

La simulation dynamique du trafic

Utilisation et pratiques de la simulation dynamique de trafic

Département Mobilités
Olivier Richard

Olivier Richard ?

Ingénieur des travaux publics de l'état (ENTPE) spécialité transport

Docteur en mathématiques appliquées de l'université de Grenoble

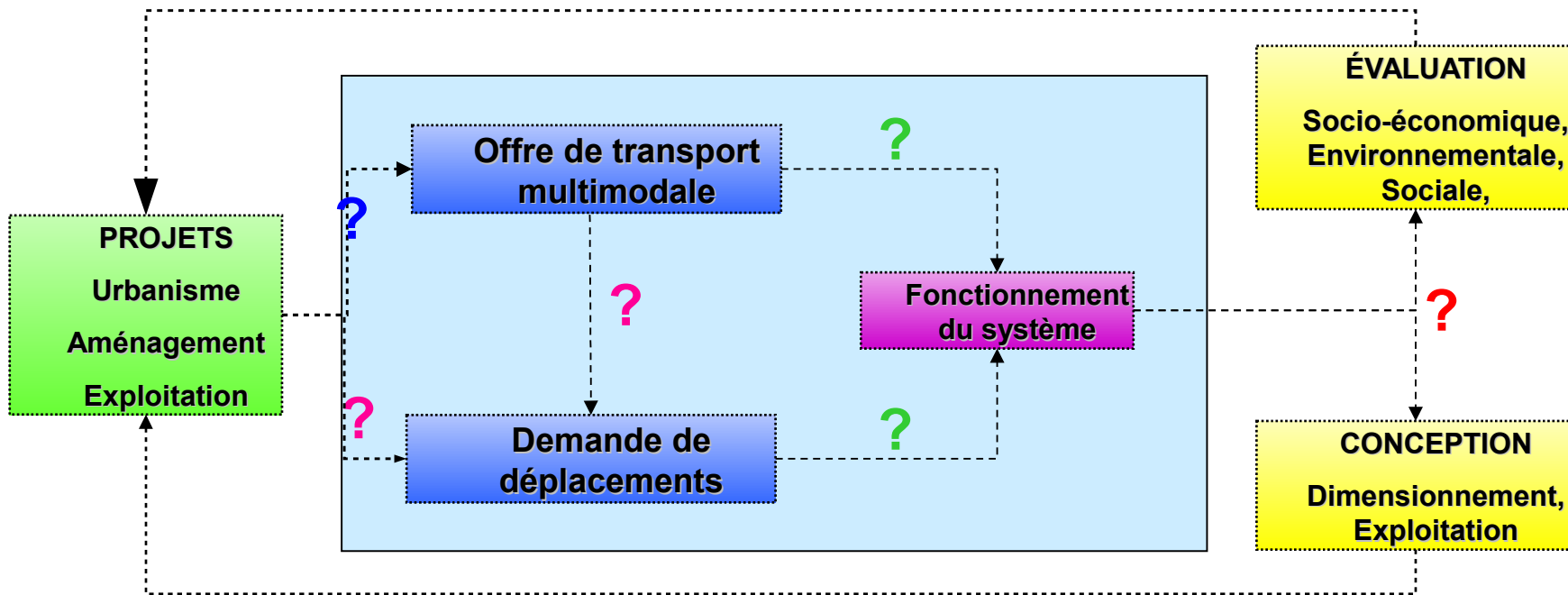
- Chef de l'unité en charge des études de trafic et modélisation au département Mobilités de la direction territoriale Centre-Est Cerema
- Expérience en simulation dynamique :
 - Réalisation de nombreuses études opérationnelles
 - Animateur du groupe de travail national
 - Intervenant en formation initiale (ENTPE, Lyon 3) et en formation continue (Ponts Formation Conseil)
 - Rédacteur et coordinateur du « manuel des bonnes pratiques en simulation dynamique »

Organisation de la présentation

- Le contexte général de la simulation dynamique
 - Le contexte
 - Les principes généraux
- Principes de la simulation dynamique
 - Quelques éléments de théorie
 - Applications
- Autres approches spécifiques et domaines de pertinence

Principe global des études de déplacements

Modification d'un élément modifiant l'offre et/ou la demande



? Quel impact des projets sur l'offre de transport multimodale ?

? Quel impact des projets sur la demande de déplacements ?

? Quel impact sur le fonctionnement du système ?

? Évaluation / conception du projet

Bouclage sur la définition du projet

Modélisation ?

