

Lausanne – Développement des métros automatiques m2-m3

Grancy – Flon

Procédure d'approbation des plans

**Analyse de l'évolution de l'offre et de la demande
2008-2030 - Synthèse**

Référence du document :

	Dom.	Act.	Lieu	Aut.	Type	Inc.	Vers.	Description
M	0000	33	0000	TLS	RN	001	02.00	Analyse de l'évolution de l'offre et de la demande 2008-2030 - Synthèse

Date du document : 30 avril 2019

[2019-04-30-developpement_m2m3_Offre_et_demande-2030_synthèse_v1.0]

DIRECTION DU PROJET

ETAT DE VAUD, DGMR

Original signé par

Original signé par

Directeur général
Pierre-Yves Gruaz

Directeur de projet
Yves Trottet

Versions du document

Date	Version	Elaboration / adaptation-s / modification-s	Auteur
30.04.19	1.0	Première version du document	Mathieu Cazorla

Table des matières

1	Contexte et méthodologie	4
1.1	Historique et objectif du présent rapport	4
1.2	Méthodologie générale	5
1.3	Données utilisées	7
2	Evolution des cadences et de la fréquentation du m2, 2008-2017	8
2.1	Evolution des cadences – Période 2009-2017	8
2.2	Evolution de la fréquentation et charge par tronçon – Période 2009-2017	10
2.2.1	Fréquentation annuelle : Période 2009-2017	10
2.2.2	Fréquentation journalière et aux heures de pointe – Période 2009 à 2017	11
2.2.3	Charges à bord journalières, à l'heure de pointe du matin et à l'hyperpointe – Etat 2017	12
2.2.4	Origine-destination des flux journaliers – 2016	14
3	Prévision d'évolution de la demande	15
3.1	Evolution de la demande à l'hyperpointe – Etat 2030	15
3.1.1	Méthode de calcul et tableau de valeurs	15
3.1.2	Résultat du scénario d'évolution 2030	18
3.1.3	Evolution de la demande à l'hyperpointe par année (m2 entre 2017 et 2030)	19
3.2	Evolution de la fréquentation annuelle – Etat 2030	20
3.2.1	Méthode de calcul	20
3.2.2	Résultats : Fréquentation 2030 et évolution 2017-2030	24
4	Scénarios d'exploitation m2-m3 en fonction de l'évolution de la demande	25
4.1	Etat 2030 : Horizon des réflexions	25
4.1.1	Au-delà de 2030 : Demande 2040 et limites techniques	26
4.1.2	Métro m2	27
4.1.3	Métro m3	28
6	Glossaire	29

1 Contexte et méthodologie

1.1 Historique et objectif du présent rapport

Planifié sous la forme d'un prolongement vers le nord-est de la ligne historique Ouchy-Flon, le m2 a été mis en service le 27 octobre 2008 avec pour objectifs d'améliorer la desserte du couloir CHUV-Sallaz-Croisettes, d'augmenter la capacité de transport entre Gare et Flon (connexion avec le m1 depuis 1991, le LEB depuis 2000) et d'optimiser la desserte régionale du Jorat en articulant les terminus des lignes 62 et 65 sur le m2 au lieu de la Place du Tunnel.

Au fil des ans, les prévisions initiales de trafic ont été rapidement dépassées, nécessitant des mesures d'optimisation des capacités afin d'augmenter régulièrement les cadences et le nombre de places dans les rames. Le projet Léman 2030, qui prévoit un doublement de la fréquentation de la gare de Lausanne, a rendu nécessaire une nouvelle approche du secteur Gare-Flon : au lieu d'un tramway pour relier le Flon à Blécherette, le m3 desservira ce secteur et sera prolongé à la Gare CFF en utilisant l'infrastructure actuelle du m2. Ce dernier bénéficiera d'un nouveau tube entièrement à double voie entre Flon et Grancy, à l'ouest des installations actuelles.

L'objectif de ce rapport, qui sera régulièrement mis à jour en fonction de l'évolution des données de base (urbanisation/générateurs de trafic, voyageurs tl), est de servir d'aide à la décision pour déterminer quelles sont les cadences de transport nécessaires pour répondre à la demande et selon les horizons temporels suivants :

- Saturation du tronçon Flon-Sallaz et Sallaz-Croisettes sur le m2 : Nécessité de passer à une cadence inférieure à 2' ; le rebroussement devient impossible à Sallaz et nécessite de nouvelles installations à Croisettes (arrière-gare).
- Mise en service du m3 : Quelle demande sur les métros en 2030 ? Quelles cadences pour le métro m3 en 2030 ?
- Evolutivité des métros au-delà de 2030 : quelles évolutions de la demande en 2040 (tendances) ? quelles limites pour les métros et quelle réserve de capacité ?

Enfin, les éléments de prévision du nombre de voyageurs annuels permettront d'estimer les recettes futures (horizon 2030), à mettre en lien avec les coûts d'exploitation estimés des différents scénarios.

Le présent document est une synthèse de l'approche et des résultats du rapport complet sur la prévision de la demande, élaboré pour le groupe de travail mentionné en première page, et prend en compte également deux expertises menées au cours de la démarche, qui ont permis d'enrichir cette dernière et de consolider certaines hypothèses, il s'agit de :

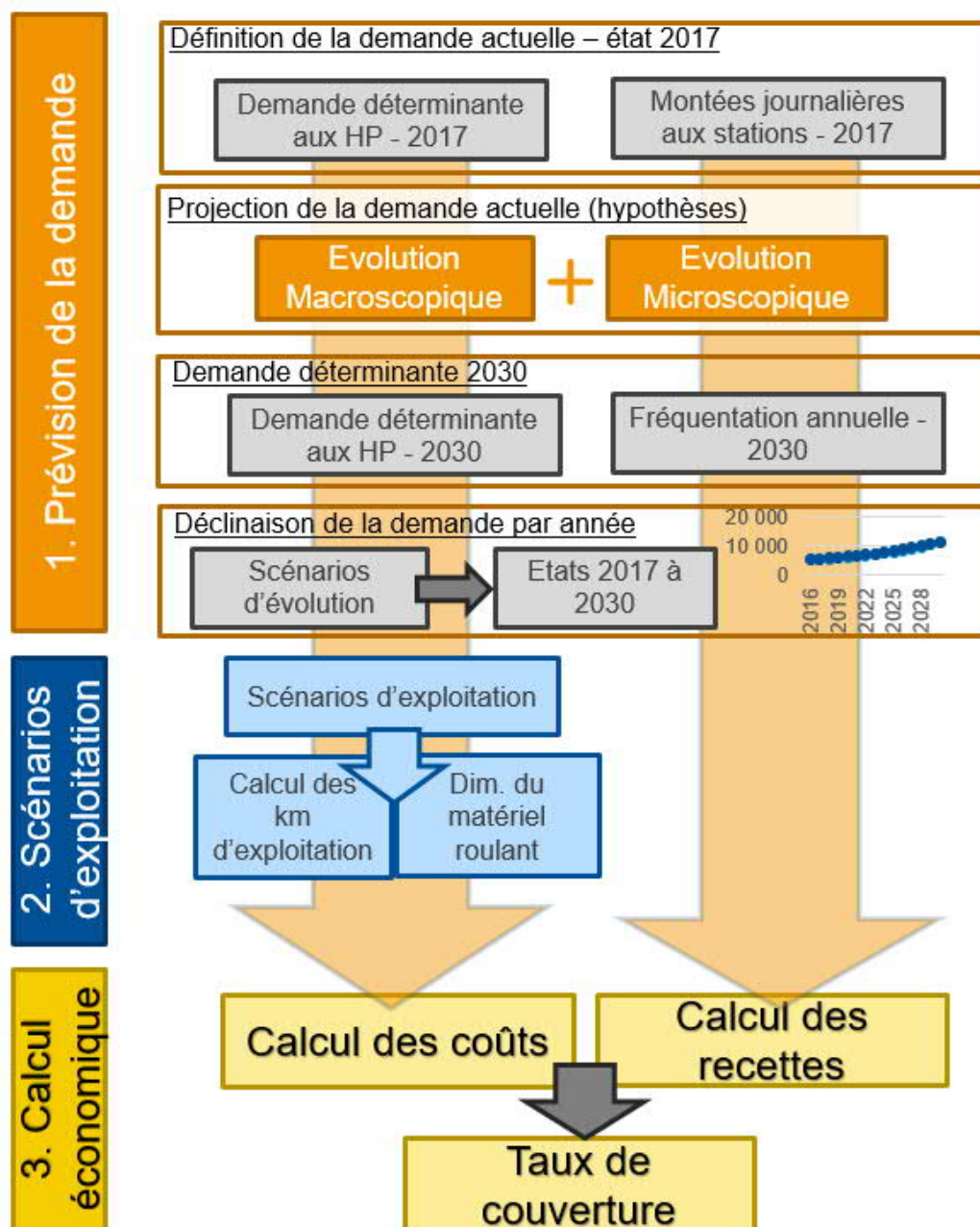
- L'expertise du bureau Transitec : « Métros m2-m3 – expertise de prévision de trafic » – Transitec pour les tl, mars 2017.
- L'expertise de l'HEIG-VD menée par Y. Delacrétaiz : « Demande 2030 dimensionnante sur les métros automatique m2 et m3 » - HEIG-VD pour la DGMR, février 2019.

