

# URBANISME CIRCULAIRE

Journée technique  
pour les professionnels de l'urbanisme,  
de l'aménagement et du bâtiment

**RAEDIVIA**  
envirobat**bdm**



## Proposition d'une méthode de co conception dynamique *via* simulation de Systèmes Logistiques Urbains

Patrick PUJO

**Aix\*Marseille**  
université  
Socialement engagée

Marseille, 26 janvier 2023

**POLYTECH**  
MARSEILLE  
Aix\*Marseille Université

**CRET**  
LOG

## 1. Problématique : *logistique urbaine et circularité*

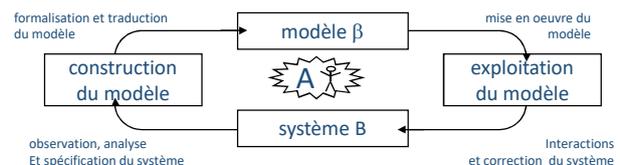
- **Logistique Urbaine** : transport **circulaire** de marchandises en ville (**B2B, B2C & C2B**)  
**Derniers kilomètres** (livraisons) ou **1<sup>ers</sup> Kms** (reverse, expéditions...)
- Place centrale pour la **Qualité de Vie en Ville**, car impactant fortement 5 enjeux :
  - le fonctionnement urbain (contribution aux congestions de la voirie),
  - le coût des transactions commerciales (jusqu'à 20 % du coût),
  - l'urbanisme (réservation de surfaces dédiées à rentabilité moindre),
  - l'environnement et la qualité de l'air (pollution due aux véhicules...),
  - les emplois concernés par le secteur...
- Perspectives de croissance très importantes...  
→ mais devant s'opérer dans un contexte orienté développement durable !
- Implication d'une multitude d'acteurs en interactions circulaires :
  - chargeurs et détenteurs du fret (entreprises, artisans, commerçants...),
  - opérateurs (transporteurs et logisticiens)...
 → soumis à des pratiques métier et à des contraintes réglementaires diverses...

## 1. Problématique : *logistique urbaine et simulation*

- De nombreux **dispositifs** permettent de mettre en œuvre la **logistique urbaine** :
    - ZLU, CDU, PAV, PAM, BLU... et se superposent aux livraisons classiques (tournées...),
    - l'ensemble pouvant se superposer de manière hétérogène sur un territoire...
  - Les besoins en logistique urbaine ne sont pas homogènes :
    - **géographiquement** (dans l'espace, selon les quartiers),
    - **temporellement** (dans le temps, selon l'horaire, voire la saison...).
  - L'environnement urbain est fluctuant (congestions, réglementation selon horaires)...
- On peut parler de 'Système Logistique Urbain' (SLU)
- Un SLU est un système **complexe** !
- Pour les décideurs (collectivités locales et leurs conseils)
    - difficile à étudier, à observer, à évaluer...
    - difficile à piloter, à optimiser, à régler...
- la simulation constitue une voie majeure pour la maîtrise des SLU.

## 1. Problématique : *la simulation en logistique urbaine*

- La **simulation** est un outil d'aide à la **compréhension** d'un système réel en conduisant des **expérimentations** sur un modèle de ce système.
- La **modélisation** d'un SLU permet
  - de trier entre ce qui est important ou non dans le fonctionnement à étudier,
  - de distinguer de qui relève :
    - du comportement (ce que fait le SLU),
    - de la structure (ce qui lui permet de la faire).
  - de révéler les interactions **dynamiques** et **mutuelles** entre composants du SLU,
  - de prendre en considération les effets de causalité et de rétroaction (**temps**)...
- Un bon modèle (selon Minsky) permet à 'un observateur A, si b est un modèle de B, d'apprendre, à partir de b, quelque chose d'utile sur le fonctionnement de B'.



## 2. Méthodologie : *mettre en œuvre une co conception*

La conception des SLU est non seulement dynamique...

