

Optitram à Lyon, repenser un réseau constitué

VERSION 1 – 11 DECEMBRE 2015

 ACTES DE LA PRESENTATION



RENCONTRES DE LA MOBILITE INTELLIGENTE 2016

REVISIONS

Révision	Date	Rédacteur	Vérificateur	Approbateur	Modifications
1.0	10/12/2015	FTO	CAM	CAM	Première version

SOMMAIRE

1 — Utilisation du modèle (style SETEC_Titre 1) **Erreur ! Signet non défini.**

- 1.1 Les titres (style SETEC_Titre 2) **Erreur ! Signet non défini.**
 - 1.1.1 Titre 3 (style SETEC_Titre 3) **Erreur ! Signet non défini.**
- 1.2 La saisie **Erreur ! Signet non défini.**
 - 1.2.1 La page de couverture **Erreur ! Signet non défini.**
 - 1.2.2 Les en-têtes et pieds de page **Erreur ! Signet non défini.**
 - 1.2.3 Les puces et numérotation **Erreur ! Signet non défini.**
 - 1.2.4 Important et Nota **Erreur ! Signet non défini.**
- 1.3 Les tableaux **Erreur ! Signet non défini.**
- 1.4 Les légendes de figures ou de tableau **Erreur ! Signet non défini.**
- 1.5 Sommaire, table des illustrations et liste des tableaux **Erreur ! Signet non défini.**
- 1.6 Insérer une page au format paysage **Erreur ! Signet non défini.**
- 1.7 Insérer une page au format A3 portrait **Erreur ! Signet non défini.**
- 1.8 Insérer une page au format A3 paysage **Erreur ! Signet non défini.**

1 — La maturité d'un réseau de tramway

Suivant les exemples concluants de Nantes et Grenoble, les grandes métropoles françaises se sont rapidement équipées, au cours des 30 dernières années, de longs linéaires de lignes de tramway, transformant la ville à mesure de leur extension.

Ces lignes, construites au fur et à mesure des mandats politiques et des financements, dans une logique de desserte de corridors, ont peu à peu constitué des réseaux maillés, structurés par des nœuds, pôles d'échanges multimodaux ou parkings relais.

Avec ces réseaux arrivés à maturité, les autorités organisatrices se trouvent confrontées à des logiques contradictoires. Leur objectif de conquête de nouvelles parts modales n'a jamais été autant d'actualité, alors que la plupart des corridors attractifs ont déjà été desservis et que les financements publics se font plus rares.

Comment, dès lors, poursuivre la croissance des transports collectifs dans un contexte contraint en termes de déploiement de nouvelles infrastructures ?

2 — Jouer l' « effet réseau »

Certains réseaux de tramway français sont construits comme l'articulation de lignes indépendantes, la diversité des trajets n'étant desservie que par le jeu des correspondances. C'est notamment le cas du réseau Parisien, le plus étendu, dont les technologies et les gabarits des différentes lignes empêchent toute mise en commun de moyens ou de dessertes.

D'autres réseaux mettent à profit au maximum les possibilités offertes par le croisement à niveau de lignes interopérables, en faisant partager de mêmes infrastructures par des lignes différentes aux trajets variés. C'est le cas du réseau de Strasbourg et, dans une moindre mesure, de Montpellier et Grenoble.

Mais cette interopérabilité ne permet pas seulement le partage d'infrastructures et la multiplicité des itinéraires, elle donne également l'opportunité de réorganiser et d'optimiser le fonctionnement du réseau parvenu à maturité.

3 — Comment repenser un réseau constitué ?

L'exposé présentera la démarche mise en place par **setec its** pour le compte du Syndicat des Transports de l'Agglomération Lyonnaise (SYTRAL), visant à faire émerger et à évaluer des hypothèses de réorganisation du réseau de tramway de l'agglomération Lyonnaise.

4 — Un point d'étape dans le développement du tramway lyonnais

Lancé dans les années 1990, le réseau de tramway de l'agglomération lyonnaise a été pensé comme une série de corridors à desservir, en complément du réseau de métro. Son organisation actuelle est héritée de son programme de mises en service à partir de 2001, chaque nouvel axe créé ayant été attribué à une nouvelle ligne.