1.2 Méthodologie générale

La figure ci-dessous présente la méthodologie générale suivie dans le cadre de la présente réflexion. Cette dernière s'articule en trois principales étapes :

1. La définition de l'état actuel et la prévision de la demande
2. L'élaboration des principaux scénarios d'exploitation
3. Les premières estimations des taux de couverture des métros

Il est à noter que les deux premières étapes font partie intégrante du présent rapport. En outre, la troisième étape, concernant le calcul économique sera traité dans un rapport ad hoc.



1.2.1 Prévision de la demande : Approche

Pour répondre au double objectif du calcul des coûts et des recettes, deux approches distinctes ont été menées :

- La première concerne l'estimation des voyageurs transportés par tronçon (charges à bord) aux heures de pointes, dans le but de dimensionner l'offre à développer et de calculer les coûts
- La deuxième concerne l'estimation de la fréquentation annuelle (nombre de voyageurs montant aux arrêts), dans le but d'estimer les recettes transport annuelles.

En premier lieu l'état actuel a été défini sur la base des données comptées de l'année 2017 (année complète), concernant :

- les charges déterminantes en section (heure de pointe déterminante calculée sur la base d'une hyperpointe de 15', reportée sur des tronçons représentatifs) ;
- les montées journalières aux arrêts et les montées annuelles.

Ensuite, **l'estimation de la demande future a été élaborée en projetant les données de l'état actuel**. En termes de méthodologie de calcul de l'évolution de la demande dans le temps, chacune des deux approches (charges déterminantes en section et montées journalières) a été abordée en deux étapes, permettant de considérer et de préciser les différents paramètres qui impactent la demande sur les métros :

- **La première étape se concentre sur une vision macroscopique :**
- L'étape macro prend en considération globalement l'effet de la croissance démographique du territoire lausannois et des principales tendances observées et à venir comme le report modal, le maillage du réseau de transport public, l'évolution des formes de mobilité, etc. L'ensemble du réseau de transport public de l'agglomération est impacté, et d'autant plus les lignes de métro m2 et le futur m3 car elles constituent l'ossature structurante de ce réseau à cette échelle.
 - A ce stade, la demande actuelle est multipliée par un ratio d'évolution global, qui peut différer selon le tronçon concerné.
- **L'étape microscopique se concentre principalement sur les effets plus locaux :**
- Le développement ou l'agrandissement d'un quartier, l'emplacement d'une nouvelle entreprise ou le développement d'une nouvelle offre en transport en connexion (ex : ligne de tramway t1, ...).
- En règle générale, pour cette étape, le trafic supplémentaire généré (sur la base d'une part modale TP) est affecté sur la ligne en fonction de la répartition des origines-destinations.
- Il est à noter que la méthode de prévision de la demande a été adaptée à la problématique. En effet, étant donné qu'il n'existe pas d'état actuel à projeter sur le m3, les prévisions pour cette ligne ont été faites sur la base :
 - des projections pour le m2 (selon les deux étapes décrites ci-avant) ;
 - d'hypothèses sur la répartition des flux entre le m2 et le m3 ;
 - de la génération de déplacements induite par les développements du Nord Lausannois (PPA Plaines-du-Loup, PDLi du SDNL, etc.) et des restructurations du

réseau de transport public (interface de la Blécherette avec terminus des ligne 60, future ligne 53 Romanel – Blécherette, etc.).

Enfin, dans le but de pouvoir dimensionner les besoins dans le temps, il a été nécessaire d'avoir une estimation des charges en section année par année, l'évolution annuelle a été calculée sur la base d'un scénario prenant en considération les développements urbains et transports publics de l'agglomération au fil des années.

1.3 Données utilisées

Concernant l'historique de la demande sur la ligne m2 (2008-2017) :

- **Données de comptage depuis la mise en service du m2 :**
- Fréquentation annuelle et moyenne journalières en nombre de voyageurs.
- Trafic journalier moyen par station et direction.
- Données à l'heure de pointe du matin et du soir.

Plusieurs sources de données ont été utilisées pour les calculs de prévision de la demande :

- **Données actuelles de comptage des passagers du m2 :**
- Nombre de personnes qui montent et qui descendent à chaque station.
- Charge à bord par tronçon et par direction.

Les données de base concernent la période type « semaine universitaire » de 2017, les données de comptage sont calculées par tranches de 5 minutes et regroupées pour calculer le quart d'heure d'hyperpointe.

Les données de comptage passagers proviennent de cellules de comptages installées aux portes palières des stations du m2 ; le 100% des portes palières est équipé. Les cellules infrarouges initialement installées sont de moins en moins adaptées pour le comptage fin des passagers à l'hyperpointe du matin, c'est pourquoi une installation complémentaire (caméras de comptage) a été mise en place à Lausanne-Gare. La comparaison avec les cellules a permis de calculer une marge d'erreur de ces dernières, qui a été corrigée pour les données de 2017.

Par ailleurs, il est à noter que l'heure de passage prise en considération est l'horaire de passage réel des trains et non pas l'heure théorique, (à l'inverse de ce qui est pratiqué pour le réseau routier).

- **Données démographiques de la région de Lausanne :** Développements urbains planifiés à proximité de nouveaux habitants et nouveaux emplois qui vont s'établir à proximité de la ligne (diverses sources : préavis municipaux, rapport PALM, données d'entreprises, etc.).
- **Données de capacité des véhicules :** Pour les calculs d'estimations pour le dimensionnement, il est nécessaire de connaître la capacité maximale des véhicules tl, afin de les comparer avec les estimations et déterminer le taux de remplissage à l'horizon 2030.
- **Enquêtes origine-destination des voyageurs m2 :** Actuellement quatre enquêtes OD pour la ligne m2 ont été réalisées en 2009, 2011, 2013 et 2016. Ces analyses renseignent sur le type de clients, leur provenance ainsi que leur utilisation du m2, en connexion ou non avec le reste du réseau tl. Ces données ont également servi de base pour définir la répartition des voyageurs sur les métros m2 et m3, à partir de la mise en service de la ligne m3.

2 Evolution des cadences et de la fréquentation du m2, 2008-2017

2.1 Evolution des cadences – Période 2009-2017

Depuis la mise en service en octobre 2008, la ligne est exploitée aux heures de pointe sous la forme de deux carrousels (11 trains) :

- Le carrousel Ouchy-Croisettes est cadencé à 6'20
- Le carrousel Gare-Sallaz est cadencé à 3'10

Dès 2009, le mode d'exploitation (retournement en avant-gare à la gare CFF) et le nombre de trains en ligne (12 trains) ont été ajustés, permettant les évolutions suivantes :

- Le carrousel Ouchy-Croisettes est cadencé à 5'40''
- Le carrousel Gare-Sallaz est cadencé à 2'50''

A partir de 2014, les cadences à l'heure de pointe du matin ont été revues, avec une augmentation du nombre de trains (14 trains sur 15 circulent) et un retournement des trains en arrière-gare au niveau de la gare CFF :

- Cadence de 5' sur le carrousel Ouchy-Croisettes
- Cadence de 2'30'' sur le carrousel Gare-Sallaz

A titre indicatif, un extrait de la table des fréquences mise en place le 26 septembre 2016 (hors vacances scolaires) est illustrée ci-dessous :

N° de ligne	Mode	Type de ligne	Remarques	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
m2	Métro	Structurante	L-J			7.5'	2'30/5'00			6'10			5'				2'50/5'40			6'10		7.5'			
Lausanne, Duchy-Olympique – Epalinges, Croisettes		VE	SA			7.5'	2'30/5'00			6'10			5'				2'50/5'40			6'10		7.5'			
		DI normal				7.5'			6'10				5'				6'10			6'10		7.5'			
		DI beau temps					7.5'						6'10				5'			6'10		7.5'			

En décembre 2017, avec l'acquisition de trois nouvelles rames, les cadences aux heures de pointes ont évolué de la manière suivante :

A l'heure de pointe du soir (avec un retournement en avant-gare):

- Cadence de 4'20' sur le carrousel Ouchy-Croisettes
- Cadence de 2'10'' sur le carrousel Gare-Sallaz

A l'heure de pointe du matin (avec un retournement en arrière-gare) :

- Cadence de 4'48' sur le carrousel Ouchy-Croisettes
- Cadence de 2'24'' sur le carrousel Gare-Sallaz

La table horaire suivante a été mise en place au 10 décembre 2017 :

		5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Lundi-Vendredi																					
Jusqu'au 09.12.2017																					
fréquences m2:	L-J	7'30"	2'24"/4'48"			6'			4'45"				2'43"/5'26"			6'			7'30"		
fréquences m2:	VE	7'30"	2'24"/4'48"			6'			4'45"				2'43"/5'26"			6'			7'30"		
nombre de trains en ligne:		6	14			7			9				12			7			6		
Dès le 10.12.2017																					
fréquences m2:	L-J	6'	2'24"/4'48"						4'20"				2'10"/4'20"			6'					
fréquences m2:	VE	6'	2'24"/4'48"						4'20"				2'10"/4'20"			6'					
nombre de trains en ligne:		7	14						10				15			7					

Les amplitudes des heures de pointes sont les suivantes :

- 6h45 à 8h45 pour l'heure de pointe du matin, depuis 6h30 à partir de 2014 et jusqu'à 10h à partir de décembre 2017.
- 15h45 à 19h15 pour l'heure de pointe du soir, prolongée à 20h à partir de 2013.

