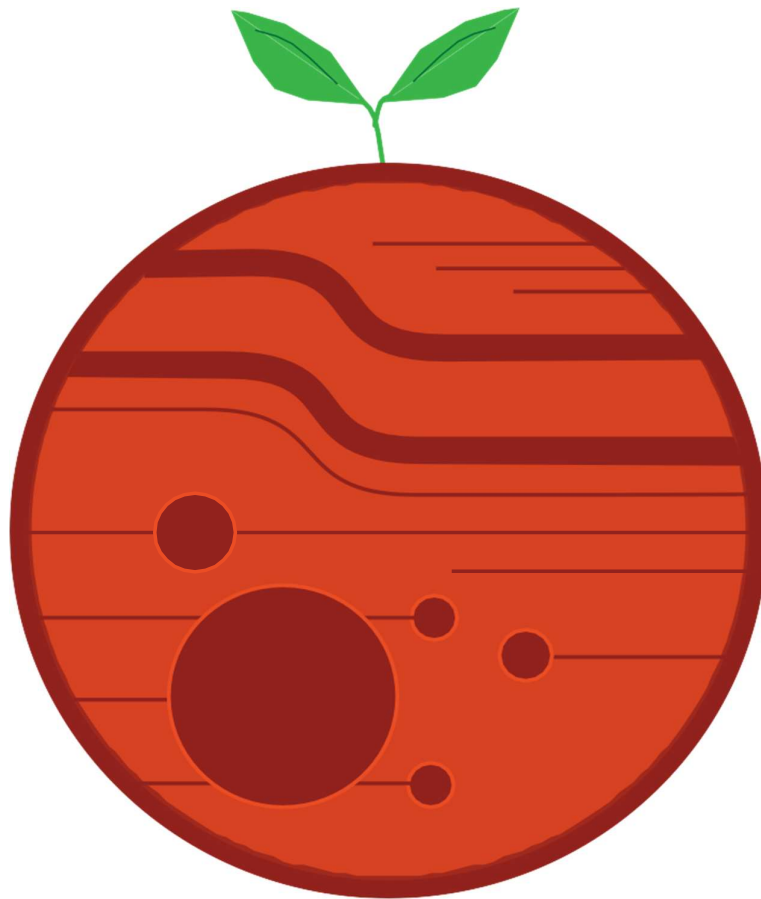
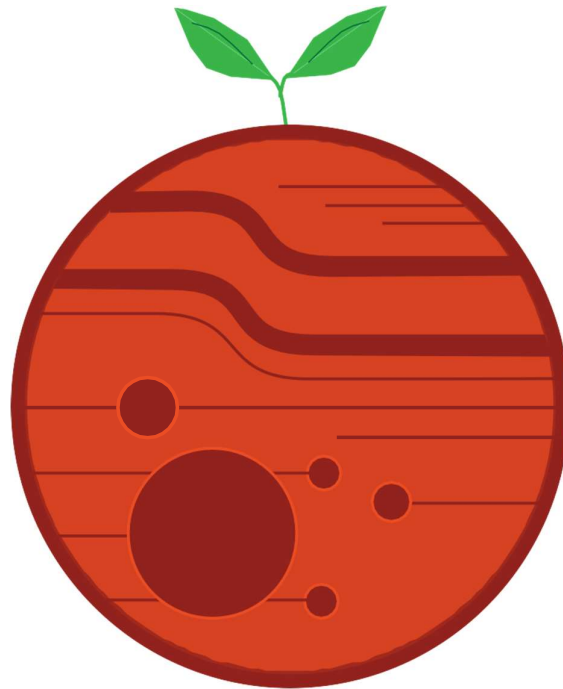


# L'espace en classe

## → Un potager sur Mars

Construction d'un système d'arrosage automatique





## Table des matières

Quelques faits .....	3
Résumé des activités.....	4
Activité 0 : Bienvenue sur Mars .....	6
Activité 1 : Préparation des composants et première conception .....	9
Activité 2 : Concevez et testez votre réservoir d'eau .....	9
Activité 3 : Montage du servomoteur et raccordement de la conduite d'eau.....	12
Activité 4 : Tester le capteur d'humidité .....	13
Activité 5 : Connexion des composants.....	13
Activité 6 : Programmez votre système .....	14
Activité 7 : Prêt pour Mars ?.....	16
Annexe 1 : Différences entre les capteurs d'humidité .....	17
Liens utiles .....	18

## → Un potager sur mars

### Construction d'un système d'arrosage automatique

#### → Quelques faits

##### Informations générales

**Matières** : Science, Technologies

**Age** : 14-19 ans

**Type** : activité d'étudiant

**Difficulté** : moyenne

**Temps requis** : 3 heures

**Lieu** : intérieur

**Utilisation de** : ordinateur, un Arduino, breadboard, câbles de circuits électriques (mâle-mâle, mâle-femelle), micro-servomoteur, capteur d'humidité, bouteille, pâte adhésive, attache de câbles, tuyau d'arrosage et alimentation en eau, seau, plante en pot ou en terre.

