



## 12 ENQUÊTER SUR SON TERRITOIRE Étudier, fabriquer et programmer un capteur avec les élèves

### ANNEXE 1

## Analyser le capteur de données environnementales smogy

À travers cette séquence, les élèves découvrent les éléments fondamentaux qui caractérisent le capteur de données environnementales *smogy* et appréhende la dimension socio-culturelle ainsi que la dimension d'ingénierie propre aux objets techniques.

### Principales compétences travaillées

S'approprier un cahier des charges

Analyser le fonctionnement d'un objet technique, ses fonctions et ses composants.

- » Représentation fonctionnelle des systèmes.
- » Structure des systèmes.
- » Chaîne d'information.
- » Principe de fonctionnement d'un capteur,

Associer des solutions techniques à des fonctions.

### Objectifs cognitifs

L'activité proposée permet l'appropriation par les élèves d'une culture faisant d'eux des acteurs éclairés et responsables de l'usage des technologies et des enjeux associés.

Cette étude des conditions d'utilisation d'un objet ancré dans une réalité sociale permet de développer l'approche sciences-technique-société.

### Champs disciplinaires pouvant être concernés

Technologies

### Contexte pédagogique

Cette activité permet d'analyser et de comprendre le dispositif d'acquisition de données environnementales smogy. Il semble opportun de démarrer par celle-ci avant de réaliser les activités "Réaliser le capteur de données environnementales smogy" et "Programmer le capteur de données environnementales smogy". Néanmoins, pour favoriser la démarche d'investigation, il est préférable que l'enseignant puisse mettre à disposition des élèves un dispositif réel.



## Déroulé

Le capteur de données environnementales **smogy** a été développé avec la classe de première STI2D du lycée François Mansart pour pouvoir être réalisé facilement et rapidement dans les établissements scolaires dans le cadre du cours de technologie. Ce travail a été mené en groupe de projet collaboratif et 5 propositions ont été réalisées. smogy est une de ces propositions. La formalisation de la demande et des attendus liés à ce projet a fait l'objet d'une séance de lancement. Pour cette présentation, l'objectif a été pour les élèves d'analyser et de comprendre les éléments fondamentaux qui caractérisent ce capteur de données environnementales. L'activité présentée ici reprend ces éléments et permet aux élèves de saisir la dimension socio-culturelle et la dimension d'ingénierie propre aux objets techniques.

La première partie permet aux élèves de s'appropriier la dimension socio-culturelle de cet objet technique. La démarche d'investigation a été privilégiée afin de favoriser les interrogations et les questionnements nécessaires à cette phase d'appropriation : Qu'est ce qu'un dispositif d'acquisition de données environnementales ? À quoi cela sert-il ? À quels besoins ou enjeux sociétaux répond-il ? Quels sont les modèles existants sur le marché ?

À ce stade de l'activité l'enseignant peut davantage délimiter les frontières du produit étudié. Quelles sont les spécificités de celui-ci, en quoi est-il différent des autres ? Est-il innovant ? Pourquoi ? Les élèves ont pu mettre en perspective la dimension didactique de ce dispositif d'acquisition de données environnementales et ses particularités : l'objet n'est pas fabriqué industriellement mais réalisé par des élèves dans les établissements scolaires durant le cours de technologies en utilisant des moyens de prototypage rapide comme l'impression 3D. Les élèves eux mêmes programment le dispositif grâce à un logiciel open source utilisant la représentation graphique. L'enseignant peut alors mettre en évidence les besoins spécifiques du dispositif didactique et étudier avec les élèves le cahier des charges de celui-ci. Les élèves ont ainsi pu participer à la définition de certaines fonctionnalités du produit mais aussi à la prise en considération des différentes contraintes : réalisation par impression 3D, composants plug and play, programmation par langage graphique, affichage des données mesurées, envoi des données en ligne...

