

## 1. PRÉSENTATION

Le diagramme d'état est un outil de modélisation qui permet de représenter graphiquement le fonctionnement d'un système séquentiel.

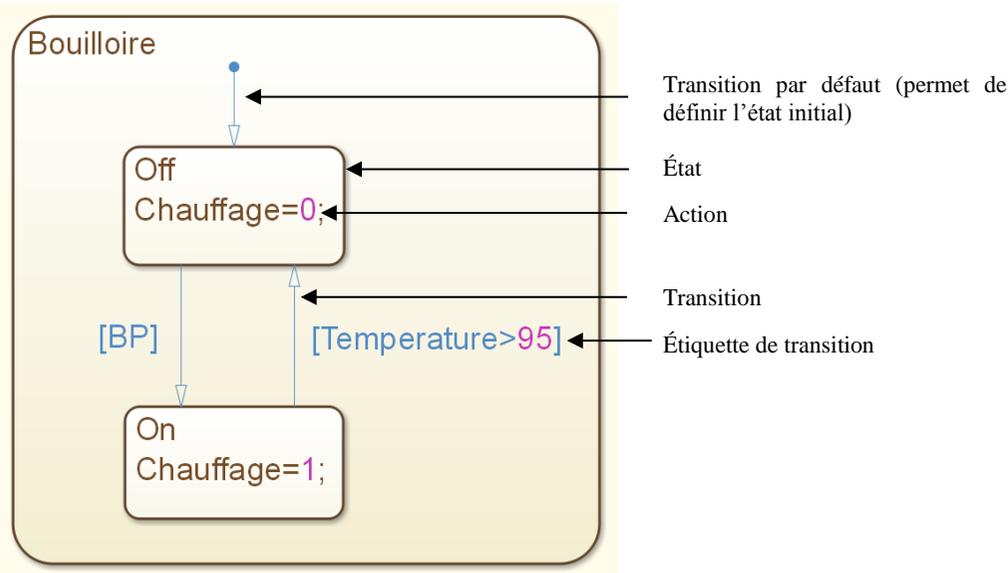
On utilisera *Stateflow*, logiciel graphique fonctionnant dans l'environnement *MATLAB*, pour :

- modéliser les comportements séquentiels d'un système à l'aide de diagrammes d'état ;
- simuler le fonctionnement du système ;
- implanter les diagrammes d'état dans une carte microcontrôleur de type Arduino.

## 2. CONSTITUTION D'UN DIAGRAMME D'ÉTAT

Dans un diagramme d'état, la description du fonctionnement d'un système est représentée graphiquement par un ensemble :

- d'états auxquels sont associés des actions ;
- de transitions auxquelles sont le plus souvent associées des conditions ;



### 2.1. ÉTATS

Un état est représenté par un rectangle aux coins arrondis. Le nom de l'état ou son étiquette (« *state label* ») est écrit en haut à gauche du rectangle. Lorsqu'un état est actif, la ou les actions associées à cet état s'accomplissent. Les actions associées aux états ont peut avoir lieu :

- à l'activation de l'état, *entry: action* ;
- à la désactivation de l'état *exit: action* ;
- en continu tant que l'état est activé, *during: action* ;

Les termes *entry*, *during*, *exit* sont appelés mots-clés (*keyword*). En absence de mot-clé (comme dans l'exemple donné figure 1), l'action est réalisée en entrant dans l'état.

La figure 2 présente un exemple d'utilisation des mots-clé pour les actions avec la syntaxe *STATEFLOW* :

```
Exemple
entry: N=N+1;
during: moteur=cmd;
exit: moteur=0;
```

Figure 2

Chaque action est conclue par un point-virgule.

### 2.2. TRANSITIONS

Le passage d'un état à l'autre se fait par une transition qui se matérialise par une liaison orientée entre un état source et un état pointé. La transition est caractérisée par une étiquette qui décrit les circonstances ou les conditions de passage d'un état à un autre.

L'étiquette de transition contient le plus souvent une condition (écrite entre crochets) ou un opérateur temporel.

