

# LA DISCRÉTISATION TEMPORELLE

## Une méthode de structuration des données pour la cartographie dynamique

*par Jean-Philippe Antoni*

*Maître de conférences en aménagement de l'espace et urbanisme  
Laboratoire ThéMA, UMR 6049 32 rue Mégevand, F-25000 Besançon  
jean-philippe.antoni@univ-fcomte.fr*

*Olivier Klein*

*Chargé de recherche CEPS/INSTEAD  
3 avenue de la Fonte, L-4364 Esch-sur-Alzette  
olivier.klein@ceps.lu*

*et Stéphane Moisy*

*Responsable cartographie SIG OTE Ingénierie  
1 rue de la lisière, F-67403 Illkirch-Graffenstaden  
stephane.moisy@ote.fr*

---

### 1 Contexte

Un des avantages de la cartographie dynamique est de permettre la représentation spatiale de phénomènes scandés dans le temps (Antoni et al., 2004), le long d'une année, d'un mois ou d'un jour par exemple. Parmi ces phénomènes, certains sont temporellement continus (la température varie de manière continue ; elle est toujours observable), alors que d'autres ne s'observent qu'à certains moments (la pluie n'apparaît que par séquences) et peuvent être considérés comme pseudo-continus (Klein, 2007).

Considérées le long d'une période nyctémérale, les activités humaines font typiquement partie des phénomènes pseudo-continus, dont la scansion est déterminée par des rythmes naturels (jour et nuit) et biologiques (repas). En milieu urbain, ces rythmes journaliers spécifiques prennent une dimension particulière et cyclique, en partie calquée sur une habitude socialement admise.

### 2 Problématique

Pour autant, la cartographie dynamique tient rarement compte de ces rythmes quand elle est utilisée

pour visualiser des phénomènes dans le temps ; ces derniers sont souvent représentés dans des intervalles temporels réguliers et continus, selon une logique comparable, dans l'espace, à celle d'une tessellation régulière. Découper une journée en 24 tranches représentant chacune une heure revient en effet à opérer dans le temps ce qu'un carroyage opérerait dans l'espace. Or, on sait qu'une tessellation irrégulière (polygones de Thiessen par exemple) apparaît plus adaptée pour représenter des phénomènes spatialement non uniformes.

Dans le même ordre d'idée, le découpage uniforme du temps continu de la journée en 24 périodes égales peut être assimilé à une discrétisation d'une variable thématique Z en classes d'égales étendues, dont on sait qu'elle ne trouve sa pertinence que pour des variables peu dissymétriques (Cauvin et al., 2008)<sup>1</sup>, condition sans laquelle l'apparition de classes vides est souvent inévitable. Parallèlement, ce découpage en classes uniformes s'assimile souvent à un histogramme débutant à 0 et finissant à 24, dont la forme linéaire ne permet pas de visualiser les continuités de début et de fin de phénomènes cycliques, c'est-à-dire, ici, ce qui se passe autour de minuit.

---

<sup>1</sup> Notons toutefois, que l'une des critiques généralement émise pour ce type de découpage en classes ne se retrouve pas ici : la durée d'une journée étant toujours constante, il n'y a pas de problème de comparabilité entre plusieurs jeux de données. Parallèlement, il faut également reconnaître qu'un tel découpage peut s'assimiler à une discrétisation intuitive, que l'on retrouve communément dans l'organisation de nombreux agendas.

Dans ce contexte, la problématique de cette communication concerne la structuration de données temporelles, préalable indispensable à leur représentation dynamique. Elle propose d'explorer, d'une part, la transposition des méthodes de discrétisation classiques d'une variable thématique aux découpages temporels et, d'autre part, la valeur ajoutée des histogrammes circulaires dans la visualisation de distributions temporelles de phénomènes quotidiens.

### 3 Méthodologie

Méthodologiquement, l'approche retenue se base sur des travaux antérieurs ayant pour objet la discrétisation (Cauvin et al., 1987). Ces principes reconnus sont implémentés dans un système d'information géographique (SIG) pour discrétiser automatiquement et comparer la structure de plusieurs variables dans le temps, à partir d'un jeu de données concernant les mobilités quotidiennes des habitants de l'agglomération de Besançon pour sept motifs de déplacement : le travail, les études, les achats, les loisirs, la fréquentation de leur réseau social, l'accompagnement des enfants (à l'école ou aux lieux de loisirs) et le retour au domicile<sup>2</sup>.

