

UNIVERSITÉ CATHOLIQUE DE LOUVAIN-LA-NEUVE
INGI2143 - CONCURRENT SYSTEMS

Assignment 3 : A police department

Jos Zigabe
Scott Ivinza Mbe

14 décembre 2015

Introduction

Dans le cadre du cours de **Concurrent Systems: models and analysis**, il nous a été demandé pour le dernier projet du cours de modéliser et analyser la gestion des ressources (personnelles et matérielles) du département, selon les spécifications détaillées fournies en utilisant le graphe **Petri Nets** et l'outil **TINA**. En plus de ce rapport, notre soumission contient également les fichiers de modélisation en TINA (**.ndr**) ci-après :

1. **ASSIGNMENT3_DEPARTEMENT_DE_POLICE.ndr**
2. **ASSIGNMENT3_DEPARTEMENT_DE_POLICE_SANS_DEADLOCK.ndr**
3. **ASSIGNMENT3_DEPARTEMENT_DE_POLICE_MESSAGES_ASYNCHRONES.ndr**

1 Graphe Petri Net

Le graphe Petri Net du département de la police se trouve à la **FIGURE 1** et le fichier **TINA** correspondant à ce modèle est **ASSIGNMENT3_DEPARTEMENT_DE_POLICE.ndr**. L'état initial est 1 vehicle, 1 police inspector, 1 coroner, 2 clerks et 2 officers.

2 Structural analysis

Etant donné que notre modèle est correct, nous obtenons effectivement 5 P-invariants et 3 T-invariants. P-invariant et T-invariant sont des propriétés des graphes Petri Net et sont indépendants de l'état initial. Les P-invariants tendent à représenter la propriété de **conservation** (Par exemple : La propriété de conservation assure qu'il n'y a pas de perte ou d'ajout de ressources dans le département de la police. Autrement dit elle assure que les ressources sont constantes) tandis que les T-invariants sont reliés à la propriété de **periodicity**.

2.1 Place-invariants

1. **CORONERS*5 INVESTIGATION DE LA SCENE DU CRIME (5)**

Il y a toujours un coroner dans la place **CORONERS**, sauf si celui-ci rejoint la scène du crime pour mener des investigations en compagnie de la patrouille et de l'inspecteur de police. Donc, la somme pondérée est toujours de 5.

2. **EN ROUTE POUR LA SCENE DU CRIME*20 ENREGISTREMENT DU RAPPORT*15 INVESTIGATION DE LA SCENE DU CRIME*12 PATROL*20 SUR LA SCENE DE L'ACCIDENT*20 VEHICLES*60 (60)**

Au début, nous disposons d'un véhicule dans la place **VEHICLES**. Le véhicule passera ensuite à travers 5 autres places listées ci-dessus. Cependant, le nombre de personnes varie d'une place à une autre, par conséquent le coefficient de pondération varie aussi. Il y a 5 personnes sur **INVESTIGATION DE LA SCENE DU CRIME** (donc, le coefficient est 12 car $12 * 5 = 60$), 3 personnes sur **EN ROUTE POUR LA SCENE DU CRIME**, **SUR LA SCENE DE L'ACCIDENT** et **PATROL** et 4 personnes sur **ENREGISTREMENT DU RAPPORT** (patrouille + un clerk). Etant donné qu'il y a juste un véhicule, l'invariant est aussi simplement que nous venons de le décrire.

3. CLERKS*12 ECRITURE DU RAPPORT*4 ENREGISTREMENT DE L'APPEL*12 ENREGISTREMENT DU RAPPORT*3 (24)

Il y a initialement 2 clerks sur la place CLERKS. Chacun d'eux peut se déplacer vers la place ENREGISTREMENT DE L'APPEL de façon indépendante. Ils peuvent aussi enregistrer le rapport (ils deviennent 4 car il y a la patrouille en plus) ou écrire le rapport (ils deviennent 3 car il y a un officier et un inspecteur). Les coefficients 3 et 4 veulent dire qu'ils sont respectivement 4 et 3 sur la place (car $12 = 3 * 4 = 4 * 3$). Le total est de 24 car il y a 2 clerks initialement.