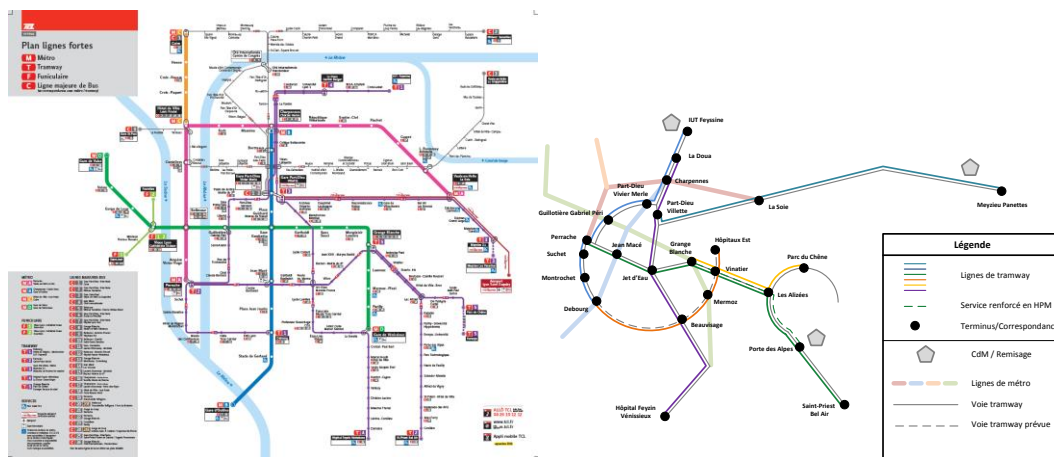


Figure 1 : Le réseau de transports collectifs lourds Lyonnais (TCL.fr)

Figure 2 : visualisation simplifiée du réseau de tramway lyonnais (setec its)

Le Sytral dispose maintenant d'un réseau de 5 lignes maillées, et projette de construire de nouvelles infrastructures selon un itinéraire de rocade croisant 3 lignes existantes. Y voyant l'opportunité d'une possible réorganisation du réseau, associée à des gains de performances (fréquence, temps de parcours, régularité) et de coûts, l'AOT a commandité une étude exploratoire d'optimisation du réseau de tramway à périmètre constant.

L'étude, confiée à **setec its**, s'est articulée sur trois étapes classiques :

- L'établissement d'un diagnostic de l'organisation actuelle du réseau,
- La recherche de pistes alternatives d'organisation du réseau,
- L'évaluation de plusieurs scénarios de réorganisation.

L'objectif était de marquer un point d'étape dans l'évolution du réseau, afin de prendre du recul sur son organisation, de valider les pistes de développement poursuivies ou éventuellement de les réinterroger.

Cette réflexion avait pour but l'amélioration globale du réseau et de son exploitation, avec une remise en cause minimale des infrastructures actuelles et de leur configuration :

- Un meilleur service rendu aux usagers, par des trajets plus directs, plus rapides, plus fiables et plus fréquents,
- Une exploitation simplifiée et moins coûteuse en temps non productifs, en matériel et en énergie.

5 — Diagnostic : Un réseau unique, des lignes très différentes

Le réseau de tramway Lyonnais est aujourd'hui exploité par cinq lignes commerciales partageant l'infrastructure sur certaines parties de leurs parcours. Ces lignes, présentées au public sous une unique marque « tramway », ont des caractéristiques très hétérogènes.

Sur chaque critère, au moins une ligne se distingue des autres :

- la ligne 5 a une longueur trois fois inférieure aux autres,
- la ligne 3 a une interstation trois fois supérieure, et accueille des trajets 2 à 3 fois plus longs,
- la ligne 1 a une fréquentation des arrêts deux à quatre fois plus forte que les autres lignes,
- la ligne 3 présente de forts phénomènes de pointe,
- la ligne 2 a une fréquentation très hétérogène sur son linéaire,
- etc.

