



POLYTECH[®]
TOURS

Département
Aménagement et Environnement



Ecole d'ingénieurs
polytechnique
de l'université de Tours

CITERES
UMR 6173
Cités, Territoires,
Environnement et Sociétés

Equipe IPA-PE
Ingénierie du Projet
d'Aménagement, Paysage,
Environnement

Projet de Fin d'Etudes

LA PIETONISATION DU CENTRE-VILLE DE TOURS ET SES CONSEQUENCES

Etude de l'impact d'une
piétonisation sur les flux et les
besoins en stationnement



2017-2018

Directeur de recherche
Baptiste Hervé

Blanloeil Félix
Lamirault Valentin

La piétonisation du centre-ville de Tours et ses conséquences

*Etude de l'impact d'une piétonisation sur les flux et les
besoins en stationnement*

Directeur de recherche
Baptiste Hervé

Blanloeil Félix
Lamirault Valentin

2017-2018

Avertissement

Cette recherche a fait appel à des lectures, enquêtes et interviews. Tout emprunt à des contenus d'interviews, des écrits autres que strictement personnel, toute reproduction et citation, font systématiquement l'objet d'un référencement.

L'auteur (les auteurs) de cette recherche a (ont) signé une attestation sur l'honneur de non plagiat.

Formation par la recherche, Projet de Fin d'Etudes en génie de l'aménagement et de l'environnement

La formation au génie de l'aménagement et de l'environnement, assurée par le département aménagement et environnement de l'Ecole Polytechnique de l'Université de Tours, associe dans le champ de l'urbanisme, de l'aménagement des espaces fortement à faiblement anthropisés, l'acquisition de connaissances fondamentales, l'acquisition de techniques et de savoir-faire, la formation à la pratique professionnelle et la formation par la recherche. Cette dernière ne vise pas à former les seuls futurs élèves désireux de prolonger leur formation par les études doctorales, mais tout en ouvrant à cette voie, elle vise tout d'abord à favoriser la capacité des futurs ingénieurs à :

- Accroître leurs compétences en matière de pratique professionnelle par la mobilisation de connaissances et de techniques, dont les fondements et contenus ont été explorés le plus finement possible afin d'en assurer une bonne maîtrise intellectuelle et pratique,
- Accroître la capacité des ingénieurs en génie de l'aménagement et de l'environnement à innover tant en matière de méthodes que d'outils, mobilisables pour affronter et résoudre les problèmes complexes posés par l'organisation et la gestion des espaces.

La formation par la recherche inclut un exercice individuel de recherche, le projet de fin d'études (P.F.E.), situé en dernière année de formation des élèves ingénieurs. Cet exercice correspond à un stage d'une durée minimum de trois mois, en laboratoire de recherche, principalement au sein de l'équipe Ingénierie du Projet d'Aménagement, Paysage et Environnement de l'UMR 6173 CITERES à laquelle appartiennent les enseignants-chercheurs du département aménagement.

Le travail de recherche, dont l'objectif de base est d'acquérir une compétence méthodologique en matière de recherche, doit répondre à l'un des deux grands objectifs :

- Développer toute ou partie d'une méthode ou d'un outil nouveau permettant le traitement innovant d'un problème d'aménagement
- Approfondir les connaissances de base pour mieux affronter une question complexe en matière d'aménagement.

Afin de valoriser ce travail de recherche nous avons décidé de mettre en ligne sur la base du Système Universitaire de Documentation (SUDOC), les mémoires à partir de la mention bien.

Remerciements

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui nous ont aidées au cours de notre projet de par leurs conseils et/ou leurs informations précieuses.

- Monsieur Hervé Baptiste, notre tuteur au sein de Polytech'Tours qui nous a accompagné tout au long de notre projet, nous a fourni un grand nombre de conseils et orienté notre travail de façon efficace ;
- Monsieur Kamal Serrhini, maître de conférences à Polytech'Tours qui a aussi répondu présent lorsque nous avons sollicité son aide ;
- Joséphine Leconte et Marine Protin avec qui nous avons travaillé étroitement sur la première phase de modélisation de ce projet.

Sommaire

Avertissement	4
Formation par la recherche, Projet de Fin d'Etudes en génie de l'aménagement et de l'environnement	5
Remerciements	6
Sommaire	7
Introduction	9
I - De la piétonisation à l'implantation des parkings relais	11
De la ville piétonne à la ville motorisée	11
De la ville motorisée à la ville partagée.....	12
<i>La piétonisation saisonnière ou ponctuelle</i>	13
<i>La piétonisation permanente linéaire ou zonale.</i>	14
Politique de stationnement	15
<i>Historique des parkings relais</i>	15
<i>Pourquoi mettre en place des parkings relais (P+R) ?</i>	16
<i>Les stratégies d'implantation d'un P+R</i>	16
II - La piétonisation du secteur sauvegardé de Tours : Modélisation et résultats.....	17
Modélisation des flux domicile-travail	17
<i>Génération des flux et choix modal</i>	17
<i>Affectation</i>	22
<i>Traitement "post-affectation"</i>	24
Résultat et analyse	24
<i>Comparaison des flux avant piétonisation avec les comptages</i>	24
<i>Comparaison des flux avant et après piétonisation à l'échelle de la métropole</i>	26
Perspectives d'amélioration.....	28
III - De nouveaux besoins de stationnement	30
Analyse de l'origine des flux pour calibrer la demande	30
Disparition des stationnements suite à la piétonisation du secteur sauvegardé	31
Dimensionnement des parkings relais	32
Conclusion	37
Bibliographie.....	38
Annexe 1 - Cartes complémentaires.....	40
Annexe 2 - Code de l'affectation	41
Annexe 3 - Tracés possible des lignes B et C du tramway de Tours	48

Tables et figures

Figure N°1 : Délimitation du secteur piéton de la ville de Tours (projet)	10
Figure N°2 : Louis Kahn, dessin, proposition pour le centre-ville de Philadelphie 1947-1962.....	15
Figure N°3 : Logigramme de la démarche de calcul de la vitesse temporelle	20
Figure N°4 : Logigramme du modèle de Huff sous toaster	21
Figure N°5 : Comparaison des flux modélisés avec les flux obtenus par comptage sur certains axes de la Métropole	26
Figure N°6 : Flux domicile-travail sur Tours Métropole avant implantation de la zone piétonne.....	27
Figure N°7 : Flux domicile-travail sur Tours Métropole après implantation de la zone piétonne.....	27
Figure N°8 : Comparaison des flux avant et après piétonisation du secteur sauvegardé	28
Tableau N°1 : Proportions des bassins	31
Figure N°9 : Bassins de flux selon les origines	31
Figure N°10 : Recensement des parkings situés dans le secteur sauvegardé de Tours	32
Figure N°11 : Répartition des parkings relais à Tours	33
Figure N°12 : Implantation du P+R Ouest.....	34
Figure N°13 : Implantation du P+R Est	34
Figure N°14 : Récapitulatif des P+R présents à Tours	35
Tableau N°2 : Récapitulatif du nombre de places dans l'ensemble des P+R présents dans l'agglomération tourangelle	36

Introduction

Le domaine des transports est depuis quelques décennies un grand consommateur d'énergie mais également l'une des plus importantes causes d'émissions de polluants. Malgré les progrès techniques survenus au fil des années, cela est toujours vrai aujourd'hui. Depuis l'après-guerre, l'utilisation de l'automobile s'est rependue, le trafic routier a augmenté et les réseaux se sont améliorés. Le véhicule particulier est ainsi rapidement devenu un point important dans la façon de penser la ville. De nos jours, nos lieux de vie sont ainsi tous traversés par de grandes infrastructures routières. L'automobile est omniprésente dans les paysages et apporte de nombreux désagréments. La congestion urbaine, les effets de coupures, la pollution atmosphérique ou les émissions de gaz à effet de serre en sont une liste non exhaustive.

Par ailleurs, le développement des réseaux routiers et l'ensemble des politiques visant à favoriser l'automobile a provoqué un étalement urbain de plus en plus important. Ainsi, les distances kilométriques parcourus se sont largement accrues. En revanche, les distances temps n'ont que peu augmentés. L'ensemble de ces éléments a engendré une baisse de l'utilisation des transports collectifs et rendu moins attractif les modes doux tels que le vélo ou la marche à pied.

Pourtant depuis le début des années 2000, les politiques d'urbanisation prônant la réduction de la place de la voiture en ville, prennent de plus en plus d'ampleur. Des actions comme l'augmentation des tarifs de stationnement visent à contraindre les habitants à se déplacer autrement. Des investissements importants ont également été réalisés dans les agglomérations pour créer des réseaux cyclables, des lignes de tramways ou plus largement des transports en commun. Petit à petit les espaces dédiés à la voiture sont réduits et le partage de l'espace entre les différents modes de transport est rééquilibré.

Dans ce contexte où l'on cherche à améliorer le cadre de vie, à réduire les pollutions tout en conservant l'accessibilité des centres-villes, nous nous sommes demandé quels sont les impacts d'une piétonisation d'un cœur de ville sur la circulation routière?

Une fois cette zone piétonne réalisée, nous nous sommes interrogé sur la manière de capter et de traiter plus en amont ces flux et en particulier pour les habitants des périphéries travaillant dans la ville centre.

Dans la suite de ce projet, nous allons traiter ces problématiques au travers du cas de la ville de Tours. Dans cette ville, il existe actuellement une petite zone piétonne. Le dernier élargissement de celle-ci remonte à 2013, date à laquelle le tramway fait son retour sur le territoire tourangeau. Suite à l'implantation de ce transport en commun en site propre, la rue Nationale, principale artère de la ville, est rendu exclusivement piétonne (deux voies sont néanmoins réservées aux tramways). Cette rue d'un peu plus de 700 mètres de long fait partie d'un axe nord-sud qui traverse la ville de part en part sur 7 kilomètres. Historiquement, il s'agissait d'une des principales voies pour rejoindre l'Espagne depuis Paris. Dans les années 60, l'arrivée de l'autoroute A10 a quelque peu modifié cette configuration. Pour autant la rue Nationale ainsi que les rues et avenues se situant dans son prolongement sont restées les principales voies d'accès au centre-ville de Tours.

Il paraissait donc assez inconcevable, il y a une trentaine d'année, qu'une portion de cet axe soit complètement fermé à la circulation automobile. C'est pourtant ce qui a été fait en 2013 (voir même un peu avant puisque les travaux du tramway ont commencé en 2010).

C'est dans cette perspective, celle d'imaginer aujourd'hui quelque chose d'inconcevable mais qui pourrait être réalisé demain, que se place ce projet. Plutôt que d'imaginer la piétonisation du centre-ville de Tours rue après rue, nous avons défini une vaste zone correspondant, à quelque chose près, au secteur sauvegardé de la ville de Tours. La zone ainsi délimitée (en bleu sur la carte N°1), inclue de nombreuses petites rues du centre-ville, mais également les boulevards Béranger et Heurteloup, les quatre ponts centraux (d'Est en Ouest : le pont Mirabeau, le pont de fil, le pont Wilson et le pont Napoléon), ainsi qu'une portion de l'avenue de Grammont.

Implantation de la zone piétonne

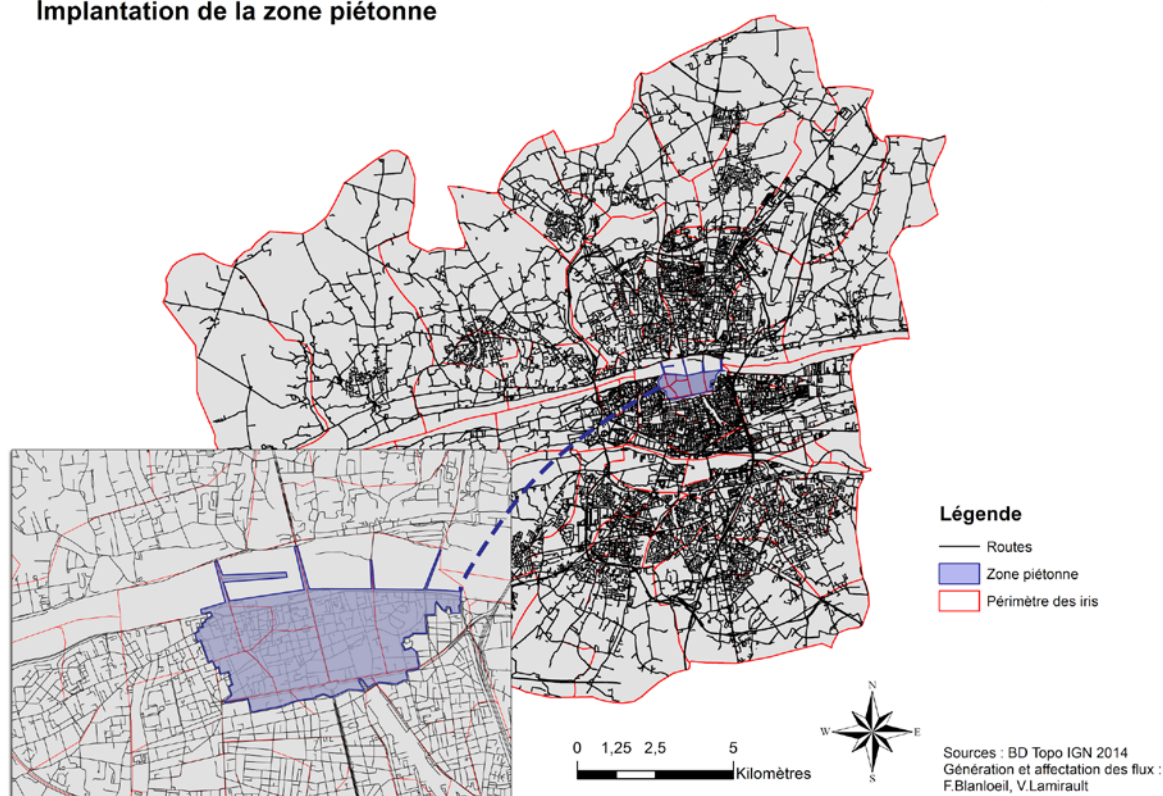


Figure N°1 : Délimitation du secteur piéton de la ville de Tours (projet)

Après avoir retracé le contexte de théorique, l'objectif du projet est ici de simuler les déplacements avant et après la piétonisation de cette zone. Il s'agit d'étudier les reports d'itinéraires ainsi que les flux n'ayant pas pu être affectés. Ces derniers seront ensuite utilisés pour appréhender les nouveaux besoins de stationnement et dimensionner de nouvelles aires de stationnement.

I - De la piétonisation à l'implantation des parkings relais

De la ville piétonne à la ville motorisée

Afin de bien saisir les enjeux de la piétonisation il convient de revenir sur l'évolution des villes depuis le début du XX^{ème} siècle. Jusqu'alors celles-ci étaient relativement denses et leur évolution très lente. En effet, le développement des villes était lié aux modes de déplacements de l'époque. Pour l'essentiel, on se déplaçait à pied. Les villes étaient donc adaptées pour que les habitants trouvent tout ce dont ils ont besoin à une distance que l'on peut parcourir en marchant. La taille des villes s'en trouvait ainsi réduite et leur densité était assez élevée.

Dans l'entre deux-guerres et plus encore après la seconde guerre mondiale, un nouveau mode de transport fait son apparition : la voiture individuelle. Cela modifie peu à peu les habitudes de déplacement mais aussi la manière de faire la ville. Progressivement, on passe d'une ville essentiellement piétonne à une ville dédiée à l'automobile. Bien entendu cette transformation n'est pas immédiate mais au regard du temps qu'il a fallu pour construire les villes, elle est très rapide.

L'adaptation de la ville à la voiture se conçoit sous deux formes. D'une part, il a fallu adapter les centres-anciens à ce nouveau mode de transport. Cela a été un véritable challenge puisqu'ils sont, pour beaucoup, constitués de rues étroites initialement prévu pour des piétons. D'autre part, l'adaptation de la ville à la voiture s'est faite à travers le développement de nouveaux quartiers plus éloignés du centre-ville. Ceux-ci, dès le départ, sont pensés pour l'automobile à l'image des quartiers de grands ensembles ou des lotissements. Dès lors on assiste à un grossissement des villes comme jamais il n'a été question dans leur histoire. Cela coïncide aussi avec le développement de nouvelles techniques de construction et à un accroissement de la population très important. Comme l'indique l'urbaniste Marc Wiel, dans son ouvrage *La transition urbaine ou le passage de la ville pédestre à la ville motorisée (1999)*, les spécialistes ne sont pas tous d'accord sur l'origine de cette croissance sans précédent des villes. Pour certains il s'agit d'une conséquence de l'apparition fulgurante de ce nouveau mode de transport. Pour d'autres l'arrivée de nouvelles formes de logements corrélées à l'accroissement de la population expliquerait l'expansion des villes depuis le milieu du XX^{ème} siècle. Cela aboutit aux formes urbaines situées en périphérie des cœurs de ville que nous connaissons aujourd'hui. Autrement dit, des espaces exclusivement ou majoritairement dédiés à l'automobile (et plus généralement aux modes motorisés) reliés au centre-ville par des voies rapides ou de grands boulevards. Les modes actifs, c'est à dire essentiellement les piétons et les cyclistes, possèdent au mieux qu'un espace réduit. Leurs déplacements sont souvent difficiles car ils doivent faire face aux dangers induits par la circulation des véhicules motorisés. L'adaptation de la ville à l'automobile a également créé des espaces cloisonnés entre lesquels il est difficile de circuler pour un piéton ou un cycliste.

