

# Thème F Informatique embarquée et objets connectés

## Chapitre 11 À la découverte de l'informatique embarquée

Le thème F (*Informatique embarquée et objets connectés*) correspond aux deux chapitres suivants :

- **Chapitre 11 : À la découverte de l'informatique embarquée**
- Chapitre 12 : Objets connectés

Le chapitre 11 est indépendant des autres chapitres.

### A. Le programme

Les capacités exigibles du BO pour ce chapitre sont données ci-dessous. Les autres contenus du thème *Informatique embarquée et objets connectés* seront traités dans le chapitre 12.

Contenus	Capacités attendues du BO traitées dans le chapitre 11	Activités / Exercices
Systèmes informatiques embarqués	Identifier des algorithmes de contrôle des comportements physiques à travers les données des capteurs, l'IHM et les actions des actionneurs dans des systèmes courants.	Activité 1 à 4 p. 160-163 Exercices 1 à 8 p. 166-167

## B. QCM diagnostique p. 158

Ces questions vont instaurer le débat, ou la discussion.

Elles sont destinées à faire une évaluation diagnostique en début du chapitre et sont disponibles sur QCMCam et aux formats PDF, PPT et ODP sur le site web : [https://lienbordas.fr/740171\\_ch11\\_qcm](https://lienbordas.fr/740171_ch11_qcm).

1	<b>La trottinette électrique peut-elle être un objet connecté ?</b> <i>Réponses :</i> <b>A.</b> Oui, si elle est rechargeable avec une prise électrique. <b>B.</b> Oui, si elle est connectée à Internet. (bonne réponse) <b>C.</b> Non, ce n'est pas un objet connecté.
2	<b>Selon vous, que se passe-t-il quand on atteint la vitesse de 25 km/h avec un vélo à assistance électrique ?</b> <i>Réponses :</i> <b>A.</b> Le vélo freine automatiquement. <b>B.</b> Le moteur électrique arrête de fonctionner. (bonne réponse) <b>C.</b> Le moteur électrique continue à vous assister électriquement.
3	<b>Quelle fonctionnalité pourrait avoir un lave-linge très moderne ?</b> <i>Réponses :</i> <b>A.</b> Envoyer un e-mail quand le lavage est terminé. (bonne réponse) <b>B.</b> Doser automatiquement la quantité de lessive nécessaire. <b>C.</b> Émettre un son quand le cycle de lavage est terminé.
4	<b>Quel serait l'intérêt de la multiplication des objets connectés au quotidien ?</b> <i>Réponses :</i> <b>A.</b> Faciliter la collecte de tout type de données en temps réel. (bonne réponse) <b>B.</b> Lutter contre le réchauffement climatique. <b>C.</b> Diminuer la quantité de données numériques à traiter.
5	<b>Dans un système automatisé, que mesure un capteur ?</b> <i>Réponses :</i> <b>A.</b> Une commande utilisateur <b>B.</b> Une information de l'environnement (température, distance, etc.) (bonne réponse) <b>C.</b> Le poids de l'algorithme <b>D.</b> Le temps d'exécution du programme

## C. Frise historique p. 159

### Réponses aux questions :

1. Parmi les domaines qui ont bénéficié du développement des systèmes embarqués, nous pouvons citer le domaine de l'aéronautique et celui de l'automobile, notamment avec la voiture électrique.

2. Un aspirateur intelligent est capable d'aspirer la poussière de manière autonome en évitant les obstacles, puis de retourner à sa station d'accueil quand il a terminé ou quand il doit recharger sa batterie.

3. Le smartphone moderne a révolutionné notre manière d'interagir avec les objets du quotidien en centralisant différentes fonctions essentielles dans un seul appareil. Il ne sert plus seulement à téléphoner ou à envoyer des messages, mais permet aussi de contrôler à distance des objets connectés, rendant notre vie plus simple et plus fluide.

## D. Description des activités

### Activité 1 p. 160 Le smartphone est-il un système embarqué ?

#### Capacité travaillée :

- Identifier des algorithmes de contrôle des comportements physiques à travers les données des capteurs, l'IHM et les actions des actionneurs dans des systèmes courants.

