

Un même “fait urbain” ([Mangin and Panerai, 1999]) peut avoir plusieurs réalisations à différents niveaux et sous différentes formes.

Q : après avoir défini un référentiel global pour évaluer les réalisations ; peut-on définir une robustesse des évaluations par rapport à celui-ci ? Si possible en amont de la définition des indicateurs (robustesse structurelle) ?

- Prise en compte robustesse statistiques par rapport aux données du cas, ainsi que de la fiabilité du nombre de dimensions prises en compte.
- Multi-Criteria Decision Analysis essentielle pour le développement durable [Wang et al., 2009] : pondération des critères pour une approche agrégée. On se placera dans le cadre d'une aggrégation.
- Cadre : travaux statistiques récents [Varet, 2010] pour l'approximation d'intégrales applicables à de nombreux domaines, permettant de combiner les deux approches précédentes.

$(S_i)_{1 \leq i \leq N}$  systèmes territoriaux disjoints (les “éco-quartiers”)  
représentés par des jeux de données et des indicateurs  
intermédiaires :

$$S_i = (\mathbf{X}_i, \mathbf{Y}_i) \in \mathcal{X}_i \times \mathcal{Y}_i$$

Avec  $\mathcal{X}_i = \prod_k \mathcal{X}_{i,k}$  et  $\mathcal{X}_{i,k} = \mathbb{R}^{n_{i,k}^X p_{i,k}^X}$  (idem pour les  $\mathcal{Y}_i$ ) et  $l_X(i, k)$   
(resp.  $l_Y(i, k)$ ) fonction de désignation du type de variable (resp.  
de l'indicateur)

## Definition

L'espace partiel caractéristique du fait urbain est

$$(\mathcal{X}, \mathcal{Y}) \stackrel{\text{def}}{=} (\prod \tilde{\mathcal{X}}_c) \times (\prod \tilde{\mathcal{Y}}_c) = (\prod_{\mathcal{X}_{i,k} \in \mathcal{D}_X} \mathbb{R}^{p_{i,k}^X}) \times (\prod_{\mathcal{Y}_{i,k} \in \mathcal{D}_Y} \mathbb{R}^{p_{i,k}^Y}),$$

avec  $\mathcal{D}_X = \{\mathcal{X}_{i,k} | l(i, k) \text{ distincts}\}$  (idem pour les  $\mathcal{Y}_i$ )

# Fonctions d'évaluation

On note dans la suite  $\mathbf{X}_{i,c}$  les données projetées par injection canonique dans l'espace correspondant au type de données, bien définies pour tout  $i$  et tout  $c$ .

## Definition

Soit  $H_c$  un espace de fonctions sur  $(\tilde{\mathcal{X}}_c, \tilde{\mathcal{Y}}_c)$  à valeur dans  $\mathbb{R}$  tel que pour tout  $h \in H_c$  :

- $h$  est "suffisamment régulière"
- $q = \int_{(\tilde{\mathcal{X}}_c, \tilde{\mathcal{Y}}_c)} h$  est une fonction de qualification du fait urbain

## Example

Pour une moyenne des lignes de  $\mathbf{X}_{i,c}$ , on aura  $h(x) = x \cdot f_{i,c}$  avec  $f_{i,c}$  densité de la distribution.

Pour un taux suivant une certaine condition, on aura  $f_{i,c} \chi_{condition}$  ;  
etc

Pour les  $Y$  on aura en général un Dirac (pour les calculs agrégés).

On donne des poids aux critères pour chaque réalisation :

Pour  $i, c$  et  $h_c \in H_c$  donnés,  $w_{i,c}$  est une combinaison (suivant [Wang et al., 2009]) de :

- poids objectif : importance locale du critère  $w_{i,c}^L = \frac{\hat{q}_{i,c}}{\sum_c \hat{q}_{i,c}}$  où  $\hat{q}_{i,c}$  est un estimateur de  $q_c$  pour les données  $\mathbf{X}_{i,c}$
- poids subjectif : différentes méthodes (notations, ordre d'importance etc) revues dans [Wang et al., 2009] pour donner un poids subjectif normalisé (à voir lesquelles)

## Theorem

[Varet, 2010]

