

# CARTOGRAPHIER L'ESPACE-TEMPS : CONTRAINTE ET INFLUENCE DES CHOIX MÉTHODOLOGIQUES

par Laurent Chapelon

UMR GRED Université Paul-Valéry Montpellier 3/IRD  
Route de Mende 34199 Montpellier cedex 5  
laurent.chapelon@univ-montp3.fr

*Le présent article a pour objectif de mettre en évidence les contraintes théoriques et méthodologiques qui pèsent sur la cartographie de l'espace-temps. Cela renvoie notamment à la variabilité des mesures dans l'espace et dans le temps. Comment rendre compte visuellement de conditions d'accès qui varient selon le lieu et selon l'instant de référence ? En d'autres termes, la représentation de l'espace-temps sera fortement influencée par la quantité et la précision des mesures que l'on peut ou que l'on souhaite mobiliser. Les atouts et les limites de différentes méthodes cartographiques seront analysés (disques proportionnels, isochrones, arcs colorés). Il s'agit de montrer ce que ces représentations permettent d'observer et ce qu'elles sont dans l'obligation méthodologique de cacher au lecteur. En effet, la carte, en tant que modèle, est une représentation simplifiée de la réalité. Elle ne peut, à elle seule, rendre compte de la totalité des facteurs spatiaux et temporels qui entrent dans la configuration de l'espace-temps. Dès lors, selon les choix méthodologiques opérés, seules certaines propriétés seront mises en évidence alors que d'autres seront consciemment ou inconsciemment cachées. Il est donc possible d'influencer la perception de l'accessibilité spatio-temporelle par les acteurs de l'aménagement et, au-delà, d'influencer les choix stratégiques qui peuvent être faits sur la base des productions cartographiques.*

Se déplacer et agir dans l'espace nécessite du temps. L'Homme a très tôt compris que les techniques de transport modifiaient en profondeur l'espace-temps. Il a inventé la voile, la roue, le rail ; il a utilisé la vapeur, l'électricité, le pétrole comme force motrice pour accroître la vitesse de déplacement des mobiles qui le transportent. Ainsi, au-delà de la rugosité intrinsèque de l'espace géographique, c'est surtout la performance des systèmes de transport qui influence de nos jours la durée nécessaire au franchissement de l'espace. Selon qu'une agglomération dispose ou non d'un échangeur autoroutier, d'une gare TGV ou d'un aéroport, les conditions d'accès de ses habitants, dans telles ou telles directions, vont s'en trouver modifiées. L'espace-temps est donc fortement hétérogène. Sa configuration dépend des différentiels de vitesses entre les moyens de transport et sa représentation a très tôt interpellé les cartographes.

## Un espace de déplacement fortement anisotrope

L'augmentation des vitesses, permise par la construction de grands réseaux d'infrastructures, a entraîné la contraction de l'espace-temps et l'accroissement de la mobilité interurbaine. Des villes éloignées se sont « rapprochées ». L'espace s'est peu

à peu effacé au profit du temps. On dit de moins en moins que Tours est à 230 kilomètres de Paris, mais on retient qu'elle est à 1 heure en TGV.

Les différenciations spatiales constituent le fondement de nombreuses disciplines en sciences sociales. C'est parce que l'espace est fondamentalement anisotrope que son analyse est intéressante et que son aménagement s'impose. La mobilité est la conséquence de cette anisotropie. « C'est la localisation des agents économiques dans l'espace géographique les uns par rapport aux autres qui met les hommes et les biens en mouvement. C'est parce que toutes les ressources dont l'activité économique ou la vie sociale ont besoin pour s'accomplir ne sont pas situées en un même lieu et ne sont donc pas accessibles sans déplacement, que la mobilité se développe » (Bavoux *et al.* 2005).

L'anisotropie est « l'état d'un milieu dont les caractéristiques varient selon la direction dans laquelle on les évalue à partir d'un point quelconque » (Bavoux et Chapelon 2014). Les vitesses de déplacement dépendent de la localisation géographique des individus et de la direction suivie. Elles contribuent à la déformation de l'espace théorique isotrope (fig. 1).

La distance-temps, évaluée en unités de durée (minutes...), est une distance particulièrement pertinente et fiable pour mesurer l'écartement,

l'éloignement entre les lieux et donc les différences d'accessibilité. Elle rend compte du caractère anisotrope de l'espace géographique et de l'ensemble des facteurs qui influencent les conditions de déplacement. L'accessibilité dépend en particulier :

- des caractéristiques des espaces traversés (topographie, hydrologie...);
- de la topologie des réseaux ;
- des modes de transport utilisés et de leur combinaison dans une même chaîne de déplacement (intermodalité) ;
- de la performance technologique des systèmes de transport ;
- des niveaux de services offerts aux usagers (nœuds desservis, fréquences, amplitudes, horaires...);
- des réglementations en vigueur (code de la route, normes de sécurité...);
- de la fréquentation (niveau d'utilisation des voies ou des équipements nodaux, taux de remplissage des mobiles) qui perturbe le fonctionnement optimal des réseaux.

Ces différents facteurs combinés font que la quantité d'espace parcouru n'est plus proportionnelle au temps investi (Ollivro 2000). Ainsi, l'espace-temps est le reflet de l'anisotropie de l'espace de déplacement. L'analyse des propriétés de l'espace-temps renseigne sur la performance des systèmes de transport et sur la qualité des services offerts. Or, s'il y a aujourd'hui consensus pour reconnaître la nécessité de traiter l'espace et le temps simultanément, l'analyse de l'espace-temps reste encore largement à approfondir.