Le diagnostic a permis, à partir d'une analyse graphique des fréquentations des lignes, de leurs caractéristiques physiques, de leurs services-voiture, de leur accidentologie, de caractériser les lignes :

- Deux lignes de centre-ville : T1 et, dans une moindre mesure, T4, qui desservent des trajets courts, majoritairement en lien avec le réseau métro, et avec une vitesse commerciale moyenne,
- Une ligne périurbaine, T3, avec de longues interdistances, des flux très orientés, des pointes très marquées et une vitesse commerciale performante,
- Une antenne, T5, desservant Eurexpo en rabattement vers le réseau métro, de faible longueur et à fréquentation variable,
- Une ligne assurant successivement deux fonctions, T2, entre une partie périurbaine peu fréquentée et à la charge très orientée, et une partie de centre-ville, desservant des trajets courts en lien avec le réseau de métro.

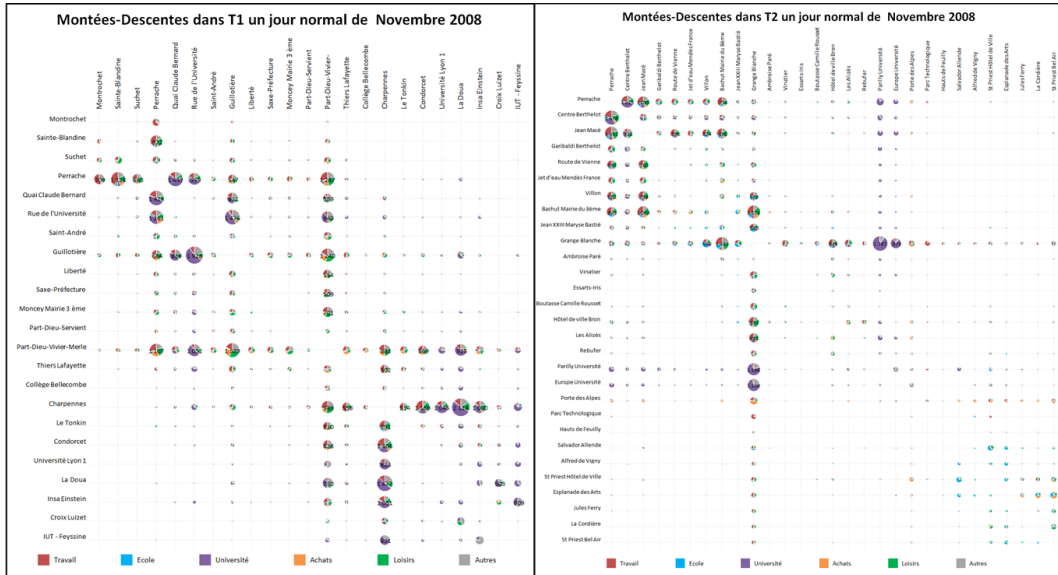


Figure 3 : T1 et T2, des profils de fréquentation très différents

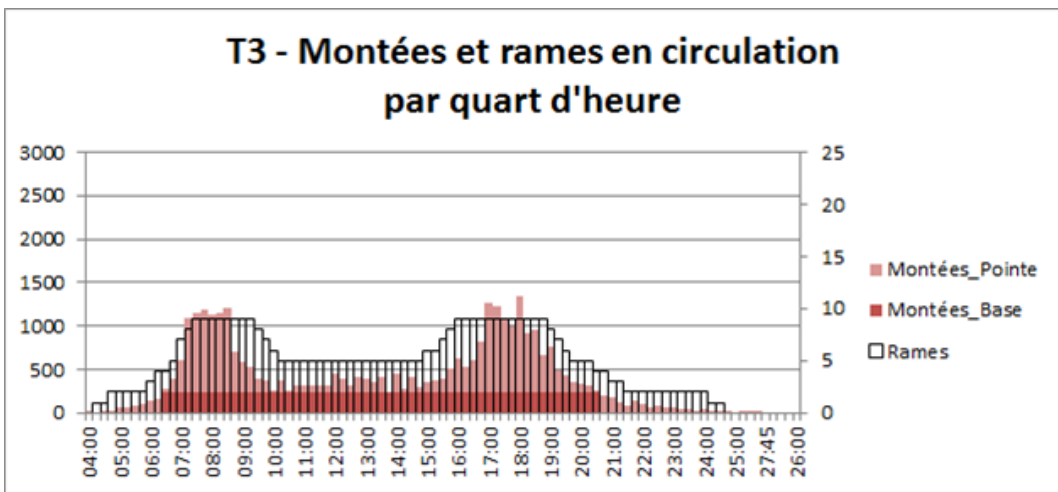


Figure 4 : T3, une ligne aux pointes très marquées

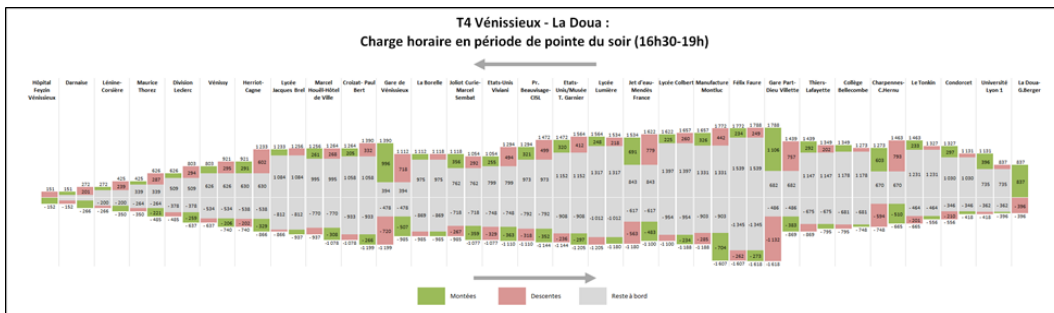


Figure 5 : T4, une ligne de rabattement vers le réseau lourd

La caractérisation des lignes a permis de mieux comprendre le fonctionnement actuel du réseau, ainsi que ses opportunités et ses possibilités d'évolution.

6 — Diagnostic : Un réseau performant et perfectible

Parallèlement, un travail d'analyse des performances du réseau a été effectué, sur deux aspects :

- Les difficultés rencontrées par l'exploitant,
- L'adéquation de l'offre à la demande de transport.

Le premier point a essentiellement fait l'objet d'une rencontre avec des représentants de l'exploitant :

- Chef du PCC,
- Responsable de la formation des conducteurs,
- Directeur d'exploitation,