##### Description

Les élèves exploreront la technologie utilisée dans l'espace grâce à l'outil Arduino. Ils construiront un système d'arrosage automatique qui mesurera l'humidité du sol et arrosera une plante en conséquence. Les bases de la programmation en C++ seront introduites à l'aide du logiciel Arduino Integrated Development Environment (IDE).

##### Objectifs d'apprentissages

- Identifier les composants électroniques
- Comprendre les bases de la programmation en C++
- Utiliser et calibrer les capteurs pour prendre des mesures
- Aborder les bases de la physique des fluides
- Mettre en œuvre la technologie pour résoudre un problème
- Communiquer, discuter et évaluer des hypothèses
- Travailler en équipe et partager des idées
- Pour comprendre et évaluer les risques et les dangers sur Mars
- Aborder le sujet des ressources naturelles
- Comprendre les boucles fermées et de l'autosuffisance
- Créer un modèle de travail en le planifiant, en l'analysant et en l'affinant

## → Résumé des activités

Résumé des activités					
	Titre	Description	Objectifs	Prérequis	Temps
0	Bienvenue sur mars	Les élèves sont initiés aux conditions martiennes et à leurs conséquences sur le maintien de la vie.	Les élèves apprendront et évalueront les différences entre la Terre et Mars.	Aucun	15 minutes
1	Préparation des composants et première conception	Les élèves sont guidés par une série d'enquêtes pour concevoir un système d'arrosage des plantes à partir d'une liste d'équipements.	Les élèves comprendront la nécessité d'un système d'arrosage automatique et planifieront un premier projet.	Activité précédente	30 minutes
2	Concevez et testez votre premier réservoir d'eau	Les étudiants sont initiés à la physique des fluides de base, afin d'affiner et de tester leur conception.	Les étudiants analyseront comment leur conception affecte le débit, et créeront une conception idéale.	Activités précédentes	40 minutes
3	Montage du servomoteur et raccordement de la conduite d'eau	Les élèves sont guidés dans la programmation du servo pour contrôler le débit de l'eau.	Les élèves disposeront d'un système de canalisation d'eau motorisé qu'ils pourront mettre en marche et arrêter.	Activités précédentes	20 minutes

Résumé des activités					
	Titre	Description	Objectifs	Prérequis	Temps
4	Tester le capteur d'humidité	Les élèves sont guidés pour programmer et tester le capteur d'humidité du sol.	Les étudiants disposeront d'un capteur d'humidité calibré.	Activités précédentes	15 minutes
5	Connexion des composants	Les étudiants combineront les circuits précédents.	Les élèves auront à leur disposition un système d'arrosage complet.	Activités précédentes	15 minutes
6	Programmez votre système	Les étudiants sont encouragés à concevoir leur programme C++ pour une automatisation totale, en utilisant des organigrammes pour la pensée informatique.	Les étudiants apprendront l'importance de tester leur programme et leur conception itérative, pour disposer d'un système d'arrosage automatique fonctionnel.	Activités précédentes	30 minutes
7	Prêt pour Mars ?	Les élèves envisageront des adaptations pour l'utilisation de leur système d'arrosage sur Mars, discuteront de questions éthiques et seront initiés à la culture hydroponique.	Les étudiants pourront appliquer leur connaissance de Mars à leur conception, et forment un argument éthique justifié.	Activités précédentes	15 minutes

## → Un potager sur Mars

### Construction d'un système d'arrosage automatique

#### → Activité 0 : Bienvenue sur Mars

- **Introduction**

Cette activité présente aux élèves le contexte d'une mission spatiale sur Mars, et les défis qui pourraient être associés à la vie sur Mars. Les différences entre la Terre et Mars et ce que cela signifie pour les êtres vivants sont discutées, et les élèves sont invités à réfléchir à ce qui est nécessaire pour maintenir la vie. Les élèves sont encouragés à se familiariser avec l'utilisation d'Arduino en suivant la ressource pédagogique "Meet Arduino !", dont vous trouverez le lien à la fin de cette ressource.

