

## 5. PROGRAMMER UN SYSTÈME DE DÉTECTION ET DE COMMANDE POUR UNE SERRE

Qu'y a-t-il de commun entre un thermostat programmable ordinaire dans une habitation et un système de régulateur de vitesse automatique dans une voiture? Dans un cas comme dans l'autre, l'utilisateur a la possibilité de définir comme paramètre d'entrée une valeur idéale pour le programme, afin que le système reste à proximité de cette valeur. Cela dit, le programme pour le régulateur de vitesse automatique est plus complexe que le programme pour le thermostat, parce qu'il est très important que la vitesse du véhicule reste très proche de la valeur idéale.

Le programme d'un thermostat standard utilise une commande de type marche-arrêt. Quand il fait froid et que la température tombe à deux ou trois degrés en dessous de la température idéale, le chauffage se met en marche. Le chauffage reste en marche jusqu'à ce que la température dépasse de deux ou trois degrés la température idéale et il se met alors à l'arrêt. Si vous avez fait les activités antérieures de laboratoire avec la serre, vous avez programmé un système de type marche-arrêt dans lequel une ou plusieurs mesures effectuées par un capteur déterminent si l'appareil doit être mis en marche ou mis à l'arrêt. Le régulateur de vitesse automatique d'un véhicule, en revanche, utilise, entre autres, une stratégie de *commande proportionnelle* pour que la vitesse du véhicule reste constante. Le système de commande proportionnelle exige également des mesures effectuées par un capteur, mais les valeurs de sortie sont *régulées*, c'est-à-dire réglées pour être constamment ajustées vers le haut ou vers le bas, au lieu d'un simple basculement entre marche et arrêt. La donnée d'entrée qu'est la vitesse du véhicule est surveillée de près et le système ajuste constamment les valeurs de sortie, comme la position de l'accélérateur, pour que la vitesse soit aussi proche que possible de la vitesse idéale ciblée. Dans cette activité, vous allez écrire un programme sur 24 heures à partir de nouvelles instructions, d'instructions existantes et d'instructions existantes modifiées, avec au moins une utilisation d'un système de commande proportionnelle pour qu'une plante vivante soit dans de bonnes conditions et reste en bonne santé à l'intérieur d'une serre entièrement automatisée.

### Objectifs

- Incorporer des instructions existantes dans un nouveau programme.
- Concevoir un programme combinant diverses structures de commande pour qu'une serre fonctionne de façon automatisée.

### Matériel

- système de collecte de données
- control.Node

## 5. PROGRAMMER UN SYSTÈME DE DÉTECTION ET DE CONTRÔLE POUR UNE SERRE

- lampe de serre avec câbles et alimentation électrique USB
- capteur pour serre
- module capteur pour serre avec câble et bouchon
- sonde de détection de l'humidité
- pompe USB
- ventilateur USB
- module « Power Output » avec câble
- serre EcoChamber avec couvercle et bouchons
- système d'arrosage assemblé\*
- pot de fleurs de 4 x 4 po environ rempli de terre
- plat peu profond
- sachet plastique avec fermeture à glissière
- glaçons

\* Comprend toutes les composantes de la trousse d'accessoires pour serre (tubes, raccords, goutteurs, attaches autoagrippantes et bouchon muni d'un seul trou de calibre n° 5), un réservoir rempli d'eau du robinet pour la pompe USB et du matériel pour attacher les goutteurs au pot, par exemple plusieurs élastiques robustes, attaches autobloquantes en plastique et pince-notes. Les systèmes qui exigent une augmentation de l'humidité peuvent comprendre une éponge de 2 x 2 po et des bouchons de bouteille en plastique, mais une fois que la plante est insérée dans la serre, il est possible de modifier le dispositif à mesure que l'humidité évolue.

### **Consignes de sécurité**

En plus des consignes normales pour la salle de classe, prendre bien soin de suivre les consignes suivantes :

- Éviter que l'eau entre en contact avec les boîtiers des capteurs, les prises électriques et les circuits électriques exposés.
- Éviter que les circuits électriques exposés entrent en contact avec une surface métallique ou conductrice.

