



London Ambulance System

Schémas Z et tests BlackBox

Groupe 2

Simon Busard,

Antoine Cailliau,

Laurent Champon,

Erick Lavoie,

Quentin Pirmez,

Frederic Van der Essen,

Géraud Talla Fotsing

Table des matières

1	Schémas Z	3
1.1	Types donnés	3
1.2	Schémas Types	4
1.3	Opérations	6
1.4	Le choix de l'ambulance : ChooseBestAmbulance	6
1.5	Liste des ambulances non-attribuées : ListUnattributedIncidents	10
2	Tests Boîte Noire	11
2.1	ChooseBestAmbulance	11
2.2	ListUnattributedIncidents	14

1. Schémas Z

Dans cette section, nous présentons les différentes opérations et schémas type liés que nous avons formalisés à l'aide du langage Z.

Plus précisément, la section 1.1 présente les différents types sur lesquels s'appuie le reste de la formalisation. La section 1.2 présente les schémas types. Enfin la section 1.3 présente les opérations formalisées.

1.1. Types donnés

Les spécifications Z de nos schémas types et opérations s'appuient sur les types présentés ci-dessous. Ces types sont définis par la suite.

AMBULANCE
COORDINATES
INCIDENT
STATUS
KIND
LOCALISATION
BOOLEAN
REPORT
DESCRIPTION

Pour certains types, il est intéressant de spécifier les valeurs possibles de ces types. Ces différentes valeurs possibles sont présentées ci-dessous.

STATUS ::= *FREE* | *CHOSEN* | *MOBILIZED*
KIND ::= *NORMAL* | *MEDICALIZED*
BOOLEAN ::= *TRUE* | *FALSE*
MESSAGE ::= *OK* | *UnknownIncident* | *IncidentAlreadyAttributed* | *NoGoodAmbulance*

Les types une fois déclarés doivent évidemment être définis de manière précise et claire.

<i>Type</i>	<i>Définition</i>
AMBULANCE	L'ensemble des ambulances physiques possibles.
COORDINATES	L'ensemble des coordonnées géographiques possibles (latitude, longitude).
INCIDENT	L'ensemble des incidents possibles.
STATUS	L'ensemble des statuts possibles pour une ambulance.
KIND	L'ensemble des types d'ambulance possibles.
LOCALISATION	L'ensemble des localisations possibles (rue, numéro, adresse, etc.).
BOOLEAN	L'ensemble des booléens.
REPORT	L'ensemble des messages possibles.
DESCRIPTION	L'ensemble des descriptions d'incident possibles.

Tableau 1.1. Définition des types donnés

1.2. Schémas Types

Cette section présente les différents schémas types nécessaires pour la bonne formalisation de nos états. Les trois schémas types sont les suivants :

- AmbulanceInformation
- IncidentInformation
- Mobilization

<i>AmbulanceInformation</i>
$registered_ambulance : \mathbb{P} \text{ AMBULANCE}$
$position_ambulance : \text{AMBULANCE} \rightsquigarrow \text{COORDINATES}$
$kind_ambulance : \text{AMBULANCE} \rightarrow \text{KIND}$
$\text{dom } position_ambulance = \text{dom } kind_ambulance = registered_ambulance$

<i>IncidentInformation</i>
$registered_incident : \mathbb{P} INCIDENT$
$victimAge_incident : INCIDENT \rightarrow \mathbb{N}$
$victimPregnant_incident : INCIDENT \rightarrow BOOLEAN$
$localisation_incident : INCIDENT \rightarrow LOCALISATION$
$description_incident : INCIDENT \rightarrow DESCRIPTION$
$position_incident : INCIDENT \rightarrow COORDINATES$
$ambulanceKindNeeded_incident : INCIDENT \rightarrow KIND$
$dom\ victimAge_incident = dom\ victimPregnant_incident =$ $dom\ localisation_incident = dom\ description_incident =$ $registered_incident$
$dom\ position_incident = dom\ ambulanceKindNeeded_incident$ $dom\ position_incident \subseteq registered_incident$ $dom\ ambulanceKindNeeded_incident \subseteq registered_incident$

La dernière ligne du schéma *IncidentInformation* est redondante mais nous avons préféré l'expliciter pour plus de clarté.

