Cartographies des dynamiques spatiales

Représentations dynamiques des temporalités des territoires
Programme « Temporalités durables » - PUCA

Plan Urbanisme Construction Architecture
Ministère de l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie
Ministère de l'Egalité des Territoires et du Logement

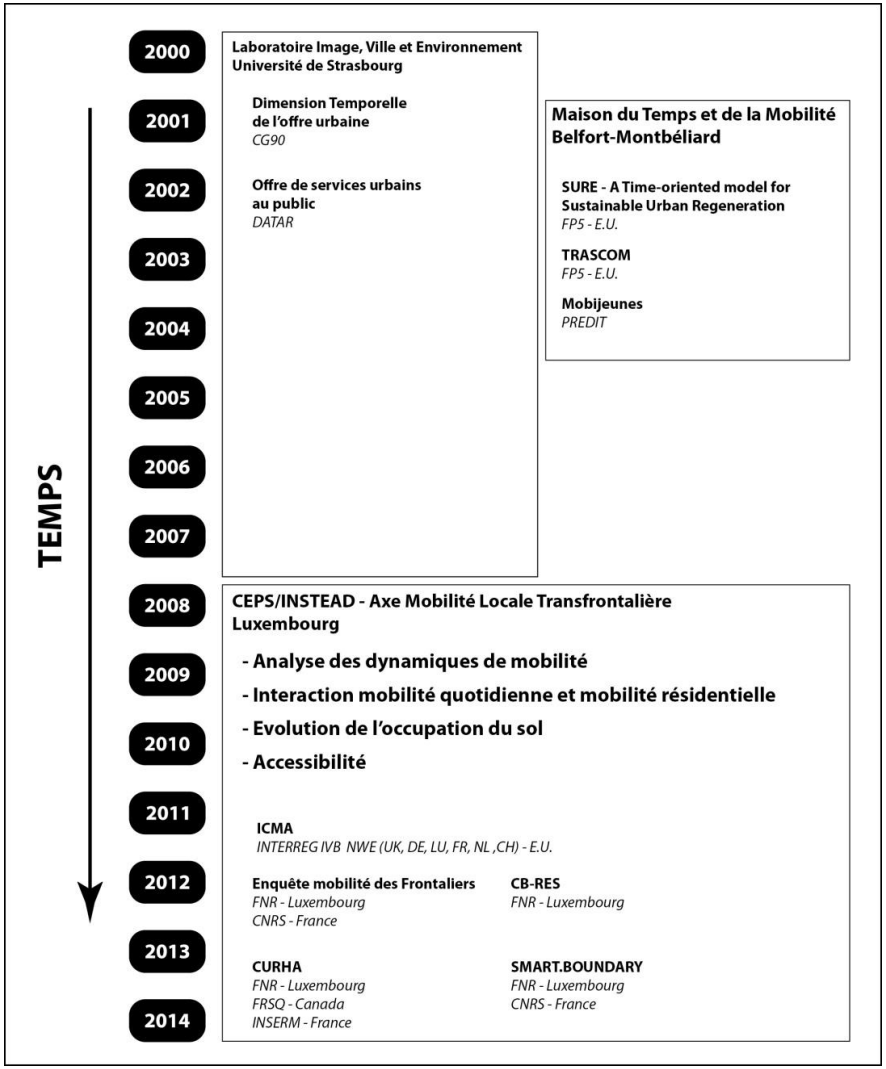
Mercredi 05 février 2014, La Défense – Paris

Olivier Klein
Chargé de Recherche en Géographie
CEPS/INSTEAD, Centre de Recherche Public
Département Développement Urbain et Mobilité
Esch-sur-Alzette, Luxembourg

INTRODUCTION

Pourquoi vous parler du temps ?

➡ ***Une Timeline pour explication***



Une constante :

- Le temps est fondamental
- L'intégrer dans les représentations est complexe mais aide à la compréhension

INTRODUCTION

Pourquoi vous parler du temps ?

- Un constat : le temps est fondamental
- Une dimension oubliée en cartographie ?
- Des représentations cartographiques indispensables pour identifier les temporalités et les rythmes urbains
- Mais représenter simultanément espace et temps est complexe

Pourquoi visualiser les espace-temps ?

- Identifier, révéler les caractéristiques des données spatiales et/ou temporelles
- Comparer, montrer les changements thématiques, spatiaux et/ou temporels
- Communiquer, échanger, discuter

INTRODUCTION

Pourtant….

Définition usuelle de la carte

une représentation conventionnelle, **plane**, en positions relatives, de faits concrets ou abstraits localisables dans l'espace **à un moment donné**

Une définition bousculée

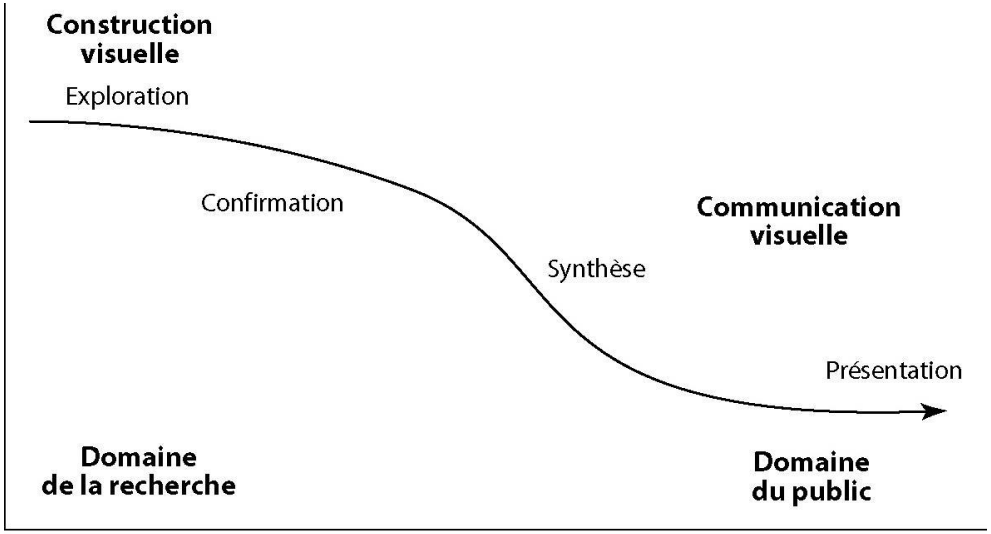
toujours une **représentation de phénomènes localisés dans l'espace**, mais deux aspects peuvent être discutés :

- « plane »
- « à un moment donné »

Des évolutions technologiques permettent la production de cartes dynamiques

INTRODUCTION

- Passage de la cartographie à la géo-visualisation
- Visualisation : « utilisation de la technologie informatique pour créer des affichages visuels dans le but de faciliter la pensée et la résolution de problèmes » (Mc Cormick et al., 1987)
- « **Visual analytics** » : une compréhension facilitée par la vision
- Une fonction combinée d'outil révélateur et d'outil de communication



1. Représenter le temps

1. REPRÉSENTER LE TEMPS

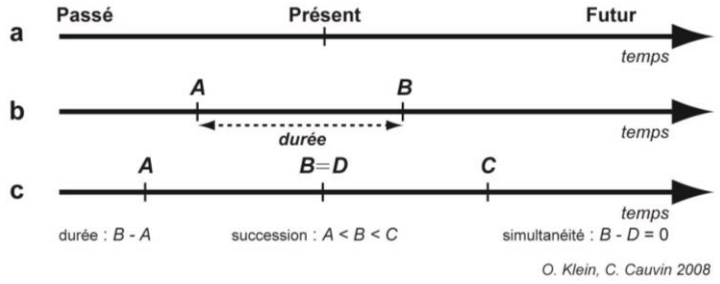
Comment définir le temps ?

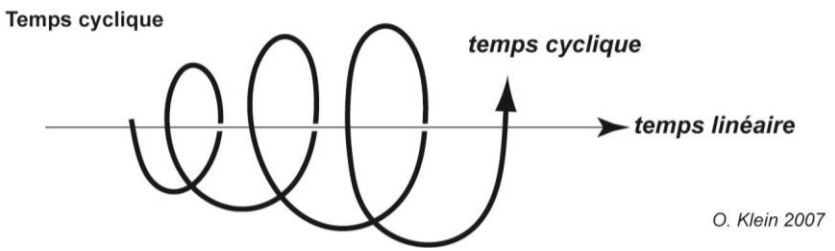
- Difficile à définir
  - « Evident et impalpable, substantiel et fuyant, familier et mystérieux » (E. Klein, 1995)
  - Le temps n'est perçu qu'à travers ses effets

Un concept abstrait qui rend mesurable le changement

Le temps peut être exprimé selon deux conceptions distinctes

- Linéarité
- Cyclicité





1. REPRÉSENTER LE TEMPS

Temps linéaire

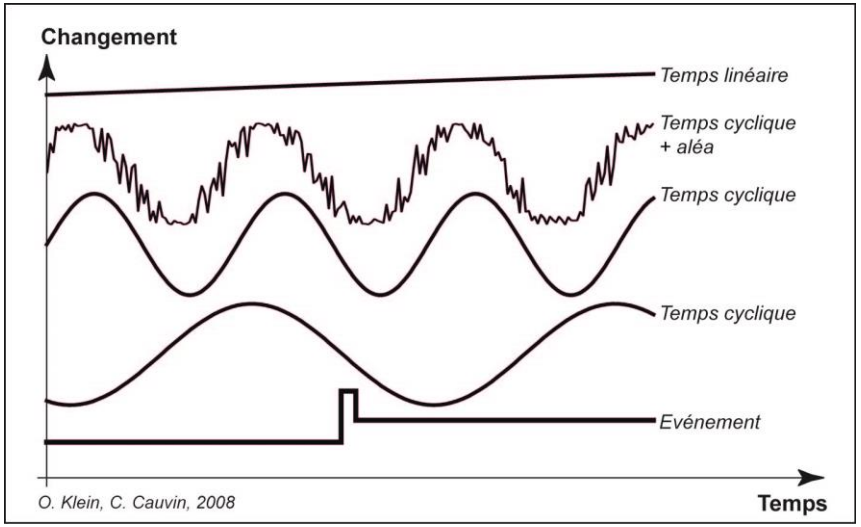
- situe un événement, un objet, une personne sur l'axe du temps donné par le calendrier (passé, présent, futur)

Temps cyclique

- correspond aux phénomènes qui reviennent à des intervalles de temps réguliers (ex: alternance des saisons, cycles annuels ou journaliers…)

Deux temps qui coexistent…

- imbrication d'échelles temporelles (identifiées par des opérations de filtrage)
- perturbations ou modifications lorsque survient un événement



1. REPRÉSENTER LE TEMPS

Des variations uniquement temporelles se lisent aisément sur un graphique

- temps en abscisse
- valeurs successives de la variable thématique en ordonnées

(cf. Monmonier M, 1990)

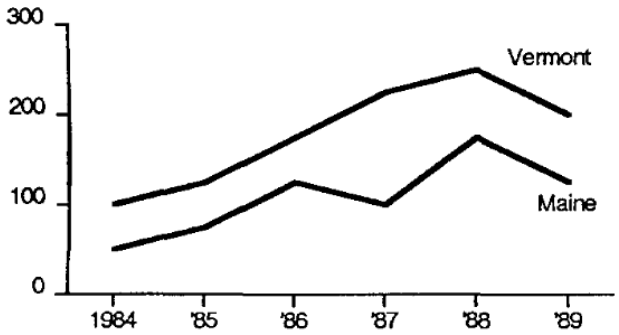
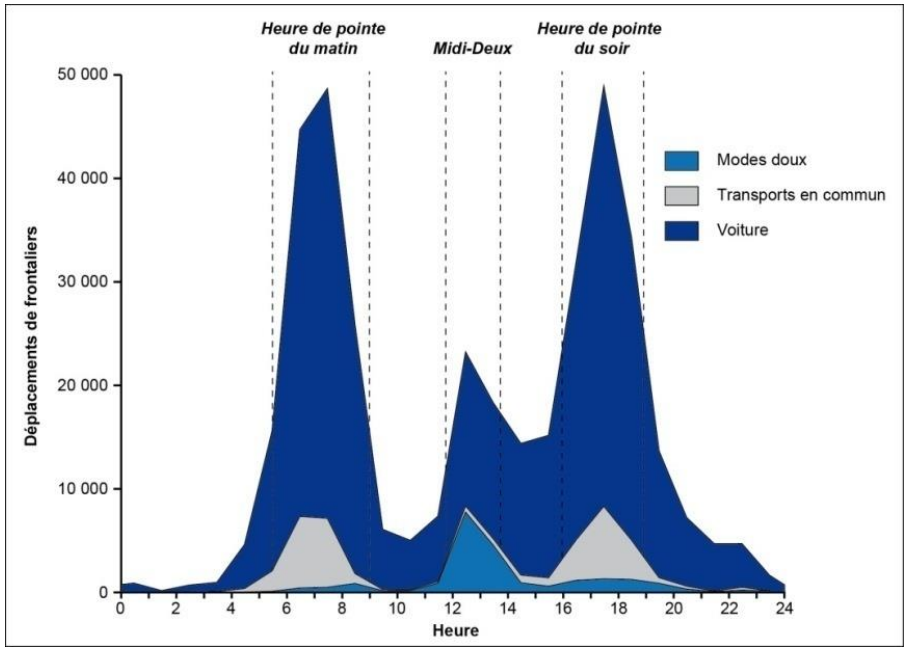


FIGURE 1. *A typical time-series graph, with time scaled along the horizontal axis and the attribute scaled along the vertical axis. Two trend lines, both with a place-name label, illustrate geographic variation in an aspatial context.*

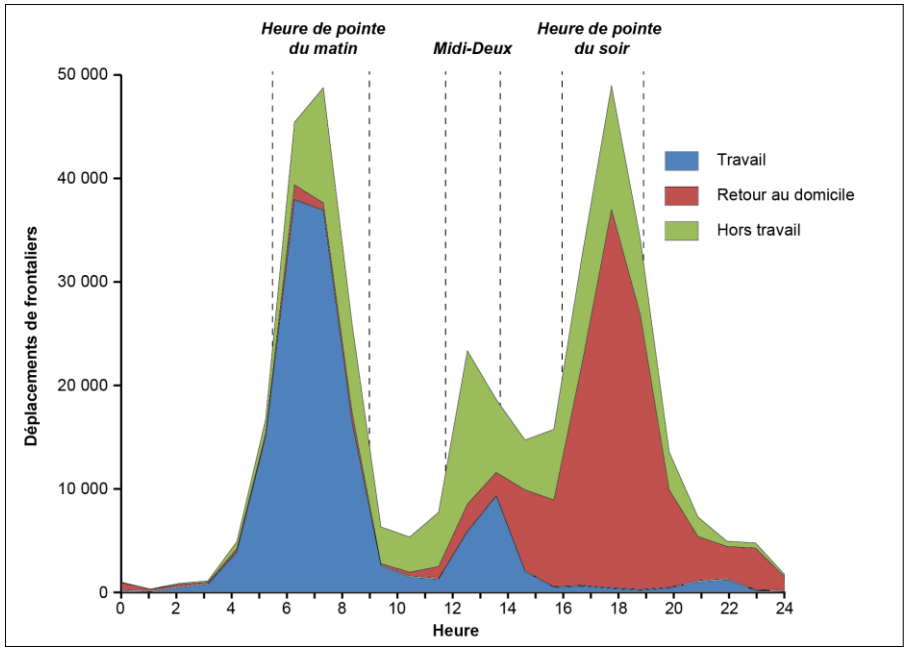
1. REPRÉSENTER LE TEMPS

D'autres exemples classiques de séries temporelles

Comment les frontaliers se déplacent-ils ?



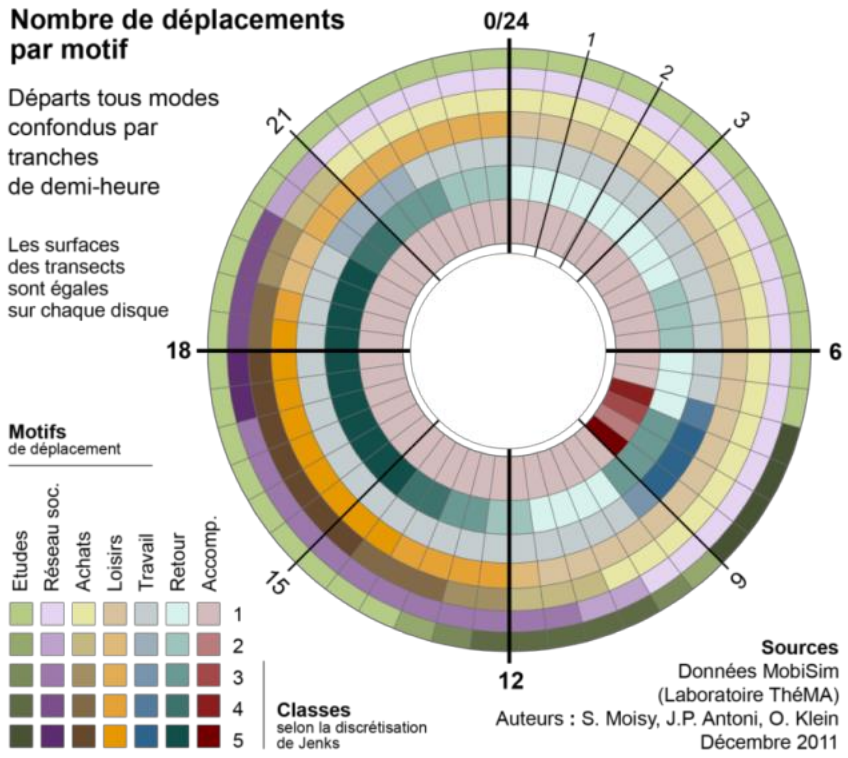
Pourquoi les frontaliers se déplacent-ils ?

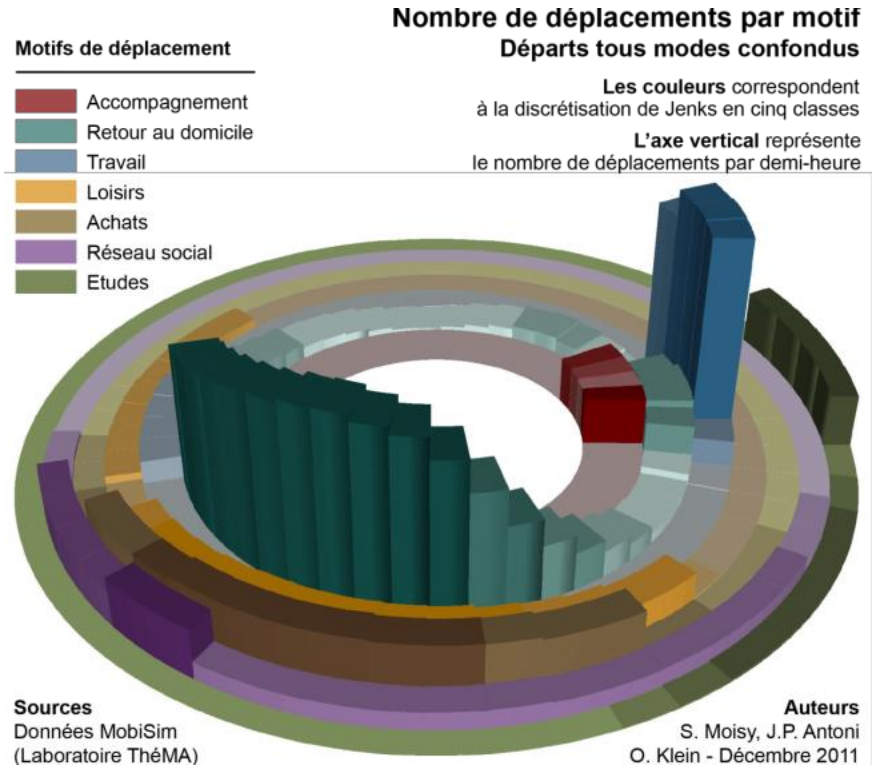


O. Klein (2012) – Enquête Mobilité des Frontaliers

1. REPRÉSENTER LE TEMPS

Des versions dérivées de ces graphiques…

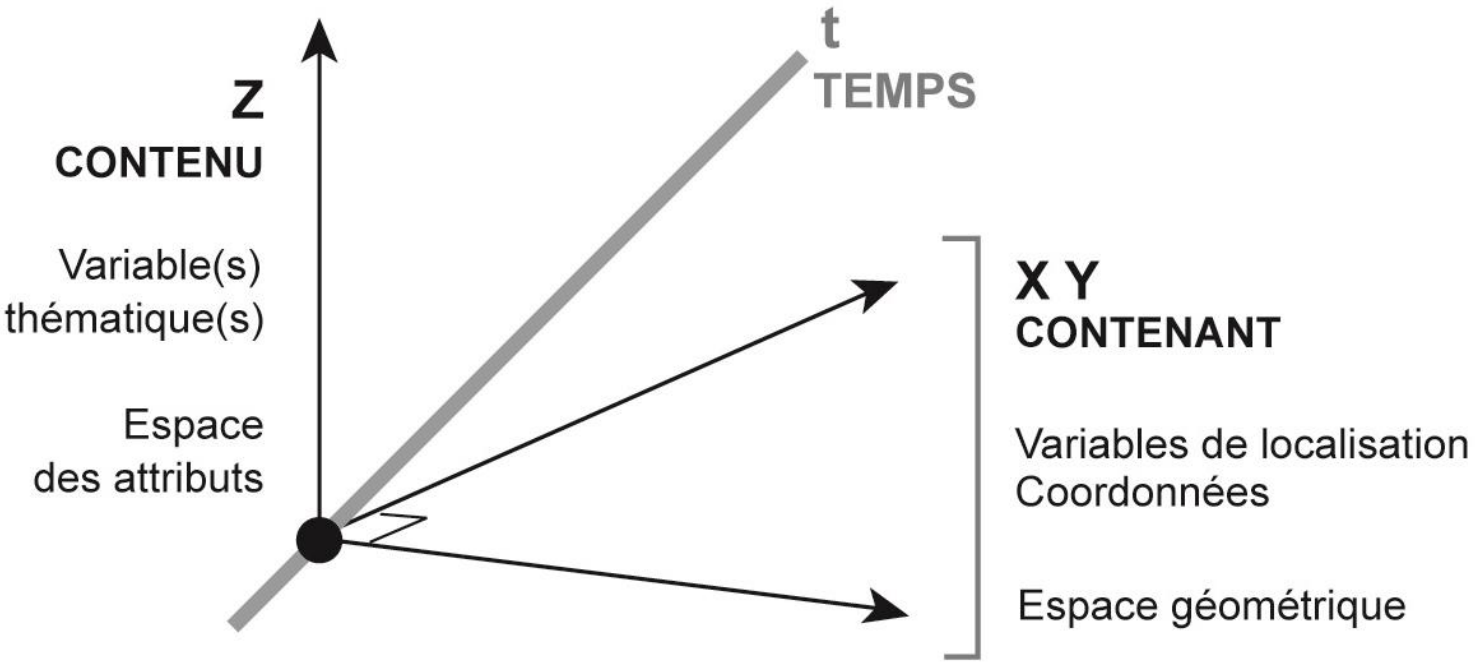




1. REPRÉSENTER LE TEMPS

Du temps à l'espace-temps

- si le phénomène est spatialisé, l'objet d'étude est bien plus complexe
- nécessité d'appréhender visuellement l'espace et le temps



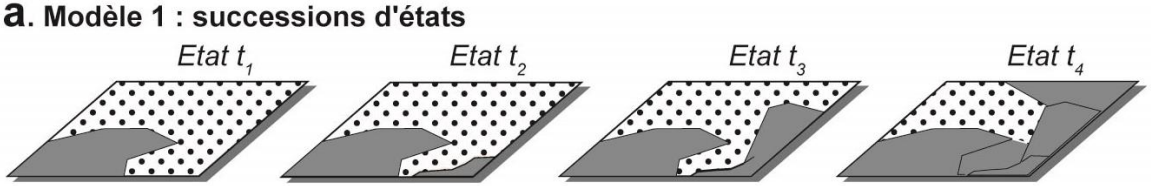
2. Visualiser l’espace-temps

2. VISUALISER L'ESPACE-TEMPS

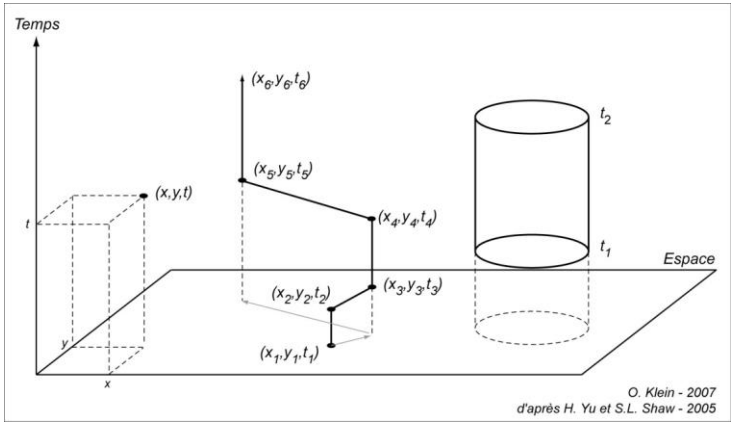
Trois conceptions du temps en cartographie

- Le temps, variable cartographique (**Durée, Taux de changement, Ordre) (Cf. MacEachren, « Time as a Cartographic Variable »)**

- Le temps, **nouvelle composante projetée** sur le plan spatial



- Le temps, **4ème dimension**



2. VISUALISER L'ESPACE-TEMPS

Deux types de changements

- **Variation attributaire dans le temps.** Un phénomène [Z] est localisé en un lieu [XY] à différents moments du temps [t1, t2, …, tn] et son contenu peut varier à chaque temps.

