

Proposition pour le projet Bonaventure

Marc Frappier, Régine Laleau et Steve Jeffrey Tueno Fotso

1- Identification du problème (source : avant-projet définitif)

Le projet Bonaventure vise le remplacement de l'autoroute Bonaventure (A-10) par un boulevard urbain. Dans le cadre de la planification de ce réaménagement, le Ministère des Transports du Québec (MTQ) a notamment fait valoir l'importance de s'assurer que les interventions réalisées ne diminuent pas la sécurité des usagers de la route. La Ville de Montréal a également insisté sur l'importance d'assurer la fonctionnalité du réseau routier municipal et, minimalement, de maintenir la qualité de l'offre actuelle en matière de transport collectif et actif.

Pour la rue Duke et l'entrée à l'autoroute Ville-Marie depuis la rue Duke, un scénario satisfaisant à tous les égards est celui qui prévoit quatre voies de circulation sur la rue Duke (dont une réservée aux autobus) et une voie de circulation dans l'entrée à l'autoroute Ville-Marie depuis la rue Duke. Pour ce qui est de la rue Nazareth et de la sortie de l'autoroute Ville-Marie vers la rue Nazareth, il s'avère difficile de répondre à la fois aux enjeux identifiés par la Ville de Montréal et à l'enjeu de sécurité formulé par le MTQ. Le scénario retenu prévoit deux voies de circulation dans la sortie de l'autoroute Ville-Marie vers la rue Nazareth, qui s'ajoutent à trois voies sur la rue Nazareth. Pour permettre la prise en compte des exigences identifiées, un certain nombre d'options additionnelles ont été développées incluant **l'ajout d'équipements de signalisation** et de **systèmes de transport intelligents**. Le laboratoire GRIL de l'Université de Sherbrooke a été contacté, en rapport avec cette problématique, afin de proposer une approche utilisant une méthode formelle d'ingénierie des exigences permettant de vérifier, valider et si nécessaire compléter la spécification des systèmes de transport intelligents et du superviseur en charge de garantir un fonctionnement optimal de ces derniers.

2- Objectifs du projet

Dans le cadre de ce projet, nous nous intéressons à la sortie des véhicules de l'autoroute Ville-Marie vers la rue Nazareth. Plus spécifiquement, il s'agit de définir :

- Des buts identifiables et nécessaires pour garantir la sortie de chaque véhicule.
- Des mécanismes permettant de garantir que chaque automobile atteindra la rue Nazareth en toute sécurité.

3- Méthodologie

SysML/KAOS est une méthode formelle d'ingénierie des exigences développée dans le cadre du projet FORMOSE (ANR-14-CE28-0009). Elle définit (Tueno Fotso, et al., 2018) :

- Un langage permettant de capturer les exigences fonctionnelles (ce qui doit être réalisé) et non fonctionnelles (contraintes de réalisation : sécurité, efficience, temporalité, etc.) d'un système sous forme de hiérarchies de buts.
- Un langage permettant de capturer les entités et les propriétés du domaine d'application du système.
- Des règles permettant de générer une spécification formelle à partir des modèles de buts et de domaine.

- Des règles permettant de propager les résultats/observations issus des activités de vérification et de validation formelle vers les modèles SysML/KAOS correspondants.

Nous proposons une **preuve de concept (PdC)** alignée avec les étapes-portes du diagramme de la *Figure 1* de l'annexe. La PdC inclut en l'occurrence :