Les cadences aux heures creuses concernent cinq tranches horaires distinctes :

- Tranche horaire du matin (5h15 à 6h30), la cadence de cette période était de 10' jusqu'en 2013, puis a été modifiée à 7'30" à partir de 2014 et à 6' à partir de décembre 2017.
- Tranche horaire creuse du matin (8h45 à 12h), avec une cadence de 6" de 2008 à 2011, puis 6'15" en 2012, qui passe à 6'10" à partir de 2013 et à 4'20 en 2017.
- Tranche horaire de midi (12h à 15h45), avec une cadence de 6' de 2008 à 2011, puis 5' de 2012 à 2016 et 4'20" dès décembre 2017.
- Tranche horaire creuse de soirée (19h15 à 22h de 2008 à 2012, puis, de 20h à 22h en 2013-2014, et passant de 20h à 23h à partir de 2015). Cette tranche horaire est cadencée à 6'15" de 2008 à 2012, puis passe à une cadence de 6'10" jusqu'en 2016 et à 6' à partir de décembre 2017 et est prolongée jusqu'à la fin du service.
- Tranche horaire de nuit (de 22h à la fermeture de 2008 à 2014, puis de 23h à la fermeture à partir de 2015 puis intégrée à la tranche horaire de soirée en décembre 2017), offrant une cadence de 10', puis 7'30" à partir de 2015. Cette tranche horaire est « supprimée » à partir de décembre 2017, car la tranche horaire de soirée est prolongée jusqu'à la fin du service.

Concernant les **cadences pendant le week-end**, des plages horaires spécifiques ont été mises en place pour les jours du samedi et du dimanche, en fonction notamment de la période de l'année, ainsi :

- les cadences le samedi varient entre 7'30" de 6h à 8h – 6'10" de 8h à 10h – 5' de 10h à 14h – 4' de 14h à 20h – 6'10" de 20h à 23h – 7'30" à partir de 23h ;
- les cadences le dimanche varient de 7'30" de 6h à 12h – 6'10" de 12h à 23h. Les dimanches de beau temps, une cadence spécifique de 5' est mise en place de 15h à 21h en raison du trafic important à destination d'Ouchy. Cette table sera désormais aussi utilisée les dimanches de mauvais temps, afin de mieux desservir Aquatis (Vennes).

Pendant les vacances, l'amplitude du service commercial est inchangée mais les cadences allégées. Ainsi, pour l'année 2016, les cadences par tranche horaire étaient les suivantes :

- 7'30" durant la tranche creuse du matin (avant 6h45) ;
- 3'15" et 6'30" aux heures de pointe (6h45 à 8h45, puis 15h45 à 19h45) ;
- 6'10" entre les heures de pointe et entre 20h et 23h ;
- 7'30" après 23h.

Amplitude du service commercial

En termes d'amplitude d'exploitation, depuis son ouverture, le m2 circule de 5h30 à 00h30 du lundi au jeudi ainsi que le dimanche, l'horaire est prolongé les nuits du vendredi et du samedi jusqu'à 00h45 (derniers départs de Lausanne-Gare vers Croisettes).

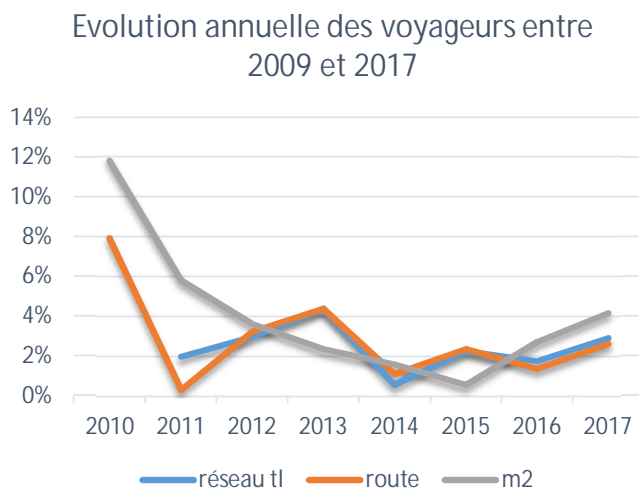
2.2 Evolution de la fréquentation et charge par tronçon – Période 2009-2017

2.2.1 Fréquentation annuelle : Période 2009-2017

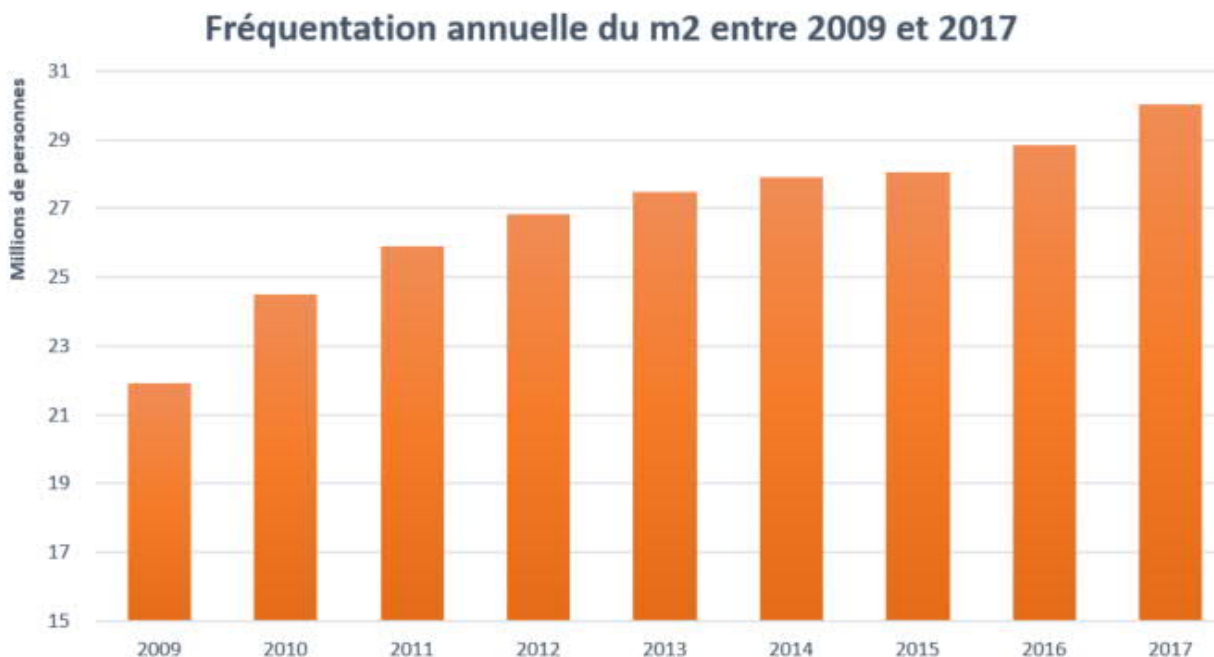
Depuis 2009 (première année complète d'exploitation du m2), les chiffres ont dépassé les prévisions de trafic initiales : les 23,3 millions de voyageurs ont été dépassés dès la 2ème année et les 25 millions prévus à long terme ont été dépassés dès la 3ème année. Après un léger tassement de la croissance depuis 2013, l'année 2017 se caractérise par une augmentation à nouveau plus importante, de l'ordre de +4%.

Le métro m2 a transporté en 2017 plus de 30 millions de voyageurs annuels. Axe structurant du réseau tl, cette ligne transporte plus de 25% de la totalité des voyageurs tl.

L'évolution de la fréquentation voit une reprise à partir de 2016 avec une augmentation de +3% par rapport à 2015 et près de +4% entre 2016 et 2017. En effet, on constate une évolution positive sur la totalité des arrêts, qui est plus marquée sur les stations les plus importantes. Il est à noter que cette tendance s'est encore confirmée en 2018, avec une augmentation de la fréquentation de +4.8% entre 2017 et 2018.



