

Le graphique dit de Marey pour les horaires de la
ligne TER 32 allant de Bourg-en-Bresse à Lyon
en 2025

Pr Jean R. LOBRY

Table des matières

1 Le graphique dit de Marey	2
2 Prolégomènes à la ligne TER n° 32	6
2.1 Le syndrome de la carte du rapport SPINETTA	6
2.2 Bref historique de la ligne de la DOMBES	8
2.3 Fréquentation en 2017	9
2.4 Les retards en 2019-2022	13
2.5 Traction au mazout	19
2.6 Profil de la ligne	20
2.7 Les vitesses en 2023	22
2.8 Tarification en 2025	23
2.9 Part modale du rail en 2021	23
3 Le graphique de Marey de ligne TER n° 32	24
3.1 Origine des données	24
3.2 Vue d'ensemble	25
3.3 L'offre via AMBÉRIEU-EN-BUGEY	28
3.4 L'offre via VILLARS-LES-DOMBES	31
4 Annexes	33
4.1 Re-création du graphique de MAREY	33
4.2 Vue d'ensemble	34
4.3 Offre via AMBÉRIEU-EN-BUGEY	38
Références	40

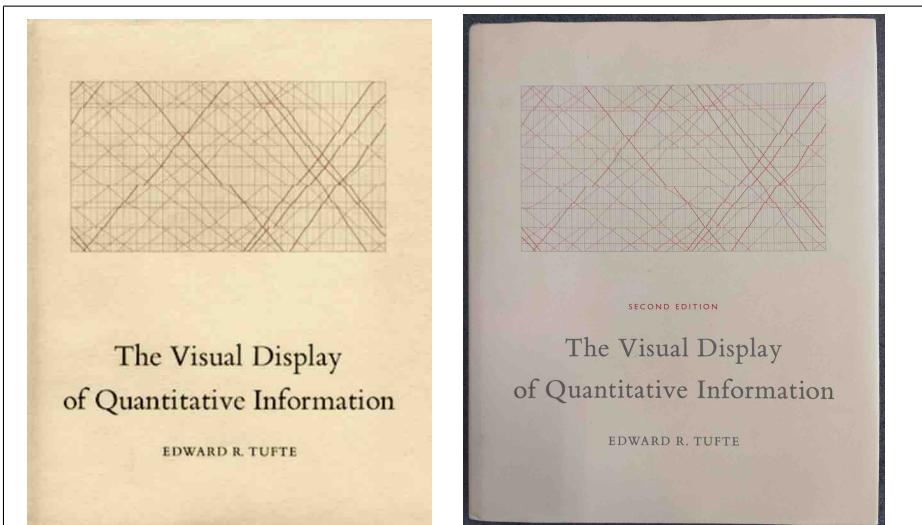


FIGURE 1 – Le graphique dit de MAREY a été repris en couverture du livre d’Edward R. TUFTE aussi bien pour la première édition à gauche que pour la seconde [18] à droite. La photo de la première édition est reprise de l’article « *Historical Infographics : From Paris with Love* » de Sandra RENDGEN, plein de pépites historiques, à voir absolument à <https://sandrarendgen.wordpress.com/2019/03/15/data-trails-from-paris-with-love/>. La photo de la seconde édition est de l’auteur de ces lignes.

1 Le graphique dit de Marey

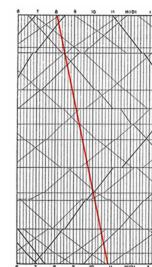
CETTE représentation graphique est célèbre au point de figurer sur la couverture (figure 1 page 2) de l’édifiant ouvrage d’Edward R. TUFTE [18]. Dans le livre de FRIENDLY et WAINER [12] on trouve le passage suivant¹ : « [d]ans les années 1850 un nouveau point de vue sur le rôle de la visualisation pour la recherche et le discours scientifique a vu le jour. Les contributions des nombreux acteurs qui s’y impliquèrent forment la substantifique moelle de ce livre. Parmi eux, on trouve le physiologiste français Étienne-Jules MAREY [1830-1904] qui, en 1878, a écrit “La méthode graphique”, une tentative pour étudier les questions scientifiques en faisant appel aux représentations graphiques comme principal outil [...] Un exemple simple [figure 2 page 4] est une représentation graphique des horaires de tous les trains entre PARIS et LYON, toujours en 1878. Le sujet est terre-à-terre, mais ce graphique illustre brillamment un nouvel aspect de la pensée visuelle. Chaque ligne du graphique représente un train donné, de son

1. By the mid-1800s, a new view of the role of visualisation in scientific discovery and explanation had been implanted. There were many participants, whose contributions form the bulk of this book. Among these, we find the French physiologist Étienne-Jules MAREY [1830-1904], who in 1878 wrote *La méthode graphique*, an attempt to found a new approach to scientific questions through a direct appeal to graphs as the primary tool (see Chapter 9). A simple example is shown in Figure 1.7, a graphic schedule of all the trains between PARIS and LYON, which is also from 1878. The topic is prosaic, but the graph illuminated a new aspect of visual thinking. Each line in the graph shows a different train as a line, from its origin to destination. The stations are spaced according to distance, so steeper lines indicate faster trains.

origine à sa destination. Les gares sont écartées selon leur distances de sorte qu'une ligne plus inclinée correspond à un train plus rapide. »

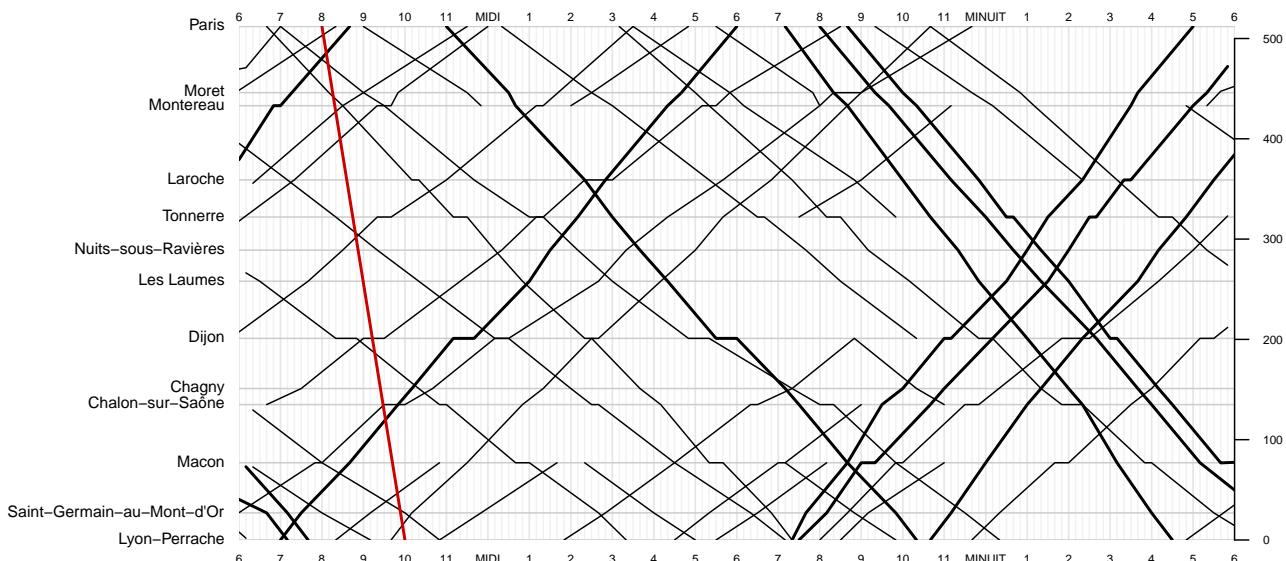
C'EST cette représentation graphique, dite de MAREY, que nous allons utiliser ici pour donner une vision synthétique de l'offre ferroviaire entre BOURG-EN-BRESSE et LYON. Nous continuerons, par commodité, à parler de la représentation graphique de MAREY même si ce dernier en attribue clairement (figure 2 page 4) la paternité à l'ingénieur Charles IBRY, sous-chef de l'exploitation du chemin de fer de PARIS à ROUEN en 1847, et même si le rapport [9] qui présente la méthode d'icelui se termine par : « *Note du secrétariat*. Il résulte des renseignements fournis par l'un des ingénieurs des chemins de fer de LILLE et de VALENCIENNES à la frontière de BELGIQUE, qu'un tableau analogue à celui de M. IBRY avait été mis en usage, sur ces chemins, par M. l'ingénieur en chef BUSCHE, dès le 1^{er} mai 1848. » On devrait donc en toute rigueur parler de la représentation graphique de BUSCHE, ou peut-être même de celle de PETIET [20]. La catastrophe du train de VERSAILLES en 1842 aurait pressé l'adoption du graphique de MAREY (voir la figure 3 page 5).

Exercice. Le fichier `Marey.Rda`² au format XDR [17] contient l'objet `lignes` qui est une liste des coordonnées `x` et `y` des trains³, l'objet `dist` qui est un vecteur nommé des distance des gares, l'objet `express` qui est un vecteur logique indicateur des lignes rapides et l'objet `etiq` pour légendier l'axe des abscisses. Donner le code `R` pour reproduire le graphique de MAREY. Ajouter en rouge un TGV partant de PARIS à 8 h et arrivant à LYON à 10 h.



Ajout en rouge du TGV dans le livre de TUFTÉ [18, p. 31]. Il s'agit de la version originelle de 1981 où il fallait trois heures pour rallier PARIS à LYON.

Re-création du graphique dit de Marey



2. `load(url("https://pbil.univ-lyon1.fr/R/donnees/UsagersLigne32/Marey.Rda"))`

3. Les données ont été obtenues par digitalisation du graphique de MAREY, le lecteur intéressé trouvera plus de détails dans la section 4.1 page 33.

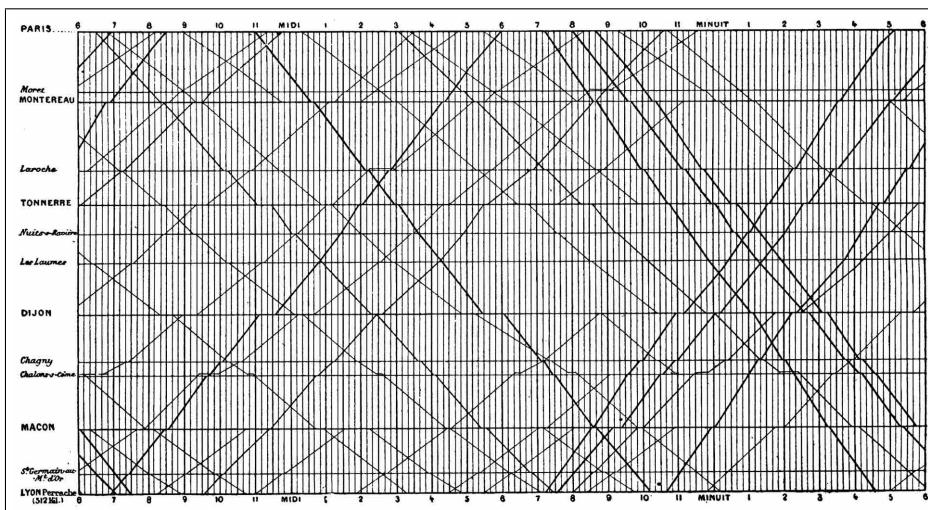


Fig. 7. Graphique de la marche des trains sur un chemin de fer, d'après la méthode de Ibry.

FIGURE 2 – La représentation graphique originelle du physiologiste français Étienne-Jules MAREY [14, p. 20] des horaires de train entre PARIS et LYON à la fin du XIX^e siècle. Il en donne l’explication suivante : « [I]orsqu’on place la figure devant soi, on lit à gauche, sur l’axe des ordonnées, la série des stations, c’est-à- dire les divisions de l’espace à parcourir ; l’écartement des stations entre elles est, sur le papier, proportionnel aux distances kilométriques qui les séparent. Dans le sens horizontal, c’est-à-dire sur l’axe des abscisses, sont comptées les divisions du temps en heures, partagées elles-mêmes en subdivisions de dix minutes chacune. La largeur du tableau est telle, que les vingt-quatre heures du jour y sont représentées, commençant à six heures du matin et finissant le lendemain à la même heure. Si l’on voulait exprimer qu’un train est sur un certain point de la ligne à une certaine heure, on pointerait sa position sur le tableau, en face de la station ou du point quelconque de la ligne qu’il occupe, et sur la division du temps convenablement choisie. Un seul point du tableau satisfait à ces conditions. À des instants successifs, le train occupera des points toujours différents du tableau ; la série de ces points donnera naissance à une ligne qui sera descendante et oblique de gauche à droite pour les trains venant de PARIS, tandis qu’elle sera ascendante et oblique dans le même sens pour les trains montant sur PARIS. La ligne qui correspond à chacun des trains exprime : les heures de départ et d’arrivée, les vitesses relatives et absolues des trains, l’instant des passages à chacune des stations, et la durée des arrêts. En effet, si nous considérons un train en particulier, nous voyons que de la station de PARIS, un train part à onze heures du matin ; si nous suivons ce train dans sa marche, nous constatons qu’il subit sept arrêts (pendant lesquels il ne se déplace plus suivant l’espace, mais seulement suivant le temps). Ces arrêts se traduisent par la direction horizontale de la ligne en face de la station où ils se produisent ; la longueur de cette ligne horizontale mesure la durée de l’arrêt. La ligne du train, suivie jusqu’à la fin, montre que l’arrivée se fait à dix heures dix minutes après midi ; or si l’on compte les parcours sur l’axe des ordonnées, on voit que 512 kilomètres ont été parcourus en onze heures dix minutes, arrêts compris, ce qui fait une vitesse moyenne d’environ 46 kilomètres à l’heure. »



FIGURE 3 – La catastrophe ferroviaire du train de VERSAILLES à MEUDON en 1842 qui fit 55 morts aurait d'après Léon LALANNE [20, cité par WAINER p. 56] conduit les compagnies de chemin de fer à utiliser des graphiques de MAREY. À gauche, une représentation de la catastrophe d'après une illustration de 1842, à droite, une peinture d'A. PROVOST. Source : WIKIPEDIA.

