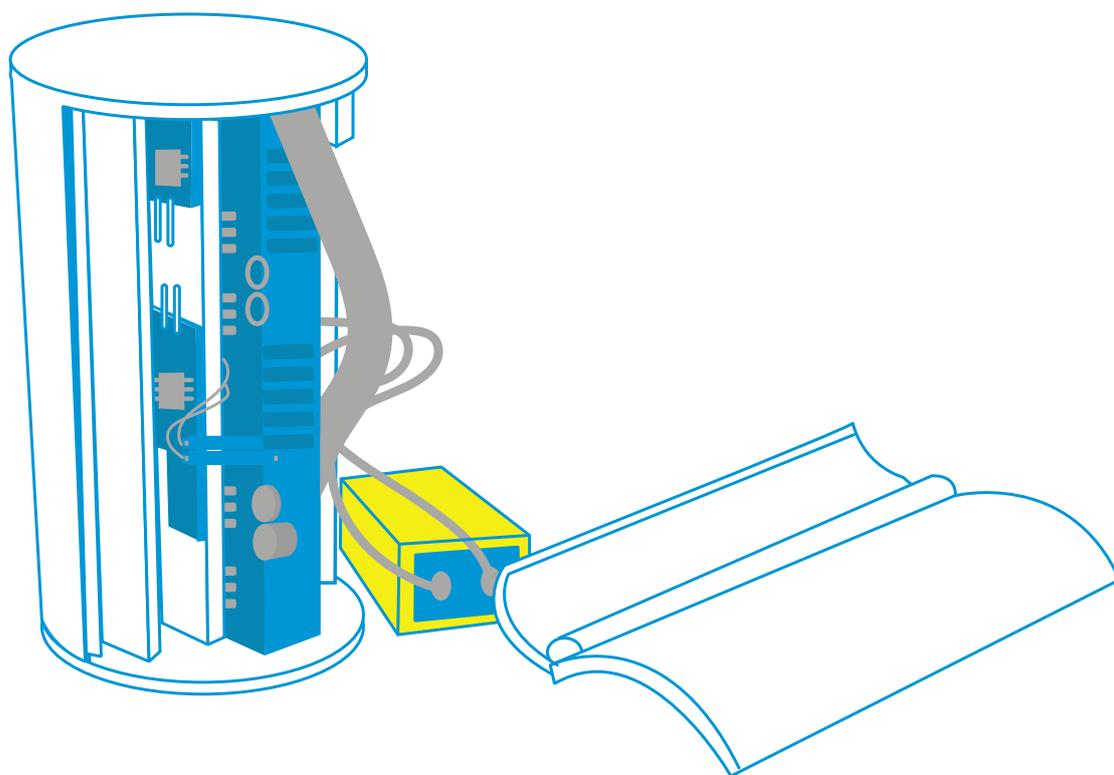
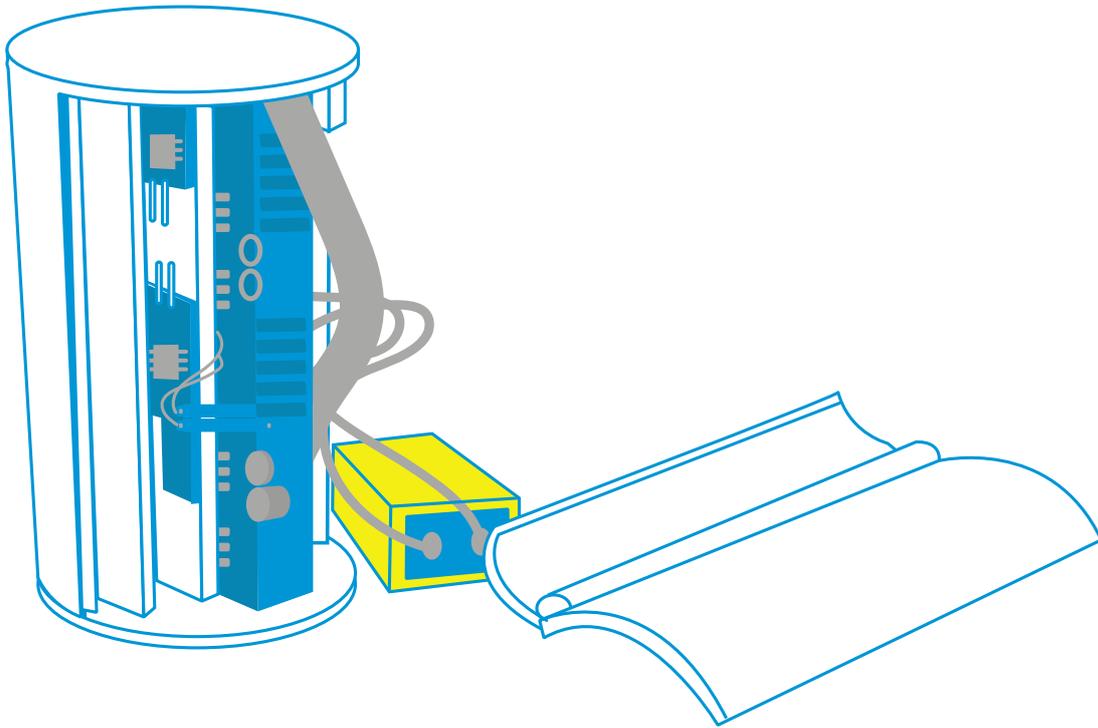


teach with space

→ Débuter avec un CanSat

Un guide pour réaliser la mission principale





Eléments clés	page 3
Résumé des activités	page 4
Introduction	page 5
GUIDE DU PROFESSEUR	
Activité 1: Les composants de base	page 6
Activité 2: L'électronique de base	page 7
Activité 3: Communiquer avec le CanSat	page 8
Activité 4: Réunir tous les éléments	page 8
FICHE ELEVE	page 9
Liens utiles	page 29

teach with space – Débuter avec un CanSat | T08
www.esa.int/education (EN)
www.esero.fr ou <https://www.planete-sciences.org/espace/CanSat/CanSat-Lycee> (FR)

Vos commentaires et retours d'expérience sont les bienvenus, contacter :
ESA Education à cansat@esa.int
ESERO France à esero.france@cnes.fr
Planète Sciences sur clubs-espace@planete-sciences.org

Une production ESA Education
en collaboration avec ESERO Irlande et ESERO Belgique
traduite et adaptée en français par ESERO France

Copyright 2017 © European Space Agency
Copyright 2020 © ESERO France, CNES, Planète Sciences

→ Débuter avec un CanSat

Un guide pour réaliser la mission principale

Informations clés

Tranche d'âge : 14 - 20 ans

Liens avec le programme scolaire :

Électronique, programmation, mathématiques

Complexité : Moyen

Temps de cours requis : 90 minutes

Méthodologie : Apprentissage basé sur des projets

Fiches pédagogiques liées :

Rencontrez Arduino ! Communication radio,
Concevez votre parachute

Mots-clés : Capteurs, Résistance, Radio,
Communication, Protocoles, Soudure, CanSat

Résumé

Ce module décrit les principales caractéristiques de la mission principale du concours CanSat Lycée. Dans le cadre de celle-ci, les équipes doivent mesurer la température et la pression ainsi qu'envoyer ces informations à leur station au sol. Les étudiants apprendront les différences entre les capteurs qu'ils peuvent utiliser et les défis associés à la réalisation de la mission principale. Ce module est associé à un ensemble de fiches s'attardant plus précisément sur chaque point.

Objectifs d'apprentissage

- ✓ Les connaissances de base requises pour assembler et exécuter la mission principale du CanSat
- ✓ Comment fonctionnent les capteurs : thermistance et capteur de pression atmosphérique
- ✓ L'électronique de base : La loi d'Ohm
- ✓ Comment collecter des données à partir d'un capteur à résistance - en utilisant un circuit diviseur de tension
- ✓ Soudure de composant

Résumé des activités

Résumé des activités					
	Titre	Description	Résultat	Exigences	Temps
1	Les composants de base	Les élèves découvrent les composants essentiels d'un CanSat	Les élèves pourront choisir les capteurs les plus pertinents pour leur CanSat et le justifier	Aucunes	30 minutes
2	Electronique de base	Les élèves sont guidés tout au long de l'application de la loi d'Ohm pour les résistances et les ponts diviseurs de tension	Les étudiants se familiarisent avec la façon dont fonctionnent les capteurs de résistances et leurs objectifs dans un CanSat.	Activités précédentes	15 minutes
3	Communiquer avec le CanSat	Cette activité informe sur la façon dont communique un CanSat avec une station au sol, et les protocoles de communication associés	Les élèves apprennent les bases de la communication sans fil et comment les Composants du circuit communiquent les uns avec les autres.	Activités précédentes	20 minutes
4	Tout assembler	Cette activité résume l'assemblage d'un CanSat : l'ajustement des composants entre eux, la soudure, la batterie, le boîtier...	Les élèves comprennent l'importance de la bonne réalisation d'une soudure et d'être capable de sélectionner tous les composants nécessaires à la mission principale.	Activités précédentes	25 minutes

Introduction

Le concours CanSat comporte deux grands défis : la mission principale et la mission secondaire.

