

Diogo GABRIEL
Alexandre MANAÏ
Tiago PIRES DA CRUZ

Lycée International de Saint Germain en Laye
Terminale S
2015-2016

Projet Informatique et Sciences du Numérique

Station Météorologique



Station Météorologique

1/Trouver le Projet

Allier dans un même projet les qualités de chacun et l'envie de réussir autour d'un projet « Informatique et Sciences du Numérique » est un défi ambitieux. En effet, notre groupe avait dès le début une forte envie d'utiliser les compétences acquises au cours de cette année pour construire un objet avec une réelle utilité au jour le jour. Pour cela, il fallait allier programmation informatique et conception de hardware, ce qui constitue un challenge très motivant et, nous l'espérons, gratifiant.

Nous connaissons l'existence des **cartes matériellement libres**¹ comme celles proposées par Arduino/Genuino et Raspberry Pi. L'idée qui a alors germé impliquait la création d'un programme qui serait soumis et interprété par ces cartes et qui les feraient **réagir à leur environnement** en agissant en conséquence.

Notre première idée a été celle d'un agenda apportant des informations au quotidien, alimenté par l'actualité, un calendrier et éventuellement, un service permettant de s'habiller selon la météo.

Après en avoir discuté avec nos professeurs, nous avons réalisé que ce projet, très ambitieux, porté un risque non négligeable de ne pas aboutir à un résultat final.

L'idée d'un **outil utile au jour le jour** est cependant restée. Elle s'est formalisée en la création d'une **station météo**. Certains d'entre nous en avaient une chez eux ou avaient déjà pensé à en acquérir une. Toutefois ils avaient été confrontés à un problème majeur! Ce problème est celui du **prix**.

Si l'on désire une station météo de qualité, les prix varient de 80 jusqu'à 200 à 300 euros. Ces prix semblent démesurés pour un objet qui prévient l'homme en temps réel sur le temps qu'il fait en dehors de ses murs.

2/Concrétisation

A/Préparation en aval

Ce projet correspond donc, dans ses très grandes lignes, à **l'organisation, l'assemblage et la programmation d'un grand nombre de capteurs et de modules autour d'un microprocesseur**, assez

¹ Le Matériel Libre est un terme qui regroupe des artefacts tangibles — machines, dispositifs ou toutes choses physiques — dont les plans ont été rendus publics de façon que quiconque puisse les fabriquer, modifier, distribuer et utiliser. Une définition commune du Matériel Libre (OSHW - OpenSource Hardware, ou FLOSH Free Libre Open Source hardware) a été proposée par différents acteurs¹, permettant de mieux définir la notion de matériel open source, ainsi donc que les licences qui s'y appliquent ou sont compatibles avec cette notion. (https://fr.wikipedia.org/wiki/Mat%C3%A9riel_libre)

peu puissant, qui est celui d'une carte matériellement libre d'entrée de gamme, le microcontrôleur Arduino Uno (<https://www.arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>).

Il faut donc être très **organisé** pour faire un objet à **moindre coût**, de **qualité** et de fonctions équivalentes, voir **concurrentielles** par rapport à celles de la station météo du commerce !

Pour nous donner une idée, nous nous sommes inspirés de la fiche technique d'une station météo présente dans le commerce au prix de 169 euros, la **NetamoNetamo**. Nous nous sommes appuyés sur ses caractéristiques techniques pour la construction du cahier des charges fonctionnel de notre propre station. L'ensemble de ses données est représentée dans le Tableau 1.