## 5. PROGRAMMER UN SYSTÈME DE DÉTECTION ET DE CONTRÔLE POUR UNE SERRE

### ATTENTION :

- *Ne jamais regarder directement les ampoules DEL.*
- *Ne jamais toucher les ampoules DEL.*

### Recherches

Dans cette partie, on va vous aider à comprendre comment configurer et utiliser une approche de programmation de commande proportionnelle. Faire l'activité suivante :

1. Connecter l'appareil `control.Node` au dispositif, choisir un modèle quelconque pour créer un affichage de données et ouvrir l'outil « **Code** » de Blockly .
2. Ouvrir l'outil « **Code Library** »  dans le coin supérieur droit.
3. Au lieu de la catégorie « PASCObot », choisir la catégorie « Greenhouse » et ouvrir « Regulate Temperature ».
4. Cliquer avec le bouton droit de la souris ou cliquer en tenant le bouton de la souris enfoncé sur le bloc de fonction `regulateTemperature with...` pour ouvrir le menu, comme dans la figure ci-contre, et choisir « **Expand Block** ».
5. Lire le commentaire  pour se faire une idée de l'utilité de la fonction.
6. Étudier l'organisation des instructions. Chercher des liens entre les valeurs d'entrée modifiables de la fonction dans le premier bloc de fonction (préréglées à 24, 8 et 20) et les instructions elles-mêmes dans le bloc de fonction affiché. Prédire le fonctionnement de ce système de commande proportionnelle avant de poursuivre la lecture. (*À noter : l'élément dans le port B, CH1 est le ventilateur USB.*)

Le ventilateur USB utilise une commande de type marche-arrêt pour maintenir la température dans la serre à un niveau proche de la valeur *idealTemperature* tandis que la lampe de serre est allumée. Si le ventilateur lui-même ne suffit pas à maintenir la température au niveau idéal, alors la valeur *lightIntensity* baisse de la valeur idéale à une intensité moindre, jusqu'à ce que la température se stabilise près de la valeur idéale. Quand la température est stable, l'intensité lumineuse peut augmenter progressivement, du moment que la température reste au niveau idéal. Mais que font les variables *error* et *proportionalityConstant*?

Pour commencer, examinons les trois valeurs d'entrée modifiables pour la fonction :

- *idealTemperature* – La température ciblée est de 24 °C.
- *lightIntensity* – Les intensités des DEL bleues et des DEL rouges dans la lampe de serre sont initialement réglées à 8.

## 5. PROGRAMMER UN SYSTÈME DE DÉTECTION ET DE CONTRÔLE POUR UNE SERRE

- *proportionalityConstant* – Cette variable a une valeur de 20... Qu'est-ce que cela veut dire exactement?

Comme on le voit dans le programme, les programmes de commande proportionnelle ont besoin de trois choses : une valeur idéale pour la variable, appelée *setpoint* **A**; une valeur d'entrée mesurée par capteur et appelée *process variable*, qui mesure la situation en temps réel **B** par rapport au *setpoint*; et une valeur pour *error* (erreur), qui est la différence entre le *setpoint* et la température réelle et vaut donc **A** – **B**.

Plus la température réelle s'éloigne du *setpoint*, plus l'erreur grandit. S'il n'y a aucune différence entre la température réelle et le *setpoint*, alors l'erreur est nulle et le système est stable. Si la température mesurée est supérieure au *setpoint*, alors l'erreur a une valeur négative (inférieure à zéro) **C** et le ventilateur s'allume; sinon, le ventilateur est éteint.

Il n'y a qu'un réglage pour le ventilateur USB, de sorte que la seule option est un dispositif marche-arrêt. La lampe de serre, en revanche, a plusieurs réglages et on peut donc utiliser une commande proportionnelle. La valeur de sortie de la lampe de serre est « proportionnelle » à l'erreur, ce qui signifie que le rapport entre l'intensité de la lampe de serre et l'erreur est une valeur fixe appelée « constante de proportionnalité ». La constante est multipliée à l'erreur **D** et ajoutée ensuite à l'intensité initiale de la lampe de serre dans la valeur d'entrée de la fonction, afin de calculer la valeur de la variable *intensity*. Cette dernière variable est ensuite utilisée pour ajuster la lampe de serre à une nouvelle intensité **E** si nécessaire.