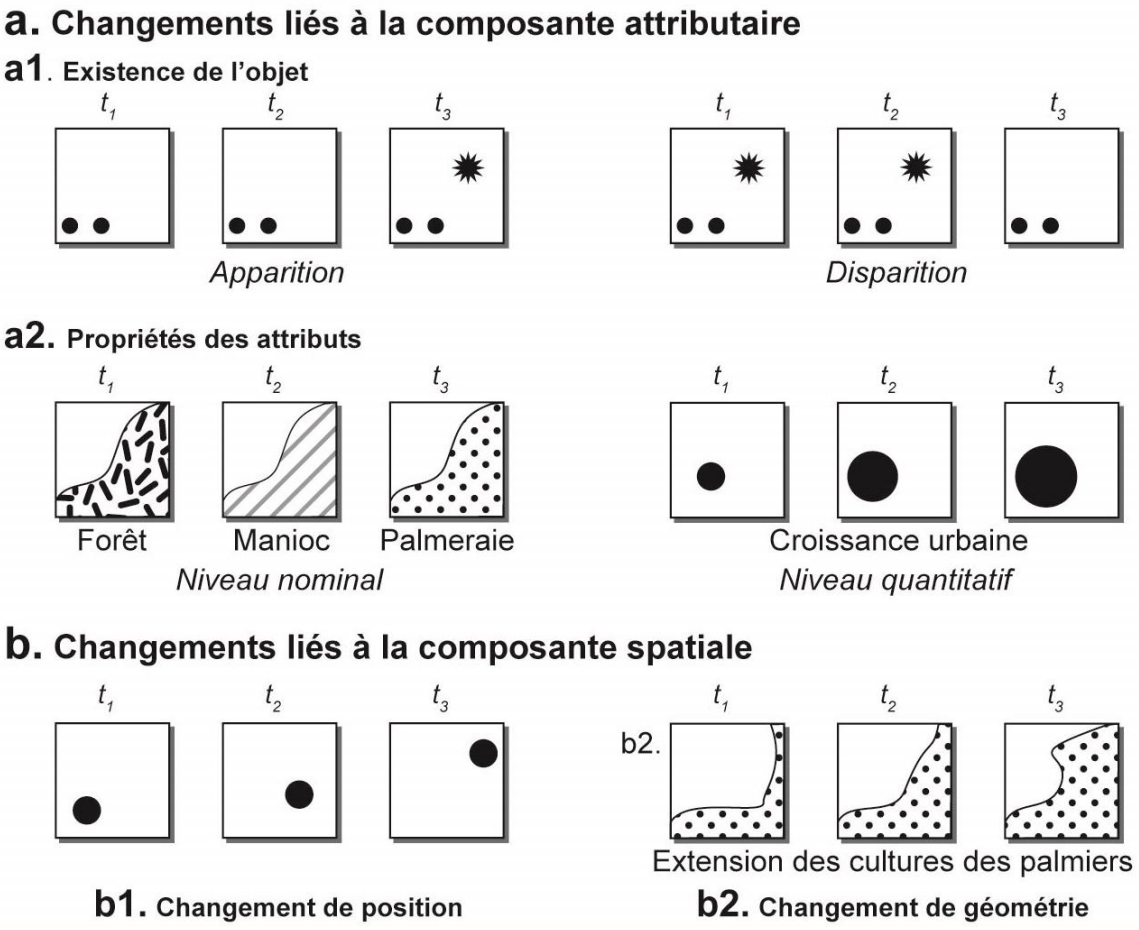
➢ **Changements attributaires**

- **Mouvement.** Un phénomène [Z] peut être en un lieu [X1,Y1] au temps t1, en un autre lieu [X2,Y2] au temps t2, etc.

➢ **Changements liés à la composante spatiale**

2. VISUALISER L'ESPACE-TEMPS

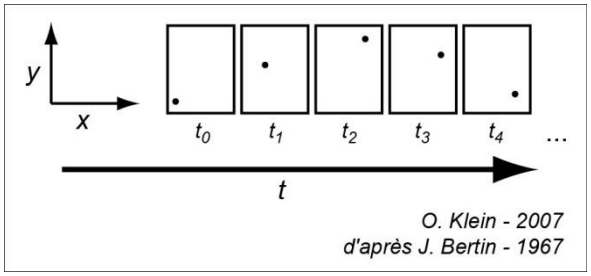
- **Changements attributaires et spatiaux**



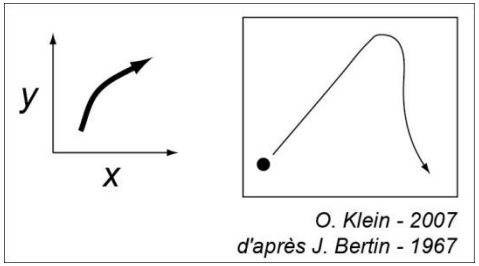
2. VISUALISER L'ESPACE-TEMPS

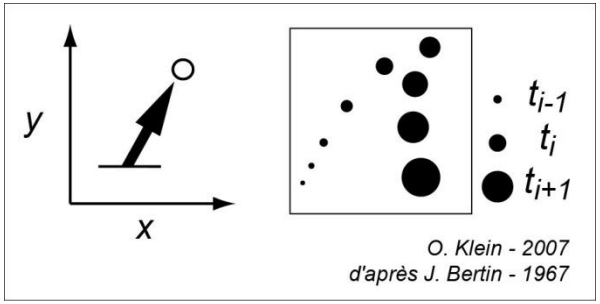
2.1. Une approche sémiotique : une cartographie statique du temps

- des solutions avancées par J. Bertin
  - Construction d'une **série d'images**
  - Représenter la **trace** et le sens des mobiles
  - Diviser le temps en **catégories ordonnées**
  - **Flèches** et traces orientées d'un point



- une synthèse proposée par I. Vasiliev (1996, 1997)
  - Le temps comme **moment**
    (information statique, variable nominale)
  - Le temps comme **durée**
    (variable quantitative)
  - Le temps comme **élément structurant**
    (fréquence)
  - Le temps comme **distance**
    (ex: isochrones, iso-accessibilités)
  - L'espace comme **horloge**
    (ex: fuseaux horaires)

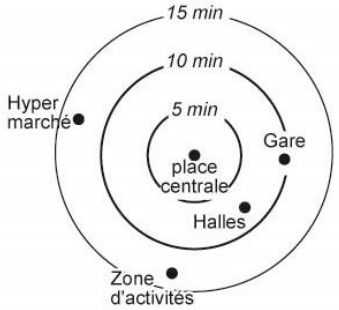
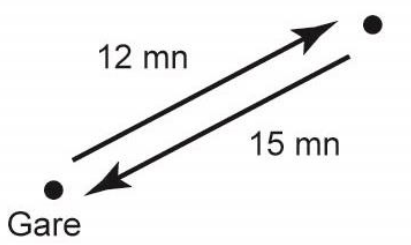
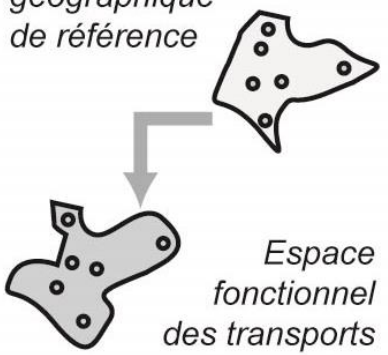




2. VISUALISER L'ESPACE-TEMPS

2.1. Une approche sémiotique : une cartographie statique du temps

Le temps comme distance

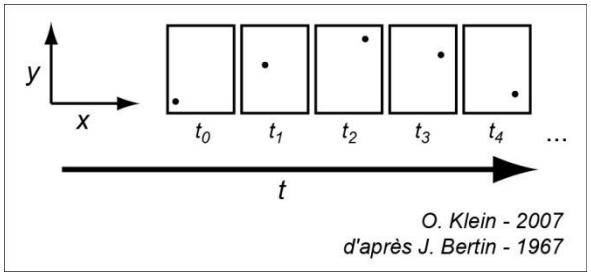
Temps comme distance	*Position temporelle des lieux à partir de la place centrale*	*Distance-temps en voiture*	*Espace géographique de référence*
Intervalle de temps Direction et/ou distance temporelles			

- Isochrones, isoaccessibilités, anamorphoses (espace fonctionnel…)

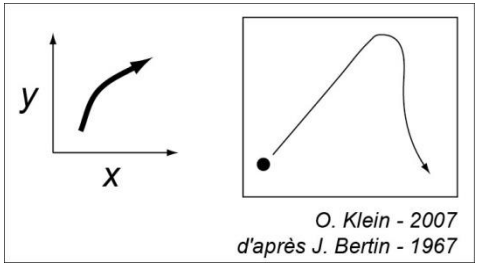
2. VISUALISER L'ESPACE-TEMPS

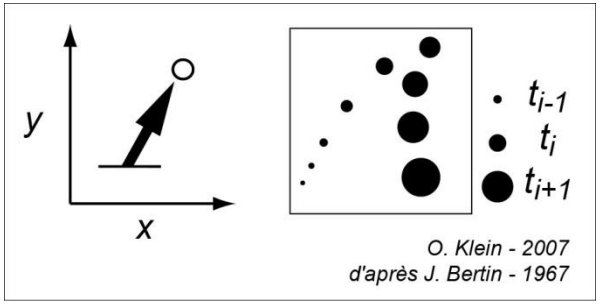
2.1. Une approche sémiotique : une cartographie statique du temps

- des solutions avancées par J. Bertin
  - Construction d'une **série d'images**
  - Représenter la **trace** et le sens des mobiles
  - Diviser le temps en **catégories ordonnées**
  - **Flèches** et traces orientées d'un point



- une synthèse proposée par I. Vasiliev (1996, 1997)
  - Le temps comme **moment**
    (information statique, variable nominale)
  - Le temps comme **durée**
    (variable quantitative)
  - Le temps comme **élément structurant**
    (fréquence)
  - Le temps comme **distance**
    (ex: isochrones, iso-accessibilités)
  - L'espace comme **horloge**
    (ex: fuseaux horaires)

