

Système d'arrosage automatique

11 – La mesure d'humidité du sol et les organigrammes

Travail sur le capteur d'humidité du sol et sur les organigrammes pour le système d'arrosage automatique.

Durée : entre 1h30 et 3 heures.

La première partie du cours sur les capteurs et la mesure était très générique, nous allons donc nous concentrer sur un seul des capteurs identifiés pour pouvoir revenir sur des éléments plus pratiques.

1 – Un peu de théorie sur la mesure d'humidité des sols.

Les mesures d'humidité se font en pourcentage d'humidité relative du milieu considéré (la terre dans notre cas), c'est à dire le rapport entre la quantité d'eau actuellement dans le milieu et la quantité maximum d'eau que le milieu peut contenir. On parle de taux d'humidité.

Une terre parfaitement sèche a un taux d'humidité de 0%, tandis que de la terre saturée en eau a un taux d'humidité de 100%.

Il s'agit donc d'une grandeur "sans dimension", pouvant aller de 0 à 100.

Pour mesurer ce taux d'humidité, il nous faut donc trouver un capteur capable de mesurer la quantité actuelle d'eau dans le sol.

Pour faire une mesure précise de la quantité d'eau, il faudrait procéder ainsi :

- prélever un échantillon de terre
- mesurer la quantité d'eau en faisant évaporer la totalité de l'eau présente dans l'échantillon
- mesurer la quantité d'eau maximum que cet échantillon de terre peut contenir (en ajoutant à nouveau de l'eau).

Cependant, cette procédure est beaucoup trop complexe à mettre en œuvre de façon automatisée.

Il nous faut donc trouver une autre solution pour faire cette mesure. Ainsi plutôt que de mesurer la quantité d'eau présente dans la terre, il est possible de mesurer l'effet de la présence de l'eau.

Il existe deux familles de capteurs permettant de faire cette mesure, utilisant deux phénomènes physiques différents.

- Les capteurs résistifs, qui utilisent la conductivité de l'eau lorsqu'elle est chargée d'ions
- Les capteurs capacitifs, qui utilisent la variation de la constante diélectrique du milieu induite par la présence de l'eau, sur le même principe que les écrans tactiles des smartphones actuels.

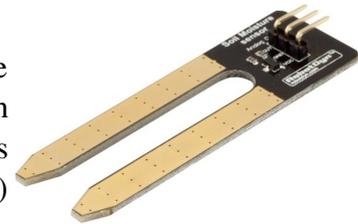
Une petite expérience simple pour illustrer ce second phénomène :

À l'aide de votre smartphone ou de celui de l'un de vos parents, faites les essais suivants :

- essayez de faire une action simple (changer d'écran, lancer une application) avec le doigt. Cela fonctionne, et heureusement.
- maintenant, essayez de faire la même action avec un simple objet en bois ou en plastique (stylo en plastique, crayon à papier, ...) : il ne se passe rien, l'écran tactile ne détecte rien.
- refaites l'expérience avec un mouchoir en papier torsadé ... toujours rien.
- humidifiez maintenant ce mouchoir en papier et recommencez ... le système réagit !

Ce n'est pas tant notre doigt que le système détecte, mais l'eau présente dans notre doigt (qui est composé à 70% d'eau)

Les capteurs d'humidité du sol de type résistifs se présentent sous la forme d'une fourche à deux branches, dont le revêtement métallique est visible (non protégé). La mesure se fait en faisant circuler un courant (très faible) entre les deux branches de la fourche, pour mesurer la résistance (ou la conductivité) du sol.



Plus le sol est humide, plus le courant passe, et donc plus la résistance est faible.

Ce type de capteur est le plus souvent très bon marché, mais a un très gros inconvénient, il se dégrade très vite, car la circulation du courant provoque une électro-érosion qui détruit la couche métallique de l'anode ... en quelques semaines.

Ces capteurs, sont aussi sensibles à la composition du sol, pas uniquement à son taux d'humidité, car plus il y aura d'ions présents, par exemple lors de l'ajout d'engrais, plus le sol sera conducteur. La mesure est alors faussée.

Il est possible d'utiliser d'autres matériaux pour contrer le phénomène d'électro-érosion, mais les prix s'envolent très vite, et dépassent de beaucoup le coût des capteurs de type capacitifs.