Caractéristiques	NetamoNetamo	Notre Projet
Portée maxi.	100 m	0 m : Notre station ne sera composée que d'un seul module – Tous les capteurs sont connectés physiquement au microcontrôleur
Nombre de sondes à distance possibles	1 à 3	0
Température ambiante	0° C à + 50° C	Module DHT 22
Plage de mesure T	- 40° C à + 65° C	- 40° C à + 125° C
Indicateur de tendance de température	Oui	Oui (via tableur)
Prévision météo	Oui	Non (piste d'amélioration future)
Indicateur de tendance météo	Oui	Oui (via tableur)
Pression atmosphérique	Oui	Module BMP 180
Plage de mesure p		Absolue de ... à ... Pa
Hygrométrie	Oui	Module DHT 22
Plage de mesure hygrométrie	0 à 100%	0 à 100%
Horloge	Non	Module Real Time Clock DS 1307
Rétroéclairage	Oui	Oui (Bleu)
Piles unité principale	secteur USB	Secteur/USB
Piles thermomètre émetteur	4 x LR06 (fournies)	Notre station ne sera composée que d'un seul module
Mode de fixation	Sur table	Surface plane/ Scotch double face éventuellement
Dimensions de la centrale (HxLxP)	155 x 45 x 55 mm	90*200*150 mm
Appareil connecté	Oui	C'est une des possibilités d'amélioration du projet : il faut pour cela s'équiper d'un module Ethernet supplémentaire.
Code	3787397	///

Tableau 1: Caractéristiques de la station météo NetamoNetamo et cahier des charges fonctionnel de notre projet.

Les données lues et traitées par le microcontrôleur Arduino seront affichées sur un écran LCD avec défilement continue (fréquence d'affichage définie dans le programme). Ces données seront aussi envoyées vers un ordinateur via un système d'acquisition de données. Elles seront enregistrées sous Excel où elles feront l'objet d'un traitement graphique et statistique (valeurs moyennes, max et min).

B/Exécution

Nous avons lu un certain nombre d'articles et, finalement, notre choix s'est porté sur le microcontrôleur Arduino Uno plutôt que sur le Raspberry Pi. Il nous a semblé, au cours de nos recherches, que les avis convergeaient vers ces constats:

- L'Arduino est une plateforme plus ancienne où il sera plus facile d'obtenir de l'aide d'utilisateurs qualifiés ;
- Le nombre de bibliothèques permettant de faire fonctionner les composants couplés à l'Arduino est vaste ;
- Le langage Python utilisé dans le Raspberry Pi est déconseillé aux débutants.

La conception du hardware (connexion Arduino – capteurs) a nécessité un travail méthodologique important. Chaque module a été connecté et testé de manière indépendante afin de vérifier son fonctionnement. Ensuite, l'ensemble des modules a été connecté un à un à l'Arduino et l'ensemble, à chaque fois plus complexe, a aussi été testé pas à pas jusqu'à l'obtention du produit final. Ce travail, où il fallait maîtriser à la fois l'électronique et la programmation, a été long et fastidieux. Il y eu beaucoup de mauvais contacts qui rendaient le test de chacun des différents composants chaque fois plus compliqué.

Il est heureux que nous ayons rencontré un collègue du père de Tiago, féru d'électronique, qui nous a fait des soudures très propres et nous ainsi permis de tester avec sérénité chacun des composants.

La liste des composants, leur prix et les références web nous permettant de retrouver leurs caractéristiques précises est fournie dans le Tableau 2. Attention, si le prix de la station semble tout de même élevé, c'est que nous n'avons bien sûr pas bénéficié de prix « constructeurs » au gros et que certains composants venaient en de très nombreux exemplaires : on a donc ici deux pistes d'économie !

Fait?	Nom	Nombre	Prix [€]
V	Câble Mâle/Femelle	40	5,99
V	Câble Mâle/Mâle	65	1,87
V	LCD 20*4	1	5,59
V	Potentiomètre 10kOhms	2	1,17
V	Breadboard 400pts	1	1,81
V	DHT22 Humidité&Température	1	5,6
V	DS1307 Horloge	1	1,75
V	Photorésistance	20	1,13
V	Résistance 220 Ohms	100	2,16
V	Résistance 10 kOhms	200	3,49

V	Alimentation 12V	1	9,99
V	BMP180: Baromètre	1	8,76
	Arduino UNO REV3	1	19,5
Total			68,81

Tableau 2: Composants de la station météo.