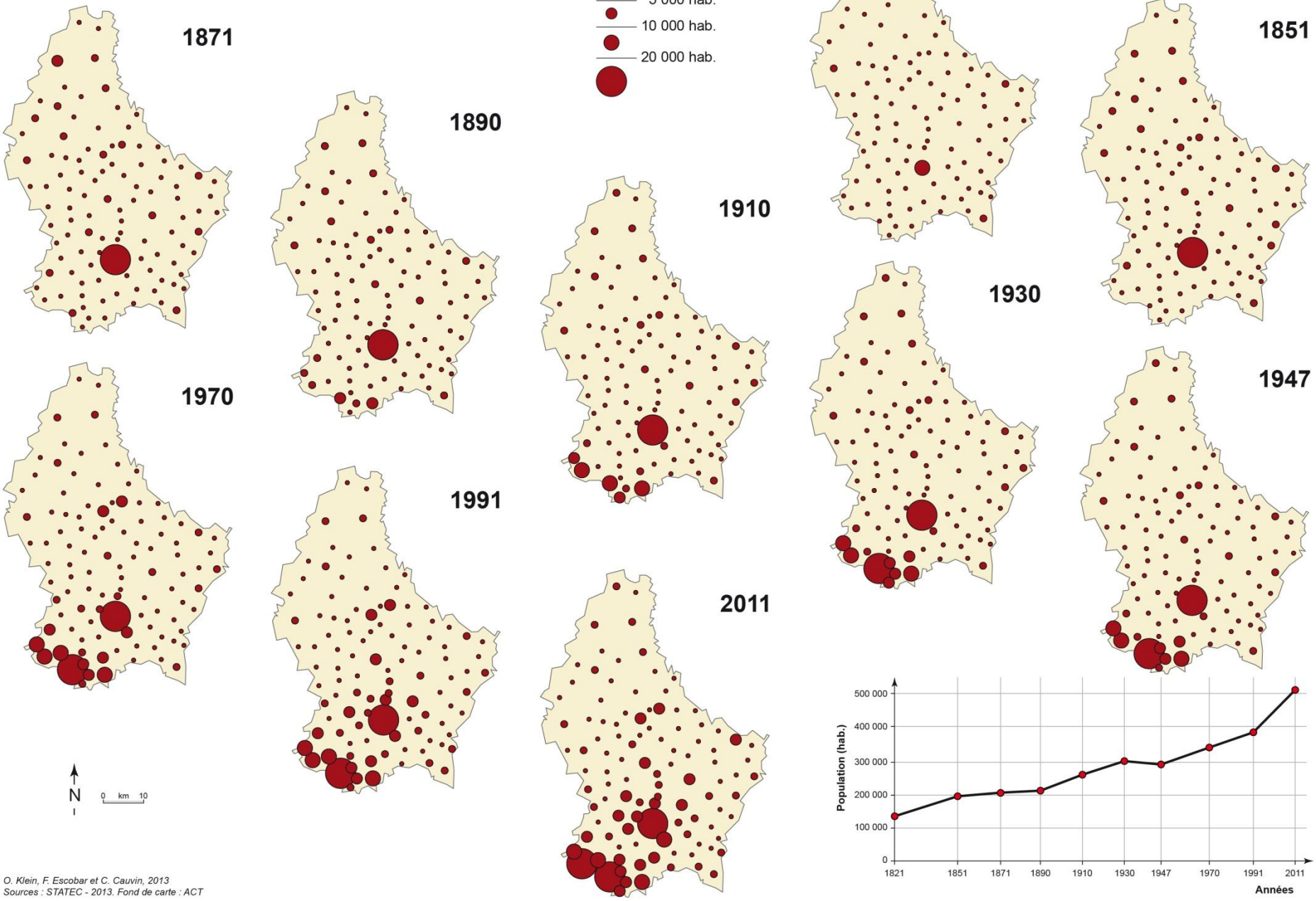




➢ ***quelques exemples…***

Population par commune au Luxembourg

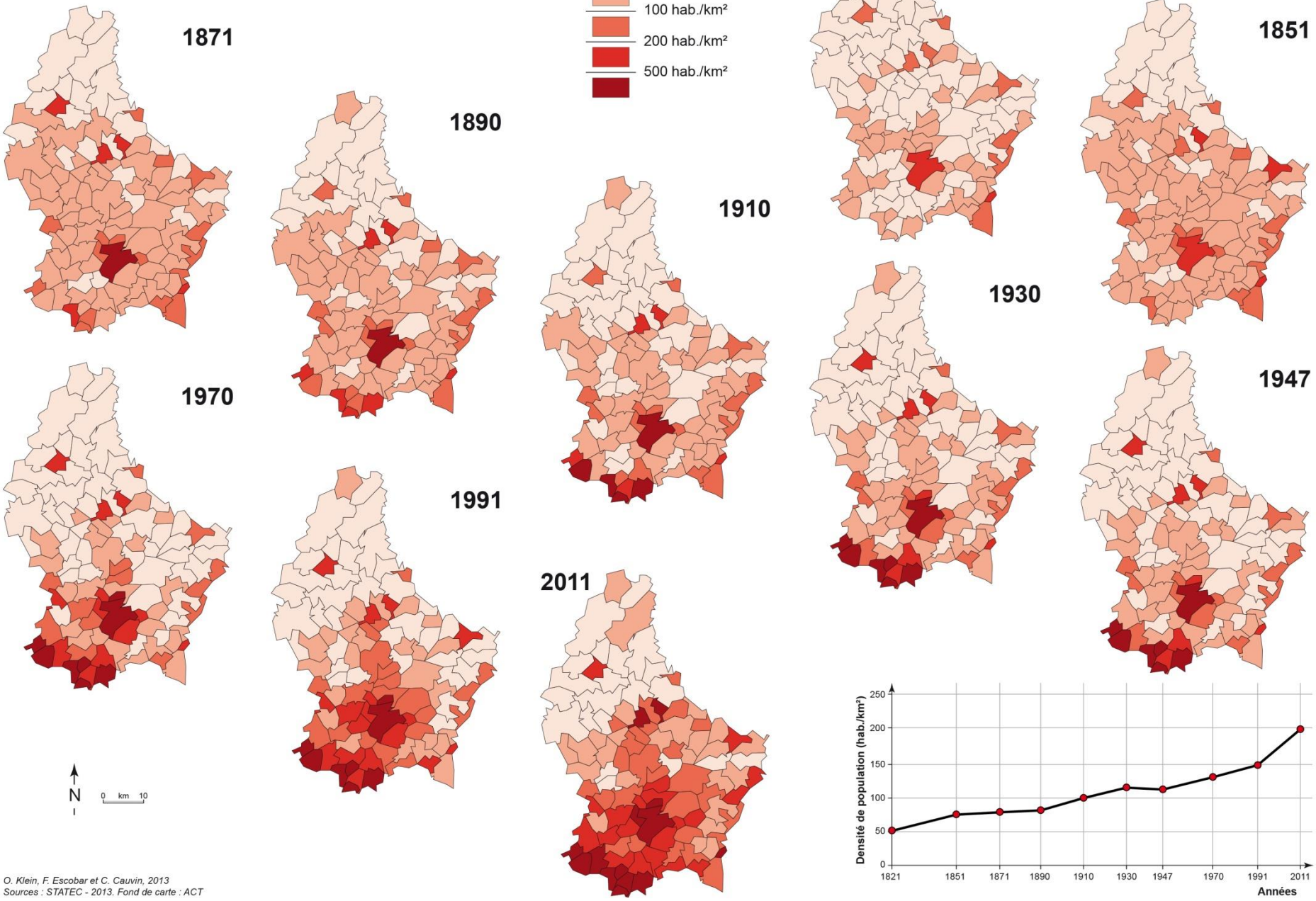
Evolution 1821-2011



O. Klein, F. Escobar et C. Cauvin, 2013
Sources : STATEC - 2013. Fond de carte : ACT

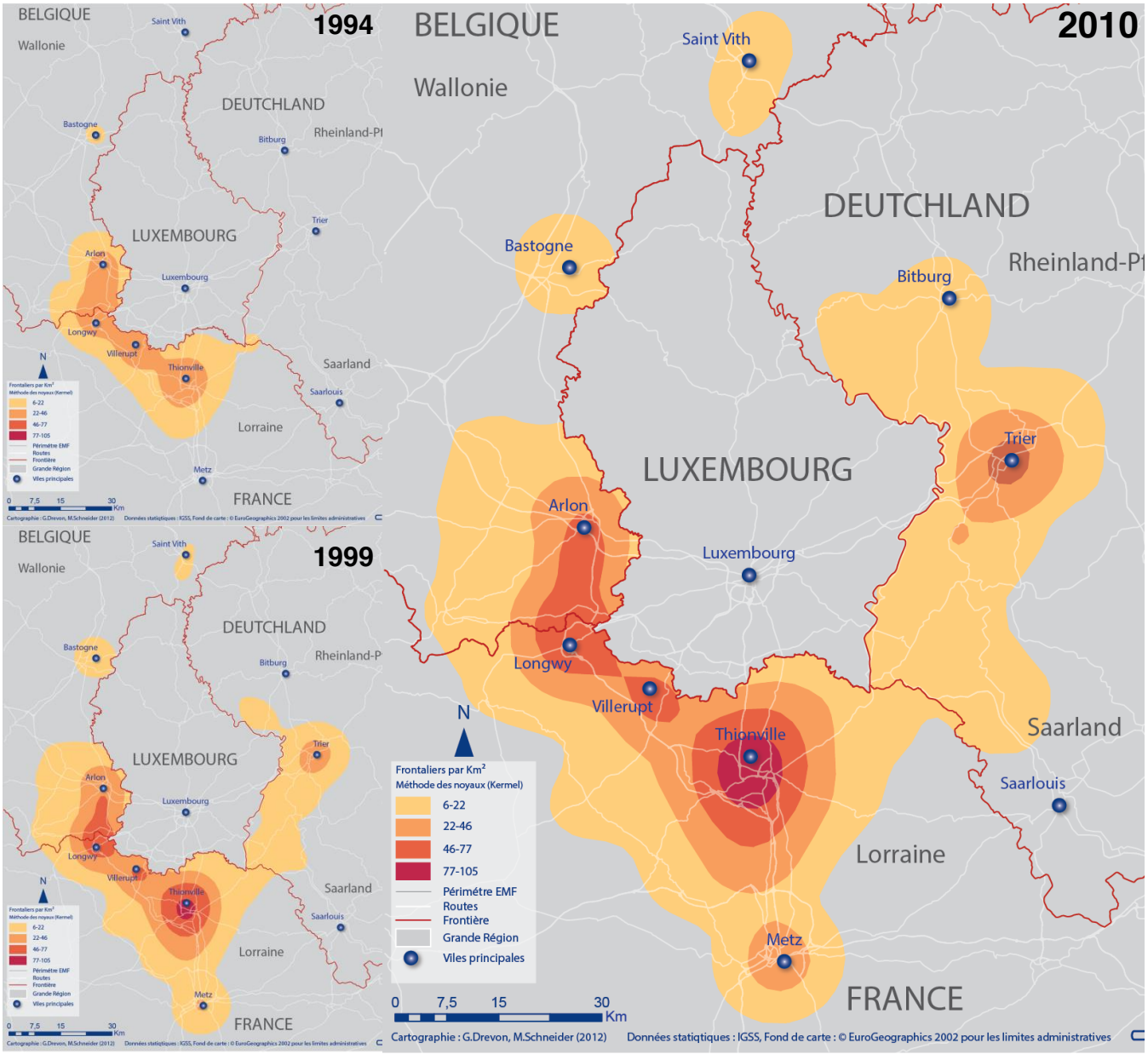
Densité de population au Luxembourg

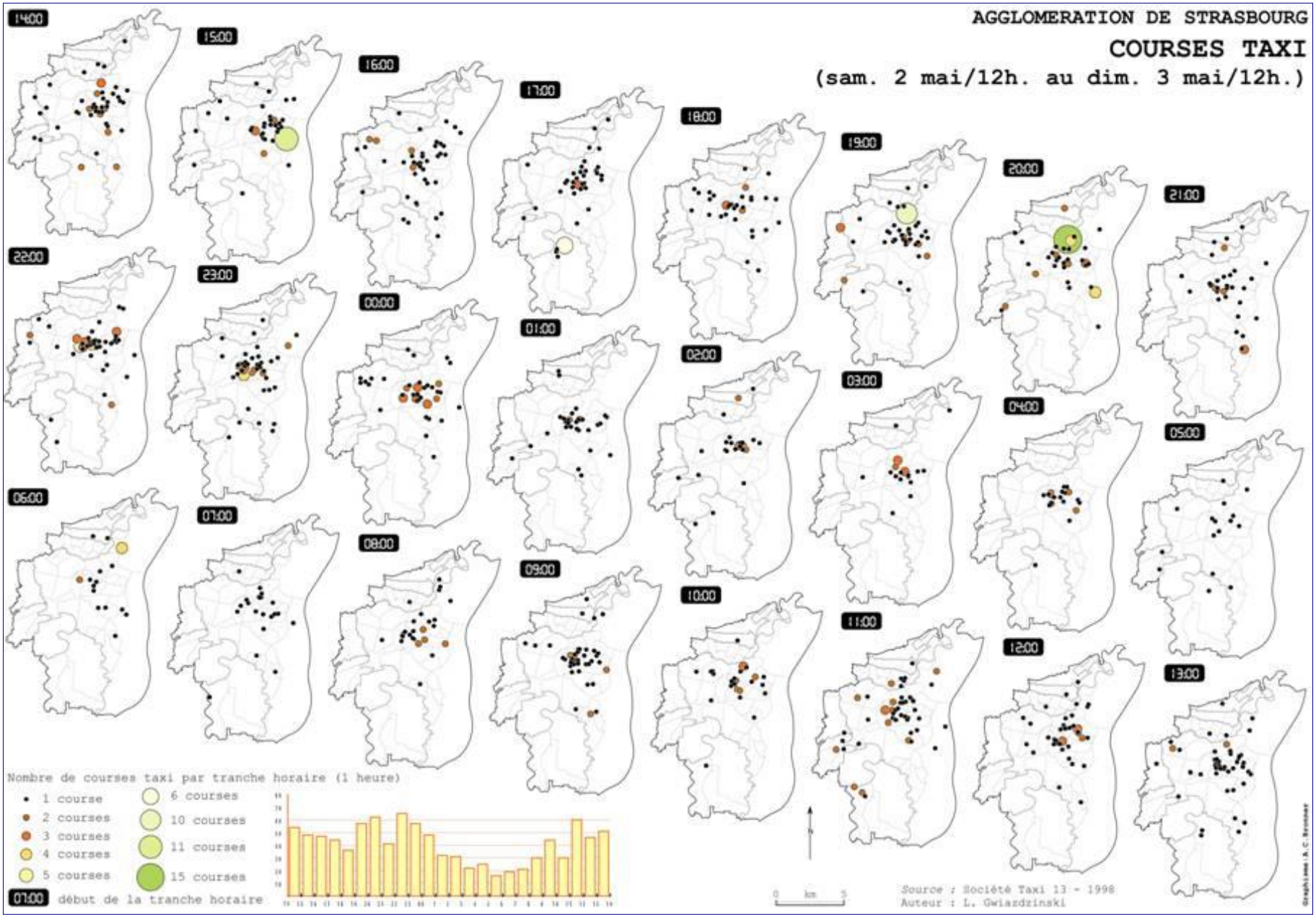
Evolution 1821-2011



O. Klein, F. Escobar et C. Cauvin, 2013
Sources : STATEC - 2013. Fond de carte : ACT

Densité de frontaliers au lieu de résidence




AGGLOMERATION DE STRASBOURG
COURSES TAXI
(sam. 2 mai/12h. au dim. 3 mai/12h.)
14:00
15:00
16:00
17:00
18:00
19:00
20:00
21:00
22:00
23:00
00:00
01:00
02:00
03:00
04:00
05:00
06:00
07:00
08:00
09:00
10:00
11:00
12:00
13:00
Nombre de courses taxi par tranche horaire (1 heure)
1 course
2 courses
3 courses
4 courses
5 courses
6 courses
10 courses
11 courses
15 courses
07:00 début de la tranche horaire
0 km 5
Source : Société Taxi 13 - 1998
Auteur : L. Gwiazdzinski

2. VISUALISER L'ESPACE-TEMPS

2.1. Une approche sémiotique : une cartographie statique du temps

- **Des solutions souvent trop complexes à interpréter**
- **Orientations retenues**
  - Augmenter les dimensions des représentations
  - Représenter le temps par le temps
- **Vers une cartographie animée**

2. VISUALISER L'ESPACE-TEMPS

2.2. Une cartographie dynamique du temps

Une solution : le recours à l'**animation**

Procédé de création d'une illusion de mouvement ou du changement grâce à l'affichage rapide d'une succession d'images comme dans un film ou une vidéo (Roncarelli, 1989)

2. VISUALISER L'ESPACE-TEMPS

2.2. Une cartographie dynamique du temps

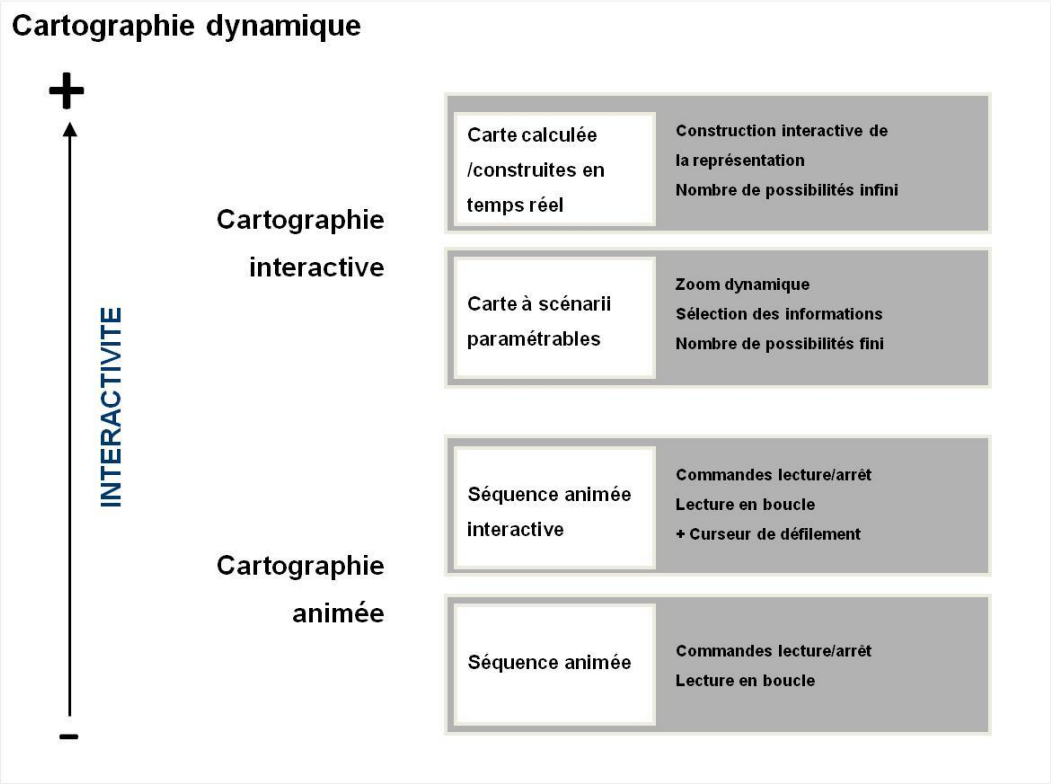
Un complément indispensable : l'**interactivité**

Procédé produisant une variété d'informations, temporelles ou spatiales, choisies par l'utilisateur grâce à la manipulation d'un écran d'ordinateur ou une souris ou un périphérique équivalent (Vasiliev, 1997)

2. VISUALISER L'ESPACE-TEMPS

2.2. Une cartographie dynamique du temps

Une interactivité plus ou moins élaborée…

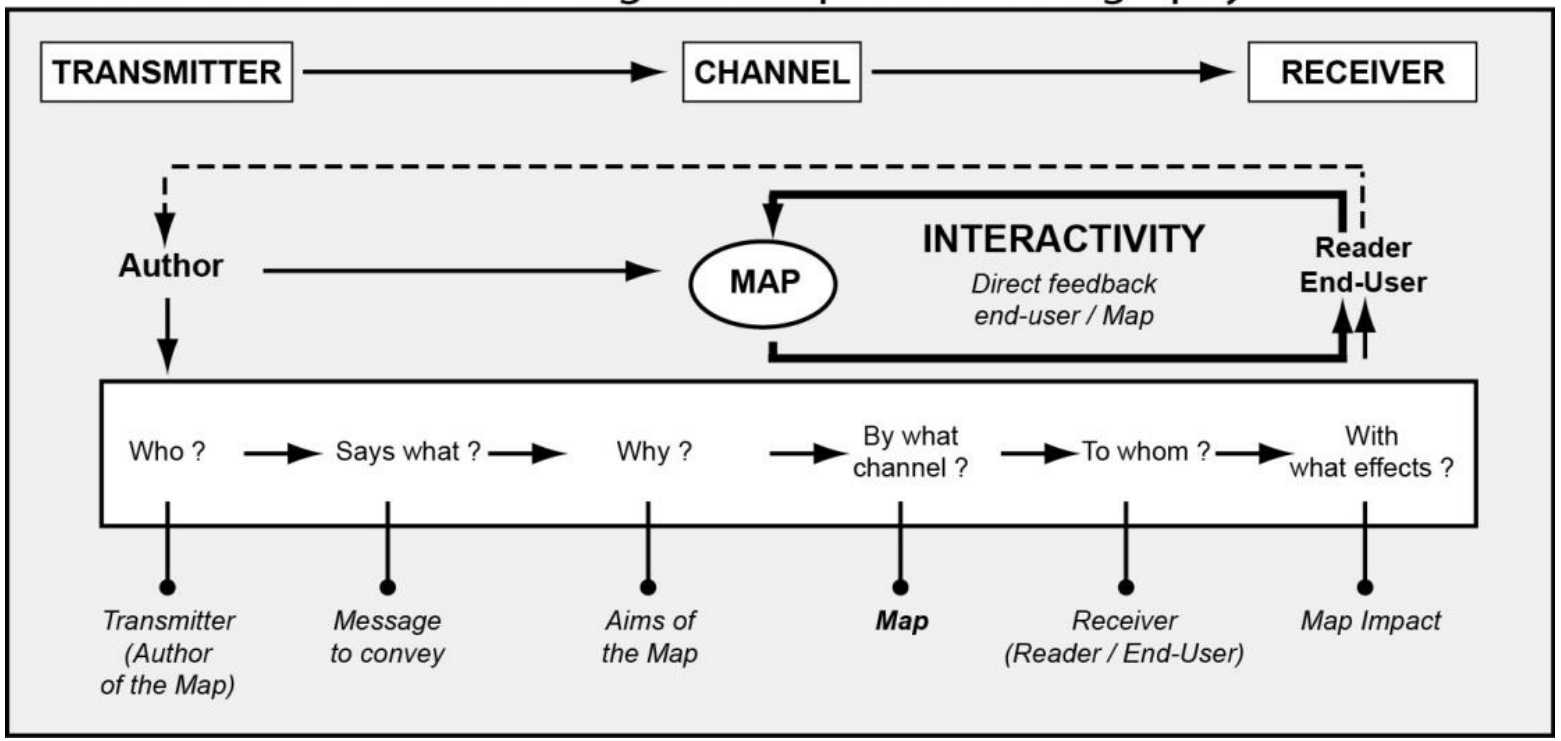


2. VISUALISER L'ESPACE-TEMPS

2.2. Une cartographie dynamique du temps

… qui modifie le canal de communication

Lasswell Communication Diagram adapted to Cartography

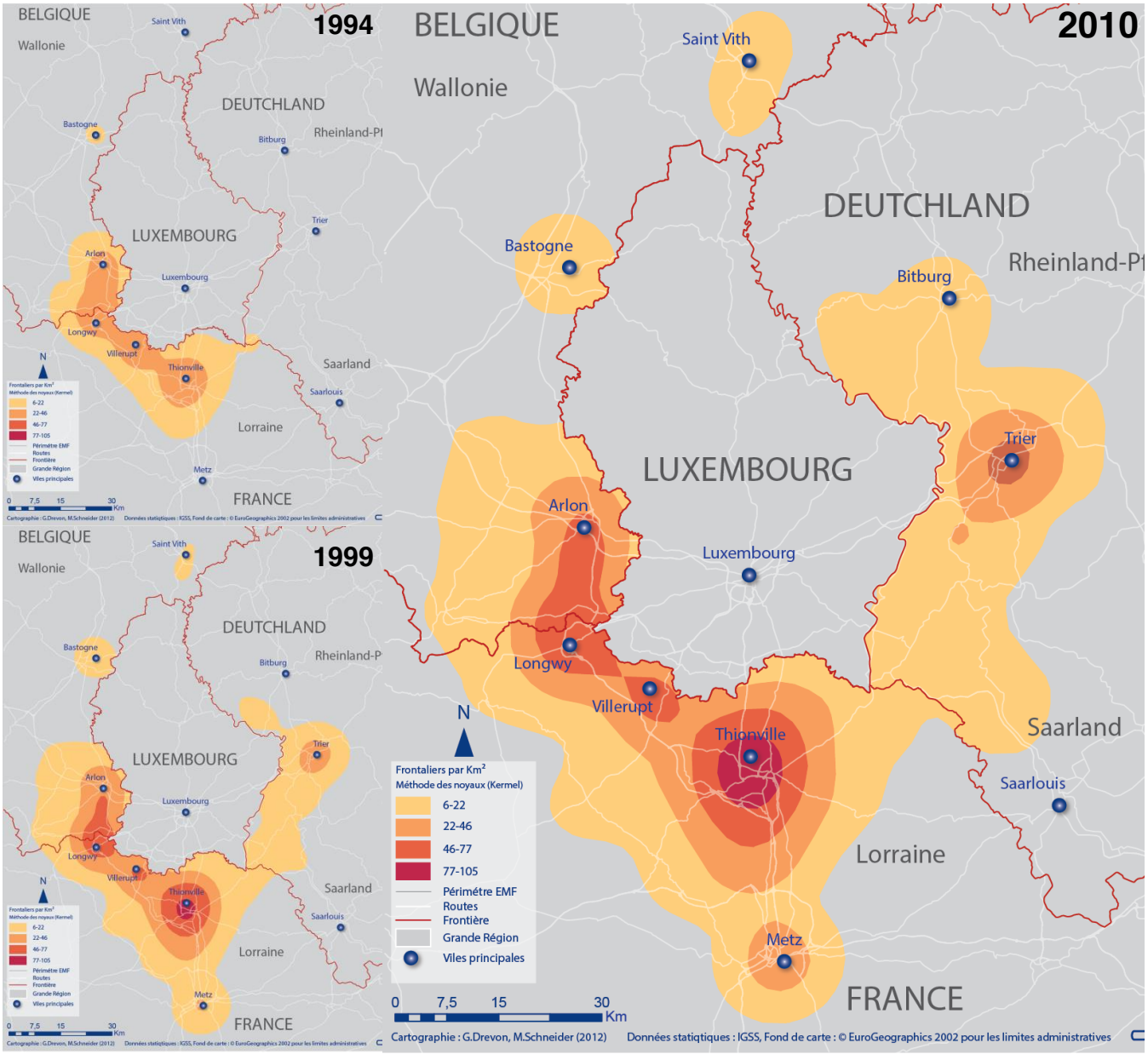


2. VISUALISER L'ESPACE-TEMPS

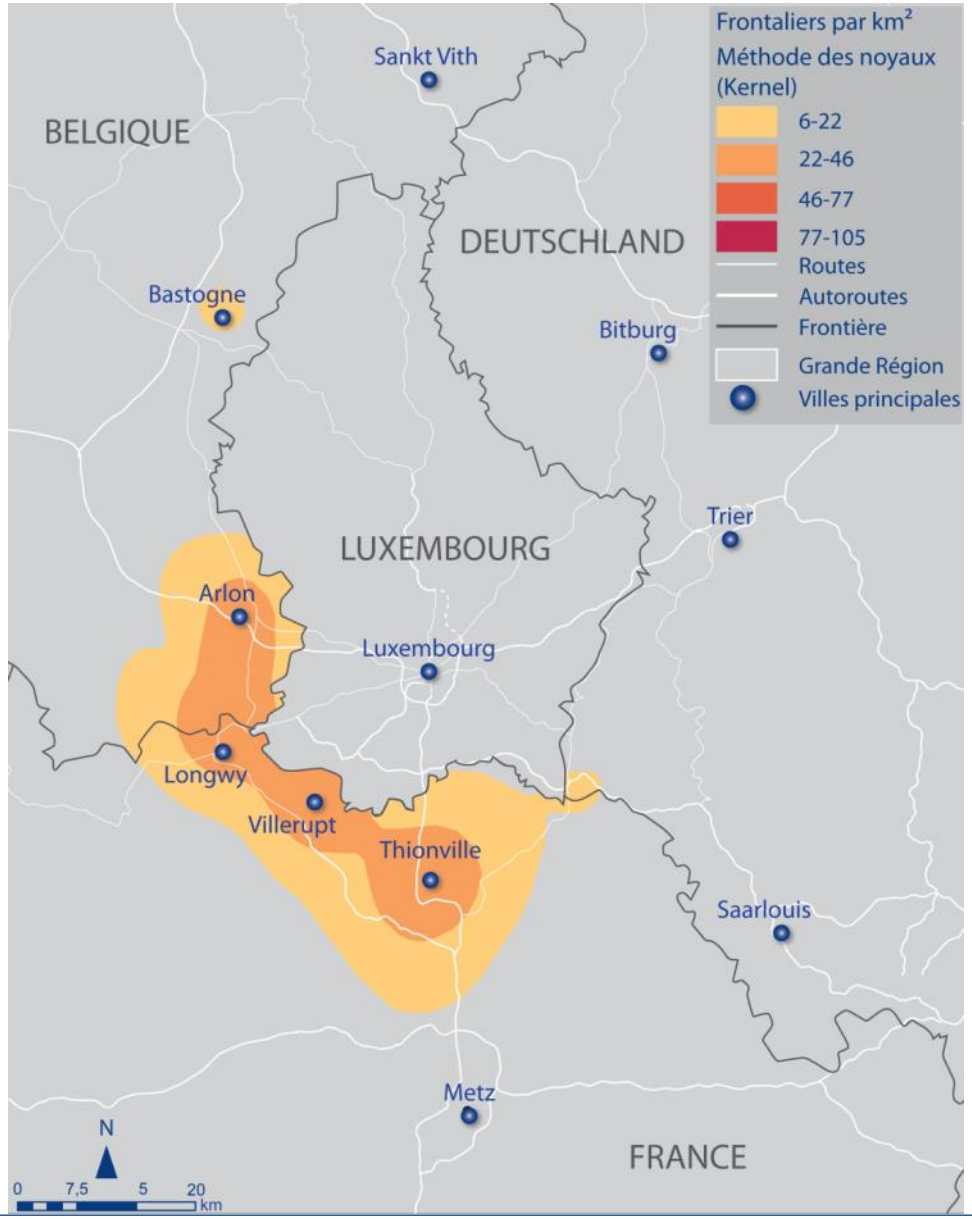
2.2. Une cartographie dynamique du temps