La section suivante donne quelques éléments de contexte sur la ligne TER n° 32. Le lecteur peu intéressé par ces aspects pourra sauter directement à la section 3 page 24 pour les graphiques de MAREY. L'étudiant conscientieux, quant à lui, ne s'affranchira pas des exercices qui y sont proposés.

2 Prolégomènes à la ligne TER n° 32

2.1 Le syndrome de la carte du rapport Spinetta

IL N'Y A PAS *un* mais *deux* itinéraires possibles par le rail entre BOURG-EN-BRESSE et LYON-PART-DIEU :

1^o un court, de 60 km, mais lent (60 mn) via la DOMBES⁴ ;

2^o un long, de 72 km, mais rapide (45 mn) via AMBÉRIEU-EN-BUGEY.

Cet apparent paradoxe vient de ce que l'itinéraire long est entièrement électrifié, à double voie et avec moins d'arrêts permettant une vitesse commerciale de 96 km.h^{-1} plus élevée que celle de l'itinéraire court à 65 km.h^{-1} . Si la vitesse commerciale de l'itinéraire court était celle de l'itinéraire long, le parcours de BOURG-EN-BRESSE à LYON-PART-DIEU se ferait en 40 mn, celui de VILLARS-LES-DOMBES à LYON-PART-DIEU en 20 mn, soit un gain d'un tiers de temps dans les deux cas.

IL EST piquant de comparer la vitesse commerciale de la ligne de la DOMBES en 2025 avec celle de la ligne PARIS ↔ LYON en 1878 : 60 km.h^{-1} contre 48 km.h^{-1} (figure 2 page 4), soit un gain de 12 km.h^{-1} en 147 ans, de l'ordre de 0,1 km.h^{-1} tous les ans. À ce rythme, il faudra attendre 441 ans, soit l'année 2466, pour que la vitesse commerciale de la ligne de la DOMBES rattrape celle de la ligne via AMBÉRIEU-EN-BUGEY. La diffusion du progrès n'est pas des plus rapides dans nos campagnes...

DE MÊME, il n'y a pas *un* mais *deux* itinéraires possibles par la route entre BOURG-EN-BRESSE et LYON :

1^o un court, de 61 km, mais lent (1 h 18) par la nationale via la DOMBES ;

2^o un long, de 80 km, mais rapide (1 h 01⁵) par l'autoroute via AMBÉRIEU-EN-BUGEY.

Il y a donc un certain parallélisme de forme entre l'offre par le rail et la route. L'avantage en terme de temps de parcours semble être au train, mais il faut compter avec la rupture de charge à LYON. Selon la destination finale visée dans l'agglomération lyonnaise, l'avantage peut re-basculer vers la voiture.

POUR des raisons plus ou moins avouables, détaillées dans l'encart page 30, nous nous focaliserons ici sur la ligne de la DOMBES. Mais il faut bien garder à l'esprit qu'il n'y a pas *un* mais *deux* itinéraires par le rail entre BOURG-EN-BRESSE et LYON. Vouloir estimer le trafic entre ces deux pôles à la seule aune de celui via la DOMBES, comme dans la carte du rapport SPINETTA reproduite dans la figure 6 page 10, est une grave erreur méthodologique. Une estimation au doigt mouillé montre que les places assises offertes se répartissent à 80-20 % entre la ligne de la DOMBES et celle via AMBÉRIEU-EN-BUGEY. Il y a donc un biais de sous-estimation du trafic de 20 %, qui est sans doute un *minorant* car l'usager pressé au départ de BOURG-EN-BRESSE pour LYON qui a le choix, par exemple, entre le 6 h 48 arrivant à 7 h 48 via la DOMBES et le 6 h 43 arrivant à 7 h 30 via AMBÉRIEU-EN-BUGEY favorisera ce dernier.

4. C'est bien *la* DOMBES et non *les* DOMBES, pour citer C. AVOCAT [8] : « [il] faut employer le singulier *la* DOMBES et non le pluriel en dépit de l'usage le plus courant. En effet, le *s* terminal correspond à une contraction du bas latin *dumbensis* et n'implique nullement l'idée de pluriel. De même dans VILLARS-LES-DOMBES (les au sens locatif). »

5. C'est un temps de parcours très théorique donné par le site « viamichelin », en pratique, aux heures de pointes, il faudra passer sous les fourches caudines du fameux bouchon lyonnais du noeud des îles, et ajouter une bonne demi-heure, voire plus si incident.

Le déraillement du rapide Strasbourg-Lyon a fait près de 100 victimes, dont 38 morts

Scènes atroces d'angoisse et de souffrance dans les wagons broyés

Le mécanicien allait trop vite : il est arrêté

Gendarmes et prisonniers militaires rivalisent de dévouement

L'épouvantable catastrophe qui s'est produite samedi soir, à 22 h. 30, en gare des Echets, à 14 kilomètres de Lyon, a fait plus de victimes que les premières dépréciées ne le laissaient prévoir.

L'express 758 transportait, samedi, de nombreux permissionnaires venant d'Alsace, de Lorraine et des corps d'occupation du Rhin. Il transportait également de nombreux voyageurs civils et douze prisonniers militaires que les gendarmes conduisaient en Afrique. Ces prisonniers, comme on le verra plus loin, se sont héroïquement conduits au cours de la catastrophe. Le dépêche de notre envoyé spécial qu'on va lire confirme que l'accident est dû à un excès de vitesse, contraire au règlement ; le mécanicien est arrêté.

(DE NOTRE ENVOYÉ SPÉCIAL)

Lyon, 11 Septembre. — Lorsque j'arrive sur place, presque rien encore n'a été déblayé ; seuls la locomotive et le fourgon à bagages à peu près intacte ont quitté le lieu de la catastrophe. Vision effrayante ! Seul un hall à marchandises, construit en solide maçonnerie émerge au milieu d'un véritable amas de décombres : débris de wagons, bois brisé, essieux et châssis tordus, le tout inondé de sang.

Comment la catastrophe s'est produite



du mécanicien était gravement engagée — seule la vitesse excessive étant cause de l'accident — M. Durand, juge d'instruction, mit le mécanicien en état d'arrestation.

Le magistrat entendit ensuite le chauffeur, M. Nicolas, mais celui-ci se contenta de répondre qu'au moment de la catastrophe il s'occupait de son feu et qu'il ne s'était aperçu de rien.

— Vous ne vous étiez même pas rendu compte, dit le juge, que vous marchiez à une vitesse trop grande ?

— Aucunement, répondit M. Nicolas. Encore une fois, je m'occupais de mon feu et de rien d'autre.

Dans l'après-midi d'aujourd'hui, M. Gourguechon, ingénieur en chef des mines, représentant M. Le Trocquer, est venu sur les lieux de l'accident accompagné des ingénieurs du contrôle de l'Etat Schewsky et Mournelas. Ils ont entendu, eux aussi, de nombreux témoins afin d'établir exactement les responsabilités.

La voie unique entre Bourg et Lyon étant toujours complètement obstruée, le service des voyageurs se fait par transbordement.

L'identification des cadavres est difficile

Aux abords des Echets, c'est une longue théorie de voitures de toutes sortes : automobiles et véhicules les plus divers ame-

FIGURE 4 – LE PETIT JOURNAL du 12 septembre 1921. Extrait de l'article : « [d]epuis la fin de la guerre, un trafic extrêmement important — deux express par jour dans chaque sens — se faisait sur cette ligne. Or, en 1917, en prévision d'une avance des troupes française, l'une des voies de la ligne avait été enlevée entre SATHONAY et BOURG, dans l'AIN, ce qui représente un parcours d'environ 50 kilomètres à voie unique. Des garages avaient alors été organisés dans les gares principales, avec aiguilles en pointe, dans le sens, de la marche, alors que les aiguilles doivent généralement être placées à contre-sens. Depuis longtemps, tous les habitants de la région réclamaient le rétablissement de la deuxième voie. La Compagnie aurait bien voulu faire effectuer les travaux ; elle les commença même, mais les rails ayant été enlevés par l'État ne purent être retrouvés ; résultat : le trafic continuait sur cette ligne essentiellement mauvaise. »



FIGURE 5 – Copie d'une photo du site de Nicolas GODIN (<http://lyonrail.free.fr/lignes/dombes.htm>) donnant un très joli reportage de la ligne de la DOMBES il y a 20 ans. Ici, le TER LYON ↔ BOURG-EN-BRESSE n° 887404, assuré le 31 mars 2005 par l'X 4713, franchit le passage à niveau à la sortie de la gare de ST-ANDRÉ-DE-CORCY. Le moins que l'on puisse dire c'est qu'il y a quand même eu une très nette amélioration du matériel roulant depuis cette époque !

2.2 Bref historique de la ligne de la Dombes

C'EST une ligne relativement ancienne puisque mise en service il y a 160 ans en 1866⁶. Elle acquiert sa configuration actuelle en 1900 avec le percement de tunnels⁷ reliant LYON-SAINT-CLAIR à SATHONAY-RILLEUX. C'est la ligne n° 886000, dite ligne de LYON-ST-CLAIR à BOURG-EN-BRESSE. Initialement à double voie, la seconde voie a été déposée pendant la première guerre mondiale. La catastrophe ferroviaire de la gare des ÉCHETS (figure 4 page 7) en 1921, en partie causée par le passage en simple voie, a sans doute pressé la restauration rapide de la seconde voie dans l'entre-deux-guerres dès 1922⁸. La seconde voie est déposée une nouvelle fois pendant la seconde guerre mondiale.

LA SECONDE VOIE re-déposée, le trafic connaît une baisse notable, ce qui entraîne le maintien de seulement 4 gares de croisement : SATHONAY-RILLEUX, SAINT-ANDRÉ-DE-CORCY, VILLARS-LES-DOMBES et SAINT-PAUL-DE-VARAX. L'électrification en 1,5 kV continu entre BOURG-EN-BRESSE et LYON via AMBÉRIEU-EN-BUGEY achevée en 1955 fait que les express ne passent plus par la ligne de la DOMBES qui voit alors son trafic s'étioler.

IL FAUDRA attendre 1981 pour voir poindre les premiers signes de renouveau avec l'ouverture de la LGV conduisant à la remise à niveau complète de la section SATHONAY-RILLEUX ↔ LYON-SAINT-CLAIR (figure 8 page 21). En

6. Soit 36 ans après l'ouverture de la première ligne en FRANCE entre SAINT-ÉTIENNE et LYON en 1830, et 41 ans après celle entre STOCKTON et DARLINGTON au ROYAUME-UNI. Elle précède de 3 ans le premier chemin de fer transcontinental aux ÉTATS-UNIS entre la CALIFORNIE et le NEBRASKA.

7. Les tunnels de SAINT-CLAIR (88 m), VASSIEUX (163 m) et des MERCIÈRES (1188 m) encore empruntés aujourd'hui par les TGV faisant escale à LYON-PART-DIEU.

8. Source : https://routes.fandom.com/wiki/Ligne_Lyon-Saint-Clair--Bourg-en-Bresse dernière consultation le 2025-05-13

1987 des travaux sont engagés sur la voie pour faire passer la vitesse limite à 140 km.h^{-1} (120 de SATHONAY-RILLEUX aux ÉCHETS, section 2.7 page 22 pour la situation actuelle). Sous l'impulsion du conseil régional RHÔNE-ALPES l'offre est renforcée avec près d'une quinzaine d'aller-retours en 2005, dont un continue sur BESANÇON et quatre sur OYONNAX/SAINTE-CLAUDE/MOREZ via la ligne des CARPATES. Depuis 2008, la section de 18 km entre VILLARS-LES-DOMBES et LES ÉCHETS est de nouveau à double voie. En 2020, la voie qui existait avant le doublement a été renouvelée.

DANS le rapport SPINETTA [16, p. 18] on fait remonter le début du sous-investissement aux années 1970-80 : « [l]e réseau ferroviaire français a fait l'objet d'un sous-investissement massif dans la maintenance (entretien et renouvellement), depuis la fin des années 1970, en raison d'arbitrages budgétaires qui ont favorisé le développement du réseau, et en particulier la construction des lignes à grande vitesse, au détriment du réseau existant⁹. » Dans le cas de la ligne de la DOMBES c'est bien antérieur : la seconde voie a été restaurée 4 ans après la fin de la première guerre mondiale, alors qu'en 1975, 30 ans après la fin de la seconde guerre mondiale, elle ne l'était toujours pas.

ANSI, en 2025, 80 ans après la fin de la seconde guerre mondiale, la ligne de la DOMBES porte toujours les stigmates d'icelle.

2.3 Fréquentation en 2017

ON ne trouvera pas, et on ne peut en être que fort *marri*¹⁰, sur le site dit « *open data* » de la SNCF¹¹ de données détaillées de fréquentation des lignes. Les données utilisées ici sont issues d'un rapport de l'agence d'urbanisme de l'aire métropolitaine lyonnaise [15, p. 5]. Il s'agit du nombre moyen de montées-descentes par jour ouvrable en 2017 pour les branches TER desservant LYON.