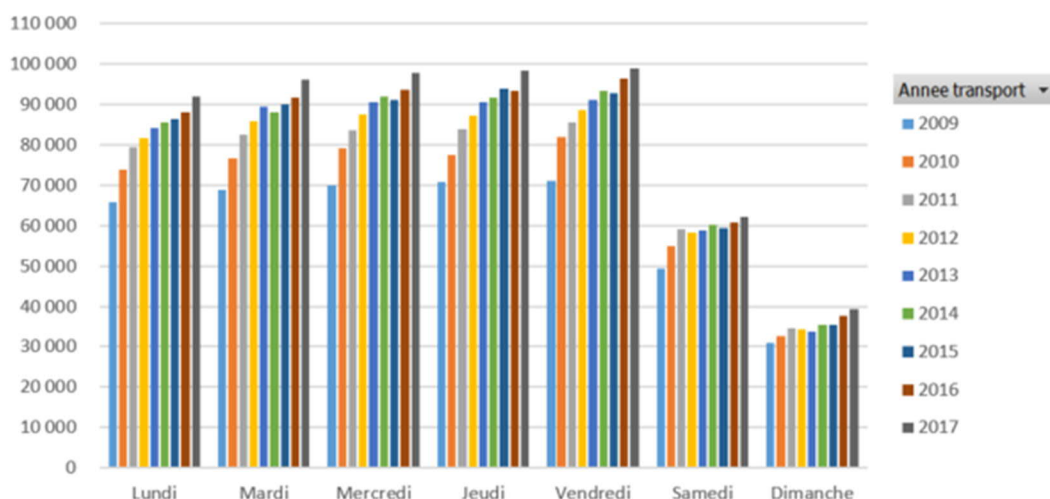
Année	Nombre de Voyageurs Annuels	Evolution par année
2009	21 900 476	
2010	24 494 754	+12%
2011	25 915 641	+6%
2012	26 854 327	+4%
2013	27 482 338	+2%
2014	27 917 567	+2%
2015	28 072 937	+1%
2016	28 831 655	+3%
2017	30 029 061	+4%



2.2.2 Fréquentation journalière et aux heures de pointe – Période 2009 à 2017

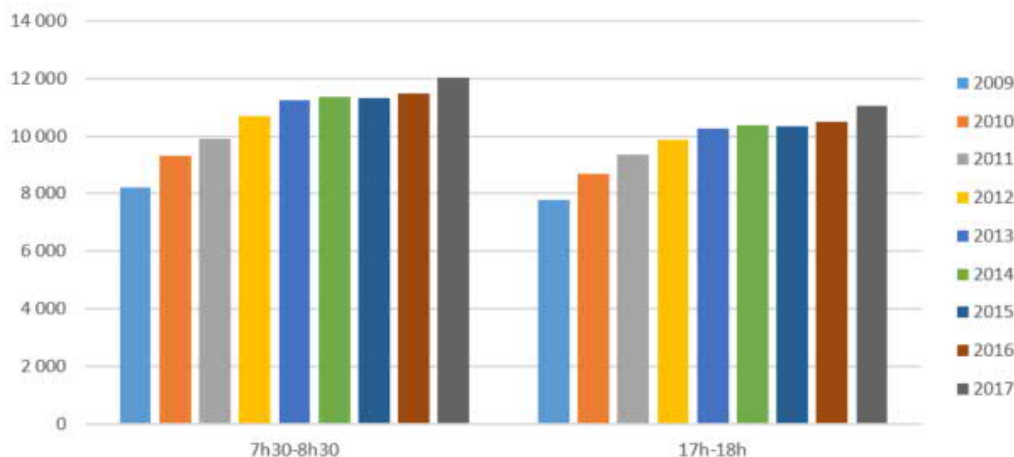
Le vendredi est le jour le plus chargé avec en moyenne 70'000 pers./j en 2009 à près de 100'000 pers./j en 2017 tandis que le samedi et le dimanche sont ceux les moins fréquentés avec respectivement 62'000 et 37'000 pers./j. La fréquentation journalière a fortement progressé les premières années après la mise en service du m2, puis après un léger ralentissement entre 2013 et 2015, une reprise s'est amorcée depuis 2016. **Entre 2009 et 2017 le vendredi a progressé d'environ +4,5%/an en moyenne.**

Fréquentation journalière (pers./jour) par jour de semaine, 2009-2017



Les heures de pointe sont calculées les jours de semaine (HPM de 7h30 à 8h30 et HPS de 17h à 18h), globalement l'HPM est plus élevée que l'HPS depuis la mise en service du m2, toutefois ces deux périodes se comportent de la même manière en termes d'évolution. A ce titre, les tendances observées sont comparables à l'évolution de la fréquentation journalière moyenne, ainsi l'HPM a fortement progressé les premières années après la mise en service du m2, puis après un léger ralentissement entre 2013 et 2015, une reprise s'est amorcée depuis 2016. **Entre 2009 et 2017 l'HPM a progressé d'environ +5,2%/an en moyenne.**

Fréquentation journalière à l'heure de pointe, semaine hors vacances, entre 2009 et 2017 (pers./h)



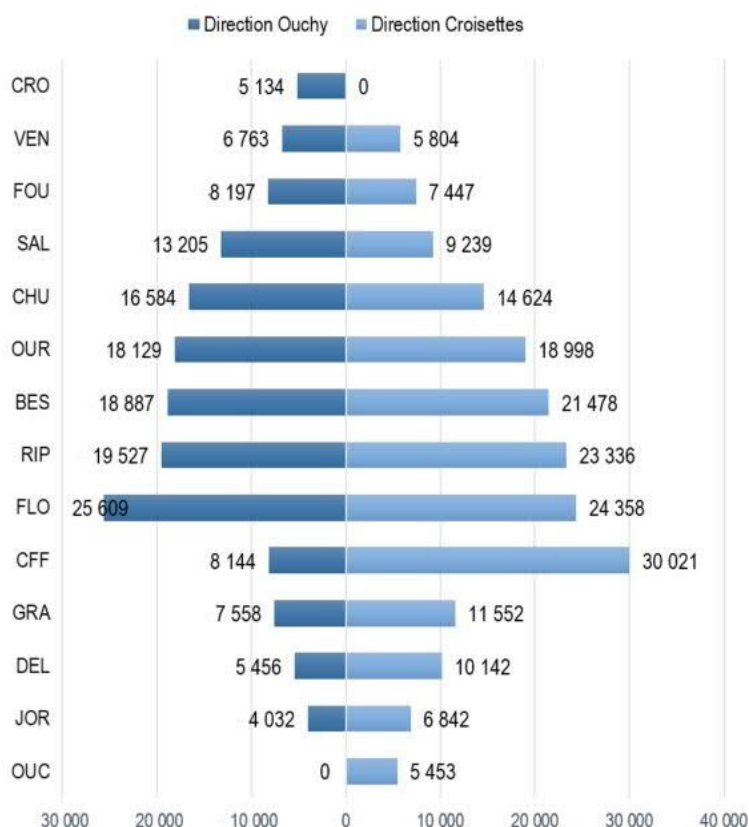
2.2.3 Charges à bord journalières, à l'heure de pointe du matin et à l'hyperpointe – Etat 2017

Le diagramme de charge à bord journalière inter arrêt ci-après a été calculé en prenant le trafic journalier moyen (lundi-vendredi). On constate le très fort poids de Lausanne Gare, mais le m2 est très loin de se vider à Flon en direction de Croisettes : la charge reste importante notamment jusqu'à Riponne et Bessières (plus de 20'000 clients à bord).

Proportionnellement, le trafic a bien davantage augmenté sur le tronçon central que sur les extrémités. Avec la densification (urbanisation) entre CHUV, Sallaz et Fourmi, on peut s'attendre ces prochaines années à des charges plus élevées sur le nord de la ligne.

Diagramme de charges à bord journalières, un jour de semaine hors vacances scolaires – Etat 2017

Charges à bord journalières, semaine hors vacances scolaires, 2017 (pers. par jour)



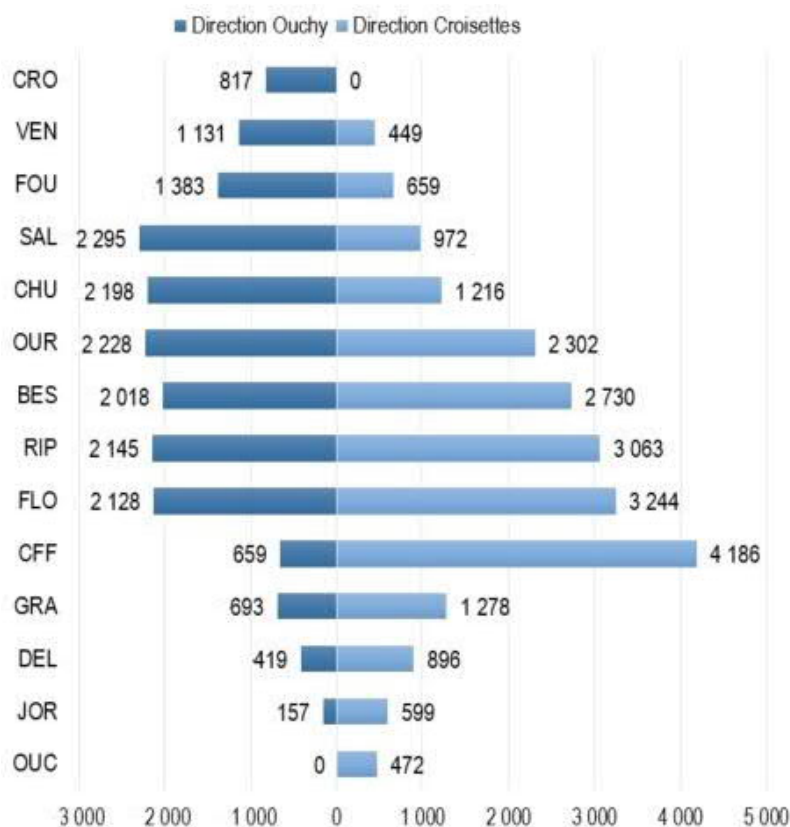
Montées et descentes journalières, par direction et arrêt, semaine hors vacances, 2017