Les capteurs d'humidité du sol de type capacitifs se présentent sous la forme d'une unique tige, dont le circuit métallique est recouvert d'un vernis protecteur, et même parfois d'une couche supplémentaire de résine, dont la présence n'a quasiment aucune influence sur la mesure.



Ces capteurs n'utilisent pas la circulation d'un courant dans la terre, mais la présence d'eau (exactement comme l'écran tactile capacitif de nos téléphones et tablettes), mais l'eau qui se trouve dans la terre autour du capteur, qui est une sorte de grand condensateur dont l'électrolyte est le mélange terre/eau.

La variation de la quantité d'eau fait varier la capacité du condensateur, et le système mesure cette capacité qui est directement proportionnelle à la quantité d'eau autour du capteur.

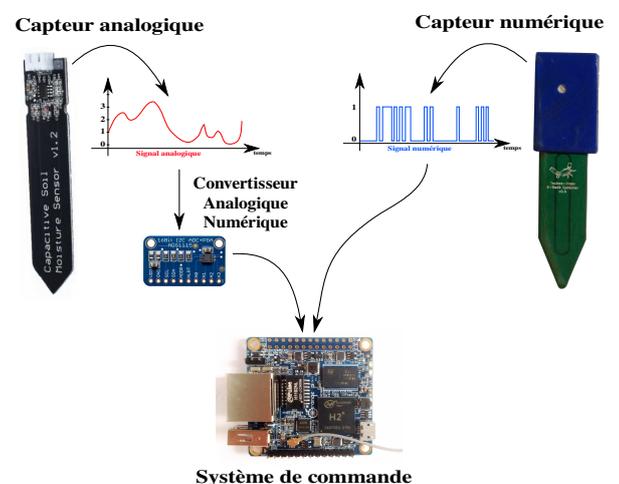
Ce type de capteur est un peu plus cher, mais le prix reste très raisonnable, et sa durée de vie est nettement plus grande (plusieurs années).

C'est donc un capteur de ce type que nous utiliserons !

Nous savons désormais comment fonctionnent ces différents types de capteurs, et lequel utiliser. Mais comment utiliser les informations qu'il nous donne pour notre système d'arrosage automatique ?

Certains capteurs fournissent une interface analogique, c'est à dire une tension proportionnelle au taux d'humidité mesuré, et c'est à l'utilisateur de numériser cette tension à l'aide d'un Convertisseur Analogique vers Numérique (CAN, ou ADC en anglais pour "Analog to Digital Converter"), tandis que d'autres fournissent directement des données numériques (ils ont réalisé la conversion en interne, le plus souvent avec un petit micro-contrôleur).

Notre système de commande devra donc disposer de l'interface adaptée pour récupérer les données. Ensuite, il devra piloter la pompe en fonction des mesures d'humidité obtenues.



2 – Utilisation des données

Le système de commande sera réalisé à partir d'une carte électronique utilisant un composant central de type micro-contrôleur ou micro-processeur.

Ces composants fonctionnent en exécutant un programme (ou un ensemble de programmes) créés par l'utilisateur pour répondre à son besoin.



Exemples de petits micro-contrôleurs récents (Avec une carte micro-SD pour l'échelle)

Nous reviendrons dans un autre cours sur le fonctionnement de ces composants, et nous allons pour l'instant nous concentrer sur le programme qui sera exécuté par notre système d'arrosage.

La création d'un programme se fait en plusieurs étapes, et commence par l'écriture de l'algorithme général.

Le mot **algorithme** vient du nom d'un mathématicien perse du IX^e siècle, Al-Khwârizmî.

Un algorithme est une suite d'opérations à exécuter dans un ordre déterminé permettant de résoudre un problème.

Il s'agit de fournir la solution à un problème, la première étape consiste donc à analyser le problème, c'est-à-dire en cerner les limites. Celles-ci sont définies par les données d'entrée (ou variables) et les données de sortie (ou résultats).

Dans notre cas, les données d'entrée correspondent aux données des différents capteurs, dont le capteur d'humidité du sol, mais aussi le capteur de température ou le pluviomètre.

Les données de sortie sont les commandes de l'arrosage.