En l'espace de quelques décennies, la ville autrefois piétonne est devenue une ville motorisée.

De la ville motorisée à la ville partagée

Avec les crises pétrolières des années 70, la question de l'utilisation de la voiture comme moyen de transport principale commence à se poser. À partir des années 80 et 90 cette question se fait de plus en plus prégnante.

Plusieurs raisons expliquent cela. La première étant le coût de l'énergie nécessaire au fonctionnement des automobiles. La crise ayant fait très vite grimper les prix du pétrole, les consommateurs eux même commencent à se poser des questions et à réfléchir à leur manière de se déplacer. Ensuite, l'amélioration des performances des véhicules ainsi que l'amélioration progressive du réseau routier (autoroutes, voies rapides, boucles périphériques) a permis, non pas un gain de temps comme cela est souvent pensé, mais un accroissement des distances parcourus. On se déplace sur un même temps, mais sur des distances plus importantes (INSEE, 2007). De ce fait, un certain nombre de personnes travaillant dans les centres-villes habitent parfois à 20 ou 30 kilomètres de celui-ci. Cela a engendré un phénomène d'étalement urbain également favorisé par le développement de nouvelles formes urbaines tel que le lotissement. Le cadre législatif aidant (loi SRU, 2000), ce type d'habitat consommateur d'espace est peu à peu rediscuté et la question des transports l'est également.

Le bruit, la pollution atmosphérique, les effets de coupures (Heran, 2011), l'insécurité des modes doux, sont autant de conséquences de l'adaptation de la ville au « tout automobile ». Les nuisances générées par la voiture ont également amené les collectivités à réfléchir à la place des différents modes de transport. La volonté des pouvoirs publics est de diminuer l'ensemble de ces nuisances et en particulier dans les quartiers centraux. C'est tout naturellement que la question de la piétonisation s'immisce dans cette réflexion.

Un autre motif de réflexion autour des différents modes de transport est la diminution de la congestion. L'idée est ici de créer une zone piétonne ou de piétonniser une rue ou un pont, en espérant un report modal. C'est d'ailleurs ce qui a été observé à Bordeaux avec la fermeture du pont de pierre au deuxième semestre 2017. La collectivité a enregistré une augmentation de la fréquentation de la ligne de tramway qui passe sur le pont. Une part des automobilistes a donc opté pour un changement de mode de transport. Une augmentation du trafic a tout de même été enregistrée sur les autres ponts les plus proches (Ville de Bordeaux, 2017).

La piétonisation est aussi motivée par une volonté de redynamiser les centres-villes. En effet, le développement de nouveaux quartiers s'est accompagné de nouvelles formes de commerces. De grandes zones commerciales sont apparues en périphérie et sont venues concurrencer les centres historiques. Ceux-ci étaient jusqu'alors les cœurs marchands des villes. De plus l'adaptation de la ville à l'automobile a rendu certains axes de communication très inconfortables pour les piétons. Tout déplacement commençant ou se terminant à pied, les centres-villes et en particulier les petits commerces ont perdu de leur attrait. De ce fait, pour se démarquer des grands centres commerciaux de la périphérie, beaucoup de villes ont fait le choix de rendre piéton tout ou une partie de leur centre historique. Dans les grandes villes les impacts sont généralement positifs : les commerces enregistrent un regain d'activité après la piétonisation. Néanmoins, certaines villes de taille plus modeste ont dû revenir en arrière. C'est le cas de Saint-Etienne, Thionville ou encore Béthune qui ont

réintroduit la voiture après avoir créé une zone piétonne en leur centre. Dans ces trois cas, le centre-ville était déjà en très grande difficulté avant la piétonisation et celle-ci n'a pas permis un regain d'activité.

Les effets de la piétonisation sont donc très inégaux et ils sont parfois difficilement mesurables. Il est en effet compliqué de savoir si des augmentations de trafic sont liées ou non à la piétonisation d'un axe. C'est d'ailleurs le débat qui oppose les personnes favorables à la piétonisation des voies sur berge à Paris et celles qui sont contre.

Dans la suite de cette partie, nous nous concentrerons sur les différentes formes de piétonisation. Celle-ci peut être approchée de trois manières différentes : zonale, linéaire et saisonnière (ou ponctuelle). Il faut ajouter à cela une autre forme de réaménagement de l'espace : le partage modal. Celui-ci ne rentre pas directement dans les types de piétonisation mais permet d'imaginer une nouvelle organisation des rues avec très souvent une diminution de l'espace dévolu à l'automobile. Cette démarche est très souvent envisagée à l'occasion de l'implantation d'un transport en commun en site propre. Pour prendre un exemple en lien avec le territoire d'étude, l'implantation du tramway à Tours a été l'opportunité de réfléchir à une nouvelle organisation des rues empruntées par celui-ci. Par exemple, des espaces plus importants ont été dévolus aux cyclistes.

La piétonisation saisonnière ou ponctuelle

Si on traite le processus de piétonisation de manière chronologique, on peut placer en premier la piétonisation saisonnière ou ponctuelle. En effet, cette méthode qui consiste à interdire la circulation automobile sur une voie ou sur un secteur d'une ville, vient régulièrement en amont d'une piétonisation définitive d'un site. Bien que très controversée, la piétonisation des berges de Seine en est un exemple parfait.

Les motifs de restriction de la circulation automobile sont variés de même que les durées. Cela peut être juste le temps d'un événement (le temps d'une braderie par exemple), d'une journée dont l'objectif est de ne pas utiliser son véhicule personnel (journée sans voitures), ou de manière saisonnière. Par exemple, certaines villes côtières interdisent à la circulation tout ou une partie de leur centre-ville pendant toute la période estivale. Dans d'autres cas, cette interdiction ne concerne qu'une partie de la journée et tout en concernant un vaste secteur de la ville comme ce fut le cas sur le vieux port de Pornic (Loire-Atlantique) durant l'été 2017.

Plusieurs motifs de piétonisation saisonnière ou ponctuelle peuvent être distingués. Dans certains cas elle a pour objectif assumé ou implicite de faire réfléchir les citoyens sur leurs manières de se déplacer. Il s'agit d'expérimenter, le temps d'une journée, la vie sans automobile. Ces journées dites "sans voiture" étaient très populaires dans les années 90. Peu de villes ont aujourd'hui maintenu ces opérations. Néanmoins, elles sont une opportunité pour organiser des événements qui ne pourraient avoir lieu avec la présence de la circulation automobile. C'est aussi l'occasion pour les habitants de découvrir la ville autrement. La ville de Paris est l'une des rares en France à avoir réintroduit un tel dispositif avec la piétonisation des champs Elysées chaque premier dimanche de chaque mois. La capitale a également organisé une journée sans voiture le 1er octobre 2017. Cet événement annuel interdit toute circulation aux véhicules motorisés entre 11h et 18h.

Apparu en 2015, cette journée a pour but de sensibiliser les Parisiens au réchauffement climatique et à la pollution. En 3 ans, la zone de restriction n'a cessé d'augmenter, passant des quatre premiers arrondissements en 2015, à l'intégralité de la ville de Paris Intra-muros en 2017. D'autres villes y voient aussi un intérêt économique. Par exemple, certaines stations balnéaires rendent piéton leur centre-ville pendant la saison estivale. C'est notamment le cas de la ville de Douarnenez qui a reconduit en septembre 2017 son test de piétonisation du port de Pâques à la Toussaint. Il peut également s'agir de créer une zone de loisirs ponctuelle comme ce fut le cas entre 2002 et 2016 sur la voie George Pompidou avec le dispositif "Paris Plage". Depuis 2003, la ville de Bruxelles met aussi en place un dispositif similaire (nommé "Bruxelles-les-bains").

Enfin, il est possible de rattacher à cette notion de piétonisation ponctuelle l'expérience menée du 1^{er} août 2017 au 31 janvier 2018 sur le pont de pierre à Bordeaux. En effet, pendant cette période l'ouvrage a été complètement interdit aux voitures. Seuls les transports en commun ainsi que les modes doux étaient autorisés à y circuler. L'objectif de cette expérimentation est ici d'étudier les reports modaux dans la perspective, plus lointaine, de fermeture définitive du pont à la circulation automobile.

La piétonisation permanente linéaire ou zonale.

Comme nous l'avons vu précédemment, la piétonisation saisonnière ou ponctuelle peut déboucher sur une piétonisation permanente à plus ou moins long terme. Il faut distinguer deux types de piétonisation permanente : la piétonisation linéaire et la piétonisation zonale.

La piétonisation linéaire ou rue piétonne se définit comme étant une rue aménagée spécifiquement pour les piétons. D'autres modes sont parfois autorisés (transports en commun, cyclistes, véhicules de livraisons à certaines heures, etc.) mais les voitures y sont soit complètement interdites, soit leur accès est très restreint. Il existe de nombreux exemples de rues piétonnes en France et à l'étranger. Le premier, en lien direct avec le sujet de ce projet, est la piétonisation de la rue nationale à Tours évoquée en introduction. Avec les travaux du tramway à partir de 2010, cette rue est fermée à la circulation automobile. Elle le restera comme cela était prévu dans le projet. Un autre exemple est celui de la rue Sainte Catherine à Bordeaux. Cette rue commerçante longue de 1250 mètres est aujourd'hui entièrement piétonne. Le processus de piétonisation ne s'est pas fait en une seule fois. À partir de 1975, alors même que la rue est envahie de toutes parts par la circulation automobile, la commune réfléchit à piétonniser une partie de la rue. Cela commence par le haut de la rue entre 1976 et 1977 et ce n'est qu'une dizaine d'années plus tard que le restant de la rue est aussi réservé aux piétons.

La piétonisation zonale repose sur le même principe que la piétonisation linéaire. Il s'agit de restreindre la circulation uniquement aux piétons (et dans une certaine mesure aux cyclistes, transports en commun, etc.) sur un ensemble de rues de sorte à former une zone bien définie. Il peut s'agir d'un nombre restreint de rues autour d'une place, mais cela peut aussi être un quartier entier, voir une ville entière. Dans de nombreuses villes françaises cela correspond souvent aux centres historiques qui sont aussi des secteurs à vocation commerciale d'importance. C'est le cas notamment à Strasbourg, Nantes, Angers ou encore à Montpellier. À l'étranger, de nombreuses villes Néerlandaise possèdent une importante zone piétonne. C'est le cas dans les très grandes villes du pays comme La Haye,

Amsterdam ou Rotterdam mais aussi de villes de taille plus modeste tel que Nimègue ou Maastricht. L'exemple le plus abouti aujourd'hui se trouve en Espagne dans la ville de Pontevedra. En effet, cette ville de 83 000 habitants a été réaménagée entièrement dans le but de faire disparaître la voiture et permettre aux piétons de se réapproprier cet espace où seules les voitures de livraison sont autorisées à circuler.

Dans tous les cas, le périmètre est clairement identifié et les abords de celui-ci sont généralement apaisés de sorte à ce que le piéton reste en sécurité une fois sorti de la zone.

Lorsqu'une ville décide de créer une zone piétonne, il faut dans un même temps réfléchir à son accessibilité. Les questions des transports en commun et du stationnement sont donc nécessairement évoqués. En effet, les zones devenues piétonnes représentent souvent une petite part de l'agglomération et concentrent une petite part des habitants. Par exemple, la ville de Bruxelles possède une zone piétonne d'environ 50 hectares (la plus grande d'Europe) pour une superficie totale de 3261 hectares. Il faut donc que les personnes n'habitant pas dans cette zone puissent y venir.

Politique de stationnement

Comme évoqué précédemment, lorsqu'une zone piétonne est créée, il faut également se pencher sur la question du stationnement. En effet, même si le fait de piétonniser induit de nouvelles pratiques de mobilité, l'automobile reste le moyen de transport le plus utilisé. Pour permettre des interactions entre la zone piétonne et les zones non piétonnes, une des solutions est d'implanter des aires de stationnement.

On peut alors distinguer deux cas : les aires de stationnement proche de la zone piétonne destinées essentiellement aux habitants de cette zone ; et les aires de stationnement en périphérie reliées à la zone piétonne par des transports en commun. Ces dernières sont appelées « parking relais ».

Historique des parkings relais

C'est dans les années 90 que les parkings relais (P+R) commencent à faire leur apparition en même temps que des parkings à étage ressurgissent par soucis d'économie d'espace. Ce sont ces mêmes parkings qui avaient commencé à être mis en place dans les années 70 mais dont le développement, à l'époque rapide, avait rapidement été stoppé suite à l'augmentation du prix du pétrole (crise économique de 1973).

L'idée de parkings permettant aux populations périphériques de déposer leur véhicule hors des centres-villes et

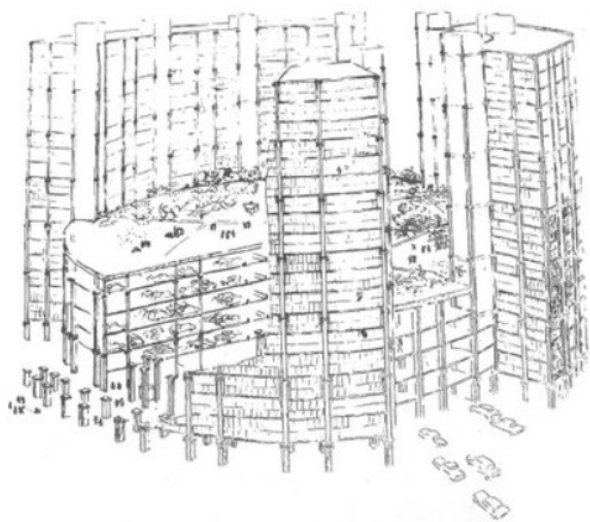


Figure N°2 : Louis Kahn, dessin, proposition pour le centre-ville de Philadelphie 1947-1962

d'utiliser les transports en commun avait déjà été imaginée dans les années cinquante. Cette idée fait écho au projet de Louis Kahn. Il avait imaginé de créer un espace réservé uniquement aux piétons pour le centre-ville de Philadelphie. Cet espace étant entouré d'un ensemble de bâtiments contenant de nombreux de parkings.

Pourquoi mettre en place des parkings relais (P+R) ?

Sans aller jusqu'à la création d'une couronne de bâtiments "garage" entourant le centre-ville, la piétonisation de celui-ci implique quelques aménagements en termes de stationnement.

Les parkings relais permettent de capter les flux en amont. L'objectif est de limiter la congestion occasionnée par les modifications de circulation liées à l'implantation de la zone piétonne. Les véhicules venant de la périphérie et ne pouvant plus se rendre dans le centre-ville sont accueillis dans les parkings relais. De là, les usagers doivent pouvoir utiliser un transport en commun performant pour se rendre dans le centre.

L'implantation d'aires de stationnement en périphérie permet de faire la liaison entre les espaces périurbains, où l'usage de la voiture domine, et la zone piétonne, qui est très souvent le centre-ville. Cela permet de maintenir l'attractivité de la zone pour les personnes venant de l'extérieur.

Les stratégies d'implantation d'un P+R

La stratégie d'implantation d'un parking relais et donc le futur succès de celui-ci dépend de plusieurs facteurs. Le premier, est d'offrir un accès facile au centre-ville en évitant la congestion automobile. Pour ce faire, le P+R doit se trouver idéalement placé au carrefour entre, d'une part, les grands axes de circulation de la ville, et, d'autre part, une ou plusieurs lignes de transports en commun. La fréquence et la régularité de ces-derniers est également un aspect important. Le temps de parcours jusqu'au centre-ville détermine la probabilité qu'un automobiliste utilise le parking relais en y laissant son véhicule.

Ensuite, si le parking relais est payant, son prix doit être attractif par rapport au coût du stationnement en centre-ville. L'idée est donc de proposer des tarifs réduits, regroupant le stationnement à la journée et le ticket de transports en commun.