Direction	Arrêt	Montées journalières	Descendues journalières
Croisettes	OUC	5 453	0
	JOR	1 525	128
	DEL	3 628	330
	GRA	2 248	836
	CFF	21 429	2 961
	FLO	8 595	14 243
	RIP	5 447	6 472
	BES	2 606	4 467
	OUR	1 397	3 884
	CHU	1 648	6 022
	SAL	1 851	7 238
	FOU	266	2 060
	VEN	144	1 790
	CRO	0	5 806
	CRO	5 134	0
	VEN	1 756	125
Ouchy	FOU	1 740	306
	SAL	5 762	753
	CHU	5 011	1 632
	OUR	2 775	1 231
	BES	3 090	2 332
	RIP	5 400	4 758
	FLO	12 456	6 375
	CFF	2 522	19 988
	GRA	781	1 367
	DEL	203	2 305
	JOR	40	1 464
	OUC	0	4 034
		102 907	102 907

Fréquentation journalière totale (semaine hors vacances) en 2017 :
102'907 voyageurs/jour

**Diagramme de charge à bord à l'heure de pointe du matin, 7h30-8h30 un jour de semaine
hors vacances scolaires - Etat 2017**

Charges à bord à l'HPM (7h30-8h30), semaine hors
vacances scolaires, 2017 (pers. par heure)



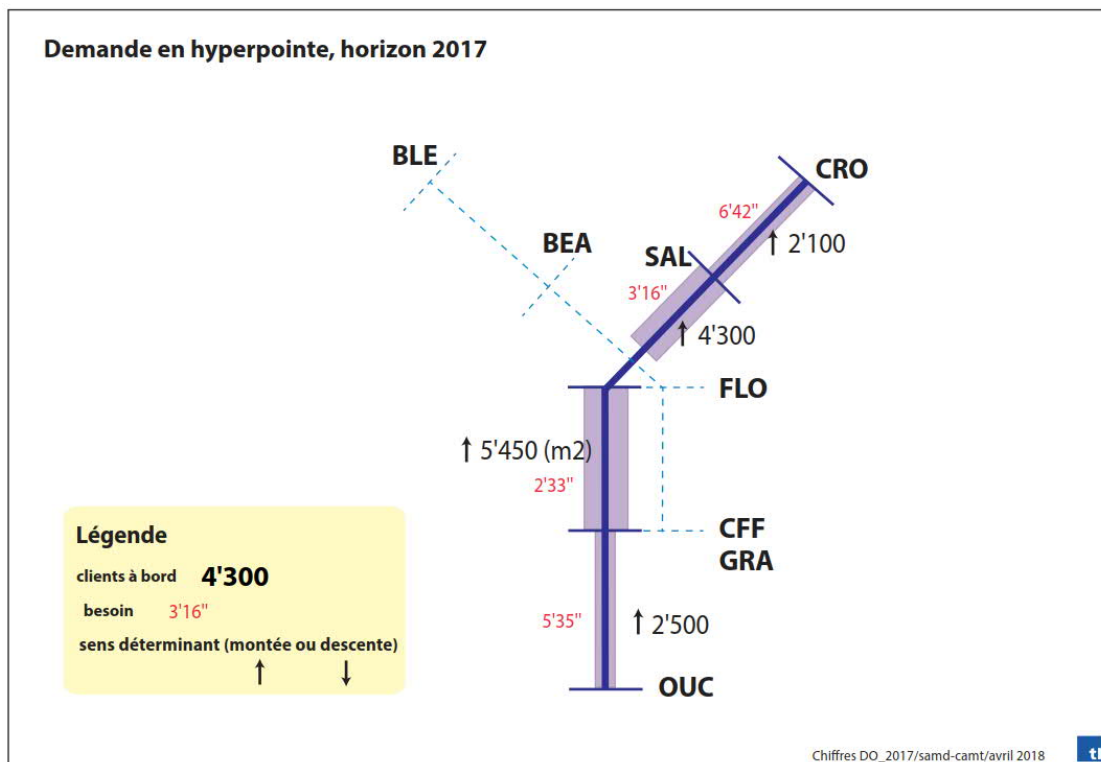
Montées et descentes à l'HPM
(7h30-8h30), par direction et arrêt,
semaine hors vacances, 2017

Direction	Arrêt	Montées	Descendues
Croisettes	OUC	472	0
	JOR	132	9
	DEL	349	23
	GRA	461	88
	CFF	3 029	224
	FLO	1 003	1 876
	RIP	555	758
	BES	300	679
	OUR	147	560
	CHU	113	1 188
	SAL	286	563
	FOU	22	344
	VEN	20	188
	CRO	0	479
Ouchy	CRO	817	0
	VEN	332	15
	FOU	207	66
	SAL	1 014	64
	CHU	200	385
	OUR	341	329
	BES	214	400
	RIP	524	393
	FLO	801	884
	CFF	248	1 713
	GRA	103	63
	DEL	16	325
	JOR	3	265
	OUC	0	146
		11 710	12 025

Fréquentation à l'heure de pointe du matin (semaine hors vacances scolaires) en 2017 :
11'710 montées par heure

**Charges en section à l'hyperpointe (extrapolée sur l'heure), par tronçon – m2, état actuel
(2017)**

- Le diagramme ci-contre présente les charges à bord déterminantes par tronçon représentatif. Ces charges sont calculées à partir de l'hyperpointe de 15' durant la pointe du matin et font office de base de calcul pour le dimensionnement.
- Il est à noter que le quart d'heure d'hyperpointe a été déterminé à partir des données de comptages de 2017 en additionnant des tranches de 5 minutes.
- Ces charges de dimensionnement seront projetées pour l'état 2030 selon la méthodologie développée précédemment.
- A l'état actuel (2017), le tronçon le plus chargé avec 5'450 pers./h est Flon-Gare CFF, qui est donc dimensionnant pour l'exploitation du métro. Une cadence de 2'33" est nécessaire (a minima) durant cette pointe pour écouler la demande.



2.2.4 Origine-destination des flux journaliers – 2016

Une analyse des flux par direction a été menée, sur la base des enquêtes origine-destination disponibles, ainsi que des Montées-descentes aux arrêts¹.

Cette analyse a principalement permis de montrer qu'en 2016 le flux Gare-Flon, représentent entre 35% et 40% de la charge à bord journalière sur ce tronçon.

Cette analyse a servi de base à la répartition des flux entre les métros m2 et m3, de l'horizon de mise en service du m3.

¹ Référence : Métros m2-m3 – expertise de prévision de trafic – Transitec, mars 2017

3 Prévvision d'évolution de la demande

3.1 Evolution de la demande à l'hyperpointe – Etat 2030

Comme mentionné au chapitre traitant de la méthodologie, l'objectif d'analyse de l'évolution de la demande à l'hyperpointe est de dimensionner l'offre future à développer durant les périodes de pointe. Pour ce faire, il est nécessaire d'estimer la charge à bord par tronçon (et par sens) pour 2030.

3.1.1 Méthode de calcul et tableau de valeurs

Le calcul de la charge à bord 2030 par direction et par sens se fait en trois étapes :

- Définition de la charge à bord actuelle – Etat 2017
- Définition et application de ratios d'évolution macroscopique par tronçon (Etape « macro »)
- Calcul et ajout des données microscopiques par tronçon (Etape « micro »)

Définition de la demande de l'état actuel (2017)

La demande de l'état actuel 2017 se base sur les voyageurs transportés (charge à bord) à l'heure de pointe (matin et soir) pour un jour de semaine hors vacances. Plus précisément, le quart d'heure d'hyperpointe a été calculé par tronçon inter-arrêt et direction, afin de considérer le maximum de la charge à bord, dimensionnant pour l'exploitation. Le quart d'heure d'hyperpointe a été déterminé à partir des données de comptages de 2017 (année complète), en additionnant des tranches de 5 minutes.