La seconde partie de l'activité vise à faire découvrir aux élèves les principales notions d'ingénierie des systèmes. Grâce à des outils de descriptions et de représentations appropriés les élèves établissent les relations entre certaines fonctionnalités du cahier des charges et les solutions techniques associées. Une attention particulière peut être portée à la notion de design et permet de mettre en évidence les relation formes / fonctions inhérentes à l'architecture du produit. La forme n'est pas une fonction isolée mais découle de la prise en considération de toutes les fonctions et contraintes du cahier des charges. Ainsi il peut être intéressant de mettre en relation les fonctionnalités liées la circulation de l'air, à la protection du dispositif contre les infiltrations d'eau et à la contrainte de réalisation par impression 3D pour comprendre la géométrie de la coque avec sa double paroi. L'observation des éléments structurels réels complètent ce travail d'analyse.

La troisième partie permet d'appréhender avec les élèves la représentation de l'information et de son traitement et d'associer les solutions techniques utilisées pour assurer le fonctionnement du dispositif d'acquisition de données environnementales. La chaîne d'information est présentée, ainsi que les différents composants utilisées pour comprendre leurs rôles au sein du système.

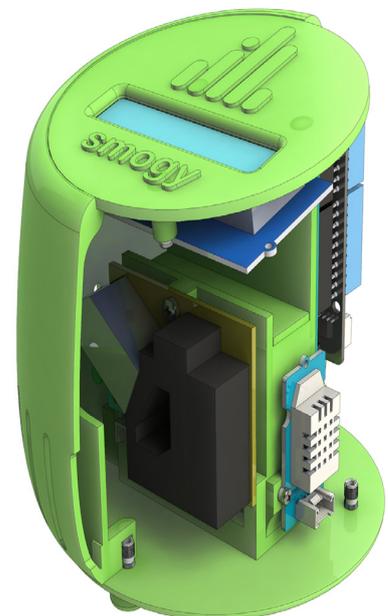
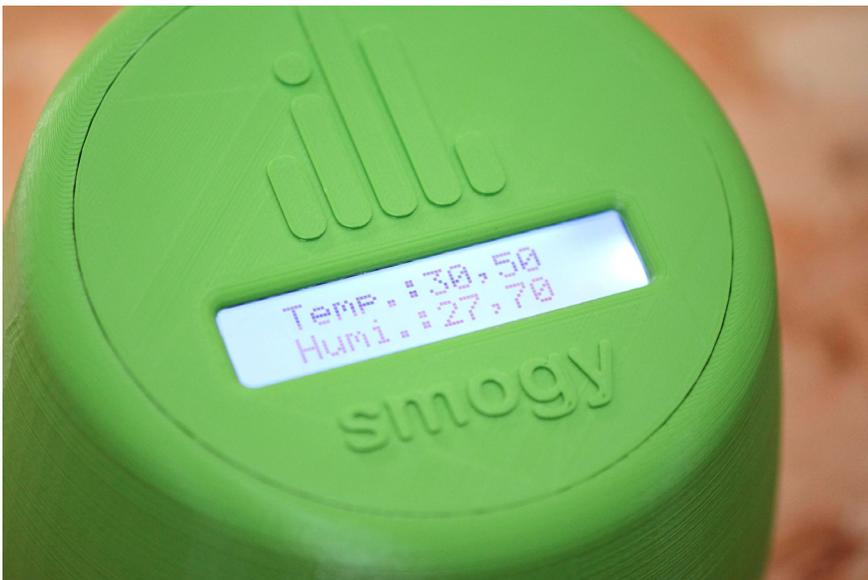
## Bilan/Retour d'expérience

Lors de la séance de lancement les élèves se sont bien appropriés la demande et la spécificité didactique du produit. L'enseignant a présenté les différents composants électroniques qui devaient être intégrés et les élèves ont pu les observer, les manipuler et les connecter sur la carte. Cette appropriation par la manipulation a été essentielle pour éveiller la curiosité et favoriser l'investigation des élèves à travers un jeu de questions / réponses. L'enseignant a présenté le rôle des composants et leurs relations dans la chaîne d'information et utilisé différents outils de description des systèmes.

La dimension liée au réel est importante. Pour favoriser la réussite de cette activité d'investigation, il semble nécessaire que les élèves puisse disposer du dispositif réel et l'observer dans des configurations montées et démontées.

