



SimuDay '19

UNE DYNAMIQUE POUR VOTRE MOBILITÉ !



IFSTAR



www.cerema.fr

Les concepts de la simulation dynamique des déplacements en trois questions :

A quoi ça sert ?

Comment c'est fait ?

Comment s'en servir ?

Christine Buisson
Ifsttar – Cosys / ENTPE



IFSTTAR

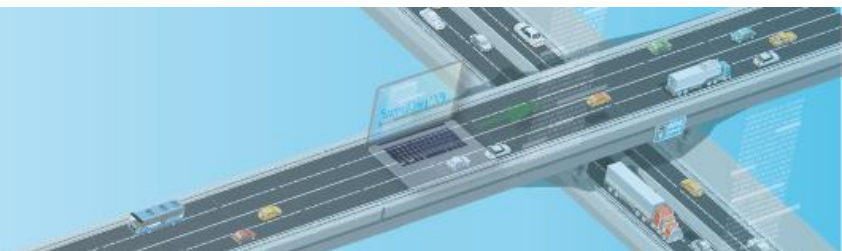


ENTPE
L'école de l'aménagement durable des territoires

Bordeaux, le 17 octobre 2019

SimuDay' 19

UNE DYNAMIQUE POUR VOTRE MOBILITE !



Ce qu'il faut retenir :



La trahison des images, René Magritte, 1924

Sommaire

Introduction

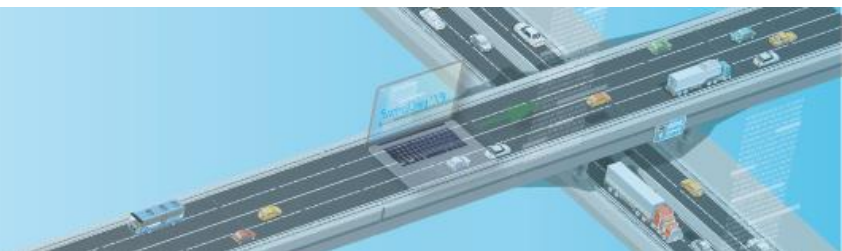
A quoi ça sert ?

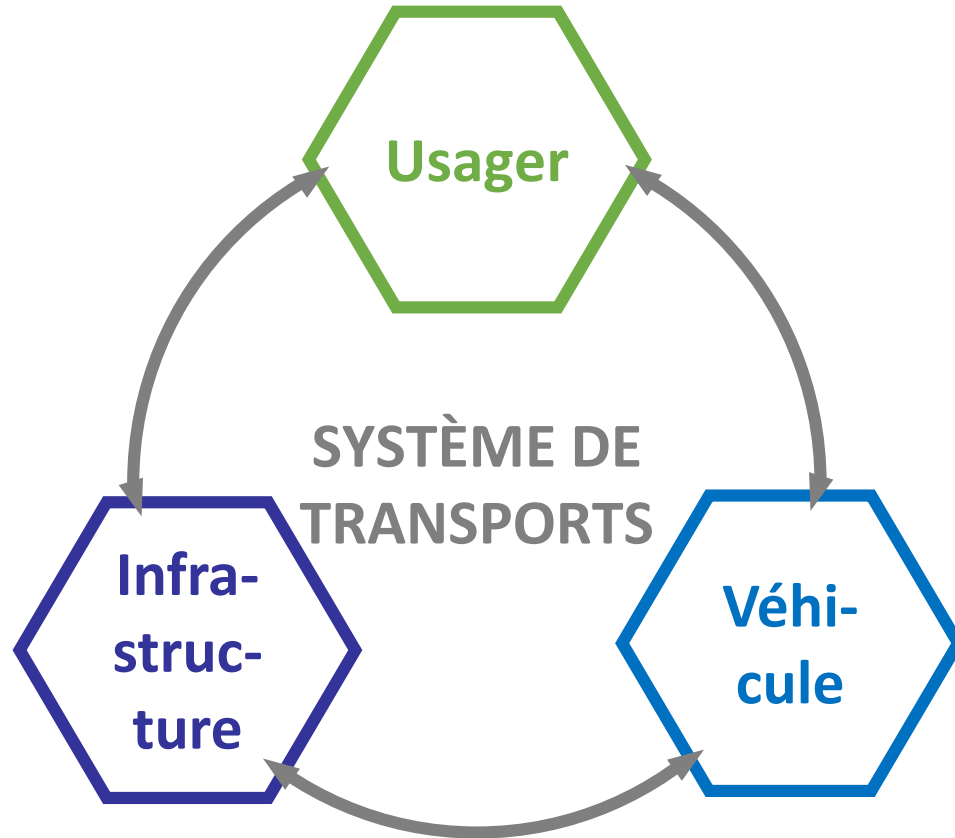
Comment c'est fait ?

Comment s'en servir ?

SimuDay' 19

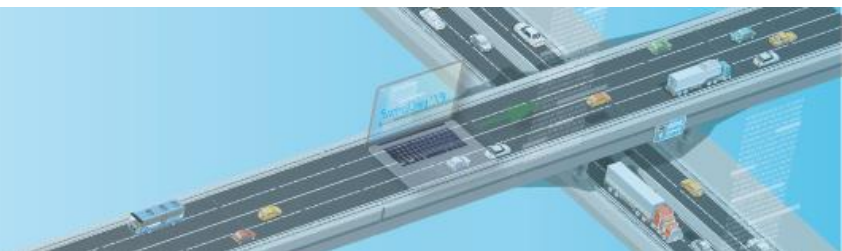
UNE DYNAMIQUE POUR VOTRE MOBILITE !

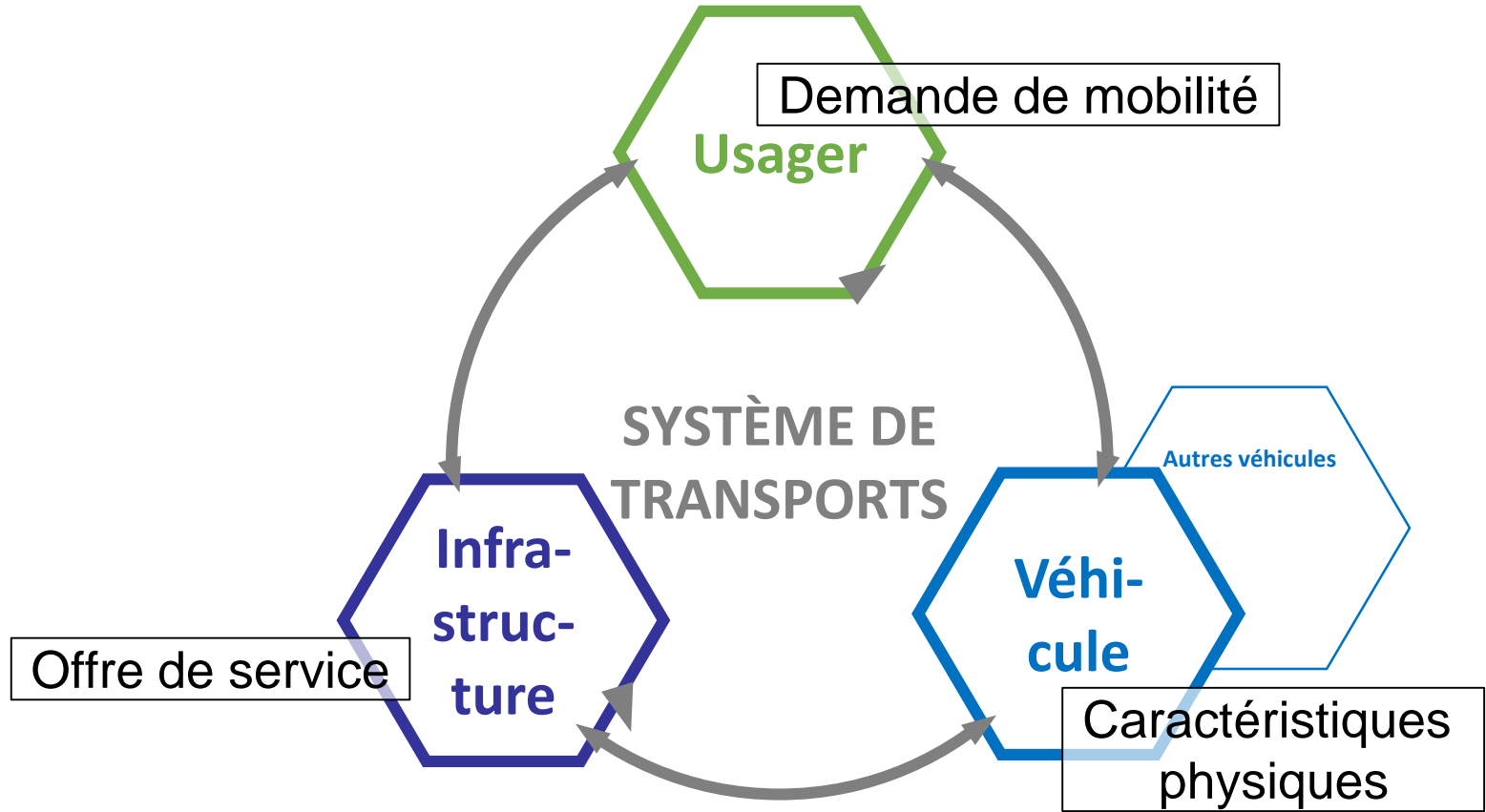




SimuDay' 19

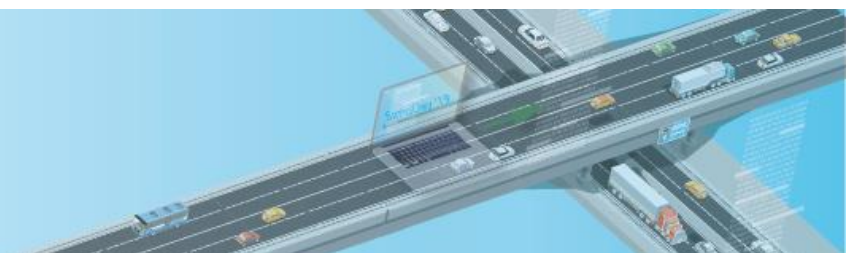
UNE DYNAMIQUE POUR VOTRE MOBILITE !