Etape « macro » - description de la méthode de calcul

En se basant sur le développement urbanistique de la région, des tendances de mobilité (report modal et évolution liées au réseau de TP global), ainsi que l'évolution du réseau, un taux d'évolution global (par tronçon et par direction) de la fréquentation de la ligne a été estimé. Pour ce faire, il a été nécessaire de découper la ligne en tronçons clés :

Métro m2 (tronçon clés)	Métros m3 (tronçons clés)
Ouchy - Lausanne Gare	Lausanne Gare – Flon
Lausanne Gare – Flon	Flon – Beaulieu
Flon – Sallaz	Beaulieu – Blécherette
Sallaz – Croisettes	

Le taux d'évolution se situe entre +15% et +40% (sur 13 ans) selon les tronçons et selon les directions (fonction du sens de la pointe, de l'attractivité des secteurs, de leur tissu bâti et leur mixité, des séquences de la ligne et des connexions avec le réseau de TP).

L'évolution prévue sur le tronçon entre la Gare de Lausanne et le Flon a fait l'objet d'une expertise détaillée², en raison notamment des prévisions de fréquentation liée au projet Léman 2030 à cet horizon et vu l'importance de ce paramètre. Dans le cadre de cette expertise, un taux d'évolution de +40% a été pris en considération entre Lausanne Gare et le Flon et reporté dans la présente méthode, le reste du doublement des voyageurs attendus en gare de Lausanne se cumulant entre 2030 et 2040.

Par ailleurs, dans le but d'affiner les résultats, les augmentations « macro » sur les tronçons ont pu être reportées (en partie) sur les tronçons suivants, en fonction de la direction et des O-D analysées pour l'état actuel.

Les potentiels d'évolution ont également été utilisés pour calculer l'évolution des « personnes à bord » entre 2017 et 2030.

Pour ce qui concerne la projection de la demande sur le m3, afin de s'adapter au fait qu'il n'existe pas de données à l'état actuel, cette dernière a été déterminée sur la base de la demande projetée sur le m2 :

- par répartition entre les deux lignes sur le corridor en commun (Gare CFF – Flon) ;
- par répartition des flux entre les deux bassins versants des lignes au-delà de ce corridor (Flon- Beaulieu) ;
- et sur l'estimation des flux générés par les développements dans le nord lausannois (étape micro / concerne le tronçon Beaulieu - Blécherette – génération de déplacements des projets sur les Plaines-du-Loup, le SDNL et le rabattement des lignes à la future interface de la Blécherette).

Etape « micro » - description de la méthode de calcul

En deuxième étape, une analyse plus fine (« micro ») de l'évolution du territoire situé à proximité directe des lignes de métro, a été menée. Pour ce faire, les étapes suivantes ont été effectuées :

- Prise en considération du développement prévu des différents secteurs ;
- Estimation du potentiel de nouveaux voyageurs en TP ;
- Affectation de ces derniers sur les lignes (sur la base des analyses O-D) ;
- Ajout de ces potentiels aux charges « à bord » précédemment calculées.

Il s'agit de développements non-compris dans la réflexion « macro » à plus large échelle, afin d'éviter de comptabiliser à double certains déplacements.

Il est à noter que de manière générale, les évolutions macroscopiques ont été appliquées aux charges à bord « état 2017 » à l'hyperpointe, qui ont été ensuite extrapolées pour avoir l'heure de pointe, à laquelle ont été ajoutées les estimations microscopiques.

L'ensemble des hypothèses pour les phases « macro » et « micro » est illustré, pour les métros m2 et m3 dans les tableaux ci-après.

² Expertise de l'HEIG-VD menée par Y. Delacrétaz : « Demande 2030 dimensionnante sur les métros automatique m2 et m3 » - HEIG-VD pour la DGMR, février 2019

Ces deux étapes permettent d'obtenir l'estimation du nombre maximal de voyageurs transportés à horizon 2030 par tronçon pour l'hyperpointe (charges à bord en personnes par heure). Il est ensuite nécessaire de diviser ces résultats par la capacité maximale des rames (env. 233 places) pour obtenir la cadence d'exploitation nécessaire pour chaque tronçon.

Estimation de la demande de dimensionnement (hypothèses et tronçons) – Etat 2030

Méto m2

			Etat 2017	Etape MACRO		Etape MICRO			Résultat	
Dir	Arrêts	15' HHP	A bord Hyperpointe (15') - descentes			A bord Heure de pointe (4*15') - descentes par heures				
			2017	Evolution MACRO	2030	2017	2030 + MACRO	Hypothèses MICRO et reports MACRO	2030 (TOTAL)	Fréquence 2030
Ouchy	CRO	07h40 - 07h55	468	23%	578	1 871	2 310	Les Fiches / Calvaires : + 400 pers./h CHUV : +300 pers./h	3 010	00:04:39
	VEN	07h15 - 07h30								
	FOU	07h50 - 08h05								
	SAL	07h40 - 07h55	770	17%	992	3 080	3 970	Les Fiches / Calvaires : + 300 pers./h	4 270	00:03:16
	CHU	07h45 - 08h00								
	OUR	07h50 - 08h05								
	BES	07h50 - 08h05								
	RIP	07h30 - 07h45								
	FLO	17h00 - 17h15	1 099	40%	1 539	4 397	6 156	-	6 156	00:02:16
	CFF	18h10 - 18h25	295	20%	354	1 181	1 417	-	1 417	00:09:52
	GRA	18h15 - 18h30								
	DEL	18h15 - 18h30								
	JOR	17h30 - 17h45								
	OUC	17h30 - 17h45								
Croisettes	OUC	07h40 - 07h55	625	40%	875	1 876	2 626	remarque : modification taux heure pointe / hyperpointe*	2 626	00:05:19
	JOR	07h55 - 08h10								
	DEL	07h45 - 08h00								
	GRA	07h45 - 08h00	1 367	40%	1 914	5 469	7 657	+ 70% evol. Macro Ouchy- Gare report L.1-3-21 : +1'300 pers./h* - 1/3 report sur m3	6 321	00:02:13
	CFF	07h55 - 08h10								
	FLO	07h40 - 07h55								
	RIP	07h55 - 08h10	1 072	4%	1 115	4 287	4 458	+ 30% evol. Macro Gare- Flon Biopôle : +500 pers./h CHUV : + 340 pers./h EHL : +120 pers./h	6 074	00:02:18
	BES	07h40 - 07h55								
	OUR	07h50 - 08h05								
	CHU	17h10 - 17h25	522	10%	574	2 086	2 295	Biopôle : +500 pers./h EHL : +300 pers./h	3 095	00:04:31
	SAL	17h25 - 17h40								
	FOU	16h25 - 16h40								
	VEN	16h30 - 16h45								
	CRO	16h30 - 16h45								

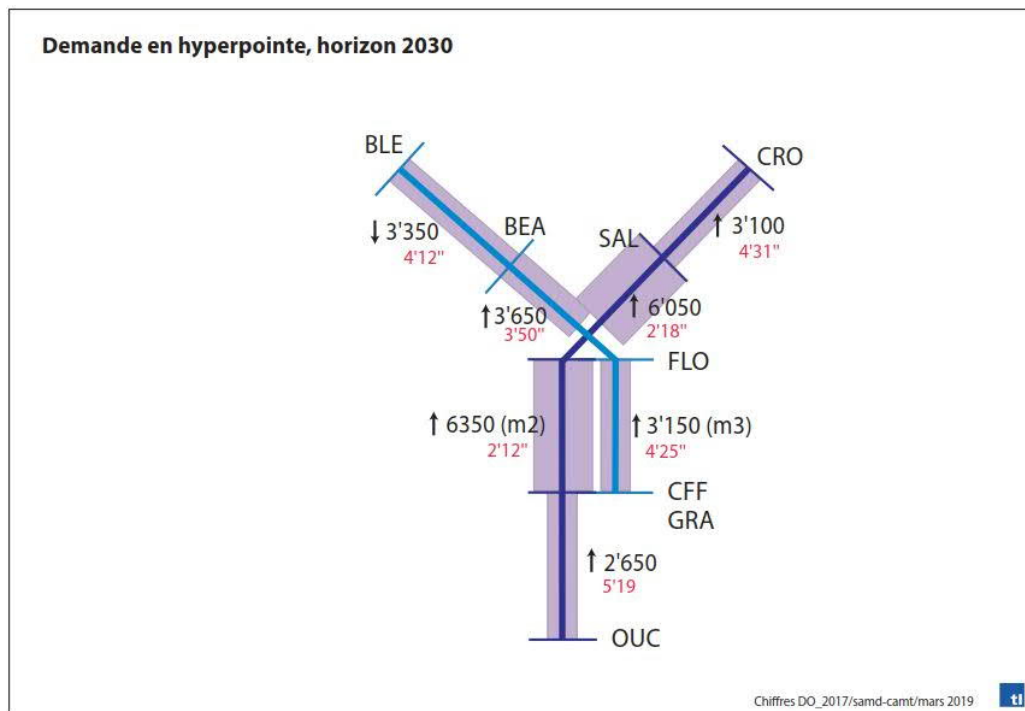
Méto m3

Tronçons	direction	Etat 2017	Etape MACRO		Etape MICRO		Résultat	
		2017	Evolution	2030	A bord Hyperpointe (15') - descentes	A bord Heure de pointe (4*15') - descentes par heure	Hypothèses	Fréquence 2030
BLE - BEA	CFF	-	-	833		Génération Plaines-du-Loup / SDNL / L60	3 333	00:04:12
FLO - BEA	BLE	-	-	911		30% charge CFF-FLON + 800 pers./h (Plaines-du-Loup)	3 645	00:03:50
CFF-FLO	BLE	-	-	790		Répartition 1/3 m3 et 2/3 m2	3 161	00:04:25