Quelques exemples très simples

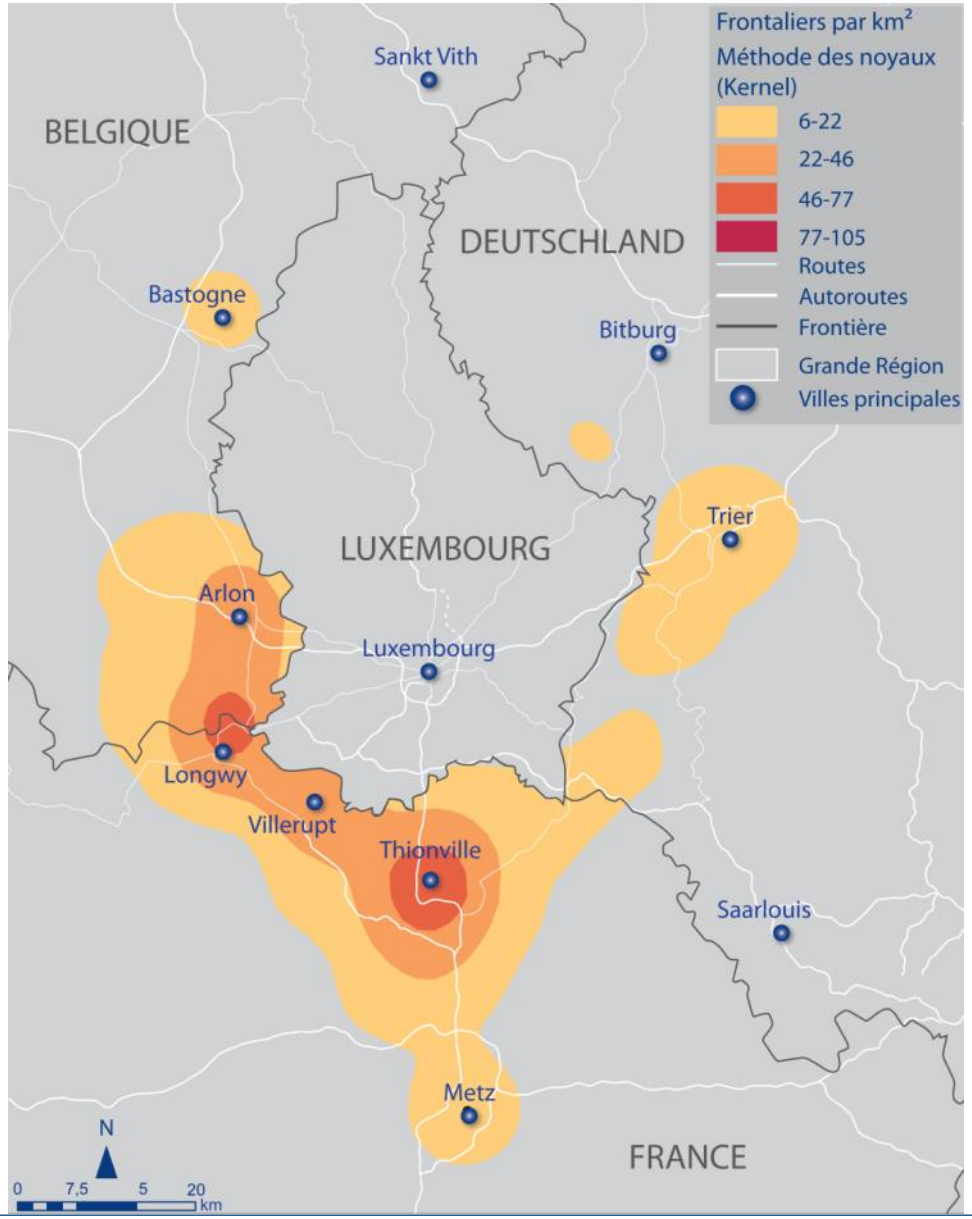
Densité de frontaliers au lieu de résidence



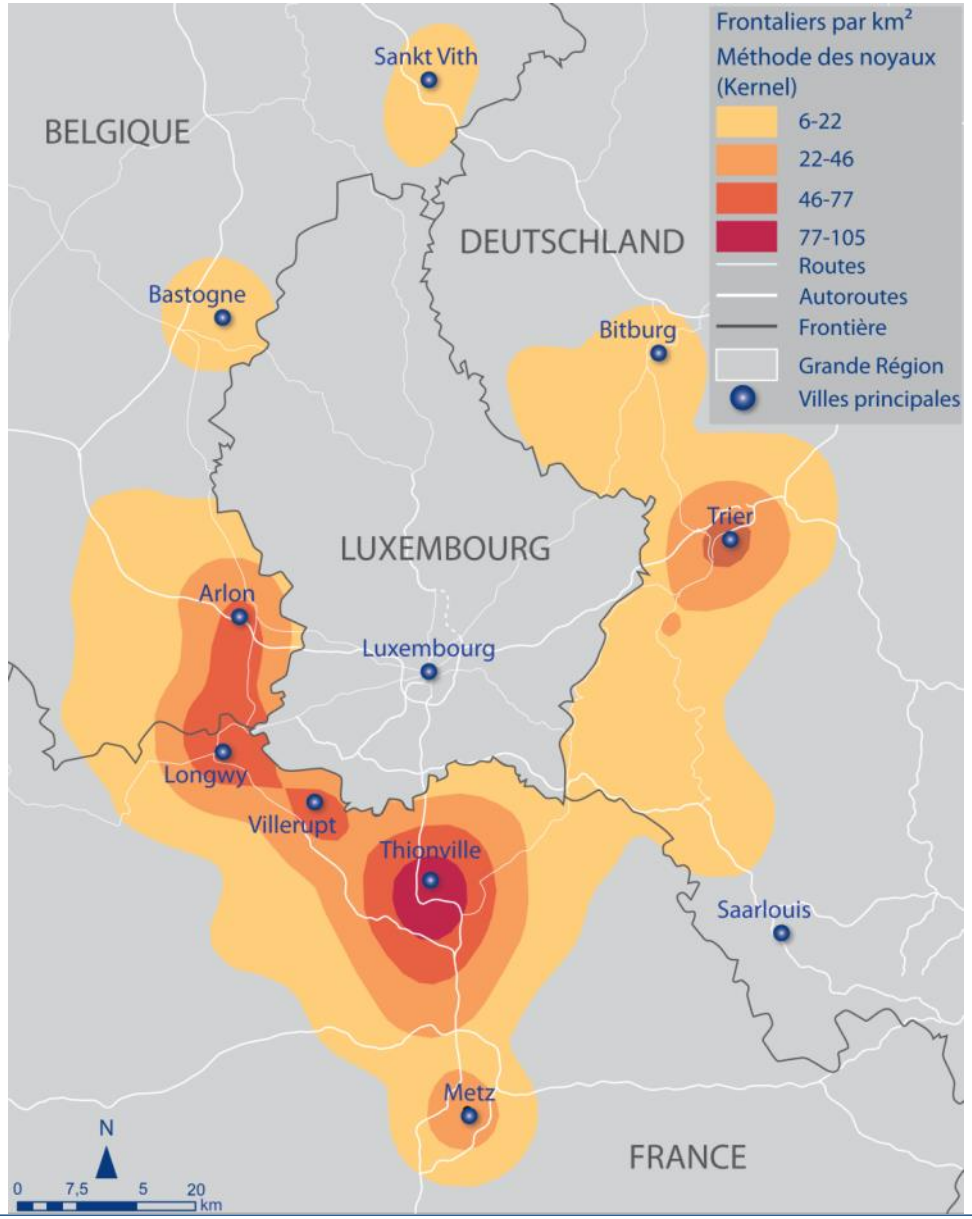
Densité de frontaliers au lieu de résidence 1994

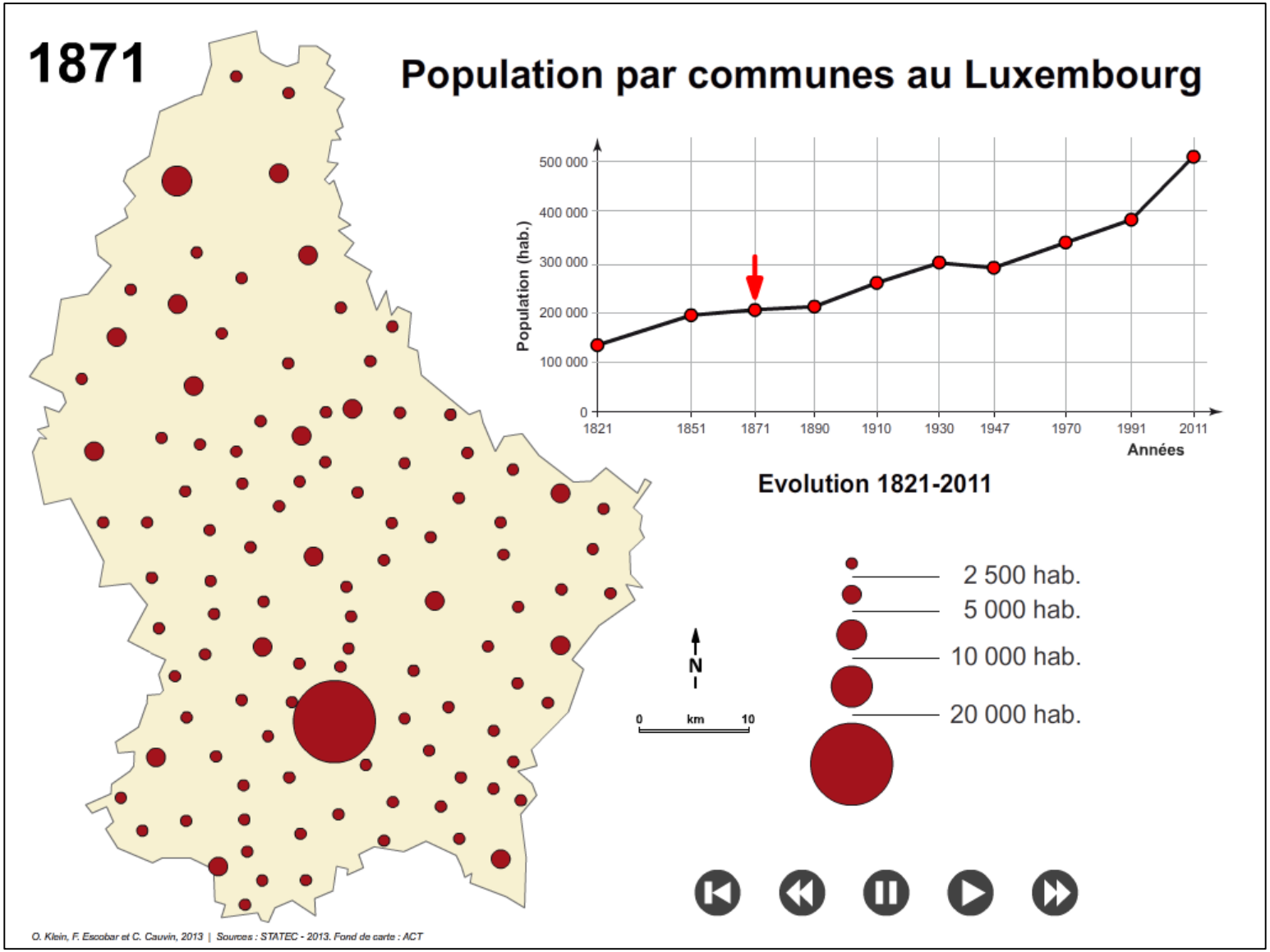


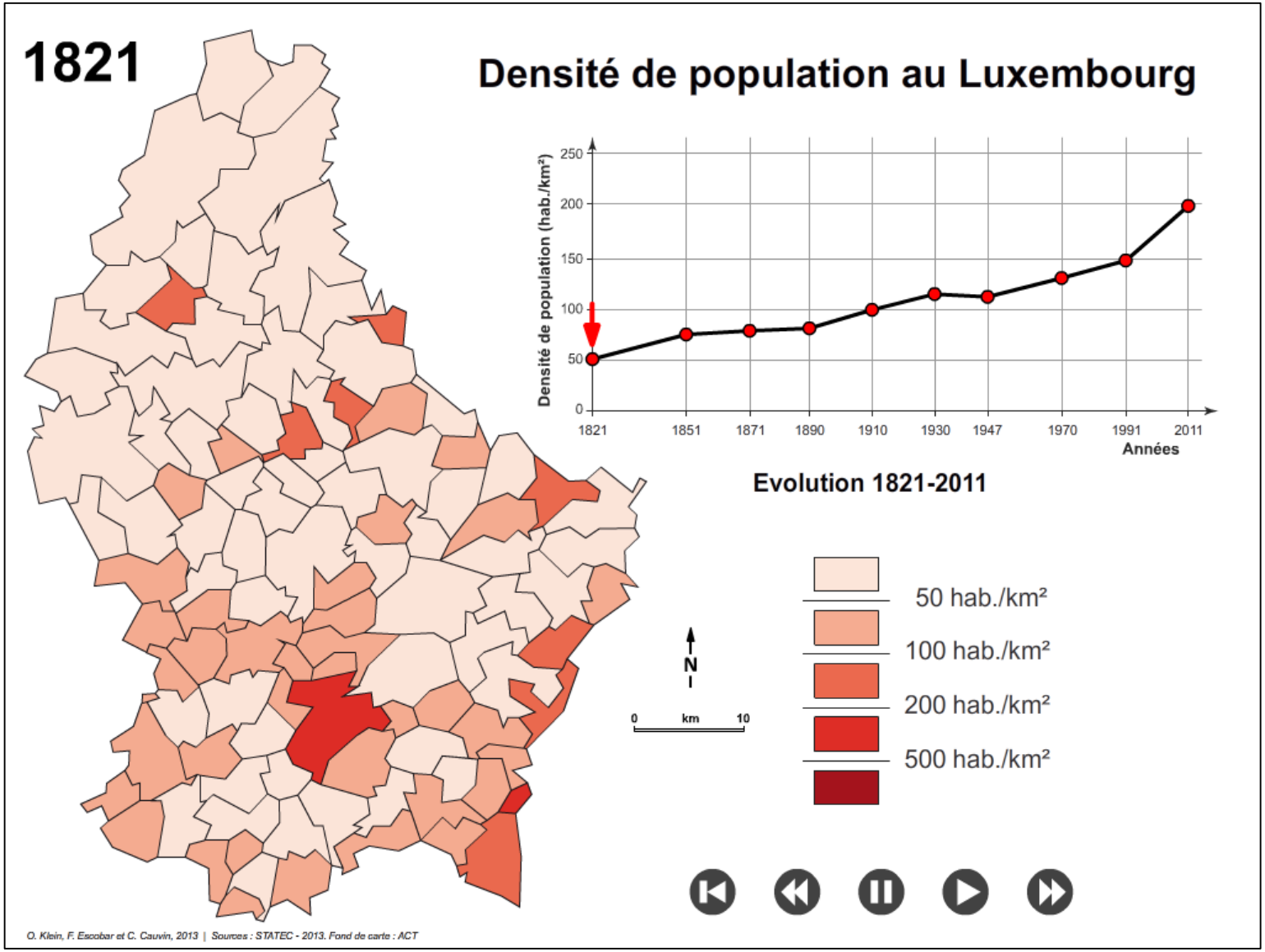
Densité de frontaliers au lieu de résidence 1999



Densité de frontaliers au lieu de résidence 2010




1871
Population par communes au Luxembourg
Population (hab.)
500 000
400 000
300 000
200 000
100 000
0
1821
1851
1871
1890
1910
1930
1947
1970
1991
2011
Années
Evolution 1821-2011
N
0
km
10
2 500 hab.
5 000 hab.
10 000 hab.
20 000 hab.
O. Klein, F. Escobar et C. Cauvin, 2013 | Sources : STATEC - 2013. Fond de carte : ACT


1821
Densité de population au Luxembourg
Densité de population (hab./km²)
250
200
150
100
50
0
1821
1851
1871
1890
1910
1930
1947
1970
1991
2011
Années
Evolution 1821-2011
N
0
km
10
50 hab./km²
100 hab./km²
200 hab./km²
500 hab./km²
O. Klein, F. Escobar et C. Cauvin, 2013 | Sources : STATEC - 2013. Fond de carte : ACT

2. VISUALISER L'ESPACE-TEMPS

2.2. Une cartographie dynamique du temps

Animation cartographique temporelle - Bilan

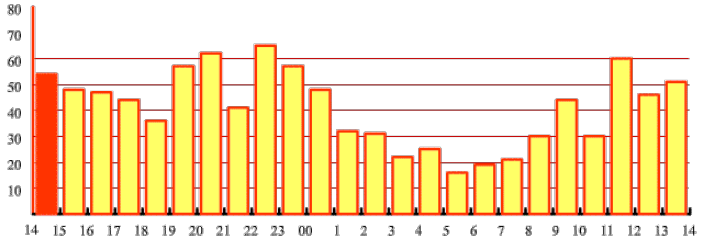
Intérêts :
- Représenter le temps par le temps
- Animer permet de recomposer mentalement l'évolution dans l'espace et dans le temps
- Associer animation et multi-représentation

Limites et précautions :
- Nécessité d'associer animation et interactivité
- Quel découpage temporel ?

2. VISUALISER L'ESPACE-TEMPS

2.2. Une cartographie dynamique du temps

L'interactivité, de nouvelles fonctions pour les légendes



2. VISUALISER L'ESPACE-TEMPS

2.2. Une cartographie dynamique du temps

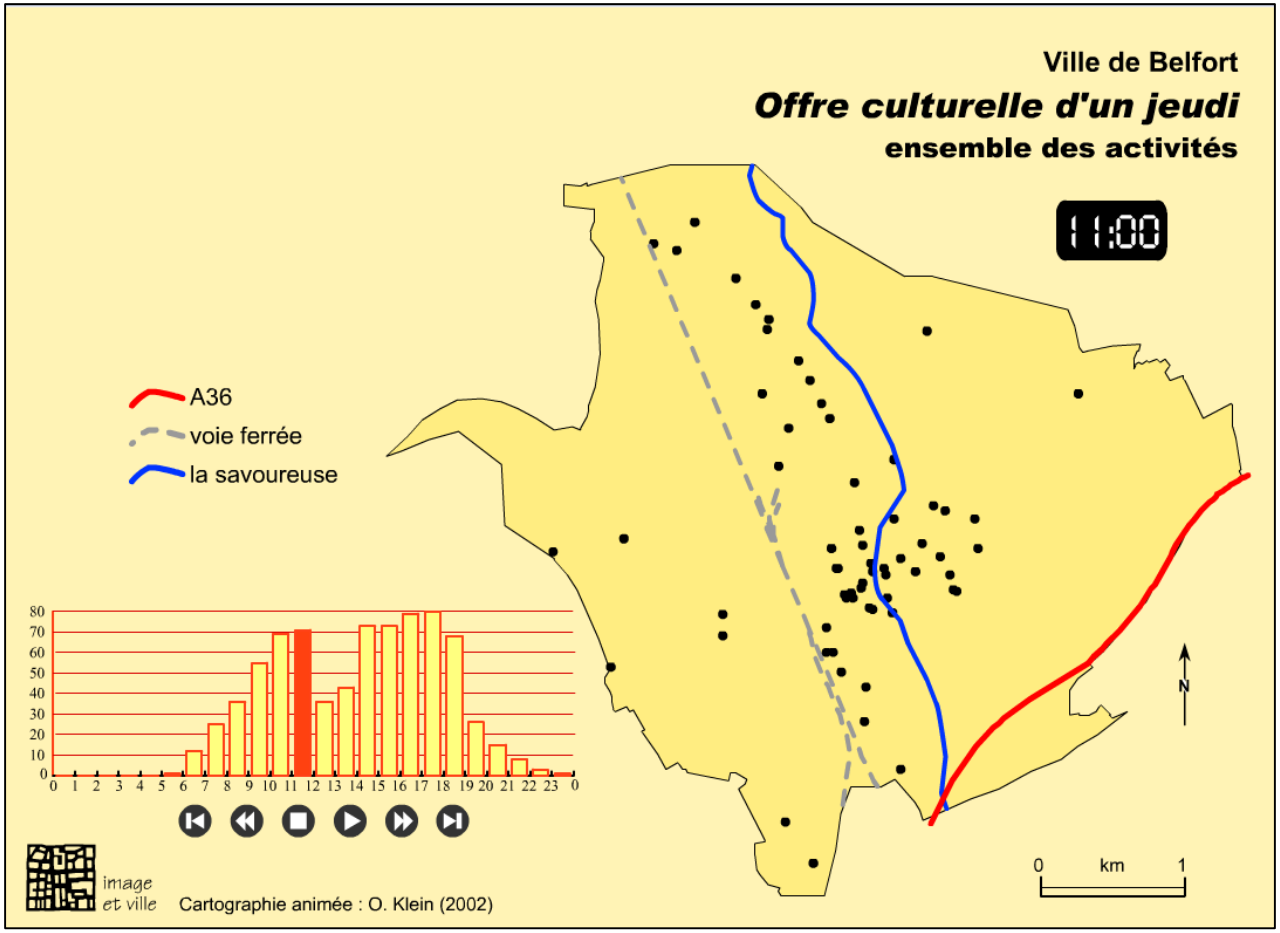
La question du découpage temporelle

Exemple : l'offre culturelle à Belfort

2. VISUALISER L'ESPACE-TEMPS

2.2. Une cartographie dynamique du temps

Animation



2. VISUALISER L'ESPACE-TEMPS

2.2. Une cartographie dynamique du temps

Exemple : l'offre culturelle à Belfort

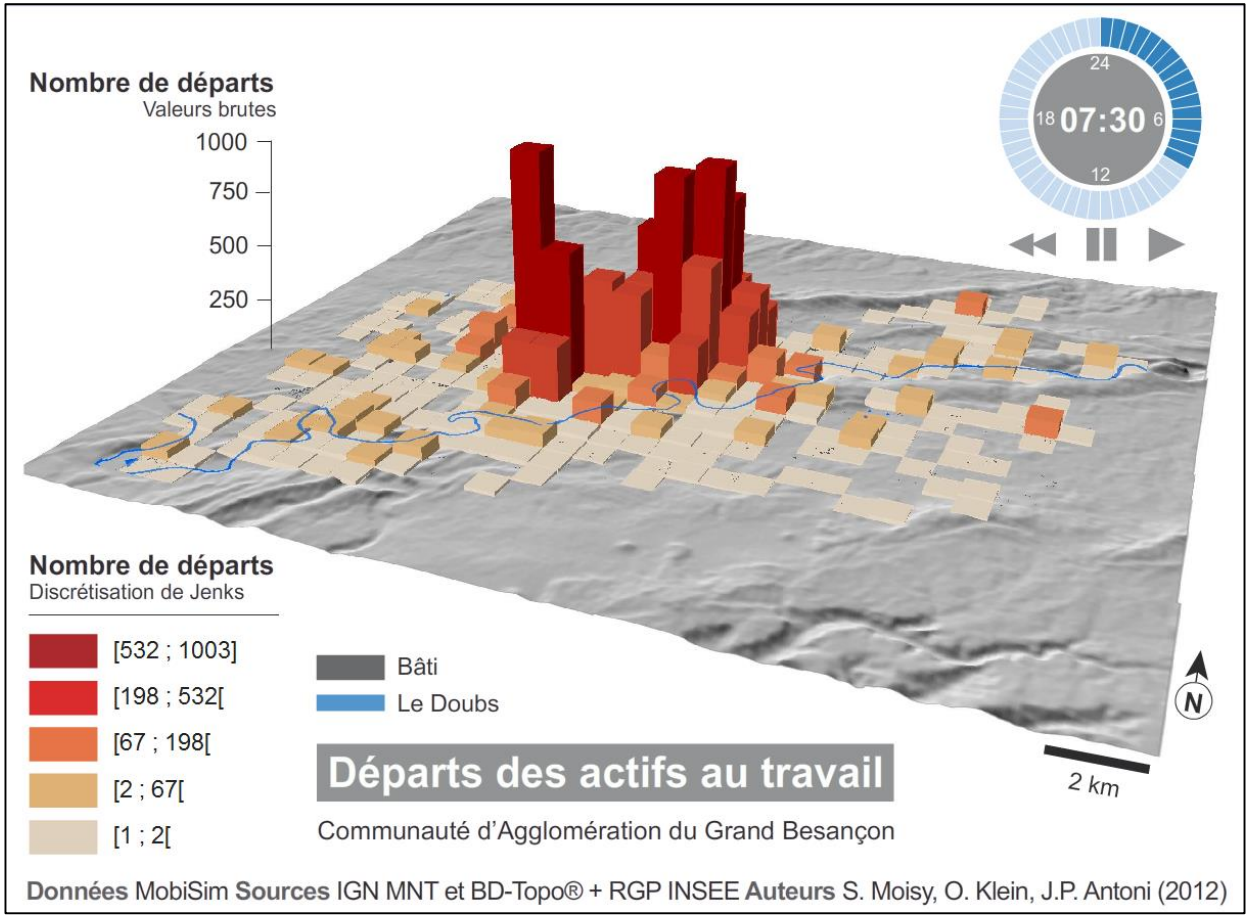
Un double constat
- La nuit est longue ;
- On ne sait pas vraiment quand elle commence ni finit.