- Etc.

Les difficultés recensées portaient sur des problèmes récurrents sur de nombreux réseaux :

- Difficulté de traverser certains carrefours, en raison d'un trafic important, ou de trop nombreuses lignes de transports collectifs bénéficiant de priorité aux feux,
- Stations très fréquentées, où les traversées piétonnes pénalisent la circulation des rames,
- Secteurs où les interactions avec la circulation générale sont nombreuses.

Une analyse des rapports d'exploitation, en termes de retard et d'accidentologie, a permis de quantifier ces problèmes et de mieux les objectiver.

Une analyse de la demande de transport interne au territoire directement desservi par le métro lourd (métro+tram) a été effectuée, pour identifier les plus grandes liaisons non desservies directement, et ainsi alimenter la réflexion sur de nouveaux itinéraires de lignes.

Cette analyse a permis d'identifier l'opportunité d'assurer plus de débouchés dans le centre-ville aux lignes desservant l'est de l'agglomération.

7 — Recherche de pistes d'amélioration et élaboration de scénarios

Plusieurs pistes d'amélioration sont apparues très vite en phase de diagnostic, car répondant directement aux besoins identifiés. Pour s'assurer un traitement exhaustif des pistes envisageables, une réflexion a été menée sur chacun des mouvements possibles à chaque intersection du réseau, et les possibilités qu'ils ouvrent.

Ainsi, une première liste d'idées de modifications a été produite, accompagnée d'une réflexion sur les opportunités ouvertes et les difficultés associées.

Ces pistes ont ensuite été combinées en propositions plus thématiques, répondant chacune à un besoin ou une stratégie particulière. Une discussion avec le Sytral s'est ouverte sur ces propositions, pour déjà éliminer certaines pistes jugées inenvisageables.