Représentation simplifiée d'une réalité généralement mise en œuvre par un logiciel informatique



**Données actuelles
(sélection restreinte)**

Données futures

Paramètres

Modèle

Calage

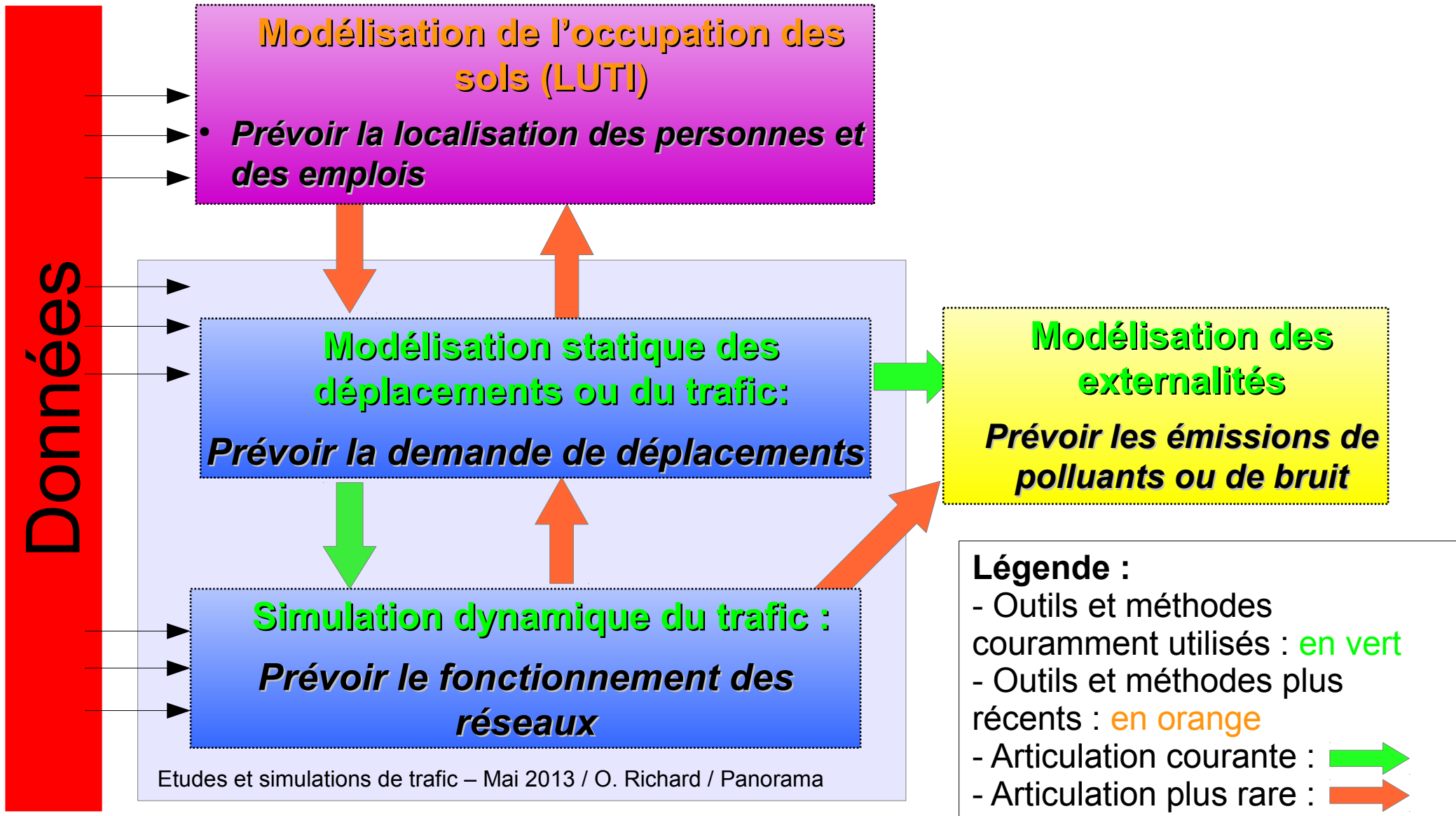
**Reconstitution
situation actuelle**

**Prévisions
situations futures**

Les méthodes et outils des études de trafic

- La prévision de la demande
 - Modèles monomodaux ou multimodaux des déplacements
 - Modèles monomodaux ou multimodaux de trafic
 - Méthodes manuelles d'estimation de la demande (ratios)
- La prévision du fonctionnement
 - Simulation microscopique du trafic**
 - Simulation mésoscopique / macroscopique du trafic
 - Débits cumulés
 - Calculs statiques de capacité de feu
 - Calculs statiques de giratoire : girabase
 - Calculs statiques d'entrecroisements

Articulation des principaux modèles dans le domaine des déplacements



La simulation dynamique du trafic



« outil informatique permettant de modéliser dynamiquement l'écoulement du trafic multimodal sur un réseau »

Les principales composantes :

Écoulement du trafic sur une section

Gestion des conflits / insertion

Changement de files (modèles microscopiques)



