

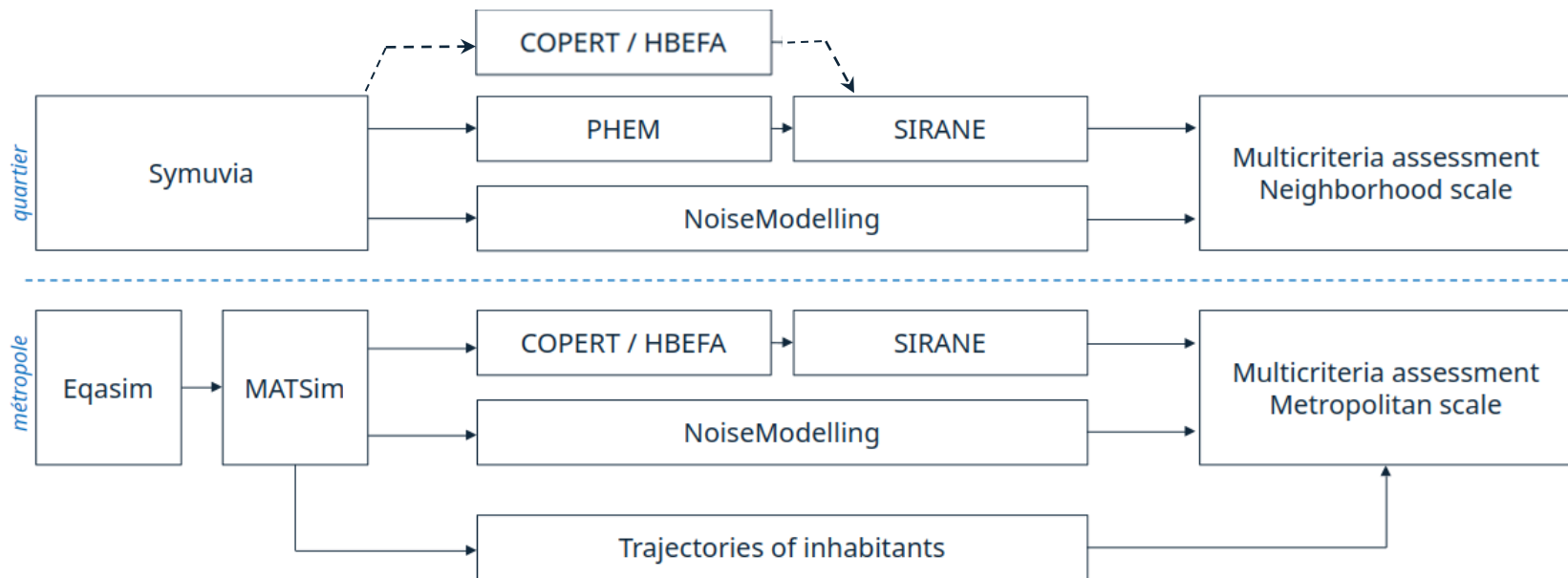
Pierre Aumond, Cécile Bécarie,
Perrine Charvolin-Volta, Pascal
Gastineau, Valentin Lebescond,
Delphine Sengelin, Lionel
Soulhac, Michele Tirico