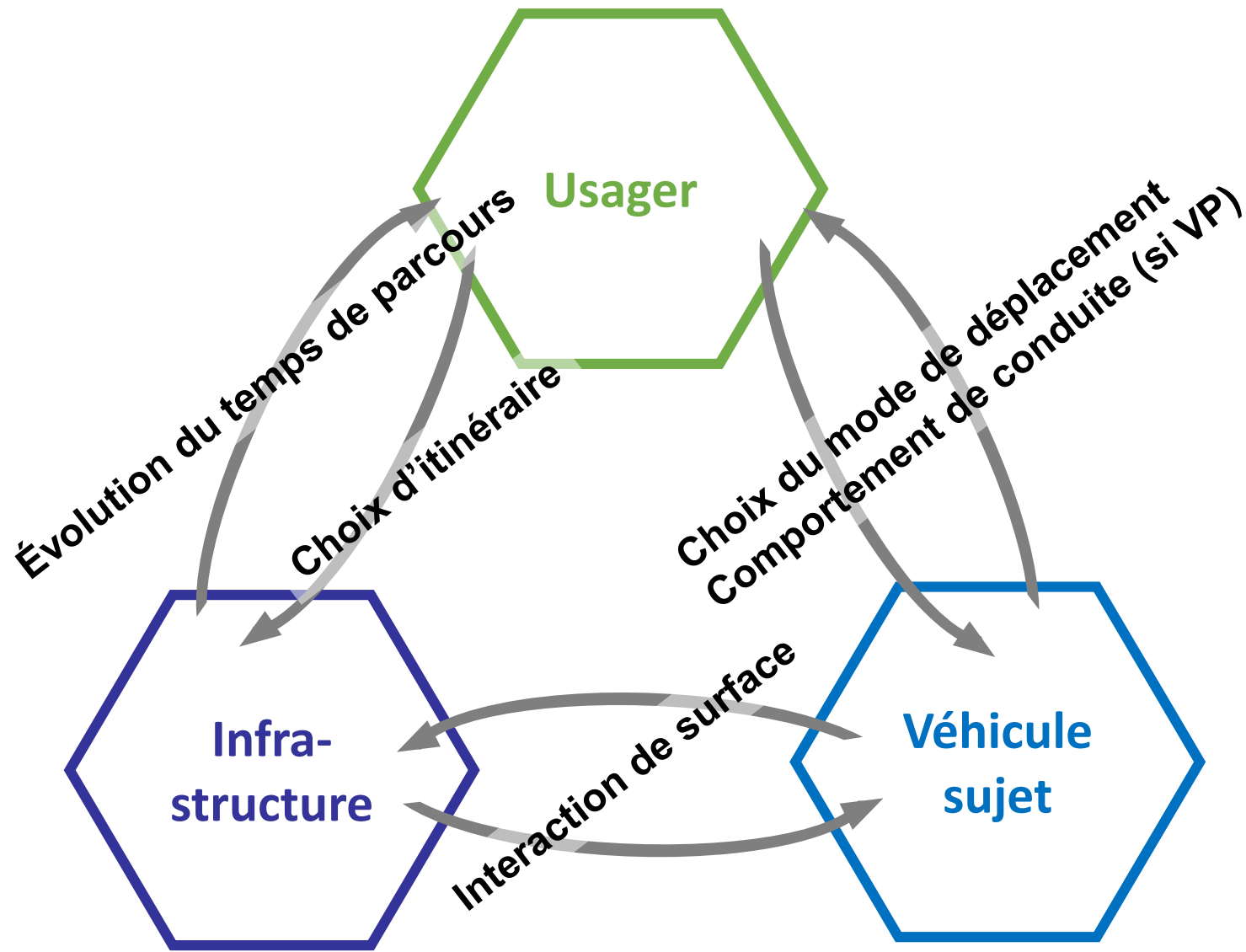




SimuDay' 19

UNE DYNAMIQUE POUR VOTRE MOBILITE !





La boucle de rétroaction usager-infrastructure est la raison de l'utilité des modèles en transports

- Avant de décider de construire une infrastructure, il faut connaître le nombre d'utilisateurs qui souhaiteront l'utiliser
 - Mais le nombre d'utilisateurs qui utiliseront une infra. dépend du confort d'usage et du service rendu (comparativement aux autres infras.)
- ➔ Ceci conduit à des modèles d'interaction offre-demande.

Exemple de cas où l'augmentation de l'offre augmente la demande :
Katy-Freeway à Houston – (source Aliciak3yz CC BY-SA 4.0)



Interaction offre-demande

- Deux dimensions pour cataloguer les modèles de transports :

1- Le traitement de la dynamique de la demande :

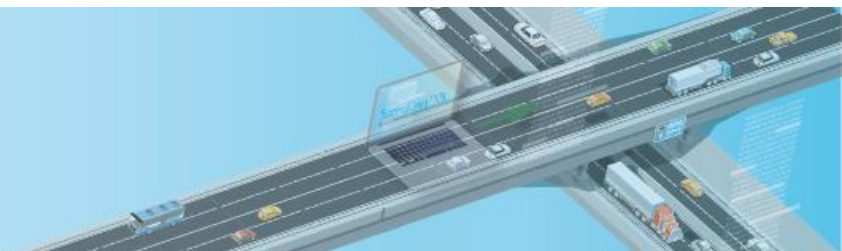
- Statique
- Quasi statique
- Dynamique

2- Le traitement du calcul du temps de parcours:

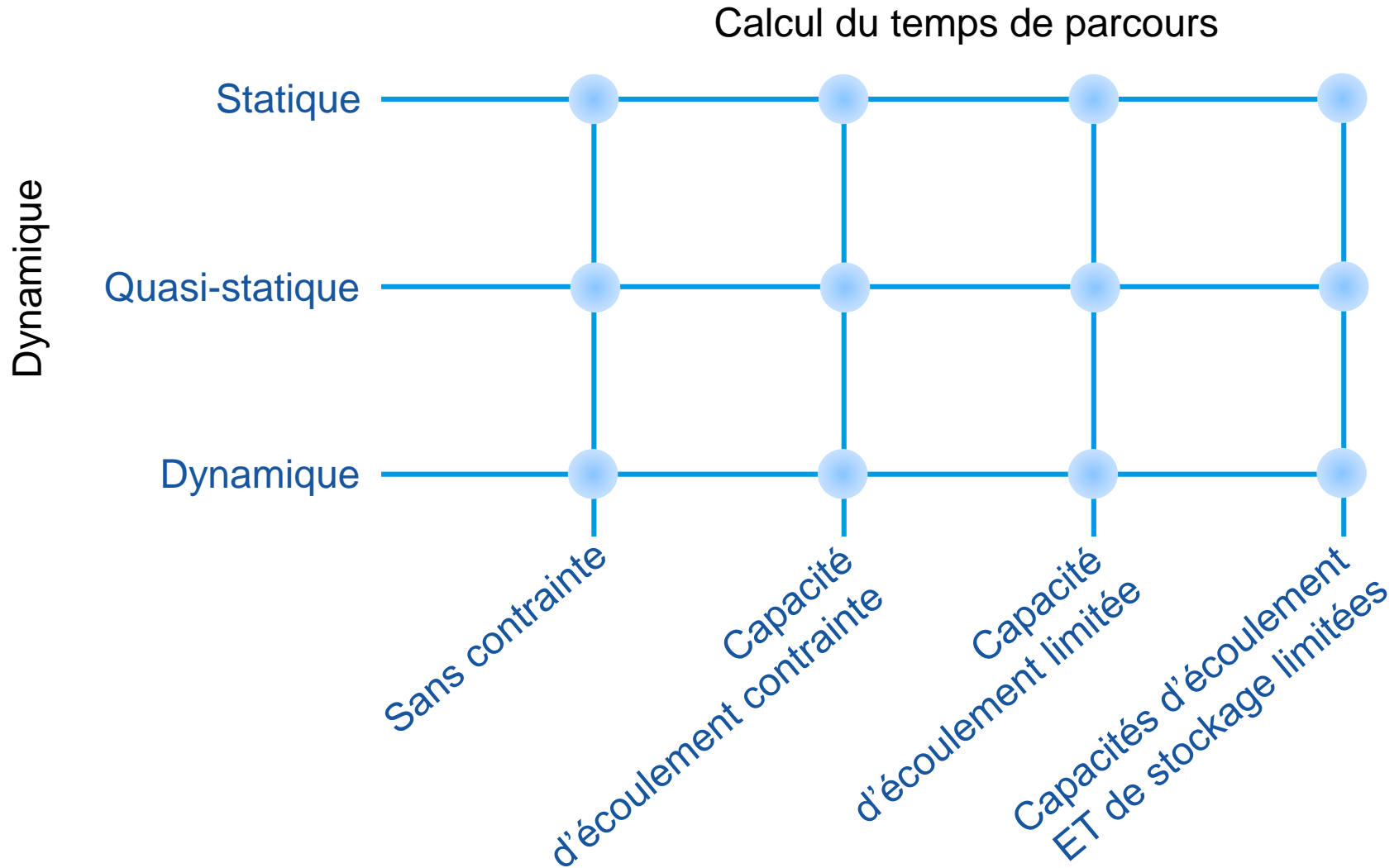
- Aucune contrainte
- Capacité d'écoulement contrainte
- Capacité d'écoulement limitée
- Capacité d'écoulement **et** capacité de stockage limitée