Dans la mission principale, les équipes CanSat doivent enregistrer la température et la pression de l'air avec le CanSat et envoyer les données à la station au sol.

La mission secondaire est un défi ouvert pour lequel les équipes doivent concevoir leur propre enquête à l'aide du CanSat.

Pour mener à bien la mission principale, les équipes doivent comprendre l'électronique de base et savoir comment utiliser les capteurs pour mesurer la température et la pression. L'objectif principal de ce guide est de leur fournir ces connaissances.

En suivant cette ressource et en identifiant les éléments nécessaires pour mener à bien la mission principale, votre équipe disposera de toutes les informations dont elle a besoin pour se lancer dans le défi CanSat !

Mission principale du CanSat

L'équipe doit construire son CanSat et le programmer pour qu'il accomplisse au moins la mission suivante.

Après le largage et pendant la descente, le CanSat doit mesurer les paramètres suivants et transmettre les données associées par télémétrie à la station au sol au moins une fois par seconde :

- Température de l'air
- Pression de l'air

Dans votre CanSat final, cela fera probablement partie d'un circuit beaucoup plus complexe, avec des composants également liés à votre mission secondaire.

Il est préférable d'installer d'abord les circuits en utilisant une plaque de prototypage (breadbord). Après avoir vérifié le circuit et le code pour s'assurer qu'il fonctionne, les composants peuvent être soudés.

À la fin de cette ressource, vous trouverez plusieurs liens vers des sites web qui présentent plus en détail les différents éléments dont nous allons parler.

Activité 1 : Les composants de base

Cette activité donne aux élèves un aperçu des principaux éléments requis pour la mission principale du CanSat. Cela permet aux élèves d'apprécier la complexité de la mission CanSat, en considérant les différentes options disponibles pour chaque composant.

Exercice 1

1. Pouvez-vous penser à certains problèmes liés à l'utilisation d'une thermistance pour mesurer la température de l'air ?

Lorsqu'un courant passe à travers une résistance, de la chaleur est générée. Cela signifie que la température mesurée sera supérieure à la température ambiante de l'environnement, en raison de l'auto-échauffement de la résistance. Cela peut être encore plus important si le capteur de température est placé près d'autres composants, tels que l'unité centrale, car ils génèrent également de la chaleur.

Exercice 2

Les élèves sont invités à remplir un tableau avec des informations sur différents capteurs, dont le BMP280. Ils doivent être encouragés à mener leurs propres recherches, par exemple en utilisant l'internet et des fiches techniques. Ils pourraient explorer différents types (pression, température) et différents modèles du même type, par exemple en comparant deux capteurs de température.

Activité 2 : Électronique de base

Maintenant que les élèves sont familiarisés avec les éléments clés de la mission principale de CanSat, ils sont prêts à apprendre comment ces éléments fonctionnent. Cette activité fournit une introduction à la loi d'Ohm ainsi que des informations sur la façon de calculer la résistance d'une résistance et de mettre en place un circuit diviseur de tension.

Exercice

1. Quelle est la valeur de la résistance ci-dessous ?

En utilisant le graphique fourni au élèves, on trouve que la résistance est égale à $15 \times 100\Omega$ ou 1500Ω .

Exercice bonus

Dans cet exercice, les élèves doivent utiliser leurs compétences en mathématiques pour résoudre le système d'équations données ci-dessous afin de trouver l'expression pour V_{out} en fonction de V_{in} , R_1 et R_2 .

$$V_{in} = I \cdot (R_1 + R_2) \text{ et } V_{out} = I \cdot R_2$$

La première étape consiste à trouver l'expression de I dans chacune des deux équations :

$$I = \frac{V_{in}}{R_1 + R_2} \text{ et } I = \frac{V_{out}}{R_2}$$

Maintenant, on peut donc égaler les deux expressions de I :

$$\frac{V_{out}}{R_2} = \frac{V_{in}}{R_1 + R_2}$$

Et trouver ainsi l'expression de V_{out} recherchée :

$$V_{out} = \frac{V_{in} \cdot R_2}{R_1 + R_2}$$

Cette équation nous permet de calculer la tension de sortie d'un circuit diviseur de tension, à condition de connaître la tension d'entrée et la valeur des deux résistances. C'est le principe de base sur lequel se basent de nombreux capteurs.

Activité 3 : Communiquer avec votre CanSat

Cette activité rassemble les travaux précédents en examinant la façon dont nous communiquons avec nos CanSat. Les élèves doivent être prêts à préparer l'électronique nécessaire à la réalisation de la mission principale, mais il manque une étape essentielle ! Les informations que le CanSat collecte doivent être envoyées à une station au sol. Pour ce faire, nous devons comprendre comment l'électronique communique et examiner les composants que nous pouvons utiliser pour communiquer avec eux.

Activité 4: Communiquer avec votre CanSat

Dans l'activité 4, les élèves apprennent comment assembler les composants de la mission principale du CanSat, en utilisant des cartes à souder et en soudant. Une introduction à la technique de soudure est donnée. Les élèves sont sensibilisés aux mesures de sécurité à prendre lors du soudage. Des informations sur l'alimentation du CanSat sont également présentées. Les considérations importantes pour décider comment alimenter CanSat sont brièvement abordées.

Exercice 1

1. Pourquoi les cellules solaires sont-elles l'option préférée pour les satellites, et pourquoi seraient-elles moins utiles pour votre CanSat ?

Les satellites restent en orbite pendant de longues périodes et ont donc besoin d'une source d'énergie indéfinie. Le Soleil est une excellente source d'énergie pour cela. Mais alimenter votre CanSat de cette manière est problématique. Tout d'abord, il y a une restriction de taille et de poids, ce qui rend difficile la construction d'un panneau solaire suffisamment grand. Deuxièmement, comme une grande partie du rayonnement du Soleil est absorbée par l'atmosphère, les panneaux solaires au sol sont beaucoup moins efficaces que ceux en orbite.

Exercice 2

Les étudiants sont invités à remplir un tableau avec les éléments qu'ils ont choisis, la raison de leur choix et une option de secours. L'exercice final doit motiver les élèves à discuter des avantages et des inconvénients des composants, en tant que pièces individuelles, et à justifier leurs décisions quant à leur utilisation dans un CanSat.

Discussion

Le but principal de ces activités est de permettre aux élèves de se familiariser avec les composants et les capteurs de base qui peuvent être utilisés pour construire un CanSat. Ils doivent apprécier la variété des capteurs disponibles pour chaque objectif, et comment chacun a ses avantages et ses inconvénients. Ils devraient donc être capables de prendre des décisions éclairées sur les composants qui conviendraient à leur CanSat.

Vous pouvez développer la discussion à la fin de l'activité 4 pour inciter les élèves à se demander s'ils modifieraient l'un de leurs choix, ou s'ils utiliseraient la meilleure alternative suivante, s'ils tiennent compte du fait que tous ces composants doivent fonctionner et former un système intégré dans un CanSat. D'autres facteurs, tels que les restrictions de taille et de poids pour le défi européen CanSat, peuvent exiger des compromis. À ce stade, vous pourriez établir des liens avec les objectifs de mission des lignes directrices de CanSat et, en particulier, discuter des objectifs qui devraient être prioritaires (par exemple, la mission principale obligatoire par rapport à vos propres missions secondaires).

Activité 1: Les composants de base

Introduction

Les éléments essentiels nécessaires à la réalisation de la mission principale du CanSat sont répartis entre votre CanSat et votre station au sol. Alors que votre CanSat volera à bord d'une fusée, d'un ballon ou d'un drone, votre station au sol sera installée au sol. C'est là que vous recevrez les données de votre CanSat à l'aide d'une antenne.

Les composants du CanSat

- Un microcontrôleur ou un ordinateur adapté (tel qu'un Arduino ou un Raspberry Pi)
- Un capteur de température (tel qu'une thermistance)
- Un capteur de pression atmosphérique (tel qu'un MPX4115A)
- Un émetteur-récepteur sans fil (tel qu'un APC220, X-Bee ou LoRa)
- Une antenne (normalement une antenne quart d'onde)
- Un parachute ou un dispositif similaire permettant un atterrissage sûr et contrôlé
- Une source d'énergie

Composants de la station au sol

- Un émetteur-récepteur sans fil
- Une antenne (normalement une antenne Yagi)
- Un microprocesseur ou un ordinateur adapté (comme un Arduino, un Raspberry Pi ou votre ordinateur portable)

À l'exception du parachute, les composants de votre CanSat doivent tenir dans le volume d'une canette de 330 ml (diamètre max. = 66 mm ; hauteur max. = 115 mm ; masse = 300 à 350 g) jusqu'au lancement. Les modules GPS et l'antenne radio peuvent être montés à l'extérieur du haut ou du bas de la canette, à condition de ne pas dépasser les limites de taille.

Note : Consultez le règlement pour toutes les exigences.