- **Étape 1** : définition d'un modèle SysML/KAOS des buts fonctionnels issus du but racine « permettre aux véhicules de sortir du tunnel ». Cette étape permet d'**évaluer les objectifs du système** et d'explorer les alternatives possibles.
 - o **Livrable 1a** : documentation décrivant les buts fonctionnels identifiés.
 - o **Livrable 1b** : diagrammes présentant la hiérarchisation de ces buts.
- **Étape 2** : définition d'un modèle SysML/KAOS des buts non fonctionnels de sécurité issus du but racine « garantir une sortie sécuritaire de chaque véhicule du tunnel ». Cette étape permet d'**évaluer les différentes contraintes de sécurité** et d'explorer les différentes approches de satisfaction de ces contraintes.
 - o **Livrable 2a** : documentation décrivant les buts non fonctionnels identifiés, et les approches de satisfaction les plus pertinentes.
 - o **Livrable 2b** : diagrammes présentant la hiérarchisation des buts non fonctionnels et illustrant la détermination des impacts associés.
- **Étape 3** : définition d'un modèle du domaine d'application du système correspondant au modèle des buts fonctionnels issu des étapes 1 et 2. Ce modèle **définira entre autres les entités du domaine, leurs attributs, les relations entre elles et les propriétés à garantir**.
 - o **Livrable 3a** : documentation décrivant les éléments du modèle de domaine.
 - o **Livrable 3b** : ontologies définissant le modèle de domaine.
- **Étape 4** : construction d'une spécification formelle correspondant aux modèles de buts et de domaine.
 - o **Livrable 4** : spécification formelle correspondant aux modèles de domaine et de buts.
- **Étape 5** : vérification et validation de la spécification formelle. Ici, la spécification formelle sera enrichie afin de permettre l'exécution de quelques scénarios permettant de valider l'adéquation entre la spécification réalisée et la perception que le client a du système. Il sera ensuite question de démontrer les propriétés respectées par la spécification.
 - o **Livrable 5a** : documentation décrivant les scénarios de validation et leur interprétation.
 - o **Livrable 5b** : documentation décrivant les propriétés vérifiées et celles qui peuvent être garanties.

4- Budget et échéancier

Le projet serait réalisé par Marc Frappier, Régine Laleau et Steve Jeffrey Tueno Fotso sur une durée de 2 mois pour un effort total planifié de 195h. Le coût total du projet est estimé à 11 550 \$. Steve Tueno est ingénieur en informatique et étudiant au doctorat en cotutelle avec l'Université de Sherbrooke et l'Université Paris-Est Créteil en France. Il y est supervisé par le professeur Marc Frappier de Sherbrooke et la professeure Régine Laleau de Paris-Est Créteil.

Le tableau ci-dessous ventile les coûts du projet.

Personne	Effort (h)	Taux horaire	Total
S.J. Tueno Fotso	150	50 \$	7 500 \$
M. Frappier	30	90 \$	2 700 \$
R. Laleau	15	90 \$	1 350 \$
Total	195		11 550 \$

Code de champ modifié

Le tableau ci-dessous donne un estimé de l'échéancier.

	Semaines							
Étape	1	2	3	4	5	6	7	8
Rencontre d'initiation du projet								
1 Modèle de buts fonctionnels								
2 Modèle de buts non-fonctionnels								
3 Modèle du domaine d'application								
Rencontre de validation								
4 Spécification formelle								
5 Vérification et validation								
Rencontre de validation								

Code de champ modifié

Il sera essentiel pour la réalisation du projet d'avoir accès à un expert qui apportera des éléments de réponse à nos interrogations dans le cadre de la modélisation du système et qui participera à sa validation. Des rencontres sont prévues au début du projet et à la fin des étapes 3 et 5. Des discussions occasionnelles en vidéo conférence seront aussi nécessaires.

La Ville de Montréal aura la propriété des biens livrables. Les auteurs auront le droit de publier les résultats du projet dans la thèse de M. Tueno Fotso ainsi que dans des articles scientifiques, et de présenter les résultats dans des conférences publiques.

Bibliographie

Tueno Fotso, S. J., Frappier, M., Laleau, R. & Mammar, A., 2018. Modeling the hybrid ERTMS/ETCS level 3 standard using a formal requirements engineering approach. *Lecture Notes in Computer Science*, 10817(Abstract State Machines, Alloy, B, TLA, VDM, and Z - 6th International Conference), pp. 262-276.