- **Informations générales**

D'après ce que nous savons déjà sur Mars, il serait difficile d'imaginer que la vie qui a évolué sur Terre puisse survivre dans l'environnement martien. Malgré une inclinaison axiale proche de celle de la Terre (25° contre 23°), offrant des saisons similaires à celles que nous connaissons sur Terre, l'absence d'océans pour aider à réguler la température de surface et une atmosphère mince (environ 1 % de la densité de celle de la Terre) signifie que la température varie beaucoup du jour à la nuit.

L'orbite de Mars est également beaucoup plus excentrique (elliptique) que celle de la Terre, ce qui signifie qu'à certaines périodes de l'année, elle est beaucoup plus proche du Soleil qu'à d'autres, aggravant le problème des variations extrêmes de température. La minceur de l'atmosphère et le manque d'ozone, combinés à l'absence de protection contre un champ magnétique, font que la surface de Mars est bombardée de rayons UV nocifs et de vents solaires. Les recherches d'une ressource vitale, l'eau liquide, à la surface de Mars, ont jusqu'à présent été infructueuses. Il y a cependant des signes d'une quantité importante de glace d'eau.

Pour aggraver encore les problèmes, le CO<sub>2</sub> représente environ 96% de l'atmosphère, certainement trop élevé pour les animaux sur Terre, et trop élevé pour de nombreuses plantes. Si nous voulons faire pousser des plantes sur Mars, nous devons peut-être intégrer nos technologies et outils modernes afin de créer des plantes sophistiquées, les habitats artificiels et les systèmes d'irrigation.

Toutefois, il existe plusieurs facteurs positifs. Tout d'abord, la durée d'un jour martien est très proche de celle d'un jour terrestre, puisqu'elle est de 24 heures et 37 minutes. Cela signifie que les cycles de photosynthèse-respiration des

plantes resteraient largement les mêmes. De plus, bien qu'elle soit plus éloignée du Soleil que la Terre, Mars reçoit encore suffisamment de lumière solaire pour permettre à une plante de faire de la photosynthèse. Combiné à l'eau qui pourrait éventuellement être extraite des pôles glacés de Mars, nous aurions deux des composants vitaux nécessaires pour soutenir une plante. Cela pourrait potentiellement réduire la quantité de matériaux à transporter à bord de l'engin spatial.

Enfin, la zone des "Goldilocks" est définie comme la zone habitable autour du Soleil, car dans cette zone, la plage de température permet à l'eau d'exister sous forme liquide sur une planète en orbite. Le nom vient du conte de fées "Boucle d'or et les trois ours", dans lequel une petite fille choisit de manger un bol de porridge qui n'est ni trop chaud, ni trop froid, mais juste à la bonne température !

## • Réponses à l'exercice

1. Pour commencer à y réfléchir plus en détail, énumérez quelques-unes des choses dont les plantes et autres organismes vivants ont besoin pour survivre :

Voici les principales choses dont les plantes et autres organismes vivants ont besoin pour survivre et que les élèves doivent identifier :

- Une source d'énergie (nourriture pour les animaux et lumière du soleil pour les plantes)
- Eau
- Nutriments
- Oxygène
- Dioxyde de carbone (nécessaire à la photosynthèse des plantes)

Ils peuvent également discuter de choses telles que l'abri, la chaleur et la sécurité dans leur environnement. Ces aspects sont tous pertinents et peuvent être liés à une discussion plus approfondie sur les écosystèmes et l'environnement.

2. Discutez avec vos camarades de classe et votre professeur des réponses que vous pensez avoir aux questions suivantes sur la Terre.
  - Quelles sont les causes des saisons sur la Terre ?
  - Quelle est la forme de l'orbite de la Terre autour du Soleil ?
  - Quels sont les principaux éléments présents dans l'atmosphère terrestre ?

- Qu'est-ce que la zone de la Boucle d'or et la Terre se trouve-t-elle à l'intérieur de cette zone ?

Les questions de cet exercice visent à vérifier que les élèves comprennent déjà certaines caractéristiques de base de la Terre. Ils devraient consolider leurs connaissances existantes, mais vous pourriez en profiter pour clarifier les malentendus courants, en particulier la cause des saisons terrestres, en utilisant les informations de base ci-dessus.