#### 2.2.1. OPÉRATEURS LOGIQUES

Test logique	Syntaxe STATEFLOW
a = 0 ?	[!a]
a = 1 ?	[a]
a et b = 1 ?	[a && b]
a ou b = 1 ?	[a    b]

#### 2.2.2. OPÉRATEURS RELATIONNELS

Test	Syntaxe STATEFLOW
a égal b ?	[a == b]
a différent de b ?	[a != b] ou [a <> b]
a inférieur à b ?	[a < b]
a inférieur ou égal à b ?	[a <= b]
a supérieur à b ?	[a > b]
a supérieur ou égal à b ?	[a >= b]

### 2.2.3. OPÉRATEURS TEMPORELS

L'étiquette d'une transition peut aussi contenir un opérateur temporel :

Opération temporelle	Syntaxe STATEFLOW
la transition est franchie après 10 secondes	after(10,sec)
la transition est franchie si a vaut 1 avant 3 secondes	[a&&before(3,sec)]

### 2.3. DÉMARCHE DE CONCEPTION D'UN GRAPHE D'ÉTAT

Pour concevoir un diagramme d'état, il faut :

- définir la frontière du système et recenser les variables d'entrées et de sorties ;
- identifier, nommer et dessiner les états du système ainsi que les actions associées à chaque état ;
- tracer les transitions entre les états en fonction du comportement séquentiel recherché ;
- définir les conditions (et évènements) associées à chaque transition.

## 3. EXERCICES D'APPLICATION

### 3.1. DISPOSITIF DE SÉCURITÉ SUR UNE MACHINE AUTOMATIQUE

#### 3.1.1. DESCRIPTION DU FONCTIONNEMENT

On veut implanter dans un microcontrôleur le dispositif de sécurité d'une machine automatique (étudié précédemment). Le dispositif est doté de quatre entrées (figure 3) :

- P (pour le positionnement de la pièce) ;
- E (pour l'écran protecteur) ;
- B (pour le bouton poussoir de mise en marche) ;
- K (pour le contact à verrouillage par clé).

Le moteur sera activé quand  $M = 1$ .

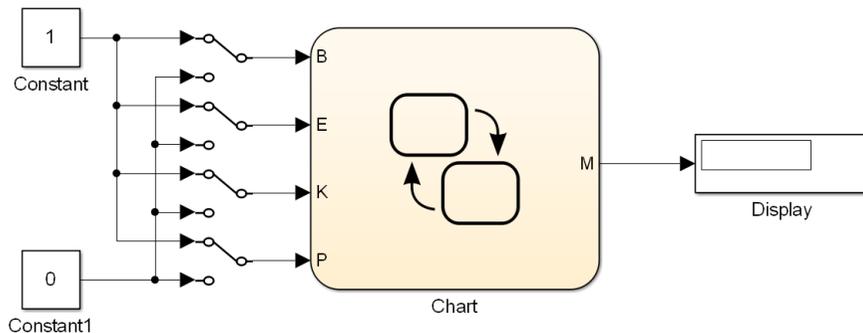


Figure 3 : modèle de simulation du dispositif de sécurité

L'analyse du fonctionnement a permis d'établir l'équation de la sortie :  $M = P.B.(E + K)$

#### 3.1.2. ÉDITION DU DIAGRAMME D'ÉTAT

✎ Compléter le diagramme d'état (figure 4) afin d'obtenir le fonctionnement voulu :