4. ECRITURE DU RAPPORT*10 EN ROUTE POUR LA SCENE DU CRIME*20 ENREGISTREMENT DU RAPPORT*15 INVESTIGATION DE LA SCENE DU CRIME*12 OFFICERS*30 PATROL*20 PREPARATION DU RAPPORT*15 SUR LA SCENE DE L'ACCIDENT*20 (60)

Nous avons 2 officiers qui sont initialement dans l'état OFFICERS et peuvent visiter les 7 autres états listés ci-dessus. Les coefficients sont encore trouvés par rapport au nombre des tokens dans ces places. Donc, nous utilisons le coefficient 12 de sorte que $5 * 12 = 60 = 2 * 30$.

5. ECRITURE DU RAPPORT*10 INVESTIGATION DE LA SCENE DU CRIME*6 POLICE INSPECTORS*30 PREPARATION DU RAPPORT*15 (30)

Au début, il y a un inspecteur dans la place POLICE INSPECTORS. S'il va mener des investigations, il y a alors 5 personnes sur la place INVESTIGATION DE LA SCENE DU CRIME, ensuite elles sont à 2 dans la place PREPARATION DU RAPPORT puis 3 personnes (avec un clerk) sur la place ECRITURE DU RAPPORT. Donc, cette propriété est toujours respectée.

2.2 Transition-invariants

1. Aller en patrouille Revenir au bureau s'il n'y a pas d'affaire à gérer

Si deux officiers et un véhicule vont en patrouille et ensuite reviennent au bureau, l'état initial est restauré.

2. Aller en patrouille Crime calls Rapport fait Revenir au bureau Répondre au téléphone Se rejoindre pour le rapport Se rendre sur la scène du crime

Ce cycle représente un `crime call`. Deux officiers et un véhicule vont en patrouille, ils sont appelés par un clerk, ils rejoignent un inspecteur de police et un coroner sur la scène du crime (ils sont alors à 5 personnes), un officier et un coroner retournent au bureau avec le véhicule (le coroner et l'officier sont maintenant disponibles) tandis que les deux autres (inspecteur de police + un officier) rejoignent un clerk afin d'écrire le rapport, puis les trois sont disponibles quand le rapport est fait et nous revenons à l'état initial.

3. Contacter le département Incident calls Rapport enregistré Répondre au téléphone

Ce cycle représente un `incident call`. Une patrouille est appelée par un clerk pour gérer un accident. Une fois que c'est fait. La patrouille rappelle le clerk (`Contacter le département`), ils enregistrent le rapport et le clerk est disponible tandis que la patrouille retourne patrouiller.

3 Reachability analysis

Notre modèle est bounded. Après l'analyse d'atteignabilité, nous obtenons 22 états, 38 transitions et 2 états de deadlock.