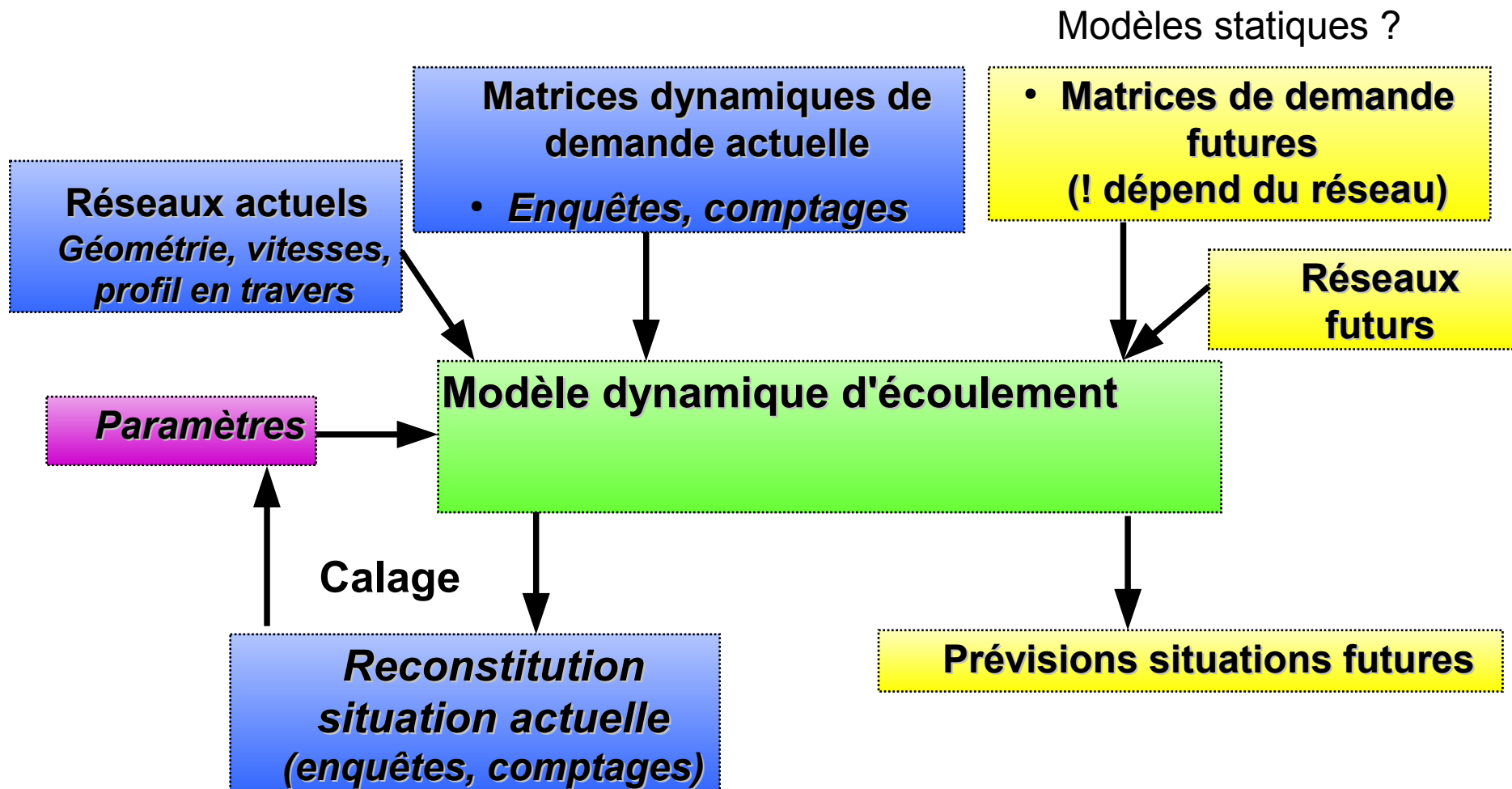
Trois niveaux de modélisation

- Macroscopique : le trafic est représenté comme un flux à partir de variables globales (débit, vitesse, concentration)

Microscopique : le trafic est représenté véhicule par véhicule

Mésoscopique : le trafic est représenté de manière intermédiaire (par paquets de véhicules par exemple)

La simulation dynamique du trafic



La prévision de la demande pour la simulation dynamique : méthodes

- Utilisation de la demande actuelle mesurée sur le terrain
 - Projet testé de faible envergure, à un horizon de temps rapproché
- Evolution de la demande par taux de croissance
 - On fait évoluer la matrice avec des taux de croissance parfois différenciés par OD et par type de véhicules. Les taux de croissance peuvent être déterminés à partir de l'historique des trafics sur la zone
- Modification manuelle de la demande
 - On modifie manuellement la matrice pour prendre en compte les conséquences du projet : création d'un pôle générateur de trafic par exemple ou modification du plan de circulation
- Calcul de la demande par un modèle de trafic (affectation)
 - Permet de prendre en compte les phénomènes de modification des itinéraires
- Calcul de la demande par un modèle de déplacements
 - La plus complète en théorie mais attention à la précision du modèle sur la zone étudiée

Le cœur du modèle : écoulement sur une section (1)

➤ Modèles microscopiques :

chaque véhicule est modélisé individuellement via son accélération à partir de lois de poursuite (accélération dépend de l'accélération du véhicule précédent et des caractéristiques de l'infrastructure)

$$\begin{aligned} a_n(t) &= C_1 \Delta v(t - T) + C_2 \{ \Delta x(t - T) - D_n(t) \} \\ D_n(t) &= \alpha + \beta v(t - T) + \gamma a_n(t - T) \end{aligned} \quad (3)$$