SimuDay' 19

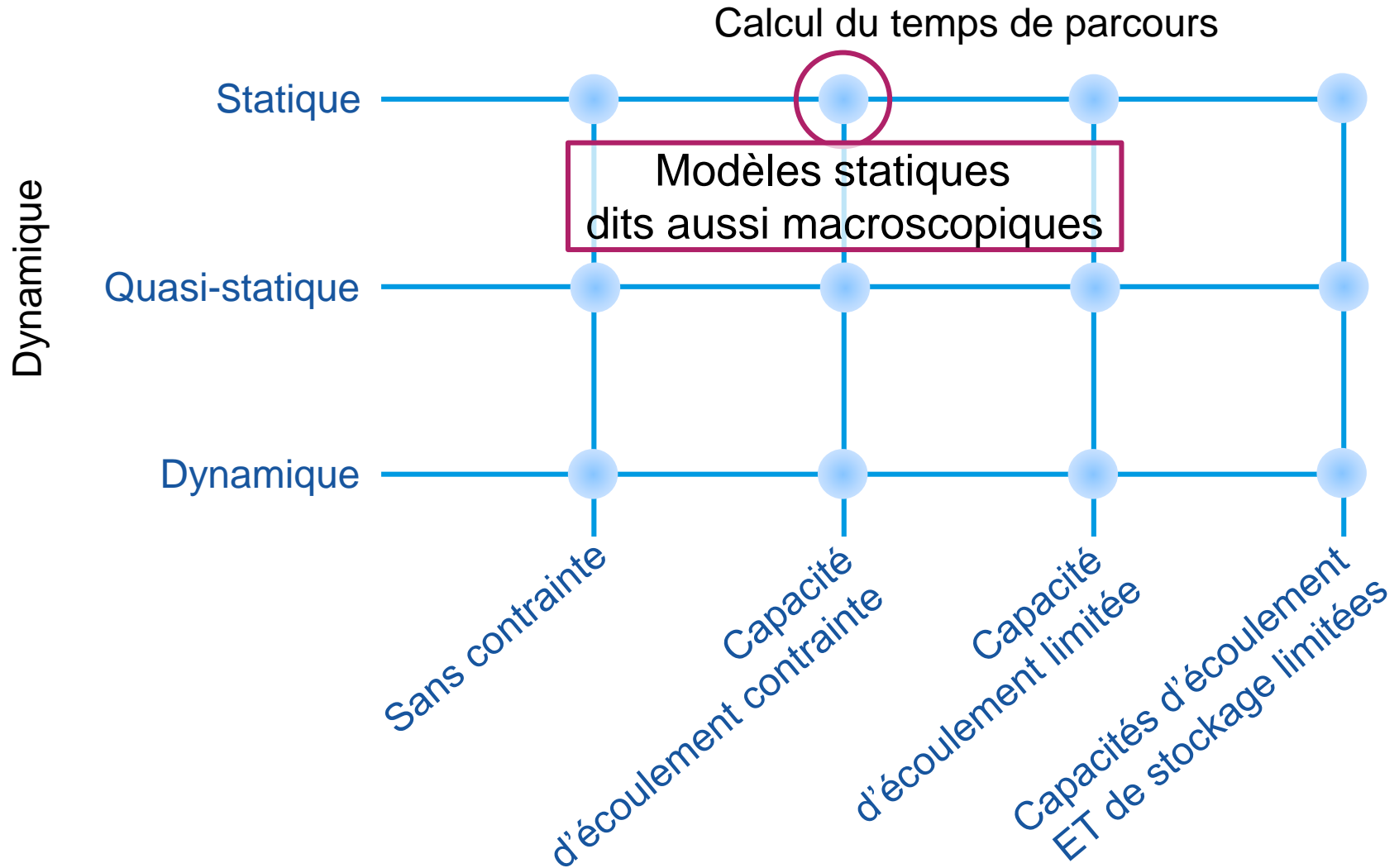
UNE DYNAMIQUE POUR VOTRE MOBILITE !



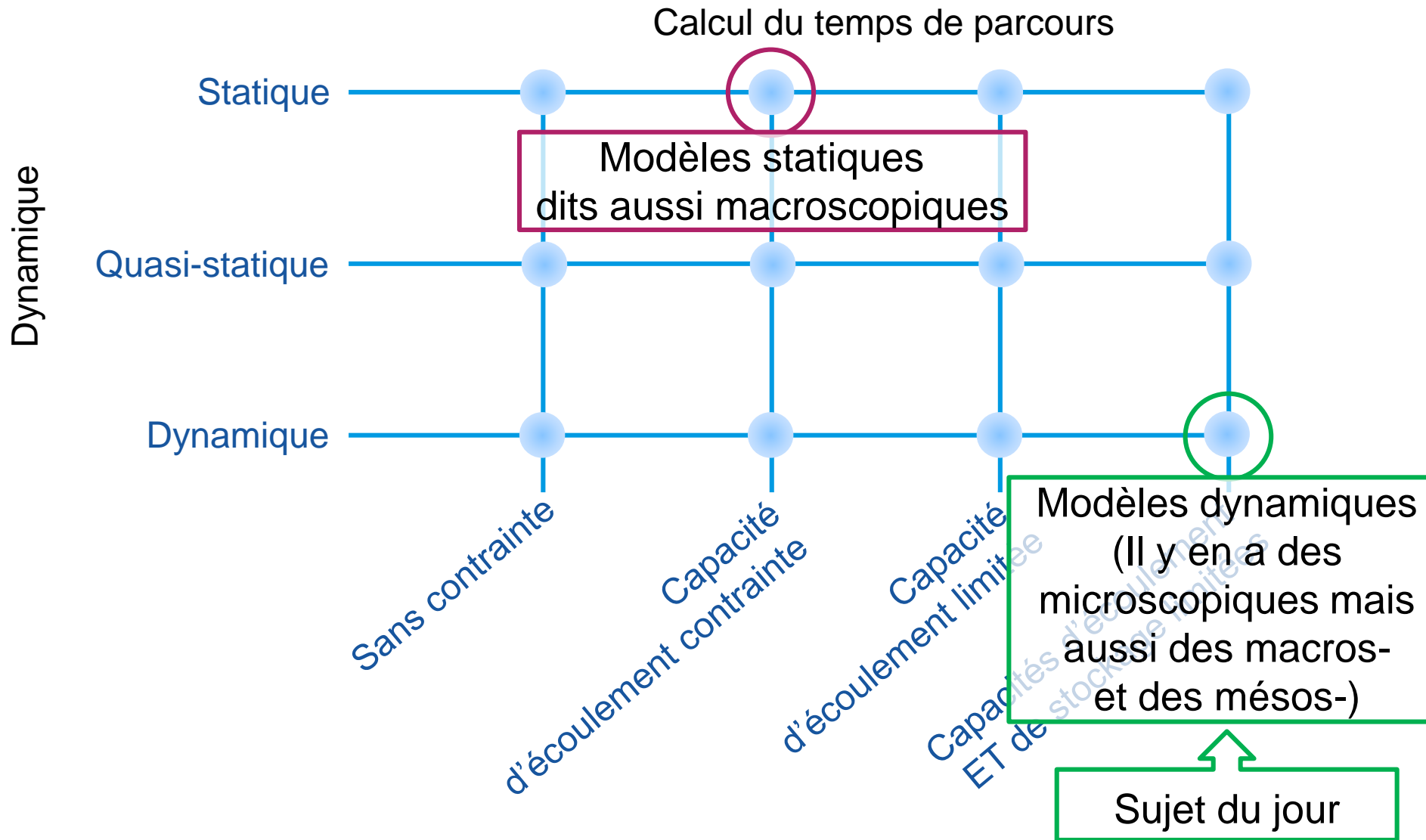
Deux dimensions



Deux dimensions



Deux dimensions



A quoi ça sert ?

