avons vu que si nous connaissons  $R_{th}$  alors, nous pouvons en déduire la température  $T$ .

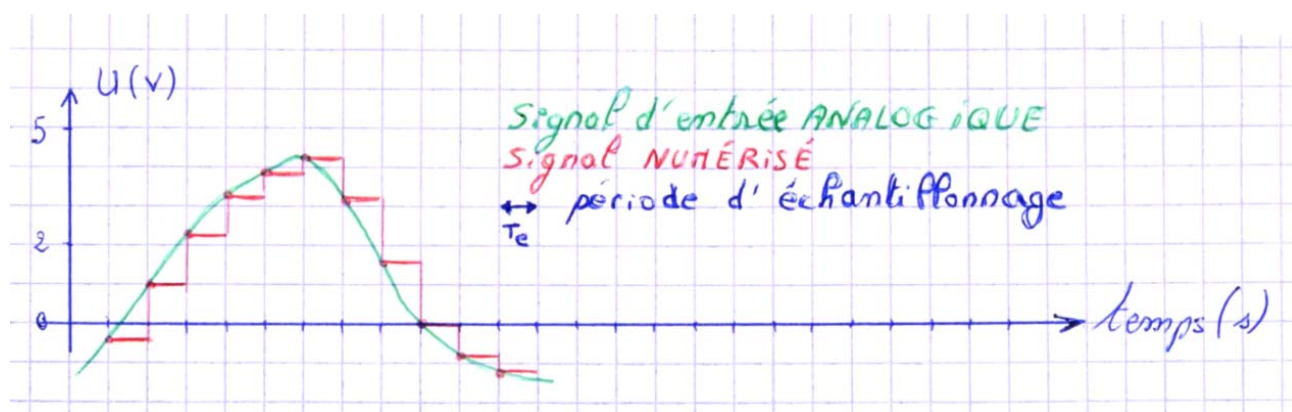
Les lois de la physique (partie C) nous donnent la relation entre  $R_{th}$  et  $U_{th}$ .

Les grandeurs physiques  $R_{th}$  et  $U_{th}$  sont donc des images de la température. Si nous pouvons mesurer l'une de ces deux grandeurs, alors nous pourrions en déduire la valeur de la température.

Nous avons vu que mesurer  $U_{th}$  avec un voltmètre est très simple. Cependant, le microcontrôleur est capable de mesurer et d'afficher rapidement cette tension électrique  $U_{th}$  entre sa masse et ses entrées analogiques A0 à A7.

Pour cela, le microcontrôleur mesure  $U_{th}$  à intervalle de temps régulier, bloque cette donnée, l'exploite éventuellement, puis refait une mesure, la bloque à nouveau, l'exploite éventuellement etc. à une fréquence très rapide appelée fréquence d'échantillonnage : en physique, cette fonction s'appelle un échantillonneur bloqueur.

La **tension analogique**  $U_{th}$  (**signal continu**) et ainsi remplacée par une **tension numérisée (signal discontinu)**.



Une autre caractéristique importante d'un microcontrôleur est le nombre de bits utilisé pour coder les valeurs des tensions mesurées. Le microcontrôleur (ATmega328P utilisé ici) code l'amplitude de la tension en « mots » de **10 bits**.

Un « **bit** » (de l'anglais **binary digit**) est un chiffre binaire (**0** ou **1**).

Avec un mot de **2 bits**, on peut écrire : 00, 01, 10 et 11 soit 4 valeurs. ( $4=2^2$ )

Avec un mot de **3 bits**, on peut écrire : 000, 001, 010, 011, 100, 101, 110, 111 soit 8 valeurs. ( $8=2^3$ ) etc.

Avec un mot de **10 bits**, on peut écrire  $2^{10} = 1024$  valeurs.

**EXPERIENCE** : Alimentez votre microcontrôleur et mesurez avec un voltmètre la tension électrique entre sa borne notée « 5V » et sa masse notée « GND ». Note la valeur mesurée  $U_G = U_{max} = \dots\dots \text{ V}$  c'est la tension maximale du microcontrôleur.

Avec un microcontrôleur Arduino™ de type Nano,

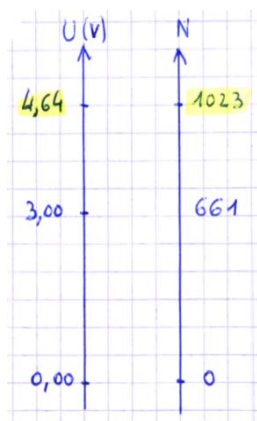
La tension minimale  $U_{min} = 0,00 \text{ V}$  sur une entrée analogique est codée par le nombre **N=0**

La tension maximale  $U_{max} = 4,64 \text{ V}$  sur une entrée analogique est codée par le nombre **N=1023**

Il y a une **relation de proportionnalité** entre la tension analogique  $U$  et la valeur numérique  $N$  mesurée par le microcontrôleur au niveau des entrées analogiques.

Par exemples :

- Si la tension mesurée au niveau de l'entrée analogique A1 vaut  $U = 3,00 \text{ V}$  alors, le nombre  $N$  correspondant à cette tension est  $N = 1023 \times 3,00 / 4,64 = 661$ .
- Si la valeur numérique lue par le microcontrôleur au niveau d'une entrée analogique est  $N = 224$ , alors la valeur de la tension électrique correspondante est  $U = 4,64 \times 224 / 1023 = 1,02 \text{ V}$ .



**Partie E : Programmation de l'alarme à incendie**

**ANA - REA - VAL**

- D'après la courbe d'étalonnage (partie A), quelle est la valeur de la résistance  $R_{th}$  lorsque la température est égale à 35 °C ?
- D'après les résultats des lois de la physique (partie C), en déduire la valeur de la tension  $U_{th}$  aux bornes de la thermistance lorsque la température est égale à 35 °C ?
- D'après la partie D, en déduire la valeur numérique N mesurée par le microcontrôleur lorsque la température est égale à 35°C ?

Voici un exemple de programme (réalisé avec le logiciel mBlock Version3) à téléverser dans le dispositif pour faire fonctionner l'alarme.

D'après les calculs précédents, par quel nombre N faut-il remplacer le nombre **500** dans ce programme pour que l'alarme se déclenche à partir de 35 °C ?



**ANALYSE DU PROGRAMME :**

D'après le programme proposé ci-dessus et le schéma du dispositif d'alarme page 6, décrivez en quelques lignes ce qu'il va se passer lorsque vous téléverserez ce programme dans le dispositif :

**ÉCRIVEZ AVEC MBLOCK LE PROGRAMME CI-DESSUS (CORRIGE AVEC LA BONNE VALEUR DE N) ET TELEVERSEZ-LE DANS LE DISPOSITIF.**

**VERIFIEZ LE BON FONCTIONNEMENT DE L'ALARME AVEC DE L'EAU CHAUDE OU UN SECHE-CHEVEUX PAR EXEMPLE.**