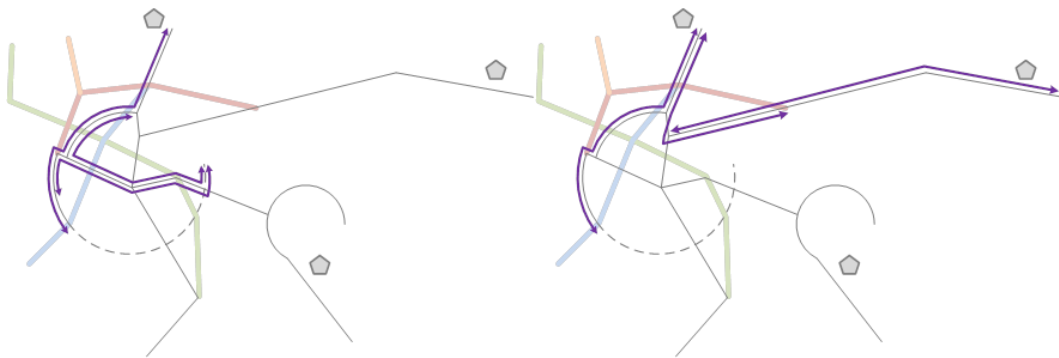


Figure 6 : Exemples de pistes non retenues

Les pistes acceptées par le Sytral ont ensuite été combinées et complétées pour construire des scénarios complets d'exploitation du réseau, traitant de la desserte de l'ensemble du linéaire d'une manière satisfaisante pour les usagers.

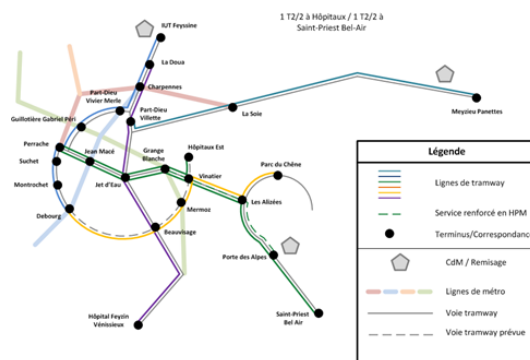


Figure 7 : Exemple de scénario étudié

8 — Evaluation des scénarios

Les 6 scénarios retenus ont alors été évalués de manière chiffrée selon les différents critères (temps de parcours et correspondances, régularité, coûts d'investissement et d'exploitation).

Le principal défi de cette évaluation était de développer un outil permettant la production rapide d'indicateurs chiffrés et réalistes sur l'ensemble du réseau, selon plusieurs scénarios. Les outils de calcul développés sont simples et robustes, et permettent d'estimer les coûts d'exploitation (kilomètres et heures conducteurs, kilomètres véhicules, matériel roulant, marges d'exploitation) et les gains de performance du réseau (courbes du nombre d'usagers impactés en fonction des gains/pertes de temps ou de correspondances).

Des estimations à dire d'expert (coûts d'investissements, acceptabilité pour les usagers, délais de mise en œuvre) ont complété ces résultats chiffrés dans une analyse multicritères des scénarios.

Pour la mesure des performances pour l'usager, un petit algorithme de plus court chemin probabiliste a été développé. Celui-ci est basé sur l'hypothèse d'un usager opportuniste et très bien informé, choisissant son itinéraire en fonction de la probabilité qu'il soit plus rapide qu'un autre, et changeant de ligne lorsque le prochain passage d'une autre ligne lui permet d'aller plus vite. Fonctionnant de manière itérative, ce modèle, développé sous Excel, permet de produire une matrice d'espérances de temps de parcours et d'espérances de nombre de correspondances entre sections du réseau.