3/Modules

A/ Arduino Uno

L'Arduino Uno est une carte matériellement libre sur laquelle on trouve un microcontrôleur programmable, capable de recevoir et d'interpréter des signaux électriques (signaux analogues et digitales) issus de son environnement de de commander des actions sur des composants selon une logique programmable structurée (Figure 1). Ce microcontrôleur peut être utilisé pour accomplir des tâches dans des domaines aussi variés que la domotique, la robotique, l'informatique embarquée... Son microprocesseur peut être programmé en langage C.

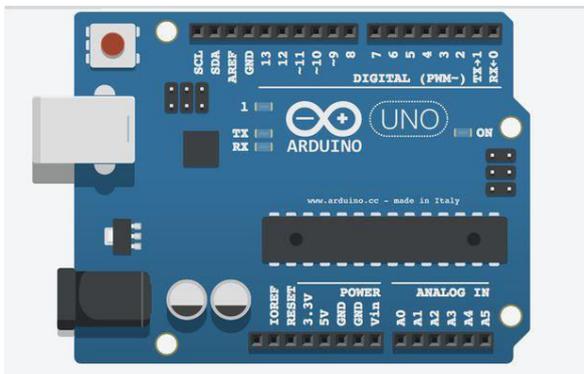


Figure 1: Le microcontrôleur Arduino 1 utilisé dans ce projet.

Un grand nombre de bibliothèques fonctionnelles, écrites en langage C, permettant de relier et de faire fonctionner chacun des composants à connecter, existe sur internet. Elles ont été écrites par une très large communauté d'utilisateurs. Certaines de ces bibliothèques ont été utilisées dans le cadre de ce projet. L'objet ici n'a pas été de les modifier mais de les utiliser en tant que bibliothèques C dans notre programme. Les adresses des sites où nous les avons téléchargées sont données pour chacune d'entre elles. Même si nous ne les avons pas modifiées, l'analyse du code source des bibliothèques nous a été parfois bien utile afin de comprendre le fonctionnement des composants et d'identifier les fonctions et les options nécessaires à leur utilisation. En effet, leur documentation n'est souvent pas disponible.

D/Photorésistance

Il s'agit d'un capteur équipé d'une cellule photovoltaïque (Figure 4), capable, à partir de la charge de photons reçue, de générer un courant entre 0 (pas de lumière) et 5V (saturation du capteur). La tension générée est transmise en tant que signal analogique à l'Arduino, qui la transforme en une valeur entre 0 et 1024. Le logiciel de pilotage se charge de transformer cette valeur, via une fonction de transfert linéaire, en une autre comprise entre 0 et 100% de luminosité.



Figure 4: Photorésistance SODIAL(R) LDR GL5528

L'utilisation de ce capteur ne nécessite pas de bibliothèques particulières. La fonction de transfert du signal analogique est préprogrammée dans la carte Arduino.

E/Capteur de pression BMP 180

Il s'agit d'un capteur barométrique, capable de lire la pression absolue (Figure 5). Contrairement à tous les autres composants utilisés dans ce travail et qui opèrent sur une tension de 5V, ce capteur est relié à l'Arduino sur le connecteur 3V.

La valeur de la pression est lue en unités SI (Pa). Notre programme la convertit en mbar, unité couramment utilisée dans le domaine de la météorologie. Parmi les fonctions disponibles, associées à l'utilisation de ce capteur, il en existe une qui, à partir de la pression absolue mesurée et de la pression locale équivalente au niveau de la mer permet de calculer l'altitude à laquelle l'on se trouve. La pression locale au niveau de la mer changeant en continu, nous la récupérons sur le site :

<http://www.meteociel.fr/observations-meteo/pression.php?region=rp>.

Une surcouche Ethernet pouvant être reliée à la carte Arduino nous aurait permis de lire cette valeur automatiquement à partir de ce site et de calculer ainsi l'altitude automatiquement pour un endroit donné fixé a priori (par exemple, la ville de Saint-Germain-en-Laye). L'utilisation de ce module ne fait cependant pas partie du cahier des charges fonctionnel que nous nous sommes fixés pour ce projet. Cette fonctionnalité pourrait toutefois constituer une évolution à envisager.