4 Etat de deadlock

Voici la trace du deadlock :

```
Selt version 3.4.2 -- 11/03/15 -- LAAS/CNRS
ktz loaded, 22 states, 38 transitions
0.001s

- output fullproof;
output mode set
0.001s

- [] -dead;
FALSE
state 0: CLERKS*2 CORONERS OFFICERS*2 {POLICE INSPECTORS} VEHICLES
-{Aller en patrouille}->
state 1: CLERKS*2 CORONERS PATROL*3 {POLICE INSPECTORS}
-{Répondre au téléphone}->
state 2: CLERKS CORONERS {ENREGISTREMENT DE L'APPEL} PATROL*3 {POLICE INSPECTORS}
-{Revenir au bureau s'il n'y a pas d'affaire à gérer}->
state 3: CLERKS CORONERS {ENREGISTREMENT DE L'APPEL} OFFICERS*2 {POLICE INSPECTORS} VEHICLES
-{Répondre au téléphone}->
state 4: CORONERS {ENREGISTREMENT DE L'APPEL}*2 OFFICERS*2 {POLICE INSPECTORS} VEHICLES
-{Aller en patrouille}->
state 5: CORONERS {ENREGISTREMENT DE L'APPEL}*2 PATROL*3 {POLICE INSPECTORS}
-{Crime calls}->
state 6: CLERKS CORONERS {EN ROUTE POUR LA SCENE DU CRIME}*3 {ENREGISTREMENT DE L'APPEL}
{POLICE INSPECTORS}
-{Répondre au téléphone}->
state 7: CORONERS {EN ROUTE POUR LA SCENE DU CRIME}*3 {ENREGISTREMENT DE L'APPEL}*2 {POLICE INSPECTORS}
-{Se rendre sur la scène du crime}->
state 8: {ENREGISTREMENT DE L'APPEL}*2 {INVESTIGATION DE LA SCENE DU CRIME}*5
-{Revenir au bureau}->
state 9: L.dead CORONERS {ENREGISTREMENT DE L'APPEL}*2 OFFICERS {PREPARATION DU RAPPORT}*2 VEHICLES
-L.deadlock->
state 10: L.dead CORONERS {ENREGISTREMENT DE L'APPEL}*2 OFFICERS {PREPARATION DU RAPPORT}*2 VEHICLES
[accepting all]
0.003s
-
```

Analysons la trace du deadlock ci-dessous. Deux clerks répondent aux appels téléphoniques les uns après les autres. Une patrouille reçoit un **crime call** et un clerk devient disponible mais, l'autre clerk est encore bloqué en attendant qu'une patrouille reçoive l'appel téléphonique enregistré. Ensuite, le clerk qui est disponible répond au prochain appel et les deux clerks se retrouvent alors bloqués en attendant qu'une patrouille reçoive l'appel. Cependant, on sait qu'il y a seulement une patrouille qui rejoint la scène du crime et revient au bureau. Après intervention, la patrouille se sépare en deux officiers, un des deux officiers devient disponible tandis que l'autre officier attend que le clerk fasse le rapport. Etant donné que, les deux clerks attendent la patrouille et que un des deux officiers de la patrouille attend un clerk, nous sommes donc en **état de deadlock**.

Afin d'éviter une telle situation de deadlock, nous avons ajouté une nouvelle transition nommée **Raccrocher le téléphone** afin de permettre à un clerk de sortir de l'état **ENREGISTREMENT DE L'APPEL** et revenir à son état initial. Grâce à cette nouvelle transition, les clerks ne seront plus bloqués dans l'état **ENREGISTREMENT DE L'APPEL** car en raccrochant le téléphone, ils s'échappent au deadlock. Le graphe Petri Net sans deadlock se trouve à la **FIGURE 2** et le fichier **TINA** correspondant à ce modèle est : **ASSIGNMENT3_DEPARTEMENT_DE_POLICE_SANS_DEADLOCK.ndr**.

5 Graphe Petri Net avec messages asynchrones

La variante du graphe Petri Net utilisant des messages asynchrones se trouve à la **FIGURE 3** et le fichier **TINA** correspondant à ce modèle est :

ASSIGNMENT3_DEPARTEMENT_DE_POLICE_MESSAGES_ASYNCHRONES.ndr.

Dans ce modèle, les **incident calls** et **crime calls** sont transmis en utilisant des messages asynchrones de façon à ce qu'un clerk n'attende pas jusqu'à ce que la patrouille reçoive un appel téléphonique enregistré pour répondre au prochain appel. Dans ce modèle, un clerk enregistre l'appel et redevient directement disponible pour répondre aux autres appels. Par conséquent, le graphe Petri Net résultant de ce modèle est **unbounded**. Plus précisément, la place **ENREGISTREMENT DE L'APPEL** est **unbounded** car la place **CLERKS** réponds au téléphone ensuite elle enregistre cet appel puis revient à l'état initial et réponds au prochain appel. Les clerks fonctionneront alors indéfiniment de cette façon même si il n'y a pas de patrouille disponible pour recevoir ces appels enregistrés.