Pour ce faire, une première étape consiste à construire un *shapefile* dont les unités spatiales sont en réalité des unités temporelles ayant chacune une étendue d'une demi-heure, réparties sur sept disques concentriques, à l'instar des *ringmaps* imaginées par G. Huang et al. (2008), ou, dans un cadre plus proche du nôtre, par J. Zhao et al. (2008). Dans chacune de ces unités (dont la surface est toujours égale), les variables sont discrétisées selon la méthode de G.F. Jenks (1977)<sup>3</sup> et les classes obtenues sont représentées par une variation de valeur (fig. 1).

Pour aller plus loin dans l'exploitation des données et leur interprétation, une deuxième étape consiste à extruder chaque unité temporelle proportionnellement à sa valeur brute, i.e au nombre de départs effectués. L'image résultante (fig. 2) couple alors l'information brute et l'information discrétisée, ce qui permet de lire les résultats simultanément de manière absolue et de manière relative. Un habillage complémentaire (matin, pic de mobilité, repas, soirée, etc.) peut alors être imaginé et ajouté sur

l'image en trois dimensions afin de mieux décrire la structure des données temporelles ainsi identifiée.

Toutefois, la discrétisation de Jenks n'est pas la seule qui puisse s'appliquer aux variables considérées. En prenant l'exemple du motif de déplacement vers les lieux de travail, la figure 3 propose de comparer les tranches horaires obtenues par la discrétisation de Jenks et par seuils observés, comparaison qui montre des rythmes urbains assez différents, découpés en 9 (seuils observés) ou 10 (Jenks) périodes temporelles. Le choix de la méthode de discrétisation s'appuie sur l'indice proposé par Jenks et Coulson (Jenks et al., 1963) qui conduit à un test autorisant une comparaison interne des différentes méthodes de discrétisation (Cauvin et al., 2008). Pour l'exemple présenté sur la figure 3, le découpage par seuils observés est le plus adéquat (indice de 17,1 contre 29,3), même si les résultats sont loin de représenter une solution optimale de découpage en classes.

### 4 Résultats

En termes de résultats, la méthodologie développée plus haut ne fournit évidemment pas directement de cartes ; elle apparaît néanmoins comme une méthode de structuration de données intéressante pour préparer la construction de cartes dynamiques. D'une part, elle offre une représentation innovante des données temporelles, qui aide à leur meilleure compréhension et donc à leur meilleure prise en compte pour une cartographie : à partir de l'image fournie par la figure 2, une permutation des disques permet, par exemple, d'organiser les données comme dans une matrice ordonnable de Bertin (1967), et de définir des "groupes" temporels homogènes, qu'il devient possible de cartographier dans une même dynamique.

D'autre part, ces groupes invitent à réfléchir à des intervalles de temps cohérents pour une cartographie dynamique, qui ne seraient plus construits sur un pas régulier d'une heure, mais sur des périodes plus ou moins longues, dont la durée se fonde sur le rythme des données. *In fine*, la carte dynamique qui en découle pourrait s'associer à une "transformation temporelle de poids", à l'instar des transformations cartographiques (anamorphoses) proposées par C. Cauvin (1997).

---

2 Ces données sont construites à partir du logiciel MobiSim, un modèle LUTI (Land-Use and Transport Integrated) permettant, entre autres, de simuler les mobilités quotidiennes des habitants d'une aire urbaine. Les données présentées ici sont calées sur l'enquête ménages-déplacement de 2004.

3 Rappelons que, fondée sur la notion de variance et sur l'algorithme de Fisher, la méthode proposée par G.F. Jenks minimise la variance intraclasse (ce qui permet de maximiser l'homogénéité à l'intérieur d'une même classe) et maximise la variance interclasses (ce qui permet d'accroître la distance entre les classes).