Cette activité présente le smartphone comme un véritable système embarqué, en permettant notamment de revoir les notions de capteur et d'actionneur, découvertes au collège.

#### Réponses aux questions :

1. a. On retrouve usuellement dans un smartphone les capteurs suivants : accéléromètre, capteur de luminosité ambiante, lecteur d'empreinte digitale, gyroscope, microphone, puce GPS.

b. Les smartphones modernes sont équipés de divers capteurs qui collectent une multitude d'informations pour améliorer l'expérience utilisateur et faciliter l'interaction avec le monde qui nous entoure :

- **accéléromètre** : il détecte les mouvements et l'orientation du smartphone sur trois axes. Il permet :
  - de mesurer les secousses et les changements de position (par exemple, passer du mode portrait au mode paysage) ;
  - de suivre l'activité physique, comme le nombre de pas ;
  - de détecter les vibrations pour alerter l'utilisateur.
- **capteur de luminosité ambiante** : il mesure la lumière autour de nous et ajuste automatiquement la luminosité de l'écran. Il permet :
  - d'adapter l'écran à l'éclairage ambiant (plus lumineux en extérieur, plus sombre la nuit) ;
  - de consommer moins d'énergie lorsque l'éclairage est faible.
- **lecteur d'empreinte digitale** : il enregistre et analyse nos empreintes digitales pour :
  - sécuriser l'accès à notre téléphone (déverrouillage) ;
  - authentifier nos paiements ou nos applications avec notre empreinte.

- **gyroscope** : il détecte la rotation du téléphone sur trois axes. Il est utilisé pour :
  - déterminer l'orientation du téléphone (par exemple, pour les jeux ou les applications de réalité augmentée) ;
  - ajuster l'écran en fonction de la position du téléphone (comme dans les cartes ou les jeux).
- **microphone** : il capte les sons autour de nous. Il sert à :
  - enregistrer des voix ou des bruits ambiants ;
  - recevoir des commandes vocales dans le cas des assistants (comme Siri ou Google Assistant).
- **puce GPS** : elle localise le téléphone grâce aux satellites. Elle collecte :
  - les coordonnées géographiques (latitude et longitude) pour localiser le téléphone ;
  - la vitesse et l'altitude pour des applications comme la navigation ou le suivi d'activité.

2. Ces composants permettent de rendre l'expérience utilisateur mieux adaptée et plus flexible, en offrant une combinaison de retours visuels, sonores et tactiles selon les besoins et les contextes :

- **écran** : il affiche les informations et fournit une interface tactile qui permet de naviguer et de contrôler les applications.
- **haut-parleur** : il diffuse des sons pour les appels, la musique, les vidéos et certaines notifications.
- **vibreur** : il émet des alertes tactiles discrètes pour signaler des notifications sans produire de bruit.
- **diode de notification** : elle s'allume pour signaler les notifications importantes, offrant ainsi une alerte discrète sans allumer l'écran.

3. L'écran tactile d'un smartphone est à la fois un capteur et un actionneur. En effet :

- en tant que capteur, il détecte les interactions de l'utilisateur, telles que les touches ou les glissements sur l'écran, grâce à des technologies comme les capteurs capacitifs ;
- en tant qu'actionneur, il réagit en affichant des informations ou en modifiant son apparence (par exemple, en changeant la couleur d'un bouton ou en affichant un message) en réponse aux actions de l'utilisateur.

4. L'application installée sur le téléphone de Carla a été lancée, ce qui lui permet d'avoir accès aux différents capteurs embarqués dans l'appareil. Le capteur GPS peut alors mesurer la vitesse de déplacement de Carla, et l'écran peut afficher la valeur de cette vitesse, après un traitement approprié.

5. Le capteur qui permet de compter le nombre de pas effectués par Carla est principalement l'accéléromètre, qui mesure les mouvements et les secousses du smartphone. Lorsqu'il est porté sur soi (souvent embarqué dans un téléphone ou dans une montre connectée), il détecte les changements de position associés à chaque pas effectué par l'utilisateur. Grâce à ces données, il peut compter le nombre de pas en identifiant les variations de mouvement liées à la marche.