## Ressources /Pour aller plus loin

Document ressource enseignant "Analyser et comprendre le dispositif d'acquisition de données environnementales smogy".





# 12 ENQUÊTER SUR SON TERRITOIRE Étudier, fabriquer et programmer un capteur avec les élèves

## ANNEXE 2

### Réaliser le capteur de données environnementales smogy

Au cours du projet “Prenons notre air en main”, les élèves ont utilisé des capteurs pour effectuer des mesures de la qualité de l’air sur le terrain (fiches 13 et 14). Plusieurs entreprises proposent pour environ deux cent euros des dispositifs estimant la concentration de CO<sub>2</sub> ou de particules fines (PM<sub>2,5</sub> ou PM<sub>10</sub>). Le capteur de données environnementales smogy développé avec la classe de première STI2D du lycée François Mansart à été conçu pour pouvoir être réalisé facilement et rapidement dans le cadre du cours de technologie, avec un budget inférieur à cent euros. Les éléments structurels ont été spécifiquement modélisés pour être fabriqués par impression 3D tandis que les composants électroniques utilisés simplifient la réalisation grâce à leur connectique plug-and-play sans soudure.

Cette séquence permet le développement des compétences liées à la réalisation d’un objet communicant. Les activités proposées favorisent l’implication des élèves dans le cadre d’activités de création numérique, au cours desquelles ils développent leur autonomie, mais aussi le sens du travail collaboratif.

Les modélisations numériques fournissent l’occasion de confronter une réalité virtuelle à la possibilité de sa réalisation matérielle et d’étudier le passage d’un choix technique aux conditions de sa matérialisation. Les activités de montage facilitent la compréhension de l’architecture du produit et le fonctionnement d’un objet technique.

#### Principales compétences travaillées

- Lire, utiliser et produire des représentations numériques d’objets.
- Mettre en oeuvre, de manière collaborative, des procédés de prototypage rapide pour fabriquer un objet technique.
- Suivre une procédure de montage et d’assemblage.
- Tester et valider le fonctionnement d’un produit.

#### Champs disciplinaires pouvant être concernés

- Technologies

#### Contexte pédagogique

##### prérequis, inscription de la séquence dans une progression...

La réalisation du capteur de données environnementales **smogy** succède à la séquence “Analyser le capteur de données environnementales smogy” et précède la séquence “Programmer le capteur de données environnementales smogy”. Ces séquences peuvent être réalisées indépendamment en fonctions des besoins pédagogiques.

#### Déroulé

Au lycée François Mansart, le groupe d’élèves qui a participé à la création et au développement du capteur de données environnementales **smogy** a testé la validation des différentes étapes de sa réalisation.

L’objectif de la première partie de l’activité est de fabriquer les éléments structurels en PLA (Acide Polylactique : matière plastique d’origine végétale, utilisant communément de l’amidon de maïs comme matière première) par impression 3D . À partir des fichiers des éléments au format STL (le format STL pour Stéréolithographie est le format de fichier lu par les logiciels d’impression 3D), les élèves ont généré les fichiers d’impression en utilisant le logiciel de l’imprimante du laboratoire et procédés aux différents paramétrages. Afin d’optimiser le nombre d’impressions, le groupe a décidé d’associer plusieurs pièces sur un même plateau. La géométrie des éléments structurels a été spécialement conçue pour pouvoir être imprimée sans utiliser de matière support. Elles sont donc immédiatement utilisables dès la sortie de l’imprimante. Les élèves ont pu constater la bonne tenue mécanique des éléments imprimés et la qualité des finitions. Pour des raisons esthétiques, seul le couvercle nécessite d’être imprimé en utilisant de la matière support. Il a donc fait l’objet d’une impression isolée. Sa géométrie simplifiée permet cependant de retirer la matière support facilement et rapidement.