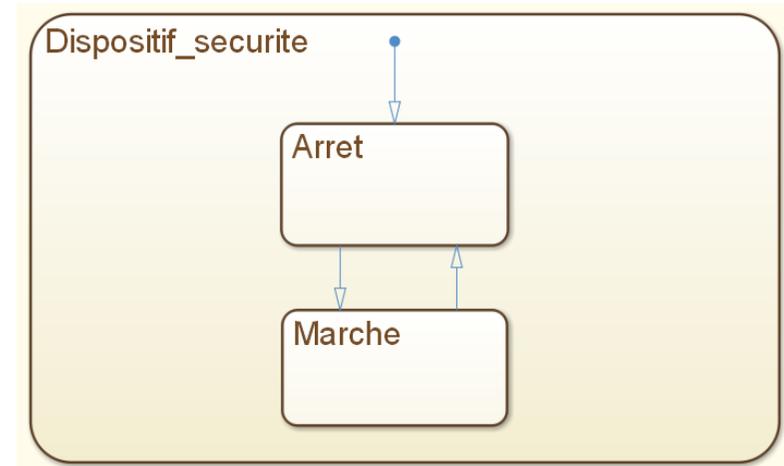


Figure 4 : diagramme d'état du dispositif de sécurité

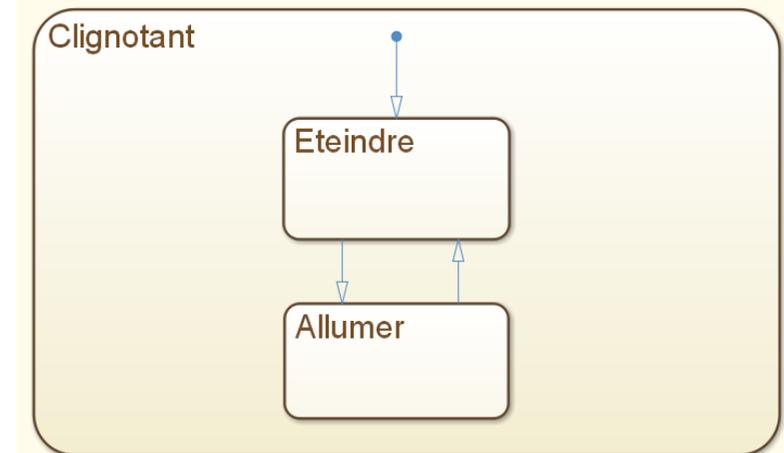
### 3.2. CLIGNOTANT

#### 3.2.1. DESCRIPTION DU FONCTIONNEMENT

On veut commander le clignotement d'une led à l'aide d'un diagramme d'état implanté dans un microcontrôleur. Tant que l'interrupteur BP est à 1, la led, reliée à la sortie S, s'allume une seconde puis s'éteint une seconde. Lorsque l'interrupteur est à 0, la led s'éteint.

#### 3.2.2. ÉDITION DU DIAGRAMME D'ÉTAT

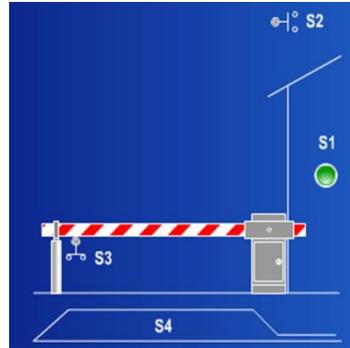
✎ Compléter le diagramme d'état afin d'obtenir le fonctionnement voulu :



### 3.3. BARRIÈRE AUTOMATIQUE

#### 3.3.1. FONCTIONNEMENT

L'appui sur un bouton placé dans la loge provoque l'ouverture de la barrière. Elle se referme automatiquement après 10 secondes si la voiture a quitté la zone de détection (boucle inductive noyée dans le bitume). Pour sortir du parking, la barrière s'ouvre automatiquement lorsque le véhicule est détecté par la boucle inductive.



#### 3.3.2. SPÉCIFICATIONS TECHNOLOGIQUES

##### ENTRÉES :

- S1 : bouton poussoir à impulsion (S1 = 1 quand on appuie sur le bouton) ;
- S2 : capteur de position haute de la barrière (S2 = 1 quand la barrière est ouverte) ;
- S3 : capteur de position basse de la barrière (S3 = 1 quand la barrière est fermée) ;
- S4 : boucle inductive noyée dans le bitume (S4 = 1 quand la voiture est détectée).

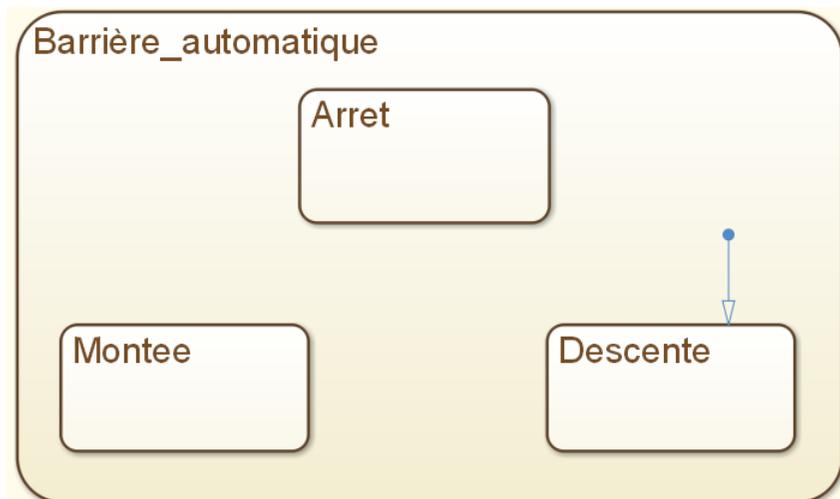
##### SORTIES :

La barrière est actionnée avec un moteur asynchrone triphasé. Ce moteur est alimenté selon le sens de rotation par deux contacteurs KM1 et KM2.