...mais il s'agit d'une **co conception multi-acteurs et multi-niveaux** :

### Parties Prenantes dans la co conception du SLU :

Commune, Agglomération de communes, Métropole, Autres communautés urbaines

Aménageurs, SEM, Bureau d'études, Maitrise d'ouvrage

Architecture, Maîtrise d'œuvre, Ingénieur en simulation



### Co conception progressive du SLU :

- Complexité des systèmes logistiques urbains : *impossibilité d'atteindre la bonne configuration du premier coup*  
→ Nécessité d'un cycle itératif de co conception par amélioration
- Co conception multi-acteurs et multi-niveaux  
→ Nécessité de cycles de co conception récursifs

## 2. Méthodologie : *boucle itérative de co conception*



### ➤ Aménagement urbain :

- Différentes **décisions stratégiques** du décideur public
  - Mieux organiser, piloter et rationaliser l'espace urbain pour les différents acteurs qui y vivent, y travaillent ou qui les traversent...

### ➤ Contraintes spécifiques de l'environnement urbain :

- Différentes **décisions tactiques**
  - différentes réglementations
  - différentes organisations

### ➤ Difficultés de tester en conditions urbaines réelles :

- Simulation des **décisions opérationnelles**
  - différentes expérimentations virtuelles
  - validation des prises de décision antérieures

Commune, Agglomération de communes, Métropole, Autres communautés urbaines

Aménageurs, SEM, Bureau d'études, Maîtrise d'ouvrage

Architecture, Maîtrise d'œuvre, Ingénieur en simulation

## 2. Méthodologie : *validation avec un cas expérimental*

**Travail de recherche** dans le cadre d'une thèse CIFRE avec un **cabinet de conseil en logistique territoriale**.  
(1<sup>ère</sup> prise de contact entre un associé du cabinet et Euroméditerranée : 1<sup>er</sup> semestre 2019)



- Modélisation de différentes stratégies de livraison de marchandises dans le quartier d'**Arc en Ciel**
- Evaluation de l'**efficacité** de chacune des stratégies de livraison envisagées



Aménagement urbain

- P: VM, EM
- C: EM, Jonction
- A: VM, EM

Pilotage politique

- P: EM, Jonction
- C: Jonction
- A: EM, Jonction

Simulation

- P: Jonction
- D: Jonction
- C: Jonction
- A: Jonction

URBANISME CIRCULAIRE

Journal technique  
pour les professionnels de l'urbanisme  
de l'aménagement de la Région

Proposition d'une méthode de co conception dynamique *via* simulation de Systèmes Logistiques Urbains  
Marseille, 26 janvier 2023

Patrick PUJO



7

## 2. Méthodologie : *objectifs d'aménagement urbain*

➔ Définir le meilleur SLU possible pour ce quartier :

- le SLU doit être le moins impactant sur la **Qualité de Vie** du quartier :

- réduction des nuisances environnementales
- réduction des nuisances sonores
- capacité d'adaptation aux infrastructures créées

➔ le moins d'impact possible sur les flux traversants le quartier

- le SLU doit offrir une Qualité de Service confortable :

- fiabilité des livraisons rapides
- robustesse des livraisons sur créneaux horaires

➔ Tester et évaluer les différentes possibilités de SLU :

- PAV (Points d'Accueil de Véhicules) avec différentes configurations
- PAM (Point d'Accueil de Marchandises) avec différentes configurations
- BLU (Boîtes Logistique Urbaine)
- SLU hybrides

URBANISME CIRCULAIRE

Journal technique  
pour les professionnels de l'urbanisme  
de l'aménagement de la Région

Proposition d'une méthode de co conception dynamique *via* simulation de Systèmes Logistiques Urbains  
Marseille, 26 janvier 2023

Patrick PUJO



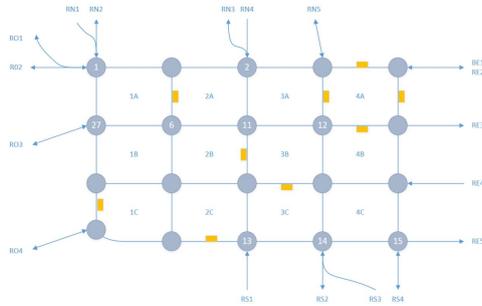
8

### 3. co conception via simulation : *première itération*

➔ **Modélisation initiale** : transport circulaire de marchandises en ville (**B2B, B2C & C2B**)

#### 1. Analyse d'une tournée de livraisons/collectes

#### 2. Modèle géographique logique



#### 5. Configuration de référence :

configuration (1) sans SLU (engendrant un arrêt en double file devant chaque lieu de livraison).