Exercice. Importer les données du fichier `trafic2017.ods` et donner le code permettant de les représenter sous la forme du diagramme de CLEVELAND [10] ci-après :

9. Une vision des choses qui est fortement contestée par la FNAUT [3, p. 5] : “[e]n réalité, les mécanismes de financement des LGV et des lignes régionales sont déconnectés, les LGV exigeant des financements spécifiques. Quant à la modernisation des lignes régionales, elle a été en concurrence avec celle des routes dans les contrats de plan État-régions : *si ces lignes se sont dégradées, c'est d'abord parce qu'on a trop dépensé pour les routes.*”

10. [16, p. 83-84] : « La SNCF considère que certaines données relèvent du secret des affaires et qu'elles ne sont pas nécessaires aux entreprises candidates. Le secret commercial ne doit pas pouvoir justifier que la région ne puisse recevoir une information utile à sa mission, et les régions doivent pour leur part prendre les dispositions nécessaires à la préservation des données confidentielles. »

11. <https://ressources.data.sncf.com/>



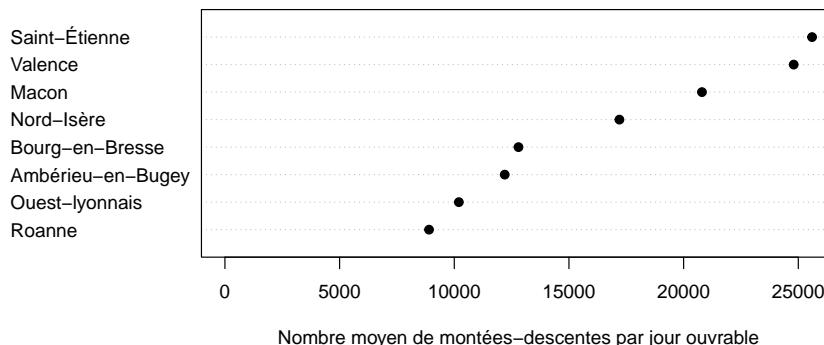
FIGURE 6 – Le syndrome de la carte du rapport SPINETTA [16, p. 50] : la ligne de la DOMBES figure en bleu, soit une ligne de catégorie UIC 7 à 9 avec plus de 20 trains par jour en 2013, dans la classe dite des « petites lignes » susceptibles d'être fermées. Cette représentation est particulièrement malheureuse parce qu'elle ne tient pas compte du trafic entre BOURG-EN-BRESSE et LYON via AMBÉRIEU-EN-BUGEY. Les données de l'agence d'urbanisme de l'aire métropolitaine lyonnaise donnent en 2017 un trafic supérieur de 44 % sur la liaison BOURG-EN-BRESSE ↔ LYON par rapport à la liaison ROANNE ↔ LYON. L'épaisseur du trait entre BOURG-EN-BRESSE et LYON devrait être *a minima* triplée pour rendre compte de cette réalité.

Le rapport SPINETTA est certes plus nuancé dans le texte [16, p. 53] : « [...]a segmentation actuelle en fonction des catégories UIC sert de base aux politiques de maintenance [...] et à la programmation des investissements. Pour autant, elle ne donne pas une image satisfaisante de l'utilité des lignes, de la performance attendue et des investissements nécessaires, ce qui conduit probablement à une allocation des moyens inefficace. » En effet, la classification UIC (Union Internationale des Chemins de fer) est essentiellement lié au tonnage, déterminant pour l'usure de l'infrastructure, et non pas au nombre de trains : une ligne avec beaucoup de trains légers de voyageurs sera moins bien classée qu'une ligne empruntée par quelques trains de marchandise lourds. Plutôt que de « petites lignes » il serait plus correct de parler de « lignes à faible coût de maintenance. »

Le rapport SPINETTA [16, p. 52] déclare également que « [...]a pertinence économique des petites lignes ne peut être évaluée globalement. [...] Selon que la ligne fait partie des plus fréquentées, que le maintien en exploitation peut se faire au prix d'un investissement modéré, ou que la ligne permet des services très compétitifs par rapport à la route (gains de temps, de confort, etc.), il peut être justifié d'un point de vue économique, même dans un contexte de forte contrainte budgétaire, de la maintenir en exploitation. »

Il n'empêche que nous avons ici l'exemple d'une représentation graphique désastreuse car susceptible d'induire gravement en erreur les politiques publiques.

Trafic des radiales TER lyonnaises en 2017



La liaison TER vers BOURG-EN-BRESSE s'avère être ainsi dans la médiane des liaisons TER radiales autour de LYON, on est loin de la fréquentation de la ligne historique vers SAINT-ÉTIENNE, mais avec la moitié du flux de cette dernière, c'est quand même loin d'être négligeable.

La valeur annoncée de 12800 s'entend comme le nombre de voyages *de ou vers* BOURG-EN-BRESSE, les voyageurs faisant en principe un aller-retour par jour, cela signifie qu'il y a de l'ordre de 6400 personnes utilisant la ligne TER n° 32 au quotidien en semaine. Si ces voyageurs étaient subitement frappés d'autosolisme, cela générerait une file ininterrompue, pare-choc contre pare-choc, de 32 km de voitures. Par comparaison, avec des rames TER de type « AGC » de 57,4 m de long et d'une capacité de 163 places assises, un convoi de 40 rames de 2,3 km de long suffirait. On comprend ici tout l'intérêt des transports de masse puisque l'on gagne avec la rail un ordre de grandeur dans l'occupation des voies de transport.

CALCULONS un minorant et un majorant du trafic. Il y a de l'ordre de 40 rames d'une capacité de $2 \cdot 10^2$ faisant l'aller-retour en semaine entre BOURG-EN-BRESSE et LYON. Avec un taux de remplissage de 10 % cela ferait 800 voyageurs, soit un minorant de l'ordre de 10^3 . Avec un taux de remplissage en mode bâtaillère de 200 % cela ferait 16000 voyageurs, soit un majorant de l'ordre de 10^4 . On ne sait pas exactement combien il y a de voyageurs par jour mais on sait qu'ils se comptent en milliers. L'estimation de 6400 voyageurs de l'agence d'urbanisme de l'aire métropolitaine lyonnaise est donc plausible, pour le moins elle n'est pas aberrante.

EN FAISANT la somme des déplacements domicile ↔ travail entre BOURG-EN-BRESSE, VILLARS-LES-DOMBES et l'agglomération lyonnaise on trouve [5, 6] un total de 8671 actifs, soit avec une part modale du rail de l'ordre de 50 % (section 2.9 page 23) environ 4300 actifs usagers du train au quotidien. C'est encore compatible avec l'estimation de 6400 voyageurs de l'agence d'urbanisme de l'aire métropolitaine lyonnaise puisque l'on ne compte pas ici les « inactifs », par exemple [5, p. 17] : « [la gare de BOURG-EN-BRESSE] est surtout fréquentée par les scolaires des lycées de l'agglomération burgienne et très peu par les actifs. »

DANS un rapport de la chambre régionales des comptes de 2019 on peut lire [11, p. 32] à propos des liaisons UIC 7 à 9 en 2017 : « [e]n moyenne, le trafic de l'ensemble des petites lignes avoisine 19 000 voyageurs par jour, soit

11 % de la fréquentation TER AUVERGNE-RHÔNE-ALPES. Cette situation recouvre des situations très contrastées. Les lignes d'irrigation du territoire les plus fréquentées atteignent, en moyenne, près de 4 000 passagers par jour (LYON-CLERMONT et LYON-BOURG-EN-BRESSE), alors que les moins empruntées ne comptent que 30 usagers quotidiens (CLERMONT-VOLVIC, BOËN-THIERS). » C'est encore le syndrome de la carte du rapport SPINETTA où le trafic est évalué par *ligne* et non par *destination* comme le fait l'agence d'urbanisme de l'aire métropolitaine lyonnaise [15]. Le trafic *de et vers* BOURG-EN-BRESSE étant supérieur de 44 % à celui *de et vers* CLERMONT via ROANNE on aurait alors 5760 passager par jour pour la relation LYON ↔ BOURG-EN-BRESSE en 2017, une valeur proche des 6400 donnés par l'agence d'urbanisme de l'aire métropolitaine lyonnaise.

Lignes	2019	2020	2021	2022	moyenne
1 Ouest-lyonnais	98.10	98.40	98.20	97.70	98.10
3 St-Étienne-Boën	93.30	97.20	96.20	93.50	95.05
2 St-Étienne-Roanne	94.50	96.20	95.00	94.00	94.92
4 Lyon-Vienne	92.40	94.70	95.30	93.50	93.97
5 St-Étienne-Le-Puy-en-Velay	89.00	95.00	93.10	92.80	92.47
6 Lyon-St-André-le-Gaz	89.10	92.90	94.60	91.90	92.12
7 Lyon-Bourg-en-Bresse	88.60	92.30	93.10	90.90	91.22
8 Lyon-St-Étienne-Firminy	90.00	91.70	93.10	89.00	90.95
9 Étoile-de-Bourg-en-Bresse	88.00	90.00	91.90	88.70	89.65
13 Lyon-Ambérieu	89.30	91.40	90.60	85.30	89.15
14 Lyon-Grenoble	85.00	87.90	90.00	84.30	86.80
11 Lyon-Clermont-Ferrand	86.30	88.30	85.90	86.40	86.72
12 Lyon-Villefranche-Mâcon	83.40	88.80	88.50	85.50	86.55
10 Lyon-Chambéry	82.20	85.80	81.40	88.20	84.40
15 Lyon-Valence-Avignon	78.80	84.60	86.20	81.20	82.70
16 Lyon-Paray-le-Monial	76.80	83.50	81.10	78.70	80.03
17 Lyon-Bellegarde-Genève	75.20	77.40	77.40	78.50	77.12

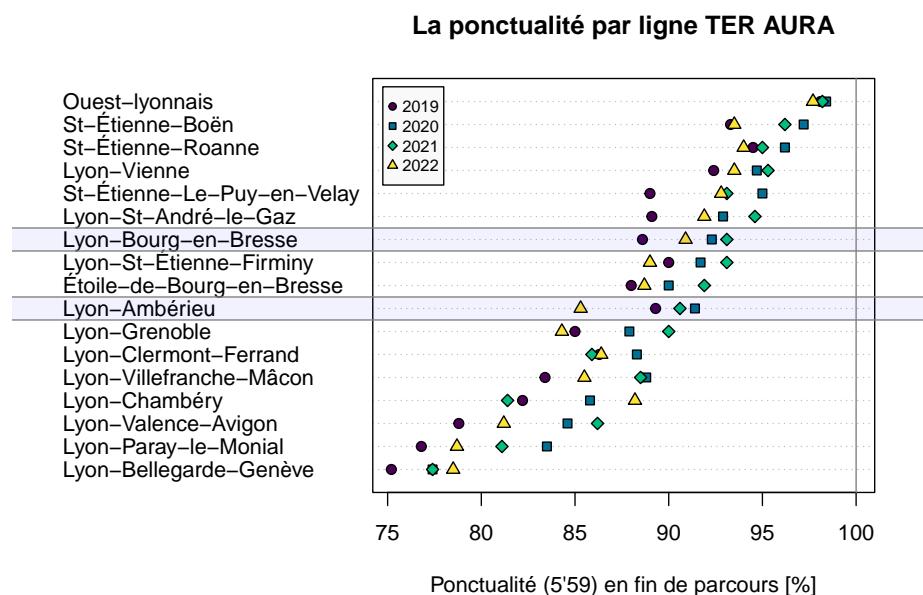
TABLE 1 – Taux de ponctualité des lignes TER AURA exprimé comme le pourcentage de *trains* non supprimés ayant plus de 5'59 de retard au *terminus* de leur parcours. Dans le cas de la liaison LYON ↔ BOURG-EN-BRESSE, il est bien précisé [7, p. 10] que sont pris en compte les trajets via AMBÉRIEU-EN-BUGEY et ceux via la DOMBES.

2.4 Les retards en 2019-2022

2.4.1 Les données de la région

UN DOCUMENT [7, p. 10] du « comité technique vallée du RHÔNE nord » de 2023 donne des statistiques intéressantes sur la ponctualité des TER, mais sous la forme d'un tableau un peu indigeste reproduit ici dans la table 1 page 12.

Exercice. Le fichier `ponctualite.ods` contient les données de la table 1 page 12. Importer les données dans la table `ponct` et donner le code `R` pour les représenter sous la forme du diagramme de CLEVELAND [10] ci-après :



LA PREMIÈRE LECTURE, en comparaison inter-lignes, montre que chaque ligne a un retard caractéristique, relativement stable d'une année à l'autre, de la médiocre liaison vers GENÈVE à l'exemplaire liaison de l'ouest lyonnais avec sa ponctualité moyenne de 98.1 % (c'est le cas un peu particulier d'un tram-train). Cette valeur de 98.1 % montre qu'il y a d'excellentes marges de progression pour les autres lignes. Comme les performances sont moins bonnes entre LYON et AMBÉRIEU-EN-BUGEY, cela signifie que les performances sont meilleures via la ligne de la DOMBES seule que ce qui est représenté sur ce graphique.

LA SECONDE LECTURE, en comparaison inter-annuelles, montre qu'il a des années fastes comme 2021 et sombres comme 2019. Il y a donc des facteurs globaux qui impactent l'ensemble des lignes, par exemple les mouvements sociaux en 2019. La comparaison entre 2021 et 2022 montre que la dégradation est plus forte sur LYON ↔ AMBÉRIEU-EN-BUGEY que sur LYON ↔ BOURG-EN-BRESSE. Si la tendance se confirme, c'est un argument pour privilégier la ligne via la DOMBES.

AU VU DE CES RÉSULTATS, flirtant avec les 95 % à l'instar de ceux d'une élection dans la paisible et démocratique RUSSIE, l'usager régulier de la ligne TER n° 32 pourrait être dubitatif quant à la validité d'iceux¹². D'aucuns

12. Il existe une page facebook <https://www.facebook.com/usagersdelaligne32TERLyonBourg/>

diraient que ce scepticisme est instillé par un biais cognitif bien connu, à savoir que l'on ne parle *jamais* des trains qui arrivent à l'heure et *toujours* de ceux qui sont en retard ou qui déraillent (figure 4 page 7). Mais il y a des raisons plus objectives à ce décalage de perception, et la chambre régionale des comptes en a fait une analyse [13] particulièrement instructive naguère, en 2024.