A quoi ça sert ?

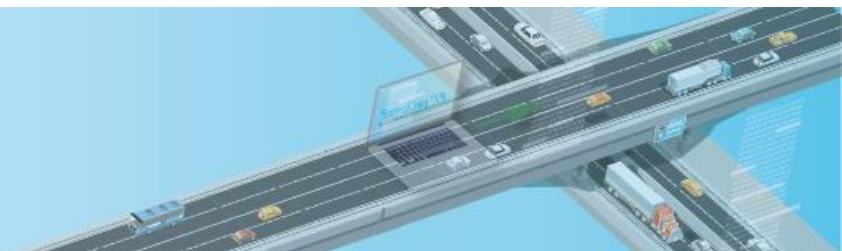
Comment c'est fait ?

Comment s'en servir ?

- A prévoir ce qui se passera lorsqu'il y aura :
 - Modification de l'infrastructure
 - Modification de la demande
 - Modification de la régulation
 - carrefours à feux,
 - régulation des vitesses, des accès
 - Conseil d'itinéraire aux usagers
 - ...
- En termes d'effets sur :
 - Le temps perdu et / ou la pollution et / ou la sécurité routière.
- C'est particulièrement utile lorsque le système (actuel ou futur) est **congestionné**

SimuDay' 19

UNE DYNAMIQUE POUR VOTRE MOBILITE !



Indicateurs proposés

(KPI: Key Performance Indicators)

A quoi ça sert ?

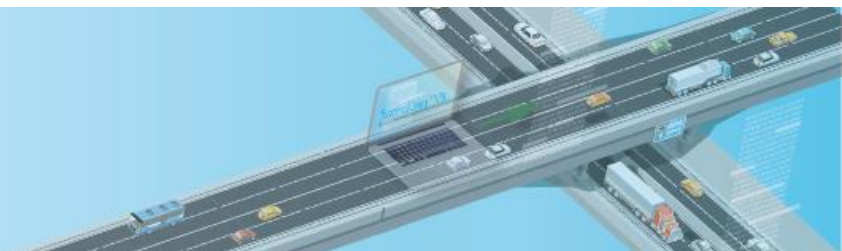
Comment c'est fait ?

Comment s'en servir ?

- Temps de parcours individuels et ses dérivés :
 - Temps total perdu
 - Temps de parcours moyen
 - Temps de parcours maximal (par itinéraire, par O/D, ...)
- Débits et dérivés :
 - Débit par arc (et sa dynamique)
 - Kilomètres parcourus
- Consommation et émission de polluants (NOx, PM, CO, CO2, ...)
- Bruit

SimuDay' 19

UNE DYNAMIQUE POUR VOTRE MOBILITE !



Pourquoi une modélisation doit-elle être DYNAMIQUE s'il y a congestion ?

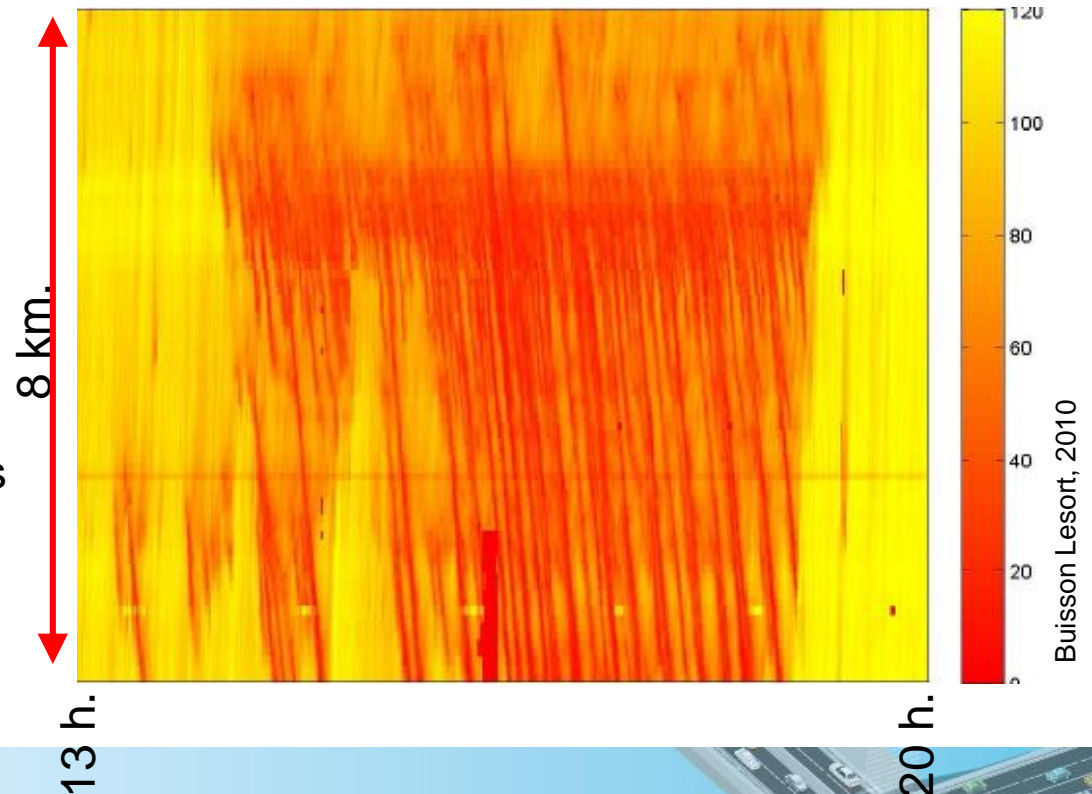
A quoi ça sert ?

Comment c'est fait ?

Comment s'en servir ?

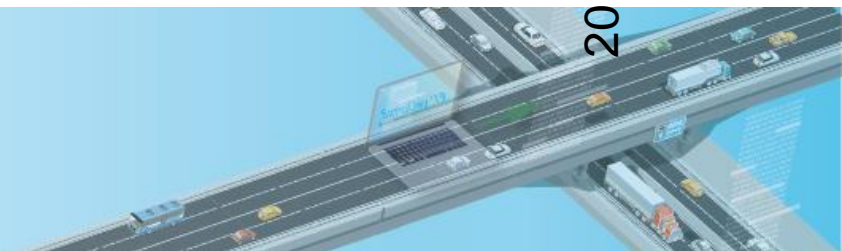
Toute file d'attente **évolue** à la fois dans l'espace et dans le temps.

NB : de nos jours, ni les routes ni les rues ne sont conçues pour fonctionner sans congestion...



SimuDay' 19

UNE DYNAMIQUE POUR VOTRE MOBILITE !

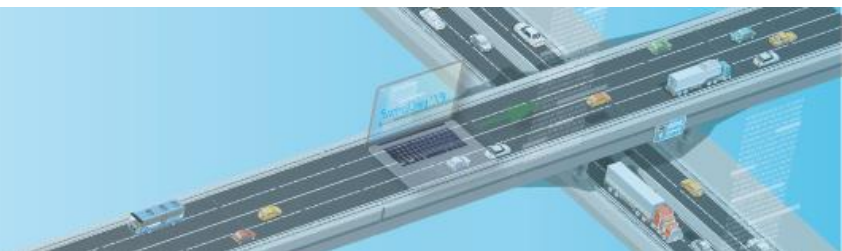


Comment c'est fait ?

- Les outils de simulation dynamiques contiennent
 - Des modèles (**plusieurs**).
 - Chaque modèle est basé sur des équations formalisant un comportement.
 - Ces équations utilisent des paramètres, qui peuvent être distribués (ce qui implique des répliques).
 - Ces équations peuvent être probabilistes (ce qui implique des répliques).
 - Des interfaces de saisie (éventuellement automatisée) des données d'entrées
 - Des interfaces de représentation des résultats de simulation
- Un outil de simulation est utilisé pour un problème précis. C'est ce qu'on appellera l'application.

SimuDay' 19

UNE DYNAMIQUE POUR VOTRE MOBILITE !