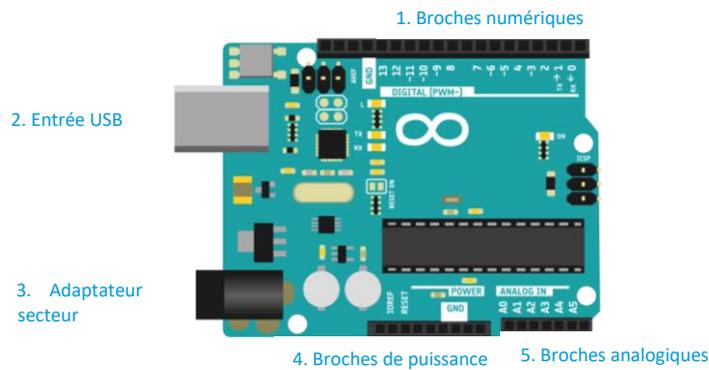
Microcontrôleurs et ordinateurs

Les microcontrôleurs ont un large éventail de fonctions. Un microcontrôleur diffère d'autres produits que vous pourriez connaître (comme un Raspberry Pi) car il nécessite une entrée d'un ordinateur avant de pouvoir fonctionner et n'est pas un appareil autonome. Un type de microcontrôleurs très répandu est un Arduino. Une fois que vous avez téléchargé votre code et alimenté le microcontrôleur, il peut fonctionner indépendamment d'un ordinateur !

Un Raspberry Pi diffère d'un microcontrôleur car il s'agit d'un ordinateur. Sur la carte du Raspberry Pi se trouve tout ce dont il a besoin pour fonctionner et exécuter un code. Un CPU embarqué signifie qu'un Raspberry Pi peut offrir une plus grande puissance de calcul qu'un microcontrôleur. Un Raspberry Pi Zero est un Raspberry Pi miniature et à faible coût et est un choix courant pour les projets CanSat. Le choix du microcontrôleur ou micro-ordinateur est libre ! Vous devrez tenir compte de la compatibilité avec les capteurs que vous voulez utiliser ainsi que du langage de programmation avec lequel vous êtes le plus

confiant. À la fin de cette ressource, vous trouverez des liens vers les sites web Arduino et Raspberry Pi, où vous pourrez en savoir plus sur ces deux options.

Ci-dessous, une carte Arduino et une Raspberry.



La carte Arduino peut être séparée en 5 composants majeurs

- 1. Broches numériques** - Il y a 13 broches configurées pour les entrées numériques*. 6 d'entre elles (3, 5, 6, 9, 10 et 11) sont des broches PWM. Plus d'informations sur le PWM peuvent être trouvées dans la ressource de communication radio
- 2. Entrée USB** - utilisée pour connecter l'Arduino à un ordinateur
- 3. Adaptateur secteur** - Pour connecter plus de 5V à l'Arduino (7-12V)
- 4. Broches d'alimentation** - Ces broches peuvent être utilisées pour alimenter l'Arduino jusqu'à 5V
- 5. Broches analogiques** - Il y a 6 broches configurées pour les entrées analogiques*

**Par défaut, il s'agit d'entrées, mais elles peuvent également être définies comme des sorties ; pour plus d'informations, voir : <https://www.arduino.cc/en/Tutorial/DigitalPins>*

La carte d'assemblage (Breadboard)

Pendant que vous apprenez les bases d'Arduino et des capteurs, il est préférable d'utiliser une carte sans soudure, car toute erreur commise dans la construction de votre circuit peut être facilement corrigée. Une breadboard est un outil simple qui peut être utilisé pour relier des composants électriques entre eux.

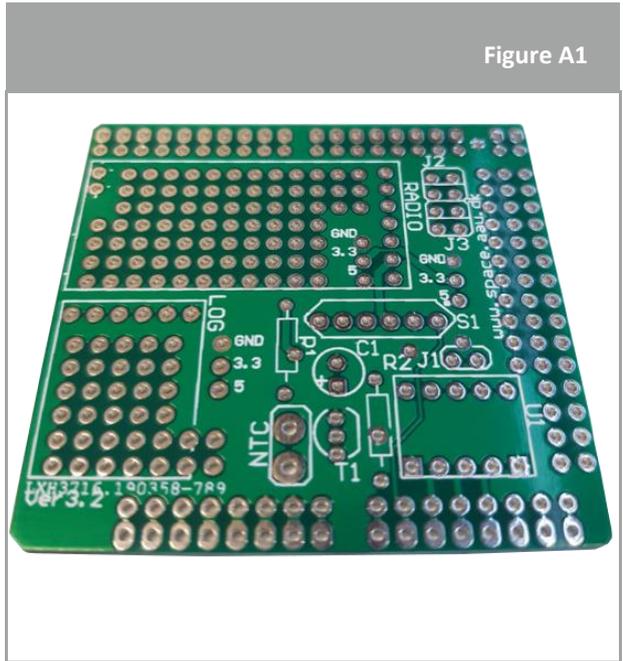


Figure A1

↑ Breadbord avec soudures

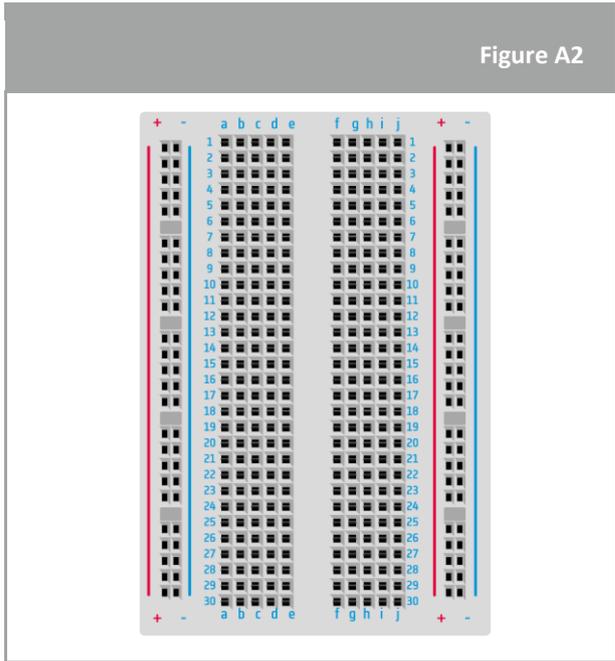


Figure A2

↑ Breadboard sans soudures

Les broches des composants électriques peuvent être placées dans les bornes de la carte. Au centre, les rangées sont connectées. Cela signifie, par exemple, que les deux broches d'une résistance doivent être placées dans des rangées différentes, sinon elle formera un circuit fermé avec elle-même. Il est très important de faire un croquis de votre circuit avant de le brancher et de l'alimenter, car vous risquez de casser les composants. Les colonnes « + et - » situées à l'extérieur de la planche sont connectées en colonnes, plutôt qu'en lignes. Généralement, elles sont utilisées pour fournir des connexions de terre et de tension afin de réduire la complexité de l'installation.

Lorsque vous assemblez la version finale de votre CanSat, vous devez utiliser une *breadboard* avec soudures, « typique ». Nous y reviendrons dans l'activité 4 !

Le capteur de température

Les capteurs de température peuvent être divisés en ces catégories principales :

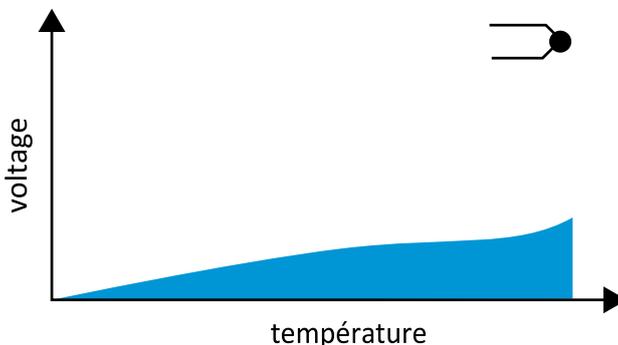
- Thermistances
- Capteurs de température analogique
- Thermocouples

Une thermistance à deux pattes typique est une thermistance à coefficient de température négatif (CTN). Lorsque la température augmente, la résistance électrique du composant diminue (et vice versa). La variation de la résistance peut être mesurée directement avec un multimètre, mais pour l'introduire dans l'Arduino, nous devons convertir la variation de la résistance électrique en une variation de tension - nous y reviendrons plus tard.

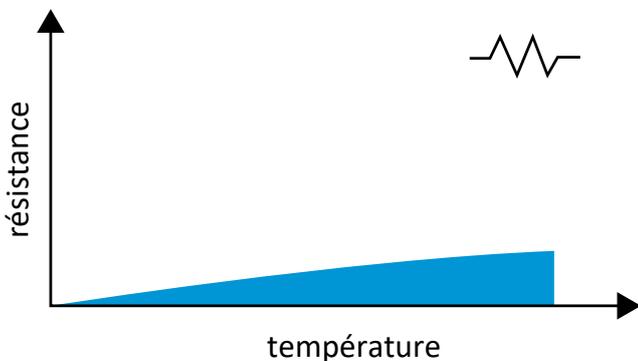
Les capteurs analogiques sont bon marché et ne nécessitent aucun étalonnage. Cependant il est important d'étalonner la chaîne de mesure afin de déterminer le passage de la tension à l'unité physique.