6. Pour afficher la valeur moyenne de la foulée de Carla, l'application effectue le calcul suivant :

$$\frac{\text{distance parcourue}}{\text{nombre de pas effectués}}$$

7. Un smartphone seul ne peut pas mesurer directement la fréquence cardiaque, car il n'est pas pourvu des capteurs spécifiques nécessaires à la détection des battements du cœur. Un moniteur de fréquence cardiaque en forme de ceinture doit être ajouté en option.

8. Le smartphone, via son microcontrôleur, analyse les données transmises par le capteur de fréquence cardiaque et active le vibreur pour alerter rapidement l'utilisateur, par exemple en cas de dépassement de la fréquence cardiaque cible.

Voici la chaîne possible permettant de générer cette alerte :

1. capteur de fréquence cardiaque :
  - mesure le rythme cardiaque ;
  - envoie les données au microcontrôleur ;
2. microcontrôleur (dans le smartphone) :
  - reçoit les données du capteur ;
  - compare la fréquence cardiaque mesurée à une valeur seuil programmée (par exemple, 100 battements par minute) ;
  - déclenche une alerte si la fréquence dépasse cette valeur seuil ;
3. actionneur (vibreur) :
  - le microcontrôleur active le vibreur pour envoyer une alerte tactile à l'utilisateur, sous la forme d'une vibration.

9. Le smartphone est un système embarqué intelligent, car il intègre du matériel et des logiciels pour collecter, analyser des données et prendre des décisions autonomes afin d'adapter son fonctionnement aux besoins de l'utilisateur.

## Activité 2 p. 161 À quoi sert l'informatique embarquée d'un vélo électrique ?

### Capacité travaillée :

- Identifier des algorithmes de contrôle des comportements physiques à travers les données des capteurs, l'IHM et les actions des actionneurs dans des systèmes courants.

Cette activité propose de découvrir le principe de fonctionnement d'un vélo à assistance électrique.

### Réponses aux questions :

1. Selon le doc. A, la vitesse d'un vélo à assistance électrique (VAE) est limitée à 25 km/h.
2. L'assistance est enclenchée si l'utilisateur pédale et si la vitesse ne dépasse pas 25 km/h.
3. Grâce aux capteurs qui effectuent des mesures en temps réel, le VAE peut contrôler différents paramètres et, si besoin, déclencher automatiquement des actions de manière autonome.
4. L'assistance électrique est fortement sollicitée au démarrage et en montée, selon le graphique du doc. B.

5. Les grandeurs qu'il semble pertinent de mesurer sont : vitesse, effort sur le pédalier, freinage.
6. La vitesse du VAE étant limitée à 25 km/h, l'assistance va se désactiver automatiquement dès qu'il aura atteint cette vitesse.
7. Dans un VAE, le microcontrôleur gère l'assistance électrique en fonction des capteurs (vitesse, effort sur le pédalier, freinage), contrôle la batterie, permet de choisir les modes d'assistance, assure la sécurité en détectant les anomalies et gère l'interface utilisateur pour afficher les informations et répondre aux commandes.
8. Si Titouan freine, l'action sur le frein sera détectée par le capteur de freinage et l'assistance électrique va se désactiver automatiquement.
9. Si la vitesse du vélo dépasse la valeur de 25 km/h, l'assistance électrique va se désactiver automatiquement, mais la vitesse du vélo pourra tout de même continuer à augmenter, surtout si Titouan appuie très fort sur les pédales.
10. On peut citer la trottinette électrique.

### Activité 3 p. 162 Comment adapter sa vitesse à trottinette ?

#### Capacité travaillée :

- Identifier des algorithmes de contrôle des comportements physiques à travers les données des capteurs, l'IHM et les actions des actionneurs dans des systèmes courants.

Cette activité permet de découvrir comment est gérée la puissance du moteur électrique d'une trottinette.

#### Réponses aux questions :

1.