3.1.2 Résultat du scénario d'évolution 2030

La synthèse des calculs de la demande future estimée pour le dimensionnement de l'offre est illustrée sur le schéma suivant :

Charges en section à l'hyperpointe (extrapolée sur l'heure), par tronçon – m2 et m3, état 2030



En termes de demande, les principaux éléments qui ressortent de cette prévision sont les suivants :

- Sur le tronçon Flon-Gare, exploité à la fois par le m2 et le m3, la demande dimensionnante atteint 9'500 pers./h, soit l'équivalent (a minima) d'un passage de métro toutes les 90 secondes.
- La répartition des voyageurs entre le m2 et le m3 sur le tronçon Flon-Gare a fait l'objet d'une analyse³ prenant en considération les origines-destinations des déplacements de la clientèle actuelle sur le m2, les fréquences offertes sur chacune des lignes et une série de critères qualitatifs (conforts et congestion principalement). **Il en ressort que la répartition estimée est de l'ordre de 2/3 sur le métro m2 et pour 1/3 sur le métro m3.**
- Sur le m2, la demande déterminante sera d'environ 6'350 pers./h. en 2030 entre Lausanne Gare et le Flon.
- Sur le m3, le tronçon déterminant sera Flon-Beaulieu, avec une demande de l'ordre de 3'650 pers./h à l'heure de pointe.

³ Référence : Métros m2-m3 – expertise de prévision de trafic – Transitec, mars 2017

3.1.3 Evolution de la demande à l'hyperpointe par année (m2 entre 2017 et 2030)

Dans le but de pouvoir déterminer l'exploitation des métros par étapes entre 2017 et 2030, ainsi que planifier les mesures adéquates, il a été nécessaire d'analyser l'évolution de la demande à l'hyperpointe (charges à bord dimensionnantes) année par année sur le m2.

Pour ce faire, cette analyse prend en considération les principaux événements projetés (projets urbanistiques et de transports publics), permettant de pondérer l'évolution de la demande dans le temps en fonction de ces événements (augmentation plus importante liée aux effets de la mise en œuvre des projets, puis tassement des progressions entre deux réalisations comme le montre les tendances actuelles – toutefois, il est à noter que si le tassement des progressions annuelles du m2 se sont avérées réelles entre 2013 et 2015, la progression de la demande sur cette ligne est répartie à la hausse à partir de 2016 avec +3%, puis +4% en 2017).

Evolution des charges à bord par tronçon entre 2017 et 2030 (en pers./h)

Direction	Tronçons	HHP	A bord HHP*4 selon estimation		Evolution des charges à bord par tronçon - m2 - évolution par année 2017-2030 - en pers./h														
			2017	2030	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	
Ouchy	CRO-SAL	07h50 - 08h05	1 871	3 010	1 871	1 917	1 981	2 048	2 117	2 207	2 264	2 332	2 432	2 517	2 693	2 812	2 911	3 010	
	SAL-FLON	07h40 - 07h55	3 080	4 270	3 080	3 129	3 196	3 265	3 337	3 431	3 491	3 562	3 667	3 755	3 939	4 063	4 167	4 270	
	FLON-CFF	17h00 - 17h15	4 397	6 156	4 397	4 469	4 568	4 671	4 778	4 916	5 004	5 109	5 264	5 395	5 667	5 850	6 004	6 156	
	CFF-OUCHY	18h15 - 18h30	1 181	1 417	1 181	1 191	1 204	1 218	1 232	1 251	1 262	1 276	1 297	1 315	1 351	1 376	1 397	1 417	
Croisettes	OUCHY-CFF	07h45 - 08h00	1 876	2 626	1 876	1 907	1 949	1 993	2 038	2 097	2 135	2 180	2 246	2 302	2 417	2 496	2 561	2 626	
	CFF-FLON	07h55 - 08h10	5 469	9 482	5 469	5 633	5 858	6 093	6 336	6 653	6 853	7 093	7 447	7 745	8 365	8 783	9 134	9 482	
	FLON-SAL	07h40 - 07h55	4 287	6 074	4 287	4 360	4 460	4 565	4 673	4 814	4 903	5 010	5 168	5 301	5 577	5 763	5 920	6 074	
	SAL-CRO	17h10 - 17h25	2 086	3 095	2 086	2 128	2 184	2 243	2 304	2 384	2 434	2 494	2 584	2 659	2 814	2 919	3 008	3 095	

- Selon toute vraisemblance, **aux environs de 2024 le nombre de voyageurs à bord sur le tronçon entre Lausanne-Gare et le Flon dépassera le seuil de 7'000 voyageurs correspondant à la limite de capacité pour une exploitation à 2'** (limite de l'infrastructure et des systèmes actuels). A partir de cet horizon, des solutions temporaires (desserte bus notamment), en attendant la réalisation du m3, devront être envisagées.
- **La cadence à 2'10'' (dans un premier temps à l'heure de pointe du soir) a été introduite en décembre 2017 et, au vu des évolutions passées, il semble peu vraisemblable qu'elle puisse être maintenue sans aucun changement pendant une période supérieure à 7 ans.**
- Il est à noter que depuis 2008, les prévisions de fréquentation du m2 ont régulièrement été dépassées. Pour rappel, la cadence sur le tronçon central est passée de 3'10 à 2'30 en 6 ans (+20%).

3.2 Evolution de la fréquentation annuelle – Etat 2030

L'objectif de cette analyse de l'évolution de la fréquentation annuelle est de calculer les recettes potentielles futures. Pour ce faire, il est nécessaire d'estimer la fréquentation annuelle 2030 par ligne de métro.

Au même titre que pour l'évolution des charges à bord aux heures de pointe, l'analyse de la fréquentation annuelle s'est appuyée sur la méthodologie développée au chapitre 2 et, sur les expertises mentionnées dans ce chapitre pour caler les hypothèses principales.

3.2.1 Méthode de calcul

La fréquentation annuelle correspond à la somme des fréquentations journalières par type de jour multipliées par le nombre de jour à l'année.

Afin de limiter le nombre d'hypothèses et d'éviter de complexifier la méthode, le calcul de la fréquentation annuelle future s'est basé sur l'évolution de la fréquentation journalière moyenne d'un jour de semaine hors vacances (jour L), la fréquentation annuelle a été reconstituée sur cette base.

Pour reconstituer l'estimation de la fréquentation annuelle 2030, la proportion d'un jour type L par rapport aux autres types de jour a été considérée comme constante par rapport à l'état 2017.

- Ainsi, le calcul de la fréquentation annuelle 2030 a été effectué selon les étapes suivantes :
- Détermination des ratios par type de jour grâce à l'analyse de la fréquentation annuelle 2017 ;
- Etablissement de la fréquentation journalière par arrêt (jour L) – Etat 2017 ;
- Estimation de l'évolution de la fréquentation journalière d'un jour L – Horizon 2030 ;
- Définition et application de ratios d'évolution macroscopique par arrêt (Etape « macro ») ;
- Calcul et ajout des données microscopiques par arrêt (Etape « micro ») ;
- Calcul de la fréquentation annuelle 2030.

Détermination des ratios par type de jour et de la demande de l'état actuel – Etat 2017

Type de jour	Fréquentation annuelle 2017 (pers.)	Nb jour	Fréquentation journalière 2017 (pers.)	Proportion par type de jour (ratio 2017)
Jour L	19 037 713	185	102 907	1
Jour V	5 438 385	67	79 976	0.8
Jour S	3 233 522	51	62 183	0.6
Jour D	2 319 443	61	39 313	0.4
Total	30 029 064	364		

L : lundi-vendredi hors vacances / V : lundi-vendredi vacances / S : samedi / D : dimanche

Les ratios ont été déterminés :

- en décomposant la somme des fréquentations par jour type, divisée par le nombre de jour, nous donnant la fréquentation d'un jour type moyen ;
- en divisant la fréquentation moyenne d'un jour type par la fréquentation moyenne d'un jour de type L (semaine, hors vacances).

Fréquentation journalière (jour type L) – Etat 2030

La fréquentation journalière d'un jour de type L correspond à la somme des descentes par arrêt durant ce type de jour.

Au total, la fréquentation d'un jour L en 2030 est de l'ordre de 133'000 descentes/jour sur la ligne m2 et de 55'000 descentes/jour sur la ligne m3. Le résultat pour l'année 2030 est présenté dans le tableau intégré ci-après.

Etape « macro »

Dans une première étape nous avons également considéré les éléments de développement du territoire, du réseau tl et des habitudes de mobilité pour estimer un pourcentage global d'évolution entre 2017 et 2030 des montées journalières à chaque arrêt des lignes de métro.