## Conséquences méthodologiques

### La désagrégation spatiale et temporelle des mesures d'accessibilité

Le cartographe est confronté à la forte variabilité spatiale et temporelle des mesures d'accessibilité. Cela implique une prise en compte désagrégée de l'espace et du temps dans les calculs d'accessibilité en transports individuels et collectifs. Toute mesure d'accessibilité se rapporte à un instant donné et à un seul. En un même lieu, de fortes variations peuvent être observées selon le moment de la journée ou selon le jour de l'année. Pour les transports individuels, cela tient au niveau d'utilisation des infrastructures routières qui peuvent produire des écarts d'accessibilité conséquents entre les heures creuses et les heures de pointe, entre les périodes hivernales et les périodes estivales. Pour les transports collectifs, les variations sont dues

principalement à la fréquence et au positionnement horaire des services. Leur caractère discontinu dans le temps accentue la variabilité de l'accessibilité. Par exemple, il ne sert à rien d'être localisé sur une ligne de transport rapide si les services sont concentrés sur un intervalle de temps très limité. Ainsi, en toute rigueur, les mesures d'accessibilité devraient être systématiquement positionnées dans le temps.

### Discontinuité, effet tunnel et dualisation de l'espace

L'accroissement des vitesses de transport et la raréfaction des points d'accès aux réseaux rapides produisent des discontinuités qui donnent naissance à des phénomènes de type « effet tunnel » (fig. 2) et à une cohabitation entre un « espace nodal » bien desservi, celui des métropoles connectées aux grands réseaux, et un « espace banal » dans lequel les conditions de déplacement sont plus difficiles et encore largement fonction des distances parcourues (Plassard 2003).

### L'inversion spatiale

Les différentiels de vitesses observés dans l'espace et dans le temps bouleversent, en de nombreux endroits, l'ordre géographique des proximités. Il faut par exemple plus de temps en train pour parcourir les 400 kilomètres entre Marseille et Toulouse (3h30) que les 770 kilomètres entre Marseille et Paris (3h). Ainsi, être proche spatialement n'est plus une garantie de proximité temporelle relative.

Une autre conséquence réside dans le fait que lors de certains déplacements, il est préférable de commencer son trajet dans la direction opposée à celle de sa destination finale pour gagner du temps. Il s'agit du phénomène d'inversion spatiale (Bunge 1962 ; L'Hostis 2014 ; Bavoux et Chapelon 2014). Cela s'explique par l'intérêt temporel qu'il peut y avoir à réaliser un rabattement sur un nœud de réseau rapide (échangeur autoroutier...) afin de bénéficier de sa performance (fig. 3).

### Un espace de mesure « discret »

L'analyse des propriétés de l'espace-temps s'opère à partir de sources diversifiées permettant d'évaluer les conditions de déplacement sur les réseaux. Il s'agit le plus souvent de graphes valués, de grilles horaires des transports collectifs voire de relevés de terrain (fig. 4).

Ces données sont utilisées pour reproduire les comportements de déplacement des usagers et évaluer leur pénibilité de cheminement d'un lieu à un autre.