<i>Mobilization</i> <i>AmbulanceInformation</i> <i>IncidentInformation</i> <i>status_ambulance</i> : <i>AMBULANCE</i> \rightarrow <i>STATUS</i> <i>choice_mobilization</i> : <i>AMBULANCE</i> \rightarrow <i>INCIDENT</i> <i>mob_mobilization</i> : <i>AMBULANCE</i> \rightarrow <i>INCIDENT</i>
$\text{dom } \textit{choice_mobilization} \subseteq \textit{registered_ambulance}$ $\text{dom } \textit{mob_mobilization} \subseteq \textit{registered_ambulance}$ $\text{dom } \textit{mob_mobilization} \subseteq \text{dom } \textit{choice_mobilization}$ $\text{ran } \textit{choice_mobilization} \subseteq \textit{registered_incident}$ $\text{ran } \textit{mob_mobilization} \subseteq \textit{registered_incident}$ $\text{ran } \textit{mob_mobilization} \subseteq \text{ran } \textit{choice_mobilization}$ $\forall a : \textit{AMBULANCE} \bullet (\textit{status_ambulance}(a) = \textit{FREE}) \equiv$ $(a \notin \text{dom } \textit{choice_mobilization} \wedge a \notin \text{dom } \textit{mob_mobilization})$ $\wedge (\textit{status_ambulance}(a) = \textit{CHOSEN}) \equiv$ $(a \in \text{dom } \textit{choice_mobilization} \wedge a \notin \text{dom } \textit{mob_mobilization})$ $\wedge (\textit{status_ambulance}(a) = \textit{MOBILIZED}) \equiv$ $(a \in \text{dom } \textit{choice_mobilization} \wedge a \in \text{dom } \textit{mob_mobilization})$

1.3. Opérations

Cette section présente deux opérations formalisées à l'aide du langage Z : ChooseBestAmbulance et ListUnattributedIncidents.

1.4. Le choix de l'ambulance : ChooseBestAmbulance

L'opération ChooseBestAmbulance est, pour rappel, l'opérationnalisation du but *Archive[BestAmbulanceChosen]* contribuant directement à l'affectation d'une ambulance sur un incident. Cette opération

peut être séparée comme suit :

$$\begin{aligned}
\textit{ChooseBestAmbulance} &= (\textit{ChooseBestAmbulanceOK} \wedge \textit{Success}) \\
&\vee \textit{UnknownIncident} \\
&\vee \textit{IncidentAlreadyAttributed} \\
&\vee \textit{NoGoodAmbulance}
\end{aligned}$$

Avec une telle décomposition, l'opération est robuste. La suite détaille naturellement les opérations de cette décomposition.

1.4.1. ChooseBestAmbulanceOK

Pour cette première opération, nous faisons comme hypothèse qu'il existe une fonction

$$\textit{distance} : (\textit{COORDINATES}, \textit{COORDINATES}) \rightarrow \mathbb{N}$$

qui retourne la distance entre deux coordonnées.

<div style="display: flex; justify-content: space-between; align-items: center;"> <div style="flex-grow: 1;"> $\begin{aligned} &\Delta \textit{Mobilization} \\ &\Xi \textit{AmbulanceInformation} \\ &\Xi \textit{IncidentInformation} \\ &\textit{incident?} : \textit{INCIDENT} \\ &\textit{ambulance!} : \textit{AMBULANCE} \end{aligned}$ </div> <div style="border-top: 1px solid black; width: 20%;"></div> </div> <div style="padding-top: 10px;"> $\begin{aligned} &\textit{incident?} \in \textit{registered_incident} \\ &\textit{incident?} \notin \textit{ran choice_mobilization} \\ &\exists a : \textit{AMBULANCE} \bullet \textit{status_ambulance} = \textit{FREE} \wedge \\ &\quad \textit{kind_ambulance}(a) = \textit{ambulanceKindNeeded_incident}(\textit{incident?}) \\ &\forall a : \textit{AMBULANCE} \bullet (\textit{status_ambulance}(a) = \textit{FREE} \wedge \\ &\quad \textit{kind_ambulance}(a) = \textit{ambulanceKindNeeded_incident}(\textit{incident?}) \wedge \\ &\quad \textit{distance}(\textit{position_ambulance}(a), \textit{position_incident}(\textit{incident?})) \\ &\quad \geq \textit{distance}(\textit{position_ambulance}(\textit{ambulance!}), \\ &\quad \textit{position_incident}(\textit{incident?}))) \\ &\textit{choice_mobilization}' = \textit{choice_mobilization} \oplus \{\textit{ambulance!} \mapsto \textit{incident?}\} \\ &\textit{mob_mobilization}' = \textit{mob_mobilization} \end{aligned}$ </div>
--