3. Décidez si les affirmations suivantes sont vraies ou fausses.

En utilisant les informations de base ci-dessus et les résultats des discussions de l'exercice précédent, les élèves doivent remplir le tableau ci-dessous et examiner les justifications de leurs réponses.

Déclarations sur Mars – Tableau A1	
Déclaration	Vrai ou faux
Mars connaît des saisons, tout comme la Terre.	Vrai
L'orbite de Mars a une forme similaire à celle de la Terre, ce qui signifie que la température à la surface est assez constante. <b>L'orbite de Mars est beaucoup plus excentrique, ce qui signifie que la température varie beaucoup plus que sur Terre.</b>	Faux
L'atmosphère de Mars est épaisse et retient la chaleur du Soleil. <b>L'atmosphère de Mars est très mince, ce qui signifie que la température baisse considérablement pendant la nuit.</b>	Faux
Mars n'a pas de champ magnétique, ce qui signifie qu'il y a moins de protection contre les rayons UV nocifs et les vents solaires.	Vrai
Nous avons trouvé de l'eau liquide à la surface de Mars. <b>Nous avons trouvé des signes d'eau gelée près des pôles, mais pas d'eau liquide.</b>	Faux
L'atmosphère de Mars a une composition similaire à celle de la Terre. <b>L'atmosphère martienne contient un pourcentage de <math>CO_2</math> beaucoup plus élevé que l'atmosphère terrestre et presque pas d'oxygène.</b>	Faux
Les plantes de Mars devraient s'adapter aux cycles diurnes et nocturnes très différents sur Mars. <b>Le jour martien est de 24 heures et 37 minutes, les cycles du jour et de la nuit sont donc très similaires à ceux de la Terre.</b>	Faux
Mars n'existe pas à l'intérieur de la zone "Boucle d'or" (habitable), il est donc impossible que de l'eau liquide existe à la surface. <b>Mars existe juste à la limite de la zone habitable, il est donc possible que de l'eau liquide existe à sa surface.</b>	Faux



## → Activité 1 : Préparation des composants et première conception

Les élèves doivent réfléchir à la manière dont ils concevraient un système d'arrosage automatique. Ils reçoivent une liste des matériaux fournis et des connaissances sur le fonctionnement de chacun des composants.

### • Réponses à l'exercice

Vous devez vous attendre à un large éventail de propositions dans le cadre de cet exercice. Si certaines idées ne sont pas réalisables, beaucoup d'autres pourraient être mises en œuvre. Il est probable que le projet des étudiants ne soit pas leur projet final, et les étudiants ne doivent pas être découragés s'ils doivent modifier leur plan tout au long des activités, car cela fait partie du processus. En tant qu'enseignant, vous devez vérifier s'ils ont réfléchi aux questions posées et si leur proposition a du sens.

## → Activité 2 : Concevez et testez votre réservoir d'eau

Dans cette activité, les élèves introduisent de l'eau dans leurs prototypes de systèmes pour voir comment leur conception se comporte. Cela permet aux élèves de passer par un processus scientifique itératif de conception et de construction d'un système.

### • Exercice

1. Isolez la vitesse de l'eau qui sort du réservoir ( $v_2$ ). Quelle est la principale variable dont elle dépend ?

Après avoir appliqué le principe de la conservation de l'énergie dans notre système, nous arrivons à l'équation de Bernoulli :

$$P_1 + \frac{1}{2}\rho V_1^2 + \rho gh_1 = P_2 + \frac{1}{2}\rho V_2^2 + \rho gh_2$$

Le premier terme  $P$  étant la pression, le deuxième terme ( $\frac{1}{2}\rho V^2$ ) étant l'énergie cinétique par unité de volume, et le troisième terme ( $\rho gh$ ) étant l'énergie potentielle par unité de volume. Si nous considérons un réservoir avec un petit trou (et notre tuyau d'écoulement), nous devons considérer :

- Que le haut et le bas sont à la pression atmosphérique.