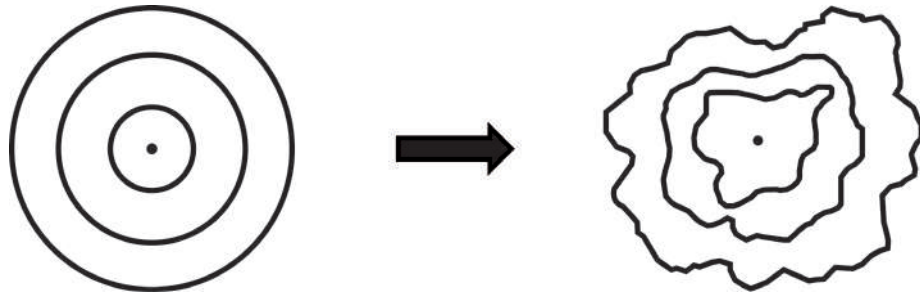


Figure 1 : De l'espace isotrope à l'espace anisotrope

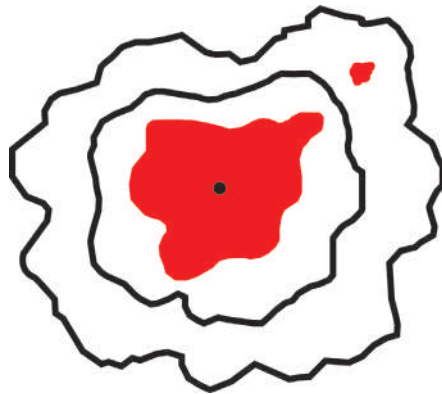


Figure 2 : Discontinuité et effet tunnel

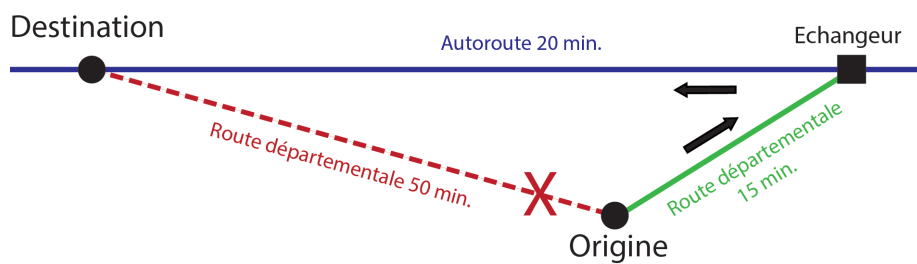


Figure 3 : Inversion spatiale

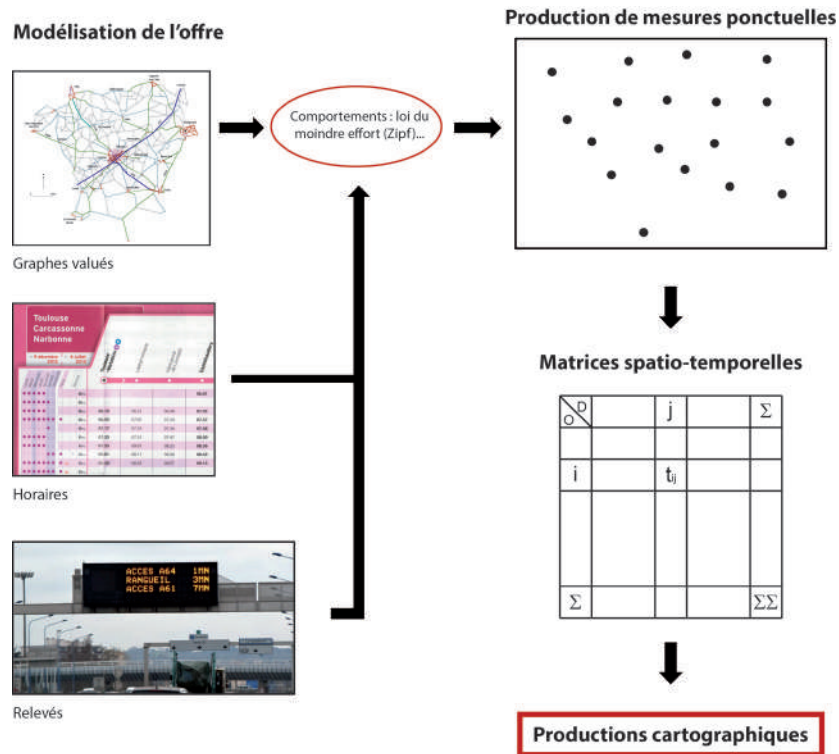


Figure 4 : De la modélisation de l'offre aux productions cartographiques

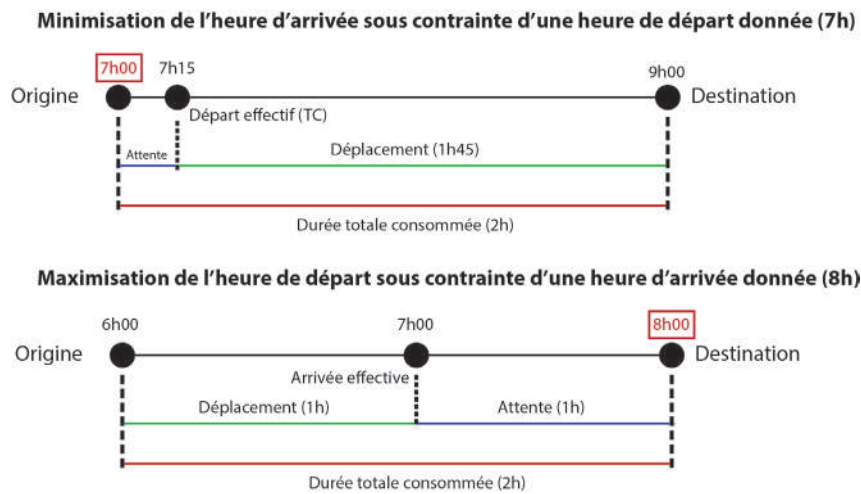


Figure 5 : Principes de calcul des cheminements optimaux

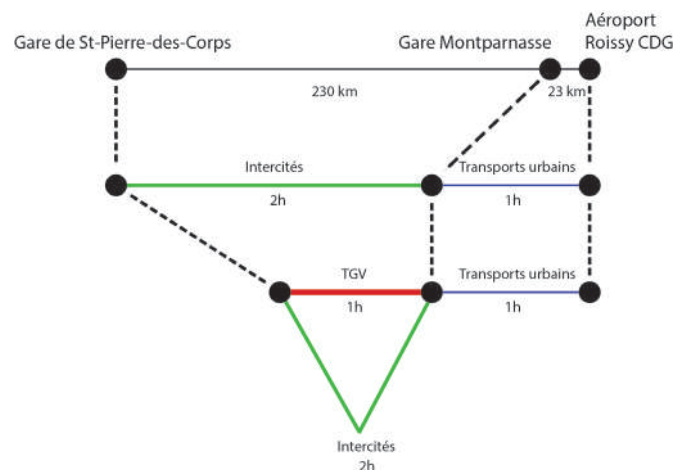


Figure 6 : Importance de la localisation de la mesure

Cela implique d'adopter des règles de comportement lors de la modélisation des déplacements. La loi du moindre effort de Zipf est l'une des plus usitées. Elle consiste à minimiser l'effort consenti par l'utilisateur et donc à rechercher l'itinéraire temporellement optimal. Il en résulte la production de mesures d'accessibilité qui ont pour point commun d'être localisées en un lieu donné de l'espace, repérable à l'aide de ses coordonnées géographiques. L'analyse de l'espace-temps repose donc sur l'exploitation et la cartographie de ces mesures ponctuelles préalablement « rangées » dans des matrices spatio-temporelles de type « origine-destination ».

## Conception et exploitation des matrices spatio-temporelles

### Sensibilité à la nature de la mesure spatio-temporelle

L'analyse de l'espace-temps dépend en premier lieu de la mesure contenue dans la matrice spatio-temporelle. En effet, il existe deux grands principes d'extraction de cette mesure (Chapelon 2016) selon que l'on privilégie :

- cas 1 : la minimisation de l'heure d'arrivée à destination sous contrainte d'une heure de départ donnée (7h00 sur la figure 5) ;
- cas 2 : la maximisation de l'heure de départ sous contrainte d'une heure d'arrivée à destination donnée (8h00 sur la figure 5).