2.4.2 La pondération par le nombre d'usagers

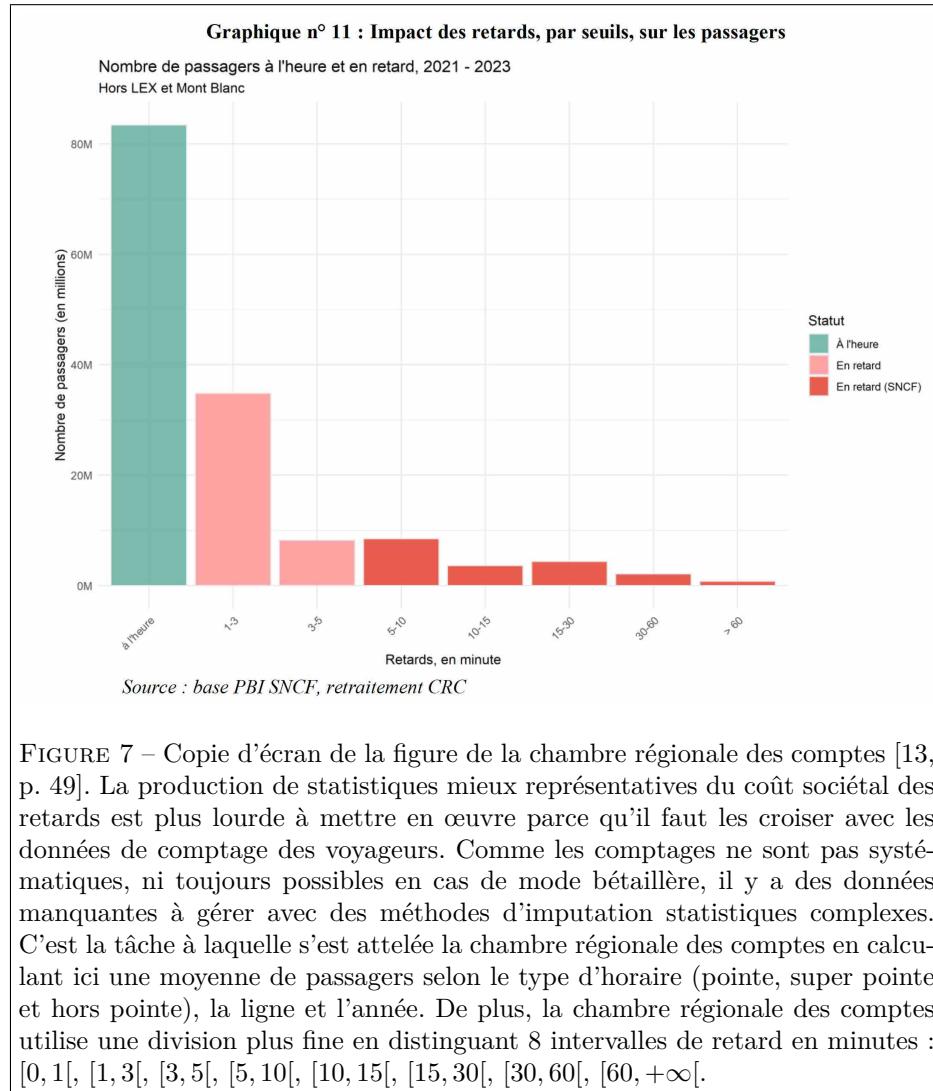
LA PREMIÈRE RAISON, et elle est fondamentale pour comprendre le décalage entre le ressenti des usagers des TER et les éléments de langage de la SNCF, est que la statistique utilisée n'est pas pondérée par le *nombre de voyageurs impactés*. Six minutes de retard sur une rame unique de milieu de journée avec un taux de remplissage de 25 % cela représente 4 heures de retard cumulé¹³. Six minutes de retard sur une rame triple en heure de pointe avec un taux de remplissage de 100 % cela représente 2 *jours* de retard cumulé, un ordre de grandeur de plus. Cet effet va être amplifié par les conditions d'exploitation plus difficiles aux heures de pointe, concentrant les retards sur les trains les plus remplis. Si ce phénomène ne laissera pas de surprendre le navetteur, tout le mérite de la chambre régionale des comptes et de l'avoir *démontré* et *quantifié* (figure 7 page 15). La région AUVERGNE-RHÔNE-ALPES ne s'y trompe d'ailleurs pas puisque les pénalités de retard sont modulées en fonction de l'horaire et de la ligne.

AINSI, entre 2021 et 2023, les usagers ont subi un total de $470 \cdot 10^6$ mn de retard, soit en moyenne pour une année $157 \cdot 10^6$ mn. Si on converti en équivalent temps plein (ETP, 1607 heures heures de travail annuel), cela représente 1630 ETP. Le seul coût économique des retards est commensurable à celui de 6,5 PME de 250 salariés qui mettraient la clef sous la porte chaque année. Quant au coût écologique des retards, d'aucuns diraient en suivant un « raisonnement à la SPINETTA (section 2.5 page 19) » qu'il est négligeable puisque le bilan carbone d'un train en retard n'est pas très différent de celui d'un train à l'heure. C'est faire une très grosse hypothèque sur le futur que d'imaginer que nos jeunes, captifs des TER, excédés par les retards à répétition, n'auront pas de cesse que de se tourner vers des solutions de mobilité individuelles.

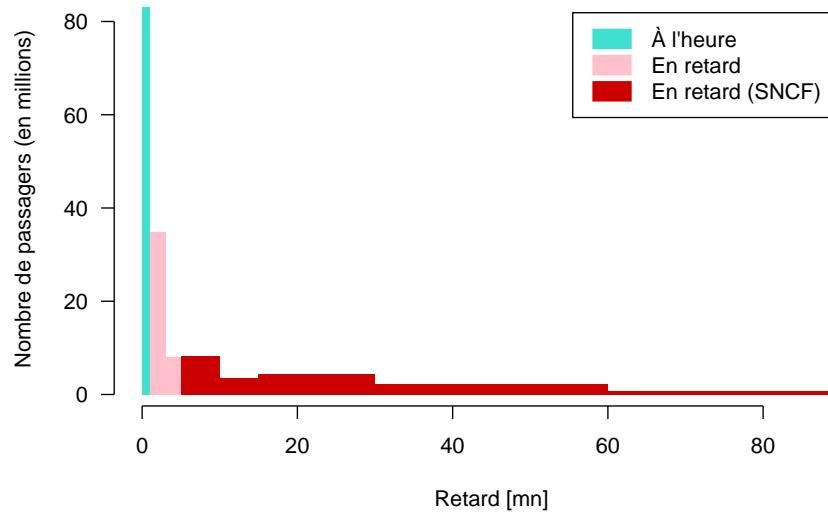
Exercice. Expliquer pourquoi une représentation de type histogramme est préférable à celle du type diagramme en bâtons utilisé dans la figure 7 page 15. À partir des données du fichier CRC.Rda, donner le code  permettant faire la représentation ci-après.

dédiée aux usagers de la ligne TER n° 32, avec environ 1800 abonnés à ce jour, faisant la triste chronique des déboires de ces derniers.

13. Pour une rame TER de type « AGC » de 163 places assises. Avec un taux de remplissage de 25 % il y a 40,75 voyageurs qui perdent chacun 6 minutes, soit en tout 244,5 minutes de perdues, soit environ 4 heures.



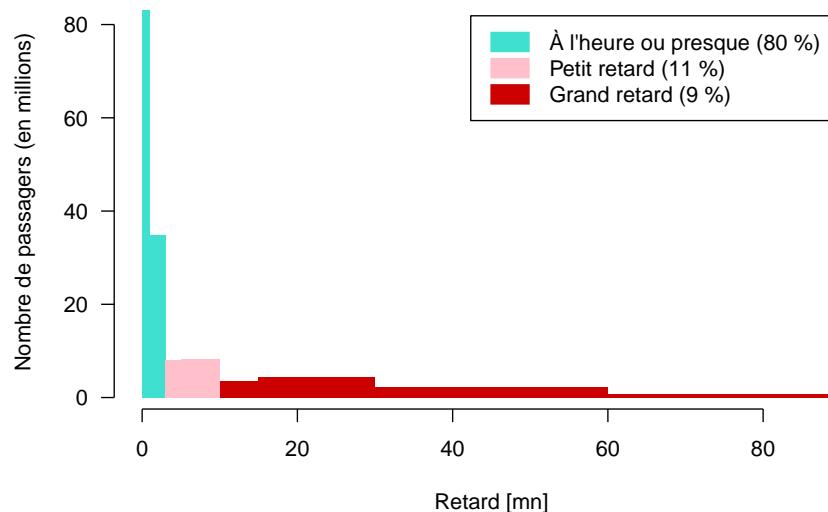
Impact des retards sur les passagers



Source : base PBI SNCF, retraitement CRC – TER AURA 2021–2023 hors LEX et Mont Blanc

DANS cette représentation la surface des rectangles est proportionnelle au temps perdu en retard. Par exemple, il y a 35×10^6 voyageurs dans la classe 1-3 mn qui ont perdu en moyenne 2 mn, soit au total 726 ETP. Il n'y a que 4×10^6 voyageurs dans la classe 15-30 mn mais ils ont perdu en moyenne 22,5 mn, soit au total 933 ETP. On se retrouve au final avec des rectangles de surfaces sensiblement égales pour ces deux classes. L'aspect multimodal de la distribution des retards suggère une typologie en trois classes :

Typologie des retards



Source : base PBI SNCF, retraitement CRC – TER AURA 2021–2023 hors LEX et Mont Blanc

LES petits et grands retards sont à peu près aussi fréquents, mais l'impact est bien entendu plus lourd pour les grands retards (3170 ETP) que pour les petits (980 ETP).

2.4.3 L'effet d'accumulation

LA DEUXIÈME RAISON, et elle est tout aussi fondamentale pour comprendre le décalage entre le ressenti des usagers des TER et les éléments de langage de la SNCF, est l'effet d'accumulation pour un usager régulier.

Exercice. Considérons un navetteur quotidien effectuant $n = 10$ trajets par semaine, soit environ $n = 40$ trajets par mois. Soit X_i la variable aléatoire de BERNOULLI indicatrice de l'évènement « le i^{e} train est en retard. » On suppose que toutes les variables X_i sont deux-à-deux indépendantes. On note Y la variable aléatoire donnant le nombre total de trains en retard :

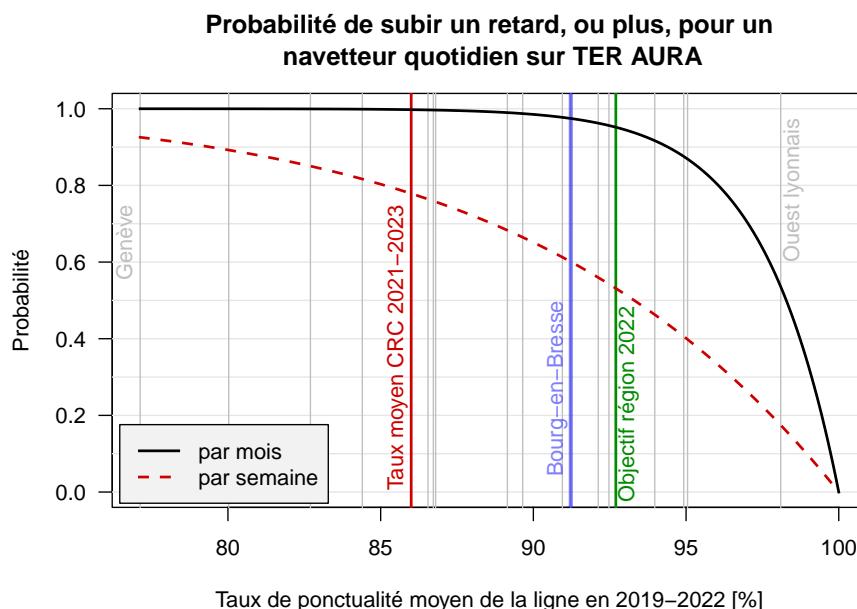
$$Y = \sum_{i=1}^n X_i$$

Calculer la probabilité pour que le navetteur subisse au moins un retard,

$$\mathbb{P}(Y \geq 1)$$

en fonction du taux de ponctualité dans les cas $n = 10$ et $n = 40$.

Exercice. Calculer pour chaque ligne le taux de ponctualité moyen entre 2019 et 2022 en complétant la table `ponct`. En 2022 l'objectif de la région AUVERGNE-RHÔNE-ALPES était un taux de ponctualité de 92,7 %. Pour la chambre régionale des comptes [13, p. 48] le taux de ponctualité moyen par passager pour la période 2021-2023 était de 86 %. Donner le code `R` permettant de faire la représentation graphique suivante :



AVEC le taux pour BOURG-EN-BRESSE, avoir un retard ou plus chaque mois est quasiment un évènement certain, et chaque semaine il y a 6 « chances » sur 10 d'avoir au moins un retard. Même avec le taux exceptionnellement bon de l'ouest lyonnais il reste 1 « chance » sur 2 d'avoir au moins un incident chaque mois, et 2 « chances » sur 10 chaque semaine. Avec l'objectif 2022 pour la région, il y a 1 « chance » sur 2 d'avoir au moins un retard chaque semaine, et 95 « chances » sur 100 chaque mois. La non-linéarité de la réponse au dessus d'un taux de 95 % est un peu le contraire de la loi des rendements décroissants : chaque point gagné va avoir un impact énorme sur la probabilité d'avoir au moins un retard par mois. L'objectif d'une ponctualité de 100 % est inatteignable, justement à cause de la loi des rendements décroissants : chaque point gagné coûte de plus en plus cher, il y a un compromis à trouver. Il n'empêche que l'exemple de l'ouest lyonnais montre qu'il est techniquement possible d'améliorer considérablement la situation par rapport à l'existant.

LE taux de ponctualité pour BOURG-EN-BRESSE étant dans la moyenne des lignes de la région, le taux de 86 % *par voyageur* donné par la chambre régionale des comptes doit être voisin de celui vécu par les usagers de cette ligne. On constate que le navetteur y a 8 « chances » sur 10 de subir au moins un retard par semaine, et qu'à l'échelle du mois c'est un évènement certain.

Exercice. Discutez de la validité de l'hypothèse de l'indépendance deux-à-deux entre les X_i faite *supra* dans la cas d'un navetteur prenant un train le matin et le soir. Attention, c'est plus subtil qu'il n'y paraît *a priori*.

2.4.4 Pour une poignée de secondes

LA TROISIÈME RAISON, mais elle est plus anecdotique pour comprendre le décalage entre le ressenti des usagers des TER et les éléments de langage de la SNCF, est la signification même de ce que représente un retard de 5 minutes.