Les thermocouples mesurent la température en utilisant l'effet thermoélectrique présent entre deux métaux différents. Cet effet a été découvert par Thomas Seebeck. Ici encore, la physique sous-jacente n'est pas importante, mais vous pouvez en savoir plus [ici](#).

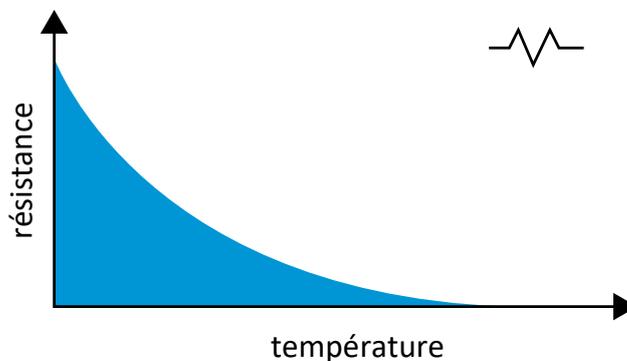
THERMOCOUPLES



RTD



THERMISTOR



Pour choisir le capteur à utiliser dans votre CanSat, vous devez comparer les spécifications techniques en utilisant la fiche technique du fabricant. Le capteur que vous choisissez doit correspondre au mieux aux objectifs de votre mission. Vous devrez peut-être aussi tenir compte du nombre de broches disponibles. Par exemple, une carte Arduino Uno a plus de broches numériques que de broches analogiques. En fonction de votre mission secondaire, vous devrez peut-être donner la priorité à ces broches.

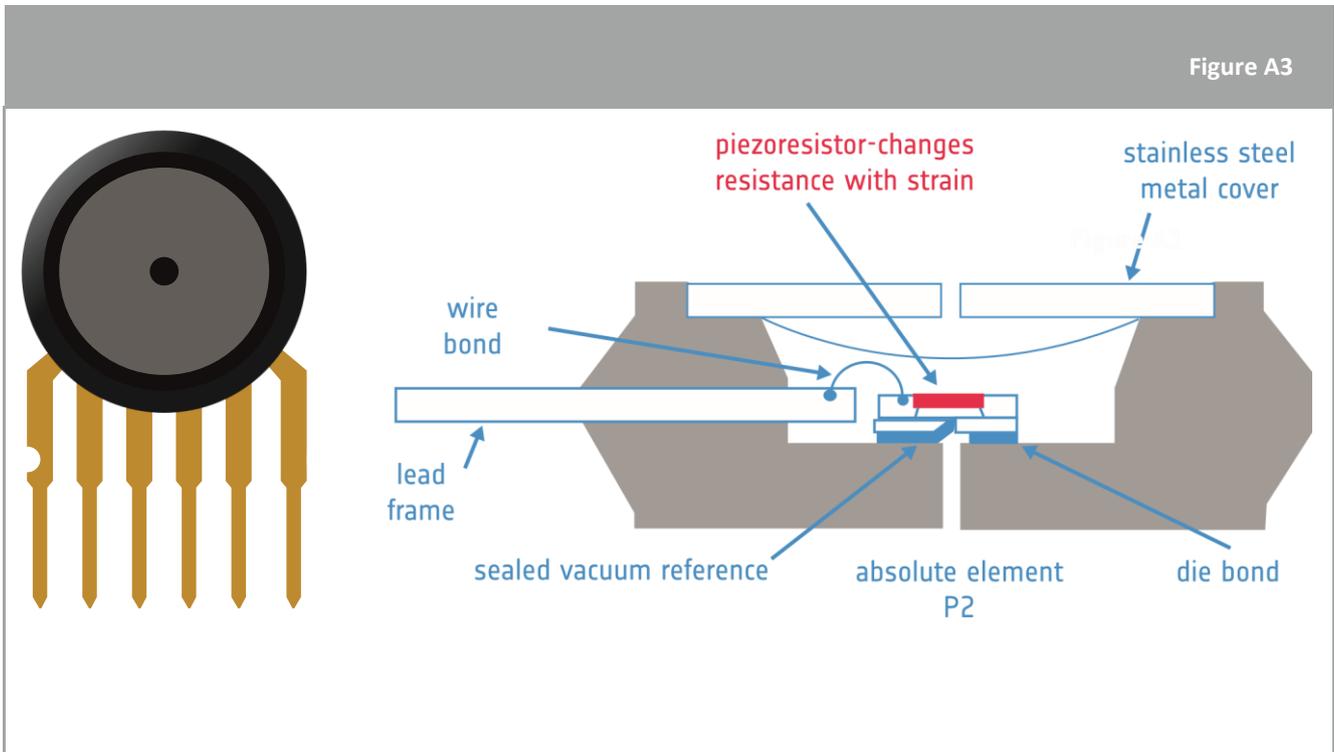
Exercice 1

1. **Pouvez-vous penser à d'autres problèmes liés à l'utilisation d'une thermistance pour mesurer la température de l'air ?**

Conseil : Que se passe-t-il lorsqu'un courant traverse un matériau (résistif ou non) ?

Capteur de pression atmosphérique

Le capteur de pression atmosphérique MPX4115A est un composant à 6 pattes, dont seulement 3 pattes sont utilisées pour les mesures. Ce capteur est couramment utilisé dans les CanSats. Le capteur est fabriqué en scellant une cavité grâce à une petite piézorésistance. Si vous utilisez un autre capteur, vous devez consulter la fiche technique fournie par le fabricant pour plus d'informations



↑ Le capteur de pression atmosphérique MPX4115A et un schéma de l'intérieur du capteur, montrant les éléments piézorésistifs

Mais...qu'est-ce qu'une piézorésistance?

Une piézorésistance est une résistance dont la résistance varie lorsqu'elle est soumise à une contrainte mécanique, telle qu'un étirement ou une flexion. Lorsque la pression atmosphérique change, la piézorésistance se courbe légèrement. Cette "flexion" modifie la résistance électrique de la piézorésistance.

Dans le capteur MPX4115A, le changement de résistance est converti en une tension à l'intérieur du boîtier du capteur lui-même. Cette tension est ensuite traitée par la carte Arduino selon le code. Là encore, il existe de nombreux types de capteurs de pression différents. Si le MPX4115A est peut-être le plus courant, il n'est peut-être pas le mieux adapté à votre projet !

Autres capteurs

Le capteur de pression numérique BMP280 est une alternative très populaire aux capteurs de température et de pression évoqués. Ce capteur combine un capteur de pression et un capteur de température en une seule unité, ce qui en fait une solution idéale pour la mission principale de CanSat. Le capteur BMP280 est bon marché et très petit. Cela signifie que vous pouvez mener à bien la mission principale tout en utilisant très peu du budget et de l'espace disponible pour votre CanSat, ce qui rend possible des missions secondaires plus passionnantes !



European Space Agency

Le capteur est généralement capable de mesurer jusqu'à 1 hPa de pression et 85°C de température. Le plus grand avantage de l'utilisation d'un capteur aussi populaire est peut-être la quantité d'information disponible si vous rencontrez des problèmes ! Le capteur de température du BMP280 est proche d'autres composants électriques qui vont transporter des courants. Or, comme vous le savez, tout ce qui transporte un courant a une résistance et génère donc de la chaleur. La température indiquée peut donc être supérieure à la température ambiante - vous devez en tenir compte dans vos mesures !

Considérations importantes

Sensibilité : quelle est la variation minimale pouvant être mesurée par le capteur ?

Temps de réponse : à quelle vitesse le capteur réagit-il à un environnement changeant ?

Linéarité : la réponse est-elle linéaire (sur la plage requise pour les mesures) ?

Portée : quelle est la valeur min/max qui peut être mesurée par le capteur ?

Hystérésis : le capteur a-t-il la même sortie pour les mêmes conditions ambiantes ; par exemple, un capteur de température produirait-il les mêmes valeurs pour la température mesurée, que la température augmente ou diminue ? C'est un phénomène que vous avez peut-être déjà rencontré lors de l'étude du magnétisme.

Exercice 2

Faites des recherches sur la fiche technique du BMP280, un capteur de pression (par exemple le MPX4115A) et un capteur de température (par exemple une thermistance) et notez leurs caractéristiques dans le tableau ci-dessous. Il y a également deux colonnes vides pour ajouter d'autres capteurs.