Comment adapter la dynamique de la carte à la dynamique du phénomène étudié ?

2. VISUALISER L'ESPACE-TEMPS

2.2. Une cartographie dynamique du temps

Animation



2. VISUALISER L'ESPACE-TEMPS

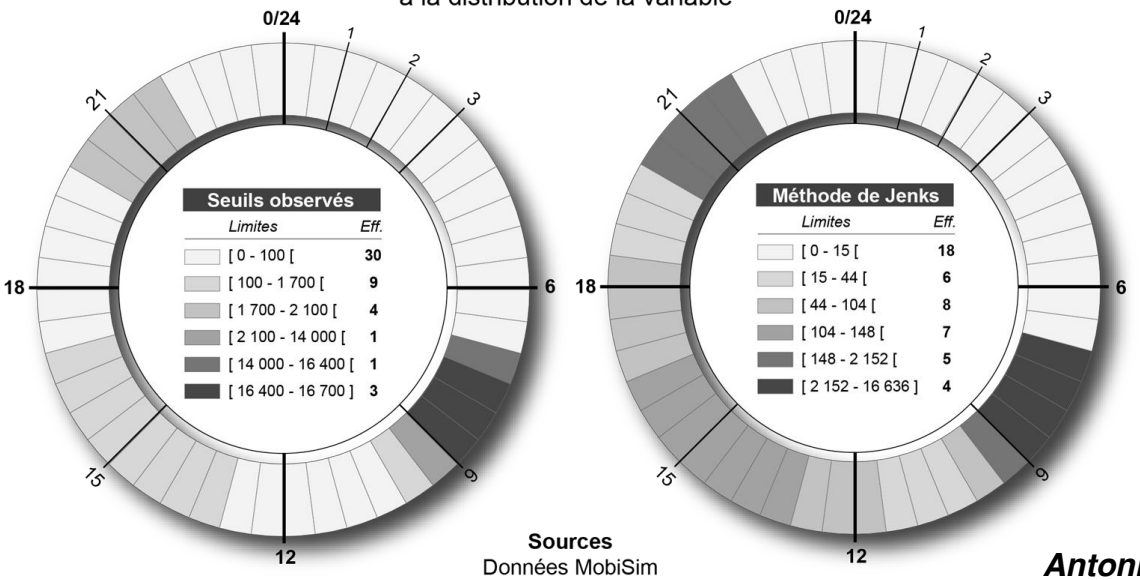
2.2. Une cartographie dynamique du temps

Représenter et identifier des périodes temporelles similaires

Discrétiser le temps comme sur une carte thématique

Discrétisation des départs par plage horaire

Test des deux méthodes adaptées
à la distribution de la variable



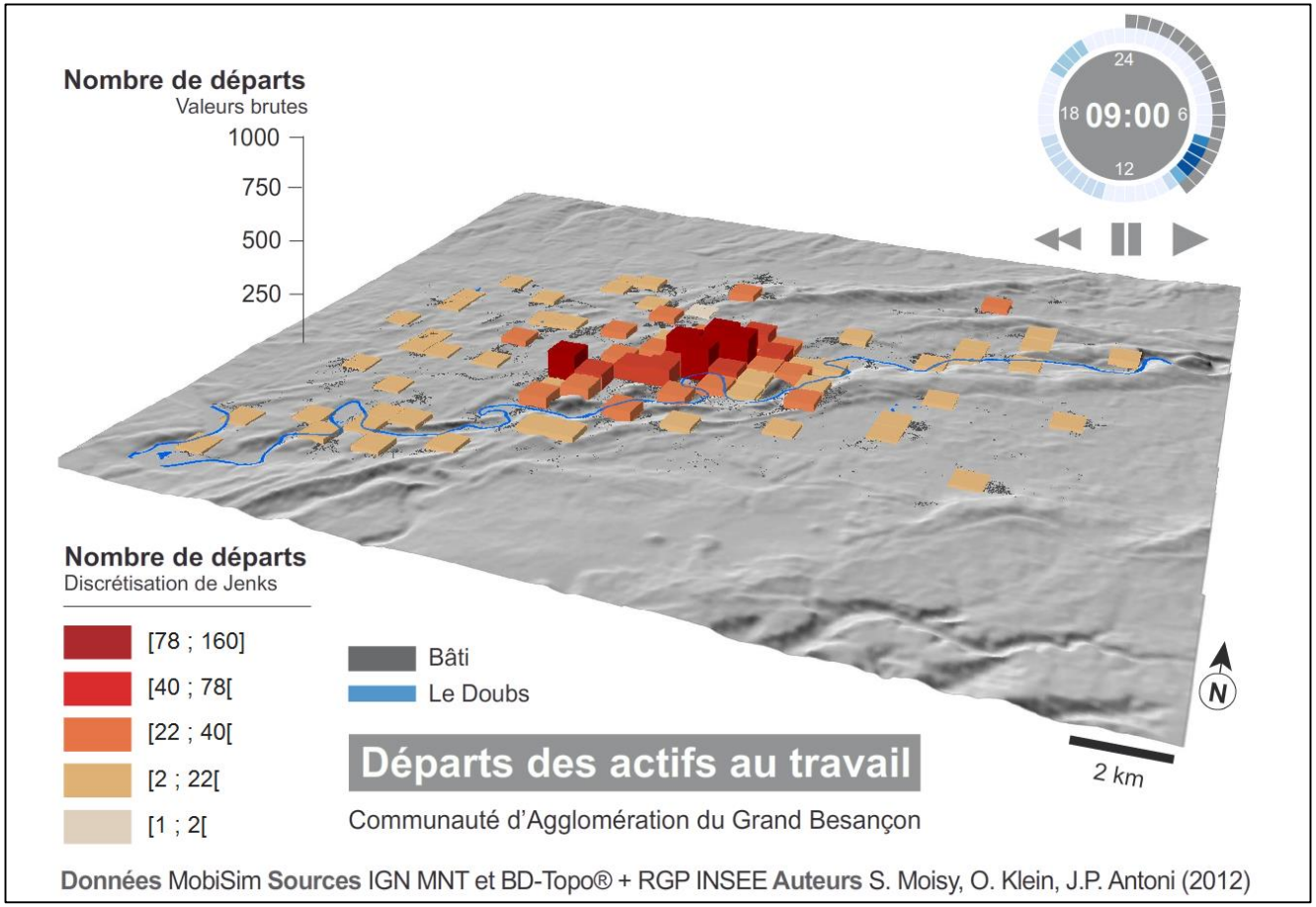
Sources
Données MobiSim

Antoni, Klein, Moisy, 2012

2. VISUALISER L'ESPACE-TEMPS

2.2. Une cartographie dynamique du temps

Animation

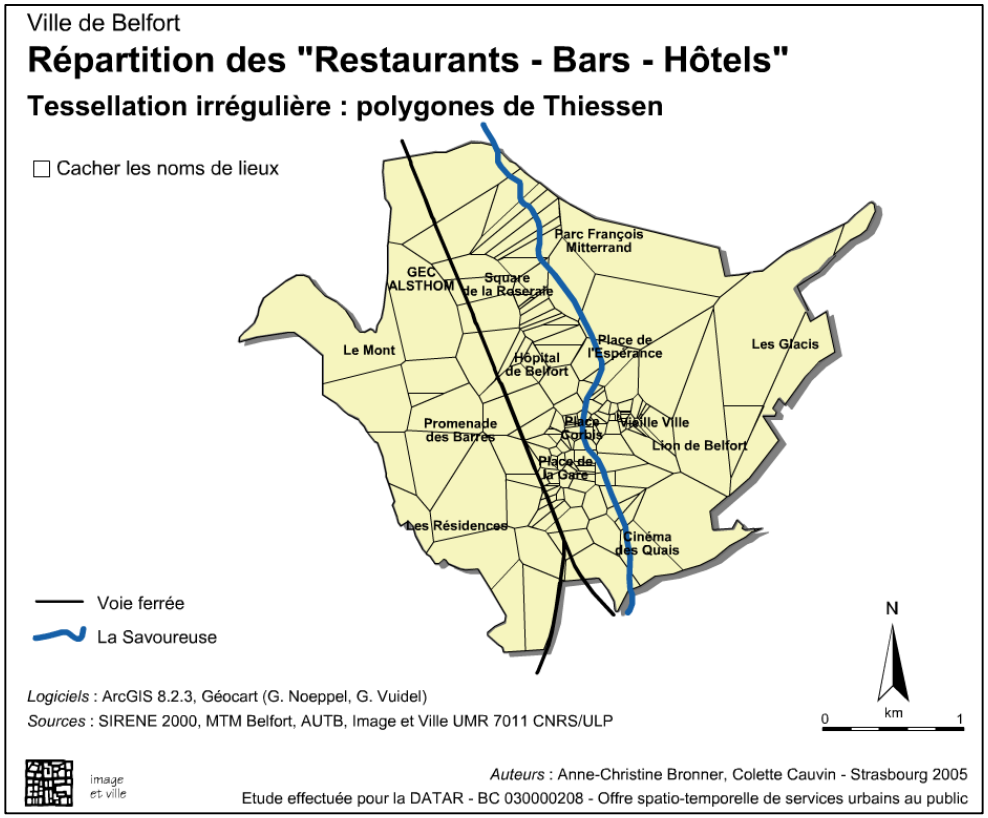


2. VISUALISER L'ESPACE-TEMPS

Animation

2.2. Une cartographie dynamique du temps

Un cas particulier : les animations non directement temporelles

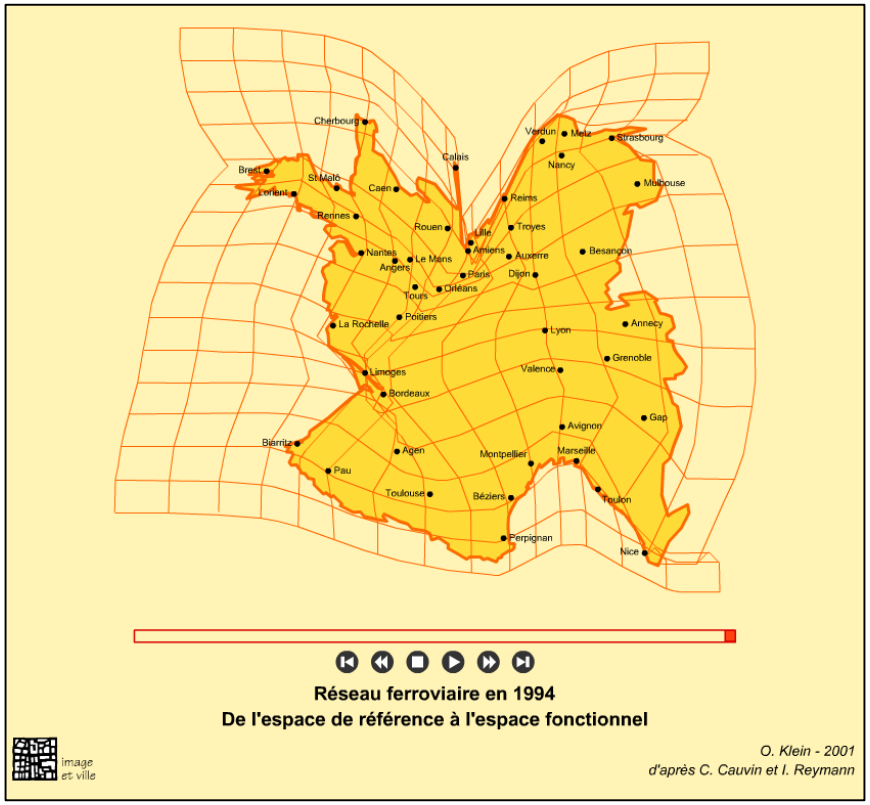


2. VISUALISER L'ESPACE-TEMPS

Animation

2.2. Une cartographie dynamique du temps

Un cas particulier : les animations non directement temporelles

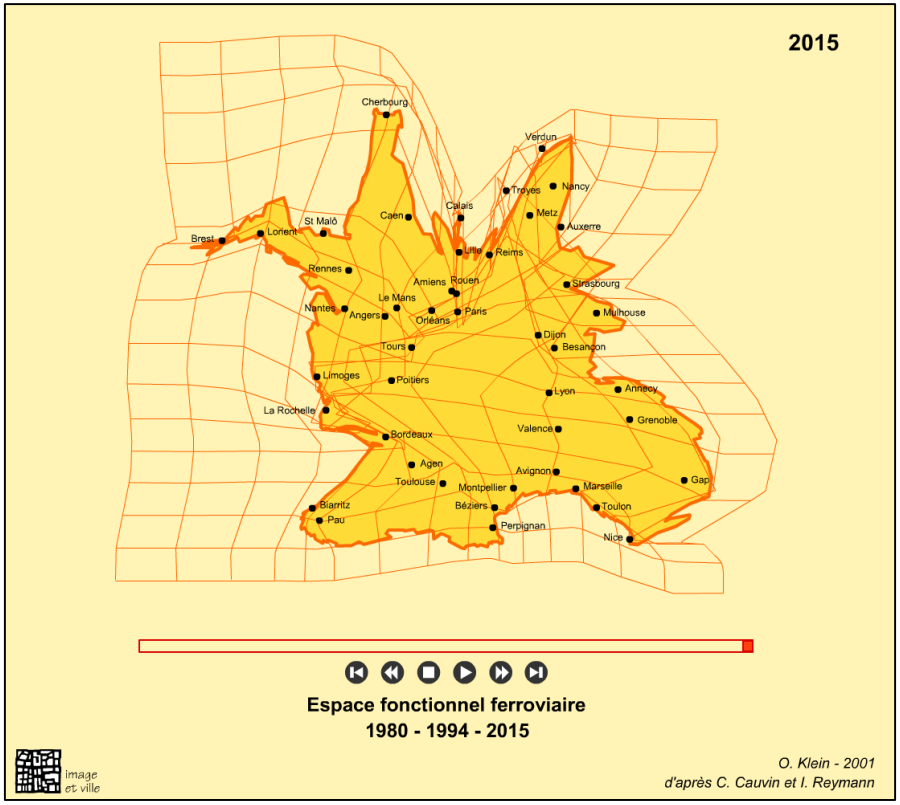


2. VISUALISER L'ESPACE-TEMPS

Animation

2.2. Une cartographie dynamique du temps

Un cas particulier : les animations non directement temporelles

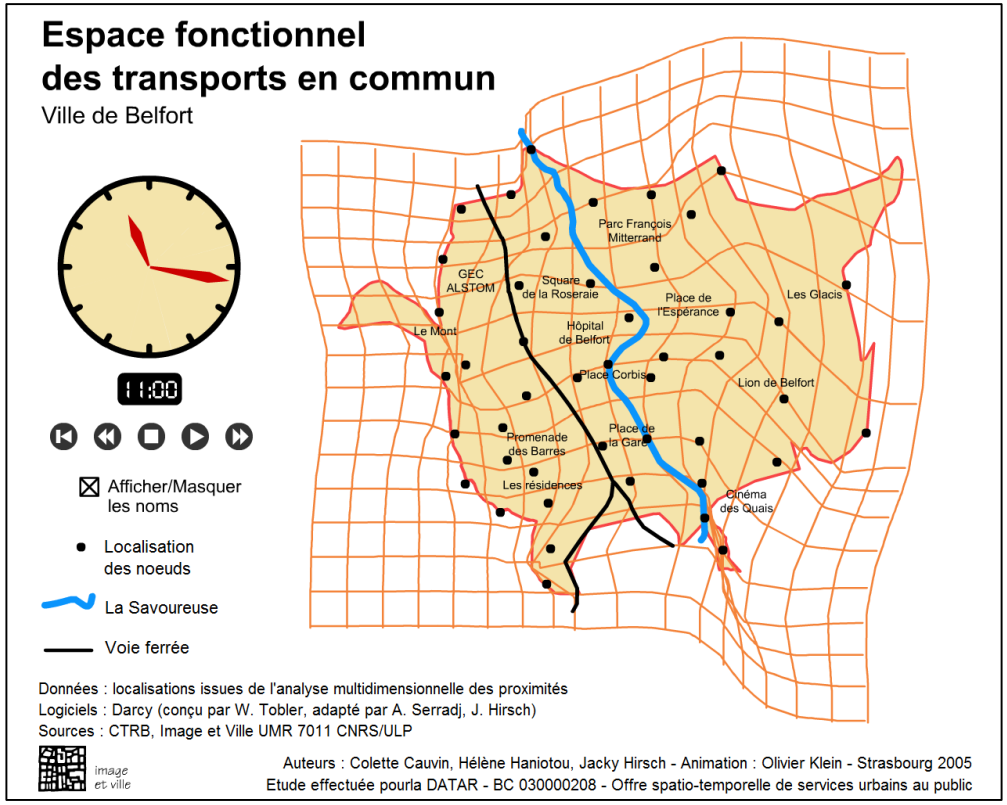


2. VISUALISER L'ESPACE-TEMPS

Animation

2.2. Une cartographie dynamique du temps

Un cas particulier : les animations non directement temporelles



2. VISUALISER L'ESPACE-TEMPS

2.2. Une cartographie dynamique du temps

Un cas particulier : les animations non directement temporelles

Intérêts : - Une aide à la réflexion pour améliorer la compréhension, les identifications et les comparaisons

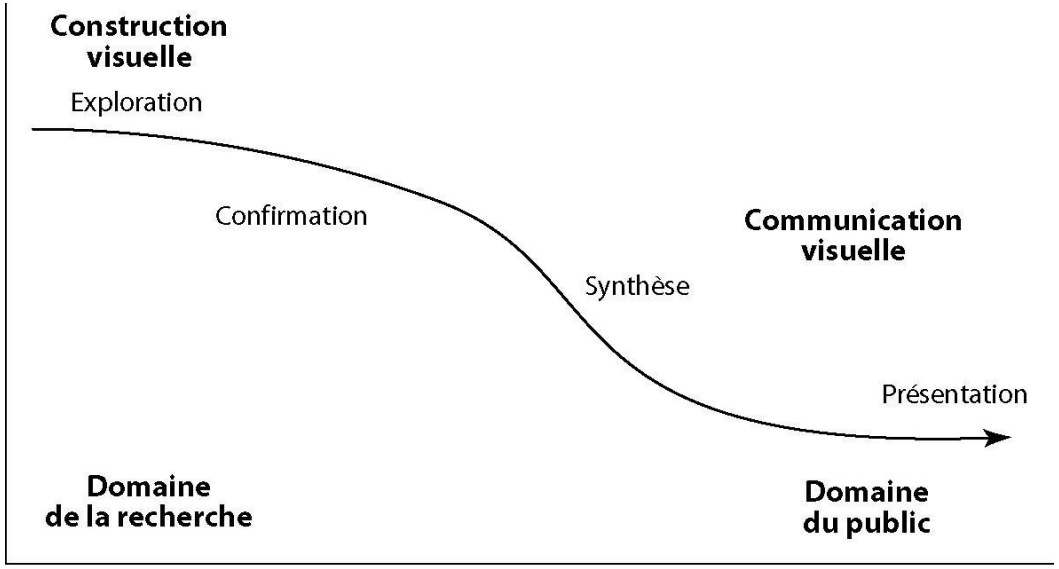
Précautions : - les dangers de l'interprétation

2. VISUALISER L'ESPACE-TEMPS

Conclusion

- Passage de la cartographie à la géo-visualisation

- une fonction combinée d'outil révélateur et d'outil de communication

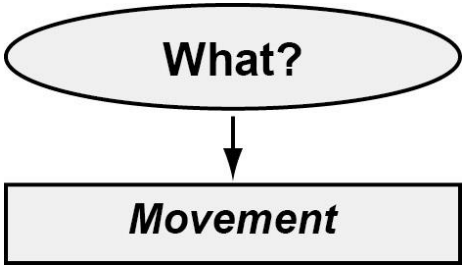


3. Le cas particulier du mouvement

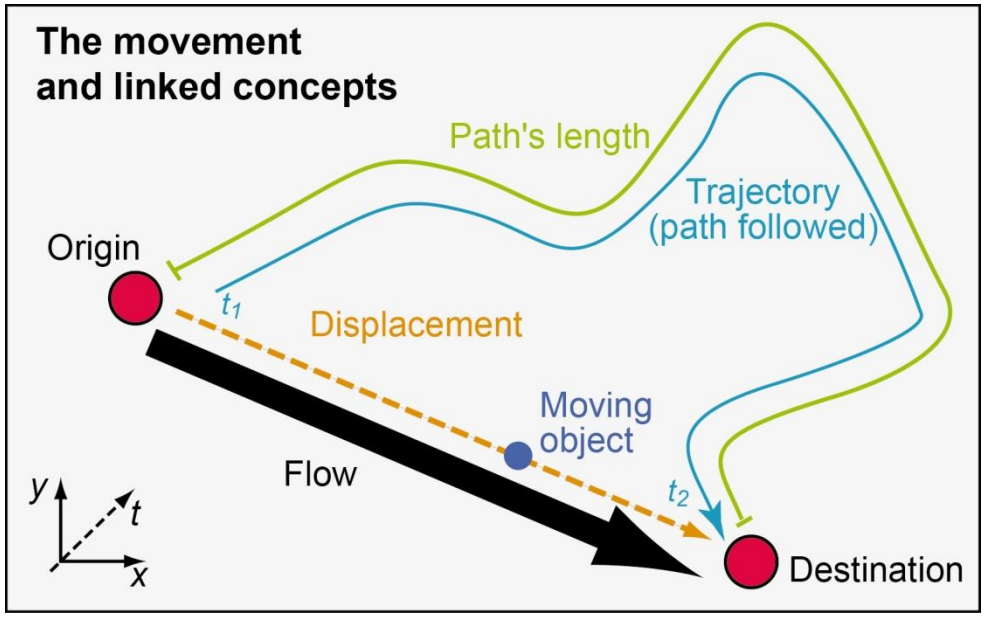
3. LE CAS PARTICULIER DU MOUVEMENT

Introduction

- **Mouvement**
  - Un changement de positions dans l'espace, dans un intervalle de temps, par rapport à un système de référence
  - Implique à la fois l'espace et le temps : synthèse naturelle de ces deux concepts