Nous n'explicitons pas ici le nouvel état de *status_ambulance* car il est mis à jour automatiquement par le dernier invariant de *Mobilization*.

1.4.2. Success

<i>Success</i>
<i>message!</i> : <i>REPORT</i>
<i>message!</i> = <i>OK</i>

1.4.3. UnknownIncident

<i>UnknownIncident</i>
\exists <i>IncidentInformation</i>
<i>incident?</i> : <i>INCIDENT</i>
<i>ambulance!</i> : <i>AMBULANCE</i>
<i>message!</i> : <i>REPORT</i>
<i>incident?</i> \notin <i>registered_incident</i>
<i>message!</i> = <i>UnknownIncident</i>

1.4.4. IncidentAlreadyAttributed

IncidentAlreadyAttributed _____

\exists *IncidentInformation*

\exists *Mobilization*

incident? : *INCIDENT*

ambulance! : *AMBULANCE*

message! : *REPORT*

incident? \in *registered_incident*

incident? \in *ran choice_mobilization*

message! = *IncidentAlreadyAttributed*

1.4.5. NoGoodAmbulance

<i>NoGoodAmbulance</i>	_____
$\Xi Mobilization$	
<i>incident?</i> : <i>INCIDENT</i>	
<i>ambulance!</i> : <i>AMBULANCE</i>	
<i>message!</i> : <i>REPORT</i>	
<i>incident?</i> $\in registered_incident$	
<i>incident?</i> $\notin \text{ran } choice_mobilization$	
$\nexists a : AMBULANCE \bullet status_ambulance(a) = FREE \wedge$	
$kind_ambulance(a) = ambulanceKindNeeded_incident(incident?)$	
<i>message!</i> = <i>NoGoodAmbulance</i>	

1.5. Liste des ambulances non-attribuées : ListUnattributedIncidents

Cette opération est une simple requête sur l'état de notre système. Cette opération retourne l'ensemble des incidents pour lesquels aucune ambulance n'a encore été choisie.

Nous pouvons définir l'opération comme suivant

$$ListUnattributedIncidents = (ListUnattributedIncidentsOK \wedge Success)$$

<i>ListUnattributedIncidentsOK</i>	_____
$\Xi Mobilization$	
<i>incidents!</i> : $\mathbb{P} INCIDENT$	
<i>incidents!</i> $\subseteq registered_incident$	
<i>incidents!</i> = $\{i : INCIDENT \mid i \notin \text{ran } choice_mobilization \wedge i \notin \text{ran } mob_mobilization\}$	

2. Tests Boîte Noire

Ce chapitre présente les tests boîtes noires qui sont dérivés directement des opérations présentées ci-dessus.

2.1. ChooseBestAmbulance

Pour le test en boîte noire, il nous faut présenter les entrées, les sorties, la table de vérité liée à ces entrées et sorties et enfin, des représentants que nous utiliserons dans les tests concrets.

2.1.1. Inputs

Premièrement, définissons les préconditions sur les entrées de l'opération :

I1	$incident? \in registered_incident$
I2	$incident? \notin ran\ choice_incident$
I3	$\exists a : AMBULANCE \bullet status_ambulance = FREE$ $\wedge kind_ambulance(a) = ambulanceKindNeeded_incident(incident?)$

2.1.2. Outputs

Deuxièmement, définissons les sorties possibles.