L'ampleur de l'erreur et le fait qu'elle soit positive ou négative ont une incidence. Si l'erreur est négative, le réglage de la variable *intensity* est plus faible que le réglage initial. Si l'erreur est positive (c'est-à-dire que la température réelle est inférieure au *setpoint*), alors la variable *intensity* est réglée à un niveau supérieur au niveau initial. Plus la constante de proportionnalité est élevée, plus le changement de l'intensité lumineuse quand la température dans la serre s'écarte de son niveau idéal est important.

[[figure left]]

Oscillation de la température

Légende (pour les deux figures) :

constante à 20

constante à 40

[[x-axis]]

Temps (s)

[[y-axis]]

## 5. PROGRAMMER UN SYSTÈME DE DÉTECTION ET DE CONTRÔLE POUR UNE SERRE

Température (°C)

[[figure right]]

Oscillation de l'intensité lumineuse de la lampe de serre

[[x-axis]]

Temps (s)

[[y-axis]]

Luminosité (%)

[[/figures]]

Les deux figures ci-dessus montrent les données sur la température (à gauche) et sur la luminosité (à droite) pour deux cycles de 10 minutes avec la fonction *regulateTemperature* dans une boucle *repeat while true*. Le *setpoint* est fixé à 22,6 °C dans les deux cas. La ligne continue montre les résultats quand la constante de proportionnalité est réglée à 20 et la ligne pointillée quand elle est réglée à 40. À gauche, les deux valeurs pour la constante permettent à la température d'« osciller » (c'est-à-dire de varier entre la valeur supérieure et la valeur inférieure) par rapport au *setpoint*. Est-ce que vous avez remarqué que, quand la constante est réglée à 40, la température est plus stable entre deux oscillations? Regardez maintenant la différence dans les oscillations de l'intensité de la lampe de serre à droite. La luminosité baisse beaucoup plus quand la constante est plus élevée, de sorte qu'il y a moins de chaleur et une luminosité moins intense qui sont ajoutées à la serre, et c'est pourquoi la température est plus stable quand la constante de proportionnalité est plus élevée.

### Prototype

#### **Partie 1 : configuration**

##### **Configuration de la serre**

1. Éteindre l'appareil control.Node et fermer SPARKvue.
2. Arroser la plante si nécessaire.
3. Brancher ensuite le module capteur pour serre ❶, la sonde d'humidité ❷ et la lampe de serre ❸ dans le couvercle de la serre, comme à la figure 1.
4. Tirer doucement une longueur d'un pied supplémentaire de câble pour la sonde d'humidité à travers le couvercle.

## 5. PROGRAMMER UN SYSTÈME DE DÉTECTION ET DE CONTRÔLE POUR UNE SERRE

5. Utiliser des pince-notes et des élastiques ④ pour attacher les tubes et les goutteurs au pot, comme dans la figure 1 (sachant que votre pot a une plante).
6. Enfoncer la sonde d'humidité dans le pot aussi loin que possible à proximité d'un goutteur, comme dans l'illustration. Compacter la terre autour de la sonde.
7. Mettre la plante dans la serre avec les goutteurs pointant légèrement vers le haut et avec les tubes formant un crochet comme dans ⑤, pour éviter la formation de bulles d'air et un écoulement excessif.
8. Facultatif : Si on va utiliser de l'eau stagnante dans la stratégie de contrôle de l'humidité, arranger des bouchons de bouteille en plastique, des goutteurs et l'eau stagnante selon les besoins. Si on va utiliser une éponge mouillée dans la stratégie de contrôle de l'humidité, concevoir un système pour que l'éponge reste à la bonne hauteur et à la bonne distance du ventilateur une fois que ce dernier est installé.
9. Mettre le couvercle sur la serre et attacher le bouchon pour les tubes du système d'arrosage et pour le ventilateur USB dans les orifices sur le côté.
10. Tirer doucement la longueur de câble de sonde en surplus à travers le couvercle et aligner la lampe de serre avec le capteur de lumière.
11. Construire un système de refroidissement comme à la figure 2. Ajouter des glaçons dans un plat peu profond jusqu'à ce qu'il soit presque rempli ⑥.