30 Janvier 2026, Lyon
Séminaire Symexpo

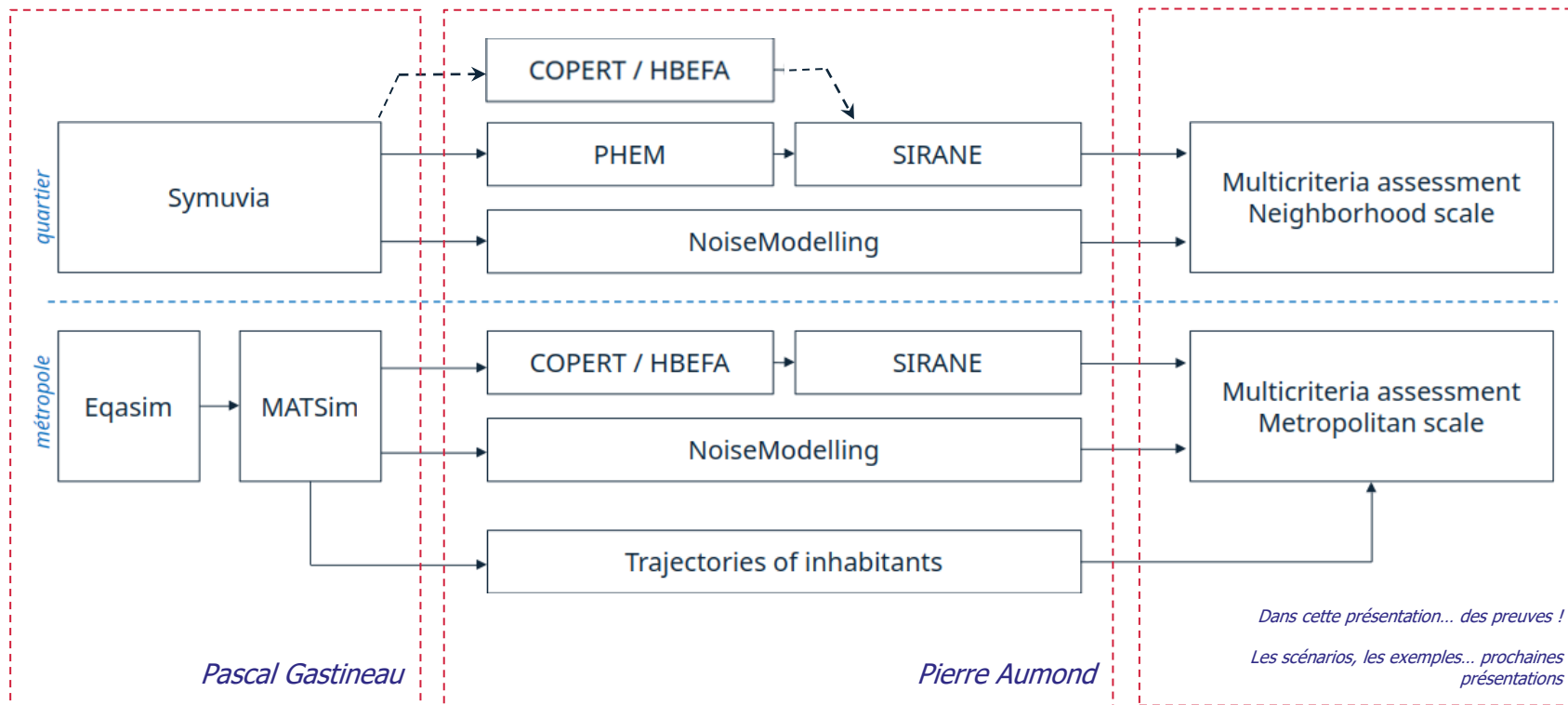


[TOUTE.S] la/les chaîne.s de modélisation SYMEXPO

La Chaîne complète



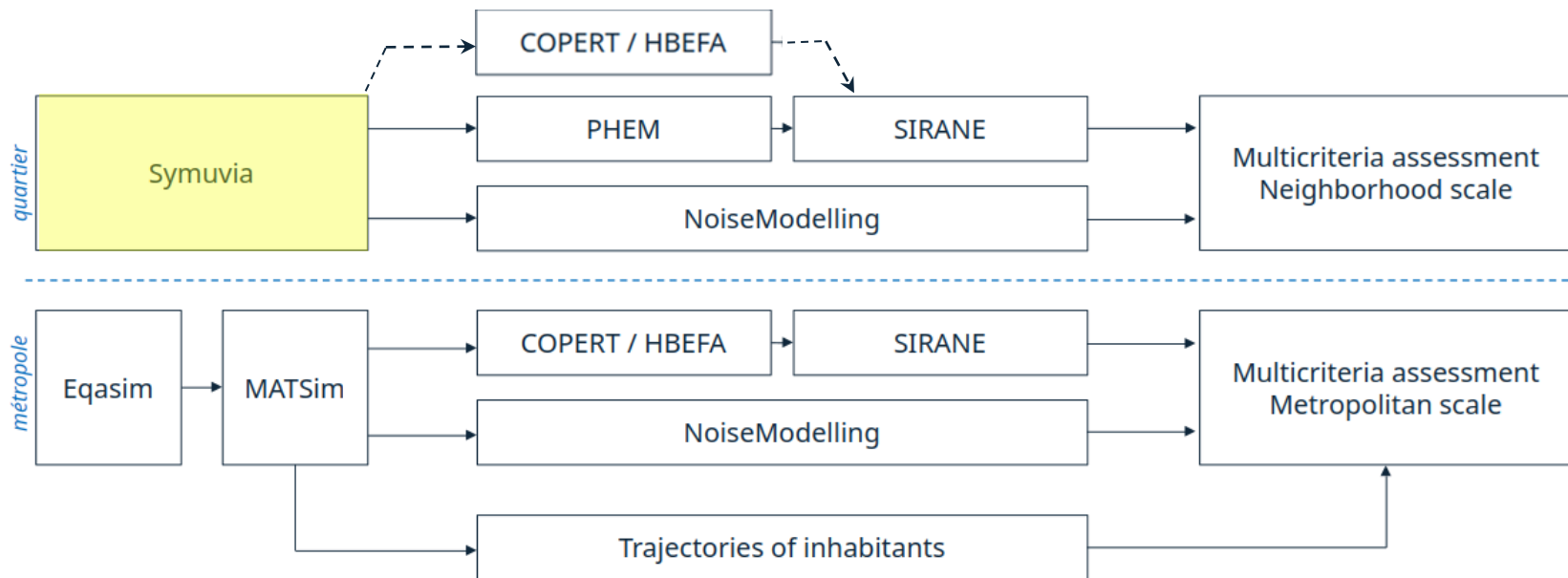
La Chaîne complète





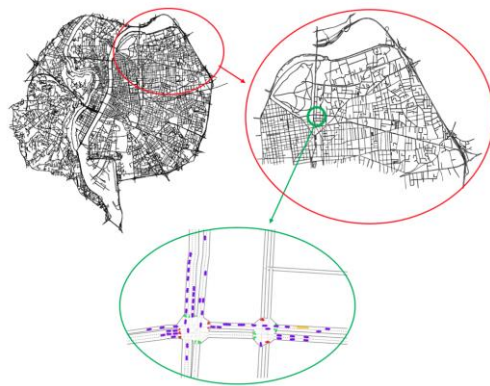
Mobilité

Symuvia

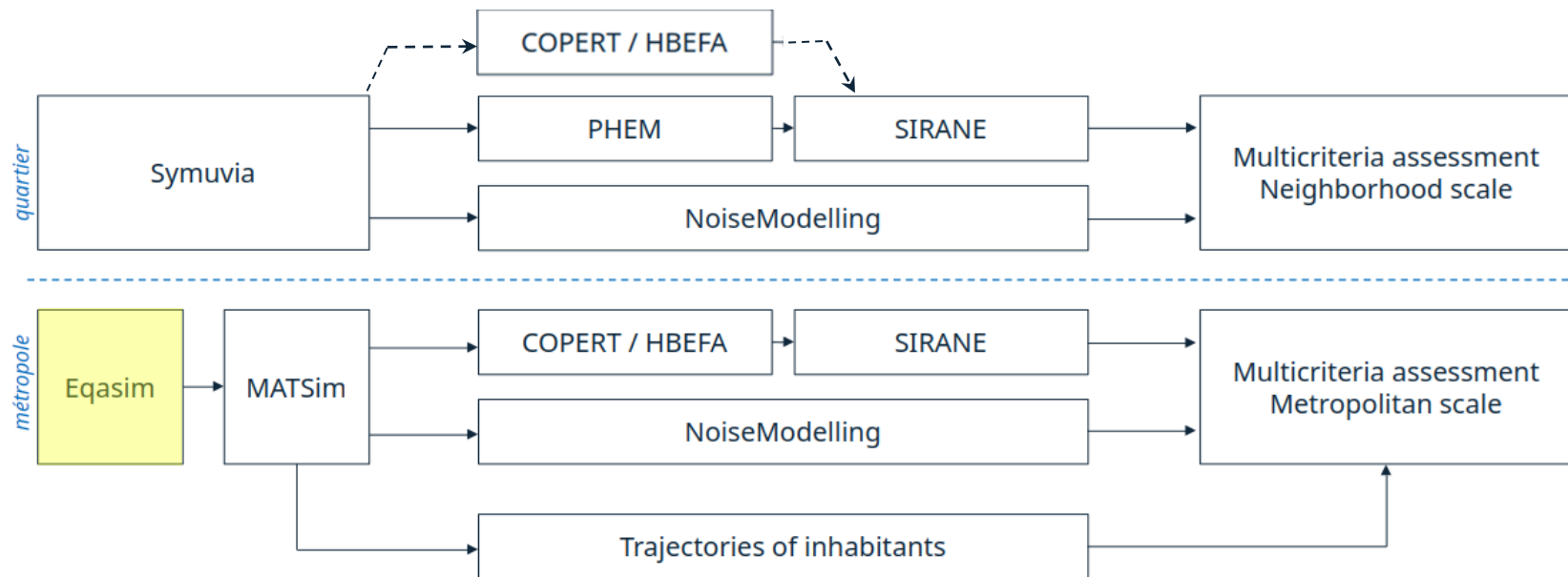


SymuVia

- Développé par  EMob-Lab
- Open-source
- Agent = conducteur
- Module d'affectation (calcul des itinéraires des véhicules)
et module d'écoulement (calcul des trajectoires des véhicules)
- Echelle du quartier (réseau L63V)
- Trafic local
- Modélisation microscopique
- Le modèle de trafic estime, pour chaque véhicule présent sur le réseau durant la simulation, sa position, sa vitesse et son accélération, avec un pas de temps de 1s.
- Permet d'étudier, notamment, les stratégies de régulation du trafic au niveau local (ex. carrefours à feux)



Eqasim



Eqasim

- **Population synthétique**

- Population artificiellement construite visant à reproduire les caractéristiques statistiques d'une population réelle.
 - Représenter la diversité d'une population réelle de façon statistiquement fidèle.
 - Tester des scénarios (transport, urbanisme, économie, etc.) sans avoir accès aux données individuelles réelles.
 - Servir de base pour des simulations multi-agents, des analyses spatiales, etc.

- **Pipeline *eqasim***

- Générateur de population synthétique développé par Sebastian Hörl (IRT System X) & Milos Balac (ETH Zurich)
- Pipeline, spécialement développée pour *eqasim* (mais utilisable par ailleurs).
 - Ménages et individus
 - Localisation des activités primaires
 - Chaînes d'activités
 - Localisation des activités secondaires



<https://github.com/eqasim-org/>
<https://eqasim.org/>

Synthetic population and travel demand for Paris and Île-de-France based
on open and publicly available data

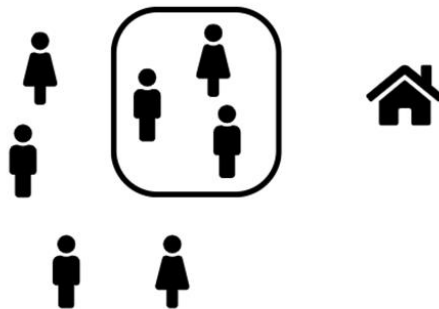
Transportation Research Part C: Emerging Technologies, Volume 130, September 2021,
Pages 103291
Sebastian Hörl, Milos Balac







Population census (RP)



> Truncate-Replicate-Sample (TRS)

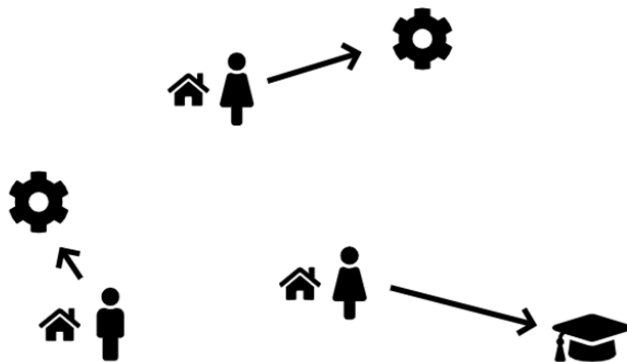
 Population census (RP)

 Income data (FiLoSoFi)



> Imputation by quantile

-  Population census (RP)
-  Income data (FiLoSoFi)
-  Commuting data (RP-MOB)



> Direct sampling from OD matrix

-  Population census (RP)
-  Income data (FiLoSoFi)
-  Commuting data (RP-MOB)
-  Household travel survey (EDGT)



> Assignment of activity chains
through **statistical matching**

-  Population census (RP)
-  Income data (FiLoSoFi)
-  Commuting data (RP-MOB)
-  EDGT
-  National HTS (ENTD)



> Assignment of activity chains
through **statistical matching**

-  Population census (RP)
-  Income data (FiLoSoFi)
-  Commuting data (RP-MOB)
-  EDGT  National HTS (ENTD)
-  Enterprise census (SIRENE)
-  Address database (BD-TOPO)



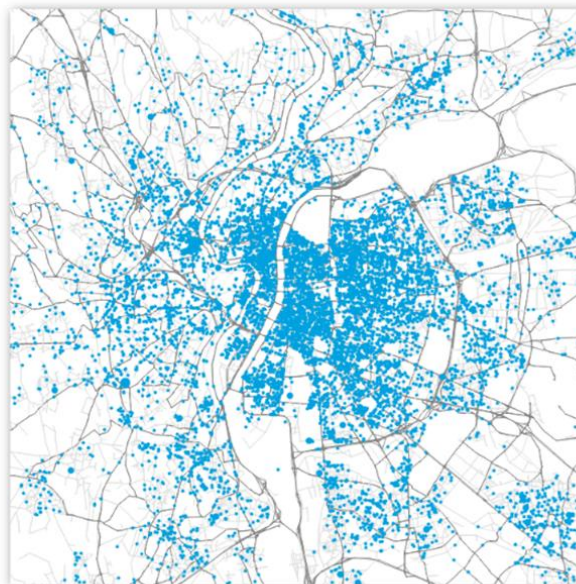
> Specifically designed approach to
find secondary locations