Enfin, les automobilistes souhaitent également se sentir en sécurité et retrouver leur véhicule en bon état. La présence d'une surveillance est donc très importante. Elle peut prendre plusieurs formes comme le gardiennage, des rondes ponctuelles d'un agent de sécurité, la surveillance vidéo locale ou à distance, etc.

II - La piétonisation du secteur sauvegardé de Tours : Modélisation et résultats

Après une approche théorique de la piétonisation, la présente partie se propose de détailler les différentes étapes de modélisation de la demande de transport. L'objectif est ici de déterminer les flux sur le réseau avant et après piétonisation afin d'en faire une comparaison. Pour ce projet les flux étudiés sont les flux domicile-travail. Ces flux ne représentent que 23% des déplacements au sein du territoire du ScoT (Diagnostic du SCoT de l'agglomération tourangelle, 2013, p109). On peut supposer que cette proportion est sensiblement la même sur le territoire de la métropole. Les flux domicile-travail ne sont donc pas majoritaires. Cependant, ils restent des flux structurant d'où l'intérêt de les étudier.

Modélisation des flux domicile-travail

Cette première modélisation consiste à générer, distribuer et affecter les flux selon un modèle à quatre étapes. Celui-ci, suit de manière séquentielle les étapes suivantes :

- génération de la demande de déplacement (combien ?);
- distribution des déplacements (entre où et où ?);
- choix modal (par quel mode de déplacement ?);
- affectation des déplacements (quels tronçons du réseau les flux empruntent-ils et combien ?).

L'analyse des flux via cette méthode est statique, et non dynamique. Ainsi les flux sont analysés sur une certaine durée (une journée) et leur fluctuation dans le temps n'est pas prise en compte. La modélisation est de type déterministe, c'est-à-dire que les comportements individuels des usagers ne sont pas pris en compte. On suppose également que tous les usagers agissent de manière rationnelle. Les flux d'une origine vers une destination sont donc tous affectés de la même manière. Dans le modèle que nous avons conçu, l'étape de choix modal est inhérente aux données utilisées. De plus, les étapes de génération et de distribution des déplacements sont traitées simultanément. Nous avons également fait le choix d'utiliser un modèle probabiliste pour générer ces flux (modèle de Huff).

Génération des flux et choix modal

Choix de l'échelle de travail

Avant de générer la demande de transports, il convient de choisir à quel niveau de découpage territorial nous allons travailler. Les IRIS définis par l'INSEE nous ont semblé être l'échelle idéale. Ceux-ci sont des zones assez importantes tout en permettant un découpage plus fin que la commune. Toutes les communes de plus de 10 000 habitants sont irisées. La majeure partie de celles ayant une population comprise entre 5 000 et 10 000 habitants le sont également. Les autres communes ne sont constituées que d'un seul IRIS qui correspond aux limites de la commune. Pour la génération des flux, nous avons supposé que toute la population de chaque IRIS est concentrée au centre de celui-ci. Ainsi,

les flux sont par la suite affectés entre chaque centre d'IRIS. Ce choix implique que les déplacements internes à chaque IRIS ne soient pas pris en compte.

Choix du modèle de génération des flux : le modèle de Huff

Le modèle de Huff est un modèle probabiliste qui fut d'abord utilisé pour déterminer l'attractivité des centres-commerciaux les uns par rapport aux autres. Il détermine la probabilité qu'un consommateur habitant en A se rende dans la zone commerciale B. Cette probabilité est fonction de l'attractivité de la zone B, de la distance entre A et B et des attractivités et des distances aux autres zones (HUFF, 1962). Ce modèle peut être appliqué à d'autres situations où il est question de l'attractivité d'une zone par rapport à d'autres. Dans ce cas, le modèle calcule la probabilité pour une personne habitant dans une zone de se rendre dans une autre zone selon un facteur d'attractivité à déterminer.

Dans le cas général, les consommateurs sont représentés par la population, l'attractivité et un paramètre à déterminer et la distance à considérer est celle entre chaque unité territoriale. Dans notre cas il s'agit de la distance entre chaque centre d'IRIS. Ces trois variables sont respectivement notées P , M et d_{ij} .

La première étape consiste à calculer "l'opportunité" à partir de l'attractivité, de la distance et du frein au déplacement. Le frein au déplacement (β) est une variable qui permet d'ajuster le poids de la distance. Elle se détermine soit en observant des flux déjà mesurés, soit en effectuant un calage du modèle par itération de celui-ci.

L'opportunité se définit comme le rapport entre l'attractivité et la distance à la puissance β . Elle se calcule comme suit :

$$o_{ij} = \frac{M_j}{d_{ij}^\beta}$$

O_i est défini comme l'ensemble des opportunités offertes à un usager vivant en i :

$$O_i = \sum_k o_{ik}$$

La probabilité p_{ij} qu'un usager en i se rende en j est le rapport entre l'opportunité entre i et j et l'ensemble des opportunités offertes en i :

$$p_{ij} = \frac{o_{ij}}{O_i}$$

Pour obtenir les flux probables entre i et j il suffit de multiplier cette probabilité par la population vivant en i :

$$t_{ij} = P_i \times p_{ij}$$

Afin de générer les flux via le modèle de Huff, trois jeux de données sont nécessaires : la population, le facteur d'attractivité et les distances entre chaque couple origine-destination (i.e. entre chaque centre d'IRIS). Il faut également définir une valeur pour le frein au déplacement. Le choix ainsi que les hypothèses sous-jacentes à la construction de ces trois jeux de données sont décrites dans les paragraphes suivants.

Population active

Comme nous nous sommes concentrés sur les flux domicile-travail, nous avons fait le choix de ne considérer que la population active. Ces données sont disponibles auprès de l'INSEE par IRIS et également par mode de déplacement. C'est à cette étape qu'intervient le choix modal puisque la population active considérée est celle se déplaçant en voiture. Cela concerne un peu plus des deux tiers des actifs sur le territoire de la métropole de Tours. Les déplacements d'un tiers de la population active ne sont donc pas pris en compte.

Facteur d'attractivité

Nous avons défini le facteur d'attractivité comme étant le nombre d'emplois par IRIS. Cette donnée, également fournie par l'INSEE, est disponible uniquement à l'échelon communal. Il a donc fallu ventiler ce nombre d'emplois sur les IRIS. Pour ce faire, nous avons supposé que les emplois sont répartis dans les IRIS dans les mêmes proportions que la population active.

Cette méthode implique quelques limites. En effet certains IRIS, comme celui dénommé "Doué-Milletière 3" à Tours Nord, ne comptabilisent aucun actif. Dans ce cas spécifique, il s'agit d'une zone exclusivement d'activités dans laquelle il n'y a pas de logements. La population active vivant dans cet IRIS est donc nulle. Selon notre méthode, le nombre d'emploi est aussi nul.

De la vitesse aux distances

Le dernier attribut nécessaire au fonctionnement du modèle de Huff est la distance. Il est possible de la définir de plusieurs manières. Dans un premier temps, elle peut être fixée comme étant la distance à vol d'oiseau entre chacun des couples origine-destination. Si cette distance est relativement simple à calculer, elle n'est pas adaptée dans la situation que nous traitons ici. En effet les distances entre chaque couple origine-destination sont tout au plus de l'ordre de la trentaine de kilomètres. Il s'agit donc de distances relativement courtes. Pour être plus proche de la réalité, on peut calculer la distance kilométrique sur le réseau. Cette méthode ignore néanmoins certaines caractéristiques essentielles comme la nature des routes ou la vitesse autorisée. Dans notre cas, nous avons donc fait le choix d'utiliser les distances temporelles sur le réseau. Plus précisément, il s'agit de calculer le temps passé sur le réseau pour chaque couple origine-destination. Cette distance nous semble être la plus proche de la réalité. En effet, c'est davantage le temps de parcours qui influe sur les déplacements que la longueur en kilomètres de ceux-ci.

Pour déterminer le temps de parcours pour chaque couple origine-destination, il est nécessaire de connaître à la fois la distance sur le réseau ainsi que la vitesse entre chaque couple origine-destination. Nous avons calculé ses deux attributs pour chaque tronçon avec une vitesse différente d'un tronçon à l'autre. La longueur de chaque tronçon est un attribut connu (disponible via les bases de données de l'IGN). La vitesse quant à elle doit être calculée.

Pour ce faire nous avons émis l'hypothèse que la vitesse était corrélée à la densité du bâti bordant le tronçon de route ainsi qu'à la nature de celui-ci (chaussée à une voie, autoroute, voie rapide ...). En effet, on constate que pour des tronçons ayant la même nature, si la densité est élevée, la vitesse est faible (30 ou 50 km/h). En revanche, si la densité est faible

la vitesse est plus élevée. Pour une densité équivalente, si un tronçon est classé en tant qu'autoroute il a une vitesse plus élevée qu'un tronçon classé comme "route à une chaussée".

La densité du bâti n'étant pas un attribut disponible pour chaque tronçon du réseau routier, nous l'avons également calculée. Elle est définie comme la somme de la surface de plancher de chaque bâtiment divisée par la longueur du tronçon routier. Cette surface étant obtenue à partir de la hauteur des bâtiments, de la hauteur d'un étage et de la surface au sol occupée par le bâtiment.

L'ensemble de la démarche de calcul de la "distance temporelle" pour chaque tronçon du réseau routier est récapitulée dans le logigramme suivant.

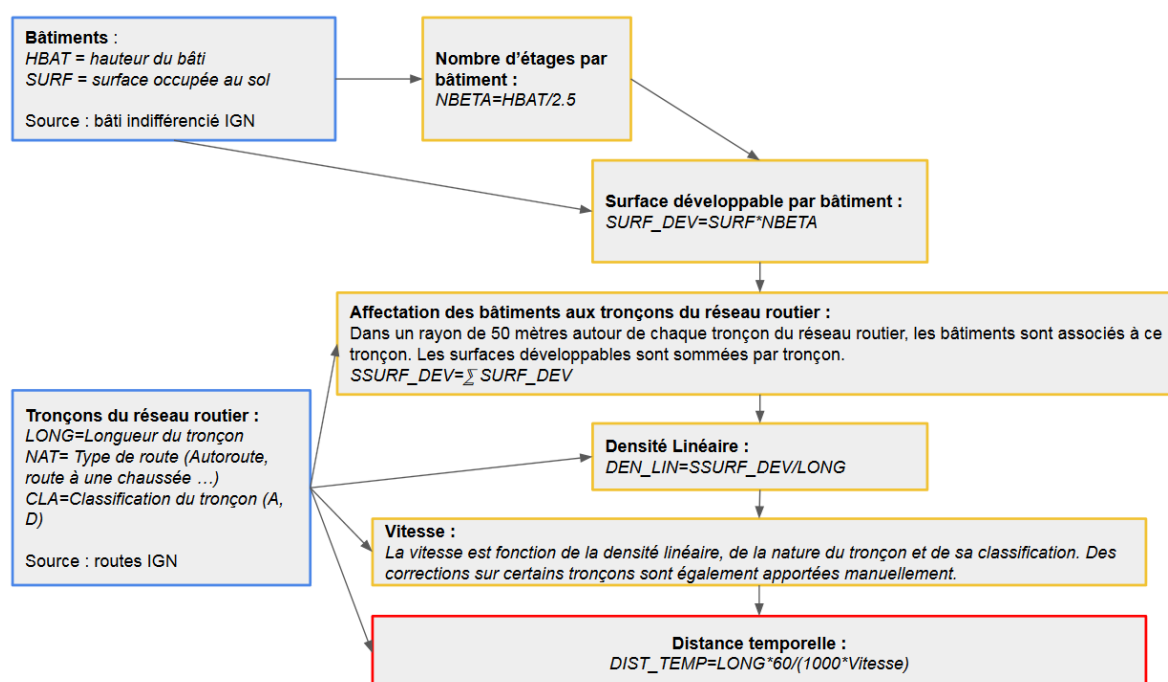


Figure N°3 : Logigramme de la démarche de calcul de la vitesse temporelle

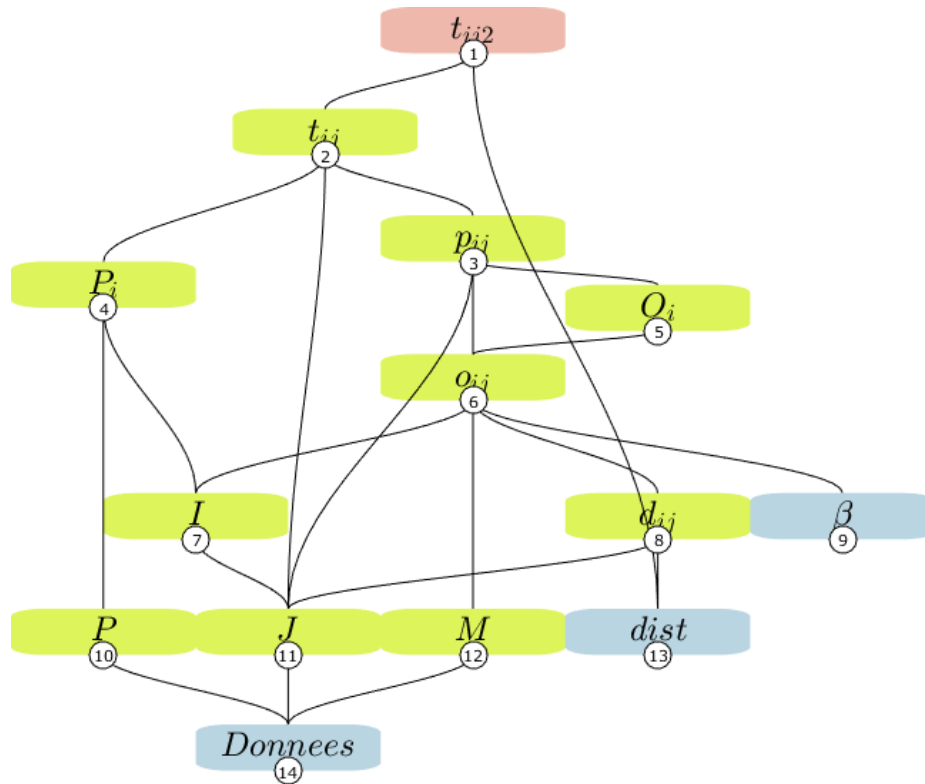
Finalement, la distance entre chaque couple origine-destination, c'est à dire entre chaque centre d'iris, est le temps de parcours sur le réseau. Cette définition pose le problème des déplacements internes à une zone, puisqu'en théorie, la distance est nulle. De plus, elle se base sur des vitesses considérées comme homogènes sur chaque tronçon. Elle suppose que les véhicules roulent tous à la même vitesse : la vitesse maximale autorisée. Les attentes aux intersections ne sont également pas prises en compte. Ainsi le temps de parcours calculé est bien inférieur au temps de parcours réel.

Frein au déplacement

Comme le territoire considéré est celui de la Métropole, c'est à dire un territoire assez restreint, nous avons considéré un frein au déplacement sur la distance de 1. L'hypothèse sous-jacente est que sur ce territoire la distance a une influence réduite sur les déplacements ou tout du moins équivalente à la localisation des emplois.

Modélisation sous toaster

Afin de modéliser les flux, nous avons utilisé le logiciel *toaster*. Le logigramme suivant permet de générer la demande de déplacements à partir du modèle de Huff. Les données utilisées sont celles préparées précédemment.



<p>t_{j2} : Flux entre I et J sous la forme d'une matrice colonne en personnes</p> <p>1 $t_{ij2} = t_{ij}(\cdot)$</p>	<p>d_{ij} : Distance entre i et j en km</p> <p>8 $d_{ij} = \text{appartient}(\text{dist})$</p>
<p>t_{ij} : Flux entre I et J en personnes</p> <p>2 $t_{ij} = p_{ij} \cdot P_i$</p>	<p>β : Frein au déplacement en u.a.</p> <p>9 $\beta = 1$</p>
<p>p_{ij} : Probabilité de connecter i à j en u.a.</p> <p>3 $p_{ij} = \frac{o_{ij}}{O_i}$</p>	<p>P : Population active en personnes</p> <p>10 $P = \text{appartient}(\text{donnees})$</p>
<p>P_i : Population active en personnes</p> <p>4 $P_i = P(I);$</p>	<p>J : Matrice des destination j en u.a.</p> <p>11 $J = \text{appartient}(\text{donnees})$</p>
<p>O_i : Somme des opportunités en u.a.</p> <p>5 $O_i = \sum_j o_{ij}$</p>	<p>M : Facteur d'attractivité : nombre d'emplois en emplois</p> <p>12 $M = \text{appartient}(\text{donnees})$</p>
<p>o_{ij} : Opportunité entre i et j en u.a.</p> <p>6 $o_{ij} = \frac{M_j}{d_{ij}^\beta}$</p>	<p>dist : Matrice des distances en unité</p> <p>13 $0 \leq \text{dist} \leq 117439$</p>
<p>I : Définition de l'origine i en u.a.</p> <p>7 $I = \text{setdiff}(1 : \text{numel}(x), J);$</p>	<p>Donnees : Base de données en unité</p> <p>14 $0 \leq \text{Donnees} \leq 372820000$</p>

Figure N°4 : Logigramme du modèle de Huff sous toaster

Affectation

L'objectif de l'étape d'affectation est de déterminer pour chaque tronçon du réseau routier le flux que celui-ci supporte. Les flux en question sont ceux calculés à l'étape précédente. Il est possible d'envisager l'affectation de deux manières.