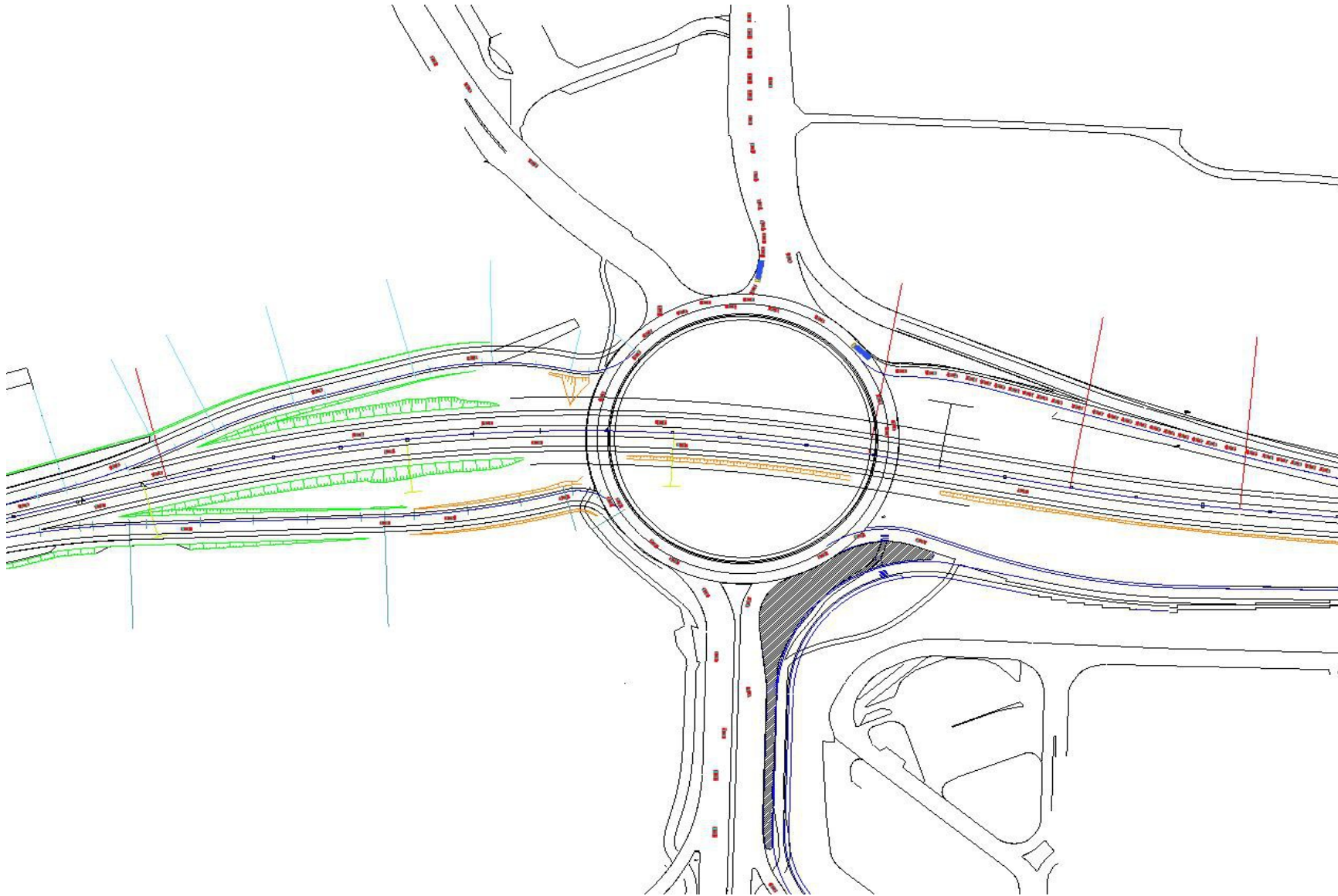
Exemple de loi de poursuite (qui ne prend en compte que le véhicule précédent) : l'accélération d'un véhicule dépend de l'évolution de la différence de distance et de vitesse avec le véhicule précédent

A noter le nombre important de paramètres

where

$a_n(t)$	is the acceleration of vehicle n implemented at time t ;
$D_n(t)$	is a desired following distance at time t ;
v	is the speed of n th vehicle;
Δx	is the relative distance between vehicle n and $n - 1$;
Δv	is the relative speed between vehicle n and $n - 1$;
T	is the driver reaction time; and
$\alpha, \beta, \gamma, C_1, \text{ and } C_2$	are calibration constants.