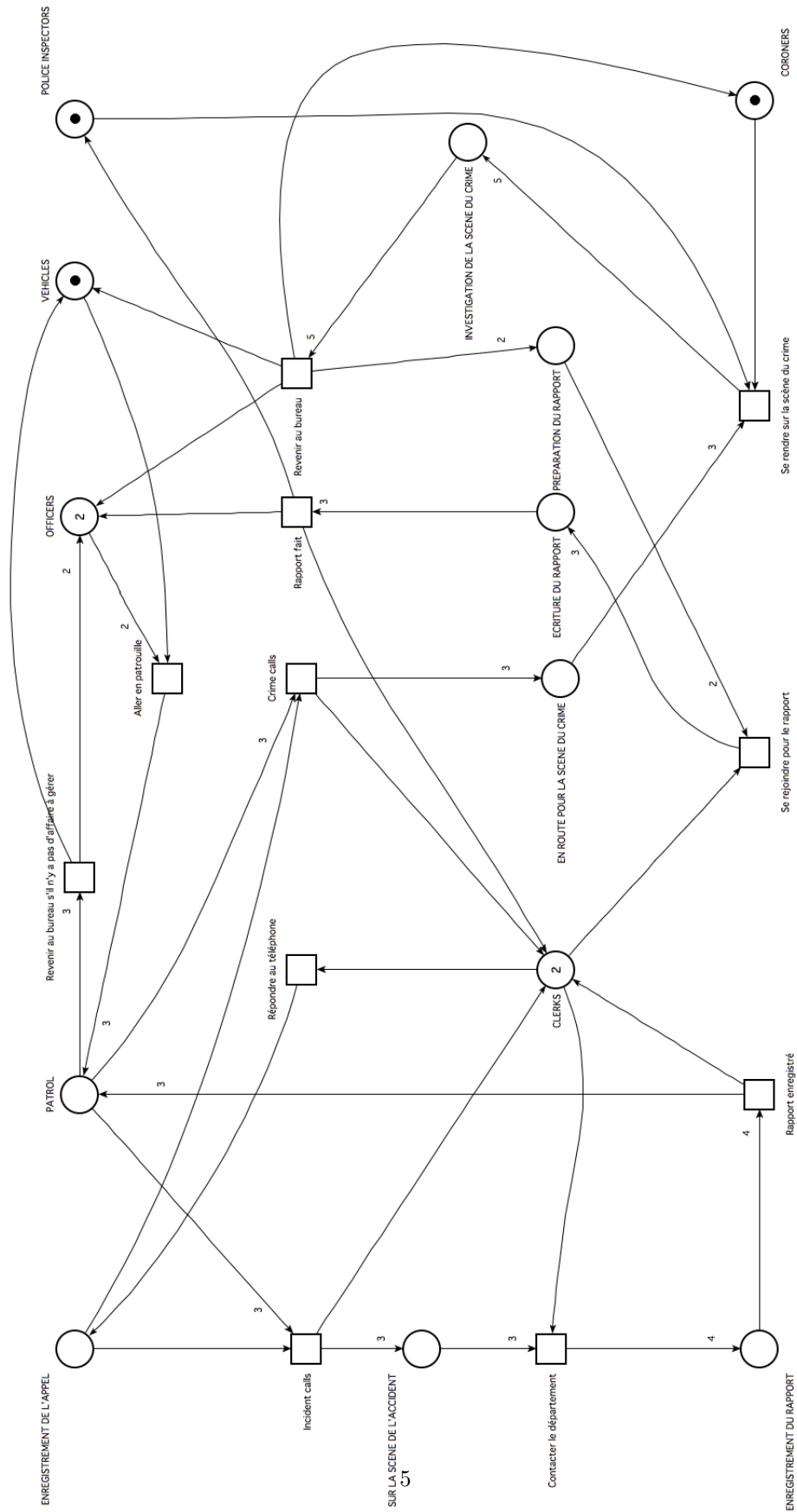


FIGURE 1 – Graphe Petri Net du departement de la police.