La première méthode, est de travailler sans limitation des capacités des arcs du réseau. Dans ce cas, le processus distribue les flux sur les itinéraires minimaux (ici les chemins dont le temps de parcours est le plus court). Le flux sur un tronçon est donc la somme des flux des chemins qui empruntent ce tronçon.

La seconde méthode d'affectation, implique d'avoir défini, pour chacun des arcs, une capacité maximale. Le processus est beaucoup plus long puisque lorsqu'un arc du chemin le plus court a atteint sa capacité maximale, il faut rechercher un second chemin, puis un troisième si le second est également saturé, et ainsi de suite. De plus, la comparaison des flux à affecter avec la capacité théorique de chaque arc, peut induire un changement de la vitesse et donc de la distance telle que nous l'avons précédemment définie (il s'agit d'une distance temporelle qui dépend directement de la vitesse). Cette modification de la distance peut également impliquer une modification du chemin le plus court.

Pour réaliser notre affectation, nous avons utilisé la première méthode. Nous avons toutefois inclus la possibilité de limiter la capacité des arcs. Ainsi dans le cas où le flux est supérieur à cette capacité, celui-ci n'est pas affecté : il s'agit d'un flux résiduel. Notre affectation ne permet pas de trouver un deuxième chemin le plus court pour affecter le flux restant.

La suite de cette partie détaille la méthode de calcul du plus court chemin ainsi que les choix que nous avons dû faire pour implémenter le processus d'affectation dans le langage python.

Recherche du plus court chemin

Pour qu'un algorithme puisse réaliser l'affectation des flux sur le réseau, il faut qu'il connaisse le plus court chemin reliant chaque origine à chaque destination. Pour ce faire, il existe de nombreux algorithmes. Dans notre cas, nous nous sommes basés sur le plus connu d'entre eux, l'algorithme de Dijkstra.

Principe général

Le principe de cet algorithme est de trouver le chemin ayant le poids le plus faible entre une origine et une destination (dans notre cas le poids est le temps de parcours). Le poids d'un chemin étant la somme des poids des arcs qui le compose. L'algorithme prend en entrée l'indice du nœud source, l'indice du nœud destination et un graphe orienté ou non.

Initialisation

Avant de commencer à chercher le chemin, une étape préalable d'initialisation est nécessaire. Il s'agit ici de créer deux tableaux qui seront utilisés tout au long du déroulement de l'algorithme.

Le premier est un tableau à trois colonnes avec :

- dans la première l'indice de chacun des nœuds du graphe;

- dans la deuxième le poids entre le nœud source et le nœud en question. Cette variable est initialisée à “-1” sauf pour le nœud source qui vaut “0”;
- dans la troisième une variable “vrai” ou “faux” qui indique si oui ou non le nœud a déjà été visité. Cette variable est initialisée à “faux” pour tous les nœuds.

Le deuxième contient deux colonnes. Tout comme précédemment, la première colonne contient les indices des nœuds du graphe. La seconde quant à elle est une colonne vide dans laquelle sera ajouté le prédécesseur de chaque nœud lors du déroulement de l'algorithme.

Déroulement de l'algorithme

Tant que le nœud destination n'a pas été visité par l'algorithme, celui-ci cherche le nœud qui a le poids le moins élevé parmi tous les nœuds non parcourus. Lors de la première itération le nœud au poids le plus faible est le nœud source lui-même.

Une fois ce “plus petit nœud” trouvé, il faut ensuite rechercher les nœuds suivants, c'est à dire les nœuds avec lesquels le plus petit nœud est connecté par un arc. Pour chacun de ses nœuds, on calcule une distance. Celle-ci est égale à la distance déjà parcourue à laquelle on ajoute la distance entre le plus petit nœud et le nœud suivant. Le plus petit nœud est ensuite marqué comme ayant été visité et son indice est ajouté à la une liste dites des prédécesseurs. Cette liste permettra, de reconstruire le chemin une fois que l'algorithme aura visité le nœud destination.

Quelques modifications pour plus d'efficacité !

Dans notre cas nous avons légèrement modifié l'algorithme pour que celui-ci soit un peu plus efficace. Au lieu de parcourir l'ensemble des nœuds à chaque itération afin de trouver celui qui a le poids le plus faible, l'algorithme ne parcourt qu'une “liste des candidats”. À chaque itération de l'algorithme, celui-ci recherche les nœuds succédant le nœud le plus petit. Une fois trouvés, il les ajoute à la liste des candidats. Ainsi au lieu de parcourir tous les nœuds non visités du graphe à chaque itération, l'algorithme ne parcourt que cette liste des candidats. La liste des candidats contient donc tous les nœuds directement connectés aux nœuds déjà explorés. Enfin, à chaque fois qu'un nœud est marqué comme exploré, il est retiré de la liste des candidats.

Implémentation

Afin de maîtriser complètement le processus d'affectation et surtout d'en connaître ses limites, nous avons fait le choix de l'implémenter nous même sous python. Cela inclut, outre l'affectation elle-même, l'implémentation d'un algorithme calculant le plus court chemin. L'ensemble du code est disponible en annexe 2.

Trois jeux de données sont nécessaires à cet algorithme :

- la position des nœuds du réseau;
- les arcs en spécifiant quels nœuds il relie, leur longueur (ici la longueur d'un arc est le temps qu'il faut pour le parcourir);
- les couples origine-destination et les flux qui leurs sont associés.

L'affectation telle que nous l'avons réalisé permet d'obtenir les charges sur chacun des tronçons du réseau routier ainsi que les couples origine-destination pour lesquels les flux n'ont pas été affectés (les flux résiduels).

En implémentant le processus d'affectation dans python, nous avons traité les couples origine-destination les uns après les autres. Ainsi, l'affectation est réalisée dans le même ordre que celui de la matrice des origines-destinations. Dans l'application que nous réalisons, cela n'a pas d'importance puisque nous ne nous préoccupons pas des capacités des arcs du réseau. Dans le cas d'un réseau aux capacités prédéfinies, l'ordonnement des couples origine-destination aurait eu un impact sur les résultats. En effet, imaginons qu'après l'affectation d'un certain nombre de couples origine-destination, certains arcs soient au maximum de leur capacité. Les couples suivants, dont le chemin le plus court passe par ces arcs, ne pourront être affectés. En fonction de l'ordre des couples origine-destination, le résultat aurait pu être différent. Une autre solution serait d'affecter tour à tour une infime partie des flux de sorte à ce que l'ordonnement des couples origine-destination n'ait plus d'importance.

Enfin, pour simuler la piétonisation du secteur sauvegardé de la ville de Tours, nous avons réalisé l'affectation à deux reprises. Pour chacune des deux affectations, les nœuds ainsi que les couples origine-destination restent inchangés. En revanche le jeu de données des arcs n'est pas le même. Dans le premier cas il s'agit du réseau complet, tous les arcs du réseau routier accessibles aux voitures sont considérés. Dans le second cas, nous avons enlevé les arcs situés dans le secteur sauvegardé. Comme les points de départ (ou d'arrivée) des flux sont les centres des IRIS, ceux situés dans la zone piétonne ne pourront être affectés. En effet plus aucun arc ne les connecte au reste du réseau.

Les flux sont obtenus en nombre de personnes par jour. Ils ne concernent que les flux dans le sens domicile-travail. Les flux retours, c'est-à-dire dans le sens travail-domicile ne sont pas pris en compte.

Traitement “post-affectation”

À l'issue du processus d'affectation, un flux est associé à chaque arc du réseau routier. Ce flux est obtenu en nombre de personnes. Pour obtenir les flux en nombre de véhicules, il suffit de connaître le taux d'occupation d'une voiture personnelle. En considérant que le territoire de la Métropole de Tours est un milieu essentiellement urbain, le taux d'occupation est ici de 1,06 personnes par voiture (taux d'occupation moyen mesuré par l'enquête globale transport en île de France en 2010).

Résultat et analyse

L'ensemble des étapes précédentes appliquées aux données choisies permettent d'obtenir les résultats suivants. L'objectif de la présente partie est, dans un premier temps, de comparer les flux sur le réseau avant et après piétonisation du secteur sauvegardé. L'idée est de mettre en avant les éventuels reports d'itinéraires consécutifs à cette fermeture du secteur sauvegardé aux voitures. Dans un second temps les flux résiduels, c'est à dire les flux qui n'ont pas pu être affectés seront utilisés pour le dimensionnement des parkings relais (partie III).

Comparaison des flux avant piétonisation avec les comptages

Avant de les comparer avec les flux après piétonisation il convient de comparer les flux générés avec ceux mesurés lors de comptages routiers. Selon les comptages, le périphérique, l'autoroute A10 et l'avenue Grammont sont parmi les axes les plus fréquentés de la métropole. On y comptabilise respectivement un trafic moyen journalier maximum de 53000 (CD37, 2016), 76000 (CD37, 2016) et 16000 (au niveau du pont sur le Cher) véhicules par jour. Selon notre modélisation le trafic journalier maximum sur le périphérique atteint 8689 véhicules par jour. Sur l'autoroute A10, il atteint 5944 véhicules au maximum. Enfin sur l'avenue Grammont il atteint 9746 véhicules par jour.

De la même manière d'autres axes de circulation très fréquentés en réalité, le sont très peu selon notre modélisation. C'est notamment le cas de la portion de la D938 située entre Saint-Cyr-sur-Loire et La Membrolle-sur-Choisille. Celle-ci supportait en 2014 un trafic moyen de 31 590 véhicules par jour (CD37, 2014). Notre modélisation lui fait supporter un flux de 1674 véhicules par jour. Dans ce cas, la moitié des flux relevés par le conseil départemental viennent de l'extérieur de la métropole. Le modèle ne traitant pas les flux venant ou allant vers l'extérieur du territoire, cela peut expliquer ce chiffre si faible.

De manière plus générale, les flux relevés par comptage ne distinguent pas les motifs de déplacement. Les déplacements domicile-travail ne représentant qu'autour de 23% de l'ensemble des déplacements (Diagnostic du SCoT de l'agglomération tourangelle, 2013), les résultats générés par notre modèle sont donc de fait bien inférieurs aux comptages réels. Si pour les trois axes précédemment étudiés, on considère uniquement 23% des flux observés et que l'on prend en compte le fait que seul la moitié des flux domiciles travaux sont modélisés on obtient :

- pour l'autoroute A10 un flux de 8740 véhicules ;
- pour la départementale 37 un flux de 6095 véhicules ;
- pour la départementale 938 un flux de 3633 véhicules ;
- pour l'avenue de Grammont un flux de 1840 véhicules.

Les flux modélisés sont ici beaucoup plus proche de ce qui est observé en réalité sauf pour l'avenue de Grammont où la modélisation donne un flux bien supérieur à ce qu'il serait en réalité.

Comparaison des flux modélisés avec les flux obtenus par comptage sur certains axes de la Métropole

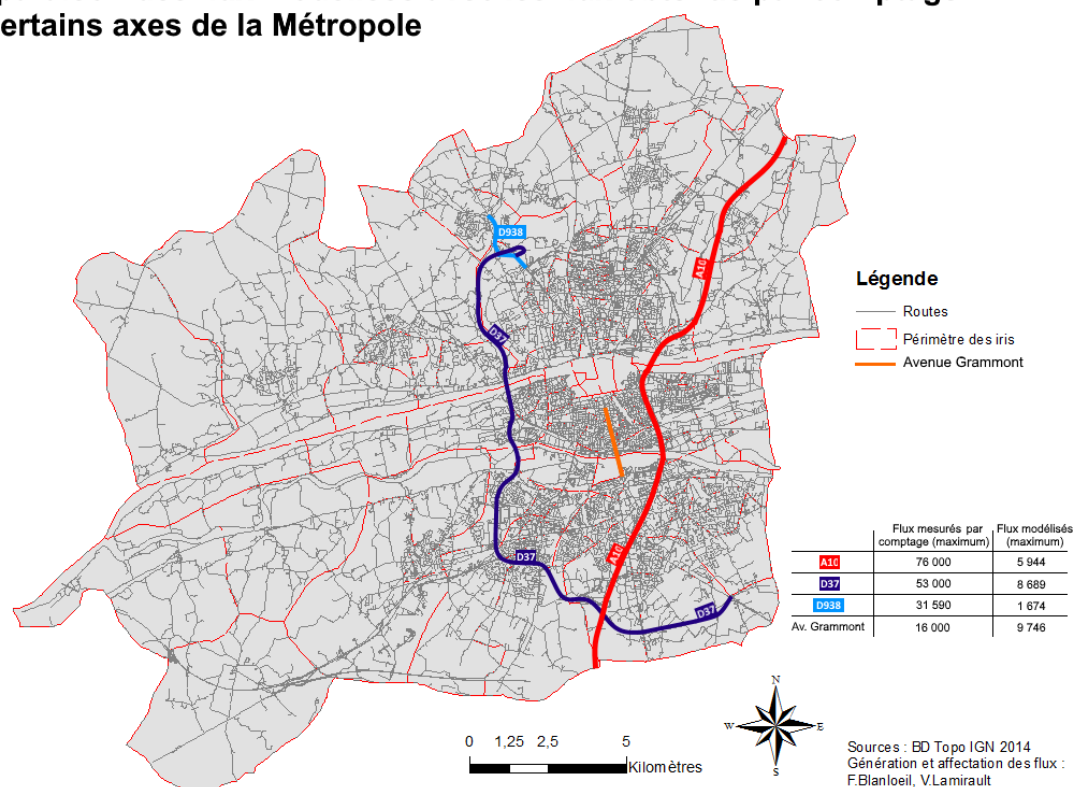


Figure N°5 : Comparaison des flux modélisés avec les flux obtenus par comptage sur certains axes de la Métropole

Comparaison des flux avant et après piétonisation à l'échelle de la métropole

Si on compare les figures 6 et 7 suivantes, on constate assez peu de différence à cette échelle. Avant piétonisation (figures N°6), on remarque que les flux les plus importants se concentrent sur certains grands axes notamment le boulevard périphérique (D37), l'autoroute A10 ou encore l'avenue Grammont. Le flux le plus élevé est d'ailleurs observé sur ce dernier axe avec 9746 véhicules par jour.

On constate aussi que de nombreuses routes ne supportent aucun flux. Deux limites exposées précédemment expliquent cela : les flux sont générés de centroïde d'IRIS à centroïde d'IRIS et un seul chemin est prévu pour chaque couple origine-destination. Ainsi 70% du réseau est inutilisé, 21963 arcs sur 31634 ont un flux égal à 0.