Capteur	Microcontrôleur	Actionneur
Manette d'accélérateur Manette de freins	Carte électronique	Moteur Frein

2. Forte puissance : forme 1. La tension est alors souvent proche de son maximum.

Puissance faible mais non nulle : forme 3.

3. La tension aux bornes du moteur ne peut se trouver que dans deux états :  $U = U_{\max}$  ou  $U = 0$  volt. Pour faire varier la puissance transmise aux roues, le moteur effectue des cycles qui oscillent entre ces deux états, en passant plus ou moins de temps dans l'état « Haut » de tension maximale. On peut donc parler de moteur « tout-ou-rien ».

4. Pour gérer ces événements, le microcontrôleur va opter pour l'une des formes de la tension électrique :

- a. surchauffe du moteur : forme 4 (tout arrêter) ;
- b. action sur le frein : forme 4 ;
- c. vitesse supérieure à 25 km/h : forme 4 ;
- d. accélérateur sollicité : forme 1.

5. Le système embarqué régule la puissance du moteur en choisissant l'une des quatre formes possibles. Cette décision est prise en temps réel par le microcontrôleur à partir des données transmises par les capteurs.

6. L'opérateur de la flotte peut récupérer les informations suivantes pour assurer la gestion du parc et fournir un service de qualité aux utilisateurs :

- position GPS des trottinettes ;
- état de charge de leur batterie ;
- tracés en temps réel ;
- etc.

#### Activité 4 p. 163 Comment interagir avec une console de jeu ?

##### Capacité travaillée :

- Identifier des algorithmes de contrôle des comportements physiques à travers les données des capteurs, l'IHM et les actions des actionneurs dans des systèmes courants.

Cette activité propose de découvrir quelques capteurs et actionneurs embarqués dans un objet du quotidien des élèves : la manette de console de jeu.

#### Réponses aux questions :

1. Le microprocesseur d'une console de jeu exécute la logique du jeu, coordonne les composants et traite les entrées pour assurer le bon déroulement de l'expérience de jeu.

2. Au cours d'une partie, la console risque de s'échauffer fortement, surtout en été. C'est pourquoi elle est munie de plusieurs capteurs de température (capteurs), qui peuvent déclencher un ou plusieurs ventilateurs (actionneurs) chargés de la refroidir avec de l'air frais.

3. Oui, une manette de jeu est un système embarqué autonome, car elle contient un microcontrôleur programmé pour gérer ses capteurs (boutons, joysticks, gyroscope, etc.) et communiquer avec la console ou l'ordinateur.

4.

<b>Capteur</b>	<b>Actionneur</b>
Joystick Gâchette Bouton ON/OFF	DEL Moteur de vibration Buzzer

5. Lorsque le joueur subit un dégât dans le jeu, le microcontrôleur peut ordonner aux moteurs de vibration de vibrer un court instant afin de lui faire ressentir une émotion.

6. La manette détecte son orientation dans l'espace grâce à des capteurs inertiels, principalement un gyroscope (qui mesure la rotation) et un accéléromètre (qui mesure les accélérations sur les axes X, Y et Z).

7. Pour indiquer la décharge de la batterie de la manette et informer le joueur qu'il est temps de la recharger (dans le cas d'un modèle rechargeable), une diode lumineuse clignotant en rouge pourrait être utilisée.

8. Les futures manettes de jeu intégreront des capteurs biométriques et de mouvements avancés, ainsi que des retours haptiques plus immersifs pour une expérience plus réaliste et interactive. Elles pourront aussi s'adapter en temps réel aux émotions du joueur, en modifiant l'ambiance ou la difficulté du jeu.

## E. Description des exercices

### Exercice 1 p. 166 Système embarqué ou objet connecté ?

#### Capacité travaillée :

- Identifier des algorithmes de contrôle des comportements physiques à travers les données des capteurs, l'IHM et les actions des actionneurs dans des systèmes courants.

Un système embarqué est un dispositif informatique dédié intégré dans un appareil, tandis qu'un objet connecté est un système embarqué relié à Internet pour communiquer et échanger des données.