LA chambre régionale des comptes [13, note n° 24 p. 42] fait malicieusement remarquer que « [l]a notion de retard à 5 mn ne fait pas consensus. Pour la SNCF, 5 mn s'entend comme inférieur à 6 mn, soit 5 minutes et 59 secondes. Pour ARAFER (ART aujourd'hui), c'est la borne à 4 minutes et 59 secondes qui devrait être utilisée. » Sauf à avoir une vision particulièrement perverse de la notion de relation d'ordre total, on ne voit pas bien comment la SNCF pourrait arriver à justifier que :

$$\text{...} \quad 5 + \frac{59}{60} < 5 \quad ???$$

LIL EXISTE pourtant une raison rationnelle de procéder ainsi. Les données de base sont les retards enregistrés avec une précision d'une seconde, ce sont donc des entiers naturels positifs ou nuls (\mathbb{N}_+) :

$$\{0, 1, \dots, 59, 60, \dots, 119, 120, \dots, 179, 180, \dots\}$$

POUR compresser les données on partitionne (todo) cet ensemble en intervalles d'une minute. Il n'y a pas le choix ici il faut des intervalles ouverts à droite sans quoi on va se retrouver avec un singleton $\{0\}$ isolé, et la SNCF et l'ART sont d'accord sur ce point.

$\{[0'00, 0'59[, [1'00, 1'59[, [2'00, 2'59[, [3'00, 3'59[, [4'00, 4'59[, [5'00, 5'59[, \dots\}$

LA NOTATION avec des intervalles ouverts est parfaitement non ambiguë, mais un peu trop lourde, en particulier pour les graphiques. On veut coller sur chaque intervalle une étiquette entière signifiant le retard en minute, c'est sur ce point sémantique que l'ART et la SNCF diffèrent :

	[0'00, 0'59[[1'00, 1'59[[2'00, 2'59[[3'00, 3'59[[4'00, 4'59[[5'00, 5'59[
ART	1	2	3	4	5	6
SNCF	0	1	2	3	4	5

LE PROBLÈME de coller une étiquette de 1 mn de retard sur le premier intervalle $[0'00, 0'59[$ c'est que celui-ci comporte des trains arrivant à l'heure à la seconde près. En fait, par construction, il n'y a plus aucun train qui arrive à l'heure. On conçoit que la SNCF soit réticente à adopter une telle convention d'étiquetage des intervalles. De proche en proche, il est logique de parler d'un retard de plus de 5 minutes quand on dépasse les 5'59.

2.4.5 Les retards terminaux

LA QUATRIÈME RAISON, mais elle est également plus anecdotique, est que les retards ne sont comptabilisés qu'en fin de parcours. Prenons un exemple concret : le 23 mai 2025 le 16 h 12 partait avec 10 minutes de retard de LYON-PART-DIEU. Il comblait partiellement son retard et arrivait à BOURG-EN-BRESSE à 17 h 15 au lieu de 17 h 12, avec donc moins de 5 minutes de retard il était considéré comme étant à l'heure. Mais à son passage à VILLARS-LES-DOMBES il avait encore plus de 5 minutes de retard. Mais que les Villardois ne prennent pas trop la mouche d'être arrivés en retard dans un train déclaré à l'heure : ils « bénéficièrent » en retour des retards spécifiques aux Burgiens, en raison par exemple de l'attente d'un train croiseur en gare de SAINT-PAUL-DE-VARAX.

L'USAGER de la ligne TER n° 32 aimeraient bien connaître les statistiques des retards, pondérées par le nombre de voyageurs, non pas en fin de parcours mais aux noeuds stratégiques de LYON-PART-DIEU, VILLARS-LES-DOMBES et BOURG-EN-BRESSE. Il pourrait être également d'accord avec l'analyse [13, note n° 27 p. 48] de la chambre régionale des comptes : « [e]n attente sur le quai, l'usager n'a que peu d'intérêt à savoir si le train est en retard au sens de l'ART ou selon la définition de la SNCF, si ce retard est une cause de l'exploitant du TER ou d'une autre entité SNCF [...] ». Pour le cas spécifique de la ligne de la DOMBES il serait quand même intéressant de connaître la proportion de retards dus à l'attente d'un train croiseur, et donc le bénéfice *immédiat* sur la ponctualité que représenterait la repose de la seconde voie.

2.5 Traction au mazout

L'ÉLECTRIFICATION de la ligne a été renvoyée en 2006 [1] aux calendes grecques : « [l]e projet d'amélioration de la ligne LYON - BOURG-EN-BRESSE est inscrit

au contrat de plan État - région RHÔNE-ALPES 2000-2006, qui prévoit l'augmentation de la capacité puis l'électrification de la ligne. Le présent dossier ne concerne que l'augmentation de capacité de la ligne, l'électrification étant reportée à une étape ultérieure. »

TORDONS LE COU au passage au fallacieux bilan carbone comparatif fait dans le rapport SPINETTA [16, p. 16] : « [...] un train régional diesel de petite capacité émet plus de CO₂ que 3 autocars. Même en considérant le taux de remplissage moyen (25 %) et la capacité moyenne (300 places) des TER en FRANCE, soit 75 voyageurs par train, le bilan n'est pas favorable au train, et l'autocar reste plus économique en énergie. »

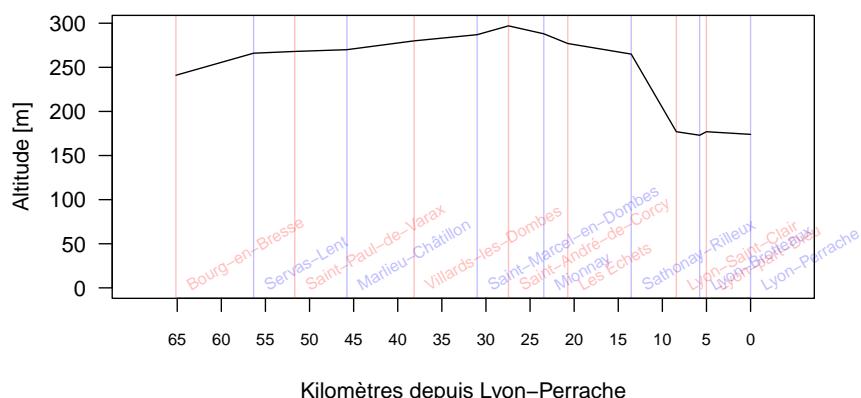
IL FAUT être bien naïf pour croire que l'usager auquel on propose un autobus de substitution ralliant BOURG-EN-BRESSE à LYON-PART-DIEU en 1 h 21, en heures creuses, dans le « confort » digne d'un *easyjet*, ne préférera pas opter pour sa propre bâtaillère personnelle à mazout. De fait, en cas de substitution par un autocar, 30 % des usagers reprennent leur voiture [3, p. 4].

2.6 Profil de la ligne

LA figure 8 page 21 permet de se faire une idée générale du contexte géographique de la ligne de la DOMBES et la figure 9 page 22 donne une représentation ancienne, mais toujours valable, du profil de la ligne.

Exercice Le fichier **profil.ods** contient la position et l'altitude des gares. Représentez dans un repère orthonormé, mais en multipliant l'altitude par 100, le profil de la voie comme dans la figure 9 page 22, c'est à dire avec BOURG-EN-BRESSE à gauche et LYON à droite et avec le kilométrage partant de 0 à LYON-PERRACHE.

Le profil de la ligne de la Dombes (X 100)



SUR cette représentation la pente est très exagérée, elle ne serait pas perceptible si le graphique était à l'échelle. L'absence de relief permet aux TGV de circuler à 300 km.h⁻¹ sur le plateau de la DOMBES. À cette vitesse les 60 km entre BOURG-EN-BRESSE et LYON-PART-DIEU sont effacés en 12 minutes et les 26 km pour VILLARS-LES-DOMBES en 5'12. Ce sont des temps de parcours utopiques puisqu'ils ne tiennent pas compte ni des phases d'accélération et de

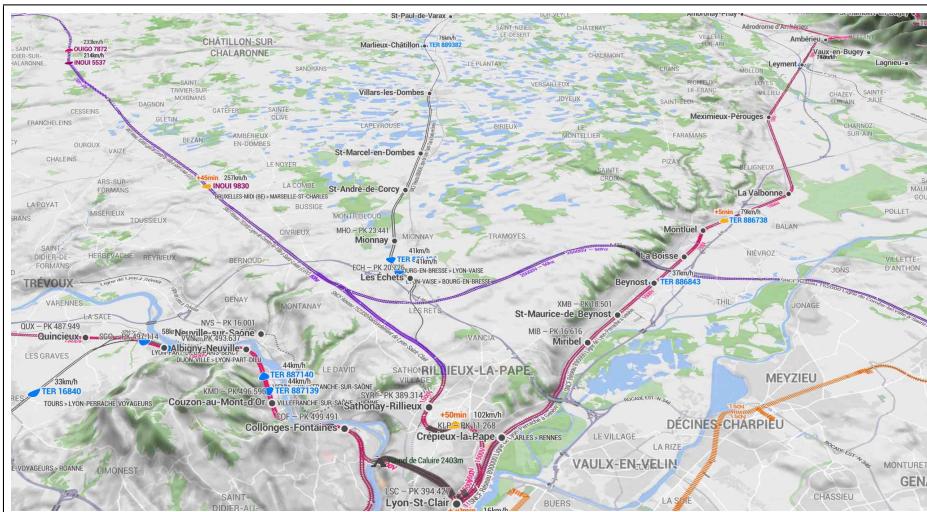
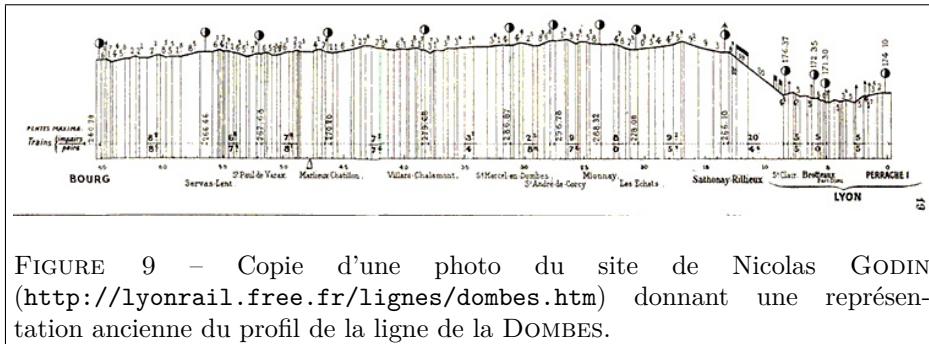


FIGURE 8 – Le relief de la ligne de la DOMBES. C'est une copie d'écran issue de l'Excellentissime site personnel (<https://carto.tchoo.net/>) de Nicolas WURTZ permettant de suivre les trains en temps réel par interpolation de leurs instants de passage en gare. En haut au centre, le plateau de la DOMBES, avec ses étangs par milliers, se distingue par son absence de relief. Les seules pentes et rampes à affronter pour la ligne de la DOMBES se trouvent à proximité de l'agglomération lyonnaise (au centre en bas). De gauche à droite, la ligne violette (25 kV 50 Hz) est celle de la LGV qui rallie PARIS à MARSEILLE en empruntant la contournante via LYON-SAINT-EXUPÉRY. La bifurcation en violet vers le bas permet aux TGV de desservir le cœur de l'agglomération lyonnaise. En préemptant la partie distale de la ligne de la DOMBES, elle la sanctuarise, dans le sens où il est peu probable que l'État dépose la seconde voie de cette section, comme il l'a déjà fait à deux reprises sur cette ligne par le passé. En rouge (1,5 kV continu) et selon la direction de la première bissectrice, la ligne qui permet de relier LYON à BOURG-EN-BRESSE via AMBÉRIEU-EN-BUGEY. *Bis repetita placent* : ne jamais estimer le potentiel d'une liaison à l'aune d'un seul itinéraire. En noir (0 kV, mazout) et verticalement, la ligne de la DOMBES. Elle est peu visible ici car seule la section entre LES-ÉCHETS et VILLARS-LES-DOMBES a recouvert sa double voie en 2008. Il reste deux sections à simple voie : entre LES ÉCHETS ↔ SATTHONAY-RILLEUX, et entre VILLARS-LES-DOMBES ↔ BOURG-EN-BRESSE, avec une unique possibilité de croisement à la gare de SAINT-PAUL-DE-VARAX (figure 10 page 26).

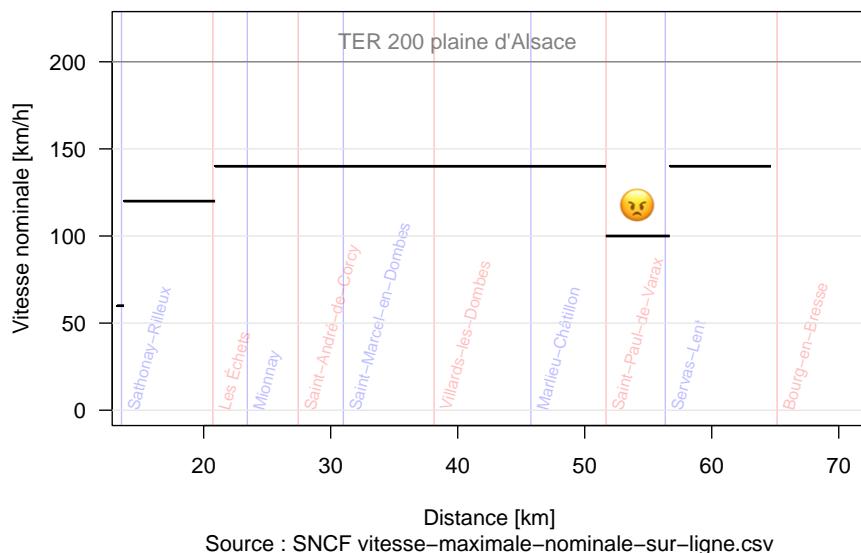


décélération, ni de la vitesse réduite dans l'agglomération lyonnaise, mais ils donnent une idée de la limite ultime de ce qui est techniquement réalisable.

2.7 Les vitesses en 2023

Exercice. Récupérer sur le site de la SNCF les données sur les vitesses maximales nominales des lignes, sélectionnez la ligne n° 886000. Les points kilométriques sont indiqués avec le caractère « + » comme séparateur décimal, convertir en variable de type `numeric`. Donner le code pour produire le graphique ci-après. Utiliser la fonction `readPNG()` du paquet `png` [19] pour importer le fichier `AngryFace.png` et la fonction standard `rasterImage()` pour ajouter l'émoticon.