Dans chaque cas se pose également la question de la nature même de l'indicateur extrait du calcul des cheminements optimaux. Il peut s'agir (fig. 5) :

- de la durée totale consommée entre l'heure de départ (cas 1) ou d'arrivée (cas 2) souhaitée et l'heure d'arrivée (cas 1) ou de départ (cas 2) effective ;
- ou de la durée de déplacement proprement dite (1h45 dans le cas 1 et 1h dans le cas 2), c'est-à-dire en excluant le temps d'attente éventuel au départ (cas 1) ou à l'arrivée (cas 2).

La plus grande rigueur est ainsi nécessaire lors du choix, de la description et de la justification des indicateurs.

### Sensibilité à la localisation de la mesure

L'analyse de l'espace-temps est également influencée par la précision de la localisation spatiale de la mesure. Deux lieux situés à quelques mètres l'un de l'autre peuvent présenter de fortes différences d'accessibilité s'ils sont séparés par un cours d'eau ou,

plus largement, par un obstacle difficilement franchissable. Parler de l'accessibilité ferroviaire entre deux villes nécessite donc de préciser impérativement les lieux d'origine et de destination de la mesure. Par exemple (fig. 6), le temps de parcours entre la gare de Saint-Pierre-des-Corps (gare TGV de Tours à 4 km du centre-ville) et la gare Montparnasse à Paris est proche de 1h en TGV (230 km). Autant que le temps nécessaire pour relier la gare Montparnasse à l'aéroport Roissy Charles-de-Gaulle en transports collectifs urbains (23 km). Autant que le gain de temps procuré par le TGV comparativement aux trains intercity entre les gares de Saint-Pierre-des-Corps et Paris Austerlitz. La contraction de l'espace-temps liée à la mise en service du TGV s'est opérée entre la gare de Saint-Pierre-des-Corps et la gare Montparnasse, mais pas sur les « bouts de chaîne ». Ainsi, dire que l'accessibilité ferroviaire entre Tours et Paris est de 1h est inexact puisque l'origine et la destination des déplacements ne sont, en réalité, jamais les gares elles-mêmes.

Cette précision influence fortement le contenu de la matrice spatio-temporelle et, au final, les productions cartographiques qui en découlent.

### Sensibilité aux systèmes de transport modélisés et à leur combinaison

Si l'on exclut les trajets uniquement pédestres, on peut affirmer, et plus encore aujourd'hui, que tout trajet est multimodal. Les opérateurs de transport ont d'ailleurs bien compris l'importance de l'intermodalité pour une alimentation réciproque des modes de transport en passagers. Le choix des systèmes de transport retenus pour le calcul des plus courts chemins est donc primordial puisqu'il impacte directement le contenu des matrices spatio-temporelles. Idéalement, et sauf étude partielle spécifique, il conviendrait de travailler sur la plus large offre possible afin de prendre en considération toutes les combinaisons modales.

### Sensibilité au caractère unipolaire ou multipolaire des indicateurs d'accessibilité

L'exploitation à des fins cartographiques des matrices spatio-temporelles peut être (fig. 7) :

- soit unipolaire : au départ ou à destination d'un lieu donné ;
- soit multipolaire : au départ ou à destination de tout ou partie des autres lieux desservis.

Les deux approches présentent des intérêts spécifiques et sont donc complémentaires. La cartographie multipolaire fournit des résultats de portée plus syn-



thétique que la cartographie unipolaire en cumulant les temps de parcours entre un ensemble de lieux. Elle permet ainsi d'éviter la multiplication de cartes unipolaires.

### **Sensibilité aux limites de l'espace étudié : les effets de bord**

La cartographie des matrices d'espace-temps met clairement en évidence l'importance de la délimitation du terrain d'étude dans la caractérisation de la plus ou moins forte centralité spatio-temporelle des lieux. Ainsi, un lieu central dans une configuration spatiale donnée peut devenir périphérique dans une autre configuration (point rouge fig. 8).

Ces effets de bord s'observent très nettement dans le cas des cartes multipolaires dans la mesure où l'allongement des temps de trajet lié à la périphéricité d'un lieu est subi un grand nombre de fois. Si cela reflète une réalité géographique, il convient cependant d'apporter le plus grand soin à la justification de l'aire d'étude.

### **Sensibilité à la densité de points**

Les cartes multipolaires obtenues par sommation des plus courts chemins sont particulièrement sensibles à la densité de points étudiés. Une forte concentration de points dans une zone induit automatiquement une multiplication de trajets courts entre ces points et favorise la zone en question au détriment des autres secteurs (fig. 9).

Le choix des lieux étudiés doit donc être justifié par des critères objectifs et clairement exposés. Le cartographe peut décider de retenir une valeur par commune ou toutes les stations de transport en commun, de fixer un seuil de population minimal et/ou maximal, etc. Il ne faut pas ici confondre le nombre de points nécessaire à la construction du graphe qui sert au calcul des plus courts chemins, lequel peut être localement plus ou moins important selon la topologie des réseaux, et le choix des lieux retenus dans la matrice spatio-temporelle, lequel influence directement les résultats et la cartographie.

## **Cartographie des matrices spatio-temporelles**

### **Les disques proportionnels**

L'utilisation de disques proportionnels aux valeurs contenues dans la matrice spatio-temporelle est sans doute la méthode cartographique la plus couramment utilisée. Elle permet d'affecter avec précision un

symbole à chaque point de mesure, mais l'espace géographique est ici représenté de manière discrète et non pas continue. La figure 10, produite par MAPNOD (Chapelon et L'Hostis 1993-2018, <http://mapnod.free.fr>), représente l'accessibilité entre les stations TER et autocars du territoire étudié et la gare ferroviaire de Nîmes un jour ouvrable de base des schémas de services de l'hiver 2002-2003.