Système embarqué	Objet connecté
Machine à laver Système de gestion d'un moteur de voiture électrique	Montre connectée Thermostat intelligent Caméra de surveillance autonome

**Remarque :** la frontière entre système embarqué et objet connecté est parfois floue. Ainsi, certains systèmes embarqués peuvent être partiellement connectés, ou évoluer vers une connexion, ce qui complique leur classification stricte. Selon le contexte, un même appareil peut donc être perçu différemment.

### Exercice 2 p. 166 Cybersécurité

#### Capacité travaillée :

- Identifier des algorithmes de contrôle des comportements physiques à travers les données des capteurs, l'IHM et les actions des actionneurs dans des systèmes courants.

1. C'est l'appareil photo du smartphone.
2. La reconnaissance faciale peut être plus ou moins performante selon la luminosité ambiante, la présence ou non d'un masque, l'orientation du visage, le maquillage ou la coupe de cheveux.
3. Pour informer l'utilisateur du succès ou de l'échec de la reconnaissance faciale, un moteur de vibration interne au smartphone peut être actionné, ou bien un bip sonore peut être émis par le haut-parleur.
4. Sans contrôle supplémentaire, il serait possible de déverrouiller le smartphone d'une personne endormie en prenant une photo de son visage. Il est donc essentiel que l'algorithme de comportement vérifie que ses yeux sont bien ouverts.
5. Pour détecter si les yeux d'un individu sont ouverts, on utilise souvent un algorithme qui analyse leur forme et leur apparence dans l'image du visage :
  - le système localise d'abord les yeux grâce à des points clés du visage ;
  - ensuite, il mesure l'ouverture verticale des yeux (la distance entre les paupières) ;
  - si cette ouverture dépasse un certain seuil, les yeux sont considérés comme ouverts ; sinon, ils sont considérés comme fermés.

### Exercice 3 p. 166 Le lave-linge connecté

#### Capacité travaillée :

- Identifier des algorithmes de contrôle des comportements physiques à travers les données des capteurs, l'IHM et les actions des actionneurs dans des systèmes courants.

De nombreux objets du quotidien possèdent un système embarqué, c'est-à-dire un dispositif électronique intégré comportant des capteurs et des actionneurs. Le lave-linge en est un exemple. Il se pilote grâce à un bandeau de commande composé de boutons (capteurs) et d'écrans, de diodes lumineuses ou de buzzers (actionneurs).

1.

Capteur	Rôle joué	Intérêt écologique ou sécuritaire
Température	Mesure la température de l'eau de lavage, qui est réglable.	Écologique
Turbidité	Mesure le degré de saleté de l'eau de rinçage, pour savoir s'il est nécessaire ou non de poursuivre le lavage.	Écologique
Charge	Mesure la masse (le poids) de linge à laver dans le tambour pour adapter la quantité d'eau et de lessive.	Écologique
Niveau d'eau	Mesure la hauteur d'eau dans la cuve afin de prévenir tout débordement d'eau.	Sécuritaire

2. Ce bandeau de commande (interface) joue un rôle essentiel entre l'homme (l'utilisateur) et la machine (le lave-linge). On parle ainsi d'interface homme-machine (IHM). Toutes les actions possibles doivent être accessibles via les boutons ou les molettes du panneau de commande. Grâce à cette interface, il est possible de programmer la machine (durée de lavage totale, température, vitesse d'essorage) mais également de recevoir des informations grâce aux actionneurs (durée de lavage restante, bip sonore de fin de lavage, etc.).

3. Grâce aux nombreuses mesures effectuées par les capteurs de la machine, le microcontrôleur adapte son comportement selon un algorithme de contrôle de comportement, développé en usine et intégré dans le cerveau électronique (carte électronique) du lave-linge. Le lave-linge exécute uniquement les fonctions pour lesquelles il a été programmé !