Figure 5: Capteur de pression BMP180.

La librairie Adafruit_BMP085.h pour Arduino utilisée a été importée sur :

<https://github.com/adafruit/Adafruit-BMP085-Library>

F/Capteur de température et d'humidité DHT22

Il s'agit d'un capteur de température, permettant en simultanée la mesure de l'hygrométrie ambiante (Figure 6). La température est donnée en degrés Celsius et l'hygrométrie en pourcentage (entre un air à 0% complètement sec et un air saturé en eau à 100%). La transmission du signal sous format digital entre le capteur et l'Arduino permet de transférer les deux valeurs par le même connecteur.

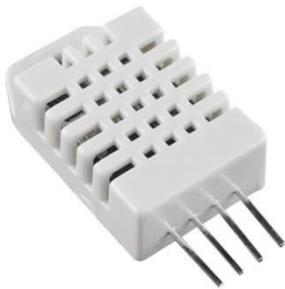


Figure 6: Capteur de température et de pression DHT22.

La librairie Adafruit_DHT.h pour Arduino utilisée a été importée sur :

<https://github.com/adafruit/DHT-sensor-library>

4/Traitement des données

Le programme/macro Parallax (<https://www.parallax.com/downloads/plx-dag>) nous a facilité une tâche qui n'a toutefois pas été simple. Ce programme permet de transférer des données choisies par l'utilisateur de l'Arduino vers un tableur Excel via quelques fonctions précises. Une macro Excel

préprogrammée sert d'interface utilisateur (Figure 7). Nous disposons ainsi d'un outil à partir duquel on peut créer différents graphiques ainsi que de réaliser des opérations statistique et d'analyse.

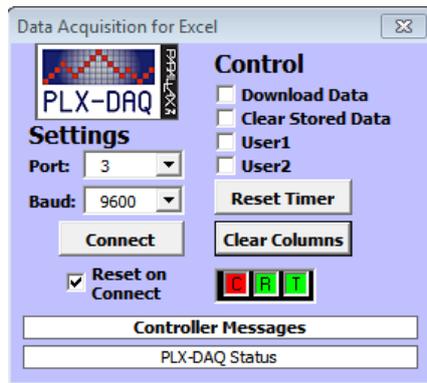


Figure 7: Interface utilisateur pour l'utilisation de Parallax - Transfert de données Arduino vers Excel.

L'acquisition des données est réalisée à une fréquence d'échantillonnage qui est aussi imposée par l'utilisateur. Nous avons choisi de transférer, en fonction de l'heure de la journée, la luminosité, le taux d'humidité, la température et la pression atmosphérique. Pour l'exemple illustré ci-dessous, l'échantillonnage a été réalisé à une fréquence de 0,0083 Hz (toutes les 120 s) pendant une demi-journée (entre 0h00 et 12h00 du 30 mai 2016). L'évolution de la température au cours de cette plage horaire est illustrée sur la Figure 8.