Exemple de visualisation: microscopique



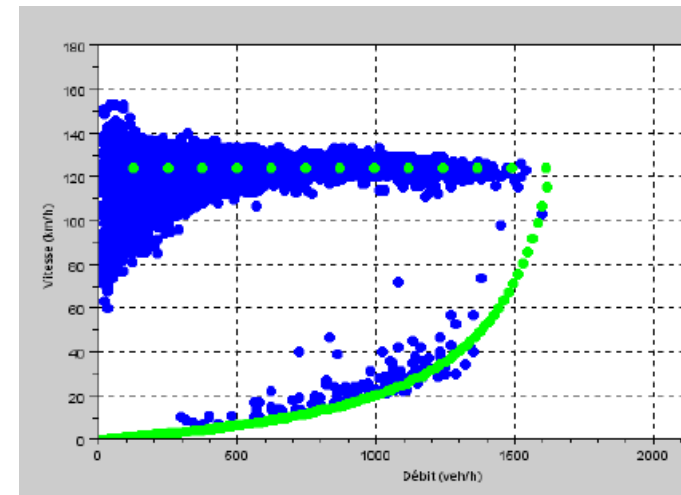
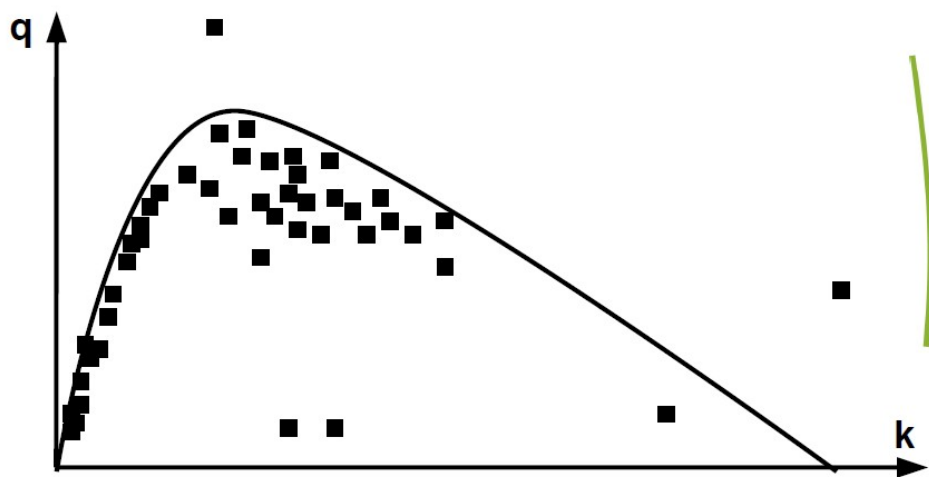
Le cœur du modèle : écoulement sur une section (2)

➤ Modèles mésoscopiques

Représentations intermédiaires de l'écoulement (par pelotons de véhicules ou par événements)

➤ Modèles macroscopiques :

On divise la route en sections homogènes auxquelles on associe des variables globales : débit, vitesse et concentration. A partir d'une loi expérimentale reliant ces variables et de lois de conservation de flux, on calcule mathématiquement les variables. Il existe plusieurs lois reliant les variables globales (diagramme fondamental)



Exemple de visualisation: mésoscopique



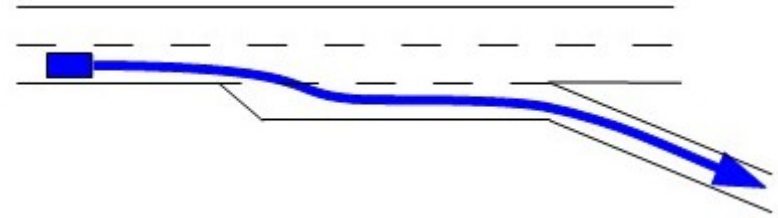
Modèles de changements de files (modèles microscopiques)

1) décision de changer

Confort (pour rouler plus vite)

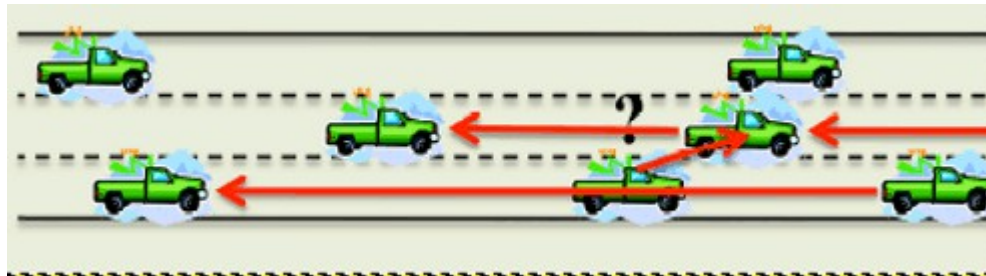


Obligatoire (pour suivre un itinéraire)



2) réalisation du changement de file

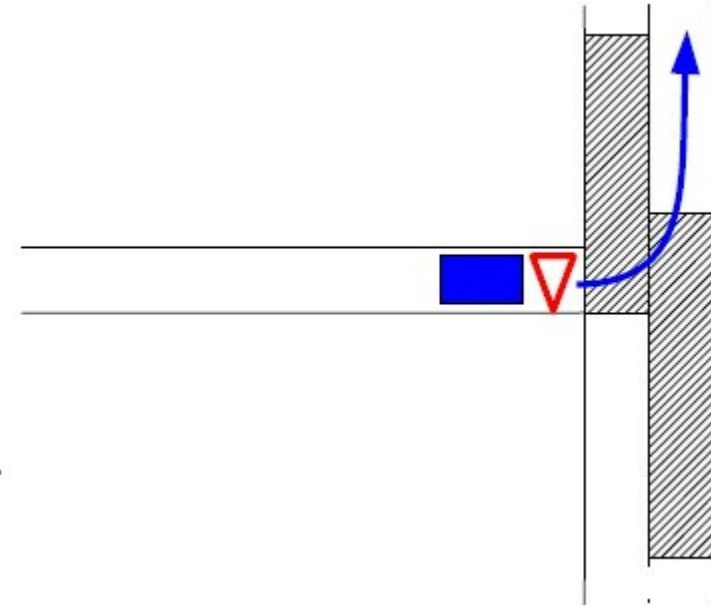
Modèles généralement basés sur la notion de créneau d'insertion (Gap acceptance).



