

# Méthodes formelles de vérification (MFVerif)

## TD n° 5 : LTL - Automates de Büchi

### Formules LTL

#### Exercice 1 :

Donner la sémantique (définition) des opérateurs LTL par rapport à une séquence infinité des états  $\sigma$ . On dénote par  $\sigma(i)$  le  $i$ -sienne état dans la séquence  $\sigma$ . Par exemple, si  $P$  est un prédicat atomique (évaluée sur un état), on écrit :

$$P \models \sigma \iff P(\sigma(0))$$

Compléter la définition ci-dessous.

$$\begin{aligned} P \models \sigma &\iff P(\sigma(0)) \\ \bigcirc \varphi \models \sigma &\iff \\ \Box \varphi \models \sigma &\iff \\ \Diamond \varphi \models \sigma &\iff \\ \varphi \mathcal{U} \psi \models \sigma &\iff \end{aligned}$$

#### Exercice 2 :

Montrez que les formules suivantes ne sont pas équivalentes en fournissant des séquences d'états qui satisfont une mais pas l'autre :

1.  $\Diamond \Box p$  and  $\Box(p \rightarrow \bigcirc p)$
2.  $\Diamond \Box p$  and  $\neg p \mathcal{U} \Box p$
3.  $\Box(p \rightarrow \bigcirc p)$  and  $\neg p \mathcal{U} \Box p$

#### Exercice 3 :

Vérifiez si les formules suivantes sont satisfiables et/ou valides :

1.  $\bigcirc \bigcirc a \Rightarrow \bigcirc a$
2.  $\bigcirc(a \vee \Diamond a) \Rightarrow \Diamond a$
3.  $\Box a \Rightarrow \neg \bigcirc(\neg a \wedge \Box \neg a)$
4.  $(\Box a) \mathcal{U} (\Diamond b) \Rightarrow \Box(a \mathcal{U} \Diamond b)$
5.  $\Diamond b \Rightarrow (a \mathcal{U} b)$

## Automates de Büchi

### Exercice 4 :

Donner les automates de Buchi reconnaissant les séquences infinies satisfaisant chacune des formules LTL

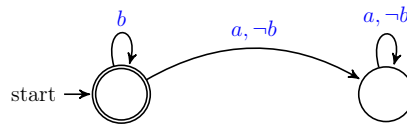
1.  $\Box \Diamond p$
2.  $\Diamond \Box p$
3.  $\Box(p \Rightarrow \Box \Diamond q)$
4.  $\Box \Diamond p \Rightarrow \Box \Diamond q$

### Exercice 5 :

On considère le modèle donné dessous. Dire si la formule LTL suivante est satisfaite :

$$\Diamond(a \mathcal{U} b)$$

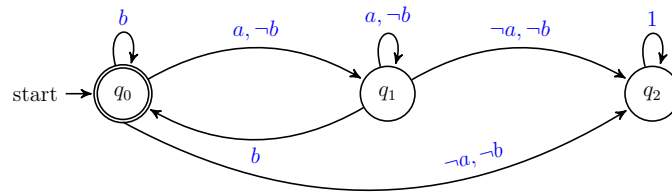
Sinon, faire le minimum des changements dans le modèle pour obtenir un modèle qui la satisfait.



## Model Checking

### Exercice 6 :

Prouver par la méthode de model checking vu au cours si l'automate donné en bas satisfait la formule LTL suivant :  $\varphi = \Box(a \mathcal{U} b)$ . Justifier chaque étape de la construction.



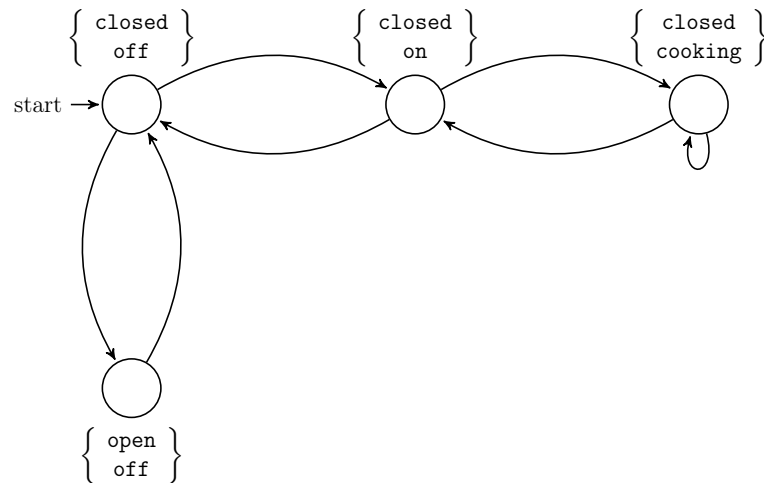


FIGURE 1 – Automate de un four microondes.

**Exercice 7 :**

Le modèle de la Figure 6 représente un four de microondes. Montrer que ce modèle ne respecte pas la formule LTL suivante :

$$\square \diamond \text{ off}$$

Montrer qu'il respecte la formule LTL :

$$\square \diamond \text{ closed}$$