Avec  $\mathbf{X}_{i,c} = (\vec{X}_{i,c,l})_{1 \leq l \leq n_{i,c}}$ ,  $D_{i,c} = \text{Discp}_{\tilde{\mathcal{X}}_c, \infty}(\mathbf{X}_{i,c})$  la discrédance du nuage de points ([Niederreiter, 1972]) et  $h \in H_c$ , on a la majoration de l'erreur sur l'intégrale

$$\left\| \int h_c - \frac{1}{n_{i,c}} \sum_l h_c(\vec{X}_{i,c,l}) \right\| \leq K \cdot |||h_c||| \cdot D_{i,c}$$

On a alors directement

$$\left\| \int \sum w_{i,c} h_c - \frac{1}{n_{i,c}} \sum_l w_{i,c} h_c(\vec{X}_{i,c,l}) \right\| \leq K \sum_c |||h_c||| \cdot D_{i,c}$$

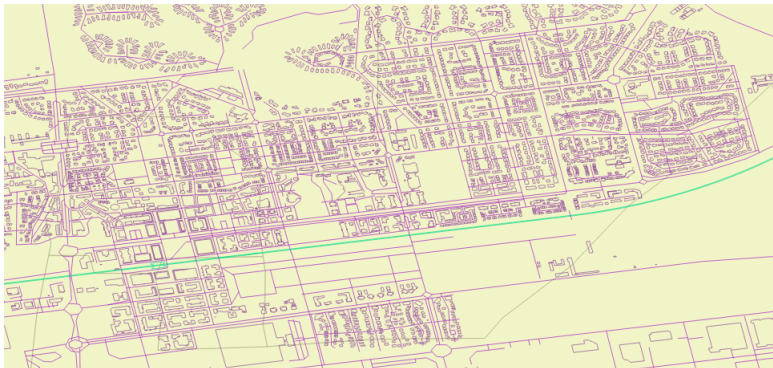
## Definition

En supposant les espaces d'indicateurs normés, on définit alors un ratio de robustesse pour comparer deux évaluations de deux réalisations du fait urbain

$$R_{i,i'} = \frac{\sum_c w_{i,c} \cdot D_{i,c}}{\sum_c w_{i',c} \cdot D_{i',c}}$$

En définissant une relation d'ordre sur les réalisations par rapport à la position du ratio à 1, on définit un ordre complet sur les évaluations.