Modèles de gestion des conflits (modèles microscopiques)

- Basés sur le principe d'acceptation de créneaux

Exemple : le véhicule s'insère si les deux zones grisées sont libres de véhicules. Il existe plusieurs modèles pour définir ces zones



TABEAU 1. Paramètre type de l'insertion sur giratoire

Catégories	Temps mini	Temps moyen	Temps maxi	Ecart type
VL	1.50	1.90	2.50	0.40
PL, TC_STD, TC_ART	2.00	2.50	3.00	0.40

Exemple de paramétrage de la loi de distribution des temps d'insertion à un giratoire (Dynasim)

A quoi sert la simulation du trafic ?

Les études classiques :

- Dimensionnement / fonctionnement des aménagements (création, modification ou suppression)
Exemples :Création d'un échangeur ou restriction de voirie pour un TCSP **vidéo**
- Évaluation des conséquences d'une modification de la demande
Exemple : fonctionnement de la Rocade Est de Lyon un soir de match au futur Grand Stade
- Régulation du trafic VP / TC
Exemple : réglage d'un carrefour à feux pour faire passer un TCSP

➡ Pour optimiser la conception du projet

➡ Pour communiquer autour du projet (visualisations 2 et 3 D)

A quoi sert la simulation du trafic ?

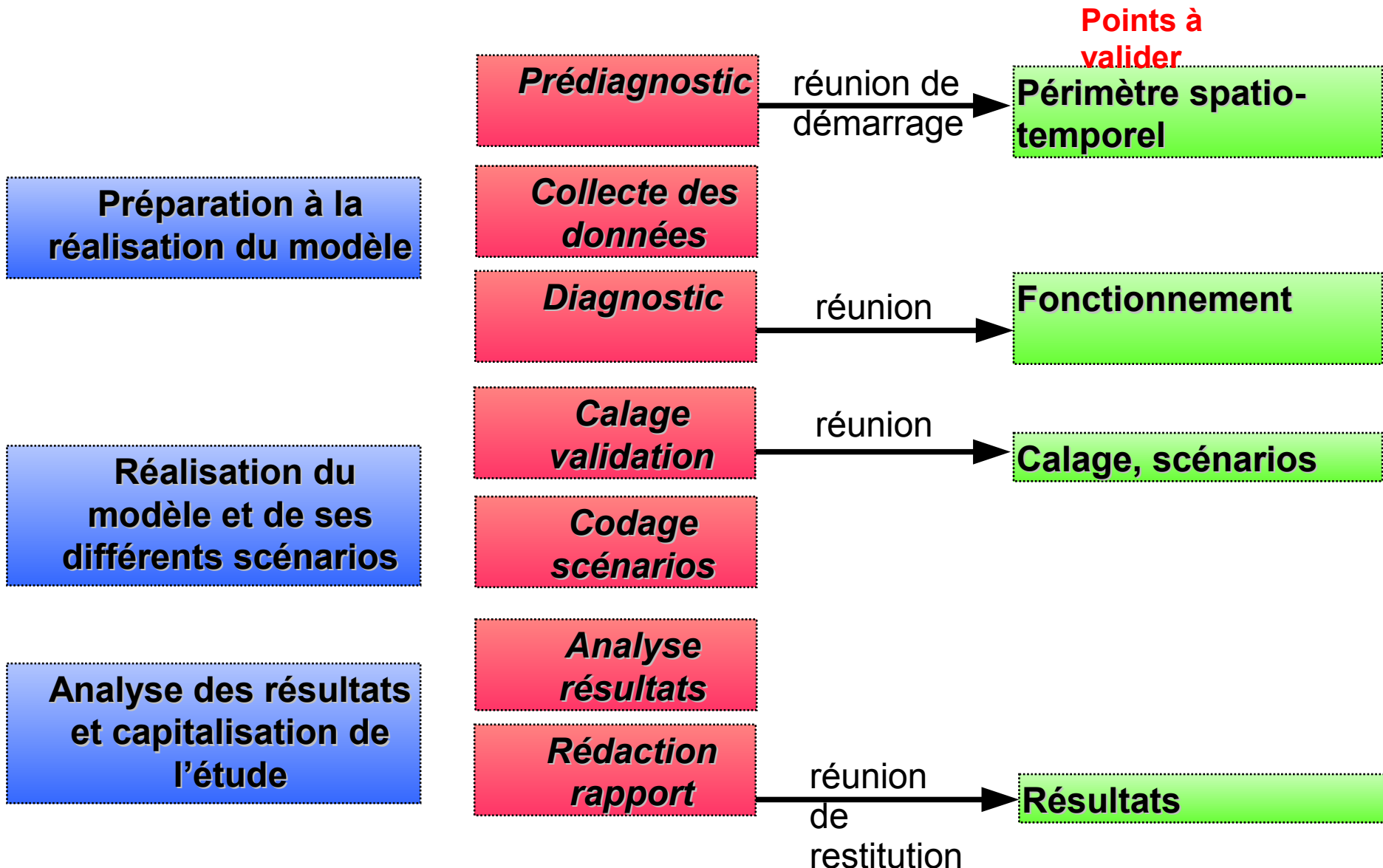
Les développements récents :