Annexe

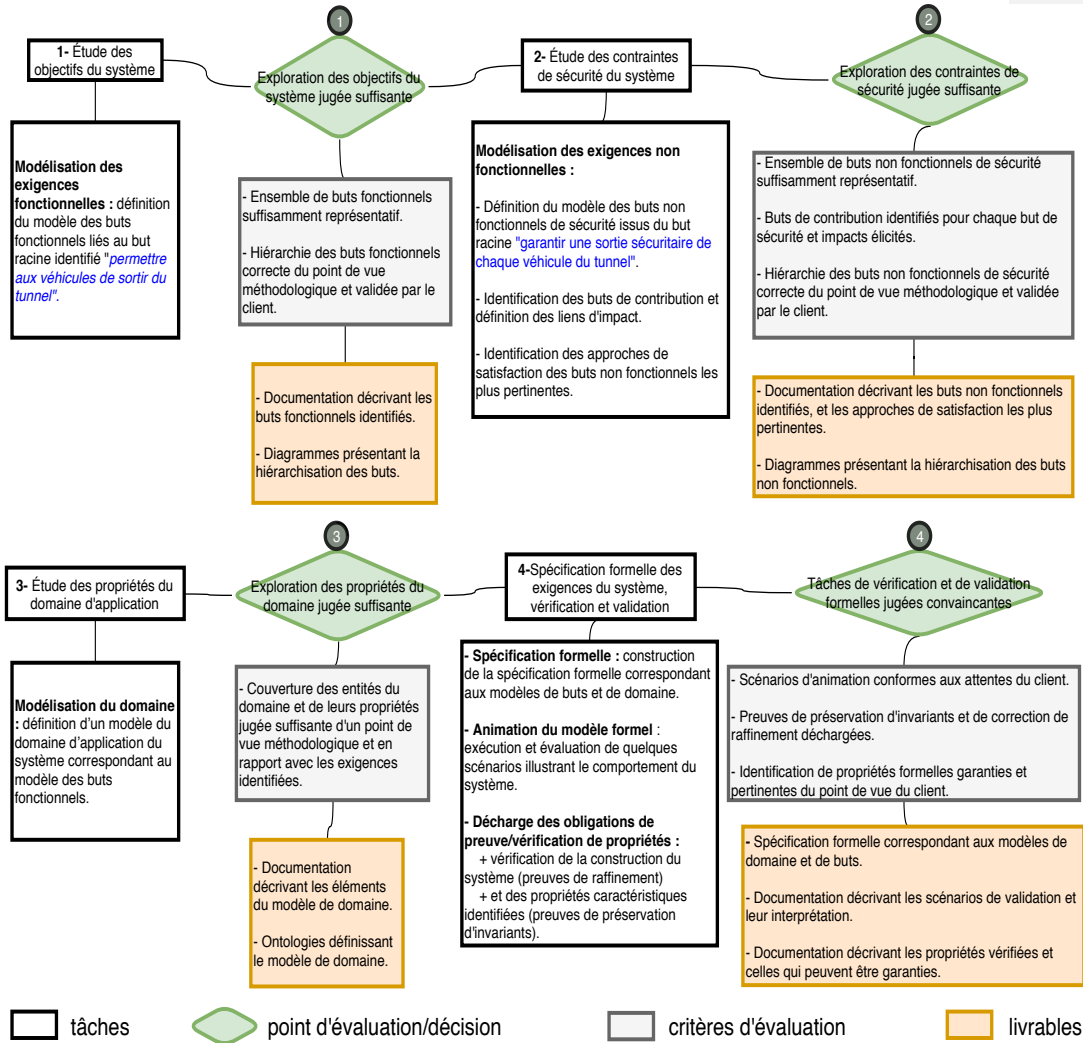


Figure 1: Étapes-portes de la PdC (chaque point d'évaluation est un point bloquant où l'étape précédente est évaluée et où, en rapport avec les critères d'évaluation, une décision est prise par tous les intervenants quant au passage ou non à l'étape suivante.).