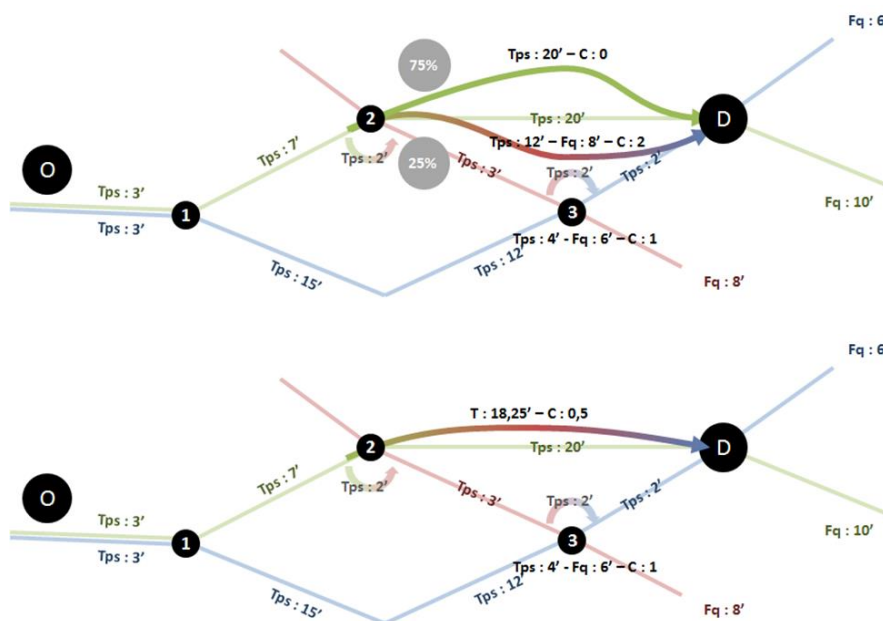


Figure 8 : Illustration du fonctionnement de l'algorithme de plus court chemin

En comparant cette matrice entre les différents scénarios et le scénario de référence, et en y appliquant la demande de déplacements évaluée à partir de l'EMD 2006, il est possible d'évaluer le nombre d'utilisateurs concernés par un certain gain de temps, ou un certain nombre de correspondances supplémentaires.