L'heure maximale d'arrivée en gare est fixée à 8h00. L'indicateur représenté est la durée totale consommée. Elle a été obtenue par différence entre l'heure maximale d'arrivée souhaitée (8h00) et l'heure de départ effective la plus tardive possible.

On observe que certaines stations d'autocars ne permettent pas de respecter la contrainte d'une arrivée en gare avant 8h00 (points noirs sur la figure 10). Cela fournit une première indication sur l'amplitude de l'offre. On constate également d'importantes différences entre les communes puisque le temps total de parcours varie de quelques minutes à plus de 1h30.

La combinaison de la taille et de la couleur des disques, après discrétisation préalable, contribue, selon nous, à améliorer la lisibilité de la carte. Ce type de méthode présente cependant des limites lorsque la densité de points est trop importante (fig. 11).

En effet, le chevauchement des disques rendrait ici la carte illisible à l'approche du centre de Nîmes. Une solution pour dépasser cette limite, tout en conservant la même méthode, consisterait à multiplier les niveaux de zoom, ce qui peut s'avérer inconfortable pour le lecteur souhaitant bénéficier d'une « vision » globale sur une carte unique.

Une autre solution, impliquant quant à elle un changement de méthode, consiste à utiliser des fonctions d'interpolation.

### **Les isochrones**

L'interpolation est la « détermination approchée de données manquantes à partir d'éléments connus disponibles » (Bavoux et Chapelon 2014). L'application des opérations mathématiques d'interpolation à la cartographie permet de prédire des valeurs d'attributs en des lieux non échantillonnés et de tracer des isolignes à partir d'un nombre fini de valeurs localisées. Dans le cas des matrices spatio-temporelles l'interpolation permet de cartographier les temps de parcours sous forme d'isochrones après discrétisation préalable en classes de valeurs (fig. 12).