*Figure 2 – Système de refroidissement sous le couvercle*

12. Mettre le plat avec les glaçons dans le sachet plastique à fermeture à glissière, enlever l'air en surplus et fermer le sachet de façon à le rendre étanche.
13. Utiliser le système de refroidissement quand on veut faire baisser rapidement la température pendant les tests. Pour cela, mettre le couvercle de la serre sur la table avec le système de refroidissement directement en dessous du bouchon où est installé le capteur de température du module capteur (⑦, flèche). Éviter tout contact entre le système de refroidissement et le module capteur.

### **Configuration de l'équipement**

1. Raccorder la sonde d'humidité ① et les câbles des capteurs de lumière, d'humidité et de température ② au capteur pour serre, comme à la figure 3. Brancher le capteur dans l'appareil □control.Node ③.

*Figure 3 – Configuration de l'équipement*

(avant)

(arrière)

## 5. PROGRAMMER UN SYSTÈME DE DÉTECTION ET DE CONTRÔLE POUR UNE SERRE

2. Brancher la lampe de serre au port A de l'appareil  control.Node ④. Raccorder la lumière à son alimentation électrique USB.
3. Brancher le module « Power Output » au port B de l'appareil  control.Node ⑤.
4. Brancher le ventilateur USB au canal 1 ⑥ et la pompe USB au canal 2 ⑦.

### Partie 2 : télécharger le code sur l'appareil control.Node

L'appareil  control.Node a une fonctionnalité qui permet de stocker le programme Blockly dans l'appareil lui-même, de sorte qu'il n'est même pas nécessaire qu'il soit connecté au logiciel SPARKvue pour tourner! Cela s'avérera très pratique pour une serre qui est censée tourner par elle-même pendant des jours, des semaines ou des mois.

1. Ouvrir SPARKvue et connecter l'appareil  control.Node au dispositif.
2. Sélectionner  **Temperature** et les autres mesures souhaitées du capteur pour serre.
3. Désactiver les mesures du capteur intégré à l'appareil  control.Node en passant du réglage  au réglage .
4. Sélectionner le modèle d'affichage de données de son choix. Quand il s'ouvre, commencer à recueillir des données afin d'enregistrer la température actuelle, puis interrompre la collecte de données.
5. Utiliser l'icône  pour ouvrir l'outil « **Code** ».
6. Aller à « **Code Library** » et insérer la fonction *Regulate Temperature* pour la serre.
7. Remplacer la valeur par défaut de 24 °C pour la variable *idealTemperature* par une valeur de 0,2 °C supérieure à la température qu'on vient d'enregistrer.
8. Mettre le bloc de fonction à l'intérieur d'une boucle *repeat while true*. Tester le programme pendant quelques secondes pour s'assurer qu'il fonctionne. Corriger si nécessaire.
9. Utiliser l'icône  « **Upload Code** » dans le coin supérieur droit pour télécharger le programme sur l'appareil  control.Node. L'appareil émettra plusieurs bips pour indiquer que le téléchargement s'est bien fait.
10. Utiliser l'icône  « **Start Code Execution** » dans le coin supérieur droit pour lancer l'exécution du programme stocké dans l'appareil  control.Node. Quand le programme s'exécute, l'appareil a une petite DEL bleue qui clignote.
11. Fermer SPARKvue. Noter que les valeurs de sortie continuent d'avoir leur effet dans la serre et que la petite DEL bleue continue de clignoter.