Hörl, S., Axhausen, K.W., 2021. Relaxation–discretization algorithm for spatially
constrained secondary location assignment. Transportmetrica A: Transport Science
1–20. <https://doi.org/10.1080/23249935.2021.1982068>

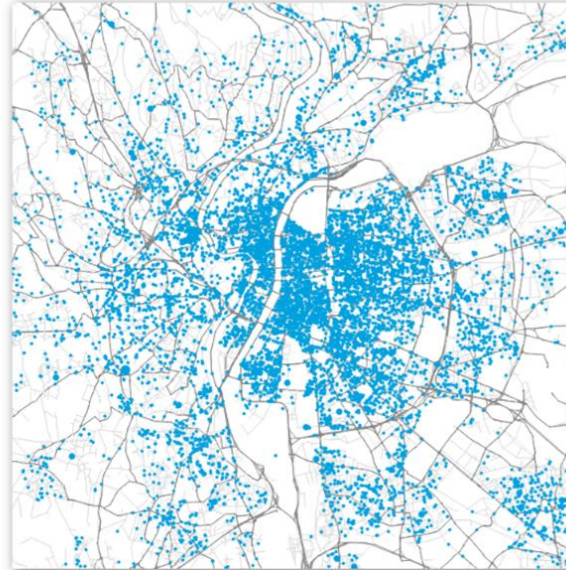
eqasim

- Population census (RP)
- Income data (FiLoSoFi)
- Commuting data (RP-MOB)
- EDGT
- National HTS (ENTD)
- Enterprise census (SIRENE)
- Address database (BD-TOPO)

Person ID	Age	Gender	Home (X,Y)
1	43	male	(65345, ...)
2	24	female	(65345, ...)
3	9	female	(65345, ...)



- Population census (RP)
- Income data (FiLoSoFi)
- Commuting data (RP-MOB)
- EDGT  National HTS (ENTD)
- Enterprise census (SIRENE)
- Address database (BD-TOPO)



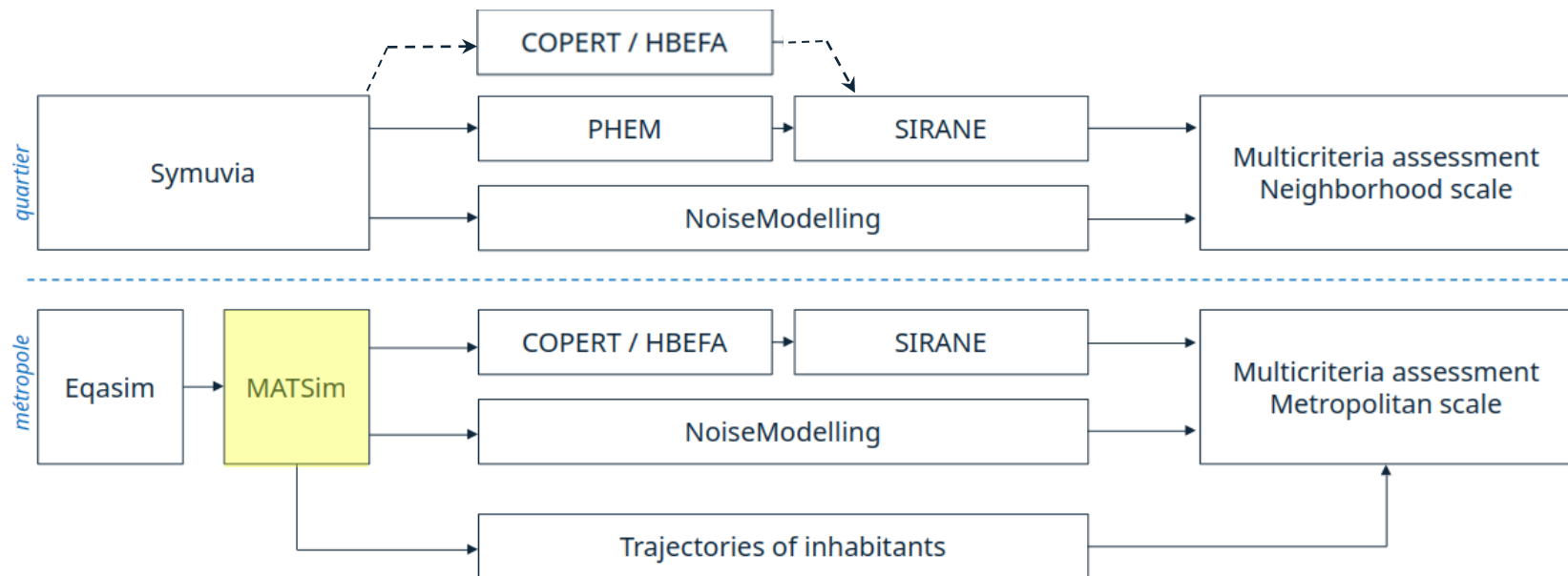
Person ID	Activity	Start	End	Loc.
523	home		08:00	(x,y)
523	work	08:55	18:12	(x,y)
523	shop	19:10	19:25	(x,y)
523	home	19:40		(x,y)

eqasim

-  Population census (RP)
-  Income data (FiLoSoFi)
-  Commuting data (RP-MOB)
-  EDGT  National HTS (ENTD)
-  Enterprise census (SIRENE)
-  Address database (BD-TOPO)
-  OpenStreetMap
-  GTFS (SYTRAL / SNCF)



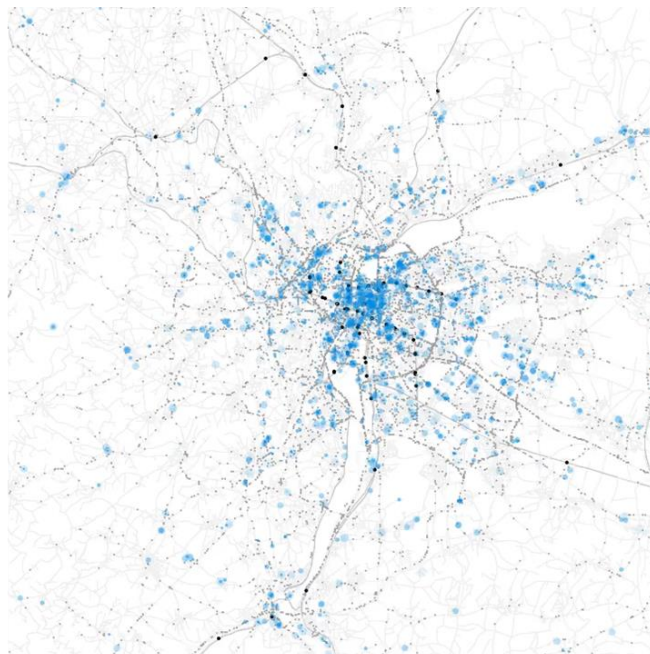
MATSim



MATSim

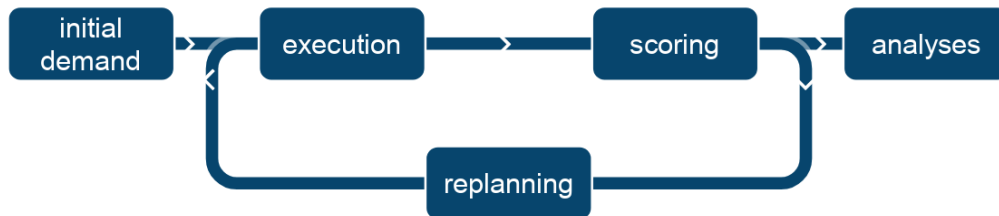
- Population census (RP)
- Income data (FiLoSoFi)
- Commuting data (RP-MOB)
- EDGT
- National HTS (ENTD)
- Enterprise census (SIRENE)
- Address database (BD-TOPO)
- OpenStreetMap
- GTFS (SYTRAL / SNCF)