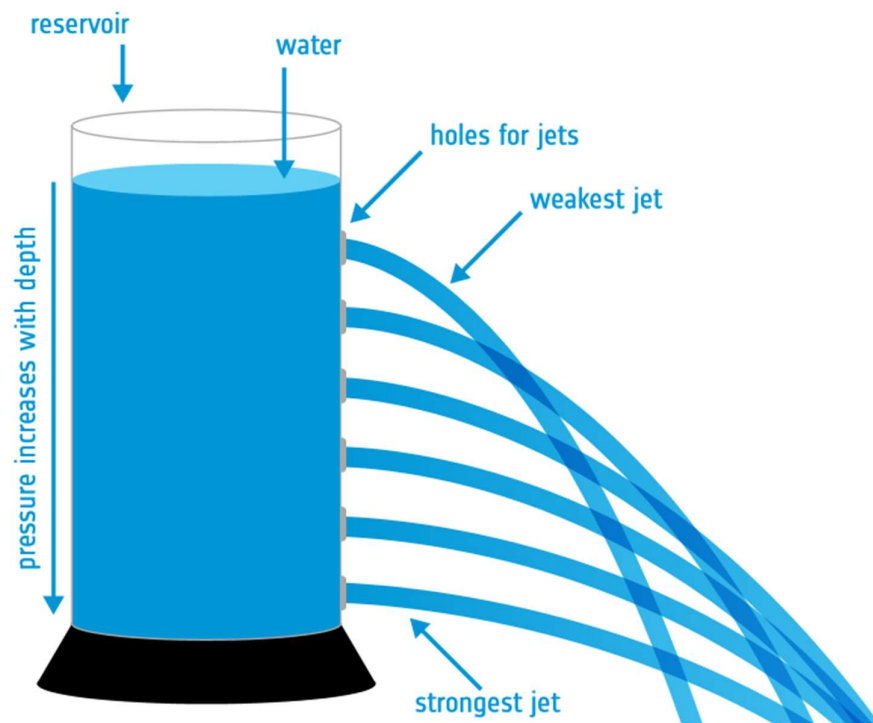
- Nous considérons que la vitesse dans le réservoir ( $v_1$ ) est proche de 0
- Nous considérons que la "hauteur" ou la section transversale du tuyau d'écoulement ( $h_2$ ) est proche de 0.

En réorganisant l'équation, nous obtenons :

$$P_1 - P_2 + \rho g (h_1 - h_2) = \frac{1}{2} \rho (V_2^2 - V_1^2)$$

Après avoir appliqué les conditions énoncées précédemment, il en résulte :  $gh_1 = \frac{V_2^2}{2}$

En isolant  $V_1$  nous obtenons le théorème de Torricelli :  $V_2 = \sqrt{2gh_1}$



2. Après avoir testé votre système, quelles sont les caractéristiques de votre système (le tube et la bouteille d'eau) qui sont importantes pour la mise en place du réservoir d'eau ? Plus précisément, quels facteurs affecteront le débit de l'eau et si celle-ci s'arrêtera en position "arrêt" ?

Les considérations importantes sont les suivantes :

- La longueur du tube
- La hauteur de la bouteille d'eau
- La hauteur du coude en U

Ces facteurs auront une incidence sur la façon dont l'eau s'écoule dans le tuyau et sur le fait que le débit soit ou non arrêté en position "arrêt".

3. Décidez si les déclarations suivantes sont vraies ou fausses :

Les élèves sont initiés à certains aspects de la physique des fluides. Bien qu'il ne soit pas nécessaire d'être familier et sûr de soi pour manipuler toutes les équations qui sont discutées, il est utile de comprendre leurs conséquences sur le système d'arrosage des plantes. Cela peut être fait dans le cadre d'une démonstration à la classe.

Déclaration	Vrai ou Faux
L'eau s'écoulera plus rapidement dans le tube que dans le réservoir	Vrai
Le diamètre de la bouteille est important pour déterminer le débit	Faux
Le diamètre du tuyau est important pour déterminer le débit	Vrai
La différence de hauteur entre la bouteille et le tuyau n'est pas importante	Faux

4. Utilisez vos nouvelles connaissances pour tester le réservoir, puis réfléchissez à la manière dont vous pourriez affiner votre conception pour obtenir une installation idéale.

Le principal point à retenir de ces exercices est que plus la chute de hauteur entre la bouteille d'eau et le tuyau est importante, plus le débit d'eau dans le tuyau est important. Les élèves devront trouver un équilibre entre les hauteurs utilisées et l'orientation du tuyau afin de construire un système complet. Pour un système d'arrosage plus précis, les élèves peuvent également envisager de calibrer leur système pendant qu'ils le testent. En effet, la vitesse d'écoulement calculée est la plus élevée qui puisse être atteinte, mais le débit réel peut être légèrement inférieur à mesure que la pression baisse dans le réservoir. Là encore, il n'y a pas de réponse unique correcte, mais vous devriez chercher des justifications à la conception choisie dans leur croquis.