#### 3. Etude des SLU potentiellement déployables

➔ Différentes configurations de SLU à étudier :

- un Point d'Accueil de Véhicules, avec 1 place réservée devant chaque lieu de livraison, avec 1 place réservée dans chaque rue, avec 2 ou places réservées dans chaque îlot,
- un Point d'Accueil de Marchandises, situé dans différents îlots, avec livraisons dans la foulée par triporteur électrique,
- des BLU.

#### 4. Carte Google

visualisation graphique du quartier Arenç



URBANISME CIRCULAIRE

Source technique pour les collectivités locales et les professionnels de l'aménagement de la ville.

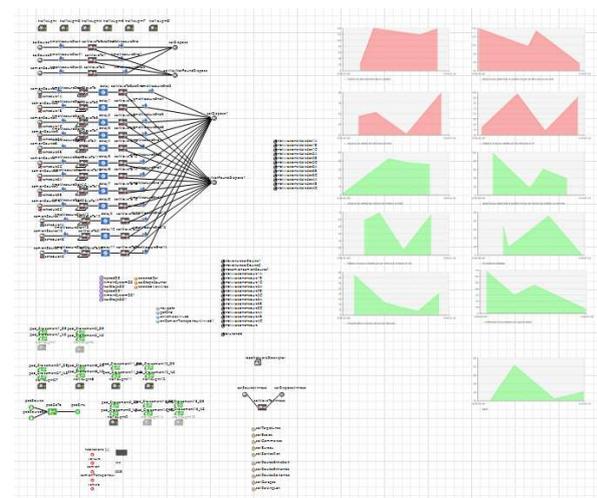
Proposition d'une méthode de co conception dynamique *via* simulation de Systèmes Logistiques Urbains  
Marseille, 26 janvier 2023

Patrick PUJO



### 3. co conception via simulation : *première itération*

#### 6. Mise en place du modèle logique de simulation



#### 7. Tableau de Bord : évaluation de performance

- Nombre de véhicules moyen dans le quartier à chaque instant [IPa],
- Temps moyen passé dans le quartier par les véhicules [IPb],
- Vitesse moyenne des véhicules présents dans le quartier [IPc],
- Distance moyenne parcourue par les véhicules [IPd],
- Vitesse moyenne des véhicules de livraison [IPe],
- Temps moyen passé dans le quartier par les véhicules de livraison [IPf],
- Distance moyenne parcourue par les véhicules de livraison [IPg],
- Nombre de livraisons réalisées par les véhicules de livraison [IPh],
- Rejets de CO2 émis par l'ensemble des véhicules [IPi],
- Coût moyen d'une livraison au fil du temps [IPj],
- Pollution sonore générée [IPk].

#### 8. Paramétrage : données générales...

- Temps de dépôt des marchandises : 2 minutes,
- Vitesse maximum des véhicules : 50 km/h,
- Arrivée des véhicules de livraison par l'accès 'routeOuest3',
- Départ des véhicules de livraison, pour retourner au dépôt de marchandises, via les voies 'routeOuest4' et 'routeSortieOuest2',
- Vitesse des piétons : 8 Km/h.

URBANISME CIRCULAIRE

Source technique pour les collectivités locales et les professionnels de l'aménagement de la ville.

Proposition d'une méthode de co conception dynamique *via* simulation de Systèmes Logistiques Urbains  
Marseille, 26 janvier 2023

Patrick PUJO



### 3. co conception via simulation : *seconde itération*

La conduite des différentes **expérimentations** consiste à exécuter le modèle :

- avec différents jeux de données, pour tester différentes mises en situation,
- selon une campagne de **réplication**, pour moyenner les phénomènes stochastiques, pour obtenir *in fine* des indicateurs de performance représentatifs.