MATSim
Multi-Agent Transport Simulation



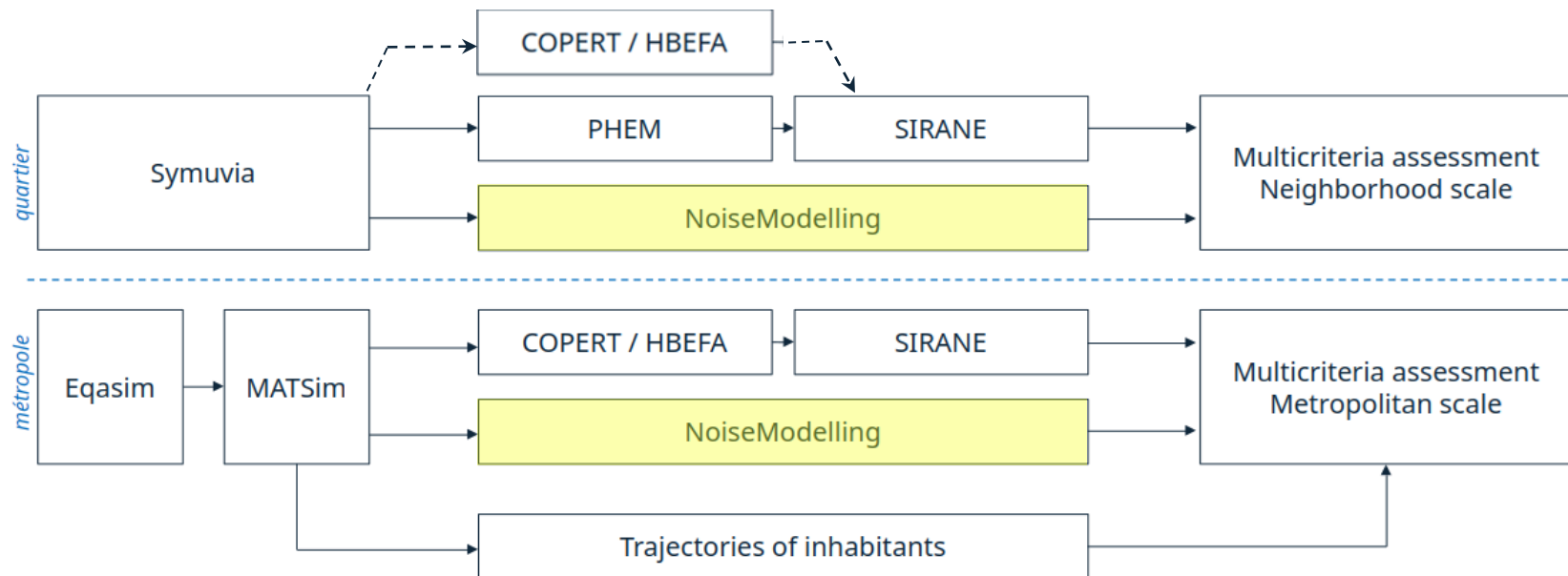
MATSim

- Développé par **ETH** zürich & 
- Simulateur *agent-based* / *activity-based* (Multi-Agent Transport Simulation)
- Open-source
- Agent = un individu avec un plan d'activités et de déplacements
- Basé sur les activités
- Echelle de la ville ou de la métropole
- Modélisation mésoscopique
- Permet d'étudier, notamment, les stratégies au niveau de la ville (ex. péage urbain)



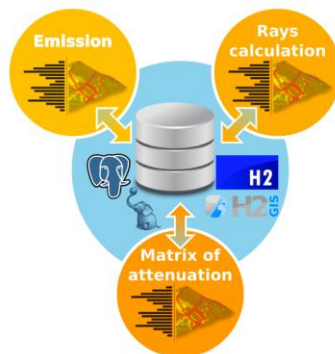
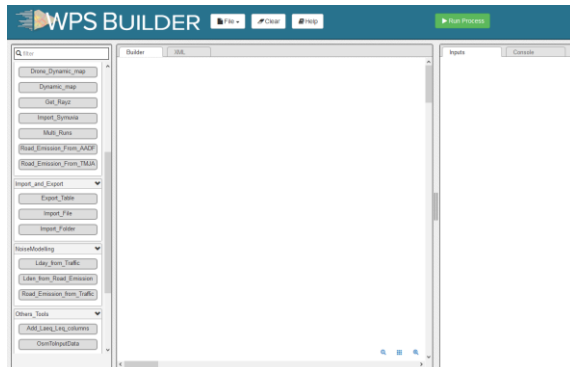
Environnement - Bruit

Eqasim



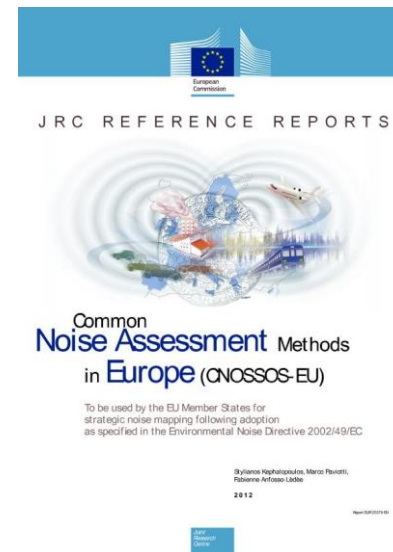
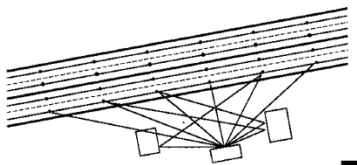
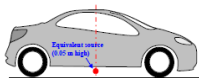
NoiseModelling

- Depuis 2010
- Mise en œuvre de la méthode CNOSSOS-EU
- Sources sonores routières, ferroviaires et industrielles
- Échelles locale à nationale
- Développé par et principalement pour la recherche
- Logiciel libre et open source : GPLv3



CNOSSOS-EU

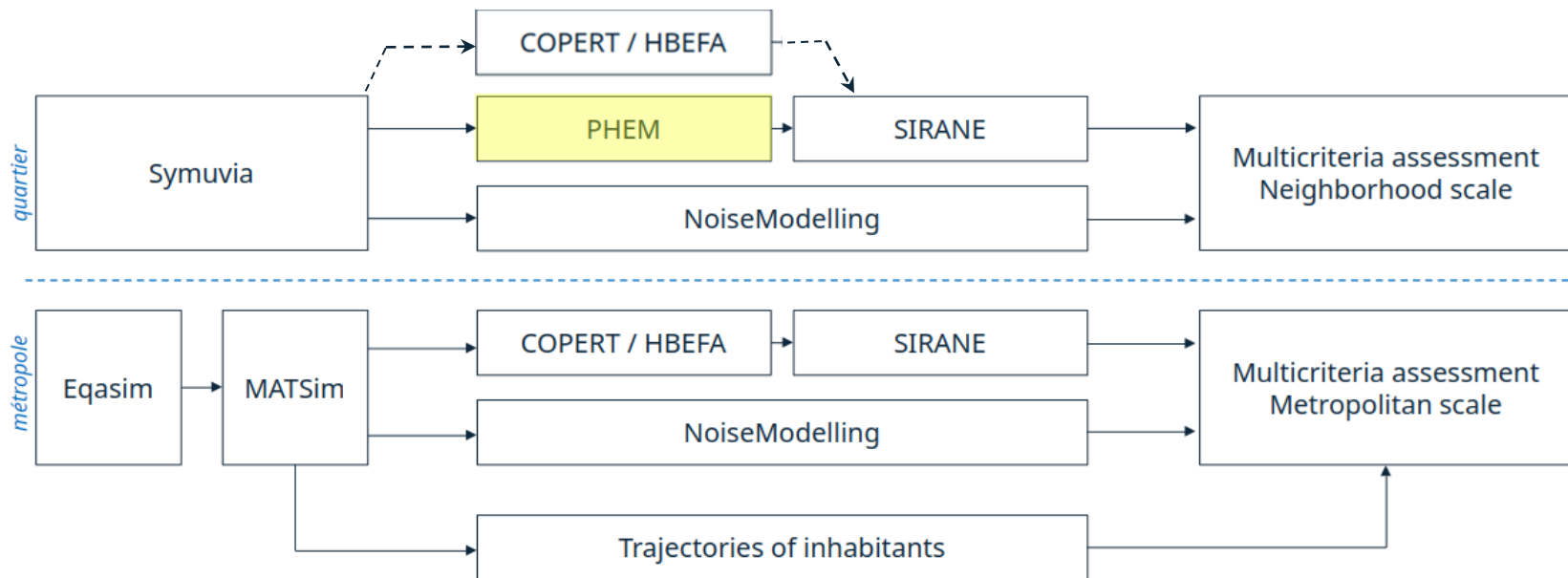
- Directive (EU) 2015
- Entrées :
 - Topographie
 - Géométrie et puissance acoustique des sources
 - Géométrie et caractéristiques acoustiques des obstacles
 - Géométrie et nature du sol
 - Occurrences des conditions météorologiques de réfraction vers le bas, pour l'ensemble ou chacune des directions de propagation considérées





Environnement - Air

PHEM



- **Principe**

- Basé sur la dynamique véhicule-moteur
- Utilise des cartographies moteur (régime, couple)
- Calcul instantané des émissions à partir de la vitesse et de l'accélération