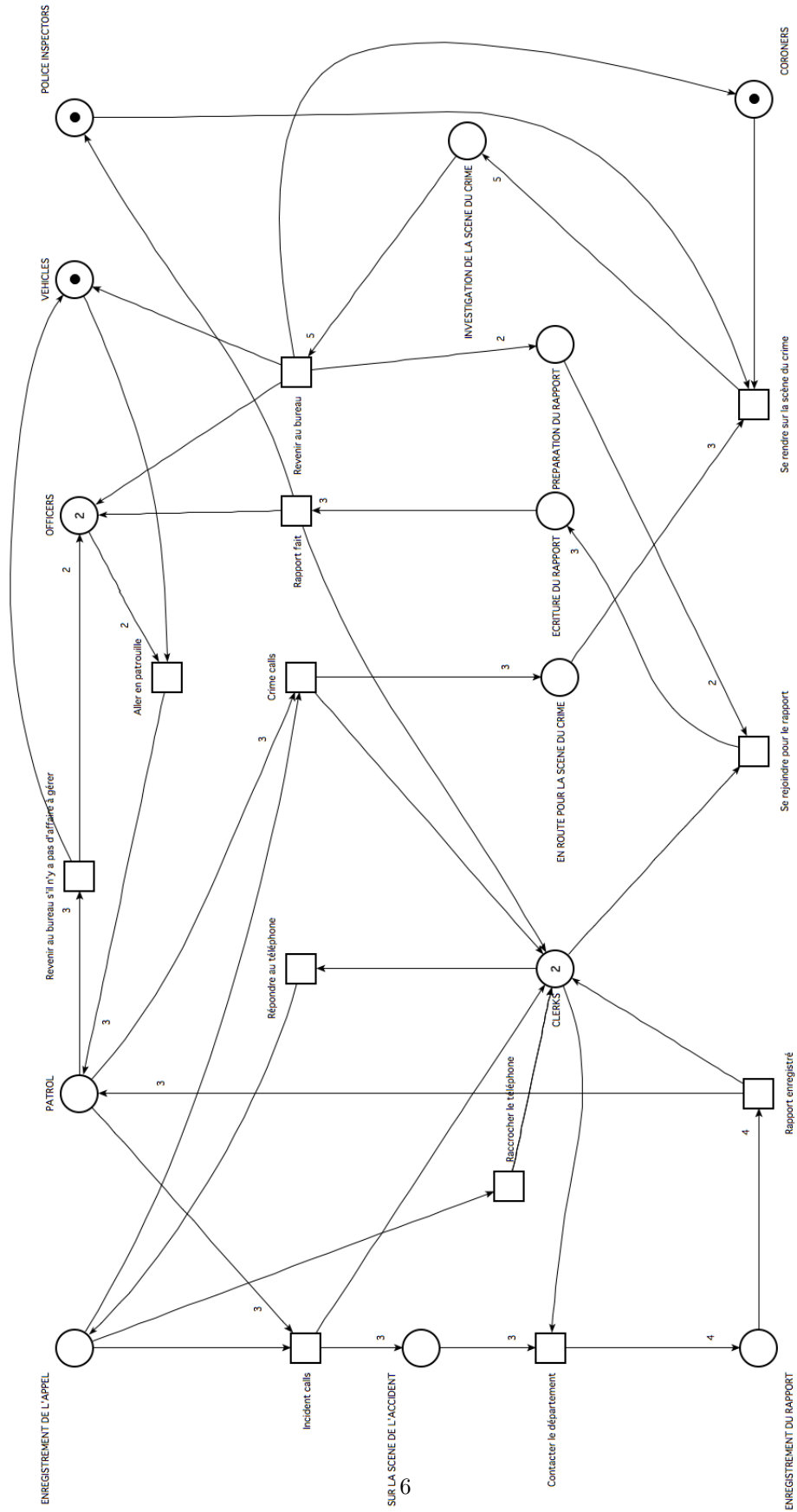


FIGURE 2 – Graphe Petri Net sans deadlock.