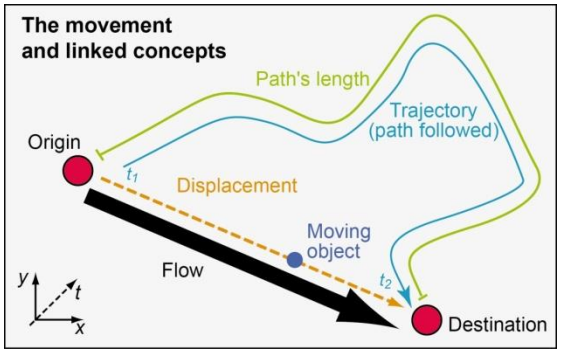
- **Lié à d'autres concepts**

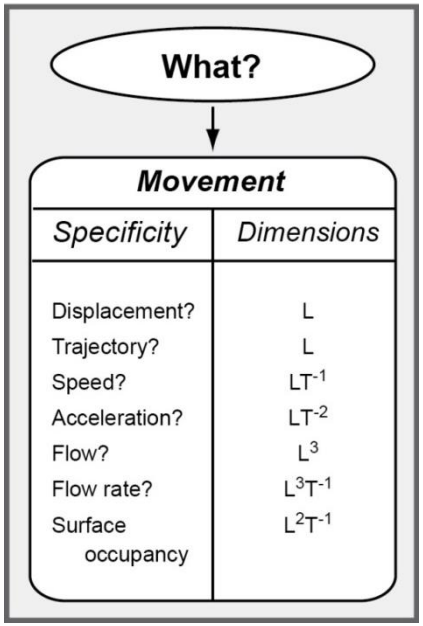


3. LE CAS PARTICULIER DU MOUVEMENT

Des composantes multiples :

- *Déplacement*, un mouvement où un objet ou une personne va d'un point à un autre
- *Trajectoire*, ligne décrite par un point matériel lorsqu'il se déplace
- *Vitesse*, rapport entre la distance parcourue et le temps nécessaire pour la couvrir
- *Flux*, masse se déplaçant entre une origine et une destination en suivant une trajectoire, concrètement exprimée ou non
- *Débit*, un volume ou une quantité par unité de temps décrite par un point lors de son déplacement
- *Occupation de l'espace*, espace où les mouvements se produisent, quelle que soit leur spécificité

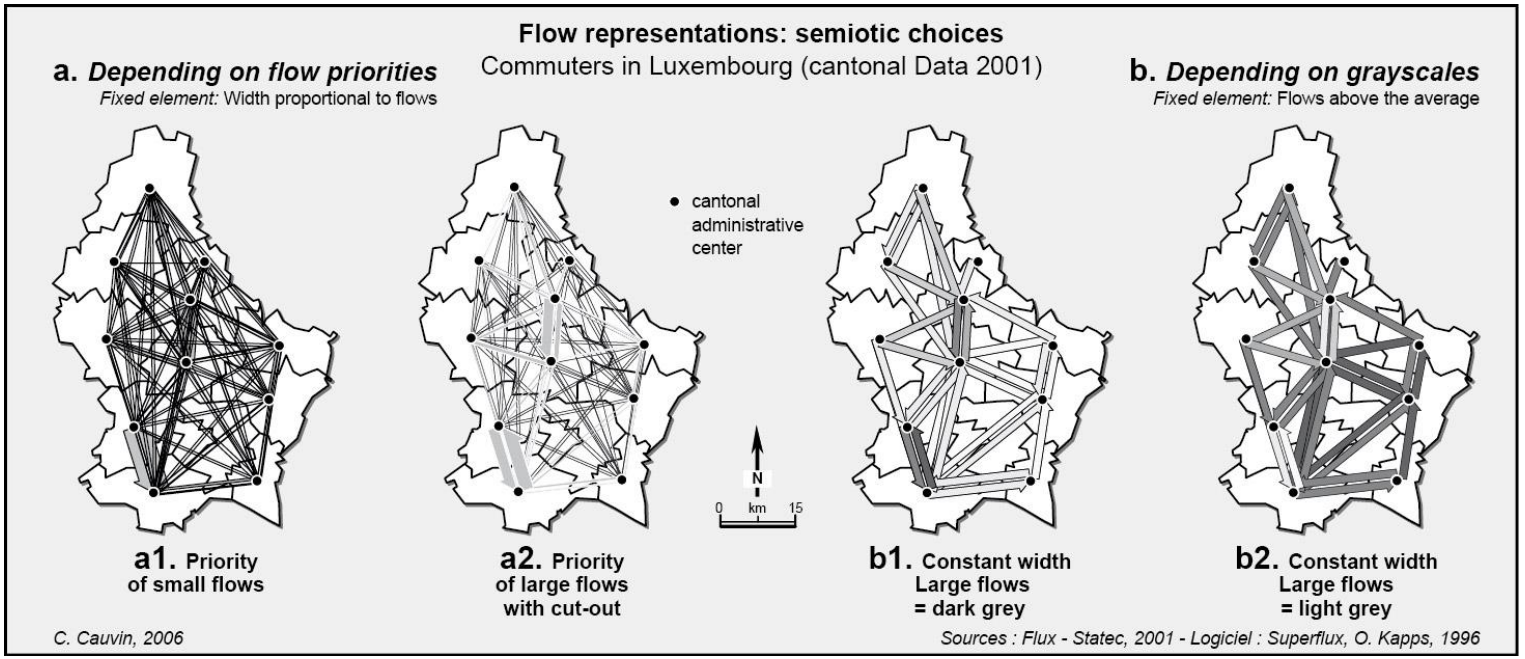




3. LE CAS PARTICULIER DU MOUVEMENT

Possibilités sémiotiques

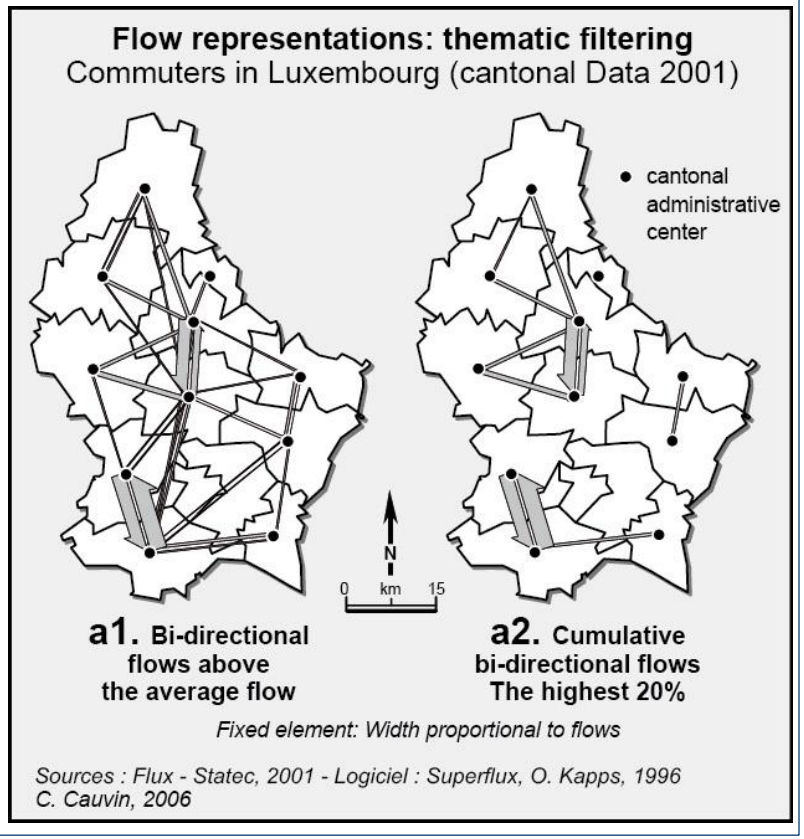
- **Le choix d'une solution sémiotique dépend**
  - Du type de mouvement
  - De la signification de ses extrémités
  - De la signification du mouvement : dimensions géométriques



3. LE CAS PARTICULIER DU MOUVEMENT

Filtrage

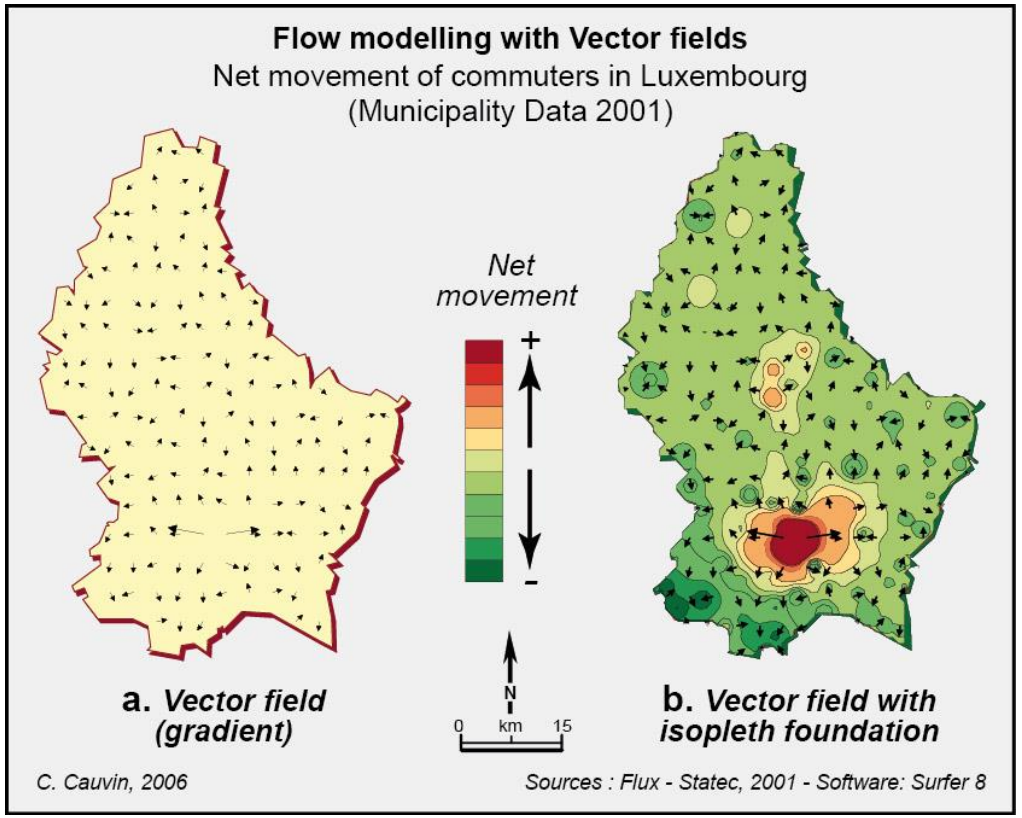
- **Deux procédures pour réduire la multiplication des flux**
  - **Filtrage spatial**, par regroupement des unités spatiales
  - **Filtrage thématique**, en déterminant un seuil quantitatif d'apparition des flux



3. LE CAS PARTICULIER DU MOUVEMENT

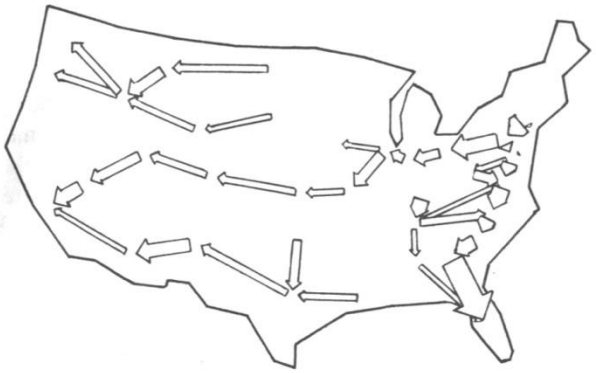
Modélisation

- Trois types de représentations
  - Vecteurs isolés
  - Champs vectoriels
  - Lignes directrices de flux

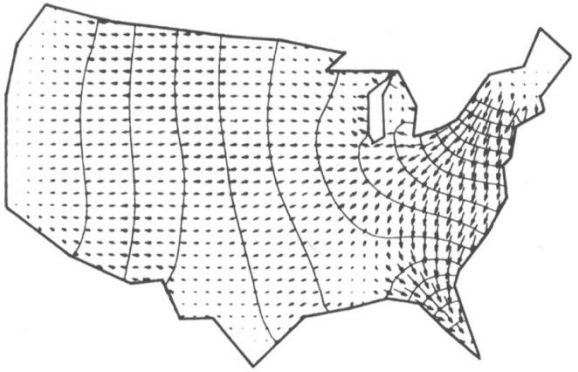


CEPS INSTEAD

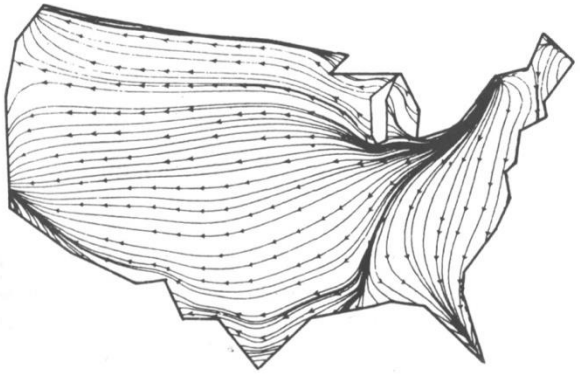
Migration de population entre les Etats des USA



a) Représentation par des flèches des principaux flux (migration nette)



b) Champ vectoriel irrégulier et attractivité des Etats
- les flèches décrivent la grandeur et la direction du flux estimé
- les isolignes montrent l'attractivité des Etats.



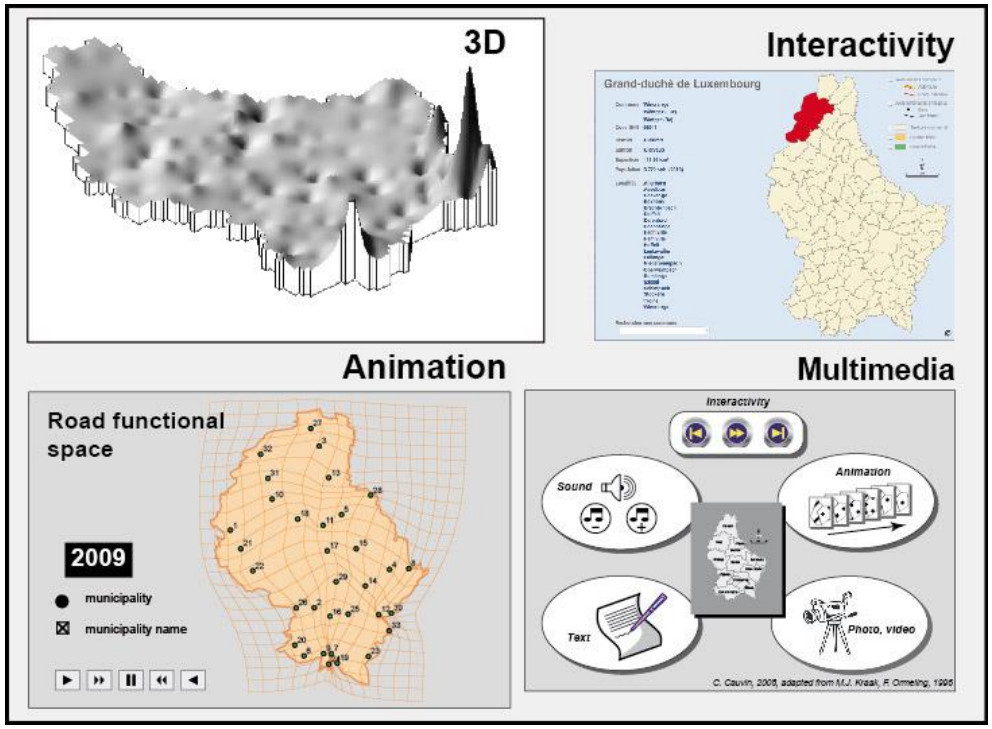
c) Lignes directrices des flux de population estimées
construites à partir des champs de potentiels

C. Cauvin et H. Reymond - 1991
d'après W. Tobler - 1981

3. LE CAS PARTICULIER DU MOUVEMENT

Apport des nouvelles technologies

- 3D
- Animation
- Interactivité
- Multimédia



Cartographic possibilities

New technologies

Dimensional display:
what dimension?
2,5D or 3D?

Interactivity:
what level?

Animation:
automated
or interactive?

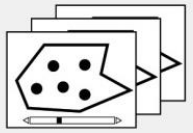
Multimedia:
what signs?

↓

Geovisualization

↓

Cartography of process
= Dynamic cartography

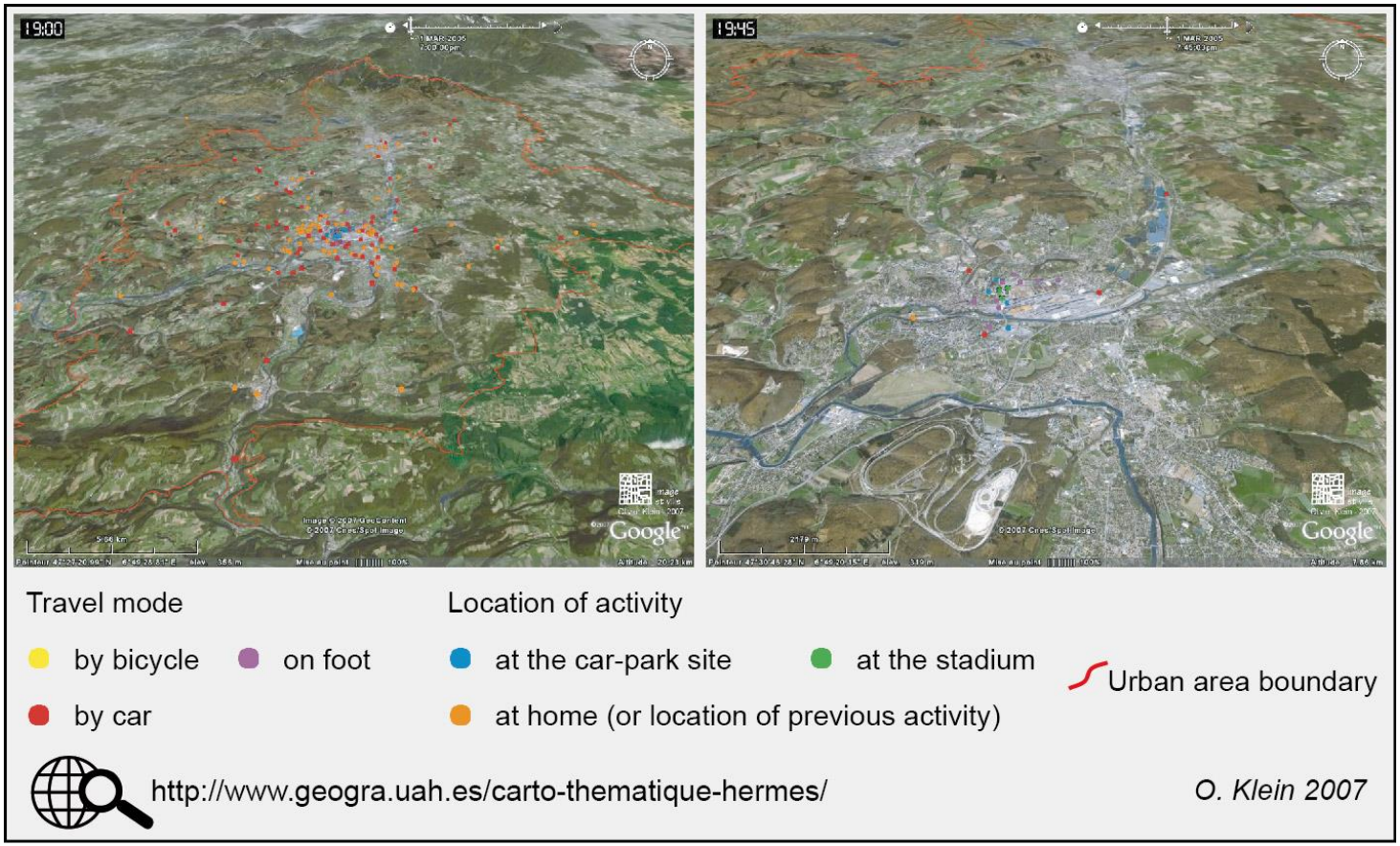


En lien avec les spécificités des mouvements :
déplacement – trajectoire – flux – occupation de l'espace