## → **Activité 3 : Montage du servomoteur et raccordement de la conduite d'eau**

Les étudiants sont maintenant prêts à commencer l'automatisation de leur système. Un servo est utilisé pour mettre le système en marche et l'éteindre automatiquement. Vous pouvez choisir ici de suivre une direction indépendante pour la conception suggérée, en vous basant sur les conceptions proposées par vos étudiants.

- **Exercice**

Tout d'abord, les élèves connecteront le servo au tuyau d'arrosage et à un mur approprié. Les élèves utiliseront ensuite la routine de "balayage", incluse dans l'EDI Arduino, pour comprendre le fonctionnement du servo et mieux comprendre comment l'intégrer dans leur système.

## → **Activité 4 : Tester le capteur d'humidité**

Afin d'automatiser entièrement le système d'arrosage des plantes, nous devons savoir quand la plante a besoin d'être arrosée. Dans cette activité, les élèves sont donc initiés au capteur d'humidité du sol. Les instructions spécifiques requises peuvent varier par rapport à celles données dans le guide, selon le capteur d'humidité du sol que vous utilisez. Consultez l'annexe 1 pour plus d'informations sur la façon dont les capteurs d'humidité peuvent nécessiter une installation ou une configuration différente. Vous devez toujours vous référer à la fiche technique et à tout document d'appui du fabricant lorsque vous construisez le circuit.

- **Exercice**

Si les élèves ont terminé la ressource de classe "Meet Arduino !", cette activité est simple. Si les problèmes avec le code ou le capteur persistent, vérifiez que les connexions entre les composants sont correctes et que le débit en bauds choisi est approprié.

Les valeurs que les élèves obtiennent pour les lectures sèches et humides varient d'un capteur à l'autre. La valeur choisie pour passer de "on" à "off" doit se situer entre les deux valeurs.

## → **Activité 5 : Connexion des composants**

Les élèves sont maintenant prêts à combiner tous les éléments de leur système en un système complet d'arrosage des plantes.

- **Exercice**

Cet exercice exige que les élèves combinent les circuits qu'ils ont construits dans les activités 3 et 4, et doit donc être simple. Là encore, consultez la fiche technique des capteurs que vous utilisez pour vous assurer que les bons ports de l'Arduino sont choisis.

## → Activité 6 : Programmez votre système

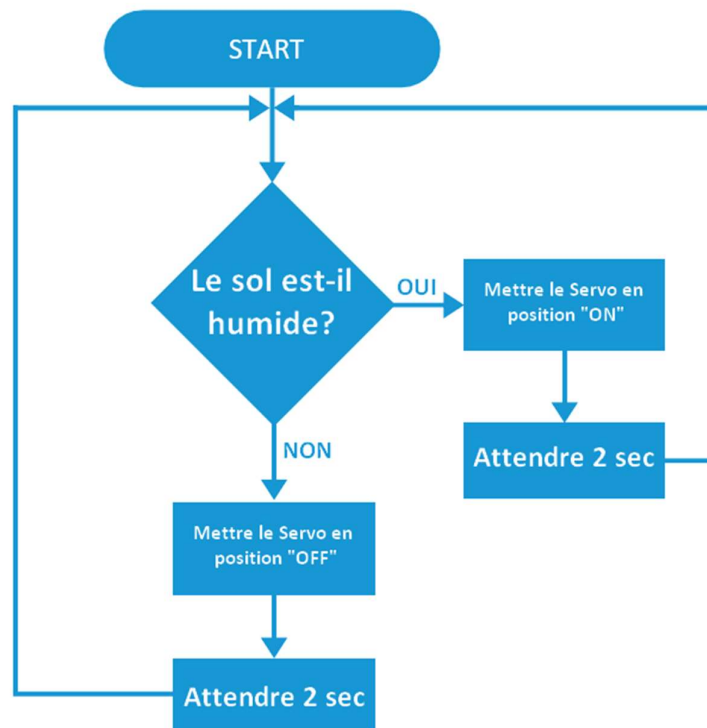
Maintenant que les étudiants ont construit leur système, il est temps de programmer l'Arduino pour qu'il fasse fonctionner tous les composants automatiquement. Le problème est décomposé en étapes gérables, et les étudiants sont invités à produire un organigramme avant d'écrire un code.