- Simulation des externalités bruit / pollution
 - Coupler le modèle de trafic avec des modèles d'émissions / propagation du bruit / polluants
- Couplage avec des modèles d'affectation
- Simulation à grande échelle
 - Évacuation d'agglomération
- Régulation dynamique
 - Régulation d'accès : illustration vidéo (étude et **vidéo** réalisées par Nicolas Ditchi et Cédric Bariou de la Dter Méditerranée)
 - Régulation de vitesse
 - Interdiction de doubler aux poids lourds



Toutes ces applications sont en phase de développement et font l'objet de recherche : elles doivent être utilisées avec des précautions méthodologiques

Déroulement idéal d'une étude de simulation dynamique



Modèles dynamiques de trafic : à retenir

- Les logiciels commerciaux de simulation dynamique du trafic sont généralement microscopiques et proposent parfois des modules de modélisation mésoscopique
- Il existe dans la littérature de nombreux modèles pour chaque composant de la simulation (loi de poursuite, changements de files, conflits, etc.) et les logiciels commerciaux n'utilisent pas tous les mêmes modèles (*voir documentation des logiciels*)
- Les logiciels microscopiques présentent tous un très grand nombre de paramètres à régler :

➡ **Importance du processus de calage / validation**

➡ **Importance des données d'entrée (demande notamment)**

Les logiciels microscopiques sont stochastiques : le déroulement de la simulation dépend du résultat d'une succession de tirages aléatoires.

➡ **Nécessité d'effectuer plusieurs simulation avec le même modèle : on utilise le terme de répliques**

Les principaux logiciels de simulation dynamique sur le marché (français...)

Logiciels disposant d'une version et d'un support en français

- **Aimsun** (www.aimsun.com) de la société TSS propose un modèle microscopique et un modèle mésoscopique ainsi qu'une extension pour la modélisation statique
- **Dynasim** (www.dynasim.f) de la société Dynalogic modèle microscopique
- **Vissim** (<http://vision-traffic.ptvgroup.com/fr/produits/ptv-vissim/>) édité par PTV éditeur du logiciel de modélisation statique Visum

Autres logiciels présents en France

- Transmodeller (<http://www.caliper.com/transmodeler/>) édité par Caliper éditeur du logiciel de modélisation statique Transcad
- Paramics (<http://www.paramics-online.com/>) de Quadstone

Avantages et limites de la simulation dynamique

- + Modélisation des interactions spatiales, temporelles et intermodales
- + Outil de communication (3D...)
- + Souplesse de la modélisation
- Sensibilité aux paramètres et aux données d'entrées
- Risque d'oubli des conditions de validité devant la visualisation
- Outil nécessitant une bonne pratique et des données spécifiques

Une étude coûte entre 5 k€ et 100 k€ selon le périmètre et le nombre de scénarios à étudier

Sur des configurations simples : des outils classiques sont très performants et plus simples d'utilisation

Sur des phénomènes spécifiques, possibilité de créer des outils ad hoc

Dimensionnement et étude de giratoires :

Girabase

- Logiciel de calcul de capacité de carrefour giratoire à partir de trafics directionnels UVP.

Outil statique basé sur des formules empiriques

Pas de prise en compte de l'interaction entre plusieurs carrefours

Pas adapté aux giratoires à feux ou à priorité à droite

- Champs d'application

Giratoires standards (taille, configuration) => Girabase

Giratoires particuliers, interaction forte avec les autres carrefours
=> simulation dynamique

- Modalités pratiques

Logiciel extrêmement simple à prendre en main

Disponible à 990 € sur le site du CERTU :

www.certu-catalogue.fr/girabase-logiciel-version-4-0-1999.html

Résultats

	Réserve de Capacité		Longueur de Stockage		Temps d'Attente	
	en uvp/h	en %	moyenne	maximale	moyen	total
LiNO Est	341	20%	2vh	7vh	4s	1,5h
RD107a Nord	62	14%	5vh	17vh	46s	5,0h
LiNo Ouest	1119	47%	0vh	2vh	0s	0,1h
RD107a Sud	-87	-12%	43vh	123vh	218s	48,7h

Calcul statique de capacité de carrefours à feux

➤ Principes

Basé sur des règles simples : la capacité est proportionnelle à la durée de vert par voie et au nombre de files, une voie écoule 1800 UVP par heure, prise en compte des mouvements gênants (TAG)