# Données : collecte difficile





# Données : uniformisation difficile

Indicateurs associés	Type	Données	Dimensions	Remarques	fichier	Normalization method	Normalized value Descartes	Normalized value Russey
	Données (X) ou indicateur (Y)		MINIMALE pour cet indicateur (X)			0.22701		
Part modale des TC dans les déplacements	Y	[Sorte d'un modèle 4 étapes] NON : EGT	dim(EGT)		egl	Cost of CO2 gain par trip : $476 \cdot n \cdot 1 + 0.000161 \cdot 1 \text{ km}^2 \cdot 1 + 30 \text{ km} \cdot (\text{trip length})$	0.0340515	0.0499422
Part modale des modes doux dans les déplacements	Y	[Sorte d'un modèle 4 étapes] dem : EGT	dim(EGT)		egl	dem	0.0771834	0.0922129
temps à la gare de mode lourd la plus proche	X	Positions gares		same for both - and dem state too heavy	-	-	-	-
bassin d'emplois desservi à moins de 30 min en TC	X	Reseau TC élargi, positions barycentres bassin emploi	4 + 1 (TC) + 2 + 1 (bire emploi) (bassins emplois)	same for both : no importance	-	-	-	-
longueur de voirie en site propre dans le quartier par habitant	X	Reseau viaire : segments	4 (gestion) + 1 attributs	Simplified geometry - tolerance 0.0001	roadsignature	transport en TC plutôt que volume ? / trip	#	3,63216E-096
nombre de stationnement à vélo sur voirie par habitant	X	Stationnements		NON DISPO	-	-	-	-
surface de stationnement à vélo dans les gares	X	Stationnements		NON DISPO	-	-	-	-
ratio largeur de voirie pour les VPI piétons et vélo	X	Reseau viaire	4 + 2	Simplified geometry	roadwidth	idem (%total road length)	#	0.00204309
rapport prix stationnement VP durable/VP thermique	Y	-	-	-	-	-	-	-
Nombre de place de parking mutualisé/pop	X	Stationnements		-	-	-	-	-
proportion de bornes électriques	Y	-	-	-	-	-	-	-
pourcentage de logements disposant d'une place de parking privée	X	Logements	1 (attribut)	-	buildingparking	Gain en isolation à ne pas lever de volume ?	0.181608	#
nombre de place en voirie/total	-	-	-	-	-	-	-	-
vitesse moyenne en zone résidentielle	X	Reseau viaire, attributs (vitesse/largeur)	4 + 2	Simplified geometry	roadspeed	-	-	-
sheries	Y	-	-	-	-	-	-	-
nombre de place par employé	-	-	-	-	-	-	-	-
rapport coût TC et coût voiture intégrale sur l'année	-	-	-	-	-	-	-	-
prix payé par déplacement rapporté au revenu mensuel	-	-	-	-	-	-	-	-
fréquence des départs	-	-	-	Same	-	-	-	-
proportion de logements à moins de 500 m d'un réseau de TC	-	Positions logements	-	TC : mêmes données - pourcorbes budgées	buildingpositions	gain en cout carbone de la part, totale, actuelle ?	0.0272412	0.0136206
coût CO2 moyen par tonne consommée dans le quartier	-	-	-	-	-	-	-	-
proportion de logements destinés aux personnes travaillant dans la ville	-	attribut logement	-	-	building motive	idem (vers modes doux)	#	#
nombre de logement par hectare	-	Positions logements	-	-	buildingpositions	-	-	-
densité moyenne de services	-	position services ?	-	tentative extraction OSM ? -> voir next case data	-	-	-	-
DAH : (population-emploi)/surface urbanisée	-	-	-	-	-	-	-	-
coefficient d'occupation des sols	-	-	-	-	-	-	-	-
proportion de voitures non thermiques	-	-	-	-	-	-	-	-
TM : nombre de voiture par ménage	-	Population (lits socio-eco?)	-	extrapolation with synthetic pop. ?	strudpop	1-x = proportion gain	0.022701	#
proportion de déplacements multimodaux	-	-	-	-	-	-	-	-
taux moyen d'utilisation des places de parking	-	-	-	-	-	-	-	-
pourcentage de véhicules garés dans un parking mutualisé	-	-	-	-	-	-	-	-
proportion de la population membre d'un club de covoiturage	-	Population (lits socio-eco?)	-	Struct-pop : extrapolation through conditional probabilities	strudpop	-	#	#
proportion de la population membre d'un club d'autopartage	-	Population (lits socio-eco?)	-	idem	strudpop	-	#	#

- Traitement des données GIS et export en format standard : QGIS et NL
- Inférence des données manquantes selon distribution statistiques raisonnables. Normalisation des données : gain monétaire de l'émission de CO<sub>2</sub> par proportion de report modal traduite par l'indicateur.
- Implémentation des calculs statistiques sous R : calcul de la discrédance déjà implémenté [Bundschuh and Zhu, 1993] : package DiceDesign.

- Ratio de robustesse avec tous les indicateurs :  $R_{D,B} = 0.87$
- Test de différentes combinaisons : comportement anarchique.  
Trop peu d'indicateurs ? Intersection trop petite ? (3 indicateurs).
- Scénarisation via selections d'indicateurs ? necessite plus de données et d'indicateurs.



Bundschuh, P. and Zhu, Y. (1993).

A method for exact calculation of the discrepancy of low-dimensional finite point sets i.

In *Abhandlungen aus dem Mathematischen Seminar der Universität Hamburg*, volume 63, pages 115–133. Springer.



Mangin, D. and Panerai, P. (1999).

*Projet urbain.*

Parenthèses.



Niederreiter, H. (1972).

Discrepancy and convex programming.

*Annali di matematica pura ed applicata*, 93(1):89–97.



Varet, S. (2010).

*Développement de méthodes statistiques pour la prédiction d'un gabarit de signature infrarouge.*

PhD thesis, Université Paul Sabatier-Toulouse III.



Wang, J.-J., Jing, Y.-Y., Zhang, C.-F., and Zhao, J.-H. (2009).

Review on multi-criteria decision analysis aid in sustainable energy decision-making.

*Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(9):2263–2278.