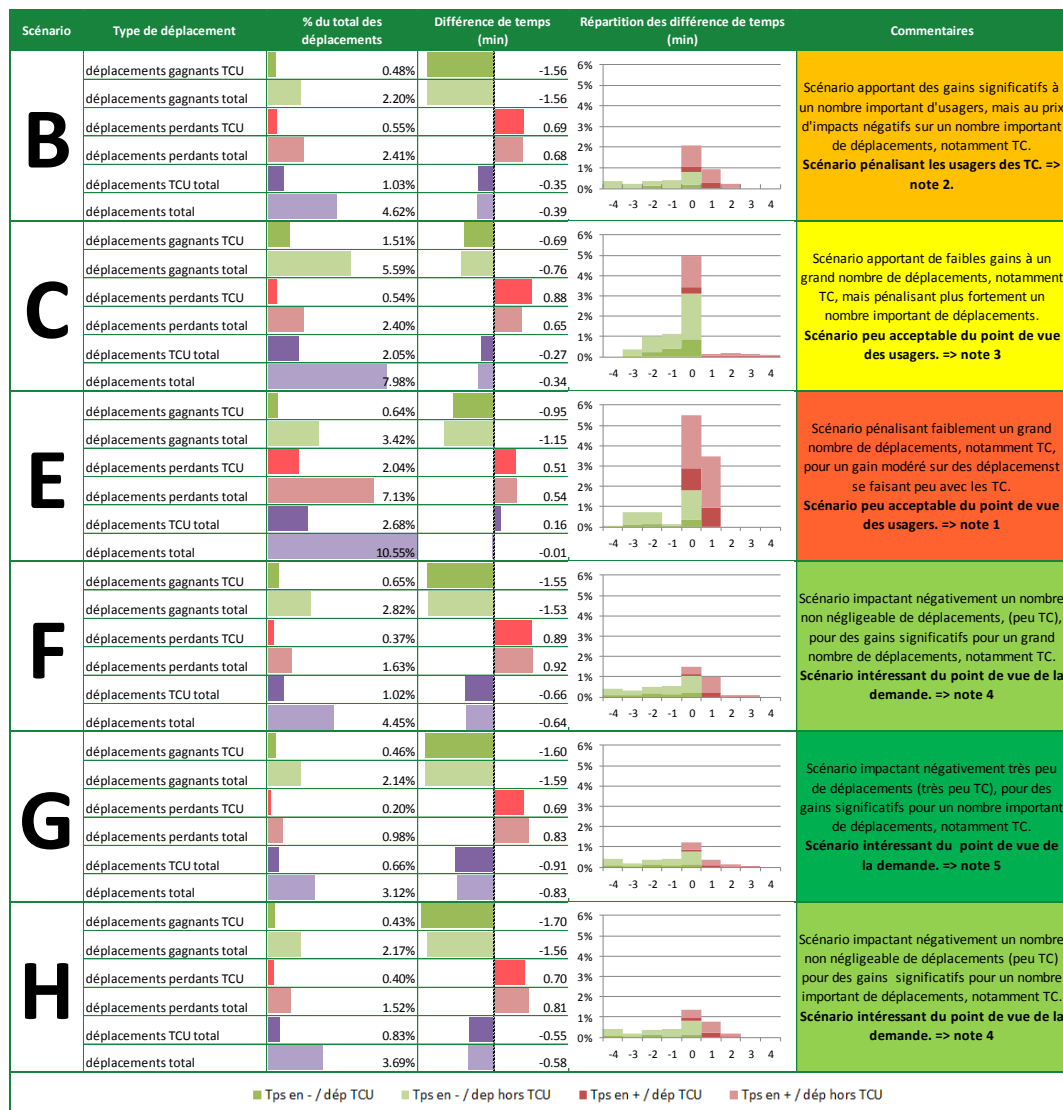


Figure 9 : exemple de représentation des performances commerciales des scénarios

D'autre part, un modèle de calcul des coûts d'exploitation, basé sur le calcul de temps de marche par section du réseau, des ratios de marge de régularité et une analyse du fonctionnement des terminus, a permis d'estimer, pour chaque scénario, les coûts d'exploitation du réseau, et donc les gains ou surcoûts par rapport au scénario de référence.

Scénario	Bilan horaire JOB						Total	% commerciaux/production	% battement/production
	Temps commerciaux	Temps commerciaux partiels	Temps retournement	Dont battement	Temps remisage/stockage (HLP)				
7-3 (référénc	999	52	240	149	41	1 332	78,9%	11,2%	
B	1 013	47	253	156	44	1 356	78,1%	11,5%	
C	968	63	240	146	38	1 309	78,8%	11,2%	
E	1 017	53	241	155	40	1 351	79,2%	11,5%	
F	966	45	236	157	47	1 294	78,1%	12,1%	
G	966	49	239	151	42	1 295	78,3%	11,7%	
H	1 012	47	254	156	44	1 356	78,1%	11,5%	

Figure 10 : exemple de données chiffrées produites pour comparer les différents scénarios

9 — Conclusion : Une prime à l'existant

L'analyse multicritères révèle une prime à l'organisation existante, puisque tout changement de l'organisation du réseau suppose des coûts et des usagers perdants, toujours plus valorisés que les usagers gagnants.

Elle a permis toutefois de valider l'intérêt de certaines organisations alternatives de l'exploitation de la ligne de rocade en projet. La ligne n'étant pas encore réalisée, les scénarios alternatifs sont moins pénalisés, et certaines organisations proposées permettent de soulager certains troncs communs existants, de renforcer la pertinence de certaines lignes et de réduire les coûts d'exploitation.

Elle a ainsi conduit le maître d'ouvrage à intégrer des mesures conservatoires à son projet, laissant la possibilité de mettre en œuvre ultérieurement les préconisations de l'étude.

D'autre part, l'étude a permis de regrouper en quelques rapports une analyse assez complète et homogène du réseau existant, de son utilisation et de ses performances. Elle a permis de s'assurer que tous les schémas d'exploitation avaient été étudiés, et a permis de valider le fonctionnement actuel.

10 — Intervenants

Benoît FONTANEL, Chef de projet chez setec its a rejoint setec en 2009 après plusieurs courtes expériences en exploitation–maintenance de systèmes de transports collectifs.

Après 4 ans consacrés aux études amont et socio-économiques de transport (études de trafic, bilans socio-économique, études d'impact urbain), il a intégré setec ITS en 2014, où il intervient depuis comme généraliste sur de nombreux aspects des transports urbains : études préliminaires de lignes de transport en site propre, diagnostic et réorganisation de réseau de tramway et de systèmes de gestion de trafic routier, assistance à maîtrise d'ouvrage de projet de télécabine, définition de stratégie de gestion des dépôts bus...

Axel SABOURET, chef de projet au sein du SYTRAL (Syndicat des Transports de l'Agglomération Lyonnaise) depuis 2004 après une large expérience de programmation et d'assistance à conduite d'opérations pour des projets d'extension de réseaux métro et tramway pour plusieurs autorités organisatrices de transport sur le territoire national.

Entré au SYTRAL pour conduire le projet de mise sous contrôle d'accès du réseau de métro, il a ensuite rejoint l'équipe du réseau de transport de surface au sein de la Direction du Développement pour conduire le projet d'extension de la ligne de tramway T1 à Debourg puis assurer la conduite de l'opération de mise en double site propre de la ligne de trolleybus C3.