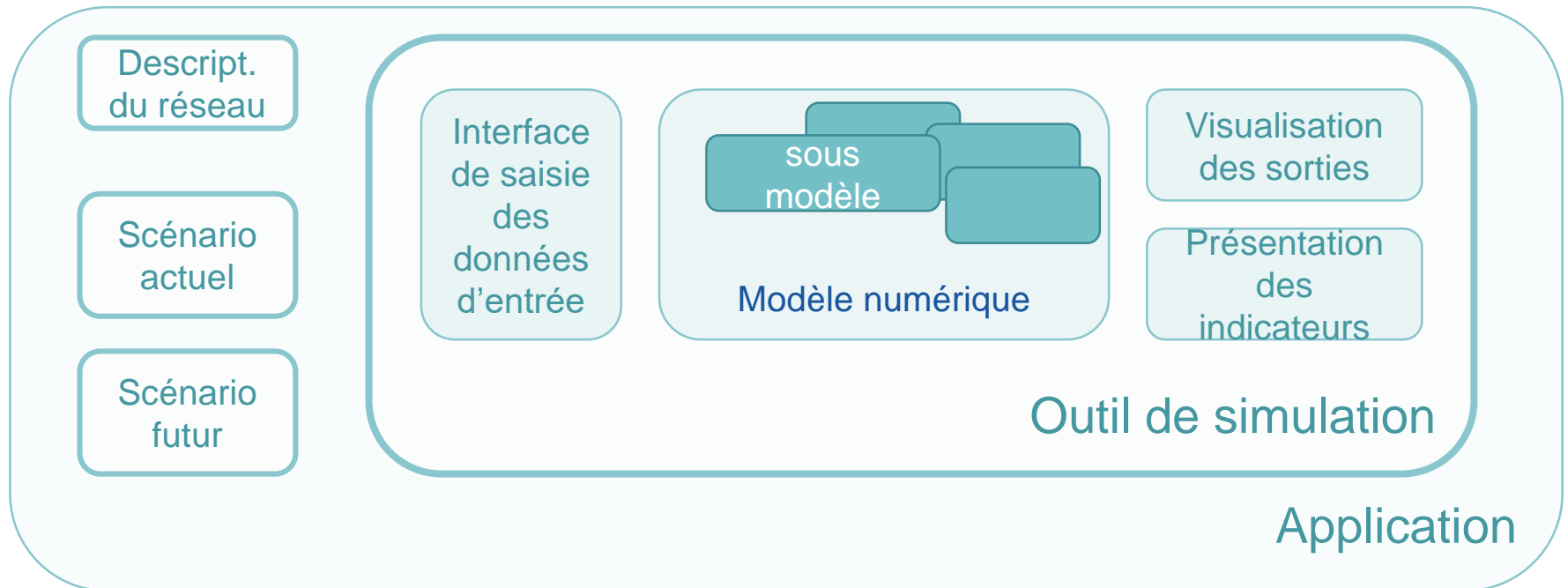


Les composants d'une application

A quoi ça sert ?

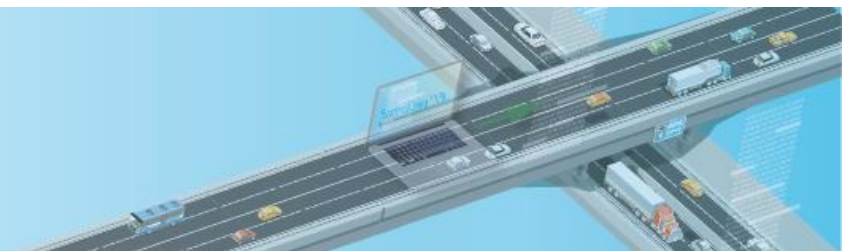
Comment c'est fait ?

Comment s'en servir ?



SimuDay' 19

UNE DYNAMIQUE POUR VOTRE MOBILITE !



Les sous-modèles sont nombreux et interagissent entre eux

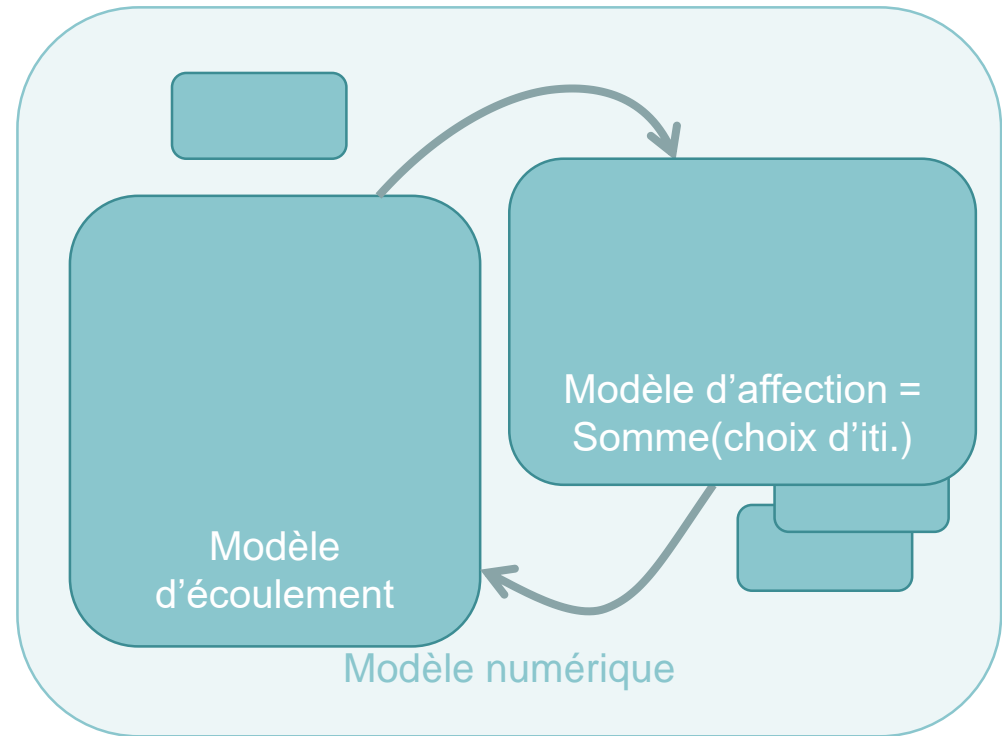
A quoi ça sert ?

Comment c'est fait ?

Comment s'en servir ?

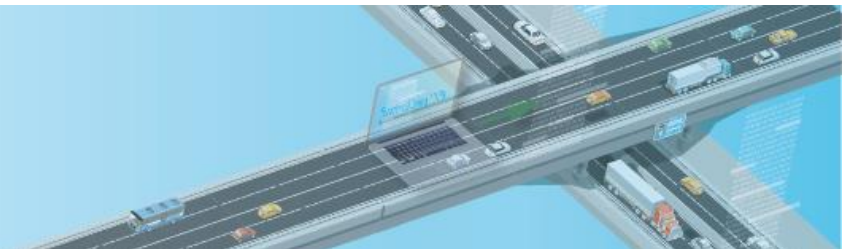
Deux modèles principaux :

- Modèle d'affectation
 - Modèle d'écoulement
- Résultats de l'affectation influent ceux de l'écoulement qui influent ceux de l'affectation qui influent ceux de l'écoulement qui influent ceux de l'affectation qui influent ceux de l'écoulement qui influent ceux de l'affectation qui influent ceux de l'écoulement qui influent ceux de l'affectation qui influent ceux de l'écoulement



SimuDay' 19

UNE DYNAMIQUE POUR VOTRE MOBILITE !



Les sous-modèles sont nombreux et interagissent entre eux

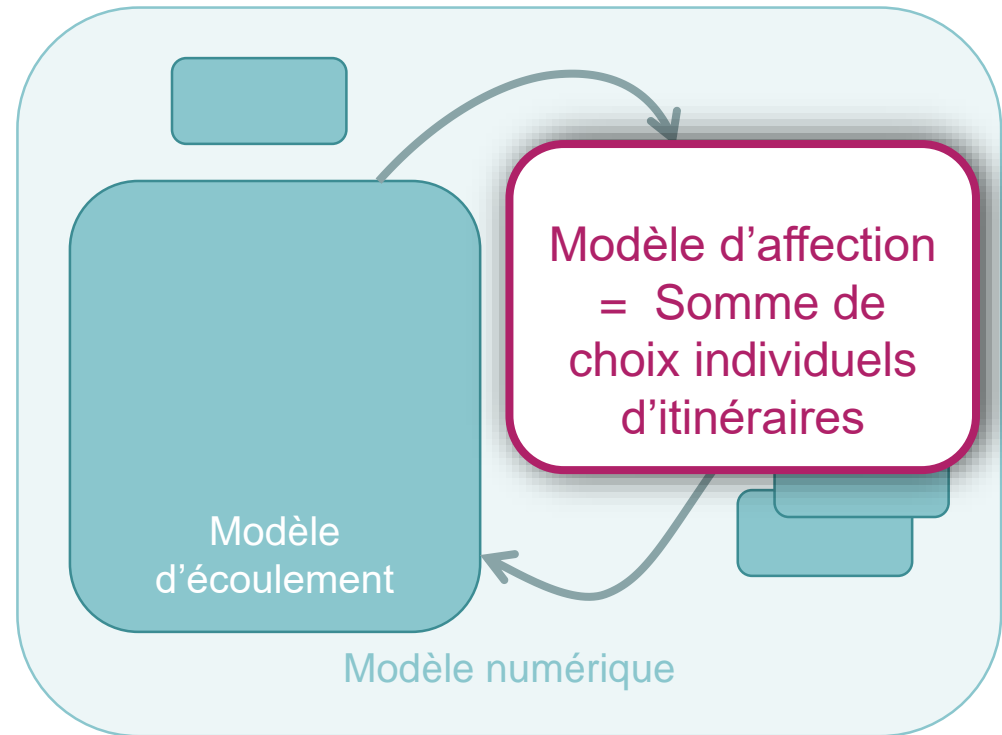
A quoi ça sert ?