## 5 Perspectives et discussion

La figure 4 offre une image d'une animation cartographique<sup>4</sup> réalisée selon ce principe, à partir du nombre de départs au travail par demi-heure dans la Communauté d'agglomération de Besançon (cf. fig. 1, 2 et 3). La légende est présentée sous la forme d'un double cercle : en gris, les heures de la journée défilent au fur et à mesure de l'animation ; en dégradés bleus, les plages horaires correspondent au neuf périodes identifiées par la discrétisation en seuils observés (fig. 3). Durant l'animation, chacune de ces neuf périodes est affichée selon une durée identique, fixée ici à 5 secondes. Par conséquent, les heures défilent plus ou moins vite selon les périodes, ce qui permet de visualiser les rythmes urbains de manière originale. Pour conserver un confort optimal de lecture et de visualisation de l'information, les outils de navigation permettent toutefois à l'utilisateur de reve-

nir au départ de l'animation (fixé ici à minuit) quand il le souhaite, ou de se déplacer dans le temps en cliquant sur le segment horaire qu'il souhaite visualiser (ici 8h30-9h00). Graphiquement, la carte présente également une double information sur la variable cartographiée : la variable visuelle "valeur" indique la classe dans laquelle se situe le nombre de départs au travail pour chaque cellule, et l'extrusion de ces cellules en troisième dimension indique le nombre de départs (données brutes) pour chaque demi-heure.

Évidemment, si cette animation cartographique peut être considérée comme une avancée fondée sur la discrétisation pour la visualisation de données spatio-temporelles, son intérêt pour la lecture et la compréhension des phénomènes géographiques qu'elle représente demande à être testé, par exemple par le biais d'une enquête auprès de ses lecteurs, qu'ils soient ou non spécialistes de la discipline.

## Bibliographie

**Antoni J.P., Klein O., Moisy S.**, 2004, « Cartographie interactive et multimédia : vers une aide à la réflexion géographique », *Cybergeo : European Journal of Geography*, 288, mis en ligne le 21 octobre 2004, consulté le 26 décembre 2011. URL : <http://cybergeo.revues.org/2621>.

**Bertin J.**, 1967, *Sémiologie graphique : les diagrammes, les réseaux et les cartes*, Mouton, Gauthier-Villars.

**Cauvin C., Escobar F., Serradj A.**, 2008, *Cartographie thématique, Tome 3 : méthodes quantitatives et transformations attributaires*, Traité IGAT, Hermès, 282 p.

**Cauvin C.**, 1997, « Au sujet des transformations cartographiques de position », *Cybergeo : European Journal of Geography*, 15, mis en ligne le 14 janvier 1997, consulté le 26 décembre 2011. URL : <http://cybergeo.revues.org/5385>.

**Cauvin C., Reymond H., Serradj A.**, 1987, « Discrétisation et représentation cartographique », dans GIP Reclus, Huang G., Govoni S., Choi J., Hartley D.M., Wilson J.M., 2008, *Geovisualizing Data with Ring Maps*, *ArcUser Online*, Winter 2008, 2 p.

**Jenks G.F.**, 1977, *Optimal data classification for choropleth maps*, Occasional Paper, 2, Department of Geography, University of Kansas, Lawrence (Kansas).

**Jenks G.F., Coulson M.R.C.**, 1963, "Class intervals for statistical maps", *International Yearbook of Cartography*, 3, p. 119-133.

**Klein O.**, 2007, *Modélisation et représentations spatio-temporelles des déplacements quotidiens urbains*, thèse de doctorat, Université Louis Pasteur.

**Zhao J., Forer P., Harvey A.S.**, 2008, "Activities, ring maps and geovisualisation of large human movement fields", *Information Visualisation*, 7, p. 198-209.

---

4 Cette animation (qu'il est par définition impossible de traduire dans une publication sur support papier) est disponible en format numérique sur demande auprès des auteurs.