$\backslash$ D		j		$\Sigma$
o				
i		$t_{ij}$		
$\Sigma$				$\Sigma\Sigma$

Cartographie unipolaire

$\backslash$ D		j		$\Sigma$
o				
i		$t_{ij}$		
$\Sigma$				$\Sigma\Sigma$

Cartographie multipolaire

Figure 7 : Exploitation des matrices spatio-temporelles

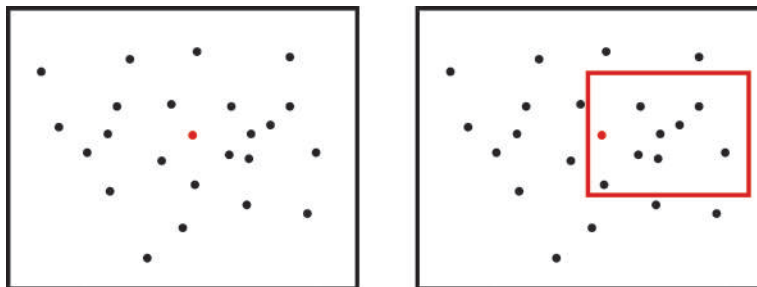


Figure 8 : Importance de la délimitation de l'aire d'étude

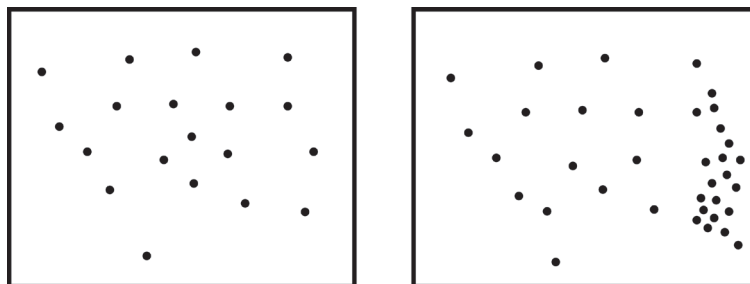


Figure 9 : Influence de la densité de points

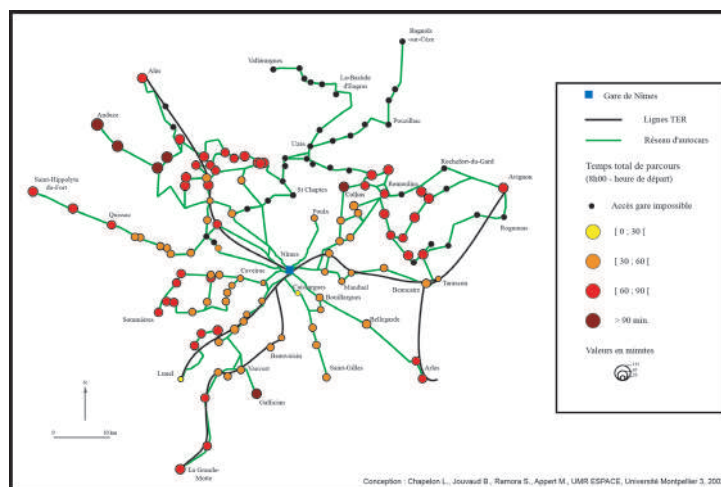


Figure 10 : Accessibilité TER et autocar à la gare de Nîmes avant 8h00

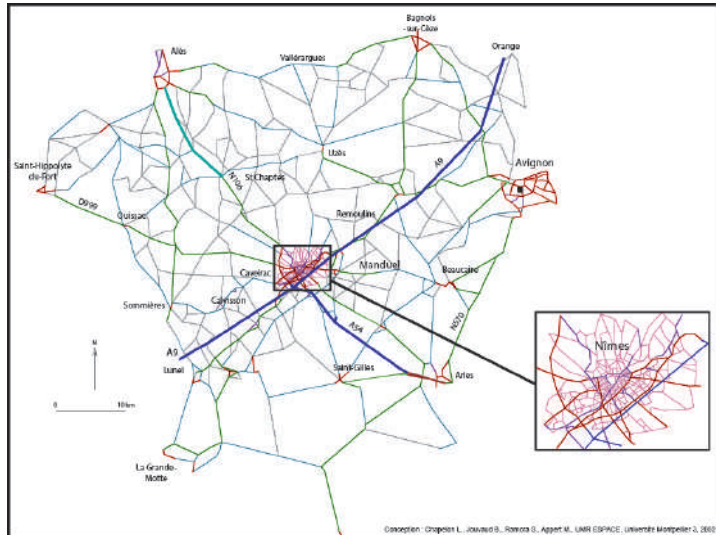


Figure 11 : Graphe du réseau routier de l'agglomération nîmoise

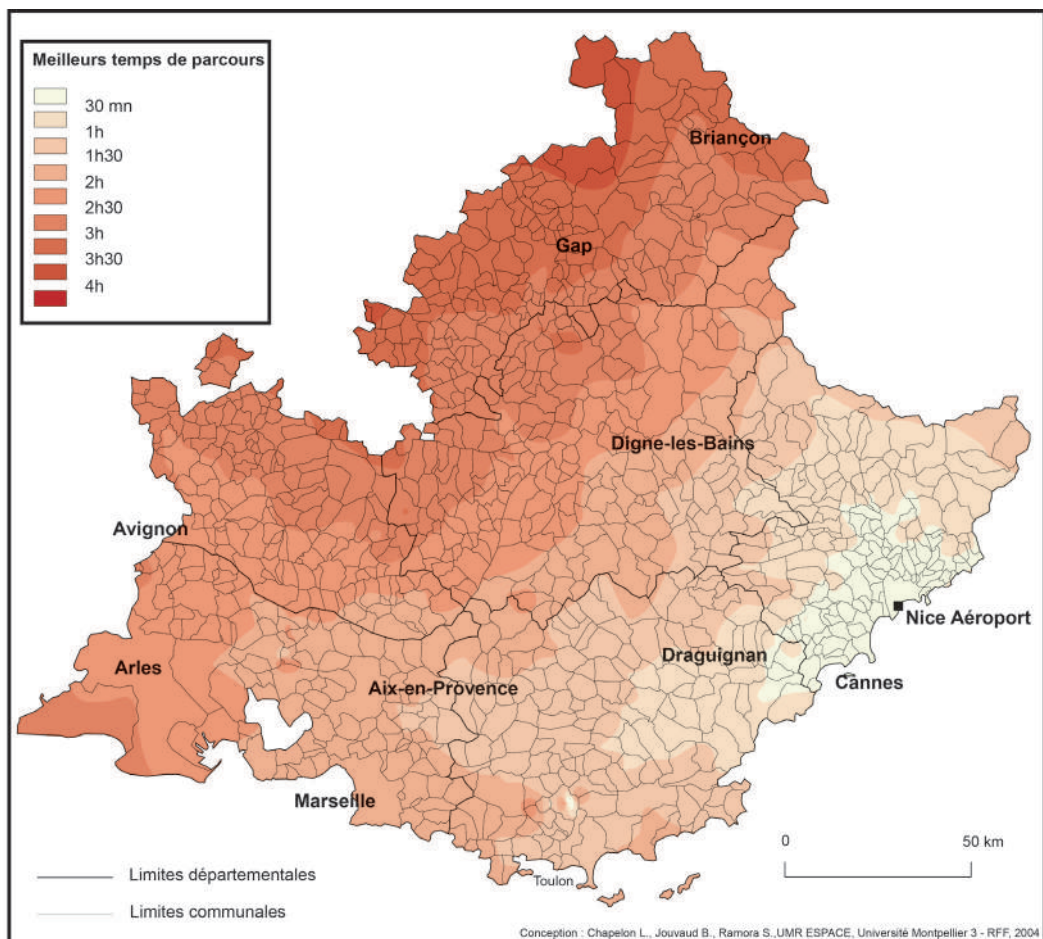


Figure 12 : Accessibilité routière à l'aéroport de Nice



Sur la figure 12, les pixels contenant les valeurs interpolées sont regroupés en classes de même amplitude (30 minutes). A chaque classe est affectée une couleur spécifique.

La force des « cartes isochrones » réside dans la couverture continue de l'espace géographique, ce qui leur confère une grande lisibilité. L'interpolation réintroduit de la continuité dans un espace de mesure discret. Elles présentent cependant l'inconvénient de produire des valeurs calculées mathématiquement déconnectées, volontairement ou non, de la réalité géographique. Par exemple, l'interpolation permet d'affecter une valeur d'accessibilité à chaque pixel sans se soucier s'il est effectivement desservi par le ou les modes de transport étudiés (fig. 13).

La figure 13, produite par ArcGIS, représente les meilleurs temps de parcours ferroviaires au départ de Paris un jour ouvrable de base du mois de mars 2003 (Chapelon et Leclerc 2007). L'interpolation a été réalisée sur la base de 165 valeurs correspondant à 165 gares du réseau ferré français. Il s'agit des gares des aires urbaines françaises de plus de 50 000 habitants, des préfectures de départements et des villes nouvellement desservies par la grande vitesse ferroviaire. Si la carte présente, selon nous, une grande lisibilité, elle laisse à penser que la desserte ferroviaire depuis Paris est continue, ce qui n'est évidemment pas le cas. Certaines zones se voient affecter une valeur alors qu'elles sont dépourvues de desserte ferroviaire. Ce problème est observable pour tous les modes et toutes les combinaisons de modes de transport. Il est cependant un peu moins prégnant sur les cartes d'accessibilité routière dans la mesure où le réseau routier irrigue beaucoup plus finement le territoire.