**Les vitesses du TER AURA n° 32 au 2023-03-27
Ligne de la Dombes n° 886000**



LES données ne sont pas disponibles entre LYON-SAINT-CLAIR et SATHONAY-RILLEUX parce que ce tronçon est rattaché depuis 1981 avec l'arrivée du TGV à la ligne n° 752330 (raccordement LGV de LYON-ST-CLAIR). Les vitesses maximales ne sont pas farfamineuses, du même ordre de grandeur que celles d'une

voiture sur autoroute. Nous sommes loin des 200 km.h^{-1} des TER 200 de la plaine d'ALSACE, avec un relief comparable à celui du plateau de la DOMBES. On note un inquiétant ralentissement à 100 km.h^{-1} entre SAINT-PAUL-DE-VARAX et SERVAS-LENT, signe d'une dégradation de l'infrastructure et prélude à une spirale vicieuse de la diminution des performances.

2.8 Tarification en 2025

UN aller-retour ponctuel LYON ↔ BOURG-EN-BRESSE est vendu 30,20 € sur le site TER de la région AUVERGNE-RHÔNE-ALPES en mai 2025. En voiture, le site « viamichelin » annonce un coût de 32 € (dont 13,2 € de péage) par l'autoroute (160 km) et de 16 € par la nationale (122 km). Mais ce coût n'intègre pas l'amortissement du véhicule et les frais de maintenance. Le barème fiscal pour les frais kilométriques en 2025 pour une voiture de 4 CV est de 0,606 € par kilomètre. Le coût réel est donc plus proche de 74 € par la nationale et de 110 € par l'autoroute. Jusqu'à 2 personnes par véhicule via la nationale et 3 personnes par véhicule via l'autoroute l'offre ferroviaire est tout à fait compétitive, mais les automobilistes ont tendance à ne mettre dans la balance que le coût du péage et du carburant comme sur le site « viamichelin ». En résumé, pour un déplacement occasionnel en solo entre BOURG-EN-BRESSE et LYON l'offre tarifaire en train est objectivement économiquement attractive, mais est handicapée par un biais cognitif de perception.

LE travailleur salarié qui effectue régulièrement des parcours en train entre BOURG-EN-BRESSE et LYON peut charger sa carte « ouïra » pour un abonnement mensuel¹⁴ de 185,00 €. Mais cet abonnement est pris en charge en partie par son employeur à hauteur de 75 % dans la limite de 101,75 €, il ne lui coûtera donc réellement que 83,25 € (92,5 € pour une prise en charge à 50 %). Autrement dit, à partir de 4 allers-retours par mois, il est plus rentable de prendre un abonnement plutôt que des billets individuels. L'offre tarifaire pour un salarié est donc particulièrement attractive puisque l'abonnement mensuel illimité TER+TCL coûte approximativement le prix d'un simple aller-retour en voiture. Même en « coût ressenti » l'offre reste attractive puisque l'on est voisin du prix d'un plein de carburant d'un véhicule individuel, plein qui sera consommé en environ 5 allers-retours, soit en une semaine pour un voyageur quotidien. Il n'y a guère que le voyageur mal informé qui ne ferait qu'un aller-retour par semaine qui pourrait encore être tenté d'utiliser son véhicule.

LA RÉGION note [7, p. 5] que « le trafic abonnés jeunes 2022 progresse de 14 % par rapport à celui de 2019 certainement en lien avec la baisse des prix des abonnements jeunes multimodaux. » Un abonnement mensuel TER+TCL BOURG-EN-BRESSE ↔ LYON pour un jeune de moins de 26 ans coûte 130,50 €, à comparer aux 376-411 € pour un studio CROUS à LYON.

2.9 Part modale du rail en 2021

DANS une carte [4, p. 5] de la direction départementale des territoires de l'AIN de 2021, pour ce qui est des déplacements domicile ↔ travail uniquement, la part modale des transports en commun (TC), essentiellement le rail entre BOURG-EN-BRESSE et LYON, est notée en vert (*i.e.* > 10 %) sans plus

14. Combiné TER+TCL, donc accès illimité aux transports en commun de l'agglomération lyonnaise avec une unique carte « ouïra. »

de précision. Le texte précise [4, p. 5] : « [s]euls les actifs travaillant dans les agglomérations lyonnaises et genevoises utilisent de façon significative les TC. Ces choix sont sans doute liés aux contraintes d'utilisation de la voiture à destination (saturations, stationnement) et justifiés par des infrastructures TC plus attractives. »

DANS un document de 2015 du syndicat mixte de transports de l'aire métropolitaine lyonnaise [2, p. 5] on trouve que 14 % des 10^6 navetteurs déclarent utiliser les transports en commun, mais avec une grande variabilité spatiale allant de 5 % entre les périphéries jusqu'au record de 47 % entre VILLEFRANCHE-SUR-SAÔNE et le pôle lyonnais.

DANS un document [5, p. 9] de 2022 de la préfecture de l'AIN sur territoire de la communauté d'agglomération du bassin de BOURG-EN-BRESSE on peut lire que « [l']usage des transports collectifs pour les déplacements domicile-travail sortants est faible sauf en direction de LYON et VILLEURBANNE où la part modale s'élève à 54 %. » De même [6, p. 9]¹⁵, pour les communes centrées sur VILLARS-LES-DOMBES : « [...] la part modale des déplacements en direction de LYON et VILLEURBANNE apparaît élevée (44 %). »

3 Le graphique de Marey de ligne TER n° 32

3.1 Origine des données

LES données sont celles de la fiche horaire de la ligne TER n° 32 entre BOURG-EN-BRESSE et LYON dans sa version du 2024-12-15 au 2025-07-12¹⁶. Seuls les trains sans changement circulant en semaine ont été retenus.

Exercice. Les données issues de la fiche horaire sont disponibles dans le fichier `horaires.ods`. Expliquer ce que fait le code ci-après.

```
hor <- read_ods("UsagersLigne32/horaires.ods", as_tibble = F)
mkdh <- function(x) trunc(x) + 100*(x - trunc(x))/60
hord <- hor[, -c(1:3)]
for(j in 1:ncol(hord)) hord[, j] <- mkdh(as.numeric(hord[, j]))
```

15. Il y a sans doute une erreur cléricale dans ce même document[6, p. 17] : « [c]ette fréquentation importante peut être corrélée avec la part modale élevée (24,4 %) des déplacements en transport collectif parmi les actifs du territoire de la CC de la DOMBES travaillant dans la métropole lyonnaise. »

16. L'expérience montre cependant que les horaires sont d'une grande stabilité d'une saison à l'autre.

3.2 Vue d'ensemble

On trouvera en annexe (section 4.2 page 34) le code utilisé pour générer la figure ci-après. On reprend la convention du graphique de MAREY avec le temps en abscisse et l'espace en ordonnée. Les trajets de la ligne de la DOMBES sont en noir, ceux via AMBÉRIEU en bleu. Les plages en rouge indiquent que la ligne de la DOMBES est en voie unique et donc où les trains ne doivent *absolument* pas se croiser pour éviter une collision frontale. Il y a une section à voie unique d'environ 27 km entre BOURG-EN-BRESSE et VILLARS-LES-DOMBES avec un point de croisement à SAINT-PAUL-DE-VARAX (figure 10 page 26) et un goulot d'étranglement¹⁷ pour franchir l'autoroute A46 (figure 14 page 35), la D85 (figure 15 page 36) et la LGV (figure 16 page 37) entre LES ÉCHETS et SATHONAY-RILLIEUX. L'épaisseur des traits représente la capacité des trains¹⁸ (rame simple, double ou triple).

17. On a une idée assez précise de ce que coûterait de faire sauter ce verrou puisque dans la déclaration de projet de 2006 on lit : « [l]e coût prévisible de l'opération de première étape est de 45,32 millions d'euros aux conditions économiques de janvier 2002 (double voie Les ÉCHETS – VILLARS-LES-DOMBES). Le coût global de l'opération est de 51,51 millions d'euros aux conditions économiques de janvier 2002 (double voie de SATHONAY à VILLARS-LES-DOMBES). » Par différence on trouve un coût de $6,19 \cdot 10^6$ € de 2002, soit en ajustant pour l'érosion monétaire un coût de $9,0 \cdot 10^6$ € de 2025, soit du même ordre de grandeur que celui d'une rame TER de type « AGC. »

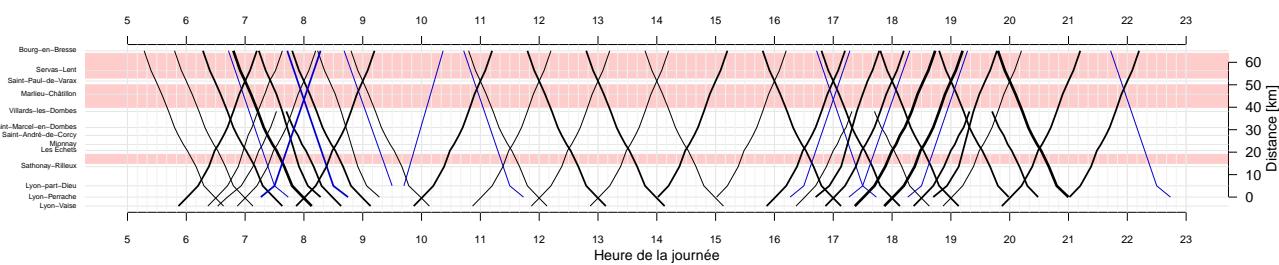
18. Les données utilisées ici sont celles de la composition des trains donnée sur le site TER AUVERGNE RHÔNE-ALPES pour le lundi 12 mai 2025. Pour les données non renseignées (06 h 43 au départ de BOURG-EN-BRESSE et 17 h 30 au départ de LYON-PART-DIEU) une rame simple a été supposée.



FIGURE 10 – Orthophotographie (BD ORTHO© V2) de la gare de SAINT-PAUL-DE-VARAX où les trains peuvent se croiser. Vers le nord-est la ligne continue pendant 13.5 km en voie unique jusqu'à BOURG-EN-BRESSE via SERVAS-LENT (figure 13 page 34), vers le sud-ouest la ligne continue pendant 13.5 km en voie unique jusqu'à VILLARS-LES-DOMBES via MARLIEUX-CHÂTILLON. La gare de SAINT-PAUL-DE-VARAX est donc idéalement située à mi-chemin entre BOURG-EN-BRESSE et VILLARS-LES-DOMBES pour la rencontre des trains croiseurs. On voit ici une rame TER (de type « AGC » de 163 places assises) de la ligne n° 32 qui vient juste de partir en direction de BOURG-EN-BRESSE. En dé-zoomant (figure 11 page 26) on verrait au sud-ouest le train croiseur partir en direction de VILLARS-LES-DOMBES.



FIGURE 11 – Orthophotographie (BD ORTHO© V2) de la gare de SAINT-PAUL-DE-VARAX où deux trains viennent se croiser. En haut à droite la rame TER unique en direction de BOURG-EN-BRESSE (zoom figure 10 page 26), en bas à gauche la rame TER double en direction de VILLARS-LES-DOMBES.



CETTE représentation graphique est loin d'être satisfaisante, et ce pour au moins deux raisons. Premièrement, elle ne respecte pas ce que CLEVELAND [10] appelle le principe du *banking to 45 degrees*, soit de s'approcher au mieux de la première et de la seconde bissectrice, comme illustré dans le graphique de MAREY, ce que d'aucun qualifierait comme les surréalistes d'un plagiat par anticipation. Secondelement, on mélange un peu les torchons et les serviettes en faisant figurer en bleu les trains dont la marche passe par AMBÉRIEU-EN-BUGEY, c'est un peu trompeur puisqu'ils ne sont pas concernés par les sections en voie unique.

NOUS pouvons néanmoins déjà tirer plusieurs constatations de l'examen de cette vue d'ensemble de l'offre ferroviaire entre BOURG-EN-BRESSE et LYON :

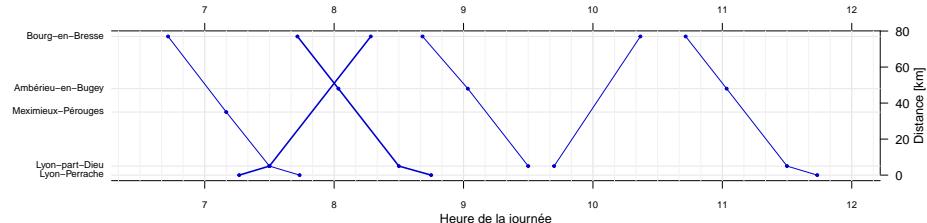
- 1° L'amplitude horaire va de 5 h à 23 h, il n'y a pas comme dans le graphique de MAREY de train de nuit qui passe du bord droit au bord gauche de la figure (la topologie sous-jacente est celle d'un cylindre¹⁹).
- 2° L'offre n'est pas homogène au sein de la journée : elle est renforcée entre 5 h et 9 h dans le sens BOURG-EN-BRESSE → LYON et entre 16 h et 19 h dans le sens inverse. C'est caractéristique d'un trafic de type domicile ↔ travail.
- 3° Les lignes d'une même couleur sont globalement²⁰ parallèles les unes aux autres. Cela signifie que les trains roulent tous à la même vitesse. Nous n'avons pas ici comme dans le graphique de MAREY train devant attendre dans une gare de dépassement d'être rattrapé par un train plus rapide que lui.
- 4° Les lignes s'incurvent vers l'horizontale en bas du graphique : on visualise ici la diminution de la vitesse commerciale lorsque l'on pénètre l'agglomération de LYON.
- 5° Les lignes bleues sont plus proches de la verticale que les lignes noires : on visualise ici la vitesse commerciale supérieure de l'itinéraire via AMBÉRIEU-EN-BUGEY que celui de la ligne de la DOMBES.
- 6° On perçoit une certaine périodicité des motifs, c'est le signe d'un horaire cadencé. Par exemple, au milieu de la journée, au départ de BOURG-EN-BRESSE, il y a des trains à 10 h 48, 11 h 48, 12 h 48 et 13 h 48 qui vont rencontrer leur train croiseur à 11 h, 12 h, 13 h et 14 h à SAINT-PAUL-DE-VARAX, générant ces 4 motifs en « X » décalés d'une heure sur le graphique.