## 5. PROGRAMMER UN SYSTÈME DE DÉTECTION ET DE CONTRÔLE POUR UNE SERRE

12. Ouvrir SPARKvue et raccorder l'appareil  control.Node, puis refaire les étapes 2 et 3.

**REMARQUE :** Les programmes téléchargés sur l'appareil  control.Node ne peuvent renvoyer que des mesures de capteur. Il n'est pas possible de les utiliser pour récupérer des données textuelles ou numériques. Les valeurs textuelles et numériques ne peuvent être récupérées dans un affichage de données que lorsque l'exécution du programme est déclenchée à l'aide du bouton **Start**  dans SPARKvue.

13. Lancer la collecte de données; laisser tourner pendant quelques secondes, puis interrompre la collecte de données. Remarquer que le programme téléchargé continue de s'exécuter, que la collecte de données soit en cours d'exécution ou non.
14. Pour interrompre le programme qui s'exécute sur l'appareil  control.Node, on peut soit ouvrir l'outil « **Code** » et choisir l'icône  « **Stop Code Execution** » dans le coin supérieur droit soit éteindre l'appareil  control.Node.

### **Partie 3 : relire les instructions existantes**

1. Aller au menu principal dans SPARKvue  et choisir « **Open...** ». Sélectionner un programme enregistré antérieurement dans le cadre d'une activité sur la serre qui contient des instructions qui fonctionnent bien et ouvrir le fichier. Il est également possible de se référer aux captures d'écran ou aux croquis dessinés dans le cadre des activités antérieures.
2. Relire le programme. Décider s'il faut apporter des changements au programme pour qu'il fonctionne sur un cycle de 24 heures. Prendre des notes au fur et à mesure.
3. Refaire les étapes 1 et 2 pour toutes les activités déjà effectuées sur la serre. Utiliser des fonctions du répertoire « Code Library » si on le souhaite.
4. Reconstruire ou ouvrir et exécuter un programme créé antérieurement qui comprend des données de sortie textuelles. Pendant que la collecte de données tourne, se rendre à l'affichage des données et cliquer sur l'icône  « **New Page** » pour construire une nouvelle page.
5. Choisir la mise en page pleine page  et ajouter un **affichage en tableau** .
6. Choisir « **Select Measurement** » pour ajouter au moins une mesure du capteur pour serre et au moins une donnée de sortie textuelle dans le programme. Pour ajouter une donnée de sortie textuelle, choisir « **Select Measurement** », puis passer de l'onglet « **Sensors** » à l'onglet « **User-entered** » dans le menu qui s'ouvre à droite.
7. Ouvrir le menu « **Table Tools** »  sous le tableau pour ajouter ou supprimer des colonnes dans le tableau.

## 5. PROGRAMMER UN SYSTÈME DE DÉTECTION ET DE CONTRÔLE POUR UNE SERRE

8. Observer les données à mesure qu'elles s'ajoutent au tableau. Utiliser ce type d'observation des données quand on cherche à régler des problèmes dans le programme, parce que cela révèle parfois de nouvelles informations.

### **Partie 4 : préparer son programme**

Sur une feuille séparée, tracer un organigramme indiquant ce qu'on prévoit de faire pour modifier et combiner les instructions existantes afin de créer un seul et même programme qui a les caractéristiques suivantes :

1. Il tourne sur un cycle de 24 heures à partir de l'heure de commencement qu'on a fixée.
2. Il définit un ordre logique pour les événements à l'entrée et à la sortie, avec des boucles et des blocs temps appropriés.
3. Il utilise des fonctions pour que les événements du programme restent séparés et bien organisés dans le programme.
4. Il fournit des paramètres d'entrée du capteur (température, humidité, luminosité et humidité du sol) pour surveiller les conditions, à un intervalle approprié pour chaque mesure.
5. Il utilise les valeurs mesurées à l'entrée pour contrôler l'activité de la pompe USB, l'activité du ventilateur USB et les intensités de la lampe de serre afin de maintenir en place les conditions préférées de température, d'humidité, de luminosité et d'humidité du sol pour la plante tout au long de la journée. (Ne pas oublier de régler la température idéale à une valeur supérieure à la température ambiante actuelle dans la salle.)
6. Il incorpore des alarmes visuelles (alarmes textuelles dans un affichage « **Digits** ») et des alarmes sonores (grâce au haut-parleur de l'appareil `control.Node`).
7. Il incorpore des commandes de type marche-arrêt et des commandes proportionnelles.