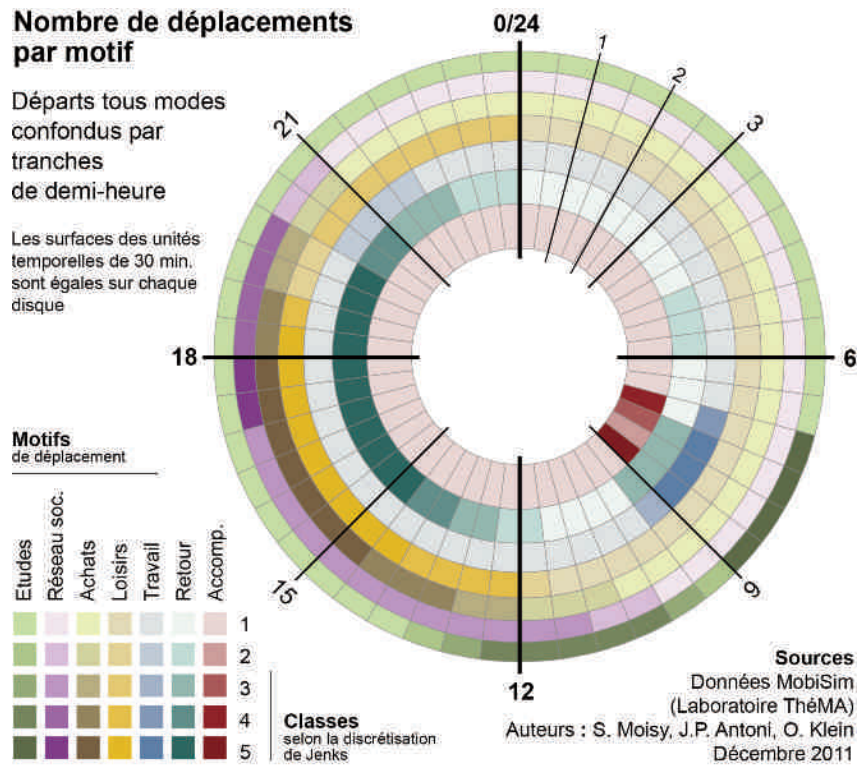


Figure 1 : Nombre de déplacements par motif

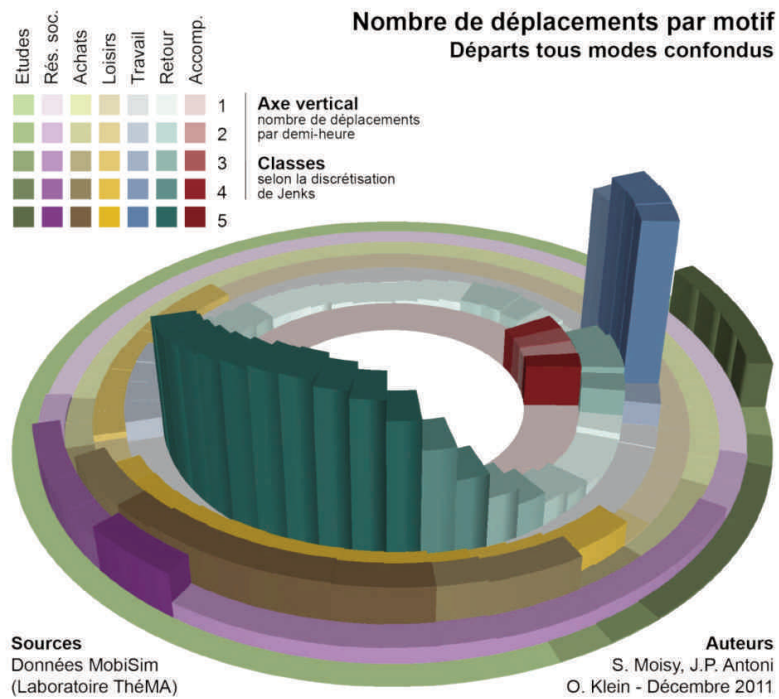


Figure 2 : Nombre de déplacements par motif en 3D

## Discrétisation des départs par plage horaire

Test des deux méthodes adaptées  
à la distribution de la variable