Comment c'est fait ?

Comment s'en servir ?

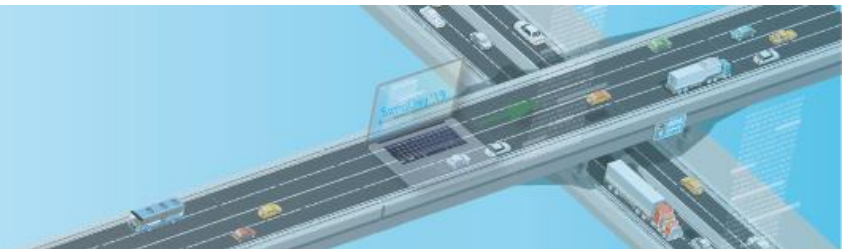
Deux modèles principaux :

- Modèle d'affectation
- Modèle d'écoulement



SimuDay' 19

UNE DYNAMIQUE POUR VOTRE MOBILITE !



Les sous-modèles sont nombreux et interagissent entre eux

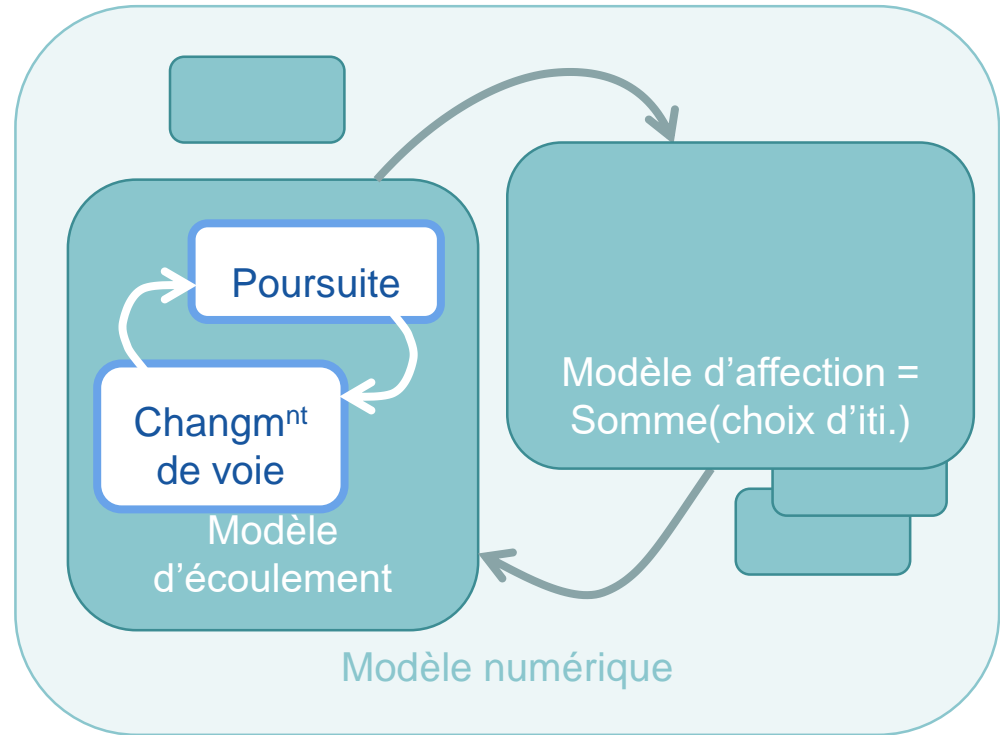
A quoi ça sert ?

Comment c'est fait ?

Comment s'en servir ?

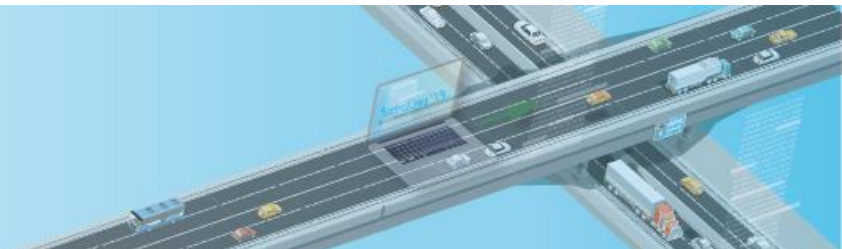
Deux modèles principaux :

- Modèle d'affectation
- Modèle d'écoulement : plusieurs possibilités :
 - Macroscopique (fluide traité en moyenne)
 - Mésoscopique (individualisation du comportement en fonction de valeurs macro)
 - Microscopique (individualisation du comportement en fonction de valeurs individuelles)



SimuDay' 19

UNE DYNAMIQUE POUR VOTRE MOBILITE !



Les sous-modèles sont nombreux et interagissent entre eux

A quoi ça sert ?

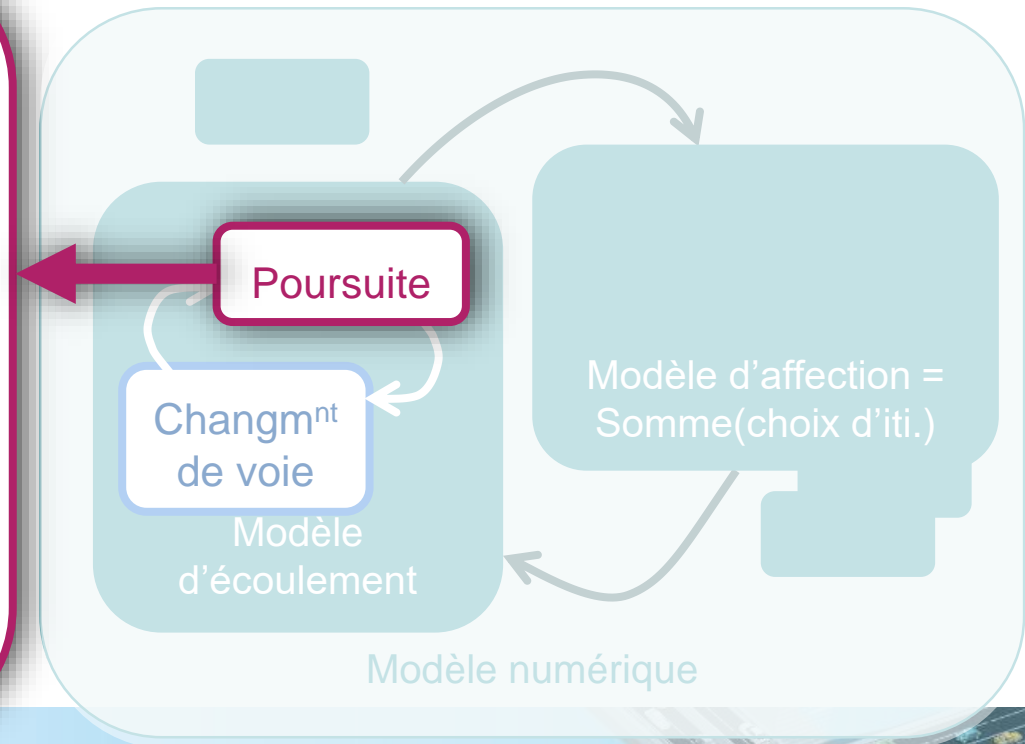
Comment c'est fait ?

Comment s'en servir ?

Chaque véhicule n adapte sa vitesse à celle du véh. $n - 1$ devant lui et à leur distance $X_n - X_{n-1}$, avec un temps de réaction T_n :

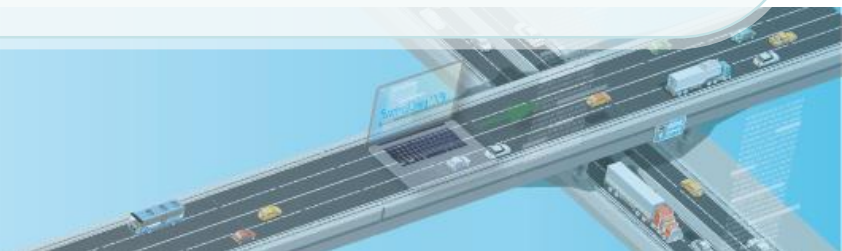
$$V_n(t + T_n) = \mathbf{F} \begin{pmatrix} V_n(t), \\ V_{n-1}(t), \\ X_n - X_{n-1}, \\ Param_n, \\ \dots \end{pmatrix}$$

Modèle de Poursuite



SimuDay' 19

UNE DYNAMIQUE POUR VOTRE MOBILITE !



Modèles de changement de voie

A quoi ça sert ?

Comment c'est fait ?

