

## Programmation synchrone (PSYN9)

### TP1 : Prise en main d'Heptagon, Opérateurs de flots, Réinitialisation

Les commandes ci-dessous vous permettront d'installer Heptagon sur votre machine :

```
$ opam init
$ eval 'opam config env'
$ opam install lablgtk heptagon
```

Vérifiez ensuite que la commande `heptc`, sans arguments, s'exécute sans erreur. Les options du compilateur ainsi que les constructions de langage acceptées sont décrites dans le manuel d'Heptagon, disponible à l'adresse ci-dessous.

<http://heptagon.gforge.inria.fr/pub/heptagon-manual.pdf>

#### Exercice 1 – Lecture et interprétation de code

Expliquez ce que font les noeuds `n1`, ..., `n5` suivants :

```
node n1(x: float) returns (y: float)
let
y = x *. x +. 1.0;
tel

node n2(x,y: bool) returns (z,t: bool)
let
z= if x then y else false;
t= if x
  then (if y
        then false
        else true)
  else (if y
        then true
        else false);
tel

node n3(x: int) returns (y: int)
var aux: int;
let
aux= 0 -> pre x;
y = x + aux;
tel

node n4() returns (y: int)
let
y = 0 -> (pre y) + 1 ;
tel

node n5() returns (y: int)
let
y = 0 fby (1 -> (y + pre y)) ;
tel
```

#### Exercice 2 – Prise en main d'Heptagon

Le code Heptagon ci-dessous implémente un compteur recevant un flot d'entiers  $x$  en entrée et produisant un flot d'entiers  $y$  en sortie. Sa spécification est la suivante : la sortie  $y_t$  vaut  $\sum_{0 \leq t' \leq t} x_{t'}$ .

```
node somme(x : int) returns (o : int)
let
o = x + 0 fby o;
tel
```

1. Entrez ce code source dans un fichier `tp1.ept`. Compilez à l'aide d'Heptagon ce fichier vers du code C via la séquence de commandes suivantes.

```
$ heptc -target c tp1.ept
$ cd tp1_c
$ gcc -I 'heptc -where'/c -c *.c
```

2. Pour obtenir un exécutable, il faut préciser à Heptagon le noeud principal du programme. Cherchez dans le manuel d'Heptagon quelle option utiliser à cet effet. Recompilez `tp1.ept` ainsi que le code C généré pour obtenir un binaire que vous nommerez `somme_sim`.

3. Exécutez le binaire `somme_sim` et vérifiez que vous obtenez les résultats spécifiés par le chronogramme suivant :

x	1	1	3	-5	0	10	-2	4
y	1	2	5	0	0	10	8	12

4. Un script `hept` est disponible sur le gitlab du cours. Il permet de simplifier la compilation d'un programme `prog.ept` et la simulation d'un noeud `noeud` comme suit :

```
$ hept -s noeud prog.ept
```

Effectuez une simulation du noeud `somme` au moyen du script `hept`.

### Exercice 3 – Alarme

Programmer un opérateur `alarme_bornes` respectant la spécification suivante.

- Entrées :
  - $x$ , flottant, indiquant la valeur observée ;
  - $lo$ , flottant, indiquant la valeur nominale minimale ;
  - $hi$ , flottant, indiquant la valeur nominale maximale.
- Sortie : `alarme`, booléen.
- Fonction :  $alarme_t$  est vrai si, et seulement si,  $x_t$  est hors de l'intervalle  $[lo_t, hi_t]$ .

### Exercice 4 – Vitesse température

Programmer un opérateur `vitesse_temp` respectant la spécification suivante.

- Entrée :  $x$ , flottant, indiquant la température observée.
- Sortie :  $y$ , flottant.
- Fonction :  $y_{t+1}$  vaut  $x_{t+1} - x_t$ . Choisissez une valeur appropriée pour  $y_0$ .

### Exercice 5 – Alarme changement de vitesse de température

Programmer un opérateur `alarme_vit` respectant la spécification suivante.

- Entrée :  $x$ , flottant, indiquant la température observée.
- Sortie : `alarme`, booléen.
- Fonction :  $alarme_t$  est vrai si, et seulement si, la vitesse de  $x$  à l'instant  $t$  est hors de l'intervalle  $[-2, 2]$ .

### Exercice 6 – Mémoire bien initialisée

Programmer un opérateur `jafter` respectant la spécification suivante.

- Entrée :  $x$ , booléen.
- Sortie :  $y$ , booléen.
- Fonction :  $y_t$  est vrai si, et seulement si,  $x_{t-1}$  existe et est vrai.

### Exercice 7 – Minimum d'un flot d'entiers

Programmer un opérateur `min_flot` respectant la spécification suivante.

- Entrée :  $x$ , entier.
- Sortie :  $y$ , entier.
- Fonction :  $y_t$  est le minimum des  $x_{t'}$  pour  $0 \leq t' \leq t$ .