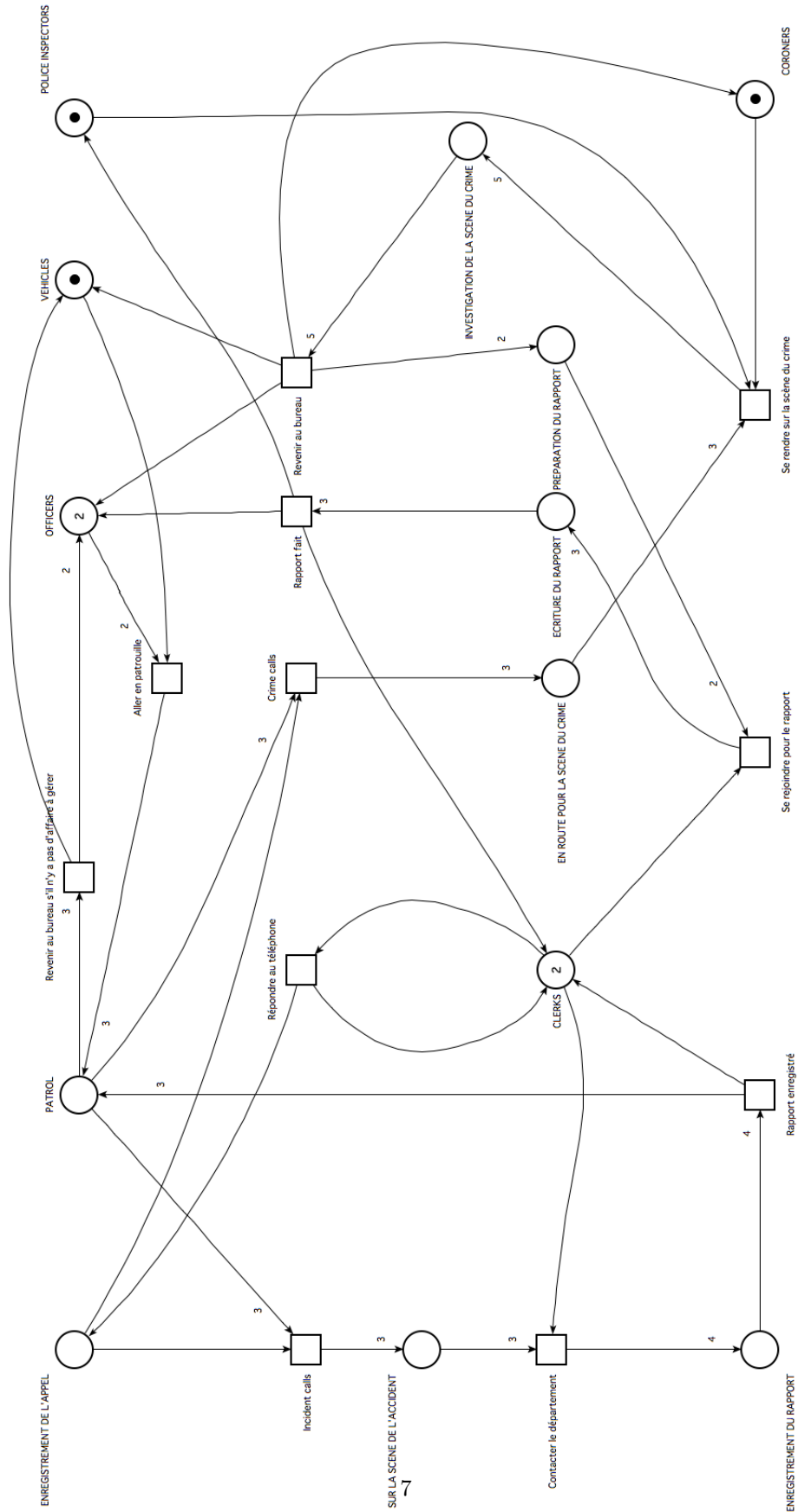


FIGURE 3 – Graphe Petri Net où les "incident calls" et "crime calls" sont trasmis comme des messages asynchrones.