### • Exercice

1. Essayez d'écrire votre "code" sous la forme d'un organigramme ci-dessous.

Bien que les processus de réflexion et la conception des systèmes d'arrosage proposés par vos élèves varient, il est presque certain qu'ils incluront l'utilisation d'un énoncé "si, sinon" dans leur code. L'organigramme doit donc utiliser une case "décision", indiquée par un diamant.

Un simple diagramme de ce que nous voulons que notre code fasse est présenté ci-dessous.



2. En utilisant les variables que nous avons définies précédemment, essayez d'écrire votre propre déclaration "si, sinon" en utilisant la syntaxe correcte dans l'espace ci-dessous. Vous pouvez également envisager d'imprimer la valeur de l'humidité du sol dans le moniteur en série (utilisez le guide précédent si vous avez oublié comment faire).

Un exemple complété est donné ci-dessous. N'oubliez pas qu'il existe de nombreuses façons différentes d'aborder chaque problème de programmation. Les élèves ne doivent donc pas s'inquiéter si leur code ne correspond pas exactement à cet exemple, tant qu'il se compile encore !

Figure A13

```
void loop() {  
  // put your main code here, to run repeatedly:  
  
  soilmoisture = analogRead(soilsensorpin); //reads the soilsensorpin and assigns its value to 'soilmoisture' variable  
  
  if (soilmoisture > 600){  
    Serial.println();  
    Serial.print("Sensor value: "); //for debugging  
    Serial.print(soilmoisture);  
    waterServo.write(wateringOff);  
    delay(2000);  
  }else  
  {  
    Serial.println();  
    Serial.print("Sensor value: "); //for debugging  
    Serial.print(soilmoisture);  
    waterServo.write(wateringOn);  
    delay(2000);  
  }  
}
```

L'énoncé "si, sinon" fait partie de la boucle principale. Le programme lit d'abord la valeur du capteur de sol avant de l'utiliser dans l'instruction "if, else". Dans l'exemple ci-dessus, une valeur supérieure à "600" a été retenue car le sol est suffisamment humide. Cette valeur varie d'une plante à l'autre, en fonction des besoins de la plante.

La commande "waterServo.write(wateringOn/Off)" est utilisée pour tourner le servomoteur dans la position requise. Notez le délai à la fin de chaque boucle. Cela permet de s'assurer que la plante est arrosée.

**Notez les améliorations dans l'espace ci-dessous - pourriez-vous les intégrer dans votre code ?** L'amélioration la plus évidente dans la conception de leur système serait d'incorporer une lecture moyenne pour prendre en charge toute donnée d'anomalie. Les étudiants peuvent également discuter de l'avantage d'un système plus robuste que le servo peut fournir. Là encore, de nombreuses suggestions pourraient être faites. Vous devriez rechercher le raisonnement et la justification de chacune d'entre elles lorsque vous jugerez de leur validité.

## → Activité 7 : Prêt pour Mars ?

Cette activité sert d'introduction à la portée plus large de l'automatisation et aborde l'éthique d'une telle mission vers Mars.

### • Exercice

#### 1. Pensez aux changements que vous devriez apporter au système si vous étiez sur Mars.

De nombreuses ressources dont une plante a besoin pourraient être surveillées de la même manière que nous avons surveillé les niveaux d'humidité du sol. Vous devriez vérifier que les élèves ont bien couvert les ressources qu'ils ont identifiées dans l'activité 0. Ils devraient notamment aborder les effets possibles de la différence de quantité de lumière solaire, des rayonnements potentiellement nocifs et de la source d'eau pour utiliser continuellement le système pendant une longue mission. Pour faire avancer la discussion, vous pourriez poser la question de savoir si la gravité réduite sur Mars, par rapport à la Terre, aurait des conséquences sur l'écoulement de l'eau.

#### 2. Est-il éthique d'envoyer de la vie terrestre sur Mars ? Et s'il y a déjà de la vie sur Mars et que celle-ci est accidentellement contaminée ou tuée ?

Divisez la classe en un groupe "pour" et un groupe "contre" et demandez-leur d'énumérer les raisons pour lesquelles nous devrions ou ne devrions pas effectuer une telle mission. Cet exercice peut être utilisé pour créer une discussion intéressante sur l'éthique d'une mission habitée vers Mars. Bien que les lois concernées soient complexes, il peut être utilisé pour donner un contexte aux discussions sur l'exploration spatiale en général.