Flux domicile-travail sur Tours Métropole Val de Loire avant implantation de la zone piétonne

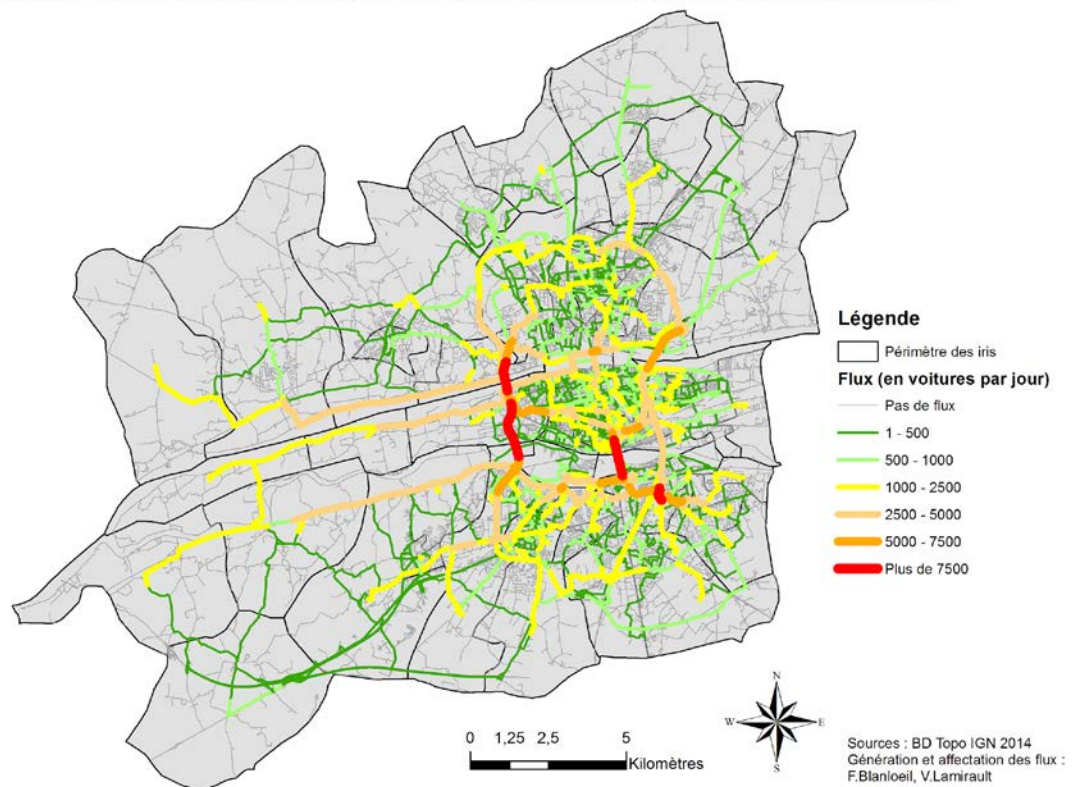


Figure N°6 : Flux domicile-travail sur Tours Métropole avant implantation de la zone piétonne

Flux domicile-travail sur Tours Métropole Val de Loire après implantation de la zone piétonne

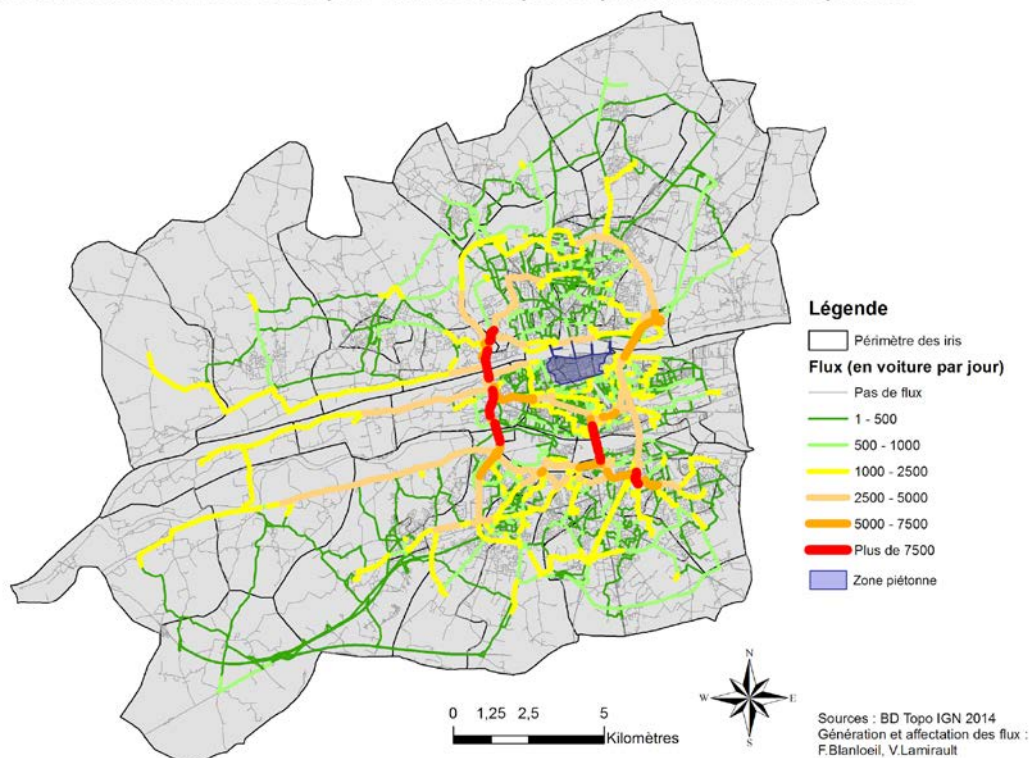


Figure N°7 : Flux domicile-travail sur Tours Métropole après implantation de la zone piétonne

La figure N°8 permet d'avoir un meilleur aperçu des tronçons qui supportent un flux plus important ou moins important. Sur les 30% de tronçons routiers qui supportent un flux, 50% connaissent une diminution de leur flux. Les 40 autres pourcents connaissent une augmentation ou ne changent pas. Ce résultat est à mettre en relation avec les flux résiduels obtenus. En effet, pour tous les itinéraires ayant pour source ou pour destination un centre d'IRIS situé dans la zone piétonne, les flux n'ont pas pu être affectés. Cela représente 1440 couples origines-destination sur 14400 soit exactement 10% des trajets.

Il est cependant intéressant de noter que malgré cela, de nombreux tronçons routiers connaissent une augmentation de leur trafic et ce même à distance de la zone piétonne. Par exemple, la carte suivante montre une augmentation des flux sur certaines voies de la commune de Druye dans le sud-ouest de la métropole.

Deux cartes supplémentaires faisant un focus sur le centre-ville de Tours sont disponibles en annexe 1.

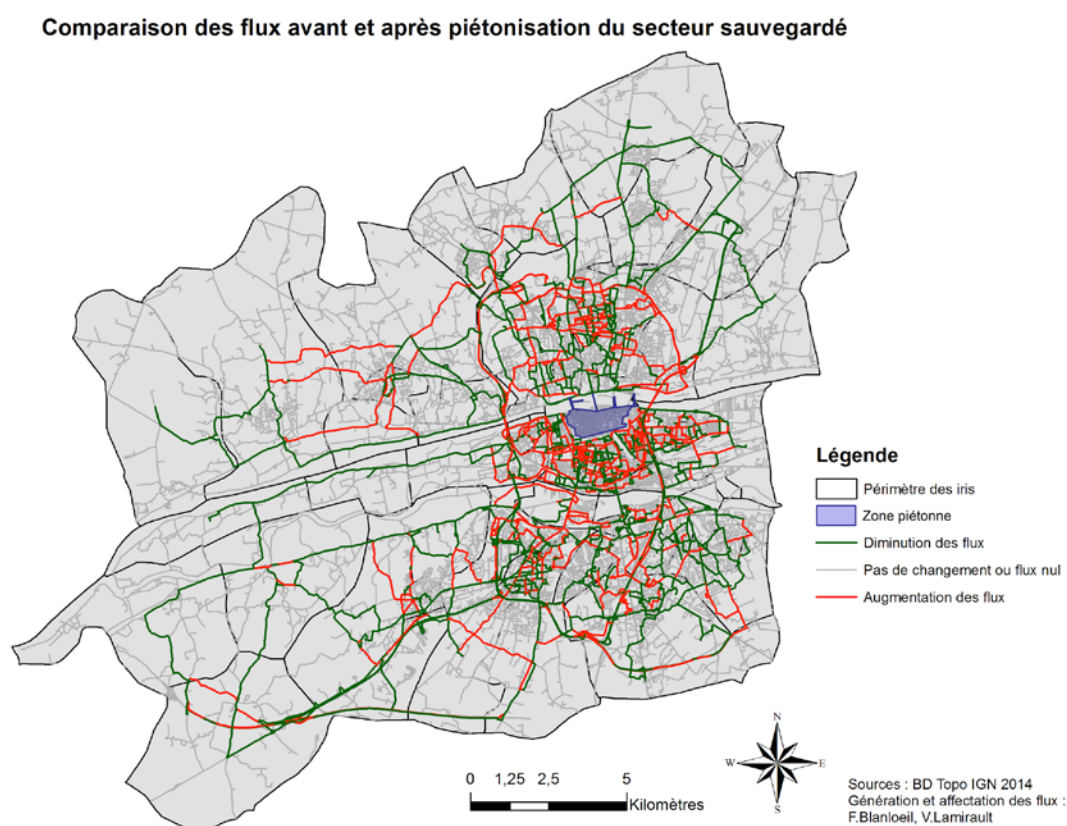


Figure N°8 : Comparaison des flux avant et après piétonisation du secteur sauvegardé

Perspectives d'amélioration

En plus des multiples hypothèses déjà énoncées, notre modélisation présente quelques limites. Nous proposons dans cette partie d'en rappeler certaines et de donner quelques pistes d'amélioration.

Lorsque nous avons sélectionné les données, nous avons fait le choix de ne considérer que les actifs se déplaçant en voiture. Nous avons implicitement fait un choix modal : celui de la voiture. Ainsi une part des déplacements domicile-travail n'est pas prise en compte. Sur le périmètre des transports urbains (PTU, c'est à dire sur le territoire de la métropole plus les communes de Vouvray, La Ville aux Dames, et Vernou-sur-Brennes), 55% des déplacements sont effectués en voiture (SCoT de l'agglomération tourangelle, 2013). Même si ce chiffre inclut tous les motifs de déplacements, la part des autres modes de déplacement n'est pas négligeable. Pour une représentation au plus proche de la réalité, il aurait fallu considérer l'ensemble des modes de déplacement voir même l'ensemble des motifs de déplacement.

Ce choix, effectué dès l'étape de préparation des données, se retrouve dans les résultats. En effet, lorsqu'un flux n'a pas pu être affectés (notamment car certaines routes accessibles aux automobiles n'existent plus), aucun report sur un autre mode de transport n'est prévu (pas même la marche). Dans la réalité une personne résidant au cœur de la zone piétonne, peut marcher ou prendre un transport en commun jusqu'à sa voiture garée dans un parking en dehors de la zone et ainsi poursuivre son trajet.

Comme indiqué précédemment, le découpage par iris implique que tous les flux partent (ou arrivent) en un même point de l'IRIS. Les flux ne sont donc ainsi pas distribués sur l'ensemble du réseau et on observe une concentration de ceux-ci à proximité des centres des IRIS. Pour pallier à cela, une solution serait d'affiner le découpage territorial par îlot ou par groupe d'îlots. On peut aussi découper l'espace autour de chaque nœud du réseau routier et y affecter une population active et un nombre d'emplois proportionnellement à la densité du bâti. Cependant, un tel niveau de précision nécessite des puissances et/ou des temps de calcul très importants.

Lors de l'étape de génération des flux, nous avons décidé que le frein au déplacement était de 1. L'hypothèse sous-jacente étant que pour le territoire considéré la distance n'influe pas plus que le nombre d'emploi sur la probabilité à se déplacer d'une origine vers une destination.

En réalité, ce frein au déplacement sur la distance existe. Il peut être vu comme étant fonction de la catégorie socio-professionnelle ou du revenu des ménages. En effet, des ménages moins aisés sont peut-être moins enclins à accepter des emplois éloignés de leur domicile. Au contraire les ménages les plus aisés n'ont pas de soucis sur ce point. Ce frein peut aussi être déterminé par calage du modèle. Il s'agit, comme dans la partie précédente de comparer les flux obtenus avec les flux mesurés pour différentes valeurs de β .

Enfin comme évoqué plus tôt, les flux domicile-travail ne sont traités que dans un sens : le sens « aller » c'est-à-dire du domicile vers le lieu de travail. Les flux « retour » ne sont pas pris en compte. La modélisation des flux « retour » peut se faire de la même manière que celle des flux « aller ». Cependant, le trajet du retour peut être plus sujet à des détours, ou un trajet moins direct voir à un changement de motif de déplacement (on peut aller du travail directement aux loisirs ou du travail à un lieu d'achats, etc.). En prenant cette dernière hypothèse, la modélisation des flux retour s'en trouverait modifiée.

Finalement, le modèle de génération et d'affectation de la demande de transports repose sur de nombreuses hypothèses qui aboutissent à une génération simplifiée des flux. x

III - De nouveaux besoins de stationnement

Cette dernière partie se concentre sur le dimensionnement de nouvelles aires de stationnement. Après piétonisation du centre-ville, des flux résiduels c'est à dire des flux qui n'ont pas pu être affectés apparaissent. Ces flux, mis en corrélation avec le nombre de places supprimés dans la zone piétonne, créent un nouveau besoin de stationnement. En tenant compte des parkings relais existant, nous proposons une méthode pour en dimensionner de nouveaux de manière à répondre à cette nouvelle demande.

À la lecture des résultats obtenus nous remarquons une part non négligeable de flux résiduels. Ces flux peuvent être caractérisés de deux manières. D'une part, il y a les flux allant vers la zone piétonne et d'autre part, il y a les flux partant de cette zone. Dans les deux cas, ces flux n'ont pas pu être affecté car il n'existe aucun itinéraire utilisable par les voitures pour rejoindre les centres de ces IRIS (ou en partir).

L'objectif est donc ici de dimensionner de nouvelles aires de stationnement pour capter ces flux. Initialement, les usagers utilisaient uniquement leur voiture pour se rendre dans le secteur correspondant à la zone piétonne. Désormais, on suppose qu'ils utilisent leur véhicule jusqu'à ces nouveaux parking et prennent ensuite des transports en commun pour terminer leur trajet. La question des transports en commun et des liaisons entre les nouvelles aires de stationnement et la zone piétonne ne sera ici pas traité en détails.

Comme vue dans la première partie de ce dossier, il est possible d'approcher la question du stationnement de deux manières. La première est d'implanter des aires de stationnement en périphérie immédiate de la zone piétonnisée. La deuxième est d'installer des parkings relais en périphérie au croisement entre les grands axes de circulation et les lignes structurantes de transports en commun. C'est sur ces dernières que l'on se concentre dans cette partie.

Analyse de l'origine des flux pour calibrer la demande

Afin de calibrer les différentes aires de stationnement, l'ensemble des flux arrivant sur le cœur métropolitain peuvent être divisés en quatre bassins. Un bassin nord qui apporte chaque jour 10 500 véhicules, un bassin sud amenant 14 000 véhicules par jour et deux bassins à l'ouest et à l'est introduisant respectivement 10 500 et 7 500 véhicules sur le réseau. Ces flux répartis en quatre zones, nous permettent de faire une première hypothèse sur les différentes possibilités d'implantation de parkings relais en fonction du poids (véhicules/jour) de chaque bassin.