4. Un lave-linge connecté pourra envoyer un e-mail en fin de lavage ou encore lancer un lavage via le smartphone.

### Exercice 4 p. 166 Gestion du chauffage

#### Capacité transversale travaillée :

- Instructions conditionnelles

Le programme suivant permet d'ajuster la température de la pièce en appelant les fonctions `chauffer()` ou `refroidir()`.

```

def chauffer():
    print("chauffer")

def refroidir():
    print("refroidir")

def ajuster(t):
    if t < 10:
        chauffer()
    elif t > 25:
        refroidir()

```

La correction dans l'éditeur WebPython est disponible à cette adresse : [https://lienbordas.fr/740171\\_webpython17\\_WQT](https://lienbordas.fr/740171_webpython17_WQT).

## Exercice 5 p. 167 Écologie

### Capacité travaillée :

- Identifier des algorithmes de contrôle des comportements physiques à travers les données des capteurs, l'IHM et les actions des actionneurs dans des systèmes courants.

1.

Mesurer le taux d'humidité du sol ou de l'air	Capteur d'humidité (capteur)
Mesurer la température de l'air	Thermomètre (capteur de température)
Détecter la luminosité du soleil	Capteur de luminosité (capteur)
Couper et allumer l'arrosage	Vanne d'eau (actionneur)

2. Si le sol est sec **et** que la température est élevée, l'algorithme de contrôle de comportement doit alors déclencher l'arrosage du sol en agissant sur la vanne d'eau qui joue le rôle de robinet pilotable à distance.

3. L'écran LCD pourrait permettre de lire en temps réel toutes les informations recueillies auprès des différents capteurs, comme le taux d'humidité du sol ou la température de l'air. Il pourrait aussi afficher une petite animation lorsque l'arrosage est en cours.

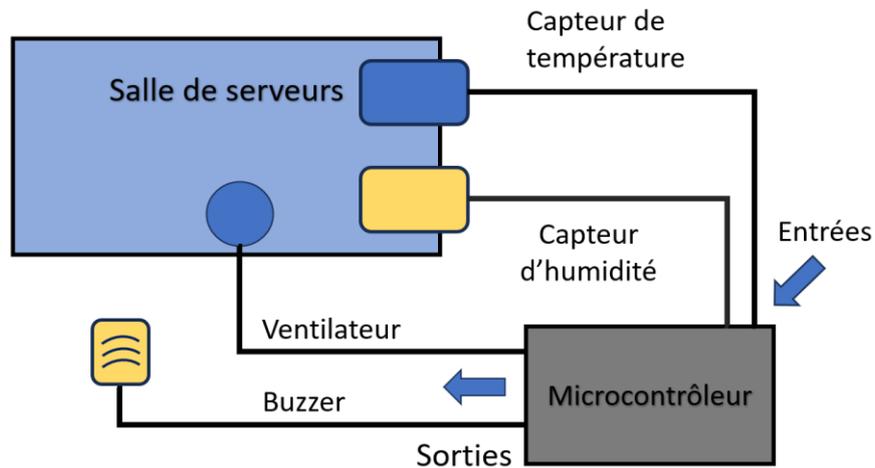
## Exercice 6 p. 167 Sécurité d'une salle de serveurs

### Capacité travaillée :

- Identifier des algorithmes de contrôle des comportements physiques à travers les données des capteurs, l'IHM et les actions des actionneurs dans des systèmes courants.

Pour assurer la sécurité d'une salle de serveurs, il s'agit d'installer un système automatique de surveillance capable de contrôler le taux d'humidité de la salle (aussi bien à la hausse qu'à la baisse) et la température de la salle.

1. Le schéma suivant illustre comment effectuer cette surveillance à l'aide des capteurs et des actionneurs proposés dans l'énoncé :