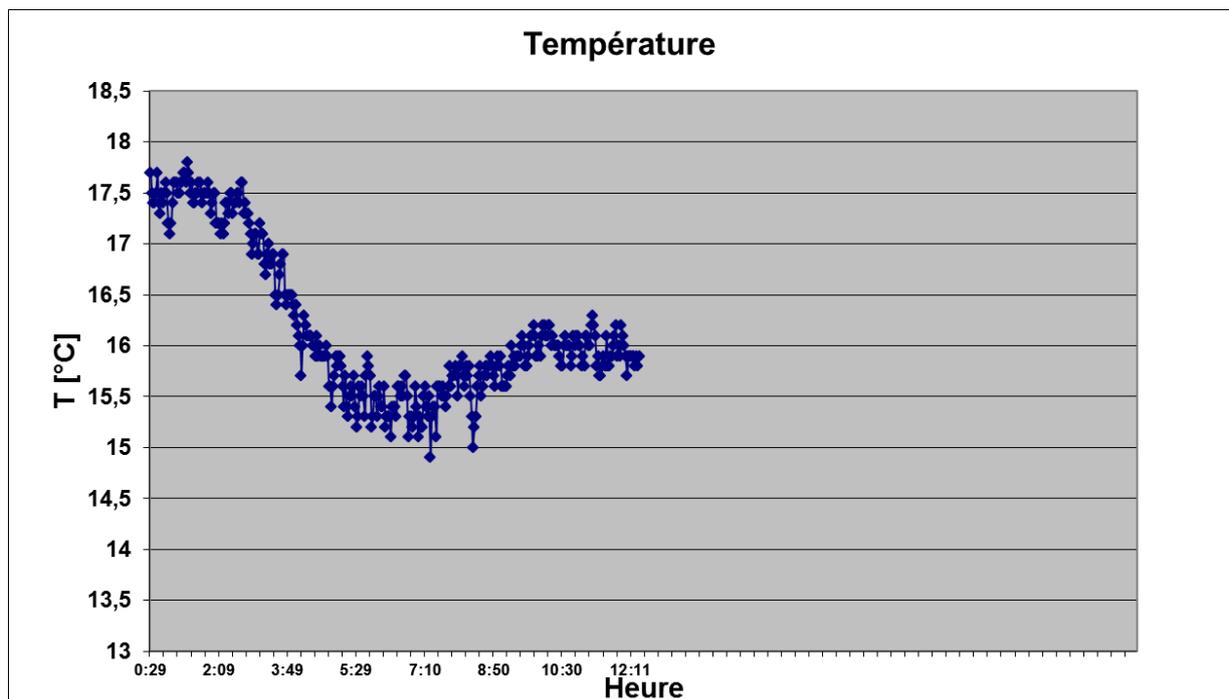


Figure 8: Evolution de la température ambiante entre 0h00 et 12h00 le 30 mai 2016 à Rueil-Malmaison, France.

Nous pouvons constater que la température a fortement chuté pendant la nuit et qu'elle a légèrement remontée en début de journée. La moyenne pendant la période a été de 16,2 °C, la température maximale enregistrée a été de 17,8 °C et la minimale de 14,9 °C.

Une analyse bien plus riche est donc possible, en intégrant notamment l'évolution des autres grandeurs météorologiques comme la pression et l'humidité. Si l'observation est menée pendant plusieurs jours des prévisions météorologiques locales à un ou deux jours peuvent alors être réalisées à l'aide de modèles simples.

5/Ajouts & Progression

Bien entendu, les améliorations que l'on aurait pu apporter à un tel projet sont quasiment illimitées. Si l'on n'osera pas demander à Philippe Starck de faire le design de notre station météo, comme il l'a fait pour la marque Netamo et certains de ses modèles, il existe des pistes qui auraient pu être explorées avec beaucoup d'intérêt.

Comme évoqué précédemment, on aurait pu ajouter à notre visualisation Excel une fonction indiquant les tendances de température à court terme (analyse de la dérivée de la température) en s'appuyant sur les données recueillies et donc de prévoir la météo locale.

Autre fonction qui nous tenait à cœur était la connexion internet. Il nous semble en effet qu'un site internet accessible partout aurait été une solution magnifique afin d'exploiter au mieux notre travail. Malheureusement, il nous aurait fallu installer un « shield Ethernet », dont l'installation et l'exploitation nécessitent bien du travail et un coût supplémentaires. De plus, gérer du html à partir d'un Arduino qui ne communique avec un PC qu'à partir des fonctions « serials » n'était pas très aisé non plus.

Enfin, une autre amélioration qui nous est venue à l'esprit était l'installation de boutons poussoirs sur la station météo qui auraient permis à l'utilisateur d'accéder aux données souhaitées, via un menu, par exemple !

Des fonctionnalités retrouvées couramment dans les stations météo du commerce comme l'alarme basse et haute température ou l'alarme de tempête en fonction de la pression pourraient être intéressantes.