Bassin Nord	10 500 véhicules / jour	25%
Bassin Sud	14 000 véhicules / jour	33%
Bassin Ouest	10 500 véhicules / jour	25%

Bassin Est	7 500 véhicules / jour	17%
------------	------------------------	-----

Tableau N°1 : Proportions des bassins

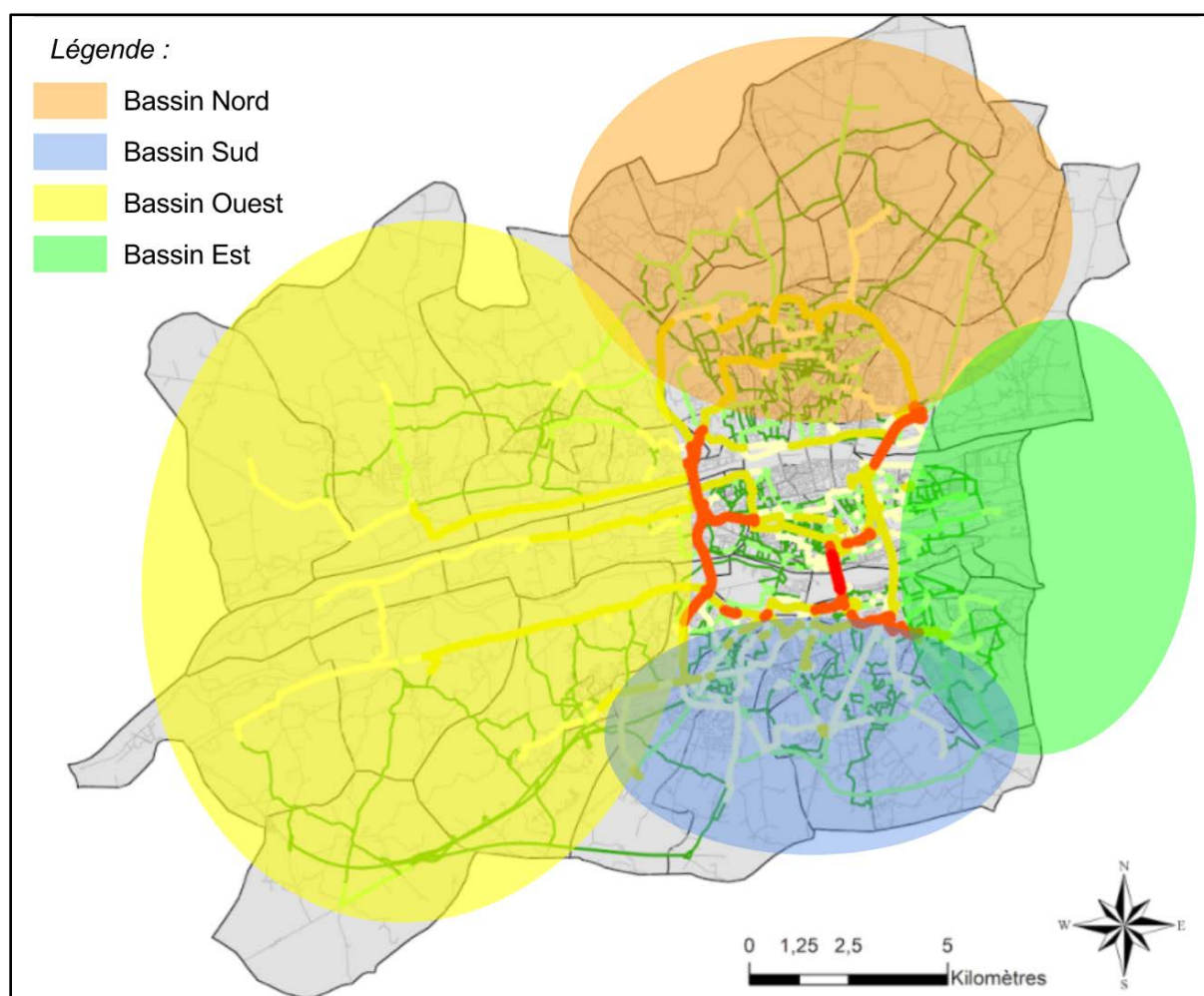


Figure N°9 : Bassins de flux selon les origines

Disparition des stationnements suite à la piétonisation du secteur sauvegardé

Rendre le centre-ville piéton et sans voiture implique de se séparer de tous les parkings qu'il comprend. À Tours, on peut recenser 8 parkings publics pouvant accueillir 1035 véhicules et 4 parkings indigo privés offrant 635 places supplémentaires. De plus, en considérant que la taille d'une place de stationnement longitudinale sur la voirie est d'en moyenne de 6 mètres, on ajoutera 1 700 places sur les 10 000 mètres linéaires de voies possédant ce type d'aménagement.

La piétonisation du Secteur Sauvegardé de Tours supprime ainsi entre 3 000 et 3 500 places servant en grande partie aux personnes vivant dans ce secteur.

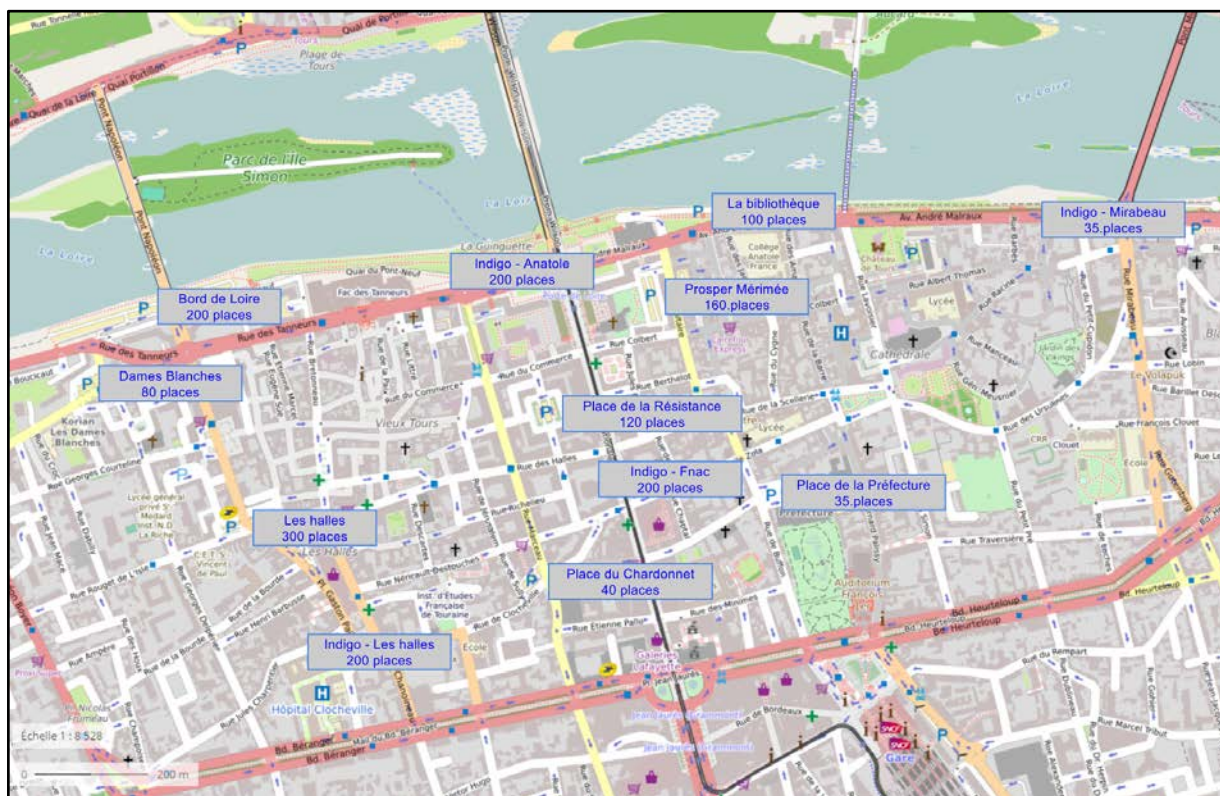


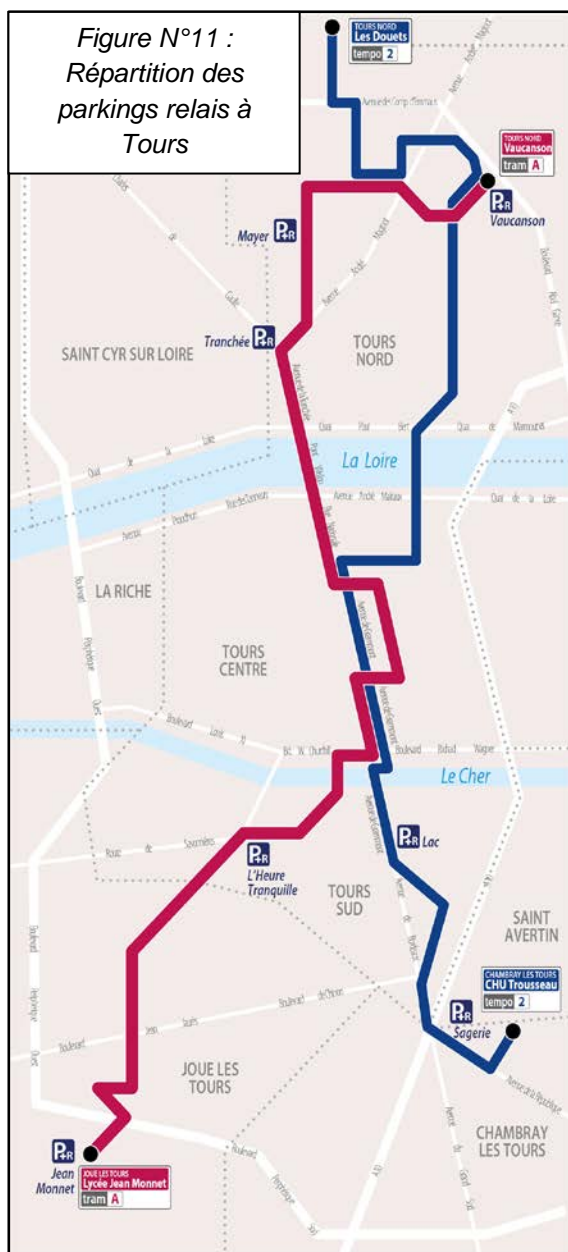
Figure N°10 : Recensement des parkings situés dans le secteur sauvegardé de Tours

Dimensionnement des parkings relais

Au regard des flux résiduels obtenus (5463 véhicules par jour) et des bassins présentés ci-dessus, un nombre de places peut être affecté à chaque zone (Nord, Sud, Ouest, Est). On cherche donc à pouvoir accueillir dans un premier temps 1366 véhicules au Nord, 1803 au Sud, 1366 à l'Ouest et 929 à l'Est.

On recense aujourd'hui trois parkings au Nord de Tours et quatre au Sud. Tous sont reliés au centre-ville par le Tramway ou la ligne de bus à haut niveau de services. Ces parkings répondent à l'objectif fixé mais n'ont pas des capacités assez importantes pour accueillir l'intégralité des flux provenant des bassins correspondant.

Figure N°11 :
Répartition des
parkings relais à
Tours



Zone NORD

✚ **Flux résiduelles du bassin Nord** : 1366 véhicules / jour

✚ **Offre existante** : 650 places

- P+R Mayer : 250 places
- Parking Relais Vaucanson : 200 places
- Parking Relais Tranchée : 200 places

✚ **Connexions avec les transports en commun** :

- Ligne Tram A
- Ligne Bus 2, 53 et 56

✚ **Temps d'accès à Tours centre** : entre 4 et 18 minutes

Zone SUD

✚ **Flux résiduelles provenant du bassin Sud** : 1803 véhicules / jour

✚ **Offre existante** : 920 places

- P+R l'Heure Tranquille : 150 places
- P+R du Lac : 270 places
- P+R Jean Monnet : 250 places
- P+R Sagerie : 250 places

✚ **Connexions avec les transports en commun** :

- Ligne Tram A
- Ligne Bus 2, 3, 10, 14, 15 et 16

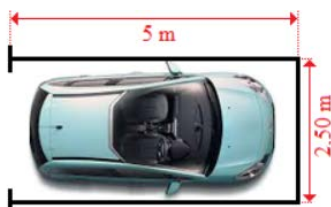
✚ **Temps d'accès à Tours centre** : entre 5 et 19 min

Si l'on maintient cette offre de stationnement à l'identique, 883 véhicules au sud et 716 au nord ne pourront pas être captés. Des P+R vont donc devoir être repensé pour accueillir plus de véhicules et ainsi pallier à ce déficit. La solution retenue est de modifier deux parkings : Sagerie au Sud et Mayer au Nord. Ces parkings sont les plus aptes à être modifiés, tout d'abord de par leurs positions géographiques et également de par leur environnement. Mettre en place des parkings à plusieurs niveaux n'est pas interdit par le PLU pour ces deux zones.

Le parking relais Sagerie deviendrait ainsi un parking R-3/ R+1 pouvant accueillir 1000 véhicules supplémentaires provenant du Sud et le parking relais Mayer quant à lui serait

agrandi en R+3, permettant d'augmenter l'offre de 750 places pour les personnes arrivant du Nord.

L'ensemble des véhicules arrivant chaque jour au Nord comme au Sud est maintenant capté par l'ensemble des parkings relais déjà présent ou modifié. Il s'agit maintenant de trouver des espaces répondant aux stratégies d'implantation décrite précédemment pour intégrer deux parkings relais supplémentaires et ainsi capter les flux provenant de l'Est et de l'Ouest.



Le dimensionnement des deux parkings suivant considère un espace nécessaire de 25m² par place. Cette surface prend en compte la place en elle-même (2,5 x 5m) et l'espace nécessaire à la manœuvre. Nous faisons ici abstraction du nombre de places PMR (Personne à Mobilité Réduite) réglementaires.

Zone OUEST

✚ **Connexion** : Ligne Tram B (hypothèse) : Voir Annexe 3

✚ **Accès routier** : Boulevard Périphérique (D37).

✚ **Atouts/opportunités** : Très facilement accessible juste à la sortie du périphérique, possibilité de créer une gare.

✚ **Faiblesses/contraintes** : Proximité du Prieuré Saint-Cosme

✚ **Temps d'accès à Tours centre (place Jean Jaurès) estimé** : 15 minutes environs avec la ligne B passant par le boulevard Béranger, 20 minutes (sans compter la correspondance place de la liberté) avec la ligne B passant par le boulevard Jean Royer.

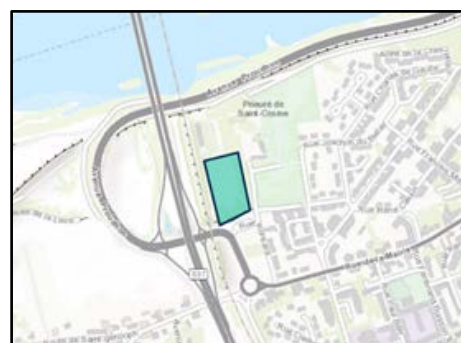


Figure N°12 : Implantation du P+R Ouest

Zone EST

✚ **Connexion** : Ligne Tram C (hypothèse) : Voir Annexe 3 . Aujourd'hui ligne de bus N°5.

✚ **Accès routier** : A10 par Avenue Jean Bouin.

✚ **Atouts/opportunités** : Facilement accessible depuis l'autoroute en venant du sud, présence de grands boulevards à proximités (boulevard Heurteloup, Avenue Jean Bouin, Avenue George Pompidou).

✚ **Faiblesses/contraintes** : Accès depuis l'autoroute dans le sens Nord-Sud assez long (plusieurs détours sont nécessaires).

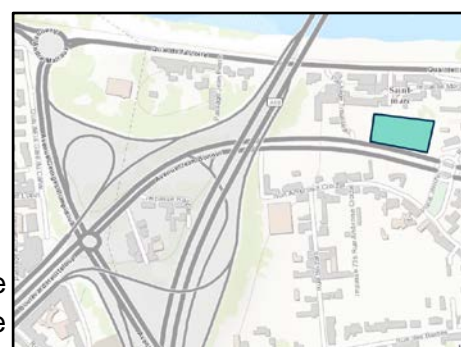


Figure N°13 : Implantation du P+R Est

✚ **Temps d'accès à Tours centre (place Jean Jaurès) estimé : 6 minutes**

Ces deux emplacements doivent permettre d'accueillir l'ensemble des flux provenant de l'Ouest et de l'Est à destination du centre. Soit 1366 véhicules par jour à l'Ouest et 929 à l'Est. Voici les deux parkings :

1. P+R Prieuré Saint-Cosme (*proposition de nom*)
→ Superficie disponible 17 500 m²
2. P+R du Réservoir (*proposition de nom*)
→ Superficie disponible 12 000 m²

Une place consommant 25m², il est nécessaire dans les deux cas de construire des parkings relais R+1 ou R-1 pour répondre à la demande journalière de flux. Le parking Prieuré Saint-Cosme pourra donc accueillir 1 400 véhicules par jour (17500 / 25 x 2), 440 places de plus que le parking du Réservoir qui pourra en recevoir 960.

L'ensemble des flux provenant des bassins sont maintenant captés en amont du secteur sauvegardé de Tours dans les 9 parkings relais répartis en périphérie de la ville-centre, aux abords des grands axes de communication.

Il faudrait maintenant réussir à compenser en totalité la suppression des places de parkings après la piétonisation du centre-ville.

Pour ce faire, une solution serait d'agrandir l'ensemble des parkings relais existant en réservant certains d'entre eux (les plus proches du centre-ville) pour les riverains du Secteur Sauvegardé de Tours.

En effet, on remarque que l'ajout de deux parkings relais (Ouest et Est) et la modification des parkings 1(Nord) et 7 (Sud) offre un surplus de 216 places. Un premier pas vers une offre de stationnement complète.