	BMP280	MPX4115A	Thermistance		
Gamme de travail					
Précision					
Temps de réponse					
Coût					
Puissance requise					

Activité 2 : Électronique de base

Introduction

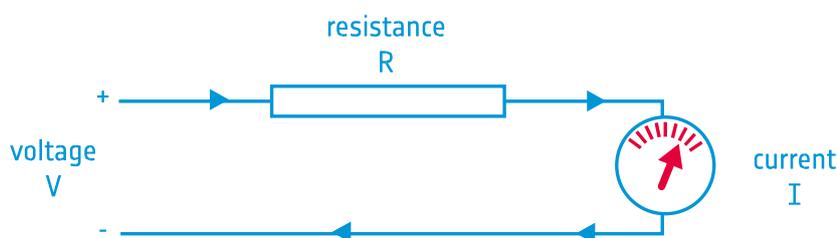
Maintenant que nous avons une idée des différents types de composants disponibles pour la mission principale, voyons comment ces composants fonctionnent. Dans la section suivante, nous allons examiner les équations de base utilisées dans l'électronique qui sont utilisés par les capteurs.

Tension et courant : Loi d'Ohm

Avant de commencer la mission principale, il est bon de comprendre les concepts fondamentaux de l'électricité. La loi d'Ohm décrit comment les principales caractéristiques d'un circuit électronique sont liées les unes aux autres : tension, courant et résistance.

Dans les matériaux électriquement conducteurs classiques tels que le cuivre, l'or, l'argent, etc., les électrons peuvent facilement circuler à travers le matériau - une tension V (fournissant de l'énergie potentielle) fournit la "poussée" nécessaire pour que les électrons continuent à circuler (débit = courant I) à travers un circuit.

La loi d'Ohm nous permet de prédire le courant qui passe (I) à travers une résistance (R) lorsqu'une tension (U) est appliquée à un circuit comme dans le schéma qui suit :



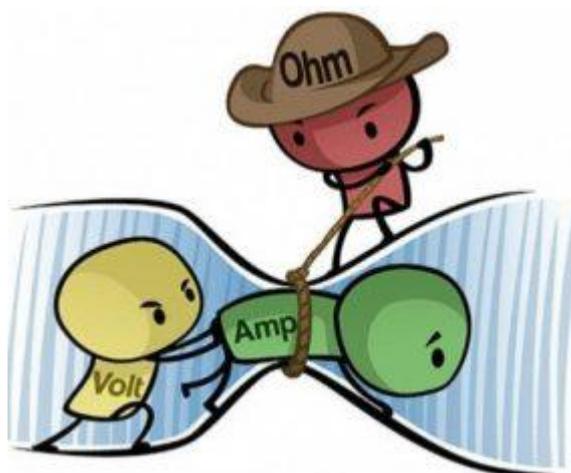
Loi d'Ohm :

$$V = R \cdot I$$

Qui peut être réécrite pour donner :

$$I = \frac{V}{R}$$

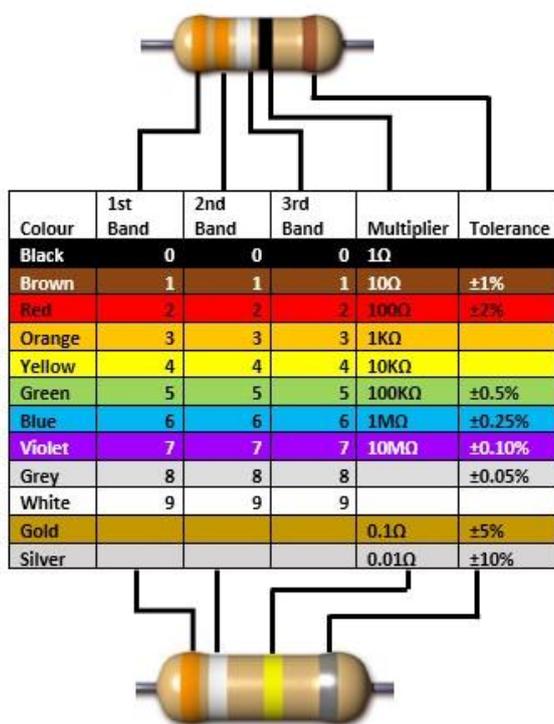
Ainsi, si la tension que nous appliquons au circuit est constante, nous pouvons ajuster le courant qui circule en modifiant la résistance électrique.



Résistances

Les résistances sont des éléments essentiels de tout circuit électrique. Nous avons déjà parlé d'un type spécial de résistance, la thermistance. Les résistances normales, bien qu'elles ne fournissent aucune mesure utile en elles-mêmes, peuvent être utilisées pour contrôler la tension et le courant qui circulent dans les composants de votre circuit. La résistance que vous utilisez, mesurée en ohms, doit être adaptée. Mais comment savoir quelle valeur de résistance choisir ? Par exemple, pour une thermistance typique, vous pouvez utiliser une résistance de faible valeur, telle que 220kΩ, alors qu'une LED typique nécessitera une résistance de valeur beaucoup plus importante, telle que 10kΩ. Si vous ne choisissez pas la bonne résistance, le circuit risque de ne pas se comporter comme vous l'attendez.

Une solution simple consiste à utiliser un ohmmètre. Cela vous donnera une lecture instantanée. Cependant, vous pouvez également calculer vous-même la résistance en regardant les bandes colorées sur la résistance.



Par exemple, les deux résistances dans le graphique ont des résistances de 339Ω ±1% (en haut) et 390,000Ω (390MΩ) ±10% (en bas)

Exercice

1) Quelle est la valeur de la résistance ci-dessous ?

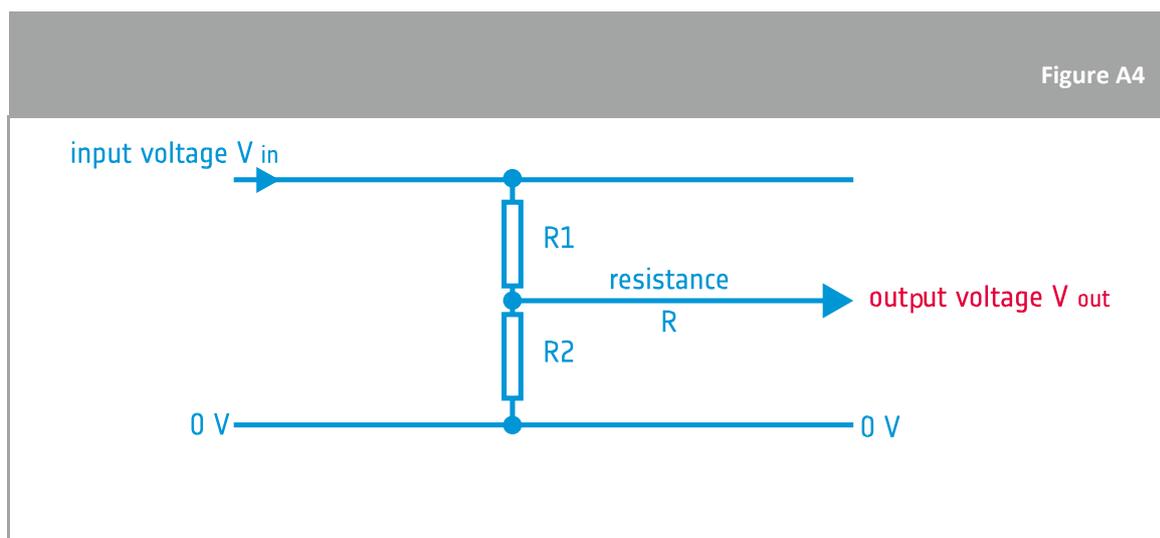


Le circuit diviseur de tension

De nombreux capteurs montrent une variation de la résistance électrique proportionnelle à la variation du paramètre mesuré. Par exemple, la résistance d'une thermistance change en réponse à un changement de la température ambiante. Cependant, l'Arduino n'est pas capable de mesurer directement une variation de résistance, mais seulement une variation de tension. Par conséquent, pour qu'une thermistance puisse communiquer des informations sur la température à l'Arduino, nous devons modifier la sortie en fonction d'une tension changeante au lieu d'une résistance changeante.

Cela se fait à l'aide d'un circuit diviseur de tension. Sur trois résistances, deux sont connues, la troisième étant la thermistance : la variation de tension mesurée (V_{out}) sera alors provoquée par la thermistance. Cette augmentation ou cette diminution de tension peut ensuite être mise en correspondance avec une augmentation ou une diminution de la température, à l'aide d'une fonction de transfert. Une fonction de transfert est une équation simple qui nous indique la relation entre la tension mesurée et la température.

Pour calculer la fonction de transfert, nous devons d'abord analyser le circuit, et éventuellement mettre la température en fonction de la tension. N'oubliez pas de vérifier la fiche technique du capteur que vous utilisez afin de rassembler toutes les informations dont vous avez besoin pour obtenir votre fonction de transfert.



↑ un circuit de pont diviseur de tension

Dans ce circuit, R1 et /ou R2 pourraient être remplacés par une thermistance

Exercice bonus

Le courant (I) qui passe par les résistances $R1$ et $R2$ peut être calculé à l'aide de la loi d'Ohm ($V=IR$). Essayez de résoudre le système d'équations ci-dessous, pour obtenir une expression finale pour V_{out} en fonction de la tension initiale et des résistances.