Il convient donc de préciser systématiquement les choix méthodologiques sous-jacents à la conception des « cartes isochrones » dont les limites ne sauraient être masquées par les nombreux avantages qu'elles procurent.

Afin de dépasser la contrainte d'affectation de valeurs en des sites non accessibles, une solution d'interpolation intéressante consiste à produire des « cartes en arcs colorés ».

## Les arcs colorés

Les cartes dites en « arcs colorés » sont issues de l'interpolation de valeurs ponctuelles, non plus en tout point de l'espace, mais sur les arcs du graphe servant à la modélisation des réseaux. La figure 14 présente le principe d'élaboration des cartes et deux

exemples d'application à l'accessibilité routière à la gare de Nîmes centre et à la future gare TGV de Manduel. Les cartes sont produites par MAPNOD (Chapelon et L'Hostis 1993-2018, <http://mapnod.free.fr/>). Elles ont été réalisées dans le cadre d'une étude commanditée par Réseau Ferré de France (Délégation Régionale Languedoc-Roussillon) en lien avec le projet de contournement ferroviaire Nîmes-Montpellier.

Les temps de parcours routiers optimaux vers les gares ont été calculés pour chacun des sommets du graphe en heure creuse. Ils sont issus de la modélisation prospective des réseaux routiers à l'horizon 2020. Leur discrétisation permet d'attribuer à chaque sommet une couleur correspondant à une classe de valeurs préalablement fixée : [0-15], [15-30], [30-45], [45-60] dans l'exemple de la figure 14.

Lorsque les sommets situés à chaque extrémité d'un arc appartiennent à la même classe, l'arc est coloré entièrement de la même couleur. Lorsqu'ils appartiennent à deux classes successives ([0-15] et [15-30] par exemple), les arcs sont colorés de deux couleurs différentes. Le point de changement de couleur est calculé en fonction de l'écart entre les valeurs des deux extrémités de l'arc et la borne commune aux deux classes. Sur la figure 14, une valeur de 10 minutes en A et de 20 minutes en B conduit à colorer la moitié de l'arc en gris et l'autre moitié en jaune, car l'écart (5 minutes) avec la borne de classe (placée à 15 minutes) est identique pour A et pour B. Lorsqu'ils appartiennent à deux classes non successives ([0-15] et [30-45] par exemple), les arcs sont colorés par autant de couleurs que de classes concernées.

Contrairement aux cartes isochrones, cette méthode offre l'avantage de n'opérer l'interpolation des valeurs ponctuelles que sur les arcs du graphe c'est à dire dans les directions pour lesquelles une infrastructure de desserte existe et peut potentiellement irriguer le territoire traversé. Comme l'illustre la figure 14, la lisibilité des cartes est fortement conditionnée par la densité des sommets du graphe. Lorsque la densité augmente, la lisibilité s'accroît. C'est le cas à l'approche du centre de Nîmes.

## Conclusion

Le domaine de la modélisation des systèmes de transport a subi de nombreuses évolutions depuis une cinquantaine d'années, tant au niveau des concepts que des techniques utilisées. Les possibilités de calcul offertes aujourd'hui par les ordinateurs, le