O1	$\forall a : \text{AMBULANCE} \bullet (\text{status_ambulance}(a) = \text{FREE}$ $\wedge \text{kind_ambulance}(a) = \text{ambulanceKindNeeded_incident}(\text{incident?})$ $\wedge \text{distance}(\text{position_ambulance}(a), \text{position_incident}(\text{incident?}))$ $\geq \text{distance}(\text{position_ambulance}(\text{ambulance!}), \text{position_incident}(\text{incident?}))$
O2	$\text{choice_mobilization}' = \text{choice_mobilization} \oplus \{\text{ambulance!} \mapsto \text{incident?}\}$
O3	$\text{mob_mobilization}' = \text{mob_mobilization}$
O4	$\text{message!} = \{\text{OK}, \text{UI}, \text{IAA}, \text{NGA}\}$
O5	$\text{status_mobilization}' = \text{status_mobilization} \oplus \{\text{ambulance!} \mapsto \text{CHOSEN}\}$

Notons par ailleurs que *UI* équivaut à *UnknownIncident*, *IAA* à *IncidentAlreadyAttributed* et *NGA* à *NoGoodAmbulance*.

2.1.3. Black-box decision table

Troisièmement, énonçons la table de vérité, liant les deux précédentes étapes.

I1	1	0	1	1
I2	1	-	0	1
I3	1	-	-	0
O1	X			
O2	X			
O3	X	X	X	X
O5	X			
O4	<i>OK</i>	<i>UI</i>	<i>IAA</i>	<i>NGA</i>

2.1.4. Cas de test concrets

Enfin, nous devons préparer des tests concrets sur chacune des classes présentées dans la table de vérité (une classe étant équivalente à une colonne).

Supposons que le test s'exécute sur l'ensemble de départ

suivant :

$$\begin{aligned}
\text{registered_ambulance} &= \{\alpha1, \alpha2, \alpha3, \text{mike1}, \text{mike2}\} \\
\text{position_ambulance} &= \{\alpha1 \rightarrow (0,0), \alpha2 \rightarrow (0,0), \alpha3 \rightarrow (0,0), \\
&\quad \text{mike1} \rightarrow (0,0), \text{mike2} \rightarrow (0,0)\} \\
\text{kind_ambulance} &= \{\alpha1 \rightarrow \text{NORMAL}, \alpha2 \rightarrow \text{NORMAL}, \alpha3 \rightarrow \text{NORMAL}, \\
&\quad \text{mike1} \rightarrow \text{MEDICALIZED}, \text{mike2} \rightarrow \text{MEDICALIZED}\} \\
\\
\text{registered_incident} &= \{\text{incident1}, \text{incident2}, \text{incident3}, \text{incident4}\} \\
\text{victimPregnant_incident} &= \{\text{incident1} \rightarrow \text{FALSE}, \text{incident2} \rightarrow \text{FALSE}, \\
&\quad \text{incident3} \rightarrow \text{FALSE}, \text{incident4} \rightarrow \text{FALSE}\} \\
\text{localisation_incident} &= \{\text{incident1} \rightarrow \text{"Rue Léonard, 7"}, \text{incident2} \rightarrow \text{"Allée du Dr. Cooper"}, \\
&\quad \text{incident3} \rightarrow \text{"Penny's Street"}, \text{incident4} \rightarrow \text{"Wolowitz's lane"}\} \\
\text{description_incident} &= \{\text{incident1} \rightarrow \text{"Left arm broken"}, \text{incident2} \rightarrow \text{"Right leg broken"}, \\
&\quad \text{incident3} \rightarrow \text{"Coma suspected"}, \text{incident4} \rightarrow \text{"Injure at head"}\} \\
\text{position_incident} &= \{\text{incident1} \rightarrow (1,0), \text{incident2} \rightarrow (1,1), \\
&\quad \text{incident3} \rightarrow (3,5), \text{incident4} \rightarrow (1,3)\} \\
\text{ambulanceKindNeeded_incident} &= \{\text{incident1} \rightarrow \text{NORMAL}, \text{incident2} \rightarrow \text{NORMAL}, \\
&\quad \text{incident3} \rightarrow \text{MEDICALIZED}, \text{incident4} \rightarrow \text{NORMAL}\} \\
\\
\text{status_ambulance} &= \{\alpha1 \rightarrow \text{FREE}, \alpha2 \rightarrow \text{CHOSEN}, \alpha3 \rightarrow \text{FREE}, \\
&\quad \text{mike1} \rightarrow \text{MOBILIZED}, \text{mike2} \rightarrow \text{FREE}\} \\
\text{choice_ambulance} &= \{\alpha2 \rightarrow \text{incident1}\} \\
\text{mob_mobilization} &= \{\alpha3 \rightarrow \text{incident4}, \text{mike1} \rightarrow \text{incident3}\}
\end{aligned}$$