#### 3. Pouvez-vous énumérer d'autres avantages de la culture hydroponique pour une mission vers Mars ?

Cette activité explore l'application de la culture hydroponique : utilisation de solutions nutritives dans un réservoir d'eau au lieu du sol. Assurez-vous que les élèves comprennent que le terme "solution" fait ici référence à une substance dissoute dans un solvant, un exemple simple étant le sel dissous dans l'eau. Voici quelques avantages de la culture hydroponique :

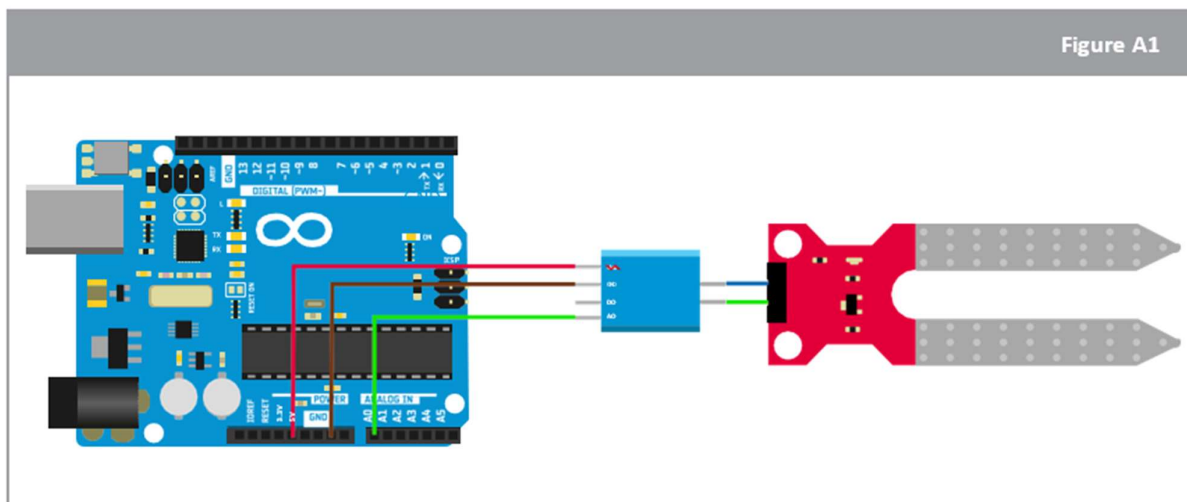
- Aucun sol n'est nécessaire, ce qui réduit la quantité de matériaux à transporter à bord du vaisseau spatial.
- L'entretien des cultures prendrait moins de temps.
- Moins d'eau est nécessaire, ce qui permet d'utiliser les ressources de manière plus efficace.



## → Annexe 1 : Différences entre les capteurs d'humidité

Le capteur d'humidité dont il est question dans les activités contient un contrôleur embarqué et peut être connecté directement aux broches de l'Arduino. Certains capteurs d'humidité ont une carte de contrôle externe et doivent d'abord être connectés à cette carte externe avant de pouvoir s'interfacer avec l'Arduino.

La configuration exacte varie selon les capteurs d'humidité. Cependant, les broches seront souvent étiquetées Vcc, GND, AO (sortie analogique) et DO (sortie numérique). Si c'est le cas pour le capteur que vous utilisez, un schéma de circuit approprié est présenté dans la figure ci-dessous. Si votre capteur est différent des deux capteurs dont nous avons parlé (avec des contrôleurs embarqués ou externes), vous devez consulter le manuel du fabricant pour obtenir des instructions supplémentaires.



## → Liens utiles

- **Ressources d'ESERO Belgium**

<http://eserobelgium.be/index.php/ressources-pedagogiques/>

- **Autres liens**

Rencontrez Arduino ! Ressource

[http://esamultimedia.esa.int/docs/edu/T04.1\\_Meet\\_Arduino\\_C.pdf](http://esamultimedia.esa.int/docs/edu/T04.1_Meet_Arduino_C.pdf)

Le projet MELiSSA de l'ESA

[https://www.esa.int/Our\\_Activities/Space\\_Engineering\\_Technology/Melis](https://www.esa.int/Our_Activities/Space_Engineering_Technology/Melis)

Système d'arrosage automatique sans pompe

<https://www.instructables.com/id/No-Pump-Automatic-Watering>

Guide des capteurs d'humidité du sol

<https://learn.sparkfun.com/tutorials/soil-moisture-sensor-hookup-guide/all>