Ne permet pas de prendre en compte l'interaction entre plusieurs carrefours

➤ Champs d'application

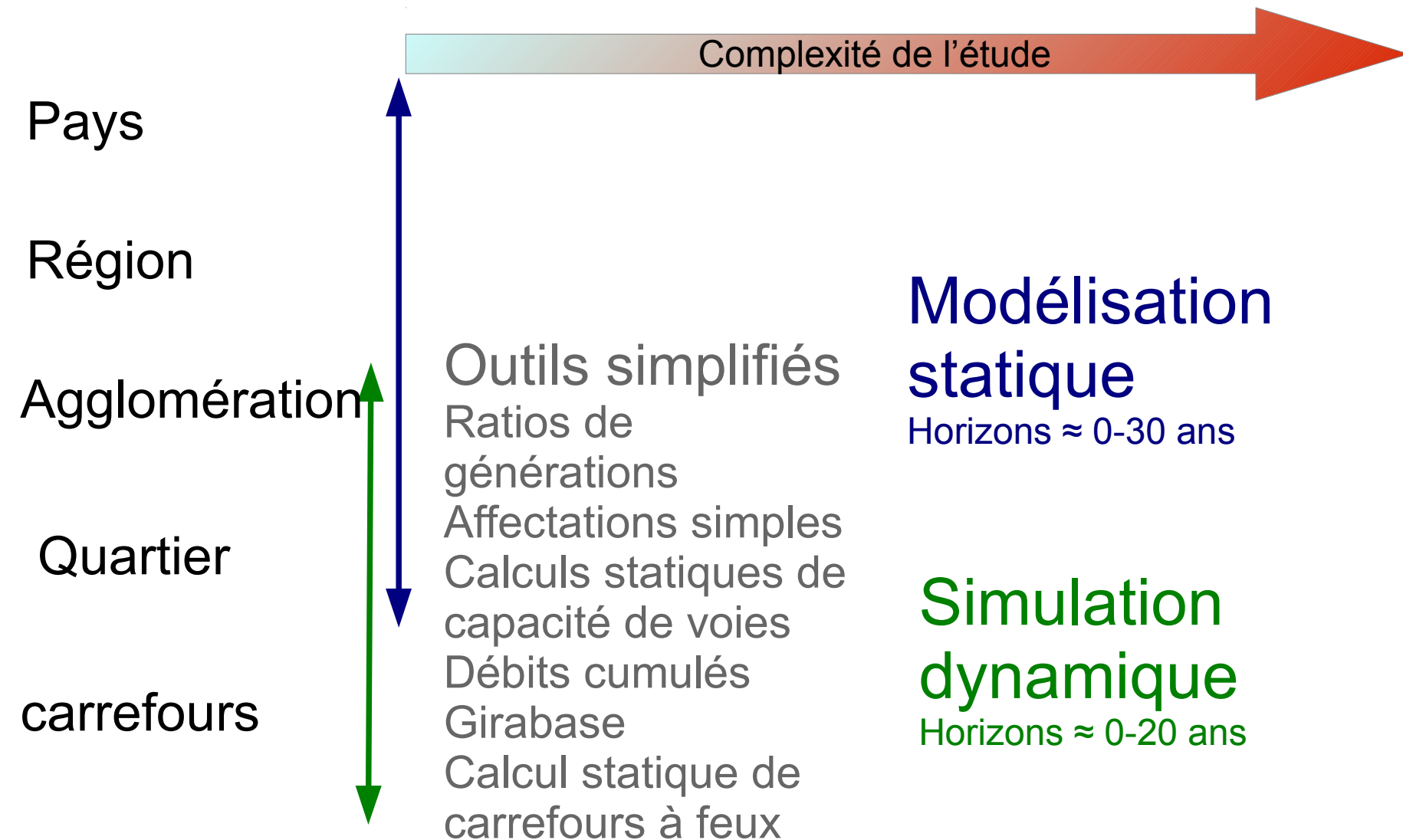
Carrefours standards (taille, configuration) => Calcul statique

Carrefours particuliers, interaction forte avec les autres carrefours, micro-régulation => simulation dynamique

➤ Références

Guide de conception des carrefours à feux, 83p. CERTU 2010
www.lescarrefoursafeux.fr

Les domaines de pertinence des méthodes et outils



Les questions indispensables

Avant l'étude : adéquation de la simulation dynamique

- Lorsque le réseau de transports est complexe
 - interaction entre plusieurs carrefours
 - interaction entre plusieurs modes de transports
 - capacité variable (ex : carrefour à feux)
- Lorsque la demande de trafic est complexe
 - différents types de véhicule (VL, PL)
 - période de pointe de trafic (montée en charge → congestion → décharge)
- Lorsque le trafic est contrôlé/régulé dynamiquement
 - contrôleur dynamique de carrefour à feux
 - régulation dynamique d'itinéraire
 - régulation d'accès

Quelques références

➤ Sur la modélisation dynamique

Comprendre le trafic routier, Méthodes et calculs, Buisson-Lesort
CERTU, 112p. 2010

www.simulationdynamique.fr

Manuel des bonnes pratiques en simulation dynamique, CEREMA,
IFSTTAR (en cours de finalisation)

journee2011.simulationdynamique.fr

➤ Autres méthodes

Guide de conception des carrefours à feux, 83p. CERTU 2010

CERTU, CETE Ouest et Méditerranée, *Recueil de données de
comptages :*

zones et établissements générateurs de trafic, Tome 1(61 p.1999)

Tome 2 (52p. 2002)

Merci de votre attention !

Olivier Richard
Olivier.richard@cerema.fr