Dans la seconde partie de la séquence le groupe a procédé à l'assemblage des composants avec les différents éléments structurels. Les élèves se sont répartis les tâches : intégrer les inserts métalliques, visser les différents composants électroniques (la carte Wemos, le capteur de température et d'humidité, le capteur de particules fines PM<sub>2,5</sub> et l'écran LCD) et coller le couvercle sur la coque. Ils ont ensuite procédé au câblage des composants sur le shield Grove. Un élève a adapté le câblage électrique du connecteur d'alimentation à l'interrupteur de mise sous tension. Toutes ces opérations ont été réalisées sans difficulté particulière. Les composants se montent précisément sur les éléments structurels. Les élèves ont enfin procédé à l'assemblage de la structure interne avec la coque. Il ne restait plus qu'à valider son bon fonctionnement grâce à un programme test préalablement chargé dans la carte par l'enseignant. **Smogy** était terminé et opérationnel !

### Bilan/Retour d'expérience

L'ensemble des activités d'impression et d'assemblage a été réalisé rapidement en classe et a permis aux élèves de vivre les différentes étapes de réalisation d'un objet communicant dans le cadre du cours de technologies sans difficulté ni lassitude.

Le nombre limité d'éléments structurels et leurs dimensions réduites ont permis une fabrication rapide, avec seulement trois cycles d'impression. Cette rapidité a favorisé le déroulement des activités sans rupture temporelle.

La possibilité de tester le dispositif immédiatement à la fin de la séquence grâce au programme test préalablement chargé dans la carte a permis aux élèves de valider leur travail et d'éprouver beaucoup de fierté !

Le coût total du dispositif d'acquisition de données environnementales **smogy** s'élève environ à 80 euros. 73 euros pour les composants et 7 euros pour la matière utilisée.