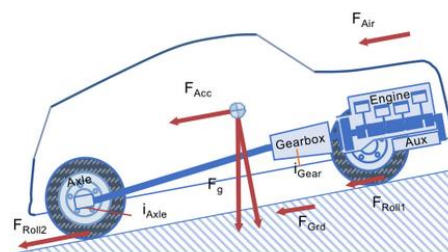
- **Polluants et énergie**

- NO_x, PM, CO, CO₂
- Consommation de carburant / énergie

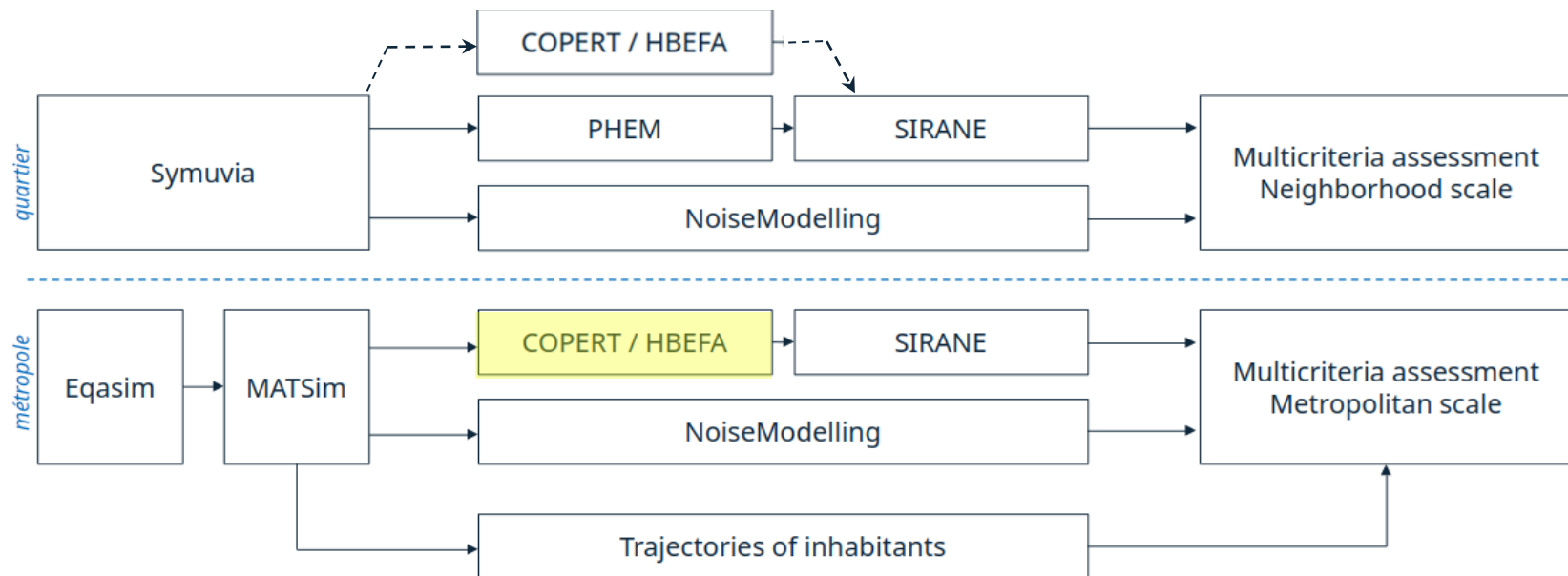
- **Atouts**

- Très précis à l'échelle fine (seconde, tronçon)
- Sensible aux conditions de conduite réelles
- Référence scientifique pour les inventaires et la modélisation trafic

VEHICLE PARAMETERS	
 Chassis	$C_d \times A$, mass, rotational inertias
 Tires	r_{dyn} , RRC
 Gearbox + axle	Loss maps i_{gears} , i_{axle}
 Engine	P_{rated} Full load curve, emission maps, Transient parameters
 Auxiliaries	Average power demand per auxiliary
 Aftertreatment	Thermal capacities Functions for conversion efficiencies



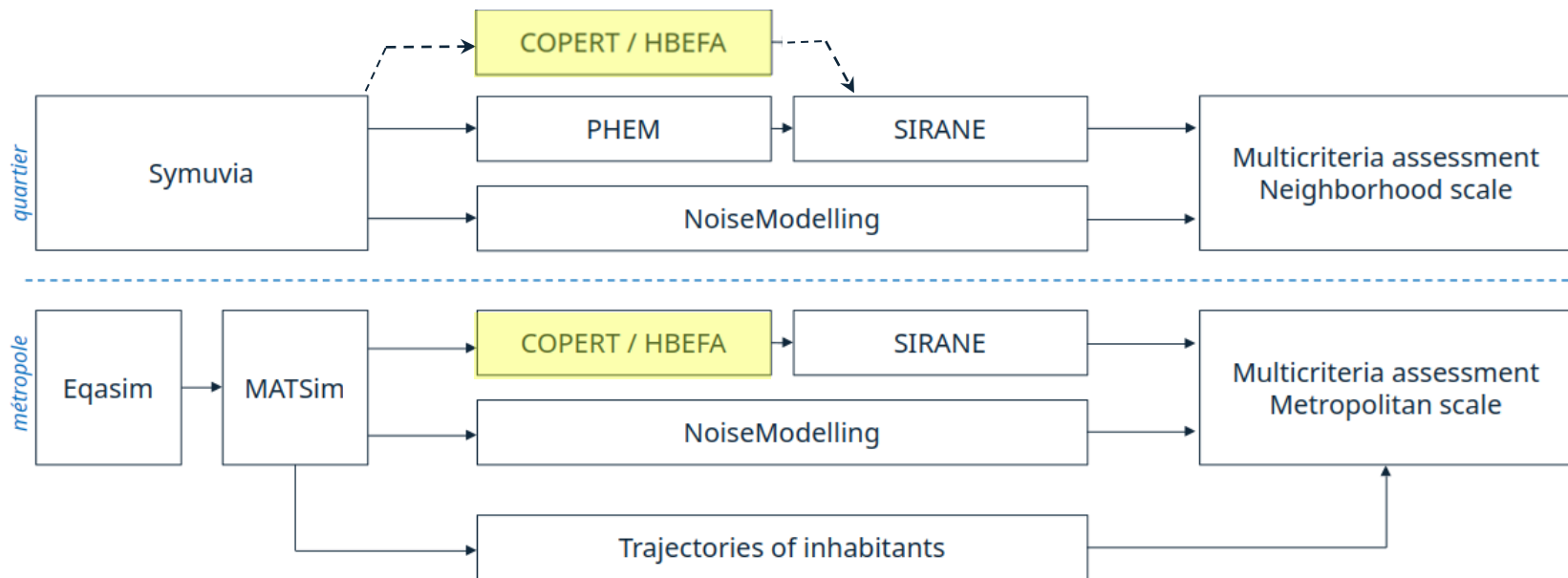
HBEFA



HBEFA

- **“The Handbook of Emission Factors for Road Transport”**
 - Base de facteurs d’émission routiers, largement utilisée en Europe.
- **Principe**
 - Facteurs d’émission par catégorie de véhicule
 - Dépendance aux situations de conduite (urbain, routier, autoroutier)
 - Basé sur mesures réelles et modèles (dont PHEM)
- **Polluants**
 - NOx, PM, CO, CO₂, consommation d’énergie
- **Usages**
 - Inventaires d’émissions
 - Évaluations environnementales et réglementaires

COPERT

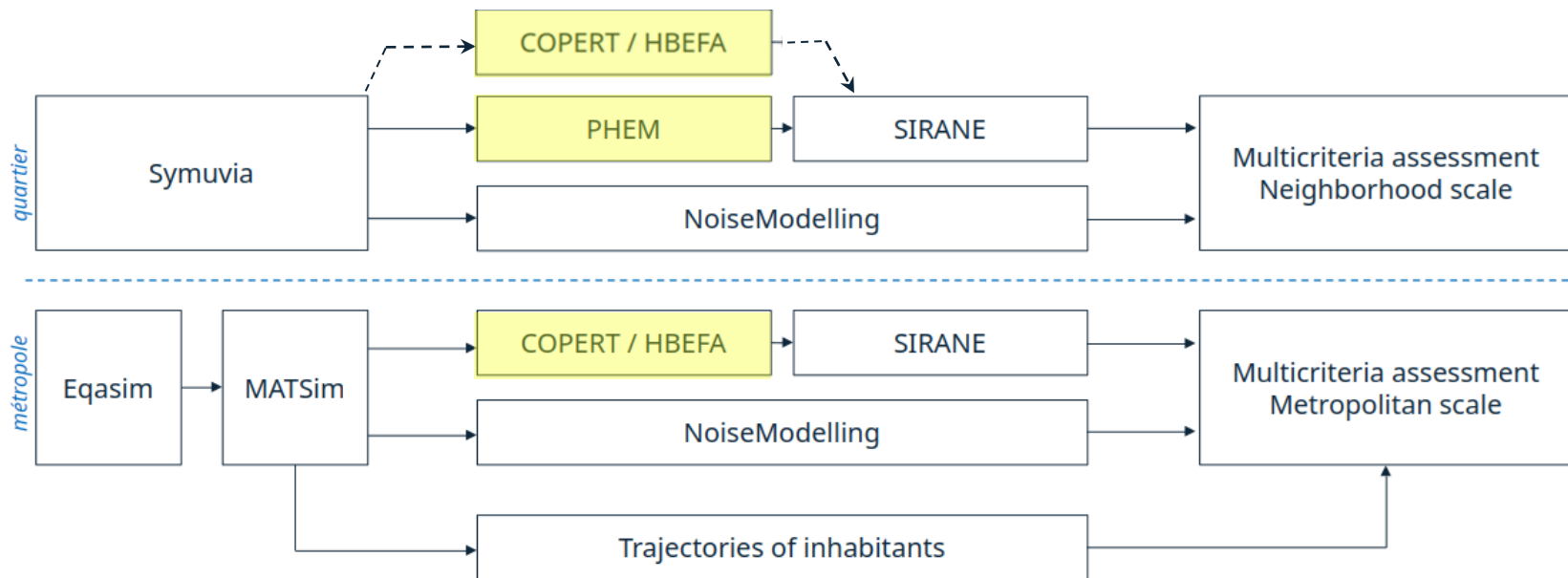


COPERT

- **“The industry standard emissions calculator”**
 - Modèle européen d’inventaire des émissions routières, développé pour l’Agence Européenne pour l’Environnement (EEA).
- **Principe**
 - Approche macroscopique par facteurs d’émission
 - Basée sur le parc de véhicules, les kilométrages et les vitesses moyennes
 - Facteurs dérivés de mesures européennes
- **Polluants**
 - NO_x, PM, CO, CO₂, CH₄, N₂O, consommation d’énergie
- **Usages**
 - Inventaires nationaux et régionaux
 - Reporting réglementaire (UE, CEE-ONU)
 - Analyses prospectives de politiques de transport