Première classe

En entrée, nous avons *incident2* et en sortie,

- $\text{choice_ambulance}' = \{\alpha2 \rightarrow \text{incident1}, \alpha1 \rightarrow \text{incident3}\}$
- $\text{mob_mobilization}' = \text{mob_mobilization}$
- $\text{status_ambulance}' = \text{status_ambulance} \oplus \{\alpha2 \rightarrow \text{CHOSEN}\}$
- $\text{message!} = \text{OK}$

Seconde classe

En entrée, nous avons *incident5* et en sortie,

- $choice_ambulance' = choice_ambulance$
- $mob_mobilization' = mob_mobilization$
- $status_ambulance' = status_ambulance$
- $message! = UnknownIncident$

Troisième classe

En entrée, nous avons *incident1* et en sortie,

- $choice_ambulance' = choice_ambulance$
- $mob_mobilization' = mob_mobilization$
- $status_ambulance' = status_ambulance$
- $message! = IncidentAlreadyAttributed$

Quatrième classe

Pour ce test, il nous faut modifier l'ensemble de départ.

$$\begin{aligned}
 status_ambulance &= \{alpha1 \rightarrow MOBILIZED, alpha2 \rightarrow CHOSEN, alpha3 \rightarrow FREE, \\
 &\quad mike1 \rightarrow MOBILIZED, mike2 \rightarrow FREE\} \\
 mob_mobilization &= \{alpha3 \rightarrow incident4, alpha1 \rightarrow incident2, mike1 \rightarrow incident3\}
 \end{aligned}$$

En entrée, nous avons *incident2* et en sortie,

- $choice_ambulance' = choice_ambulance$
- $mob_mobilization' = mob_mobilization$
- $status_ambulance' = status_ambulance$
- $message! = NoGoodAmbulance$

Un autre test à exécuter serait si aucune ambulance n'existe dans le système, il est alors possible reprendre tous les tests précédents qui devraient renvoyer le message *NoGoodAmbulance* pour tout les tests dans modifier *choice_ambulance*, *mob_mobilization* ou *status_ambulance*.

2.2. ListUnattributedIncidents

Comme pour le test précédent, il nous faut présenter les entrées, les sorties, la table de vérité liée à ces entrées et sorties et enfin, des représentants que nous utiliserons dans les tests concrets.

2.2.1. Inputs

La précondition étant vide, nous n'avons pas de conditions à énoncer ici.

2.2.2. Outputs

O1	$incidents! \subseteq registered_incident$
O2	$incidents! = \{i : INCIDENT \mid i \notin \text{ran } choice_mobilization \wedge i \notin \text{ran } mob_mobilization\}$
O3	$message! = \{OK\}$

2.2.3. Black-box decision table

O1	X
O2	X
O3	OK

2.2.4. Cas de test concrets

Premier test

Si nous reprenons notre ensemble de valeurs de départ utilisé pour l'opération précédente, la sortie attendue de notre opération sera la suivante :

- $incidents! = \{incident2\}$

Nous pouvons proposer plusieurs autres tests basés sur différentes versions de l'ensemble de départ.