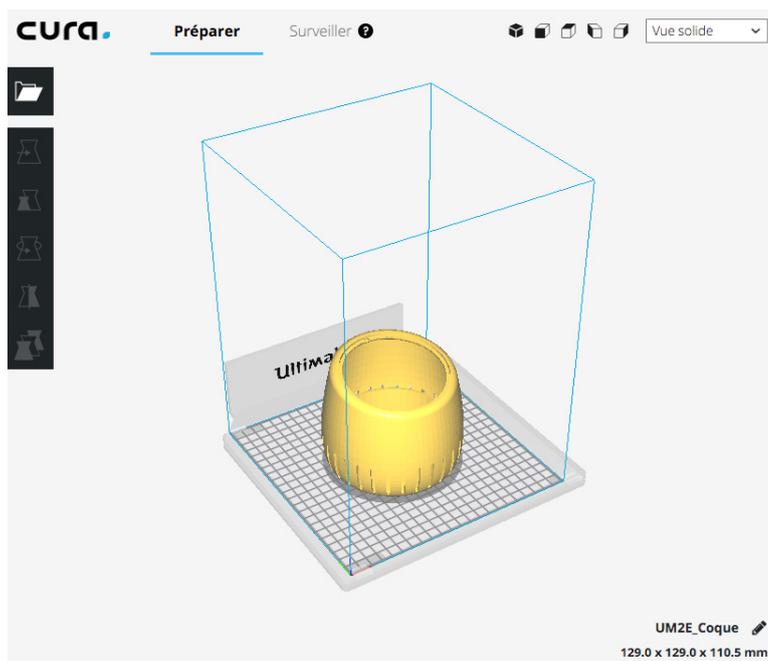
### Ressources /Pour aller plus loin

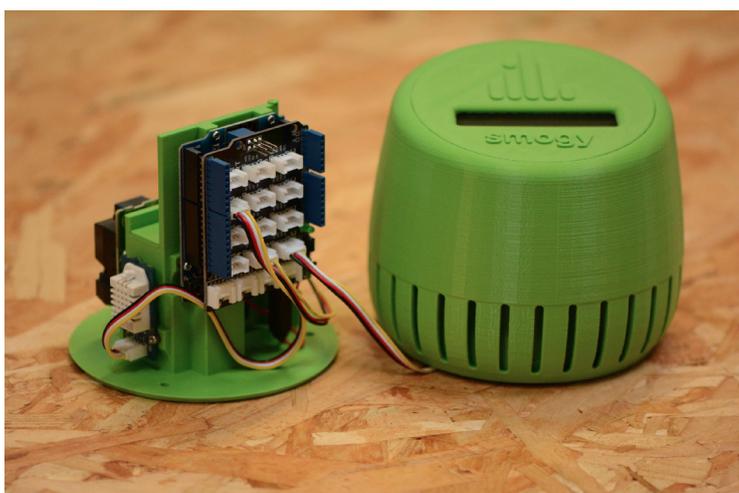
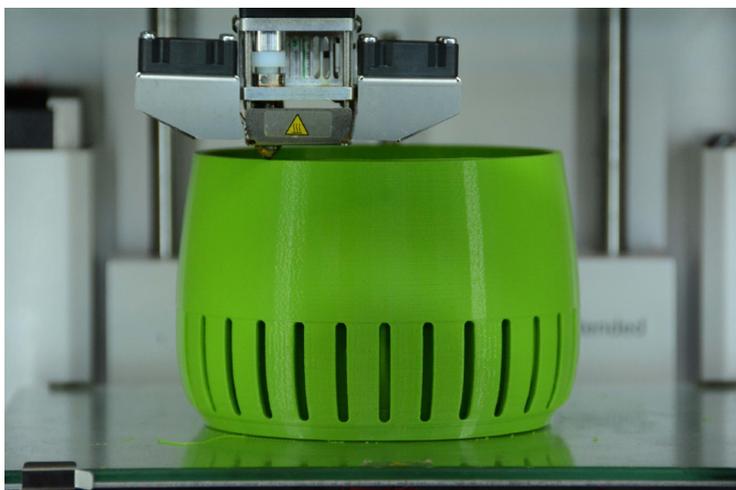
Document ressource enseignant "Réaliser le capteur de données environnementales smogy" qui décrit toutes les étapes de fabrication, la procédure d'assemblage avec les photos, les vues 3D, etc.

Fichiers 3D Format Solidworks 2013

Fichiers 3D pour impression Format STL

Programme Ardublock Test







# 12 ENQUÊTER SUR SON TERRITOIRE Étudier, fabriquer et programmer un capteur avec les élèves

## ANNEXE 3

### Programmer le capteur de données environnementales smogy

Apprendre à programmer, c'est apprendre à résoudre des problèmes et à travailler collaborativement de manière créative. Cette séquence immerge les élèves dans l'univers de la programmation des objets communicants. Les activités proposées s'adaptent facilement au niveau d'enseignement : afficher les données mesurées sur un écran LCD mais aussi les partager dans une application en ligne.

Cette séquence permet aux élèves d'acquérir des méthodes qui construisent la pensée algorithmique et développe des compétences dans la représentation de l'information et de son traitement, la résolution de problèmes et le contrôle des résultats. Ils sont guidés pour concevoir tout ou partie des programmes, les compiler et les exécuter afin de répondre au besoin du système et des fonctions à réaliser. La conception, la lecture, et la modification de la programmation sont réalisées avec un logiciel utilisant la représentation graphique. L'interprétation des mesures réalisées leur permet de développer leur distance critique, de faire des recherches documentaires et de communiquer sous forme orale.

Remarques importantes concernant la mesure du taux de particules fines  $PM_{2,5}$

Le taux de particules fines  $PM_{2,5}$  fluctue énormément lors d'une mesure. Dans le cadre d'une utilisation pédagogique une lecture instantanée sur l'écran n'est donc pas préconisée.

Pour faire sens auprès des élèves il est recommandé de collecter les valeurs sur une période d'étude de 24 heures et de les envoyer dans l'application Thingspeak. Les courbes peuvent être alors lissées pour permettre une lecture pertinente des variations de celle-ci, l'identification de ses extremums et les créneaux horaires associés. (Voir Activité "Mesurer...")

#### Principales compétences travaillées

- Appliquer les principes élémentaires de l'algorithmique et du codage
- Modifier un programme existant dans un système communicant, afin d'améliorer son comportement et ses performances pour mieux répondre à une problématique donnée.
- Écrire, mettre au point et exécuter un programme commandant un système connecté à partir d'un cahier des charges et vérifier le comportement attendu.
- Mesurer des grandeurs.
- Interpréter des résultats expérimentaux, en tirer une conclusion et la communiquer en argumentant. Formaliser une partie de sa recherche sous une forme orale.