### Exercice 8 – Compteur d'événements

Programmer un opérateur `compteur_evt` respectant la spécification suivante.

- Entrée :  $e$ , booléen.
- Sortie :  $c$ , entier.
- Fonction :  $c$  compte le nombre d'instants consécutifs auxquels  $e$  a été vrai depuis la dernière fois où  $e$  a été faux (ou depuis  $t = 0$ ). Par exemple :

e	false	true	true	true	false	false	true	...
c	0	1	2	3	0	0	1	...

### Exercice 9 – Automate à deux états

Programmer un opérateur `switch2` respectant la spécification suivante.

- Entrées : `orig`, `con`, `coff`, tous trois booléens.
- Sortie : `statev`, booléen.
- Fonction : `statev` passe de faux à vrai sur la commande `con`, de vrai à faux sur la commande `coff`. Tout doit se passer comme si `statev` était égal à `orig` avant le premier instant.

### Exercice 10 – Demi-additionneur

Programmer un opérateur `hadd` respectant la spécification suivante.

- Entrées :  $x$ ,  $y$ , tous deux booléens.
- Sorties : `cout`,  $s$ , tous deux booléens.
- Fonction : réalise l'addition binaire de  $x$  et  $y$ , i.e. à tout instant  $t$ ,  $x_t + y_t = 2\text{cout}_t + s_t$

### Exercice 11 – Additionneur complet (3 bits)

Programmer un opérateur `fadd` respectant la spécification suivante.

- Entrées : `cin`,  $x$ ,  $y$ , tous trois booléens.
- Sorties : `cout`,  $s$ , tous deux booléens.
- Fonction : réalise l'addition binaire de `cin`,  $x$  et  $y$ , i.e. à tout instant  $t$ ,  $\text{cin}_t + x_t + y_t = 2\text{cout}_t + s_t$ .

**Exercice 12 – Additionneur série**

Dans cet exercice, les flots booléens sont interprétés comme des nombres entiers positifs codés en binaire petit-boutiste (*little-endian*), c'est à dire avec le bit de poids faible à  $t_0$ , et arbitrairement longs. Ainsi, le flot  $x_0x_1x_2\dots$  code  $x_0 + 2^1x_1 + 2^2x_2 + \dots + 2^tx_t + \dots$

1. Quel est l'entier représenté par le flot `false` ?
2. Quel est l'entier représenté par le flot `true → false` ?
3. Programmer un opérateur `sadd` respectant la spécification suivante.
  - Entrées :  $x, y$ , tous deux booléens.
  - Sortie :  $s$ , booléen.
  - Fonction :  $s$  code la somme des nombres codés par  $x$  et  $y$ .
4. Que valent `sadd(true → false, false)` et `sadd(true → false, true)` ?

**Exercice 13 – Alarme changement de température, valeur et vitesse**

Programmer un opérateur `alarme_vit_val` respectant la spécification suivante.

- Entrée :  $x$ , flottant.
- Sortie : `alarme`, booléen.
- Fonction : `alarmet` est vrai ssi la vitesse de  $x$  a été hors de l'intervalle  $[-2, 2]$  lors des trois derniers instants (au moins), et que  $x_t$  est hors de  $[-10, 35]$  à l'instant  $t$ .

**Exercice 14 – Compteur d'événements redux**

Reprenez l'exercice "Compteur d'événements" (Exercice 8). Vous devez cette fois implémenter l'opérateur sans utiliser directement les constructions `fbv` et `pre`. Vous pouvez en revanche utiliser le nœud `somme` défini dans l'exercice 2, ainsi que la construction `reset/every`. Simulez le fonctionnement de votre implémentation.

**Exercice 15 – Détecteur d'intrusion**

On se propose de programmer un détecteur d'intrusion simple qui, lorsqu'il est activé, lève une alarme en cas de mouvement. Son interface est la suivante :

- un flot booléen `mvt` en entrée, qui fournit la sortie du détecteur de mouvements ;
- un flot booléen `onoff` en entrée, qui signale qu'on veut activer ou désactiver le détecteur ;
- un flot booléen `hs` en entrée, qui fournit une indication sur le passage du temps physique (voir ci-dessous) ;
- un flot booléen `alarme` en sortie, qui signale qu'une intrusion a été détectée.

Le détecteur doit obéir au cahier des charges détaillé ci-dessous.

- Le détecteur commence son exécution désactivé.
- Le capteur de mouvement est bruité : il se déclenche sporadiquement en l'absence de mouvement. Pour cette raison, le détecteur d'intrusion ne doit lever une alarme que si le capteur indique un mouvement continu pendant plus de *cinquante millisecondes*.
- Le flot booléen `hs` est vrai une fois par cycle de *dix millisecondes*. On suppose donc que la durée d'un cycle d'exécution est plus courte que cette période.
- Une fois déclenchée, l'alarme doit être maintenue jusqu'à la désactivation du détecteur.

Programmez le nœud `detecteur` et testez son comportement en simulation.