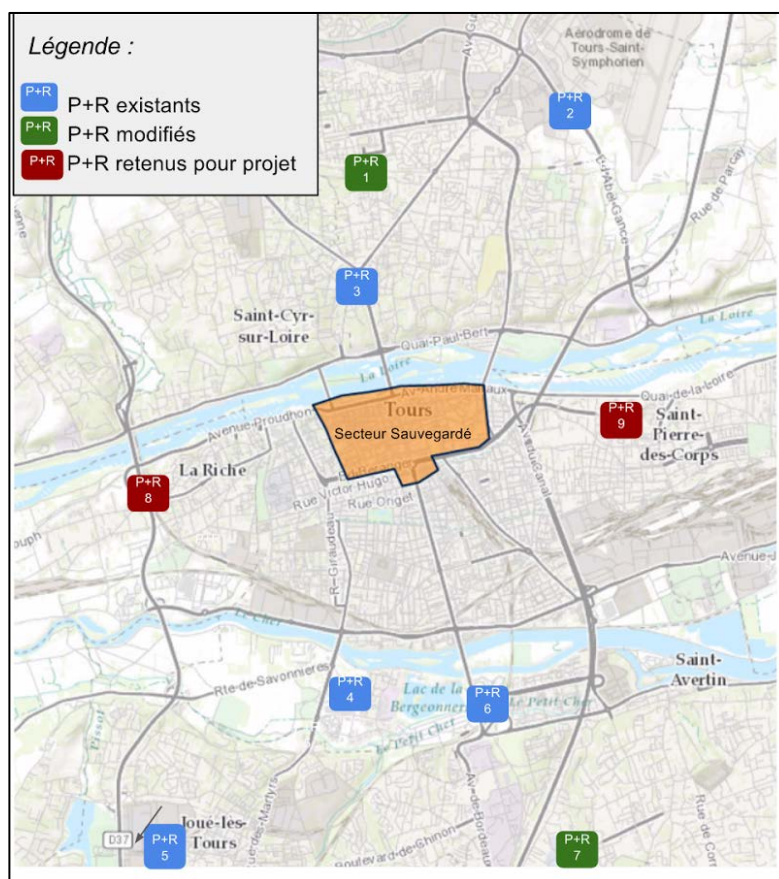


Figure N°14 : Récapitulatif des P+R présents à Tours

Zone	Nord	Sud	Ouest	Est	Total
Demande (véhicules/jour)	1366	1803	1366	929	5464
Offre (nb de places)	1400	1920	1400	960	5680
Surplus (nb de places)	34	117	34	31	216

*Tableau N°2 : Récapitulatif du nombre de places dans
l'ensemble des P+R présents dans l'agglomération
tourangelle*

Conclusion

À l'instar de d'autres grandes villes, Tours cherche aujourd'hui à améliorer le cadre de vie de ses habitants. Un moyen d'y parvenir est de reconsidérer la place de l'ensemble des modes de déplacement. Il s'agit surtout de diminuer l'espace dévolu à l'automobile au profit des autres modes de déplacement. Dans ce contexte où l'on cherche à réduire la place de la voiture en centre-ville, des nombreuses zones piétonnes sont créées.

En 2013, la construction de la première ligne tramway a permis de commencer cette lutte contre le « tout automobile » en rendant l'une des artères principales de la ville aux piétons. L'arrivée du tramway a également permis d'implanter des parkings relais en périphérie. Cependant, passer au niveau supérieur, en proposant un projet de piétonisation plus vaste, suscite avec lui de nombreuses questions.

Au cours de ce projet, nous avons étudié les effets de la création d'une zone piétonne dans le secteur sauvegardé de la ville de Tours. Nous nous sommes concentrés sur les reports d'itinéraires ainsi que sur le dimensionnement de parkings relais pour répondre aux nouveaux besoins de stationnement. Notre modélisation a fait apparaître un certain nombre de résultats.

La piétonisation d'une zone aussi importante que le secteur sauvegardé, incluant des axes de circulation majeurs, implique un questionnement sur la circulation à l'échelle de toute la métropole. C'est d'ailleurs ce que nous avons pu constater : suite à la piétonisation, certains flux se sont reportés sur d'autres itinéraires.

Une proportion non négligeable des flux n'ont pas pu être affectés. Se pose alors la question de l'accessibilité de la zone piétonne. Parmi les multiples réponses possibles, nous avons choisi le stationnement et en particulier dans les parkings-relais. Nous avons ainsi pu constater que la piétonisation d'un espace comme le centre-ville de Tours implique de libérer de grandes zones en périphérie pour le stationnement. Ces nouvelles doivent être en connexion directe avec la zone piétonne via des transports en commun si l'on veut capter au mieux l'ensemble des flux.

Il s'agit là de deux des multiples conséquences que l'on peut étudier à la suite d'un tel aménagement. Pour être complet, il faudrait inclure toutes les perspectives d'améliorations du modèle proposées ici mais aussi considérer d'autres questions. La desserte de la zone piétonne par les transports en commun, la politique cyclable associée à l'implantation de cette zone ou encore les impacts en terme de gaz à effet de serre sont une liste non exhaustive des domaines qui pourraient être examinés.

Bibliographie

BOURGEOIS M., 2016. *Le retour de la voiture en centre-ville : un succès ?* La gazette des communes. [en ligne][consulté le 05/12/2017]. Disponible sur : <http://www.lagazettedescommunes.com/467474/>

Bruxelles les bains [en ligne][consulté le 27/11/2017]. Disponible sur : <http://www.bruxelleslesbains.be/>

Direction régionale et interdépartementale de l'Équipement et de l'Aménagement d'Île-de-France, 2013. *Enquête globale transport, motorisation et usage de la voiture en Île-de-France*. [en ligne][consulté le 10/12/2017]. Disponible sur : http://www.omnil.fr/IMG/pdf/driea_egt_motorisation_et_usage_de_la_voiture_en_ile-de-france_cle17ce43.pdf

DUBOURG S., 2017. *Pont de pierre sans voiture à Bordeaux : l'expérimentation se poursuit jusqu'en janvier*. Sud Ouest. [en ligne][consulté le 10/12/2017]. Disponible sur : <http://www.sudouest.fr/2017/09/29/pont-de-pierre-sans-voiture-a-bordeaux-l-exp experimentation-se-poursuit-jusqu-en-janvier-3818721-2780.php>

Inconnu, *Fonctionnement du modèle original de Huff*. [en ligne][Consulté le 06/12/2017]. Disponible sur : <http://desktop.arcgis.com/fr/arcmap/10.3/tools/business-analyst-toolbox/how-original-huff-model-works.htm>

Inconnu. *Le pathfinding avec Dijkstra*. [en ligne][consulté le 06/12/2017]. Disponible sur : <http://user.oc-static.com/pdf/35706-le-pathfinding-avec-dijkstra.pdf>

Inconnu, 2014. *Implementation of A**. [en ligne][consulté le 06/12/2017]. Disponible sur : <https://www.redblobgames.com/pathfinding/a-star/implementation.html>

Inconnu. *Histoire du parking*. [en ligne][consulté le 17/11/2017]. Disponible sur : <http://carfree.fr/index.php/2010/08/27/histoire-du-parking/>

Institut National de la Statistique et des Études Économiques, 2007. *Les déplacements domicile-travail amplifiés par la périurbanisation*. [en ligne][consulté le 10/12/2017]. Disponible sur : <https://www.insee.fr/fr/statistiques/1280781>

GERBEAU D., 2016. *La redynamisation des centre-villes, priorité des villes moyennes*. La gazette des communes. [en ligne][consulté le 05/12/2017]. Disponible sur : <http://www.lagazettedescommunes.com/433657>

HAUTEMULLE G., 2017. *Douarnenez. Les commerçants du Rosmeur "votent" pour la piétonisation*. Ouest France. [en ligne][consulté le 05/12/2017]. Disponible sur : <https://www.ouest-france.fr/bretagne/douarnenez-29100/douarnenez-les-commerçants-du-rosmeur-votent-pour-la-pietonisation-5272635>

HENLEY S. *L'architecture du parking*. [en ligne][consulté le 17/11/2017]. Disponible sur : <http://thisisacanvas.blogspot.com/>

HERAN F., 2015. *Le retour de la bicyclette. Une histoire des déplacements urbains en Europe, de 1817 à 2050*. La Découverte/Poche. 256 p.

HERAN F., 2011. *La ville morcelée. Effets de coupure en milieu urbain*, Economica, Paris, 2011, 218 p.

HUFF D.L., 1962. *Determination of intra-urban retail trade areas*, Real Estate Research Program, Graduate Schools of Business Administration, University of California. 46 p.

MAÏZIA M., 2016. *Système urbains et transport* [en ligne][consulté le 06/12/2017]. Disponible sur : https://drive.google.com/file/d/0B3iBhayHD_0_WmJoX2d3OXdLWmM/view

Paris Sans Voiture [en ligne][consulté le 28/11/2017]. Disponible sur : <http://parissansvoiture.fr/fr/>

SOPPE M., GUILBAULT M., 2009. Partage modal et intermodalité. Évolutions structurelles de l'économie. *Revue d'Économie Régionale & Urbaine*, novembre, 781-805.

TERRIN, J., 2011. *Le piéton dans la ville, L'espace public partagé*. Editions Parenthèses.

WIEL M. 1999. *La transition urbaine ou le passage de la ville pédestre à la ville motorisée*, Liège, Mardaga, collection Architectures + recherches.

Ville de Bordeaux [en ligne][consulté le 25/11/2017]. Disponible sur : http://www.bordeaux.fr/ebx/pgPresStand8.psml?_nfpb=true&_pageLabel=pgPresStand8&classofcontent=presentationStandard&id=127319

Sigles

IRIS : Ilots Regroupés pour l'Information Statistique

INSEE : Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques

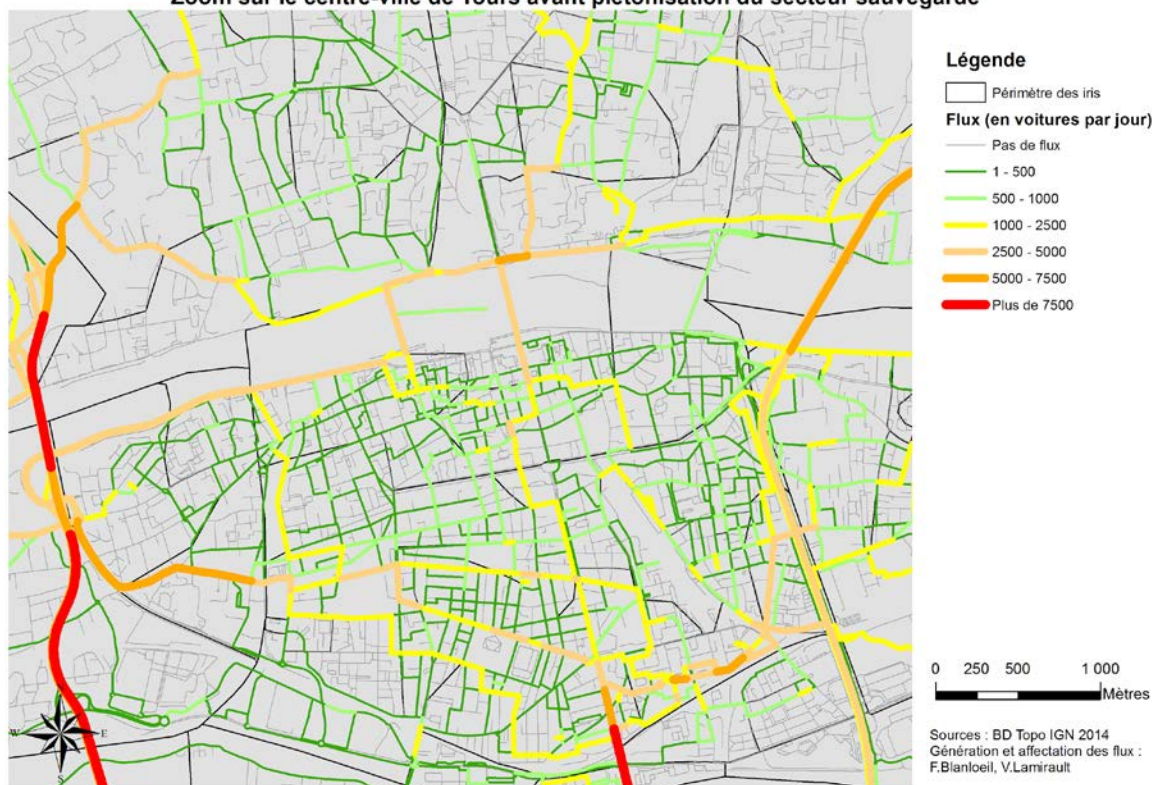
SST : Secteur Sauvegardé de Tours

PMR : Personnes à Mobilité Réduite

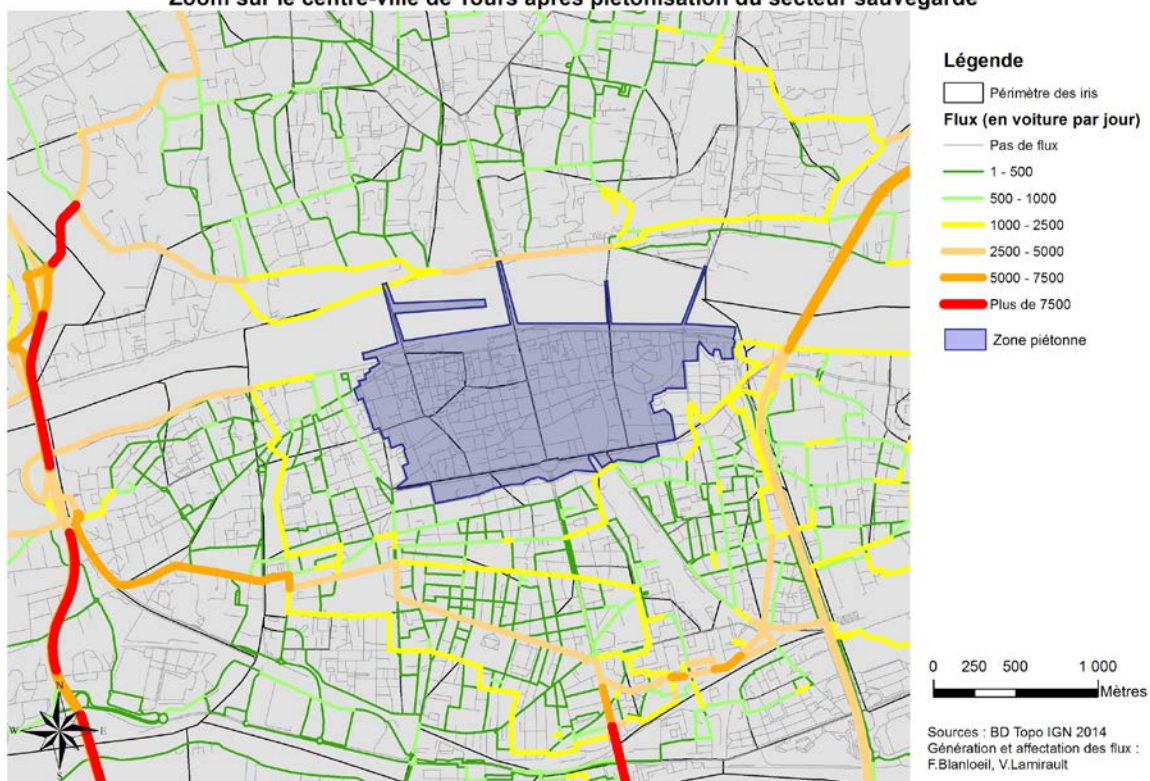
P+R : Parking Relais

Annexe 1 - Cartes complémentaires

Zoom sur le centre-ville de Tours avant piétonisation du secteur sauvegardé



Zoom sur le centre-ville de Tours après piétonisation du secteur sauvegardé



Annexe 2 - Code de l'affectation

```
import sys
import os
import time
import csv

#          ---Sommaire---
# 1/ Lecture des Nœuds
# 2/ Lecture des Arcs
# 3/ Lecture des couples origine destination
# 4/ Création du graphe
# 5/ Calcul des plus courts chemins
# 6/ Reconstruction du chemin
# 7/ Fonction de recherche
# 8/ Affectation V2
# 9/ Ecriture Fichier final
# Programme principal

#-----
# 1/ Lecture des Nœuds
# Lecture d'un fichier .csv de forme
#-Index Nœud -Coord X-Coord Y-
#-----
def Lecture_ND(file):
    fichier=open(file,"r")
    listeND=fichier.readlines()
    ND=[]
    for ligne in listeND:
        liste=ligne.split(";")
        liste[0]=int(liste[0])
        liste[1]=float(liste[1])
        liste[2]=float(liste[2])
        ND.append(liste)
    fichier.close()
    Indices=[] #Création de la matrice de conversion des indices
    for i in range(len(ND)): #Conversion des indices
        Indices.append([ND[i][0],i])
        ND[i][0]=Indices[i][1]
    return ND,Indices

#-----
# 2/ Lecture des Arcs
# Lecture d'un fichier .csv de forme
# -Index Nœud de départ-Index Nœud d'arrivé-Temps de parcours-Capacité-
#-----

def Lecture_Arc(file,Indices):
    fichier=open(file,"r")
```

```

listeArcs=fichier.readlines()
Arcs=[]
for ligne in listeArcs:
    liste=ligne.split(";")
    sens=int(liste[4])
    del liste[4]
    if sens==1: #Si l'arc est dans le sens direct
        liste[0]=int(liste[0])
        liste[1]=int(liste[1])
        liste[2]=float(liste[2])
        liste[3]=float(liste[3])
    elif sens==--1: #Si l'arc est dans le sens inverse
        stock=int(liste[0])
        liste[0]=int(liste[1])
        liste[1]=stock
        liste[2]=float(liste[2])
        liste[3]=float(liste[3])
    else :
        liste[0]=int(liste[0])
        liste[1]=int(liste[1])
        liste[2]=float(liste[2])
        liste[3]=float(liste[3])
        Arcs.append([liste[1],liste[0],liste[2],liste[3]])
    Arcs.append(liste)
fichier.close()
for ligne in range(len(Arcs)): #Conversion des indices
    Arcs[ligne][0]=search2(Indices,Arcs[ligne][0])
    Arcs[ligne][1]=search2(Indices,Arcs[ligne][1])
return Arcs

#-----
# 3/ Lecture des couples origine destination
# Lecture d'un fichier .csv de forme
#-Indice Nœud d'origine-Indice Nœud destination-Flux-
# Conversion des indices
#-----
def Lecture_ODF(file,Indices):
    fichier=open(file,"r")
    listeODF=fichier.readlines()
    ODF=[]
    for ligne in listeODF:
        liste=ligne.split(";")
        liste[0]=int(liste[0])
        liste[1]=int(liste[1])
        liste[2]=float(liste[2])
        ODF.append(liste)
    fichier.close()
    for ligne in range(len(ODF)): #Conversion des indices
        ODF[ligne][0]=search2(Indices,ODF[ligne][0])
        ODF[ligne][1]=search2(Indices,ODF[ligne][1])
    return ODF

#-----
# 4/ Création du graphe