#### Champs disciplinaires pouvant être concernés

- Les notions algorithmiques sont traitées conjointement en mathématiques et en technologie.

#### Contexte pédagogique

La programmation du dispositif d'acquisition de données environnementales **smogy** s'inscrit dans la continuité de la séquence "Réaliser le capteur de données environnementales **smogy**". Les activités de programmation se déroulent sur postes informatiques en classe et permettent une interdisciplinarité entre les mathématiques et la technologie.



## Déroulé

Les activités proposées dans cette séquence ont permis aux élèves du lycée François Mansart d'avancer graduellement dans la programmation du dispositif d'acquisition de données environnementales **smogy**. Le langage graphique du logiciel **Ardublock** facilite la traduction des différents scénarios associés aux fonctionnalités du cahier des charges. La première partie de la séquence a pour objectif de programmer le dispositif **smogy** pour acquérir des données de l'environnement, à savoir la température et le taux d'humidité et de les afficher sur l'écran LCD. Les élèves se sont appuyés sur le document ressource pour réaliser la première partie du programme : afficher un message d'accueil pendant 5 secondes puis afficher la température sur la première ligne de l'écran. Ils ont ensuite complété en autonomie le programme pour afficher le taux d'humidité sur la seconde ligne de l'écran. Le programme d'un groupe a été transféré par le câble USB dans la carte Wemos puis testé en classe.

Afin de valider la justesse des mesures du capteur de données environnementales **smogy**, les élèves ont comparé la valeur de la température affichée sur l'écran avec celle d'un thermomètre du laboratoire. Celle-ci était similaire. La classe n'avait pas d'hygromètre en sa possession pour corroborer le taux d'humidité.

La fin de l'activité a été l'occasion pour la classe de s'interroger sur les valeurs renvoyées par les capteurs et leurs conséquences sur la santé : Le taux d'humidité est-il normal / élevé ? Quelles sont les valeurs moyennes de référence ? Quelles sont les conséquences d'une humidité excessive ? Pour pouvoir répondre à ces questionnements les élèves ont procédé à des recherches sur internet et un groupe a présenté ses travaux et ses conclusions.

La seconde partie de la séquence a pour objectif d'envoyer les données environnementales collectées par **smogy** (notamment les particules fines  $PM_{2,5}$ ) vers l'application en ligne **Thingspeak** afin de les stocker, les mettre en forme et les analyser. L'activité proposée dans cette seconde partie a permis aux élèves de créer un objet connecté capable d'établir la traçabilité des données environnementales issues des différents capteurs : température, taux d'humidité et quantité de particules fines.

La visualisation des courbes de données se fait dans un navigateur web en cliquant sur les liens hypertextes donnés dans l'activité. Pour compléter ce travail de programmation et réaliser des mesures de quantité de particules fines  $PM_{2,5}$  les élèves pourront réaliser la séquence "Analyser la qualité de l'air sur son territoire"

Pour mener cette seconde partie avec les élèves et permettre une analyse pertinente des mesures de particules fines  $PM_{2,5}$  l'enseignant devra au préalable configurer chaque dispositif d'acquisition de données environnementales **smogy** sur le site Thingspeak (cf Ressources enseignant "Configurer Thingspeak" et "Préparer l'analyse des données dans Thingspeak")

## Bilan/Retour d'expérience

Les élèves de première du lycée François Mansart ont réalisé sans difficulté particulière les différentes activités proposées dans cette séquence. Le travail de recherche documentaire sur les conséquences des particules sur la santé permet une recontextualisation immédiate de l'utilisation du dispositif en classe. Cela a aussi permis de revenir sur les besoins auxquels celui-ci répond et son intérêt dans un contexte lié au développement durable. De part sa nature et son ancrage dans l'actualité technologique, la dimension "objet connecté" de la seconde partie et la possibilité de mesurer la quantité de particules fines  $PM_{2,5}$  dans leur environnement ont été très appréciées des élèves.