	[IPa]	[IPb]	[IPc]	[IPd]	[Ipe]	[IPf]	[IPg]	[IPh]	[IPi]	[IPj]	[IPk]	
double file (1)	208,8156667	5 min 52 sec	17,6749167	1,381429167	8,529104167	14 min 11 sec	1,607396167	75	12639,63907	5,254	89,67099167	
1 place devant chaque commerce (2)	64,29583333	2 min 42 sec	21,003575	0,927975	9,240183333	7 min 51 sec	1,318191667	96	12298,80405	5,666633333	96,0553125	
1 place dans chaque rue (3)	71,4625	2 min 59 sec	20,32042083	0,975279167	10,02000417	8 min 22 sec	1,697895833	96	15959,01477	6,8228	96,57202917	
3 places dans chaque rue (4)	64,2125	2 min 54 sec	20,4520625	0,980483333	8,660004167	8 min 26 sec	1,331679167	96	12929,46818	6,0470375	95,85847917	
2 places dans chaque îlot (5)	63,29166667	2 min 46 sec	19,83891667	0,9160375	9,432216667	7 min 29 sec	1,302720833	96	12739,09621	5,425133333	95,79479167	
3 places dans chaque îlot (6)	62,95416667	2 min 44 sec	20,72997083	0,930554167	9,413233333	7 min 27 sec	1,271025	96	11540,5922	5,381720833	95,48892917	Le meilleur
BLUs (7)	78,99166667	3 min 9 sec	18,8784625	1,005475	7,686566667	9 min 32 sec	1,356745833	91	15377,69169	6,974475	96,35055417	Bon
BLUs en périphérie (8)	111,4625	3 min 40 sec	19,58910833	1,134158167	4,824225	18 min 8 sec	1,180983333	60	23091,09902	10,317325	89,72649583	Moyen
BLUs aux intersections (9)	66,64166667	2 min 49 sec	20,48012083	0,970179167	8,127070833	9 min 2 sec	1,326354167	95	12427,49355	6,4326125	96,1566125	Mauvais
BLUs en sortie (10)	57,47916667	2 min 44 sec	20,61420833	0,946408333	6,436206667	6 min 49 sec	0,775541667	63	9270,083063	4,743816667	94,53153333	Le plus mauvais
BLU en périphérie (11)	96,86666667	3 min 22 sec	19,891675	1,121197167	7,5295625	11 min 18 sec	1,479579167	28	23379,97032	8,00765	98,37710583	
BLU barycentrique (12)	138,0833333	5 min 54 sec	17,88829167	1,711166667	4,93375	17 min 5 sec	1,3149	78	73426,13623	11,38282083	100,45082917	
Trip 1A (13)	99,99333333	3 min 51 sec	18,5155	1,149943833	6,545770833	13 min 12 sec	1,472991667	52	21852,96228	9,175241667	98,43110633	
Trip 2B&3B (14)	101	4 min 32 sec	15,12	1,141	7,378	16 min 38 sec	2,046	74	23657,481	11,846	97,817	

Ceci conduit à une première vision de la performance de chaque proposition

### 3. co conception via simulation : *troisième itération*

L'analyse détaillée de la performance des différentes propositions de SLU montre que certaines propositions de SLU sont plus performantes dans certains îlots,

➔ Ceci a du sens, car les îlots n'ont pas tous le même usage et ne nécessitent pas le même service !

➔ Proposition de SLU hybrides

	[IPa]	[IPb]	[IPc]	[IPd]	[Ipe]	[IPf]	[IPg]	[IPh]	[IPi]	[IPj]	[IPk]
Proposition hybride (15)	60,6666667	2 min 33 sec	21,5927583	0,9031125	7,47609167	7 min 29 sec	0,98980417	94	9536,04068	5,27466667	95,3715917
Proposition hybride (16)	59,3166667	2 min 37 sec	21,9313542	0,96633333	8,27809167	7 min 10 sec	1,051875	96	10377,0998	5,1025375	95,2307042

**MASTÈRE SPÉCIALISÉ®**

**Economie Circulaire et Organisation Durable**



**PREPAREZ VOTRE AVENIR :  
DEVENEZ UN ECO – INGENIEUR !**

**Formation INITIALE ou  
en APPRENTISSAGE (contrat pro)**

**OBJECTIFS de la FORMATION**

Face à la transition écologique qui s'impose à tous, le monde socio-économique a besoin d'ingénieurs capables d'intégrer les problématiques environnementales au sein des activités des entreprises, qui sont en demande de tels profils.