19. Pour citer BAUDE [9, p. 202] : « [o]n remarquera que les trains qui ne peuvent avoir leur entier développement, à l'une des extrémités du tableau, se complètent par l'autre extrémité. Ces lignes se continueraient, si la mesure de la révolution des vingt-quatre heures de la journée était enroulée sur un cylindre d'égale longueur de circonférence. »

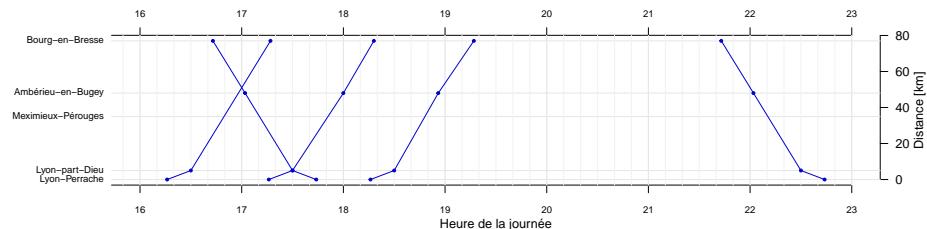
20. Nous verrons plus loin (section 3.4.1 page 31) une exception avec les lignes semi-directes.

3.3 L'offre via Ambérieu-en-Bugey

On trouvera en annexe (section 4.3 page 38) le code utilisé pour générer les figures ci-après. On distingue l'offre du matin et du soir pour avoir des graphiques plus lisibles.



L'OFFRE matinale au départ de BOURG-EN-BRESSE est donc assez simple : il y a 3 départs cadencés à l'heure à partir de 06 h 43 permettant des arrivées à LYON-PART-DIEU à l'heure ronde et 30 mn. Le départ médian se fait avec une rame double.



L'OFFRE vespérale est très symétrique de la matinale avec 3 retours de LYON-PART-DIEU à BOURG-EN-BRESSE partant à l'heure ronde et 30 mn à partir de 16 h 30.

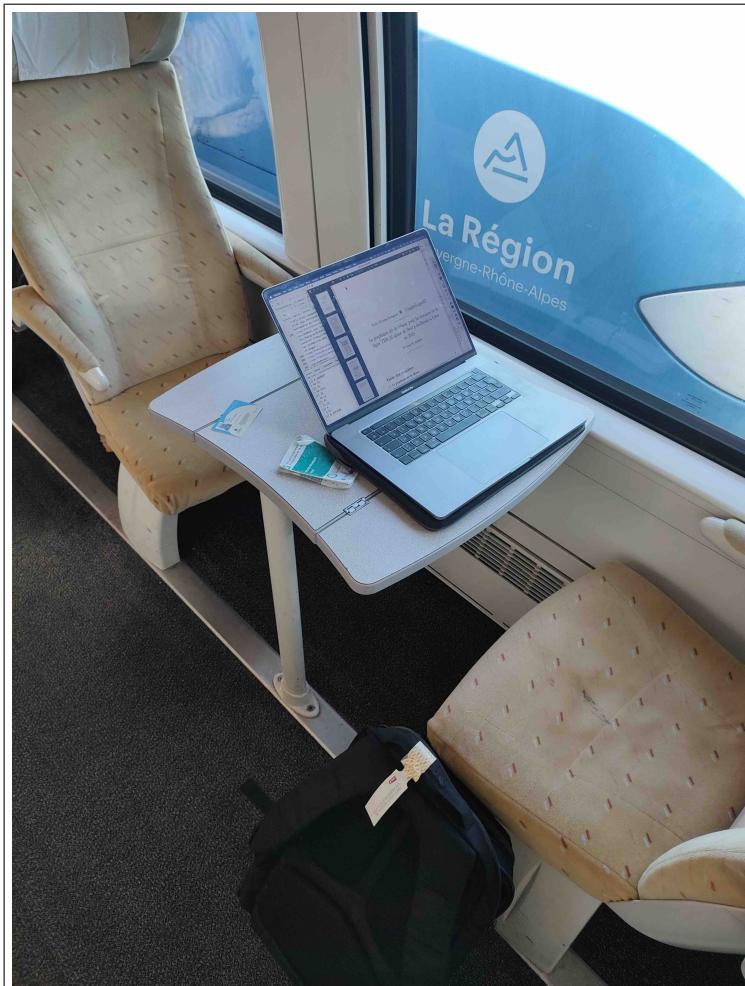


FIGURE 12 – Aménagement intérieur en 1^{re} classe d'une rame de type « AGC » avant rénovation. La tablette permet largement de travailler avec un ordinateur portable et il y a des prises de courant sous la tablette si besoin. Le couloir de circulation est très large grâce à la présence de trois sièges par rang, augmentant la capacité de places debout en mode dégradé (*i.e.* bâtaillère). Les tablettes dans les rames de type « Régiolis », uniquement du coté fenêtre, sont d'une taille ridicule en comparaison, et ne permettent en aucun cas de pouvoir travailler. Le sol est ici uniformément plat, sans les marches longitudinales traîtresses pour les chevilles des « Régiolis. »

Pourquoi préférer la ligne de la Dombes au départ de Bourg-en-Bresse ?

VOICI plusieurs raisons, pas forcément très objectives, ni complètement exemptes de mauvaise foi, pour privilégier la ligne de la DOMBES au départ de BOURG-EN-BRESSE :

- 1° Les trains via AMBÉRIEU-EN-BUGEY sont certes, sur le papier, plus rapides, mais moins *robustes*. La ligne entre AMBÉRIEU-EN-BUGEY et LYON-PART-DIEU est complètement saturée avec un trafic mixte voyageurs et fret. Au moindre incident vous allez vous retrouver coincé derrière un convoi de marchandise au train de sénateur (voir la section 2.4 page 13).
- 2° Les trains via la ligne de la DOMBES sont très souvent à quai au départ de BOURG-EN-BRESSE, ce qui vous permet de vous installer tranquillement à bord, sans avoir à affronter sur le quai les intempéries dans l'attente du train via AMBÉRIEU-EN-BUGEY.
- 3° Les trains de la ligne de la DOMBES sont des rames de type « AGC », *autrement* plus confortables que celles de type « Régiolis » que l'on trouve généralement^a sur la ligne via AMBÉRIEU-EN-BUGEY, en particulier les versions non encore rénovées avec leur 1^{re} classe^b à trois sièges par rang (voir la figure 12 page 29).
- 4° Les conducteurs de la ligne de la DOMBES semblent avoir plus de souplesse pour rattraper un éventuel retard.
- 5° D'après une enquête apocryphe de l'UIC, les contrôleurs et les contrôleur-es exerçant sur la ligne de la DOMBES sont les plus sympathiques du monde, et même de l'univers connu.
- 6° Le paysage via la ligne de la DOMBES, avec ses étangs et ses forêts, est autrement plus pittoresque^c que celui de la morne plaine entre AMBÉRIEU-EN-BUGEY et LYON que n'agrémente que l'usine à nuages de la centrale du BUGEY.

a. Petite exception pour le TER de 07 h 43 au départ de BOURG-EN-BRESSE, en provenance d'OYONNAX, avec ses deux rames de type « AGC » qui est à quai dès 07 h 31.

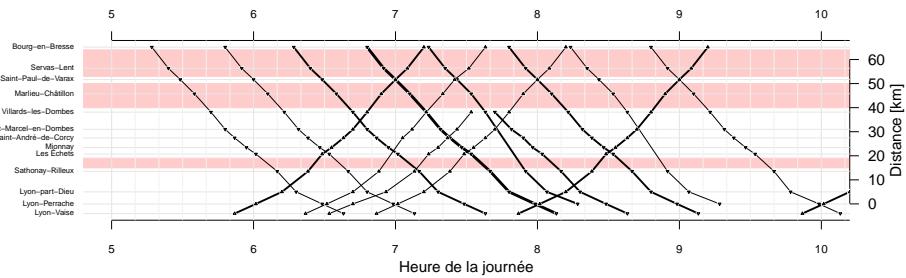
b. Comme il est bien précisé dans la fiche horaire : « [l]es espaces 1^{re} classe de l'ensemble de ces TER sont accessibles avec un titre de transport de 2^{nde} classe. »

c. Pour les amateurs voir https://www.youtube.com/watch?v=z32cz_6cYVQ

3.4 L'offre via Villars-les-Dombes

3.4.1 L'offre matinale

Exercice. Utiliser la fonction `myplot()` définie dans la section 4.2 page 34 pour produire le graphique ci-après.



L'OFFRE matinale au départ de BOURG-EN-BRESSE est donc celle de trains cadencés toutes les 30 min avec un renforcement de la capacité autour des trains qui arrivent vers 08 h à LYON-PART-DIEU. Les motifs en « X » générés par le croisement des trains en gare de SAINT-PAUL-DE-VARAX sont bien visibles ici. Avec un service cadencé, il est clair que l'on ne peut pas faire passer plus de deux trains par heure, la voie unique obère la possibilité d'un RER à la lyonnaise cadencé toutes les 15 min.

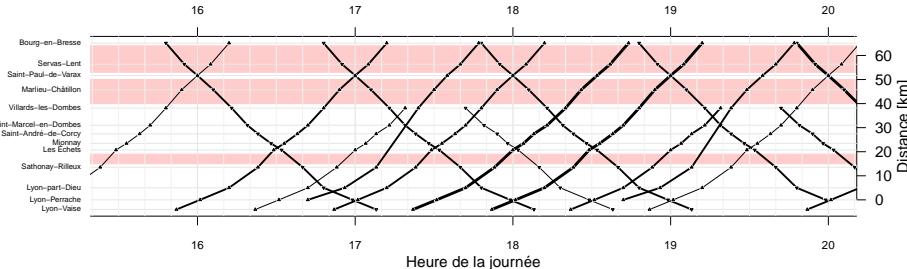
LE franchissement du goulot d'étranglement entre les ÉCHETS et SATHONAY-RILLEUX se fait généralement par un croisement des trains au niveau des ÉCHETS (la voie est double, il n'y a pas besoin d'être exactement en gare comme à SAINT-PAUL-DE-VARAX), plus rarement au niveau de SATHONAY-RILLEUX. La déclaration de projet de 2006 contient une phrase sybiline²¹ sur une capacité maximum de trois par heure entre SATHONAY-RILLEUX et VILLARS-LES-DOMBES dont on ne sait pas si elle résulte d'une contrainte technique ou d'une volonté programmatique.

LES lignes du graphique ne sont pas toutes parallèles en raison des trains semi-directs, c'est à dire de VILLARS-LES-DOMBES à LYON-PART-DIEU avec un seul arrêt à SATHONAY-RILLEUX. Il est immédiatement suivi par un omnibus qui s'arrête à toutes les gares entre VILLARS-LES-DOMBES et LYON-PART-DIEU. Cet omnibus peut faire la navette entre LYON-PART-DIEU et VILLARS-LES-DOMBES grâce à une voie de retournement (voir la figure 17 page 38). Le gain de temps avec un semi-direct entre BOURG-EN-BRESSE et LYON-PART-DIEU n'est pas énorme (50 min au lieu de 60 min, soit un gain de 17 %) mais est plus conséquent entre VILLARS-LES-DOMBES et LYON-PART-DIEU (26 min au lieu de 35 min, soit un gain de 26 %). En extrapolant on voit qu'un hypothétique semi-direct étendu BOURG-EN-BRESSE ↔ VILLARS-LES-DOMBES ↔ LYON-PART-DIEU effectuerait son parcours en 40 min.

21. Extrait de [1] : « [...]es études techniques de la phase avant projet ont montré que les objectifs du projet pouvaient être atteints en limitant la mise à double voie au tronçon situé entre Les ÉCHETS à VILLARS-LES-DOMBES (linéaire de 18 km). En effet, les circulations étant limitées à 3 trains par heure et par sens entre SATHONAY et VILLARS-LES-DOMBES, le maintien d'un tronçon de voie unique de 6,5 km entre SATHONAY et LES ÉCHETS est acceptable [sic]. »

3.4.2 L'offre vespérale

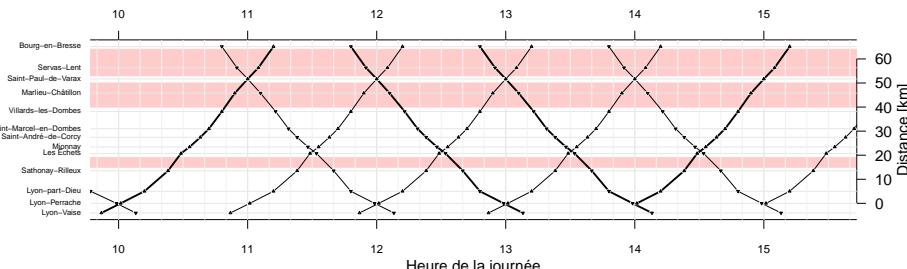
Exercice. Utiliser la fonction `myplot()` définie dans la section 4.2 page 34 pour produire le graphique ci-après.



L'OFFRE vespérale est donc assez symétrique de l'offre matinale avec des trains cadencés toutes les 30 minutes. Les semi-directs de 16 h 42 et 18 h 42 à LYON-PAR-DIEU sont précédés par un omnibus qui dessert toutes les gares jusqu'à VILLARS-LES-DOMBES.

3.4.3 L'offre méridienne

Exercice. Utiliser la fonction `myplot()` définie dans la section 4.2 page 34 pour produire le graphique ci-après.



L'OFFRE méridienne est simple avec un cadencement à l'heure, alors qu'il n'y a quasiment plus de trains via AMBÉRIEU-EN-BUGEY à cette période de la journée. On visualise très bien ici les trains croiseurs à SAINT-PAUL-DE-VARAX.