Il faut que l'organigramme contienne l'heure approximative de la journée à laquelle chaque événement se produit et des idées sur les types de blocs qu'on va utiliser. Il n'est pas nécessaire d'inclure dans cet organigramme toutes les instructions dans le détail. L'objectif est de faciliter la préparation et la réflexion sur les choses qu'il faut faire dans un ordre logique donné, avec les bons types de variables, de boucles, de périodes de mise en veille, etc., pour que le programme s'exécute correctement. Dans l'organigramme, par exemple, on peut avoir une simple étape disant : « mettre en veille pendant une heure, puis utiliser une boucle de type *for each item* avec une liste pour allumer progressivement la lumière », au lieu de dresser la liste complète des nombreux blocs nécessaires pour exécuter cette tâche.

## 5. PROGRAMMER UN SYSTÈME DE DÉTECTION ET DE CONTRÔLE POUR UNE SERRE

### Interrogation

Lancer une nouvelle expérience dans SPARKvue et entamer la conversion de l'organigramme en programme informatique. Ne pas oublier de tester chaque fonctionnalité du programme au fur et à mesure, afin qu'il soit plus facile de régler les problèmes éventuels, et d'enregistrer son travail régulièrement. À titre de référence, il y a 3600 secondes dans une heure et 86 400 secondes dans une journée de 24 heures. Écrire les instructions en pensant en secondes, mais, lors des tests, passer de la seconde à la milliseconde, afin de condenser une heure entière en 3,6 secondes. Avec ce changement d'unité, une journée entière de 24 heures se condense en 1,5 minute environ. Il est indispensable que le programme respecte tous les critères évoqués à l'étape 4 de la partie précédente. Quand on est coincé pour régler un problème dans le programme, essayer de créer un tableau pour voir directement les résultats produits par le programme. Faire une capture d'écran et imprimer ou bien dessiner le programme sur une feuille séparée quand on a fini, puis répondre à la question ci-dessous. Enregistrer le travail dans SPARKvue pour pouvoir s'y référer ultérieurement. Quand on prévoit de laisser la serre tourner en mode automatique pendant longtemps, laisser l'appareil //control.Node branché à l'alimentation USB, télécharger le programme sur l'appareil et lancer l'exécution du programme dans l'appareil lui-même, avant de quitter SPARKvue.

1. Résumer les événements qui se produisent dans le programme sur 24 heures et expliquer ce qui est prévu dans le programme pour qu'il soit bien minuté sur 24 heures.
2. Quels sont les deux aspects les plus difficiles rencontrés dans la combinaison de plusieurs événements d'entrée et de sortie dans un seul et même programme?
3. Que conseiller aux autres pour arriver à bien combiner plusieurs événements d'entrée et de sortie dans un seul et même programme?
4. Expliquer son approche de l'utilisation de commandes proportionnelles dans le programme sur 24 heures. Décrire au moins un avantage que ce type de commande a par rapport à une commande de type marche-arrêt.

### Améliorations

- Faire des recherches sur les recommandations pour l'alimentation ou les engrais pour la plante. Ajouter des rappels textuels et sonores pour respecter l'horaire recommandé.
- Programmer, au lieu de bips, quelques notes tirées de chansons faciles à reconnaître. Créer, par exemple, une petite série de notes évoquant le refrain de la chanson « Umbrella » de Rhianna ou de la chanson « Singin' in the Rain » de Gene Kelly pendant que la pompe USB arrose les plantes.
- Utiliser un motif différent de clignotements ou de changements de couleur dans la lampe de serre pour attirer l'attention et remplacer ainsi une alarme textuelle par une alarme lumineuse.