La lecture de la luminosité pourrait aussi être utilisée pour faire varier automatiquement l'éclairage de l'écran LCD.

Les possibilités sont très nombreuses ! A l'imagination de chacun de s'en saisir et de construire la station à sa mesure. C'est la force du Arduino, aisément adaptable, que nous avons tenté d'explorer et de transmettre au cours de ce travail.

Ressources

<http://cs.tux.free.fr/?p=307>

Les cours sur Open Classroom (<https://openclassrooms.com/courses/programmez-vos-premiers-montages-avec-arduino?status=published>) et les nombreux tutoriels sur internet nous ont beaucoup aidé dans les périodes d'approche du projet et de doutes et ralentissements !

Matériel :

Lien
http://www.amazon.fr/Connection-Breadboard-Plaque-Platine-Circuit/dp/B00GSPKNFI/ref=pd_sim_23_4?ie=UTF8&dpID=51wCbeWVaBL&dpSrc=sims&preST= AC_UL160_SR160%2C160_&refRID=0ZBWQMYVB7AA9K7H
http://www.amazon.fr/Connection-Breadboard-Plaque-Platine-Circuit/dp/B00GSPKNFI/ref=pd_sim_23_4?ie=UTF8&dpID=51wCbeWVaBL&dpSrc=sims&preST= AC_UL160_SR160%2C160_&refRID=0ZBWQMYVB7AA9K7H
http://www.amazon.fr/niceeshop-Arduino-Contr%C3%B4leur-HD44780-Pr%C3%A9f%C3%A9r%C3%A9s/dp/B00MODAKM4/ref=cm_cr_arp_d_product_sims?ie=UTF8
http://www.amazon.fr/SODIAL-potentiometre-lineaire-Conique-rotatif/dp/B00H3CW32G/ref=pd_sim_60_4?ie=UTF8&dpID=41X05IGUOpL&dpSrc=sims&preST= AC_UL160_SR160%2C160_&refRID=05Y67N29KP60RVBCT
http://www.amazon.fr/SODIAL-Breadboard-dExperimentation-Soudure-Solderless/dp/B00JGFDKBQ/ref=pd_bxgy_60_img_2?ie=UTF8&refRID=06J6Y9SWYJYMN385BVC2
http://www.amazon.fr/Ecloud-Shop-Num%C3%A9rique-Temp%C3%A9rature-Humidit%C3%A9/dp/B00D5PZRE6/ref=cm_cr_arp_d_product_top?ie=UTF8
http://www.amazon.fr/DS1307-Module-dHorloge-Temps-R%C3%A9el/dp/B00CWX6UXY/ref=cm_cr_arp_d_product_top?ie=UTF8
http://www.amazon.fr/SODIAL-pieces-50-100K-ohm-Photoresistance/dp/B00HUHC9D2/ref=sr_1_1?ie=UTF8&qid=1458504009&sr=8-1&keywords=photoresistance
http://www.amazon.fr/SODIAL-Carbon-Resistance-Classe-Affranchissement/dp/B00K67YRD8/ref=sr_1_2?ie=UTF8&qid=1458504048&sr=8-2&keywords=resistance+220+ohm
http://www.amazon.fr/Just-Honest-Pi%C3%A8ces-R%C3%A9sistances-Resistor-0-25W/dp/B016S2G1SI/ref=sr_1_1?ie=UTF8&qid=1458504226&sr=8-1&keywords=resistance+10kohm
http://www.amazon.fr/Aukru%C2%AE-dalimentation-5-5mm-2-5mm-prise/dp/B00OLFZMQ2/ref=cm_cr_arp_d_product_top?ie=UTF8
http://www.amazon.fr/BMP180-capteur-pression-barom%C3%A9trique-num%C3%A9rique/dp/B00QAG7PBU/ref=sr_1_1?ie=UTF8&qid=1458505637&sr=8-1&keywords=capteur+pression+arduino
cf. site arduino revendeurs