4 Annexes

4.1 Re-création du graphique de Marey

À PARTIR du fichier PDF du livre de MAREY [14], une copie d'écran a été effectuée et sauvée dans le fichier `scanMarey.png`. On l'a visualisé sous avec :

```
library("png")
marey <- readPNG("UsagersLigne32/scanMarey.png")
plot(0) ; pu <- par("usr")
rasterImage(marey, pu[1], pu[3], pu[2], pu[4])
```

La fonction de base `locator()` permet alors de récupérer les coordonnées des points en cliquant sur la fenêtre graphique, par exemple :

```
trains <- vector("list")
trains[["P06h20"]] <- locator()
# etc. pour chaque ligne
save(trains, file = "trains.Rda")
```

Nous commençons par remettre les valeurs à l'échelle pour que les abscisses aillent de 0 à 24 h et les ordonnées de 0 à 512 km.

```
load("UsagersLigne32/trains.Rda")
lignes <- trains
xlim <- range(unlist(lapply(lignes, \((z z[["x"]]))))
ylim <- range(unlist(lapply(lignes, \((z z[["y"]]))))
for(i in seq_len(length(lignes))){
  lignes[[i]][["x"]] <- 24*(lignes[[i]][["x"]] - xlim[1])/(xlim[2] - xlim[1])
  lignes[[i]][["y"]] <- 512*(lignes[[i]][["y"]] - ylim[1])/(ylim[2] - ylim[1])
}
```

Dès l'examen de la densité des points en ordonnée on déduit le vecteur des distance pour les gares que l'on arrondit au kilomètre près.

```
dist <- c(`Lyon-Perrache` = 0, `Saint-Germain-au-Mont-d'Or` = 27, Macon = 77,
`Chalon-sur-Saône` = 135, Chagny = 151, Dijon = 201, `Les Laumes` = 258,
`Nuits-sous-Ravières` = 289, Tonnerre = 322, Laroche = 359,
Montereau = 433, Moret = 446, Paris = 512)
```

On arrondit les heures pour avoir des tranches de 10 minutes.

```
myround <- function(x) trunc(x) + 10*round(6*(x - trunc(x)))/60
for(i in seq_len(length(lignes))){
  lignes[[i]][["x"]] <- myround(lignes[[i]][["x"]])
}
```

On force les coordonnées des points en ordonnée à celles de la gare la plus proche, sauf si on est proche du bord du graphique.

```
myglue <- function(ligne){
  x <- ligne[["x"]] ; y <- ligne[["y"]]
  for(i in seq_len(length(x))){
    if(x[i] < 0.5) next
    if(x[i] > 23.5) next
    ii <- which.min((dist - y[i])^2)
    y[i] <- dist[ii]
  }
  return(list(x = x, y = y))
}
for(i in seq_len(length(lignes))){
  lignes[[i]] <- myglue(lignes[[i]])
}
```



FIGURE 13 – Orthophotographie (BD ORTHO©V2) de la gare de SERVAS-LENT entre BOURG-EN-BRESSE et SAINT-PAUL-DE-VARAX. La ligne est ici à voie unique, mais on distingue bien la cicatrice de la deuxième voie qui a été déposée. Elle a été déposée en fait deux fois : déposée une première fois pendant la première guerre mondiale, reposée dans l'entre-deux-guerres, puis re-déposée pendant la seconde guerre mondiale.

On définit un vecteur indicateur des lignes expresses.

```
express <- logical(length(lignes))
express[c(4, 10, 11:14, 20, 27:28, 33:34)] <- TRUE
```

On définit un vecteur pour les heures.

```
etiq <- c(6:11, "MIDI", 1:11, "MINUIT", 1:6)
```

On sauvegarde le tout.

```
save(lignes, dist, express, etiq, file = "Marey.Rda")
```

4.2 Vue d'ensemble

```
myplot <- function(hmin = 5, hmax = 23, addAmb = TRUE, addStp = FALSE){
  par(mar = c(3, 5, 2, 3) + 0.1, lend = "butt")
```



FIGURE 14 – Orthophotographie (BD ORTHO© V2) du pont de la ligne TER n° 32 au dessus de l'autoroute A46. Vers le nord-est on arrive à la gare des ÉCHETS, vers le sud-ouest au pont au dessus de la départementale n° D85 (figure 15 page 36). L'ouvrage d'art est dimensionné pour accueillir une seconde voie, occupée actuellement par un chemin agricole.

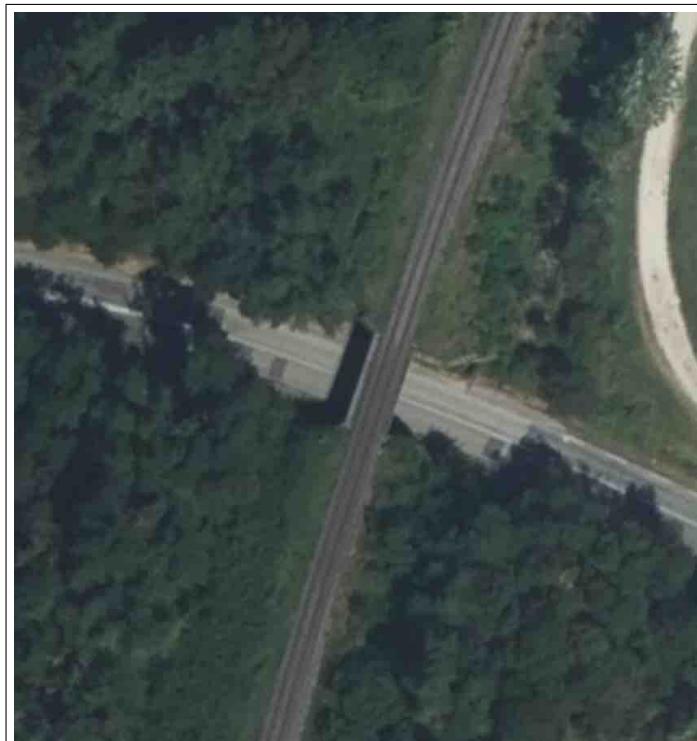


FIGURE 15 – Orthophotographie (BD ORTHO© V2) du pont de la ligne TER n° 32 au dessus de la route départementale n° D85 du département du RHÔNE. Vers le nord-est on arrive au pont au dessus de l'autoroute A46 (figure 14 page 35), vers le sud-ouest au pont au dessus de la LGV (figure 16 page 37). L'ouvrage d'art n'est pas dimensionné pour accueillir une seconde voie, mais le franchissement d'une simple départementale est moins problématique que celui d'une autoroute ou d'une LGV.



FIGURE 16 – Orthophotographie (BD ORTHO© V2) du pont de la ligne TER n° 32 au dessus de la LGV de PARIS à LYON. Vers le nord on arrive sur le pont au dessus de la D85 (figure 15 page 36), vers le sud à la gare de SATHONAY-RILLEUX. L'ouvrage d'art est dimensionné pour accueillir une seconde voie.



FIGURE 17 – Orthophotographie (BD ORTHO© V2) de la gare de VILLARS-LES-DOMBES. Notez en haut à gauche une voie de garage qui permet à des omnibus de faire des allers-retours entre LYON-VAISE et VILLARS-LES-DOMBES.

```

plot.new() ; plot.window(xlim = c(hmin, hmax), ylim = range(hor$km))
axis(1, at = 5:23, cex.axis = 0.75)
axis(3, at = 5:23, cex.axis = 0.75)
axis(4, las = 1) ; pu <- par("usr")
myred <- rgb(1, 0, 0, 0.2)
rect(pu[1], 53, pu[2], 64, col = myred, border = myred)
rect(pu[1], 40, pu[2], 50, col = myred, border = myred)
rect(pu[1], 15, pu[2], 19, col = myred, border = myred)
flagaller <- ifelse(substr(colnames(hord), 1, 1) == "A", T, F)
flagAmb <- ifelse(substr(colnames(hord), 1, 2) %in% c("AA", "RA"), T, F)
text(pu[1], hor$km, hor$Ville, pos = 2, xpd = NA, cex = 0.5)
abline(h = hor$km, col = grey(0.9))
title(xlab = "Heure de la journée", line = 2)
mtext("Distance [km]", side = 4, line = 2)
abline(v = seq(5, 23, by = 1/6), col = grey(0.95))
abline(v = 5:23, col = grey(0.9))
for(j in 1:ncol(hord)){
  x <- hord[, j] ; y <- hor$km
  y <- y[!is.na(x)] ; x <- x[!is.na(x)]
  col <- ifelse(flagAmb[j], "blue3", "black")
  if(flagAmb[j] & !addAmb) next
  mypch <- ifelse(flagaller[j], 6, 2)
  mylwd <- as.integer(substr(colnames(hord)[j], 6, 6))
  points(x, y, type = "l", col = col, pch = mypch, cex = 0.5, lwd = mylwd)
  if(addStp){
    mypch <- ifelse(flagaller[j], 6, 2)
    points(x, y, type = "p", pch = mypch, cex = 0.5, col = "white")
    points(x, y, type = "p", col = col, pch = mypch, cex = 0.3)
  }
}
myplot()

```

4.3 Offre via Ambérieu-en-Bugey

```

amb <- read_ods("UsagersLigne32/amberieu.ods", as_tibble = F)
ambd <- amb[, -c(1:3)]
for(j in 1:ncol(ambd)) ambd[, j] <- mdkh(as.numeric(ambd[, j]))
plotseg <- function(hmin = 5, hmax = 23){
  par(mar = c(3, 6.5, 2, 3) + 0.1)

```

```
plot.new() ; plot.window(xlim = c(hmin, hmax), ylim = range(amb$km))
axis(1, at = 5:23, cex.axis = 0.75)
axis(3, at = 5:23, cex.axis = 0.75)
axis(4, las = 1) ; pu <- par("usr")
text(pu[1], amb$km, amb$Ville, pos = 2, xpd = NA, cex = 0.75)
abline(h = amb$km, col = grey(0.9))
title(xlab = "Heure de la journée", line = 2)
mtext("Distance [km]", side = 4, line = 2)
abline(v = seq(5, 23, by = 1/6), col = grey(0.95))
abline(v = 5:23, col = grey(0.9))
for(j in 1:ncol(ambd)){
  x <- ambd[, j] ; y <- amb$km
  y <- y[!is.na(x)] ; x <- x[!is.na(x)]
  mylwd <- as.integer(substr(colnames(ambd)[j], 6, 6))
  points(x, y, type = "l", col = "blue3", pch = 19, cex = 0.5, lwd = mylwd)
  points(x, y, type = "p", col = "blue3", pch = 19, cex = 0.5)
}
plotseg(6.5, 12)
```

Références

- [1] Anonymous. Déclaration de projet pour les travaux d'amélioration de la ligne LYON-BOURG-EN-BRESSE (via VILLARS-LES-DOMBES). *Bulletin officiel des actes du Réseau Ferré de France*, 12 :9–11, 2006.
- [2] Anonymous. Schéma prospectif de mobilité : synthèse du diagnostic. Technical report, Syndicat mixte de transports de l'aire métropolitaine lyonnaise, 2015.
- [3] Anonymous. Le rapport SPINETTA sur l'avenir du rail : une vision conformiste et décliniste. *Bulletin de la Fédération Nationale des Associations d'Usagers des Transports*, (264) :4–6, 2018.
- [4] Anonymous. Connaître la mobilité dans l'AIN. Technical report, Direction départementale des territoires, préfecture de l'AIN, 2021.
- [5] Anonymous. Connaître la mobilité dans l'AIN : territoire de la communauté d'agglomération du bassin de BOURG-EN-BRESSE. Technical report, Direction départementale des territoires, préfecture de l'AIN, 2022.
- [6] Anonymous. Connaître la mobilité dans l'AIN : territoire de la communauté de communes de la DOMBES. Technical report, Direction départementale des territoires, préfecture de l'AIN, 2022.
- [7] Anonymous. Comité technique vallée du RHÔNE nord. Réunion du 4 mai 2023 14h-18h à LYON. Technical report, Région AUVERGNE-RHÔNE-ALPES, 2023.
- [8] C. Avocat. La DOMBES, milieu naturel ou milieu en équilibre ? Introduction à une éco-géographie de l'espace dombiste. *Revue de géographie de Lyon*, 50 :35–58, 1975.
- [9] M. Baude. Rapport n° 167 fait à la commission spéciale chargée de rechercher les moyens de sûreté applicables aux chemins de fer sur le régulateur des chemins de fer de M. IBRY, sous-chef de l'exploitation du chemin de fer de PARIS à ROUEN. *Annales des ponts et chaussées*, 13 :200–204, 1847.
- [10] W.S. Cleveland. *The elements of graphing data*. Wadsworth, Monterey, CA, USA, 1985.
- [11] M.-C. Dokhélar. Région AUVERGNE-RHÔNE-ALPES - les transports express régionaux - exercices 2012 et suivants. Technical report, Chambre régionale des comptes AUVERGNE-RHÔNE-ALPES, 2019.
- [12] M. Friendly and H. Wainer. *A history of data visualization and graphic communication*. Harvard University Press Cambridge, 2021.
- [13] B. Lejeune, M. Boura, M. Launay, O. Laurent, D. Hergott, T. Gosset, O. Devaux, P.-Y. Peguy, L. Bouzouina, B. Meignen, and C. Herbert. Évaluation de la politique du matériel roulant ferroviaire de la région AUVERGNE-RHÔNE-ALPES. Technical report, Chambre régionale des comptes AUVERGNE-RHÔNE-ALPES, 2024.
- [14] E.J. Marey. *La méthode graphique dans les sciences expérimentales et particulièrement en physiologie et en médecine*. Masson, Paris, France, 1878.
- [15] B. Puccio, F. Camus, P. Capel, M.-P. Ruch, and E. Castel. Transports et déplacements, les chiffres clés 2019. Technical report, Agence d'urbanisme de l'aire métropolitaine lyonnaise, 2020.

- [16] J.-C. Spinetta. L'avenir du transport ferroviaire. Technical report, Rapport au premier ministre, 2018.
- [17] Sun Microsystems. XDR : external data representation standard. RFC 1014. Technical report, Network Working Group, 1987.
- [18] E.R. Tufte. *The visual display of quantitative information - Second edition*. Graphics Press LLC, Post Office Box 430, Cheshire, Connecticut 06410, United States of America, 2011.
- [19] S. Urbanek. *png : Read and write PNG images*, 2022. R package version 0.1-8.
- [20] H. Wainer, P. Harik, and J. Neter. STIGLER's law of eponymy and MAREY's train schedule : did SERJEV do it before IBRY, and what about Jules PETIET ? *Chance*, 26(1) :53–56, 2013.