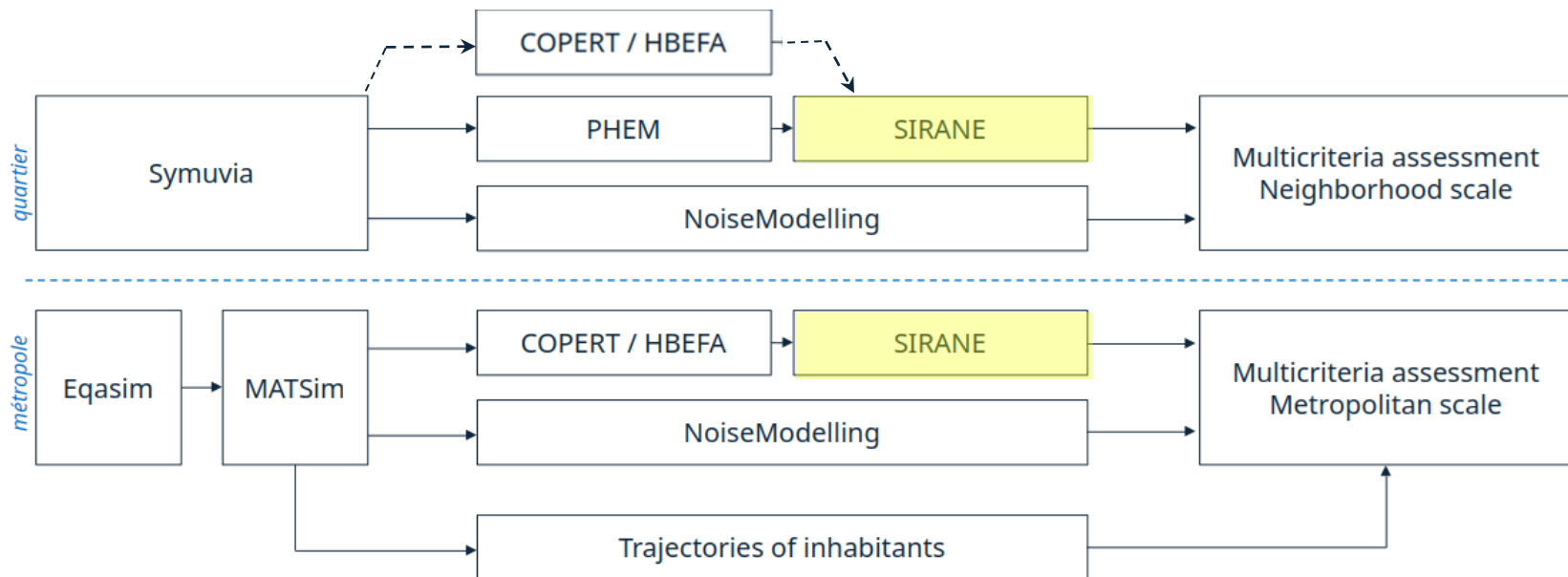
Emission (Air) - Comparaison



Emission (Air) - Comparaison

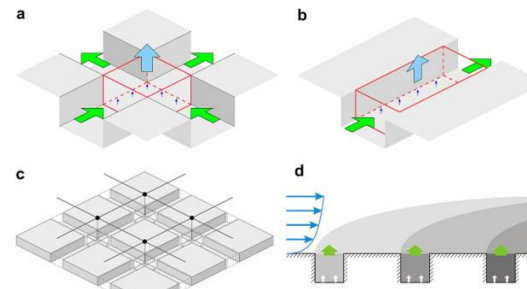
Modèle	Échelle / approche	Usage principal
PHEM	Microscopique (seconde)	Analyse fine, conditions de conduite réelles
HBEFA	Mésoscopique (situation de trafic)	Études locales, évaluation de scénarios
COPERT	Macroscopique (moyennes)	Inventaires nationaux, reporting UE

SIRANE



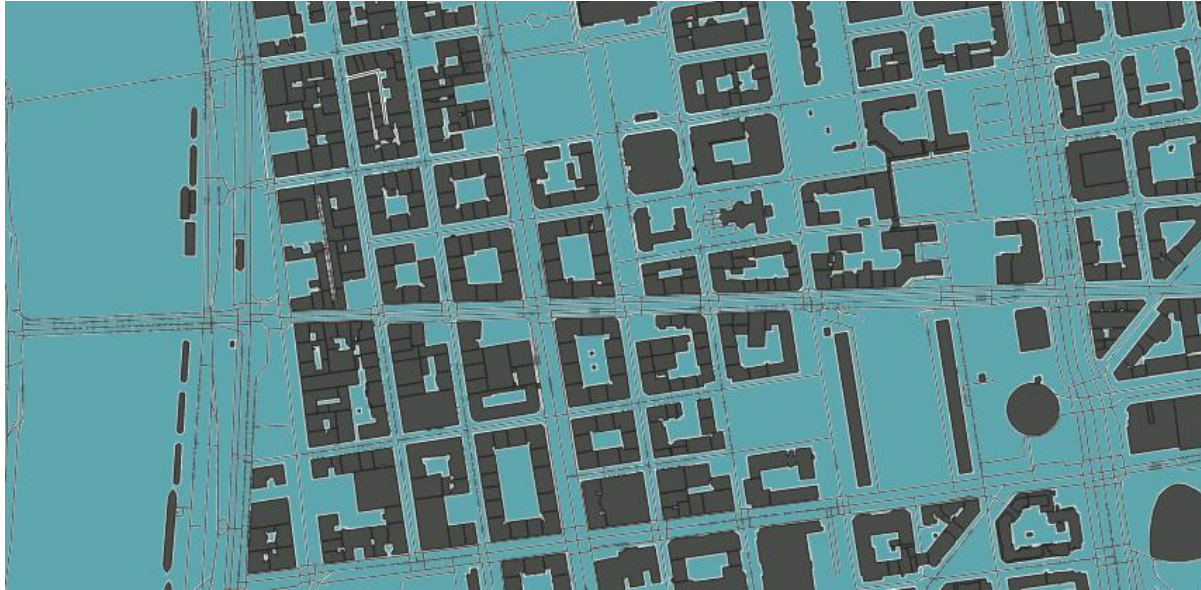
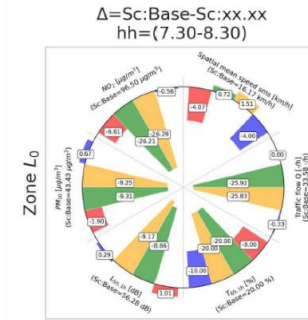
SIRANE

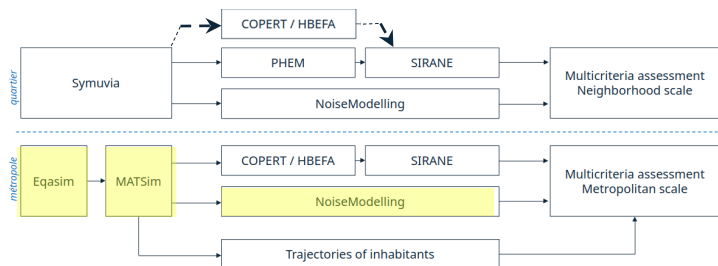
- **“Système d’Information et de modélisation pour la pollution atmosphérique en milieu urbain”**
 - Modèle de dispersion atmosphérique développé pour les polluants urbains.
 - Basé sur la météorologie locale et les sources de pollution.
- **Principe**
 - Modèle gaussien ou semi-gaussien pour calculer la diffusion des polluants.
 - Intègre vent, turbulence, obstacles urbains et trafic.
 - Permet de simuler concentrations horaires ou journalières.
- **Polluants cibles**
 - NO_x, PM, CO, SO₂, O₃...
- **Usages**
 - Évaluation de la qualité de l’air en ville
 - Études d’impact trafic et urbaines
 - Scénarios de réduction d’émissions



