

Méthodes formelles de vérification (MF)

TD n° 5 : LTL - Automates de Büchi

Formules LTL

Exercice 1 :

Donner la sémantique (définition) des opérateurs LTL par rapport à une séquence infinie des états σ . On dénote par $\sigma(i)$ le i -sienne état dans la séquence σ . 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

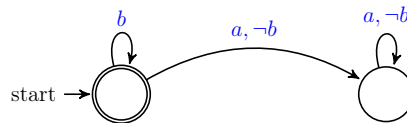
1. $\Box \Diamond p$
2. $\Diamond \Box p$
3. $\Box(p \Rightarrow \Box \Diamond q)$
4. $\Box \Diamond p \Rightarrow \Box \Diamond q$

Exercice 5 :

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

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

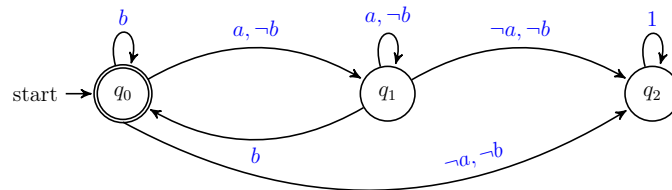
Sinon, faire le minimum des changements dans le modèle pour obtenir un modèle qui la satisfait.



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.



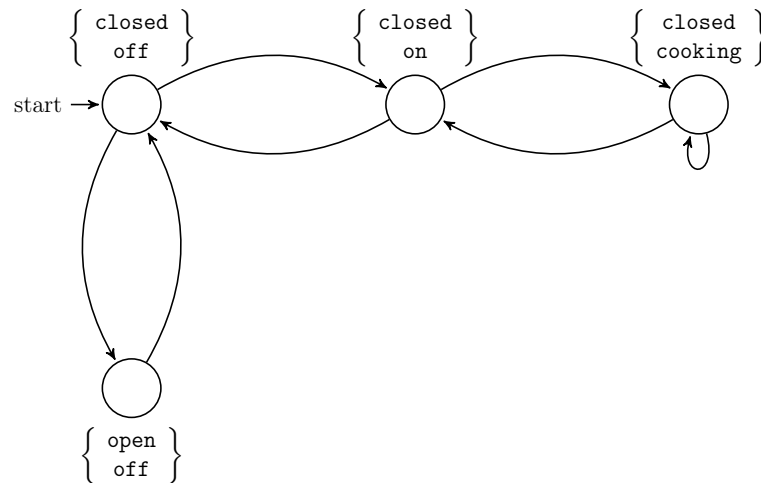


FIGURE 1 – Automate de un four microondes.

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 :

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