Si :

$$V_{in} = I (R1 + R2) \text{ et } V_{out} = I(R2)$$

$$I = \underline{\hspace{2cm}} \text{ et } I = \underline{\hspace{2cm}}$$

Alors on peut combiner les équations pour enlever I:

=

Mais nous voulons savoir comment V_{out} évolue selon les autres paramètres, donc nous réécrivons l'équation comme ceci :

$$V_{out} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Comme V_{in} est fixe (tout comme $R1$), nous pouvons convertir une résistance changeante ($R2$) en une tension changeante en utilisant le circuit diviseur de tension.

Astuce : un courant électrique qui circule génère de la chaleur dans le matériau qu'il traverse (par exemple le matériau d'une thermistance) et cela modifie à son tour sa résistance électrique. Pour minimiser l'effet d'auto-échauffement, il est conseillé d'allumer le circuit juste avant de prendre une mesure. Prenez la mesure rapidement, puis coupez à nouveau le circuit après la mesure. Cela permet de réduire le temps de circulation du courant et donc la quantité de chaleur produite.

Activité 3 : Communiquer avec le CanSat

Introduction

Vous devriez maintenant être prêt à choisir l'électronique nécessaire à l'exécution de la mission principale, mais il manque une étape essentielle ! Les informations que le CanSat recueille doivent être envoyées à une station au sol. Pour ce faire, nous devons examiner les composants que nous pouvons utiliser pour communiquer et la façon dont l'électronique communique.

Émetteurs-récepteurs (ou modules radio)

Nous savons comment utiliser un Arduino et des capteurs pour collecter des données de température et de pression. Mais comment recevons-nous les informations que notre CanSat recueille ? Nous pouvons bien sûr enregistrer les données et recueillir les informations lorsque nous collectons le CanSat, mais dans le cadre de la mission principale, votre CanSat doit transmettre des informations à votre station au sol toutes les secondes. C'est une exigence pour deux raisons.

Tout d'abord, il vous donne un avant-goût d'une vraie mission satellite ! Deuxièmement, nous ne pouvons pas contrôler toutes les conditions d'un lancement, et cela signifie parfois que nous ne pouvons pas récupérer tous les CanSat. En transmettant des informations, vous pouvez toujours compléter l'étape d'analyse de votre projet.

Les émetteurs-récepteurs sans fil sont utilisés pour relayer les informations entre un CanSat et une station au sol. Ils fonctionnent par paires, de la même manière que vous avez pu utiliser des talkies-walkies quand vous étiez plus jeune (ou maintenant !). Le CanSat et la station au sol sont tous deux équipés d'une antenne. L'antenne CanSat transmet les informations et l'antenne de la station au sol les reçoit. Afin d'éviter les perturbations et les interférences, chaque équipe participant à une compétition se voit attribuer sa propre fréquence, comme les canaux d'un talkie-walkie. Cela signifie que vous ne recevez les informations que de votre propre CanSat, et aucune autre source. En fait, le mot "émetteur-récepteur" est une composition de deux mots - transmettre et recevoir, exactement ce que l'émetteur-récepteur peut faire.

Nous nous concentrerons sur les différentes options dont vous disposez pour choisir un émetteur-récepteur et sur les critères que vous pourriez vouloir utiliser pour décider lequel choisir.

Lorsqu'il s'agit de choisir un émetteur-récepteur, les critères les plus importants sont peut-être les fréquences de fonctionnement, la puissance requise et la taille physique des émetteurs-récepteurs. Bien entendu, il faut également tenir compte du coût des émetteurs-récepteurs. La conception d'un projet implique souvent un certain degré de compromis. Les composants parfaits pour chaque tâche ne sont pas nécessairement compatibles, pour une raison ou une autre.

Figure A5



↑ The APC220 module

Figure A6



↑ The RFM95 LoRa module

Figure A7



↑ The XBee module

L'un des choix les plus courants est l'APC220. Il est capable de communiquer sur une distance de 1000m et fonctionne entre 418MHz et 455MHz. Une alternative populaire est un module LoRa (comme le RFM95). Ils offrent généralement une portée plus importante -jusqu'à 2000m- , mais fonctionnent à des fréquences discrètes plutôt que sur une portée comme l'APC220. Le dernier module dont nous parlerons brièvement est le module XBee. Il diffère sensiblement des modules APC200 et LoRa car il fonctionne dans la gamme WiFi (2,4Ghz) plutôt que dans la gamme des MHz. Cela peut entraîner ses propres difficultés, comme par exemple des appareils proches causant des interférences. Selon le modèle, la portée peut varier de 400m à 1600m.

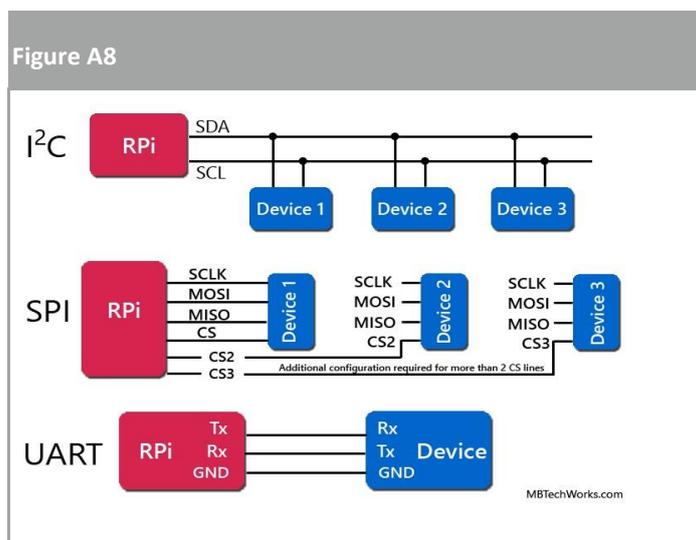
L'émetteur-récepteur le plus approprié pour votre CanSat varie d'une équipe à l'autre. Vous devez étudier la fiche technique de chacun d'entre eux et utiliser ces détails dans le cadre de votre évaluation, tout en tenant compte du reste de votre projet ! Pour plus d'informations, consultez notre ressource "Communication radio".

Protocoles de communication

Tous les systèmes électroniques utilisent un ou plusieurs systèmes pour communiquer entre les composants. Les trois principaux systèmes que nous utiliserons pour un CanSat sont UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter), SPI (serial peripheral interface) et I2C (Inter-Integrated circuit).

Communication UART

UART signifie "Universal Asynchronous Receiver-transmitter". La principale différence entre UART et SPI et I2C est la partie "asynchrone" ! Mais qu'entendons-nous par "asynchrone" ? Comme vous l'avez peut-être deviné, c'est le contraire de synchrone, mais comparons ce qu'ils signifient tous deux pour les communications.



La communication synchrone, c'est comme appeler quelqu'un au téléphone. Vous composez d'abord un numéro et attendez que l'autre personne décroche. À partir de ce moment, lorsque vous envoyez des données (parler), le destinataire est capable de recevoir (entendre) immédiatement et de renvoyer ses propres données (parler) que vous pouvez recevoir (entendre). Lorsque vous voulez arrêter d'envoyer des données, vous envoyez un message pour le préciser au destinataire (Au revoir !) et vous êtes alors libre d'effectuer d'autres tâches.

La communication asynchrone ressemble davantage à l'envoi d'une lettre. Après avoir envoyé une lettre, l'émetteur (expéditeur) est en mesure d'accomplir d'autres tâches en attendant une réponse. Quelque temps après, l'expéditeur peut vérifier dans sa boîte aux lettres s'il a reçu une réponse et agir en conséquence !

L'UART est largement utilisé et bien documenté et pourrait donc être résumé comme un système simple et facile à utiliser, mais bien sûr, cela comporte des limites :

1. Un aspect important à noter concernant la communication UART est qu'elle est conçue pour la communication entre deux appareils seulement à la fois (pas si utile dans un CanSat complexe). Comme le protocole n'envoie que des bits indiquant le début d'un message, le contenu du message et la fin du message, il n'existe pas de méthode permettant de différencier les multiples dispositifs d'émission et de réception sur le même canal. Si plus d'un appareil tente de transmettre des données sur le même canal, il y a conflit et les appareils récepteurs recevront très probablement des données inutilisables !
2. L'UART est en semi-duplex, ce qui signifie que même si la communication peut se faire de manière bidirectionnelle, les deux appareils ne peuvent pas se transmettre de données en même temps. Dans un projet où deux Arduinos communiquent entre eux via une connexion série, par exemple, cela signifie qu'à un moment donné, un seul des Arduinos peut "parler" à l'autre. Pour la plupart des applications, cependant, ce fait est relativement peu important et ne présente aucun inconvénient.