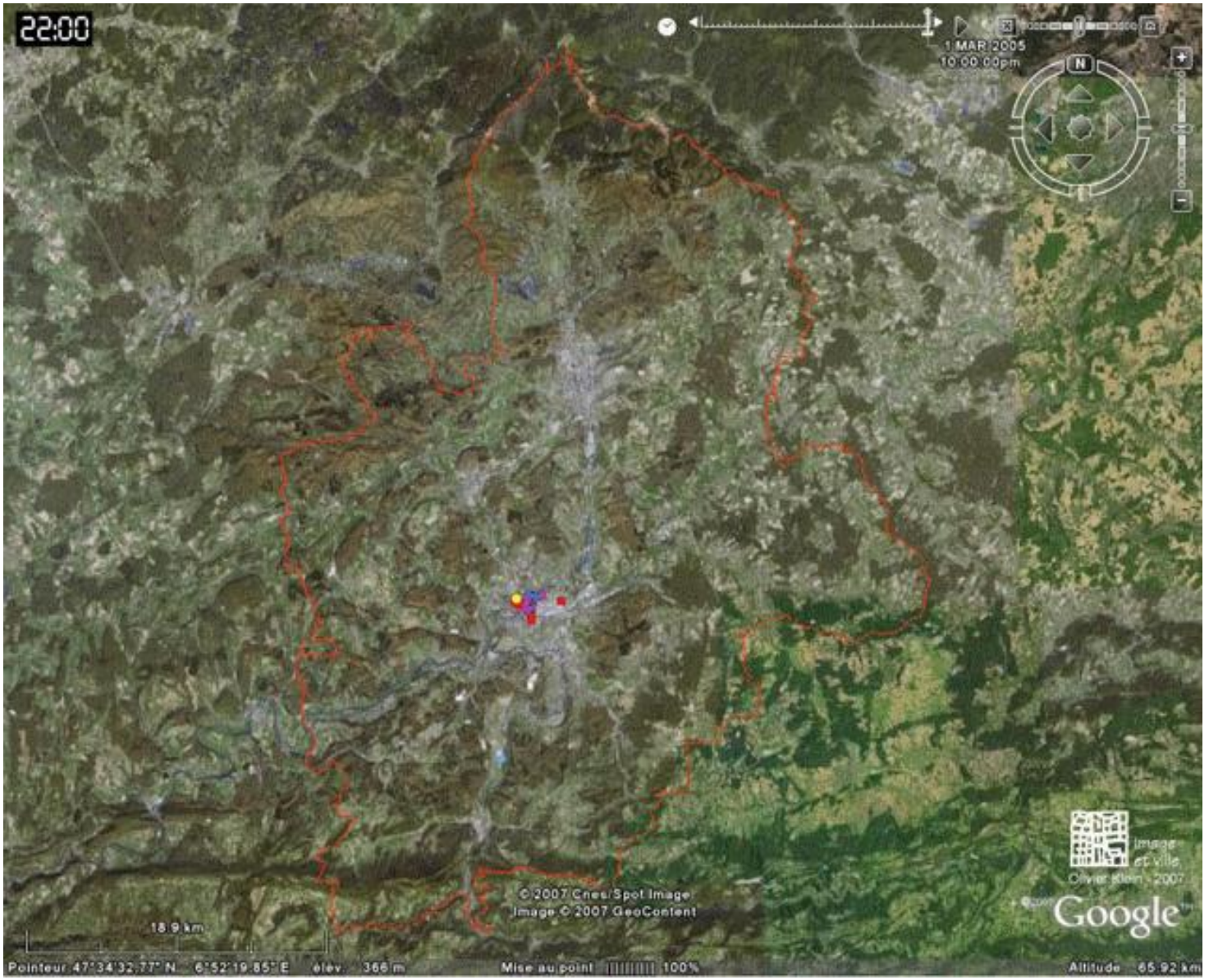
3. LE CAS PARTICULIER DU MOUVEMENT

Visualiser les déplacements par des points mobiles

=> Utile pour identifier l'émergence de tendances spatiales et de processus



CEPS INSTEAD



Travel mode

- by bicycle
- on foot
- by car

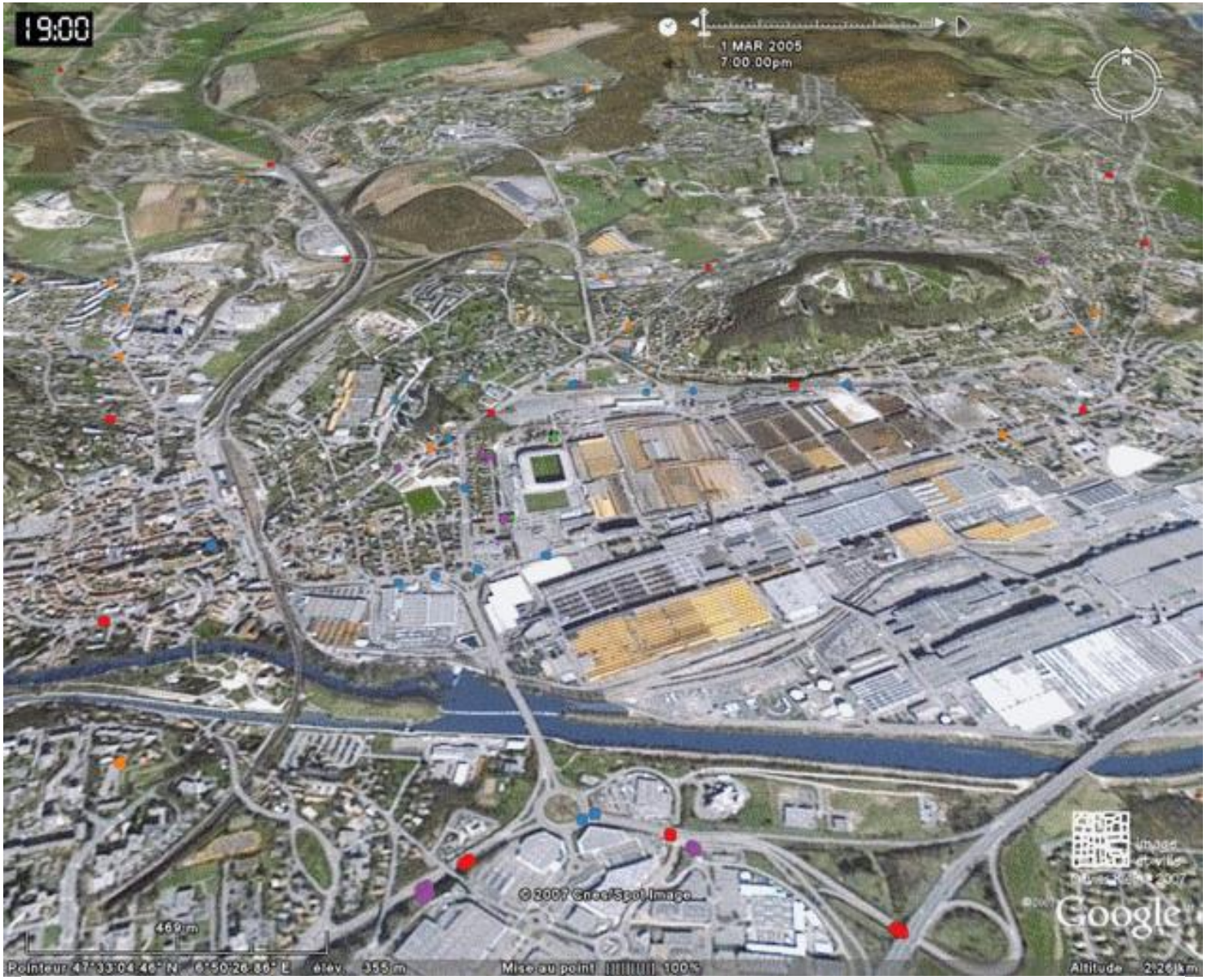
Location of activity

- at the car-park site
- at the stadium
- at home (or location of previous activity)

Urban area boundary

Animation

CEPS INSTEAD



Travel mode

- by bicycle
- on foot
- by car

Location of activity

- at the car-park site
- at the stadium
- at home (or location of previous activity)

Urban area boundary

Animation

3. LE CAS PARTICULIER DU MOUVEMENT

Représenter les trajectoires

=> Les nouvelles technologies permettent de revisiter les concepts de la *Time Geography* (Hägerstrand, 1970)

Schedules

ID	Individual	T1	T2	Location	Transport
1	10	-	07:23	Home	-
2	10	07:23	07:41	Public space	Car
3	10	07:41	11:43	School	-
4	10	11:43	11:47	Public space	On foot
5	10	11:47	12:28	Swimming Pool	-
6	10	12:28	12:45	Public space	Car
7	10	12:45	14:39	Home	-
8	10	14:39	14:41	Public space	Car
9	10	14:41	14:44	Post/Bank	-
10	10	14:44	15:04	Public space	Car
11	10	15:04	15:43	Mall	-
12	10	15:43	15:55	Public space	Car
13	10	15:55	17:57	Music School	-
14	10	17:57	18:27	Public space	Car
15	10	18:27	20:10	Home	-
16	10	20:10	20:33	Public space	Car
17	10	20:33	22:14	Restaurant	-
18	10	22:14	22:37	Public space	On foot
19	10	22:37	23:54	Nightlife	-
20	10	23:54	00:21	Public space	On foot
21	10	00:21	-	Friends	-

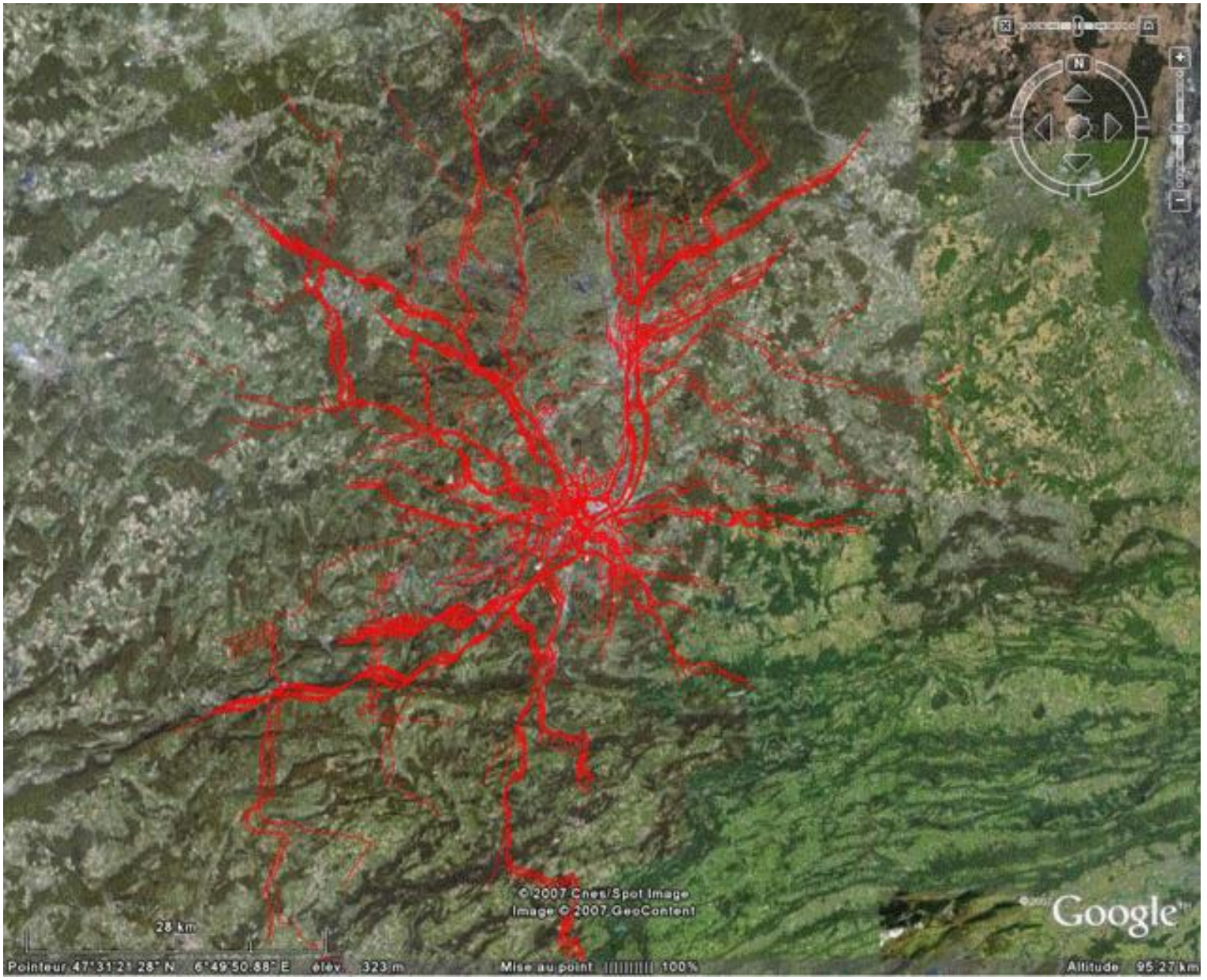
Spatio-temporal paths

Source: ICMA Project (Interreg IVB NWE), CEPS/INSTEAD

O. Klein, M. Schneider - 2011

CEPS
INSTEAD

Animation

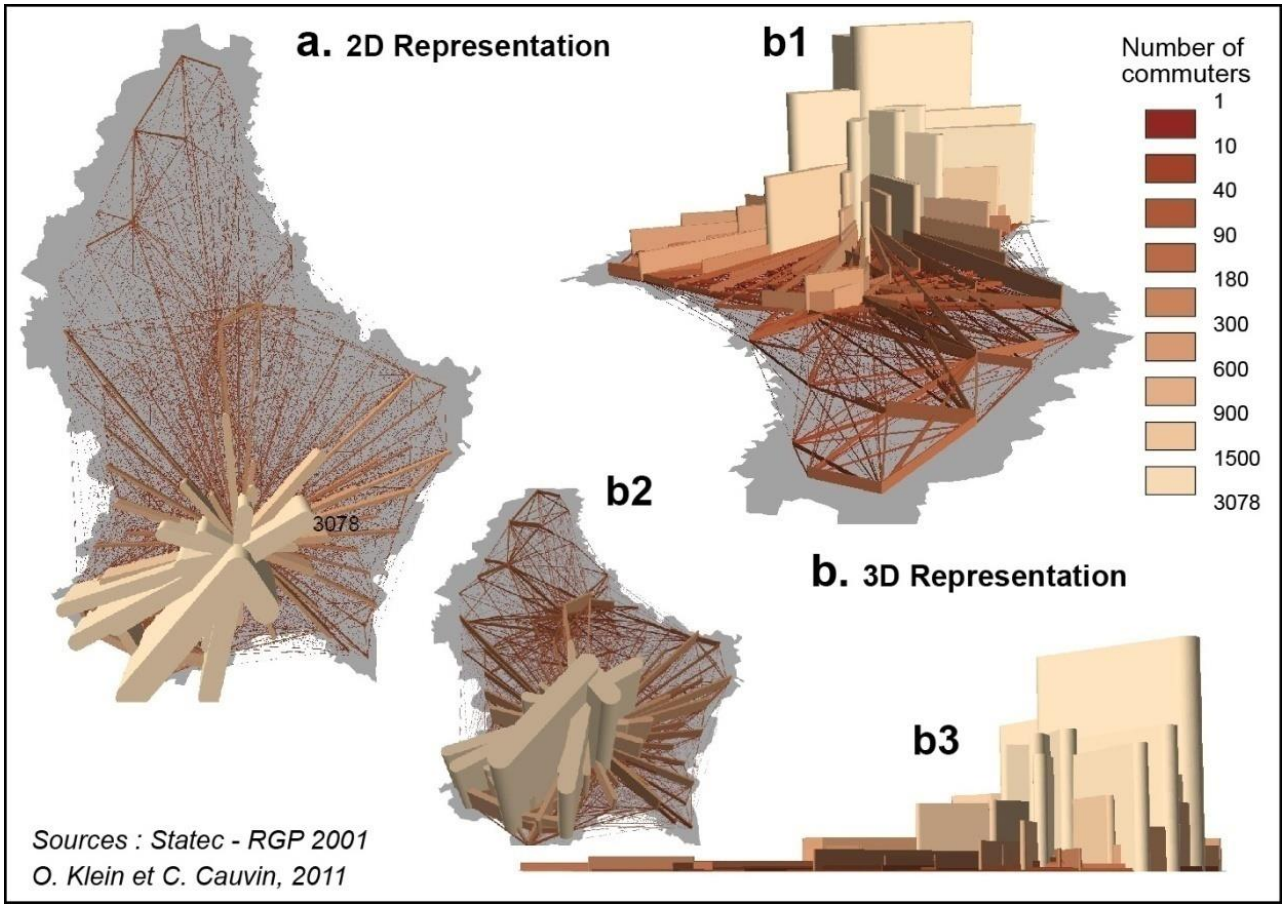


3. LE CAS PARTICULIER DU MOUVEMENT

Représenter les flux reste un défi en cartographie

=> La 3D pour mettre en évidence les contrastes

Animation

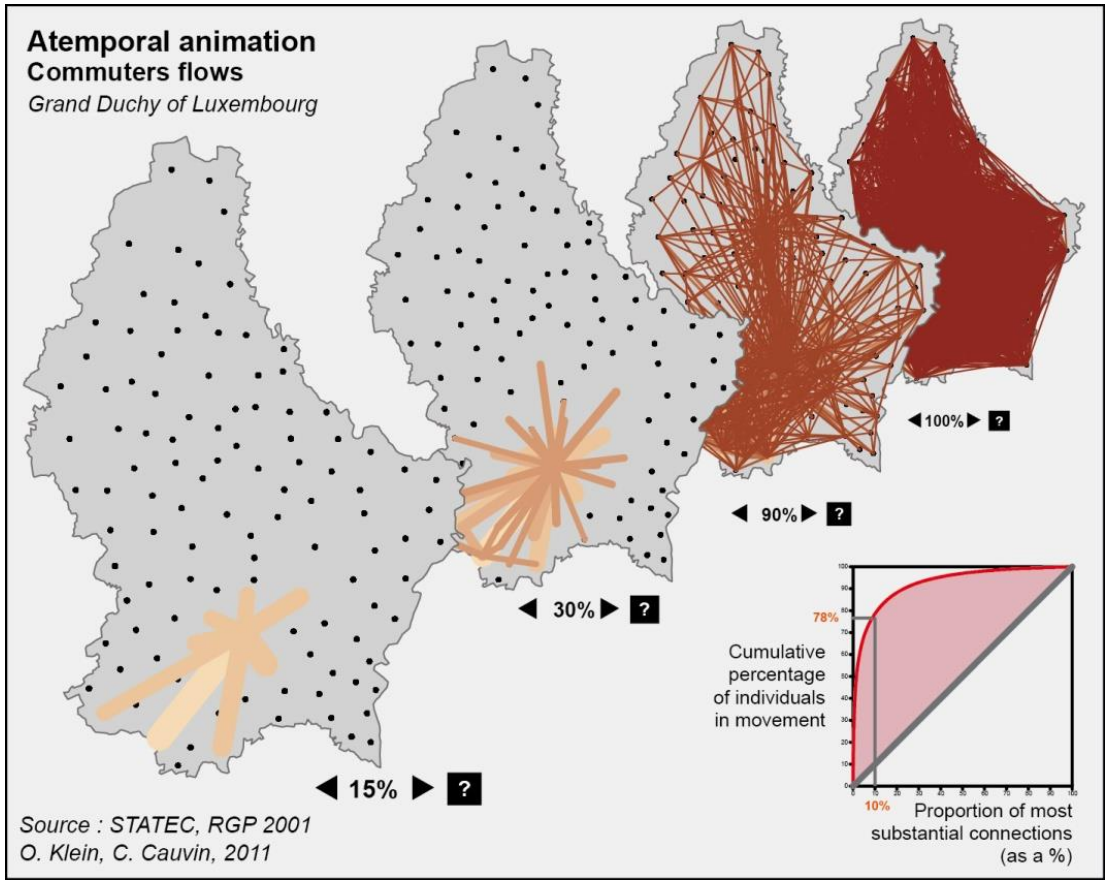


3. LE CAS PARTICULIER DU MOUVEMENT

Représenter les flux reste un défi en cartographie

Animation

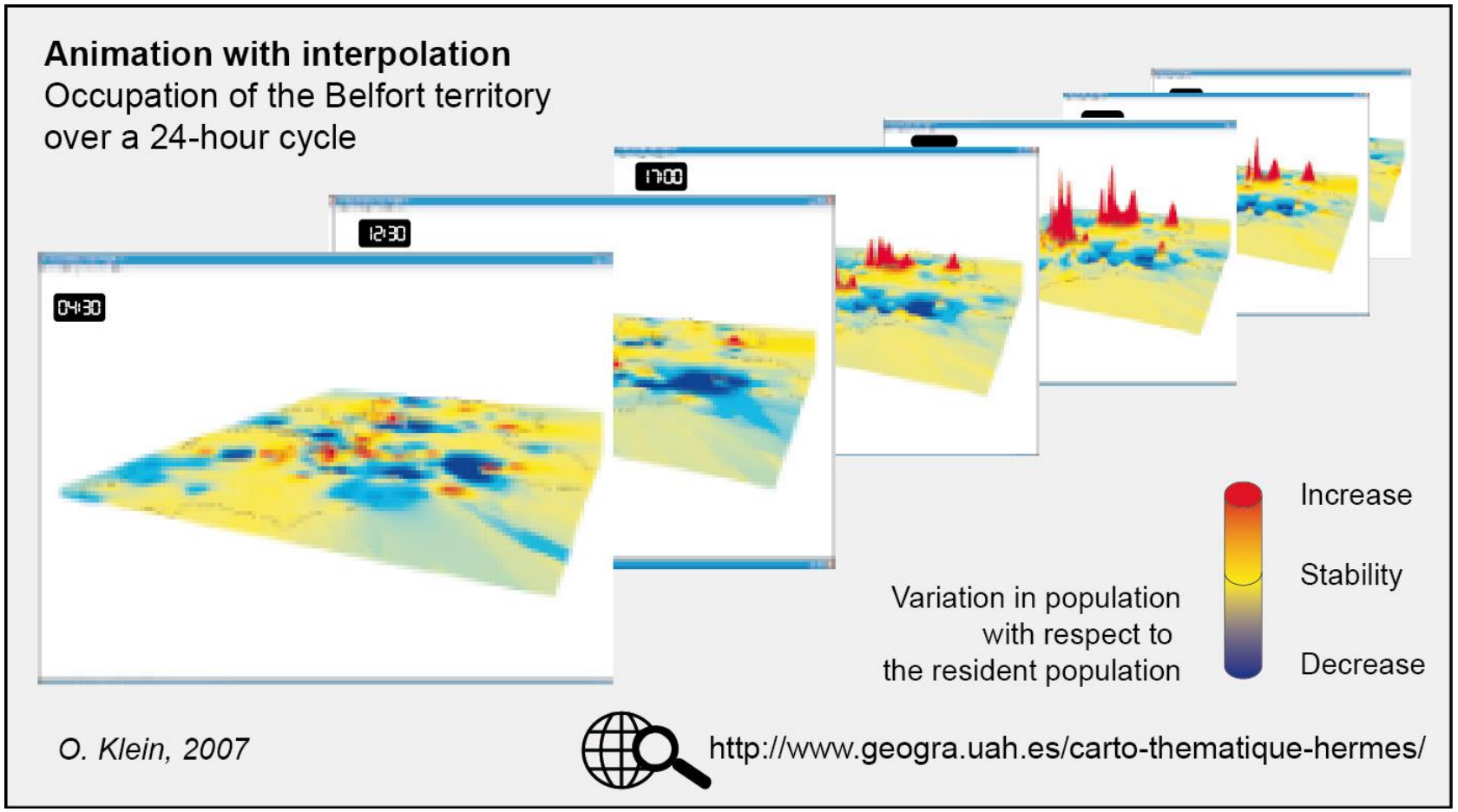
=> l'interactivité, une solution contre la surcharge d'information