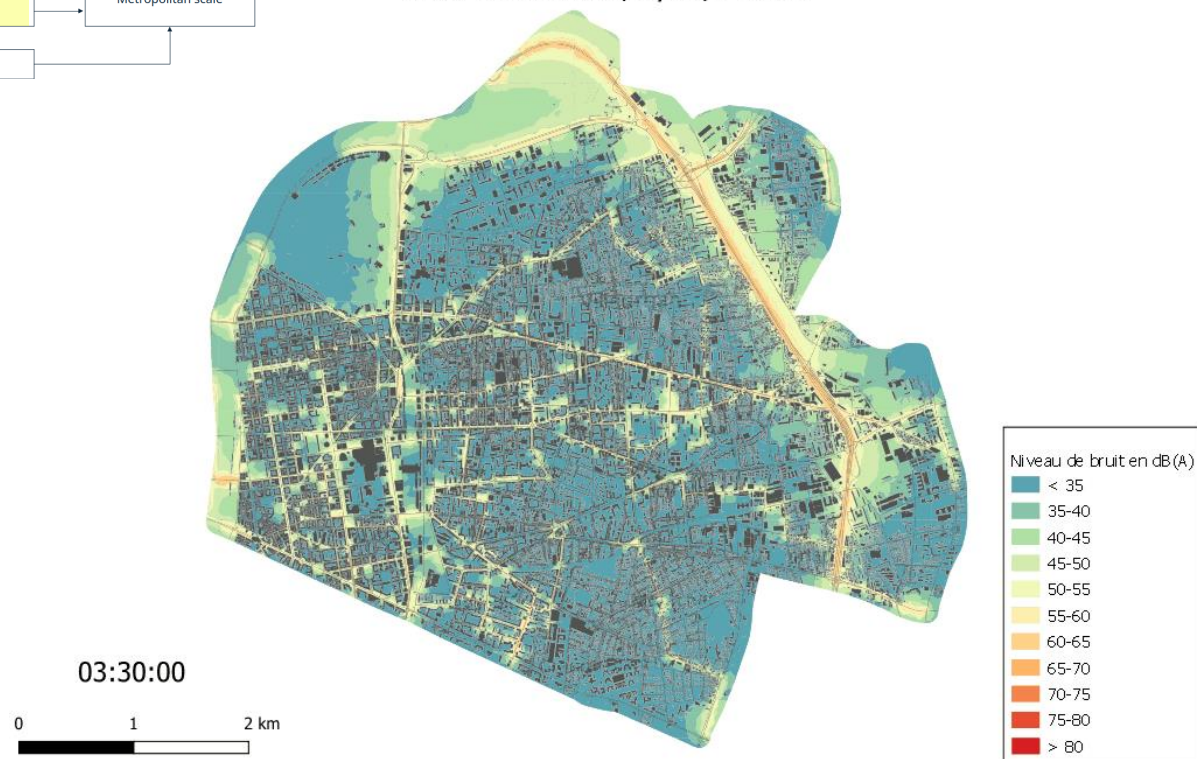


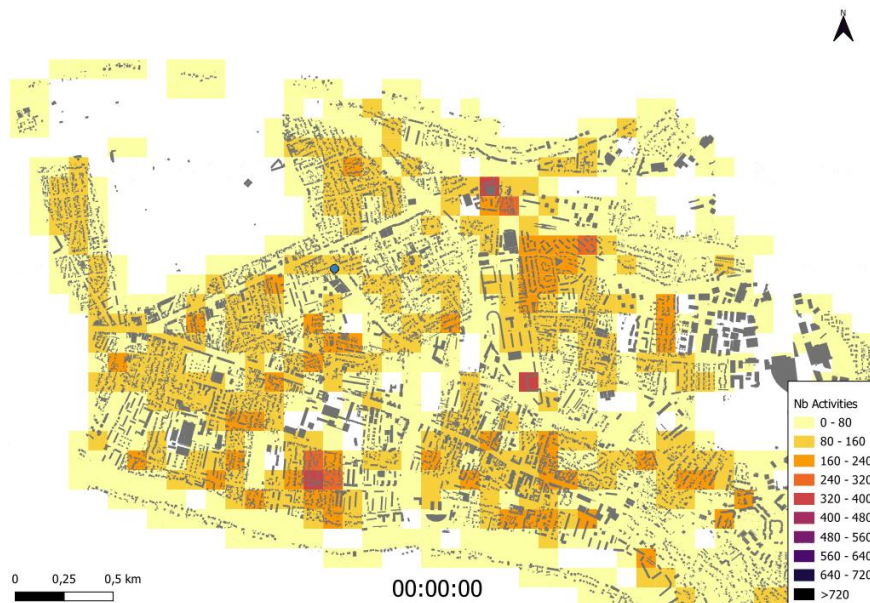
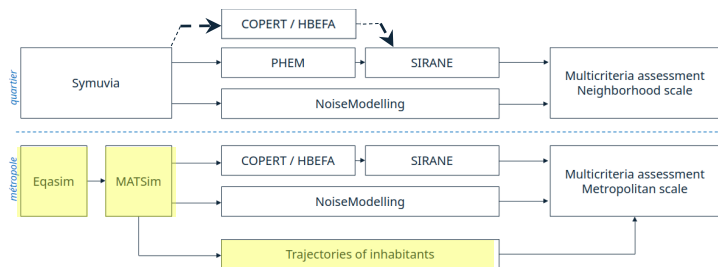
Des preuves !



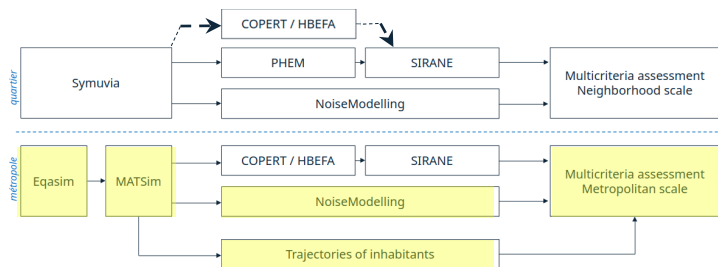


Traffic noise level from MATSim simulation
L63V urban area, Lyon, France

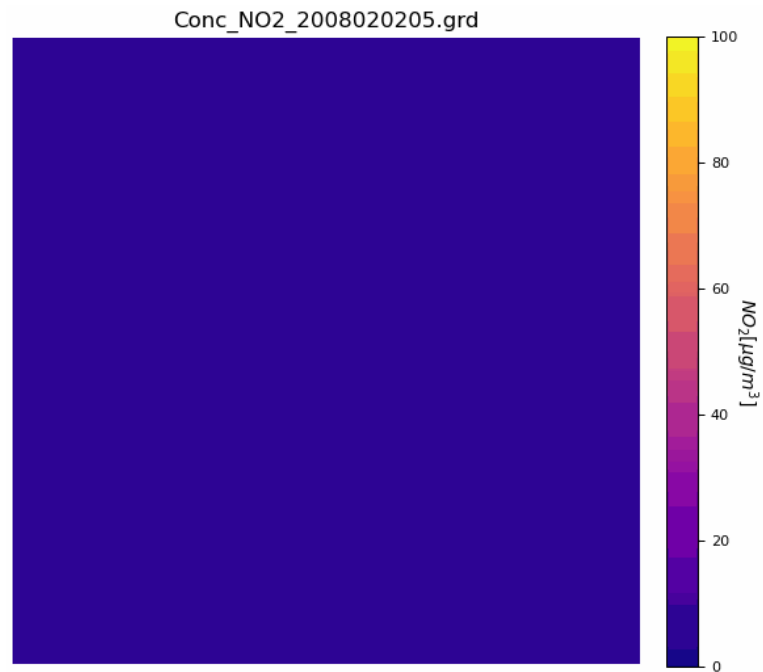
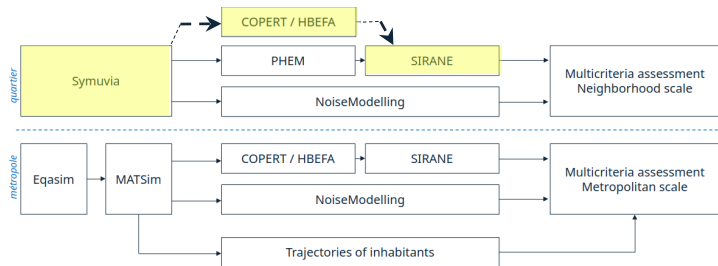