Les utilisations typiques de UART CanSat sont :

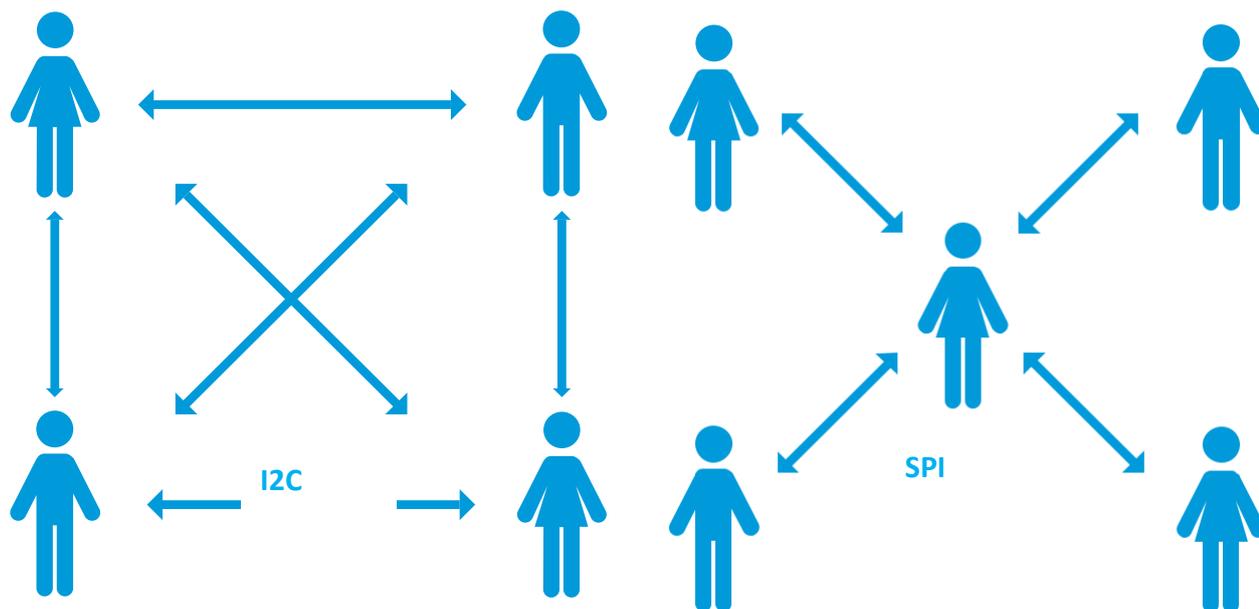
- Envoyer des messages de débogage et de développement à un PC,
- Communiquer avec des capteurs GPS,
- Communiquer avec des modems externes WiFi et GPRS (3G).

Communication I2C et SPI

I2C permet de connecter plusieurs appareils (jusqu'à 1008 !) à la même interface I2C, qui n'est qu'une paire de fils. Il permet également une communication bidirectionnelle sur ces deux fils et est donc idéal pour communiquer avec de nombreux capteurs. Les utilisations typiques de CanSat I2C sont : Capteurs "intelligents" (par exemple le BMP 280), accéléromètres, convertisseurs analogique-numérique, convertisseurs numérique-analogique, écrans LCD, gestion de batterie.

D'autre part, SPI est l'interface la plus complexe que le matériel Arduino supporte. Comme pour I2C, elle supporte également la communication bidirectionnelle avec plusieurs appareils mais offre un débit de données beaucoup plus élevé. Elle convient donc pour communiquer avec les appareils les plus complexes que vous pourriez connecter au CanSat. Les utilisations CanSat typiques du SPI sont les suivantes Caméras, cartes de stockage (par exemple cartes SD), modules GPS, modems WiFi.

Nous allons utiliser une analogie simple pour expliquer comment les différents composants se comportent dans un système SPI et un système I2C. SPI signifie "Serial Peripheral Interface" (interface périphérique série). I2C signifie "Integer-Integrated Circuit". Nous n'avons pas besoin de nous inquiéter outre mesure de l'origine de ces noms, nous devons simplement comprendre ce que ces protocoles signifient pour notre CanSat.



La figure ci-dessus montre notre analogie. À droite, le système SPI, à gauche le système I2C. Dans cette analogie, nos composants électriques sont remplacés par des personnes. Les flèches montrent la communication possible entre chaque personne. Comme vous pouvez le voir, dans le système SPI, il y a un composant chargé des communications, c'est le maître. Les autres composants sont appelés esclaves. Dans le système I2C, chaque composant peut communiquer avec les autres, de sorte qu'un seul composant à la fois peut être désigné comme maître. Le maître décide avec quel composant il communique les informations. L'"esclave" écoute le maître et envoie ou reçoit des données selon les besoins. Dans le protocole I2C, la situation est dynamique. Chacun des composants peut envoyer la commande "écouter" et devenir le maître.

Vous pourriez penser que le protocole I2C sonne beaucoup mieux, mais la réalité de nos circuits n'est pas aussi simple que l'analogie. Si le protocole I2C est plus facile à mettre en place, le transfert de données est plus lent que le protocole SPI et il consomme généralement plus d'énergie. Le choix du protocole de communication doit être évalué comme toute autre partie de votre projet, mais vous pourriez aussi constater qu'il est restreint par les propriétés des capteurs que vous utilisez dans votre CanSat.

Le tableau récapitulatif ci-dessous donne les principaux points à considérer concernant les protocoles.

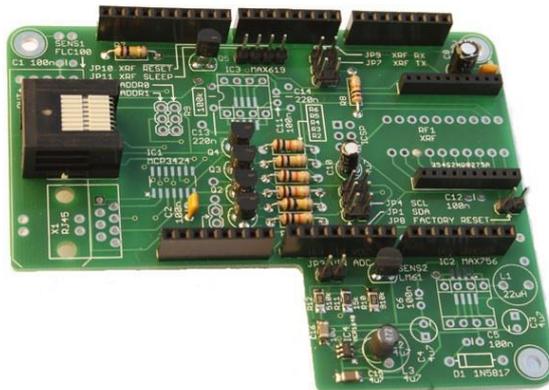
Table A1			
	Protocol		
	I2C	SPI	UART
Configuration	Nombreux maîtres et esclaves	1 maître, plusieurs esclaves	1 maître, 1 esclave
	Simple – 2 pins nécessaires	Complexe – 4 pins nécessaires	Simple – 2 pins nécessaires
Vitesse de transfert des données	Lent	Rapide	Lent
Consommation d'énergie	Haute	Basse	Haute

Activité 4 : Réunir tous les éléments

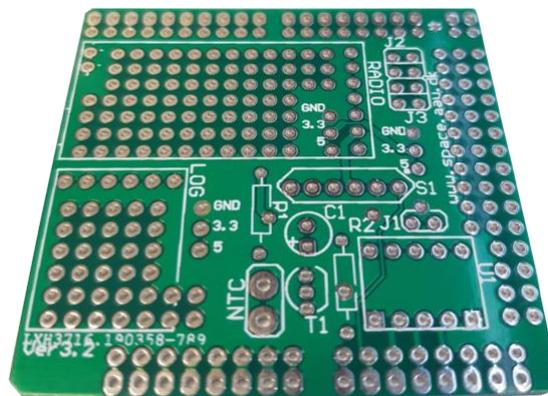
On y est presque ! Avec une compréhension de tous les éléments qui composent une mission principale CanSat, il ne reste plus qu'à assembler le tout ! Le concours CanSat offre des défis uniques, car vous devez réfléchir attentivement à l'espace qu'occupent vos composants et à la façon de les assembler. Nous allons maintenant examiner quelques moyens d'y parvenir et les différentes façons d'alimenter un CanSat.

La plaque de prototypage avec soudure

Au fur et à mesure que vous développez votre CanSat au-delà de la mission principale, vous devrez probablement connecter de plus en plus de capteurs à votre carte mère. Cela peut vite devenir compliqué. Deux solutions s'offrent à vous : utiliser une carte mère ou un shield. Le shield agit de la même manière qu'une plaque d'affichage, mais il est conçu spécialement pour être fixé à la carte mère. Vous pouvez voir un exemple de shield ci-dessous. Les shields peuvent cependant être plus chers qu'une carte d'affichage, car ils sont faits sur mesure pour être utilisés avec des microcontrôleurs spécifiques.



Les plaques de prototypages, en revanche, sont très bon marché et très polyvalentes. Elles sont similaires aux breadboard sans soudure dont nous avons parlé précédemment. La principale différence réside dans le fait que les connexions électriques sont réalisées à l'aide de soudure. Vous trouverez ci-dessous un exemple de plaque d'essai soudée.



Bien que nous nous concentrons uniquement sur la mission principale dans cette ressource, vous devez toujours garder à l'esprit la direction que prendra votre projet afin de vous assurer que ce que vous construisez est pérenne. Il est donc important de choisir une extension appropriée pour la carte mère !

Soudures

Le lancement de votre CanSat implique une accélération et des forces importantes, ce qui pourrait causer des problèmes si les connexions de votre circuit sont faibles. Pour résoudre ce problème, nous utilisons des soudures. La soudure est utilisée pour assurer une connexion électrique permanente entre les composants électriques. Un métal (l'étain) est fondu et utilisé pour relier les connexions.

Le métal qui est utilisé pour relier les connexions est appelé la soudure. Il est nécessaire que ce métal ait un point de fusion plus bas que les fils, car vous ne voulez pas que ceux-ci fondent ! La soudure est appliquée au niveau de la jointure grâce à un fer à souder. Cette étape pourrait paraître relativement peu importante, par rapport au choix ou à la programmation des capteurs, mais une soudure de mauvaise qualité serait la première chose à lâcher durant un vol.