2. L'algorithme suivant précise les actions à réaliser dans les cas de figure proposés :

Début Algorithme

Lire la température

Lire l'humidité

// Vérification de la mesure de température

Si température non disponible alors

Afficher un message d'erreur ou activer le buzzer

Sinon

// Gestion de la température

Si température > 35 alors

Activer le ventilateur

Activer le buzzer

Sinon Si température > 28 alors

Activer le ventilateur

Sinon

Ne rien faire

// Gestion de l'humidité

Si humidité < 30 OU humidité > 70 alors

Activer le buzzer

Sinon

Ne rien faire

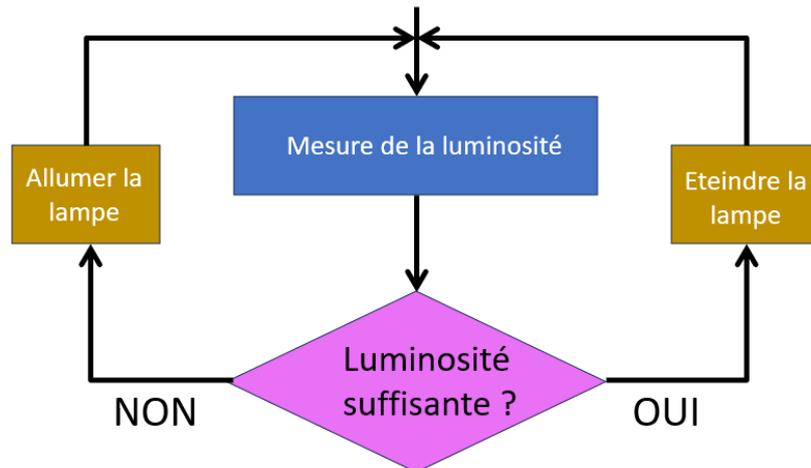
Fin Algorithme

## Exercice 7 p. 167 Allumage automatique

### Capacité travaillée :

- Identifier des algorithmes de contrôle des comportements physiques à travers les données des capteurs, l'IHM et les actions des actionneurs dans des systèmes courants.

Un système doit allumer une lampe si la luminosité ambiante est insuffisante et l'éteindre dans le cas contraire. L'idée est de mesurer en continu la luminosité et de répondre à la question suivante : « La luminosité est-elle suffisante ? » Selon la réponse à cette question (oui ou non), la lampe devra être éteinte ou allumée.



## Exercice 8 p. 167 Comprendre un organigramme de comportement

### Capacité travaillée :

- Identifier des algorithmes de contrôle des comportements physiques à travers les données des capteurs, l'IHM et les actions des actionneurs dans des systèmes courants.

1. En examinant l'algorithme de comportement, on peut supposer qu'il régit le comportement d'un vélo à assistance électrique (VAE).

2. La nature des **capteurs** nécessaires peut être déduite de l'examen des cadres de l'organigramme, en particulier de ceux contenant le mot **mesure**, car seuls les capteurs effectuent des mesures de grandeurs réelles.

Capteurs	Actionneurs
Capteur de force au niveau du pédalier Capteur de détection du freinage Capteur de vitesse	Moteur

3. En cas de freinage, le moteur électrique doit être coupé afin que la vitesse du VAE puisse diminuer.

4. La vitesse de 25 km/h étant la vitesse maximale autorisée avec assistance électrique, le système embarqué doit mesurer en temps réel la vitesse du VAE et la comparer avec cette valeur de 25 km/h, afin de diminuer ou non la consigne d'assistance donnée au moteur.

## F. Bilan du chapitre p. 168

Question	Réponse
1	<b>b. Analyser les données fournies par des capteurs et contrôler des actionneurs.</b>
2	<b>c. Un thermostat intelligent</b>
3	<b>c. Définir les instructions à envoyer aux actionneurs à partir des informations collectées par les capteurs.</b>
4	<b>d. Un système de chauffage</b>
5	<b>a. Fournir une interface de commande pour interagir avec un jeu ou une application.</b>
6	<b>b. Un capteur</b>
7	<b>b. Un actionneur</b>
8	<b>b. Le microcontrôleur</b>
9	<b>b. Mesurer le taux d'humidité du sol</b>
10	<b>d. Un accéléromètre</b>
11	<b>a. La vitesse</b>
12	<b>c. Le microprocesseur</b>
13	<b>c. Un écran tactile</b>

Des QCM d'auto-évaluation sont disponibles pour un travail en autonomie de l'élève à l'adresse : [https://lienbordas.fr/740171\\_ch11\\_bilan](https://lienbordas.fr/740171_ch11_bilan).