Le Mastère Spécialisé® 'Economie Circulaire et Organisation Durable' (ECOD), **labellisé Conférence des Grandes Ecoles** vise à compléter une spécialité initiale d'ingénieurs par une formation à l'organisation industrielle intégrant dans un même temps durabilité, circularité, responsabilité sociale et productivité. Ces compétences nouvelles, inscrites dans l'infléchissement sociétal actuel, amèneront ces experts à proposer des solutions viables et durables aux organisations et aux entreprises.

En cela, le **Mastère Spécialisé® ECOD est innovant**, car il répond à une demande du monde socio-économique pour l'organisation circulaire des flux et des activités économiques : la transition écologique est également une transition industrielle, elle concerne toutes les entreprises et tous les métiers.

Il s'agit donc bien de transmettre une vision holistique de la transition écologique qui, grâce à une approche adaptée et volontariste de l'organisation industrielle, doit déboucher sur une économie durable, génératrice de richesses et d'emplois, et acceptable du point de vue sociétal et environnemental.

**PRE-REQUIS**

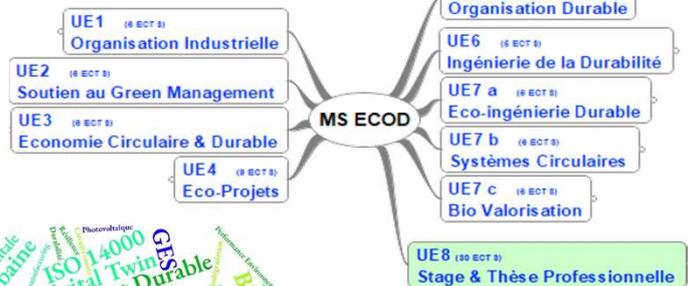
Le Mastère Spécialisé® ECOD sélectionne des candidats ayant à minima un diplôme scientifique à Bac + 5. Il s'adresse en priorité à des ingénieurs (jeunes diplômés ou professionnels expérimentés). Le caractère transversal de la spécialisation ECOD permet ce large éventail de recrutements.

Les titulaires d'un diplôme universitaire scientifique de type Master 2, DEA ou DESS, ou supérieur, d'un diplôme professionnel de niveau Bac + 5, ou d'un diplôme étranger équivalent aux diplômes français précédents, avec la même variété de spécialités initiales, sont également éligibles et peuvent candidater.

**FRAIS**

- Formation sous **statut salarié** : gratuité de la formation + salaire pour l'apprenant.  
Frais de scolarité pour un apprenant en alternance pris en charge par l'OPCO :
  - totalement ou partiellement selon votre OPCO,
  - nous contacter et/ou se renseigner auprès de votre OPCO.
- Formation **initiale** : 7 k€
- Frais de traitement de dossier de candidature : 70 €, non remboursable.

**PROGRAMME**



**Nous contacter :**  
polytech-mastere-ecod@univ-amu.fr

**Processus de recrutement :**  
Dépôt du dossier en ligne, Entretien, Jury.

**RYTHME en ALTERNANCE**

2 jours par semaine les 4 premiers mois,  
3 jours les 4 mois suivants,  
à temps plein les 4 derniers mois.

	Quadrimestre1	Quadrimestre2	Quadrimestre3
Lu	UE1, UE2, UE3, UE5	UE4 Eco-Projets	
Ma	option UE6a		
Me			
Je			
Ve	UE7 Stage en entreprise - Thèse Professionnelle		



**RYTHME en FORMATION INITIALE**

1 quadrimestre de cours  
2 quadrimestres de stage

	Quadrimestre1	Quadrimestre2	Quadrimestre3
Lu	UE1, UE2, UE3, UE5		
Ma	option UE6a		
Me			
Je			
Ve	UE4 Eco-Projets	UE7 Stage en entreprise - Thèse Professionnelle	