Second test

Tous les incidents n'ont pas d'ambulance affectée.

$$\begin{aligned} \text{status_ambulance} &= \{\alpha_1 \rightarrow \text{FREE}, \alpha_2 \rightarrow \text{FREE}, \alpha_3 \rightarrow \text{FREE}, \\ &\quad \text{mike1} \rightarrow \text{FREE}, \text{mike2} \rightarrow \text{FREE}\} \\ \text{choice_mobilization} &= \{\} \\ \text{mob_mobilization} &= \{\} \end{aligned}$$

La sortie attendue est

$$- \text{incidents!} = \{\text{incident1}, \text{incident2}, \text{incident3}, \text{incident4}\}$$

Troisième test

Tous les incidents sont affectés

$$\begin{aligned} \text{registered_ambulance} &= \{\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \text{mike1}\} \\ \text{position_ambulance} &= \{\alpha_1 \rightarrow (0, 0), \alpha_2 \rightarrow (0, 0), \alpha_3 \rightarrow (0, 0), \\ &\quad \text{mike1} \rightarrow (0, 0)\} \\ \text{kind_ambulance} &= \{\alpha_1 \rightarrow \text{NORMAL}, \alpha_2 \rightarrow \text{NORMAL}, \alpha_3 \rightarrow \text{NORMAL}, \\ &\quad \text{mike1} \rightarrow \text{MEDICALIZED}\} \\ \text{status_ambulance} &= \{\alpha_1 \rightarrow \text{MOBILIZED}, \alpha_2 \rightarrow \text{MOBILIZED}, \alpha_3 \rightarrow \text{CHOSEN}, \\ &\quad \text{mike1} \rightarrow \text{MOBILIZED}\} \\ \text{choice_mobilization} &= \{\alpha_3 \rightarrow \text{incident1}\} \\ \text{mob_mobilization} &= \{\alpha_1 \rightarrow \text{incident2}, \alpha_2 \rightarrow \text{incident4}, \text{mike1} \rightarrow \text{incident3}\} \end{aligned}$$

La sortie attendue est

$$- \text{incidents!} = \{\}$$

Quatrième test

Aucun incident n'existe dans le système

$$\begin{aligned} \textit{registered_incident} &= \{\} \\ \textit{victimPregnant_incident} &= \{\} \\ \textit{localisation_incident} &= \{\} \\ \textit{description_incident} &= \{\} \\ \textit{position_incident} &= \{\} \\ \textit{ambulanceKindNeeded_incident} &= \{\} \\ \\ \textit{status_ambulance} &= \{\alpha1 \rightarrow \textit{FREE}, \alpha2 \rightarrow \textit{FREE}, \alpha3 \rightarrow \textit{FREE}, \\ &\quad \textit{mike1} \rightarrow \textit{FREE}, \textit{mike2} \rightarrow \textit{FREE}\} \\ \textit{choice_ambulance} &= \{\} \\ \textit{mob_mobilization} &= \{\} \end{aligned}$$

La sortie attendue est

$$- \textit{incidents!} = \{\}$$

Cinquième test

Plus d'un incident dans le système n'est pas affecté

$$\begin{aligned} \textit{status_ambulance} &= \{\alpha1 \rightarrow \textit{FREE}, \alpha2 \rightarrow \textit{CHOSEN}, \alpha3 \rightarrow \textit{FREE}, \\ &\quad \textit{mike1} \rightarrow \textit{FREE}, \textit{mike2} \rightarrow \textit{FREE}\} \\ \textit{choice_ambulance} &= \{\alpha2 \rightarrow \textit{incident1}\} \\ \textit{mob_mobilization} &= \{\alpha3 \rightarrow \textit{incident4}\} \end{aligned}$$

La sortie attendue est

$$- \textit{incidents!} = \{\textit{incident2}, \textit{incident3}\}$$

Conclusion

Grâce à notre travail de formalisation effectué dans l'analyse des besoins, la formalisation en langage Z a été facilement déduite et construite. Les tests ont été dérivés sans difficulté des opérations.

Nous n'avons pas identifié d'erreur dans notre analyse des besoins par rapport à cette formalisation, probablement du au fait qu'une grande partie de la formalisation avait été faite préalablement, nous permettant d'identifier ces erreurs en amont.