- KM1 : ouverture de la barrière quand KM1 = 1 ;
- KM2 : fermeture de la barrière quand KM2 = 1 ;

#### 3.3.3. ÉDITION DU DIAGRAMME D'ÉTAT

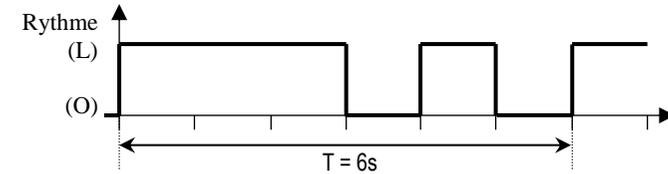
✎ Compléter le diagramme d'état afin d'obtenir le fonctionnement voulu :



### 3.4. BALISE MARITIME

#### 3.4.1. FONCTIONNEMENT

La balise maritime est équipée à son sommet d'un système d'éclairage qui sert à guider les bateaux dans la nuit. Le signal lumineux émis par la balise est intermittent et possède un rythme propre qui permet de l'identifier. Le rythme est donné par la répartition des temps de lumière (L) et d'obscurité (O) :



Une cellule photoélectrique permet de réaliser la détection du jour et de la nuit : la balise va s'allumer automatiquement la nuit et s'éteindre le jour.

#### 3.4.2. SPÉCIFICATIONS TECHNOLOGIQUES

La cellule de détection du jour et de la nuit produit une information logique égale à '1' lorsqu'il fait nuit. L'entrée NUIT est pour acquérir cette information.

La lampe qui s'allume et s'éteint selon le rythme défini est reliée à la sortie S.

#### 3.4.3. ÉDITION DU DIAGRAMME D'ÉTAT

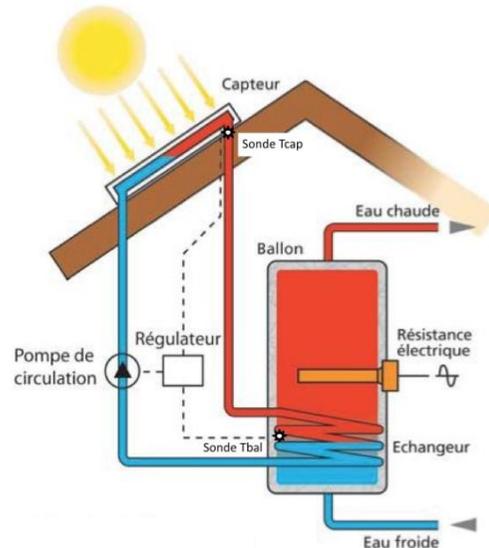
✎ Établir le diagramme d'état permettant d'obtenir le fonctionnement voulu :

### 3.5. CHAUFFE EAU SOLAIRE INDIVIDUEL (CESI)

#### 3.5.1. DESCRIPTION

Le CESI de type électro-solaire à circulation forcée comprend :

- deux capteurs solaires ;
- un réservoir de stockage de 300 L en acier émaillé équipé d'un échangeur solaire et d'un appoint intégré électrique
- une pompe de circulation du fluide caloporteur (eau glycolée) constituant avec les capteurs, l'échangeur solaire et les accessoires hydrauliques et de sécurité, le circuit primaire du procédé. Ce circuit permet le transfert du fluide chauffé dans les capteurs solaires vers le réservoir de stockage.



#### 3.5.2. FONCTIONNEMENT

L'eau chaude sanitaire dans le ballon doit être chauffée à une température  $T_{bal}$  égale à  $65^{\circ}\text{C}$ .

Un système de régulation gère les fonctions chauffage de l'eau chaude sanitaire par l'énergie solaire et par l'appoint électrique :

- lorsque la température du liquide circulant dans le capteur solaire  $T_{cap}$  est de  $7^{\circ}\text{C}$  supérieure à la température de l'eau dans le ballon, la pompe de circulation est mise en action ;
- lorsque l'écart  $T_{cap} - T_{bal}$  devient inférieur à  $3^{\circ}\text{C}$  ou si la température de l'eau atteint  $65^{\circ}\text{C}$ , la pompe est arrêtée ;
- pendant les heures de la nuit, la résistance électrique chauffe l'eau jusqu'à ce qu'elle atteigne la température de  $65^{\circ}\text{C}$ .

#### 3.5.3. SPÉCIFICATIONS TECHNOLOGIQUES

La fonction à programmer possède trois entrées :

- N (NUIT), signal logique à '1' pendant les heures de la nuit (tarification heures creuses) ;
- $T_{bal}$ , température de l'eau chaude sanitaire dans le ballon ;
- $T_{cap}$ , température du fluide caloporteur en sortie du capteur solaire.

Le chauffage de l'eau par la résistance électrique est commandé par la sortie RESISTANCE. La mise en fonctionnement de la pompe est commandée par la sortie POMPE. Ces deux sorties sont actives au niveau '1'.

#### 3.5.4. ÉDITION DU DIAGRAMME D'ÉTAT

Le diagramme d'état est constitué de deux blocs (repérés 1et 2) exécutés simultanément.

✎ Compléter le diagramme d'état afin d'obtenir le fonctionnement voulu :