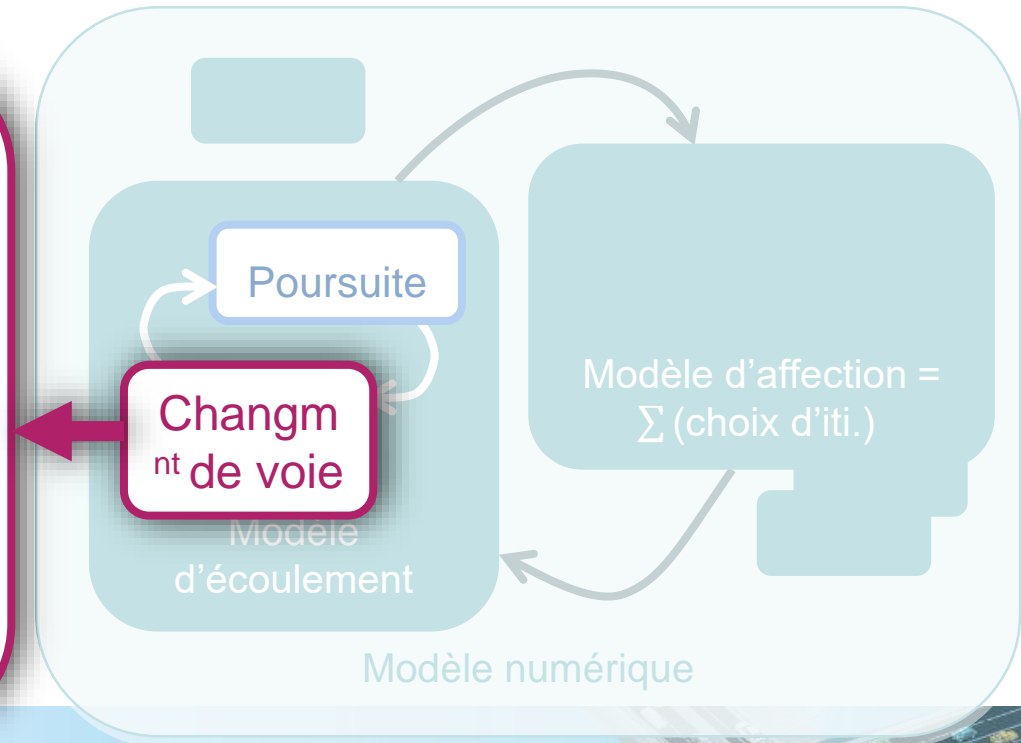
Comment s'en servir ?

Deux types de décision de changement de voie :

- Souhaitables (pour $\nearrow V_n$ par ex.)
- Obligatoires (pour changer de direction par exemple).

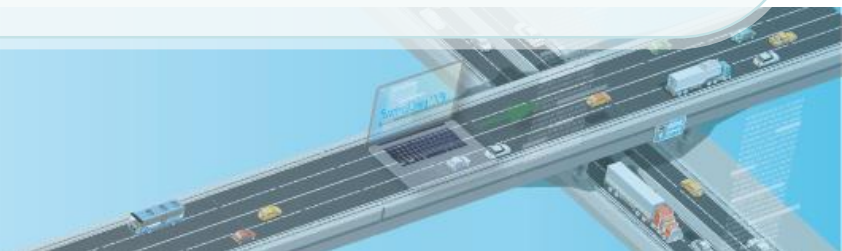
Le changement de voie est réalisé s'il est possible... ou très urgent.

Modèle de changement de voie



SimuDay' 19

UNE DYNAMIQUE POUR VOTRE MOBILITE !

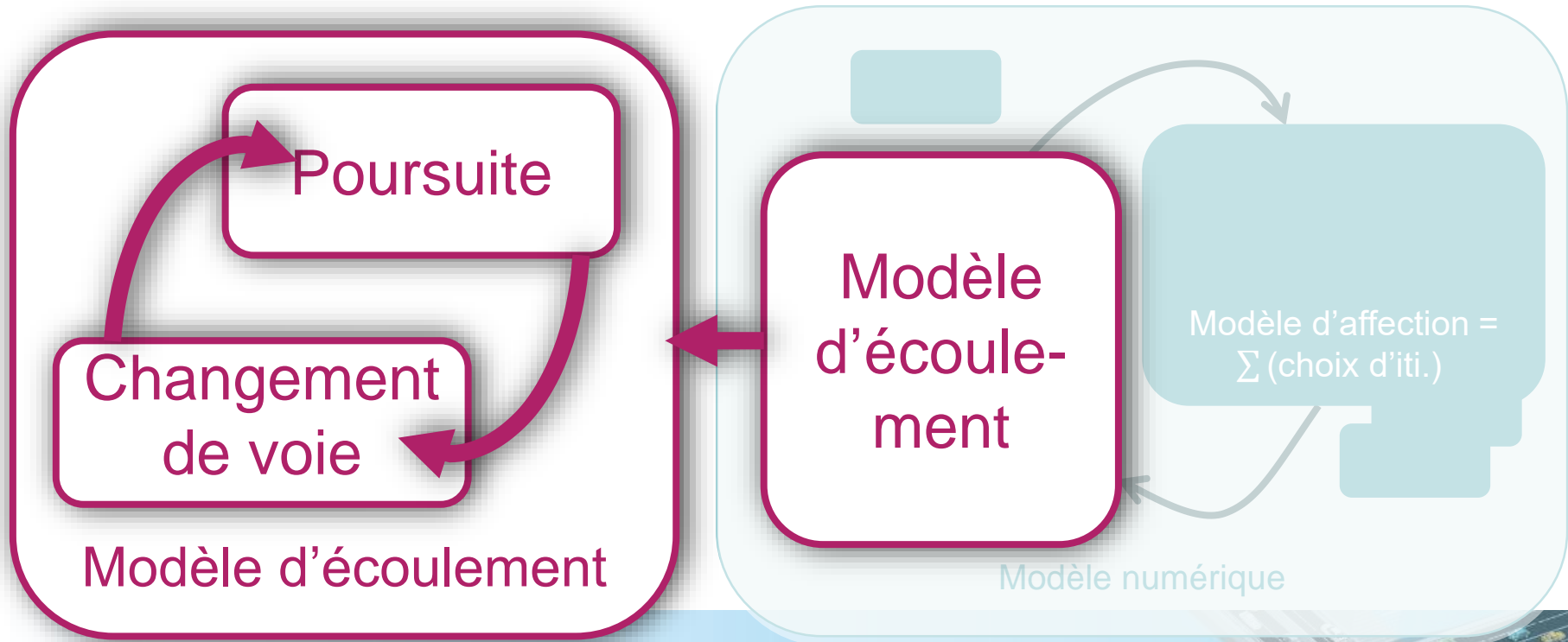


Modèle d'écoulement : interaction de deux modèles principaux

A quoi ça sert ?

Comment c'est fait ?

Comment s'en servir ?



SimuDay' 19

UNE DYNAMIQUE POUR VOTRE MOBILITE !



Comment s'en servir ?

A quoi ça sert ?

Comment c'est fait ?

Comment s'en servir ?

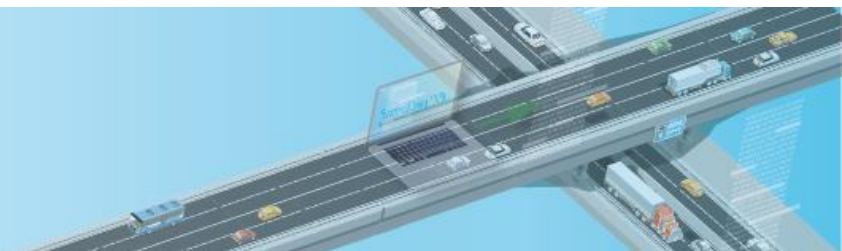
Méthode recommandée par la FHWA⁽¹⁾ : Appliquer un programme en 13 étapes

- 4 étapes de définition de l'étude
- 6 étapes de validation de l'application de simulation
- 3 étapes de réalisation de la simulation et d'utilisation des résultats

(1) : Federal Highway Administration, USA

SimuDay' 19

UNE DYNAMIQUE POUR VOTRE MOBILITE !



Quatre étapes de définition de l'étude

A quoi ça sert ?

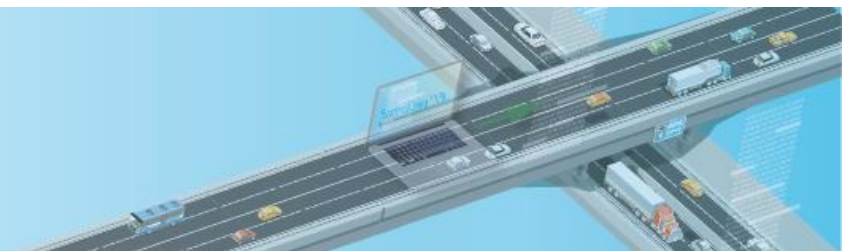
Comment c'est fait ?

Comment s'en servir ?