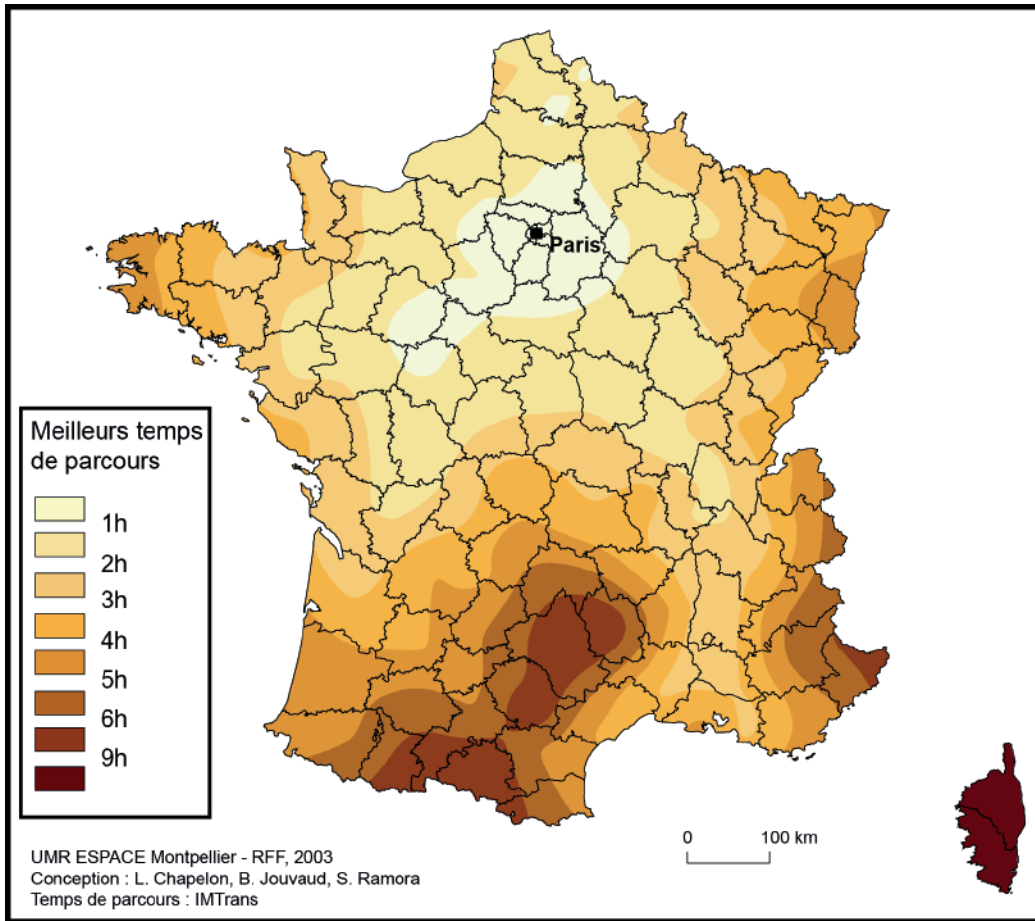


Figure 13 : Accessibilité ferroviaire depuis Paris

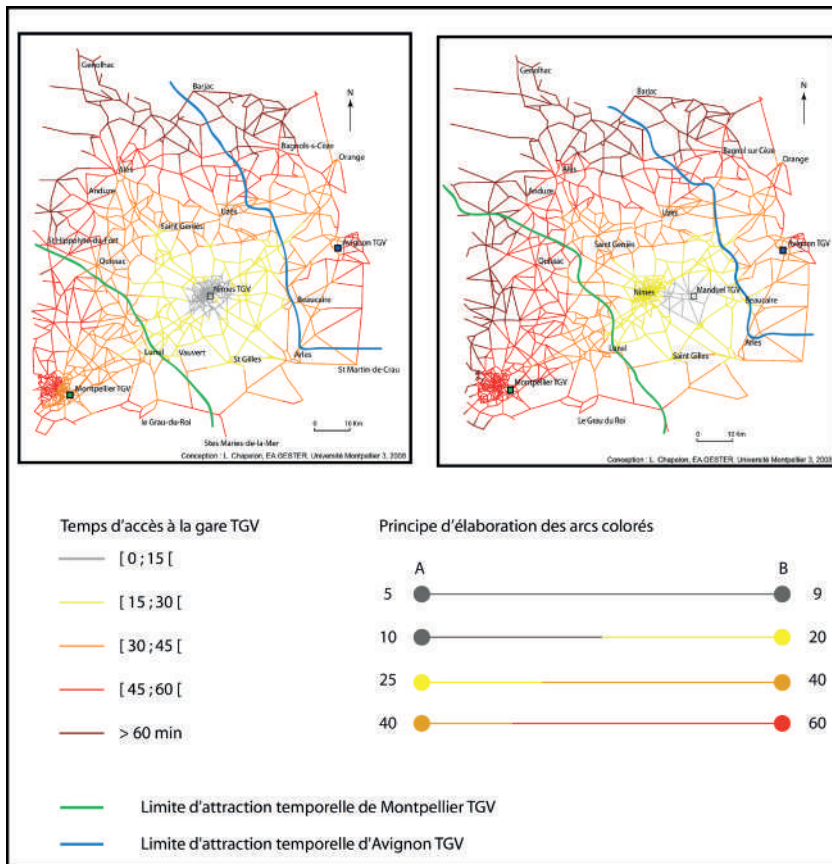


Figure 14 : Accessibilité routière aux gares de Nîmes centre et Manduel TGV

développement des Systèmes d'Information Géographique et l'émergence récente de puissants outils de géosimulation appliqués au transport (Gama, Mat-Sim, NetLogo), permettent d'entrevoir un renouvellement des outils d'analyse et de planification des transports. Mais une carte reste un modèle, c'est-à-dire une « représentation schématique de la réalité, élaborée en vue de la comprendre et de la faire com-

prendre » (Durand-Dastès 2001). Comme tout exercice de modélisation, les choix méthodologiques qui prévalent à la simplification de la réalité influencent la production cartographique. En particulier, quelle que soit la méthode retenue, nous avons pu montrer que la densité de points de mesures est un élément essentiel de la pertinence et de la précision des cartes d'espace-temps.

---

## Bibliographie

Bavoux J.-J., Chapelon L., 2014, *Dictionnaire d'analyse spatiale*, Paris, Armand-Colin, collection Dictionnaire.

Bavoux J.-J., Beaucire F., Chapelon L., Zembri P., 2005, *Géographie des transports*, Paris, Armand-Colin, collection U.

Bunge W., 1962, *Theoretical geography*, Lund, Gleerup.

Chapelon L., 2016, « Évaluation de la performance des chaînes intermodales de transport par les mesures d'accessibilité » dans Chapelon L. (dir.), *Transports et intermodalité*, Londres, ISTE, p. 107-135.

Chapelon L. et Leclerc R. (dir.), 2007, *Accessibilité ferroviaire des villes françaises en 2020*, Paris, La Documentation Française, collection Sciences, société et nouvelles technologies.

Durand-Dastès F., 2001, « Les concepts de la modélisation en analyse spatiale » dans Sanders L. (dir.), *Modèles en analyse spatiale*, Paris, Lavoisier, p. 31-59.

L'Hostis, A., 2014, *Le détour, la pause et l'optimalité. Essai sur la distance et ses apports au transport et à l'urbanisme*, Mémoire d'HDR, Université Paris-Est, LVMT.

Ollivro J., 2000, *L'Homme à toutes vitesses. De la lenteur homogène à la rapidité différenciée*, Rennes, Presses Universitaires, collection Espace et territoires.

Plassard F., 2003, *Transport et territoire*, Paris, La Documentation française, collection Transports, recherche, innovation.