```

```

# Associe à chaque nœud ses suivants, leur poids et leur capacités
respectives
# Nœud=[[Indice du nœud][Indices des nœuds suivants][poids][capacités]
#-----

def CreaGraphe(ND,Arcs):
    Graphe=[]
    for i in range(len(ND)):
        Nœud=[[ ],[[ ],[[ ],[[ ]
        Nœud[0].append(ND[i][0])
        for j in range(len(Arcs)):
            if [Arcs[j][0]]==Nœud[0]: #Si le nœud de départ de l'arc
correspond au nœud traité
                Nœud[1].append(Arcs[j][1]) #Ajouter l'indice du nœud de
fin
                Nœud[2].append(Arcs[j][2]) #Ajouter le poids de l'arc
                Nœud[3].append(Arcs[j][3]) #Ajouter la capacité de l'arc
        Graphe.append(Nœud)
    return Graphe

#-----
# 5/ Calcul des plus courts chemins
#
# Algorithme inspiré de dijkstra
# Piste d'amélioration : inclure la distance à vol d'oiseau entre le nœud
exploré et le nœud destination (algorithme A*)
#-----

def Astars(source,dest,Graphe,Arc,ND):

    #Variables
    visite=[]      #Liste des nœuds visités
    distance=[]    #Matrice des distances du nœud de départ au nœud i
    capacity=[]    #Capacité du chemin
    Suiv=[]        #Liste des candidats
    Pred=[]        #Liste des prédécesseurs

    #Initialisation
    for i in range(len(Graphe)):
        visite.append(False)
        distance.append(sys.maxsize)
        capacity.append(0)
        Pred.append(-1)
    distance[source]=0 #distance de la source à 0
    Suiv.append(source)

    #Parcours du graphe
    while visite[dest]==False:
        if Suiv==[]:
            Pred=0
            return Pred,capacity
        else:
            dMin=sys.maxsize

```

```

        indiceMinSuiv=0
        #Recherche du plus petit nœud non exploré dans la liste des
nœuds suivants
        for i in range(len(Suiv)): #'i' est la position du nœud dans la
liste des suivants
            if (distance[Suiv[i]]<dMin and visite[Suiv[i]]==False):

                dMin=distance[Suiv[i]]
                indiceMinSuiv=Suv[i]
            NœudSuiv=Graphe[indiceMinSuiv]#récupération du plus petit nœud
non exploré
            #Comparaison des distances
            for k in range(0,len(NœudSuiv[1])): #Ajout des nœuds à la liste
des successeurs s'ils ne sont pas déjà dedans et si il n'ont pas été déjà
explorés

                indsucc=NœudSuiv[1][k]
                distsucc=NœudSuiv[2][k]
                distInitial=distance[indsucc]
                if distance[indsucc]>distance[NœudSuiv[0][0]]+distsucc:
                    distance[indsucc]=distance[NœudSuiv[0][0]]+distsucc
                Pred[indsucc]=NœudSuiv[0][0]
                if (indsucc in Suiv)==False and distInitial==sys.maxsize:
                    Suiv.append(indsucc)
                    capacity[NœudSuiv[1][k]]=NœudSuiv[3][k]
                Suiv.remove(NœudSuiv[0][0])
                visite[indiceMinSuiv]=True
        return Pred,capacity

#-----
# 6/ Reconstruction du chemin
#-----

def Reconstruction(source,dest,path,capacity):
    chemin=[]
    cap=[]
    s=dest
    while s!=source:
        chemin.append(s)
        cap.append(capacity[s])
        s=path[s]
    chemin.append(source)
    chemin.reverse()
    cap.reverse()
    return chemin,cap

#-----
# 7/ Fonctions de recherche
#-----

def search(Mat,IDS):
    for i in range(len(Mat)):
        if Mat[i][0]==IDS[0] and Mat[i][1]==IDS[1]:
            return int(i)

```

```

def search2(Mat,IDS):
    for i in range(len(Mat)):
        if Mat[i][0]==IDS:
            return int(i)

#-----
# 8/ Affectation
#
# Prise en compte des capacités
#-----

def Affectation2(ODF,Graphe,ND,Arcs):
    #Création de la matrice des résultats, des flux résiduels et de la
    matrice des capacités
    Result=[] #Matrice des résultats (Charges)
    FResid=[]
    for i in range(len(Arcs)):
        Result.append([Arcs[i][0],Arcs[i][1],0])

        #Affectation
        for couple in range(len(ODF)):
            source=ODF[couple][0]
            dest=ODF[couple][1]
            flux=ODF[couple][2]
            chemin,cap=Astars(source,dest,Graphe,Arcs,ND)
            if chemin==0:
                FResid.append([source,dest,flux])
            else:
                path,capacity=Reconstruction(source,dest,chemin,cap)
                for i in range(len(path)-1):#Pour chaque arc du chemin...
                    IDArc=search(Result,[path[i],path[i+1]])
                    if flux<=capacity[i]:# Si le flux est inférieur à la
capacité
                        Result[IDArc][2]+=flux # Affecter ancien flux + nouveau
flux à cet arc
                        for j in range(len(Graphe[path[i]][1])):
                            if Graphe[path[i]][1][j]==path[i+1]:
                                Graphe[path[i]][3][j]=capacity[i]-flux #
Mettre à jour la capacité
                            else: # Sinon
                                Result[IDArc][2]+=capacity[i]# Affecter le restant de
capacité au flux sur l'arc
                                FResid.append([source,dest,flux-capacity[i]])# Ajout des
flux résiduels dans la liste dédiée
                                flux=capacity[i] # Mettre à jour le flux
                return Result,FResid

#-----
# 9/ Ecriture du fichier final
#-----

def Ecriture(charge,Fresid,Indices,fileArcs):

```

```

#Relecture des arcs :
fichierArcs=open(fileArcs,"r")
listeArcs=fichierArcs.readlines()
Arcs=[]
for ligne in listeArcs:
    liste=ligne.split(";")
    liste[0]=int(liste[0])
    liste[1]=int(liste[1])
    liste[2]=float(liste[2])
    liste[3]=float(liste[3])
    liste[4]=0
    Arcs.append(liste)
fichierArcs.close()

date=time.strftime('%d%m%y_%H%M',time.localtime())
fichier2=csv.writer(open("FluxResiduel.csv","wb"))
for i in range(len(Fresid)):
    Fresid[i][0]=Indices[Fresid[i][0]][0]
    Fresid[i][1]=Indices[Fresid[i][1]][0]
    fichier2.writerow(Fresid[i])

date=time.strftime('%H%M',time.localtime())
fichier1=csv.writer(open("Resultatfinal_"+date+".csv","wb"))
for i in range(len(charge)):
    charge[i][0]=Indices[charge[i][0]][0]
    charge[i][1]=Indices[charge[i][1]][0]
for i in range(len(Arcs)):
    Arcs[i].append(0)
for i in range(len(charge)):
    liste=charge[i]
    for j in range(len(Arcs)):
        if liste[0]==Arcs[j][0] :
            if liste[1]==Arcs[j][1]:
                Arcs[j][4]=Arcs[j][4]+liste[2]
            elif liste[1]==Arcs[j][0] :
                if liste[0]==Arcs[j][1]:
                    Arcs[j][4]=Arcs[j][4]+liste[2]
    for i in range(len(Arcs)):
        fichier1.writerow([Arcs[i][0],Arcs[i][1],Arcs[i][4]])

#-----
# Programme principal
# Appel des différentes fonctions
#-----

print("Début du programme")
print time.strftime('%d/%m/%y %H%M',time.localtime())
#---Lecture des Nœuds
print("Lecture des nœuds")
ND,Indices=Lecture_ND("PFE_Nœuds.csv") #Modifier le chemin
print("variable 'ND' créée")
print(" ---- ")

#---Lecture des Arcs

```

```

print("Lecture des arcs")
Arcs=Lecture_Arc("PFE_Arcs.csv",Indices) #Modifier le chemin
print("Variable 'Arcs' créée")
print(" ---- ")

#---Lecture des couples origine-destination
print("Lecture des couples origine-destination")
ODF=Lecture_ODF("PFE_Flux.csv",Indices) #Modifier le chemin
print("Variable 'ODF' créée")
print(" ---- ")

#---Construction du Graphe
print("Création du Graphe")
Graphe=CreaGraphe(ND,Arcs)
print("Fin de création du Graphe")
print(" ---- ")

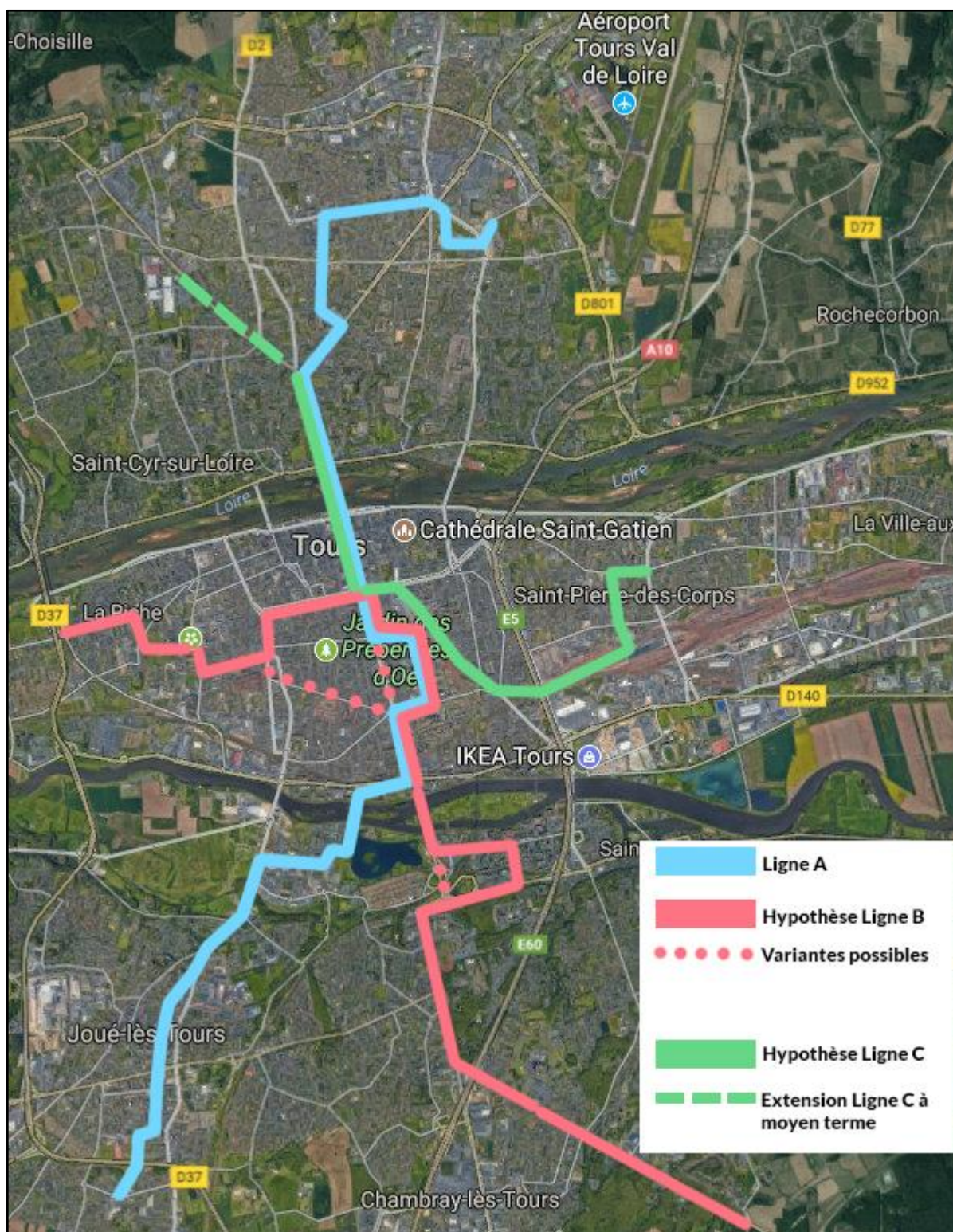
#---Affectation
print("Debut de l'affectation")
Result,FluxResiduel=Affectation2(ODF,Graphe,ND,Arcs)
print("Fin de l'affectation")
print(" ----- ")

#--- Ecriture 1
print("Début écriture du résultat")
Ecriture(Result,FluxResiduel,Indices,"PFE_Arcs.csv")
print("Fin de l'écriture")
print(" ----- ")

print("Fin du programme")
print time.strftime('%d/%m/%y %Hh%M',time.localtime())

```


Annexe 3 - Tracés possible des lignes B et C du tramway de Tours



(Carte : InfoTours.fr)

CITERES
UMR 7324
*Cités,
Territoires,
Environnement
et Sociétés*

*Equipe IPA-PE
Ingénierie du
Projet
d'Aménagement,
Paysage,
Environnement*



35 allée Ferdinand de Lesseps
BP 30553
37205 TOURS cedex 3

Directeur de recherche :
Baptiste Hervé

**Blanloeil Félix
Lamirault Valentin**

Projet de Fin d'Etudes
DA5 2017-2018

La piétonisation du centre-ville de Tours et ses conséquences :
Etude de l'impact d'une piétonisation sur les flux et les besoins en stationnement

Résumé : C'est dans un contexte où l'on cherche à réduire la place de la voiture en centre-ville, que nous avons décidé d'imaginer ce qui paraît inconcevable aujourd'hui mais qui pourrait être réalisé demain. Plutôt que d'imaginer la piétonisation du centre-ville de Tours rue après rue, nous avons défini une vaste zone correspondant au Secteur Sauvegardé de la ville. Nous nous sommes alors posés la question de savoir quels pourraient être les impacts d'une telle piétonisation sur les itinéraires et les flux associés.

Si la voiture n'a plus sa place en ville, il est intéressant de savoir comment sont captés et traités plus en amont ces flux. Et plus particulièrement, pour les habitants des périphéries travaillant dans la ville centre. Nous avons réfléchi aux aménagements à mettre en place pour répondre à de nouvelles problématiques de stationnement et d'accessibilité du cœur d'agglomération.

Afin de répondre à cette problématique, nous avons dans un premier temps étudié les différentes caractéristiques de la piétonisation et les différentes politiques de stationnement associées. Cela nous a permis, en adaptant le modèle de Huff, de mettre en place une analyse spatiale et ainsi de simuler les déplacements avant et après la piétonisation du secteur sauvegardé de Tours. Il s'agit ainsi d'étudier les reports d'itinéraires ainsi que les flux n'ayant pas pu être affectés. Ces derniers étant utilisés pour appréhender les nouveaux besoins de stationnement et dimensionner de nouvelles aires de stationnement.

Mots Clés : Voiture, centre-ville, piétonisation, modélisation, modèle gravitaire, Huff, simulation, stationnement, parkings relais, attractivité