1. Se demander (plusieurs fois)
« Suis-je réellement obligé.e d'utiliser la simulation ? »
2. Définir les questions posées et les questions à ignorer
 - ▶ Définition des indicateurs adaptés
3. Choisir le logiciel qui sera utilisé
 - ▶ Un outil simple est toujours plus efficace
 - ▶ Un outil déjà connu est toujours plus efficace
 - ▶ L'outil doit être capable de reproduire les phénomènes qui impactent la réponse
 - ▶ Attention à la cohérence de la question avec les hypothèses simplificatrices
4. Circonscrire l'étude dans le temps et dans l'espace
 - ▶ L'espace temps simulé doit contenir toute la congestion
 - ▶ Définir l'intégralité des alternatives à simuler

SimuDay' 19

UNE DYNAMIQUE POUR VOTRE MOBILITE !



Six étapes de validation de la méthode

A quoi ça sert ?

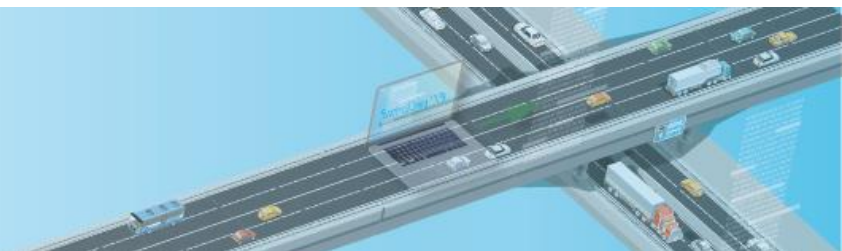
Comment c'est fait ?

Comment s'en servir ?

5. Recueillir les données d'entrée nécessaires
6. Coder le réseau
7. Vérifier les sorties du logiciel pour repérer les erreurs de codage
8. Calibrer les paramètres du modèle sur la situation actuelle en utilisant la moitié des données disponibles
9. Valider la simulation sur la seconde partie des données de la situation actuelle
10. Définir finement les alternatives à la situation actuelle (codage du réseau et définition de la nouvelle demande)

SimuDay' 19

UNE DYNAMIQUE POUR VOTRE MOBILITE !



Trois étapes de simulation au sens strict

A quoi ça sert ?

Comment c'est fait ?

Comment s'en servir ?

11. Simuler les alternatives

12. Analyser les résultats avec les indicateurs de qualité
choisis :

Existe-t-il une ~~bonne~~—moins mauvaise alternative ?

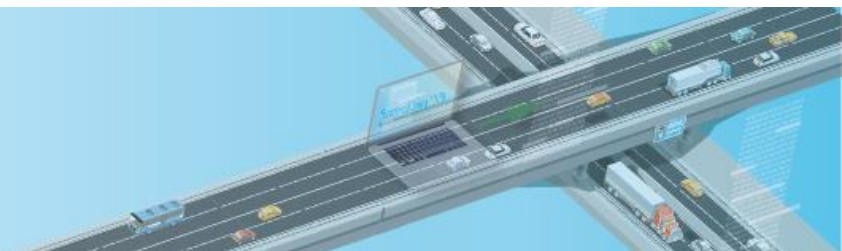
Si oui, laquelle ?

- Analyse généralement multicritère

13. Ecrire le rapport final

SimuDay' 19

UNE DYNAMIQUE POUR VOTRE MOBILITE !



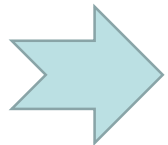
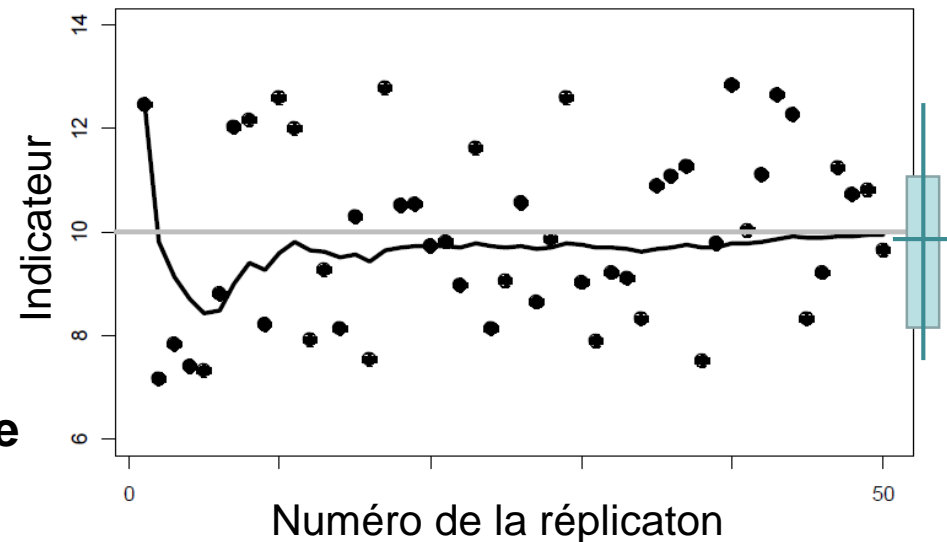
Il faut particulièrement être attentif

A quoi ça sert ?

Comment c'est fait ?

Comment s'en servir ?

- A la **définition précise de la question** : périmètre, indicateurs à utiliser, ...
- **Au calage** : un modèle que l'on utilise avec les paramètres par défaut risque d'être ... pris en défaut !
- Aux **données d'entrée** : indispensables, il faut prévoir du temps et de l'argent pour les collecter
- A la détermination de la **demande** actuelle, comme future !
- Aux **réplications** : en faire plus que 3 et présenter la distribution des indicateurs



A retenir : pour bien faire de la simulation,
il faut parfois ne pas en faire !

Conclusion

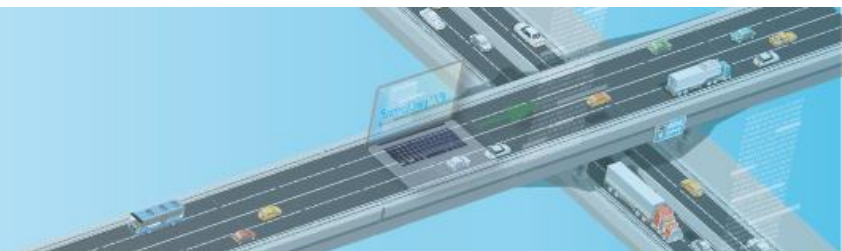
- La simulation permet de comparer des alternatives en fonction de plusieurs indicateurs : temps perdus, pollution, ...
- Elle nécessite de nombreuses données d'entrée :
 - Description du réseau (facile)
 - Définition de la demande et de sa dynamique (plus difficile)
- Son utilisation doit être faite prudemment et avec recul.



La trahison des images, R. Magritte, 1924

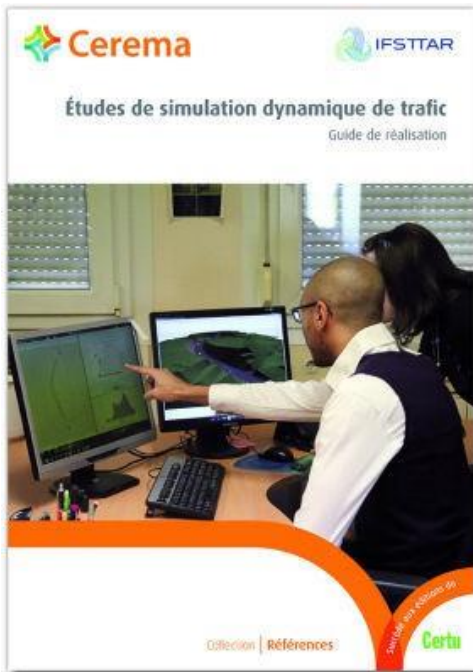
SimuDay' 19

UNE DYNAMIQUE POUR VOTRE MOBILITE !



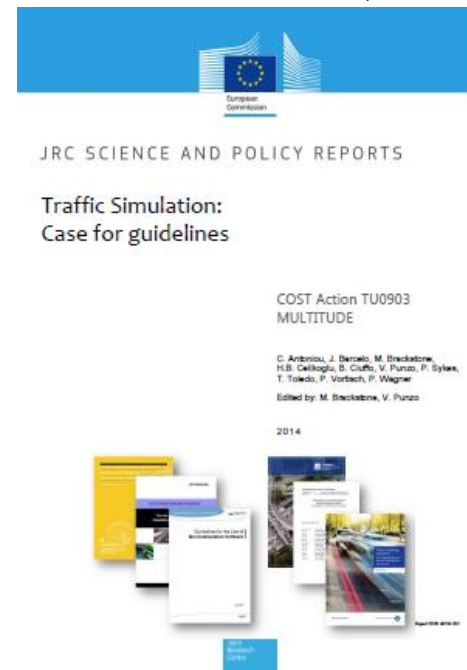
N'hésitez pas à utiliser

Etudes de simulation de trafic : guide de réalisation, CEREMA, 2015



<http://www.certu-catalogue.fr/etudes-de-simulation-dynamique-de-traffic-guide-de-realisation.html>

Traffic simulation: case for guidelines, Ed. Brackstone, Punzo. 2014



<https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/eur-scientific-and-technical-research-reports/traffic-simulation-case-guidelines>

SimuDay' 19

UNE DYNAMIQUE POUR VOTRE MOBILITE !