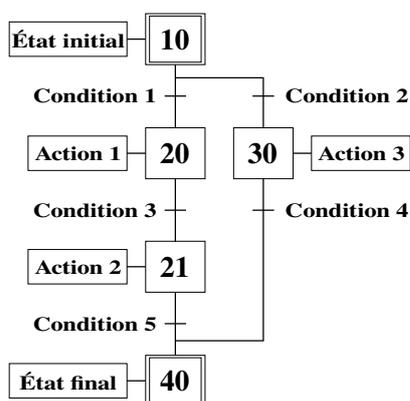
Travail personnel 1 :

Identifiez les données d'entrée et les données de sortie des systèmes suivants :

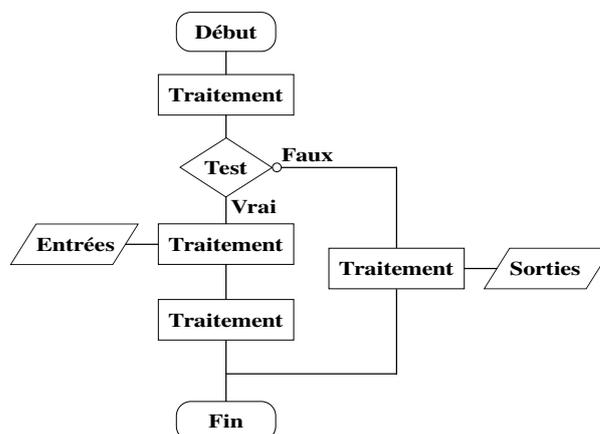
- Système d'éclairage automatique
- Porte coulissante automatique
- Un robot aspirateur

3 – Écriture de l'algorithme du système d'arrosage

Il existe plusieurs solutions pour écrire un algorithme, dont les plus courantes utilisent des représentations graphiques : le Grafcet et l'organigramme.



Exemple de Grafcet



Exemple d'organigramme

Le **Grafcet** est un langage graphique normalisé utilisé pour représenter le fonctionnement des automates. Il s'agit d'un ensemble d'étapes (les carrés), de liaisons (les lignes) et de transitions (les barres perpendiculaires aux liaisons).

Une transition indique la possibilité d'évolution entre deux étapes, et l'alternance étape / transition doit toujours être respectée dans le cas des Grafcet.

L'organigramme fonctionne sur le même principe mais est un peu plus souple d'utilisation.

Les transitions sont appelées "tests" et sont représentées par des losanges ayant une entrée par le haut et deux sorties, représentant les deux possibilités du test qui est soit un échec (sortie avec le rond) soit un succès (sans le rond).

L'alternance étape (traitement) / transition n'est pas obligatoire, permettant de simplifier l'écriture des cas les plus simples.

Attention :

Il ne faut pas confondre **algorithme** et **langage de programmation informatique**.

Les langages de programmation permettent d'écrire les algorithmes sous une forme qui pourra être comprise par le processeur d'un ordinateur ou par le micro-contrôleur d'un système embarqué, soit directement, soit après une étape de traduction dans un langage "machine".

Cette traduction est appelée "compilation" et est réalisée par un compilateur.

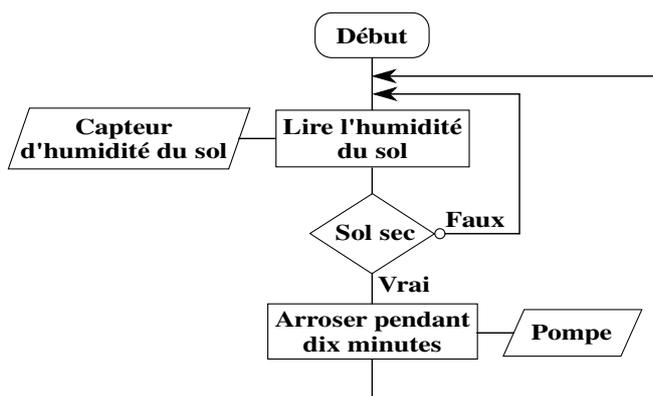
Lorsque cette étape de compilation n'est pas nécessaire, on parle de "script" plutôt que de programme.

Les scripts sont "interprétés" par un logiciel spécifique au langage utilisé appelé "interpréteur".

Travail personnel 2 :

Inspirez vous de l'organigramme ci-dessous pour réaliser l'organigramme des deux systèmes suivants :

- Système d'éclairage automatique
- Porte coulissante automatique



Organigramme simplifié du système d'arrosage automatique

Travail personnel 3 :

Modifiez l'organigramme ci-dessus pour que le système économise de l'énergie et fasse une pause de 10 minutes avant de lire à nouveau l'humidité du sol quand le sol n'est pas sec.