## Ressources /Pour aller plus loin

Document ressource enseignant "Programmer le capteur de données environnementales smogy"

Document ressource enseignant "Configurer Thingspeak"

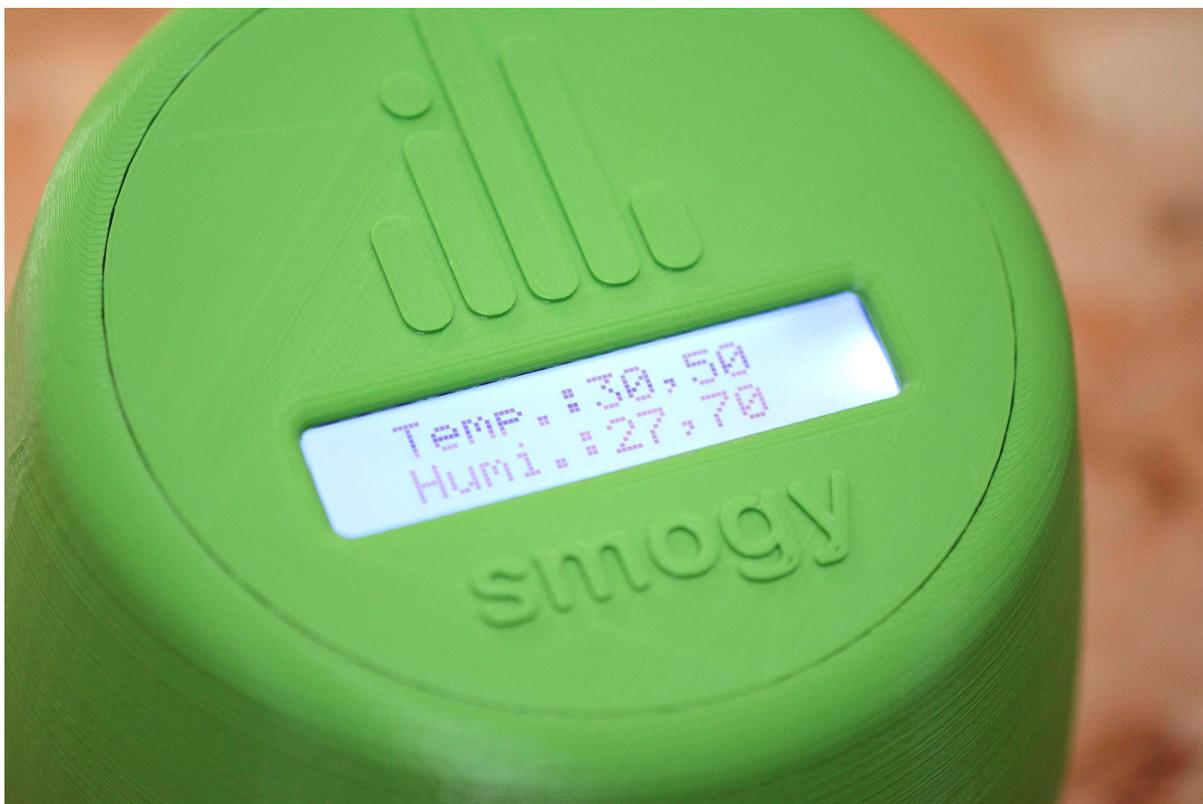
Document ressource enseignant "Préparer l'analyse des données dans Thingspeak"

Lien vers le logiciel de programmation Ardublock Augmenté sur le site [Duinoedu.com](http://www.duinoedu.com) :

: <http://www.duinoedu.com/arduinoaugmente.html>

Lien vers l'application Thingspeak en ligne : <https://thingspeak.com>

Programmes Ardublock



Private View

Public View

Channel Settings

Sharing

API Keys

Data Import / Export

+ Add Visualizations

+ Add Widgets

Data Export

MATLAB Analysis

MATLAB Visualization

### Channel Stats

Created: about 3 hours ago  
Updated: about an hour ago  
Last entry: about an hour ago  
Entries: 5