3. LE CAS PARTICULIER DU MOUVEMENT

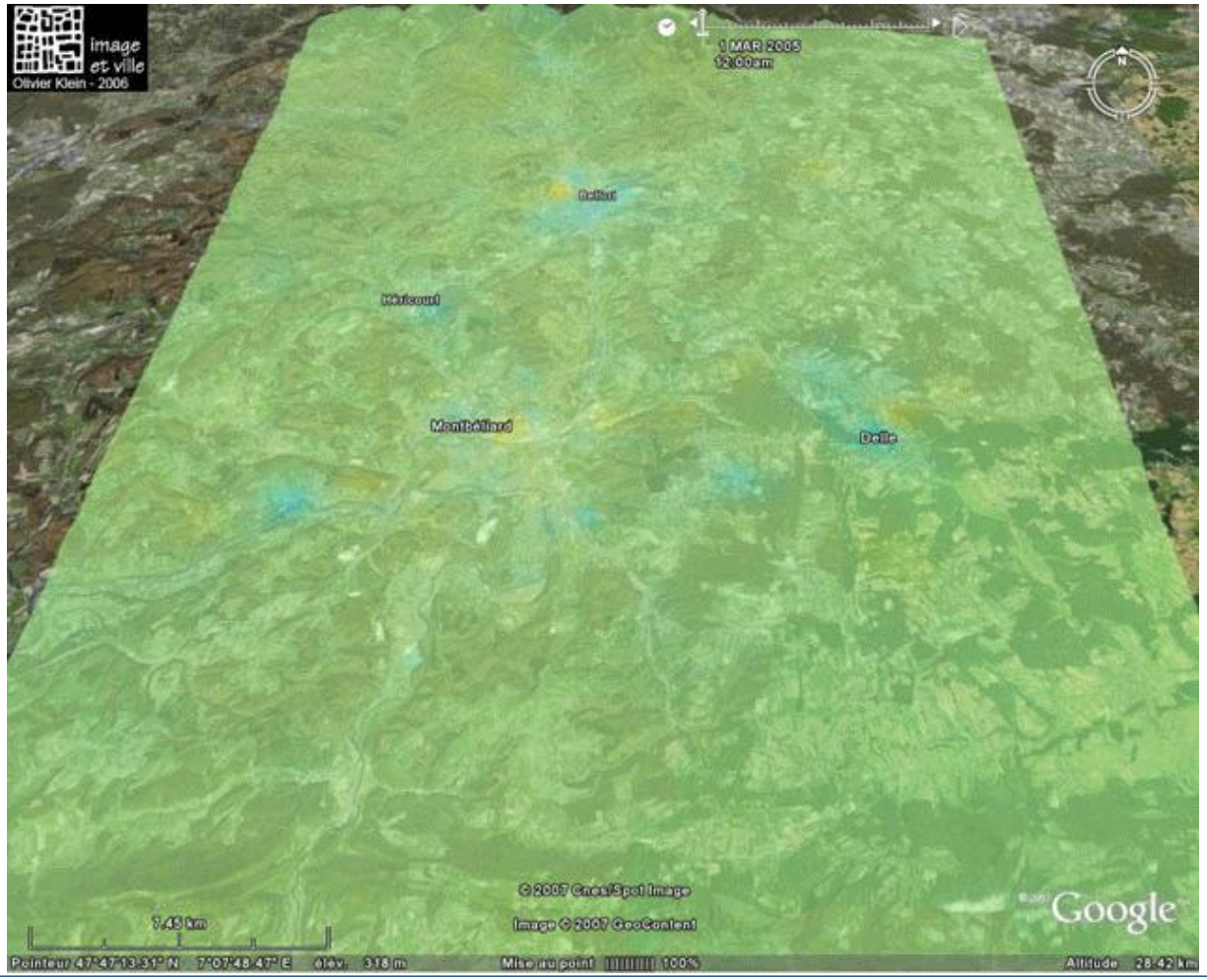
Représenter les espaces où se produisent les mouvements

Animation



3. LE CAS PARTICULIER DU MOUVEMENT

Représenter les espaces où se produisent les mouvements



Animation

3. LE CAS PARTICULIER DU MOUVEMENT

Représenter les espaces où se produisent les mouvements

Animation

3. LE CAS PARTICULIER DU MOUVEMENT

- Des constructions qui nécessitent des bases de données adaptées
- Dépasse la cartographie classique (interfaces…)
- Développement d'applications dédiées…

4. Vers la construction d’applications dédiées

4. VERS LA CONSTRUCTION D'APPLICATIONS DÉDIÉES

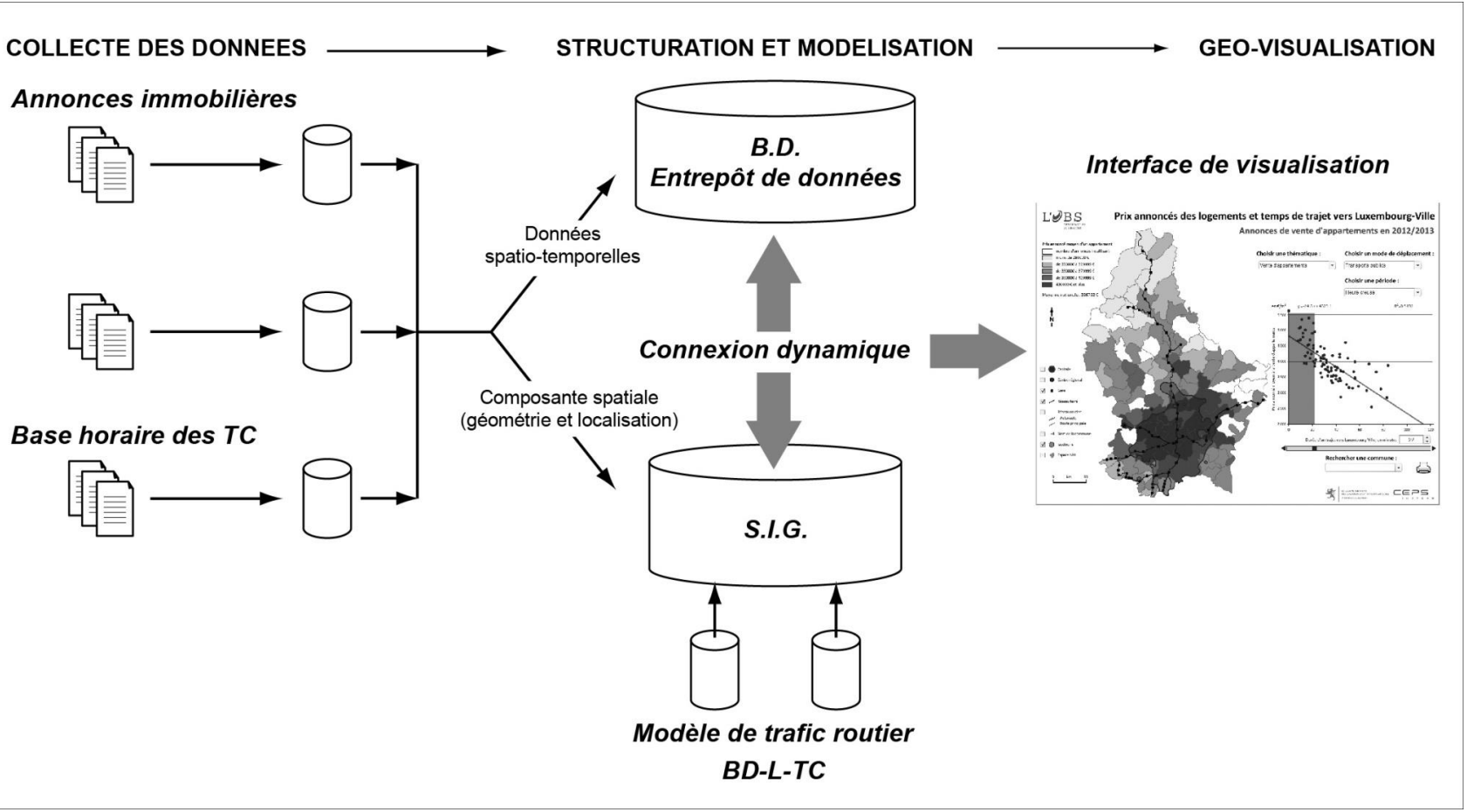
Un préalable indispensable : ***des données adaptées***…

- Offre commerciale : relevé exhaustif des horaires
- Mouvements : enquêtes précises et/ou campagne de suivis GPS (x,y,z,t)
- Accessibilité : des modèles de trafics
- Evolution de l'occupation du sol (images sat., *CORINE Land Cover*…)
  Sur un temps plus long ?
- etc.

EXEMPLE 1 – Observatoire de l'habitat

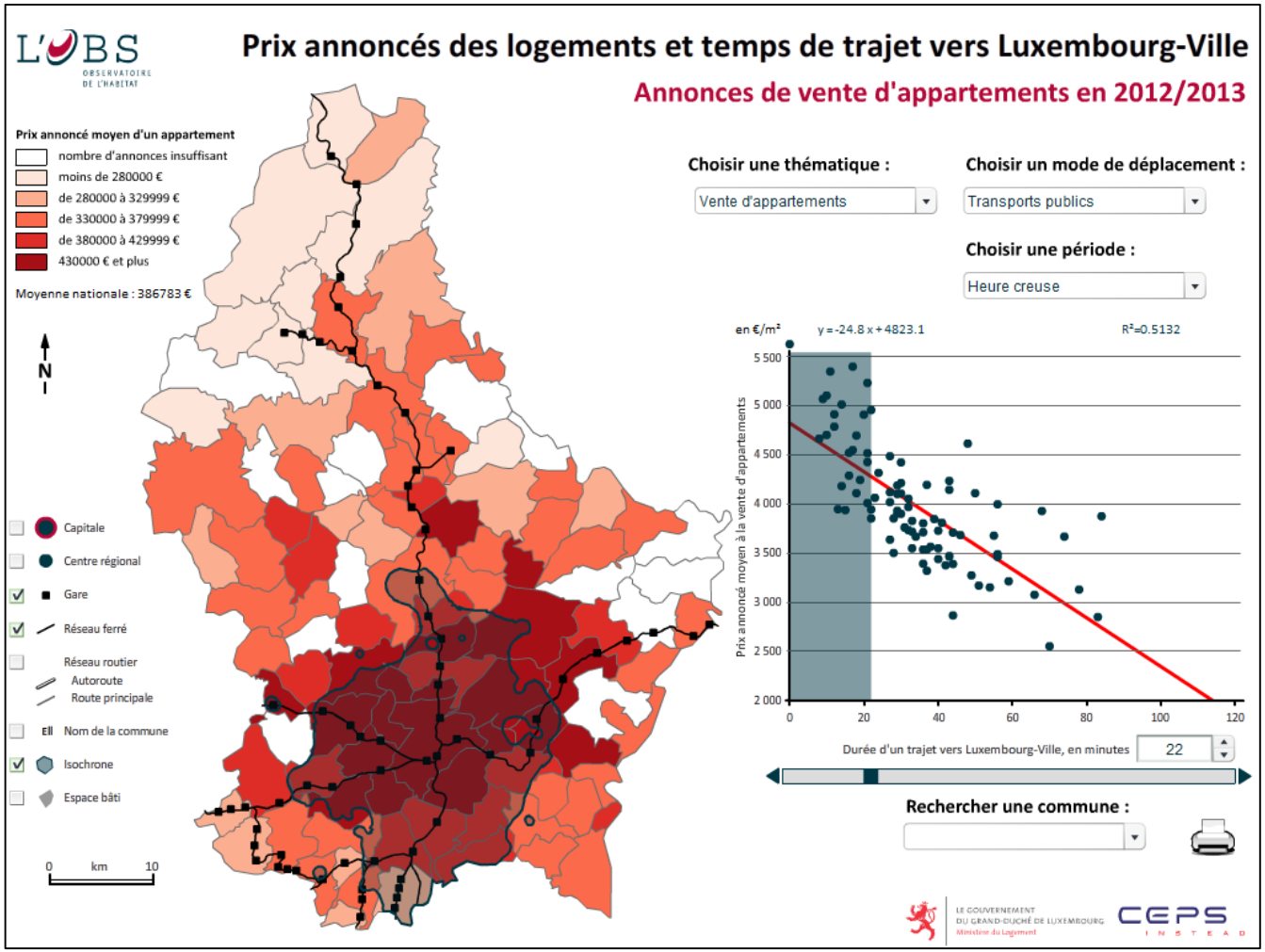
Temps d'accès et prix de l'immobilier

=> L'interactivité pour explorer les données



EXEMPLE 1 – Observatoire de l'habitat

Temps d'accès et prix de l'immobilier



(http://observatoire.ceps.lu)

O. Klein, J. Licheron, S. Klein - 2013

EXEMPLE 2 – Accessibilité comparée

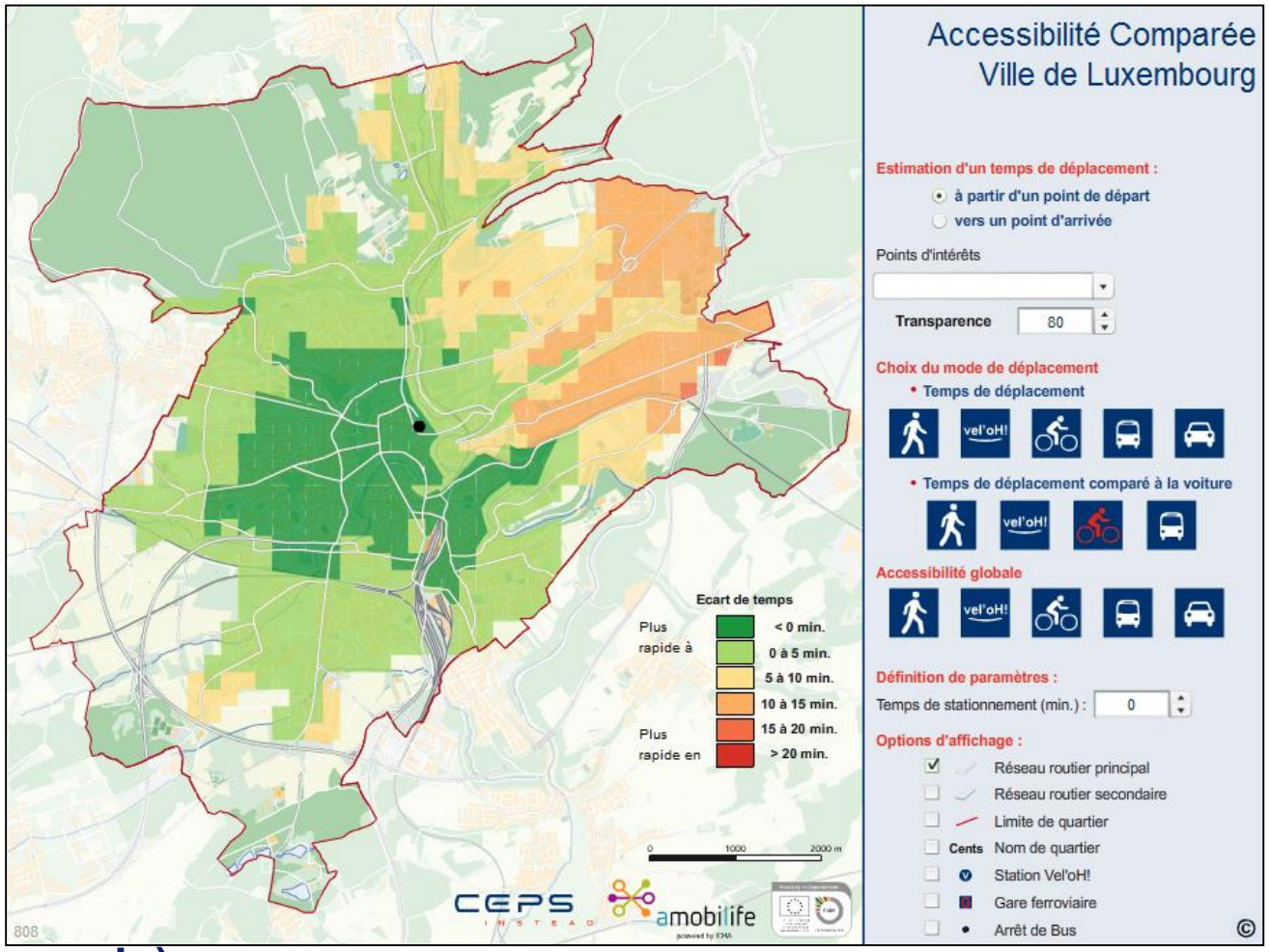
L'interactivité pour mieux communiquer

Modélisation de l'accessibilité intra-urbaine de Luxembourg-Ville

- Voiture
- TC
- Vélo
- Vélo en libre service
- Marche

EXEMPLE 2 – Accessibilité comparée

L'interactivité pour mieux communiquer



(http://icma.ceps.lu)

O. Klein, N. Victor, S. Klein, F. Schmitz - 2012

EXEMPLE 3 – Vidéo géoréférencée

Un changement de regard sur les déplacements des individus

- D'autres potentialités liées au multimédia
- Des collectes de données plus fines (GPS, accéléromètre…)
- Combinaison de toutes ces données
- De nouveaux protocoles d'enquêtes…

EXEMPLE 3 – Vidéo géoréférencée

Un changement de regard sur les déplacements des individus

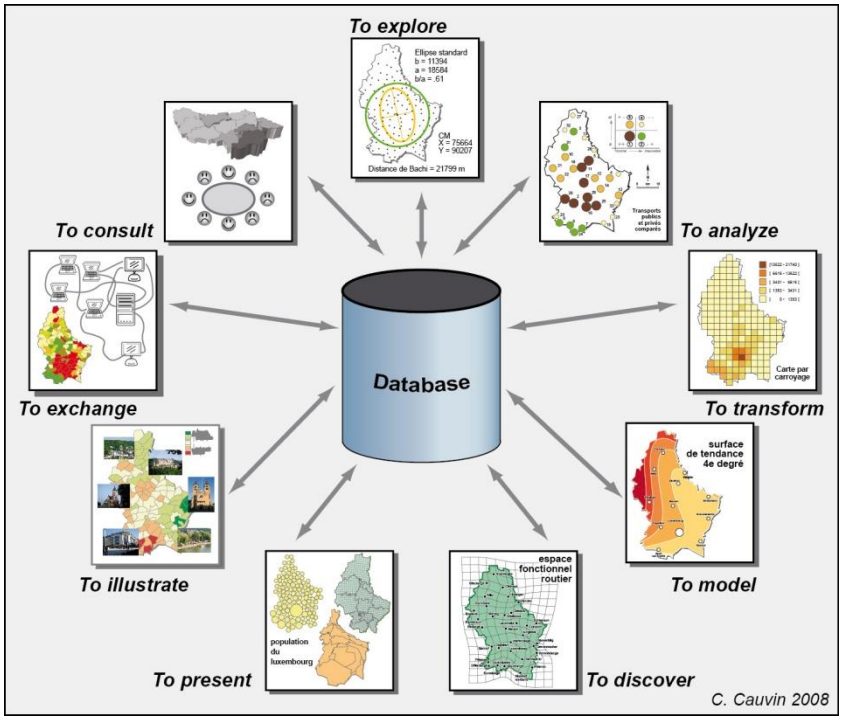
G. Drevon et O. Klein – 2013

Conclusion

Conclusion

- Nous ne produisons plus une carte…
  … mais plusieurs

- Essentiel de connaître la gamme de solutions afin de procéder au choix le mieux adapté

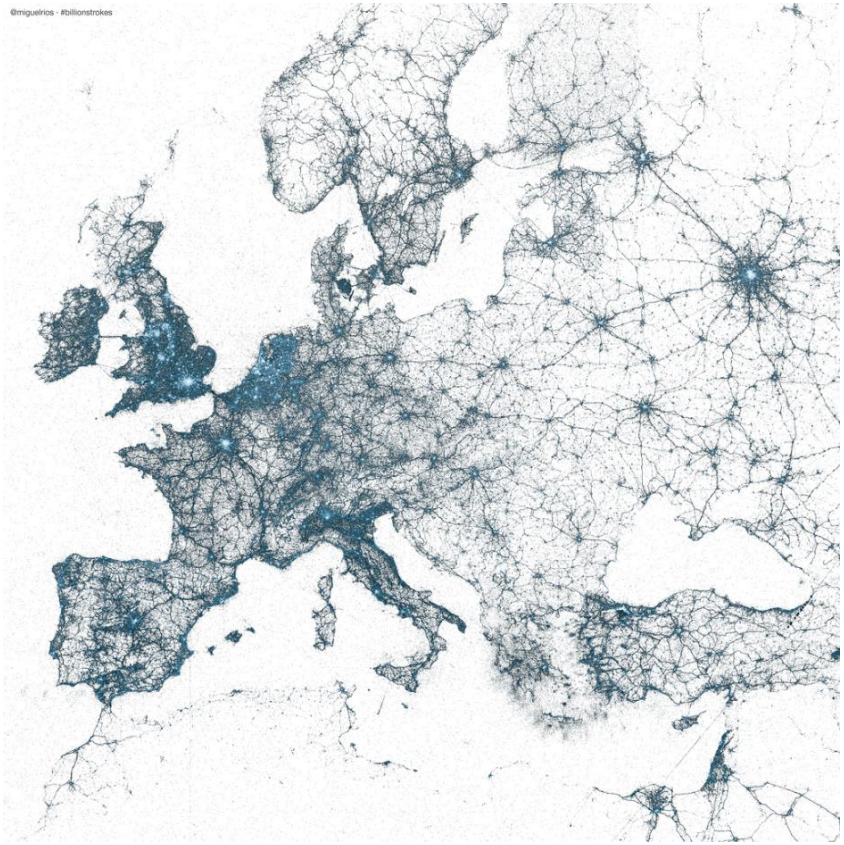


Conclusion

- Nous ne produisons plus une carte…
  … mais plusieurs

- Essentiel de connaître la gamme de solutions afin de procéder au choix le mieux adapté

- De nouvelles perspectives avec les Big-Data
  - Quelles potentialités pour les données issues des réseaux sociaux ?
  - Peuvent-elles remplacer les enquêtes classiques ? (EMD)



Contact

Olivier KLEIN
olivier.klein@ceps.lu

CEPS/INSTEAD
3, Avenue de la Fonte
L-4364 Esch-sur-Alzette
Luxembourg

Quelques sites web
www.ceps.lu
http://mobil-t.ceps.lu
http://icma.ceps.lu
http://observatoire.ceps.lu