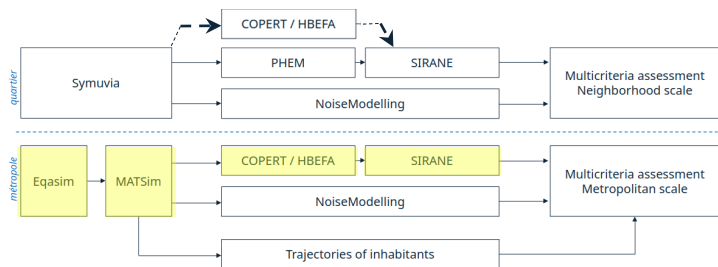


carte présence de personnes par carreaux 100x100m



carte présence de personnes exposés à plus de 65dB par carreaux 100x100m





Conc_NO2_2024030400.grd



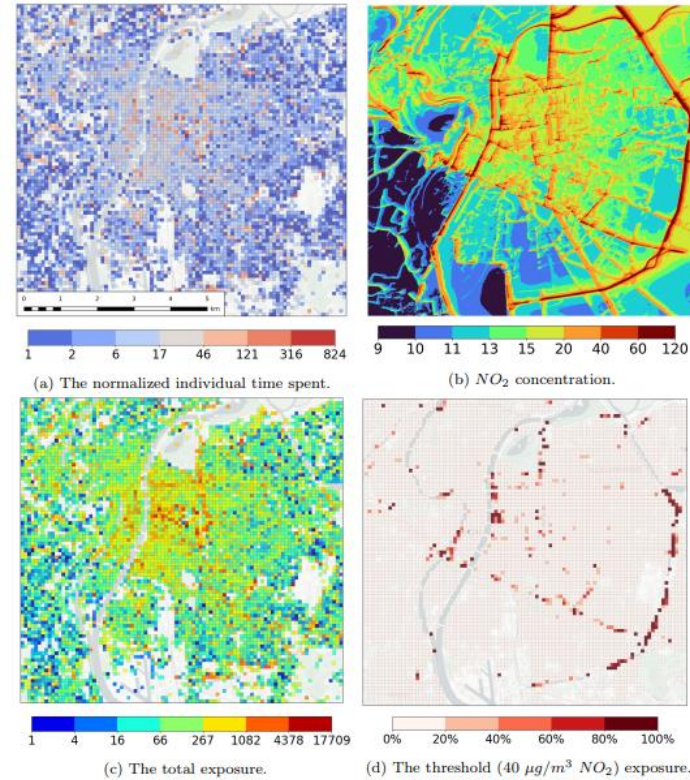
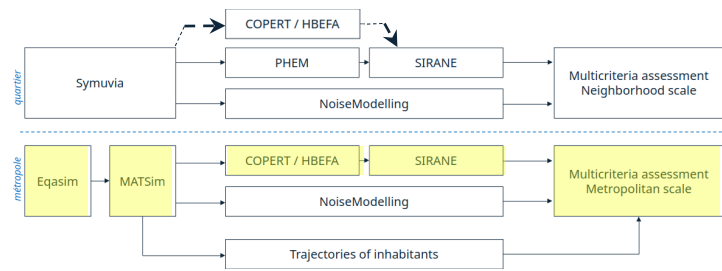


Figure 3: Spatial distribution at 18:00 for the day 14/03/2024 of the normalized individual time spent $ntts$ (a), pollutant concentrations of NO_2 (b), the agent-based total exposure H_{act} (c) and the percent of time spent of individuals exposed to more that the UE threshold $40 \mu g/m^3$ of NO_2 H_{th} (d).

Conclusion

Une/des chaîne.s complète.s

- Tout n'est pas au même niveau de maturité
- Une grosse machine
- Une grande complexité technique

... Mais ça marche ! et on pense que c'est utile (voir prochaines présentations !)

Chaîne de modélisation

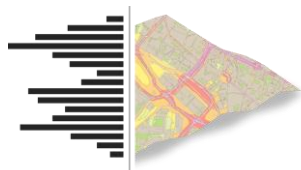
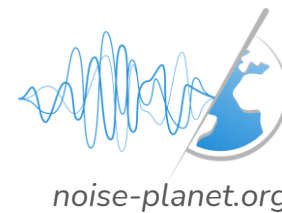
Pierre Aumond, Cécile Bécarie, Perrine Charvolin-Volta, Pascal Gastineau, Valentin Lebescond, Delphine Sengelin, Lionel Soulhac, Michele Tirico

Remerciements : UMRAE

Financements : ANR SYMEXPO

NoiseModelling

Noise-Planet



NoiseModelling

Software
Simulación



NoiseCapture

App
Crowdsourcing
Mobile measurements

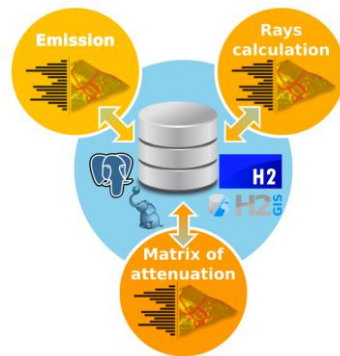


OnoSensor

Mediciones fijas
Hardware + Software

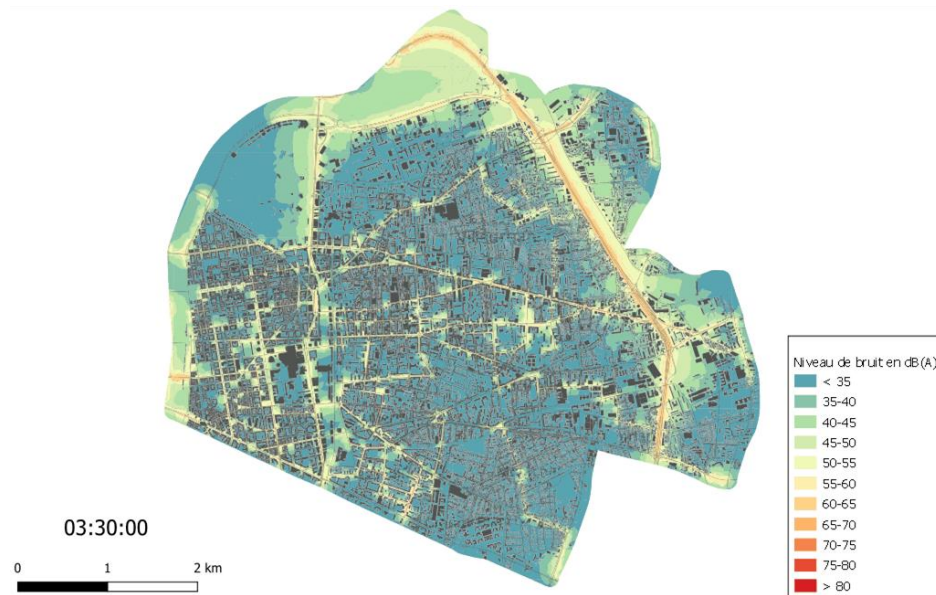
NoiseModelling

- Escala de ciudad o de barrio
- Modelos de emisión de fuentes puntuales y cálculo de trayectorias
- Método CNOSSOS (27/28 ISO tests !)



NoiseModelling

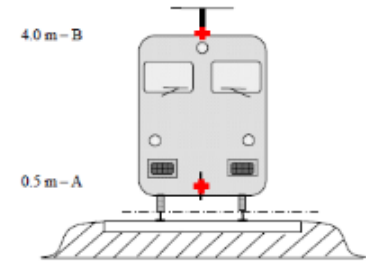
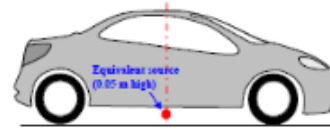
Traffic noise levels from MATSim/ Noisemodelling simulation -
Urban area Lyon, France



Modelo Émission

Características de la fuente, tales como:

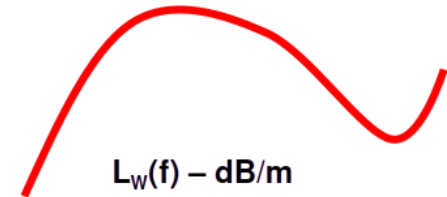
- Velocidad
- Superficie de contacto (pavimento, rugosidad, ...)
- Tipo de vehículo (vehículo ligero, vehículo pesado)
- Condiciones ambientales (temperatura)
- Pendiente, distancia a la intersección
- etc.



Modelo empírico

Rolling noise
Propulsion noise
Aerodynamic noise

+ Flow Rate

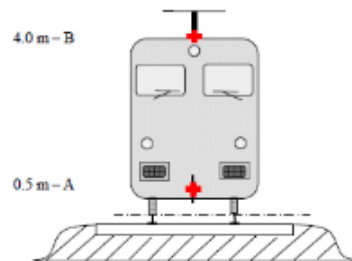
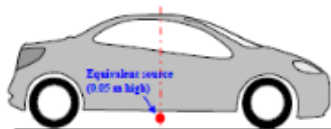


(different heights & directivities)

Modelo Émission

Características de la fuente, tales como:

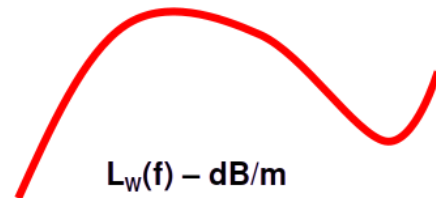
- Velocidad
- **Superficie de contacto**
- Tipo de vehículo (vehículo ligero, vehículo pesado)
- Condiciones ambientales (temperatura)
- Pendiente, distancia a la intersección
- etc.



Modelo empírico

Rolling noise
Propulsion noise
Aerodynamic noise

+ Flow Rate



(different heights & directivities)

Cambios "locales"