Le plus gros avant de la soudure, c'est sa durabilité et sa fiabilité surtout par rapport à des connexions par plots (sans soudure). A cause des vibrations dues au vol puis à la chute, il est très important que les soudures soient de qualité pour que le projet fonctionne.

Figure A9



Sécurité :

- Les fers à souder fonctionnent généralement entre 300 et 400 °C.
- Portez toujours des lunettes de sécurité et veillez à ne rien placer accidentellement à proximité ou sur le fer chaud.
- Débranchez le fer à souder après utilisation et laissez-le refroidir complètement avant de le ranger.

Une **bonne technique de soudure** est nécessaire pour obtenir des soudures solides:

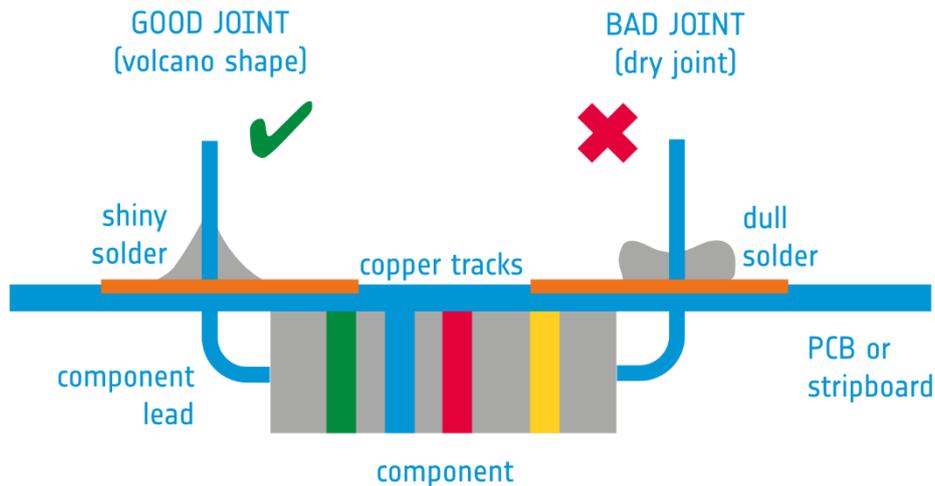
- Amenez le fer à souder sur la patte du composant à souder ; attendez 2 à 3 secondes pour la chauffer avant d'appliquer une petite quantité de métal grâce au fil.
- Laissez le métal fondre complètement autour de la patte du composant ; retirez le fil, puis le fer à souder.
- Assurez-vous que le composant ait refroidi avant de passer à l'étape suivante.

Un **bon joint de soudure** se produit lorsque la soudure "mouille" les surfaces à joindre. La forme doit être de type volcanique.

De mauvaises soudures se produisent pour de nombreuses raisons, notamment lorsqu'on utilise trop de métal, que le fer chauffe d'abord la soudure (avant de chauffer la patte du composant), ou que les surfaces ne sont pas propres.

Avant de souder les composants sur la carte de capteurs, il est bon de s'entraîner à souder en utilisant un morceau de carte de rechange. Une mauvaise soudure sera l'une des premières causes d'échec lors du lancement et cela pourrait vous empêcher de collecter des données !

Vous pouvez trouver plus d'informations sur le processus de soudure via les liens en fin de cette ressource.



L'alimentation du CanSat

Vous avez maintenant les connaissances de base nécessaires pour commencer à construire votre CanSat pour votre mission principale. Mais il y a une caractéristique importante de chaque CanSat dont nous n'avons pas encore discuté, à savoir comment alimenter votre CanSat ! Bien entendu, votre CanSat ne peut pas être connecté à un port USB lors de son lancement ; il doit disposer d'une source d'alimentation interne. Dans un satellite typique, l'énergie est fournie par des cellules solaires fixées à l'extérieur du satellite. Cependant, cela n'est pas possible dans le cadre du concours CanSat.

Exercice 1

1. **Pourquoi les cellules solaires sont-elles l'option préférée pour les satellites, et pourquoi seraient-elles moins utiles pour votre CanSat ?**

Il y a quelques considérations à prendre en compte lorsque vous décidez comment vous allez alimenter votre CanSat :

- Quel est le voltage nécessaire pour l'alimenter ?
- Quelle peut être la taille (physique) de la batterie ?
- Quelle est la capacité de la batterie (mAh) dont vous avez besoin ?
- Quel peut être le poids de la batterie ?

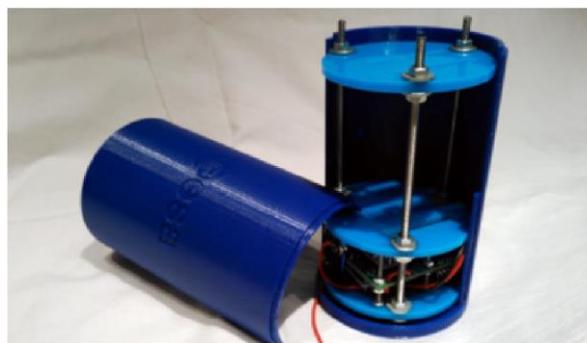
De nombreuses microcontrôleurs fournissent du 3,3 V ou du 5 V aux composants connectés, mais cela ne rend pas impossible l'utilisation d'une batterie de tension plus élevée, comme une pile de 9 V, car de nombreuses cartes contiennent également des "régulateurs" intégrés qui peuvent abaisser la tension d'entrée à un niveau approprié. Cependant, cela a souvent un coût, car de l'énergie est gaspillée dans ce processus. Vous devez vous demander si cette perte d'énergie est cruciale pour le succès de votre mission. Dans de nombreux cas, ce ne sera pas le cas, car le temps de vol du CanSat est relativement court.

Une batterie, telle qu'un chargeur de téléphone portable, est également une option appropriée. Il y en a de toutes formes et de toutes tailles, et leur capacité est variable. Certains sont également équipés d'appareils électroniques "intelligents" qui ne fournissent pas d'énergie si la puissance demandée par l'appareil est faible. Bien que cette fonction puisse être utile pour économiser l'énergie, vous devrez déterminer ce que l'électronique considère comme "faible" et si cela convient à votre CanSat.

Ajouter le « Can¹» au CanSat

La dernière étape, mais non la moindre, de la construction de votre CanSat consiste à construire un boîtier pour abriter tous les composants électriques de votre mission principale et secondaire. Cela permet non seulement de protéger les composants des forces importantes qu'ils subiront lors du lancement, mais aussi d'offrir une certaine protection contre l'environnement, comme une pluie légère ou des températures basses.

L'utilisation d'une imprimante 3D vous permet de monter le dossier pour vos spécifications exigeantes. Une conception en couches est une approche courante. Elle peut être utilisée pour séparer la mission principale et la mission secondaire, par exemple. L'utilisation d'un boîtier comme celui-ci vous permet également d'ajouter la fonction d'un boîtier facilement amovible, ce qui facilite grandement les réparations et les modifications à la volée de votre CanSat. Vous pouvez télécharger [ici](#) les fichiers .stl pour imprimer en 3D les différentes parties du boîtier que vous voyez sur l'image.



Ce guide a présenté une introduction à l'électronique et aux capteurs pour la mission principale de votre projet CanSat. Vous pouvez maintenant combiner votre compréhension de nos ressources de soutien pour construire votre mission principale.

¹ Canette en anglais

Exercice 2

Une fois que vous avez compris quels étaient les différents types de composants disponibles pour votre mission principale, il peut être judicieux de planifier la production, en utilisant un tableau comme celui-ci-dessous :

Tableau A2			
Élément	Composant choisis	Justifications	Meilleure alternative
Microcontrôleur			
Capteur de température			
Capteur de pression			
Emetteur - Récepteur			
Batterie			

Bonne chance !

→ Liens utiles

Information on how a Thermistor works: <https://en.wikipedia.org/wiki/Thermistor>

Information on the principles of a pressure sensor: https://en.wikipedia.org/wiki/Pressure_sensor

Information on the Piezoresistive effect:
https://en.wikipedia.org/wiki/Piezoresistive_effect

An introduction to the theory of, and building of a voltage divider circuit:
<https://learn.sparkfun.com/tutorials/voltage-dividers>

Information on the digital pins found on an Arduino:
<https://www.arduino.cc/en/Tutorial/DigitalPins>

A guide to soldering: <https://learn.sparkfun.com/tutorials/how-to-solder-through-hole-soldering>

Data-sheet for the MPX4115A pressure sensor: <http://www.farnell.com/datasheets/8723.pdf>

Adafruit and Sparkfun are two websites that provide sensors and components suitable for the CanSat Primary Mission: <https://www.adafruit.com/categories> <https://www.sparkfun.com/>

The .stl files for 3D printing the CanSat case part:
http://esamultimedia.esa.int/docs/edu/3d_printer_files_for_Cansat_case.zip