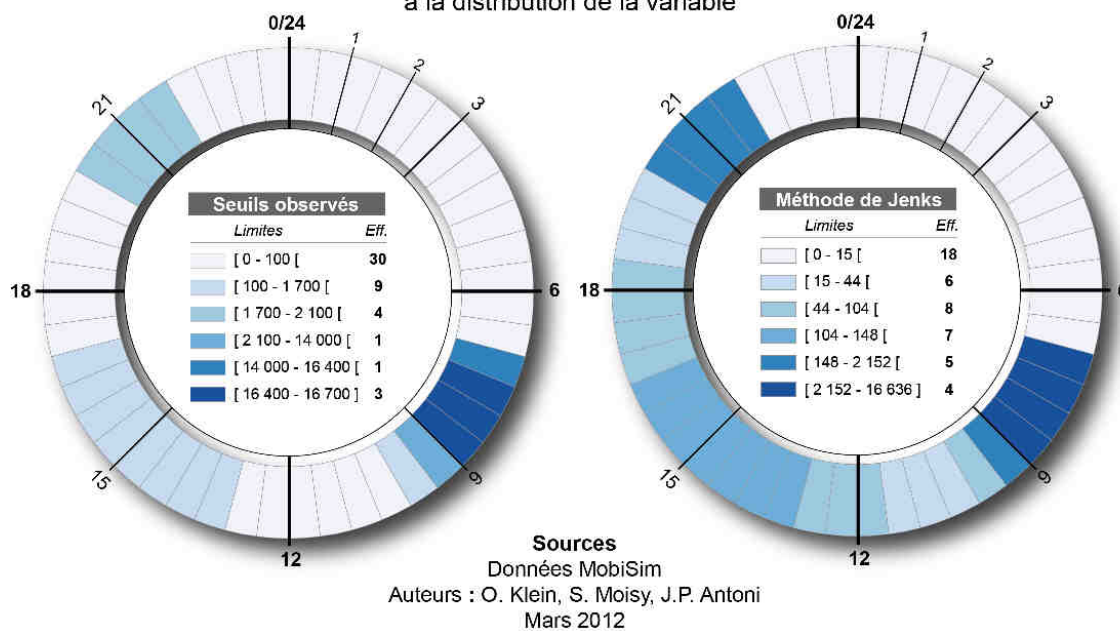
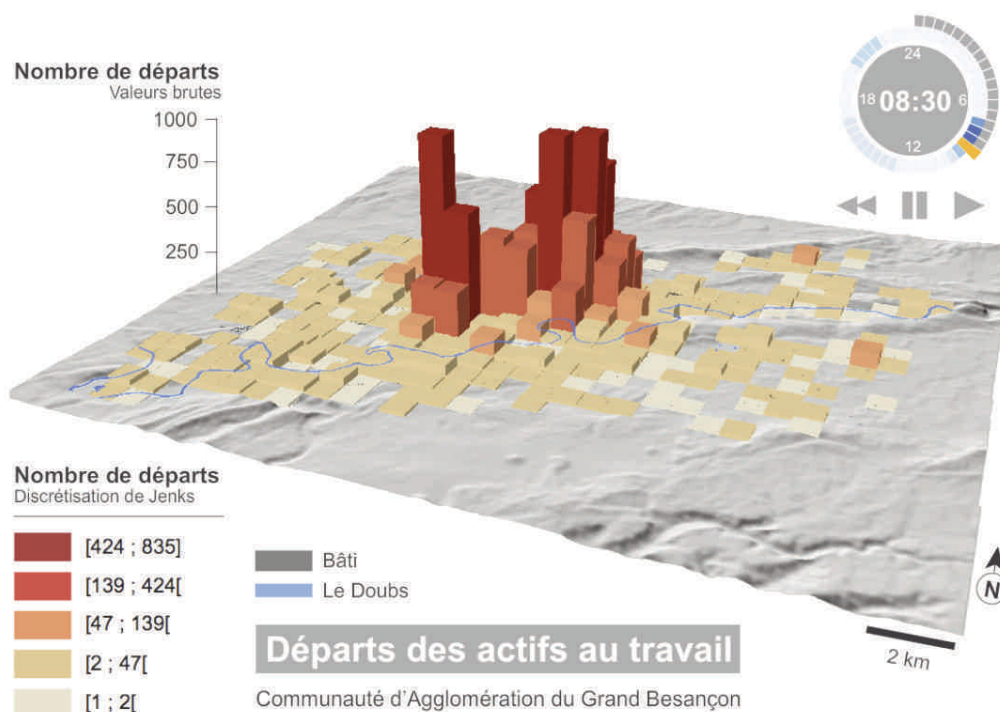


Figure 3 : Discrétisation des départs par plage horaire



Données MobiSim Sources IGN MNT et BD-Topo® + RGP INSEE Auteurs S. Moisy, O. Klein, J.P. Antoni (2012)

Figure 4 : Départs des actifs au travail