Il est à noter que le m3 ne disposant pas de données actuelles, des hypothèses de « report » des montées par arrêts des lignes présentes sur le corridor, qui sera desservi par ce métro, ont été prises en considération (en fonction des O-D, de l'évolution des lignes et de l'attractivité du métro).

Etape « micro »

Dans un deuxième temps, nous avons repris les éléments de l'analyse « micro » concernant les développements directement liés aux métros, nous avons émis des hypothèses concernant la part modale des futurs habitants et emplois.

Par la suite, le passage des voyageurs annuels aux recettes estimées devra faire l'objet d'échanges et d'itérations sur les hypothèses à prendre en compte, en particulier sur les évolutions probables de la recette par voyageur et sur les impacts d'une nouvelle clé de répartition des recettes de la communauté tarifaire vaudoise qui sera introduite ces prochaines années.

Hypothèses et détails de calcul

L'ensemble des hypothèses pour les phases « macro » et « micro » est illustré, pour les métros m2 et m3 dans les tableaux ci-après :

Métro m2

Arrêts	Etat 2017	Etape Macro		Etape Micro		Résultat	
	Descentes - 2017	Evolution Macro	2030	Hypothèses MICRO		Descentes - 2030 (Total)	Evolution 2017-2030
CRO	5 806	8%	6 242	EHL : +600 descentes		6 842	18%
VEN	1 915	15%	2 202	Biopôle + Acquatis : +2'800 pers.		5 002	161%
FOU	2 366	5%	2 484	Quartier Les Fiches + Calvaires : +720 pers.		3 204	35%
SAL	7 991	5%	8 391			8 391	5%
CHU	7 654	12%	8 572	Nouveaux emplois au CHUV : +2'720 pers.		11 292	48%
OUR	5 115	12%	5 728			5 728	12%
BES	6 799	12%	7 615			7 615	12%
RIP	11 230	12%	12 521			12 521	12%
FLO	20 618	17%	24 041	Impact du tram et LEB sur le m2 (1/3 des mouvements actuels) : 2'034 pers.		26 075	26%
CFF	22 948	40%	32 128			32 128	40%
GRA	2 203	40%	3 084			3 084	40%
DEL	2 635	42%	3 741			3 741	42%
JOR	1 593	12%	1 784			1 784	12%
OUC	4 034	45%	5 850			5 850	45%

102 907

124 383

133 257

Métro m3

Arrêts	Etat 2017	Etape Macro			Etape Micro	Résultat
	Montées - 2017	lignes	Evolution Macro	2030	Hypothèses MICRO	Montées - 2030 (TOTAL)
Blécherette	1 353	1 - 21	0%	1 353	Nouveau tracé ligne 60 : +2'400 pers.	3 753
Plaines du loup	1 275	1	0%	1 275	Nouveau quartier Plaines du Loup : +8'575 pers.	9 850
Casernes	1 668	1-3	50%	2 503		2 503
Beaulieu	869	3-21	50%	1 303		1 303
Chauderon	3 512	3-21	50%	5 269	Impact nouveau quartier Plaines du Loup : +2'860 pers.	8 127
Flon	2 315	1	50%	3 473	Transbordements m2-m3 + impact nouveau quartier Plaines du Loup : +9'375 pers.	12 850
Lausanne-Gare	7 439	1-3-21	90%	14 135	Impact nouveau quartier Plaines du Loup : +2'860 pers.	16 993

18 432

29 310

55 379

Afin d'évaluer la fréquentation du m3, nous avons estimé par arrêt et sur la base de la fréquentation journalière des lignes actuelles (L1, L3, L21), le potentiel de voyageurs susceptibles d'emprunter le m3.

Calcul de la fréquentation annuelle 2030

Comme mentionné en introduction, le calcul de la fréquentation annuelle 2030 a été fait en extrapolant un jour de type L à l'année, en maintenant une proportion entre les jours de type L-V-S-D équivalente à la proportion actuelle (2017 pour le m2, basé sur les données de la ligne, 2017 pour le m3, basé sur les données des lignes 1-3-21).

Les tableaux ci-dessous illustrent les données détaillées utilisées pour le calcul de la fréquentation pour le m2 et pour le m3 :

m2 Type de jour	Proportion par type de jour (ratio 2017)	Fréquentation journalière 2030 (pers.)	Nb jours	Fréquentation annuelle 2030 (pers.)
Jour L	1	133'257	185	24'652'516
Jour V	0.8	103'564	67	6'938'767
Jour S	0.6	80'523	51	4'106'664
Jour D	0.4	50'907	61	3'105'332
		Total	364	38'803'279

m3 Type de jour	Proportion par type de jour (ratio 2017)	Fréquentation journalière 2030 (pers.)	Nb jour	Fréquentation annuelle 2030 (pers.)
Jour L	1	55'379	185	10'245'061
Jour V	0.8	41'801	67	2'800'656
Jour S	0.6	33'129	51	1'689'581
Jour D	0.4	24'680	61	1'505'501
		Total	364	16'240'798

3.2.2 Résultats : Fréquentation 2030 et évolution 2017-2030

Le tableau ci-dessous présente la fréquentation estimée à horizon 2030 pour le m2 et le m3.

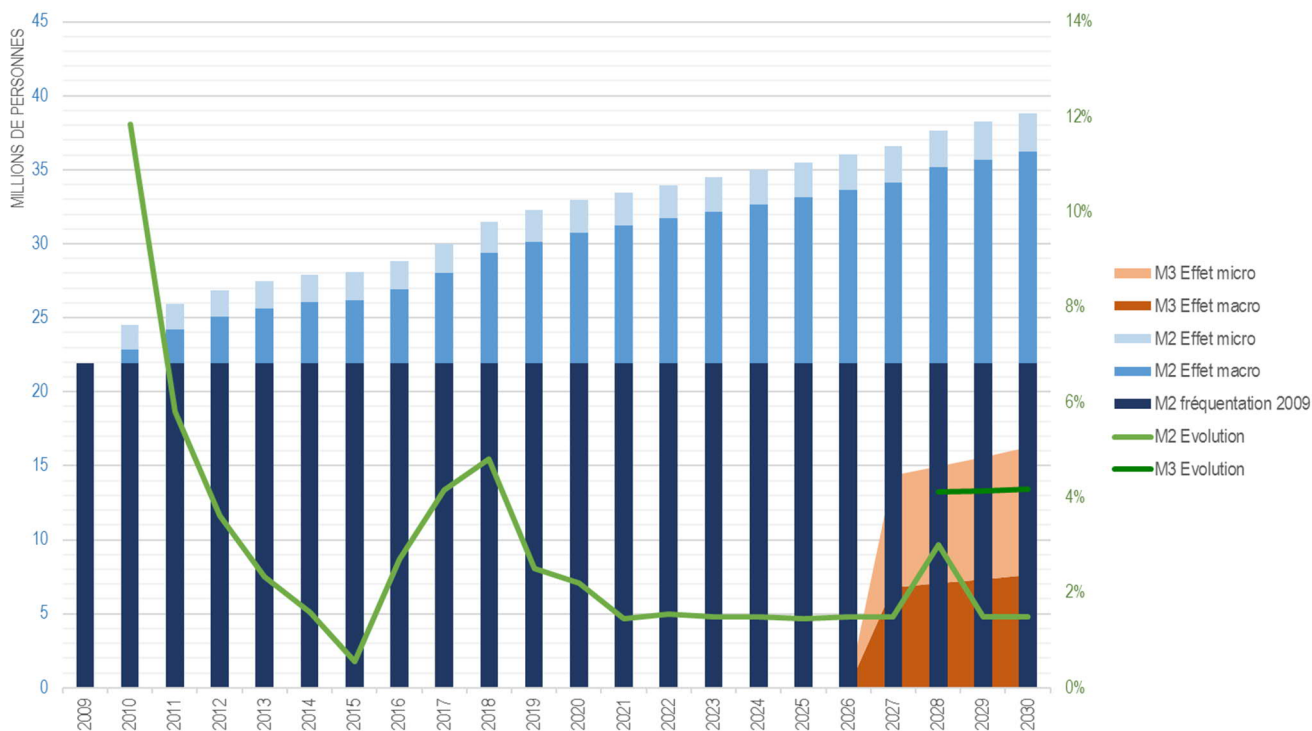
	2017	2030 (estimation)	Evolution (%)
m2	30'029'064	38'800'000	+30%
m3		16'300'000	

Le graphique ci-après illustre la fréquentation annuelle estimée pour la période 2017-2030 (2027-2030 pour le métro m3).

Les taux d'évolution annuelle ont été déterminés sur la base :

- des tendances relevées ces dernières années sur le m2 et durant les premières années de sa mise en service ;
- de la fréquentation annuelle estimée sur chacune des lignes de métro pour 2030 ;
- des principaux évènements projetés (projets urbanistiques et de transports publics), permettant de pondérer l'évolution de la demande dans le temps en fonction de ces évènements

Evolution de la fréquentation du m2-m3, 2009-2030

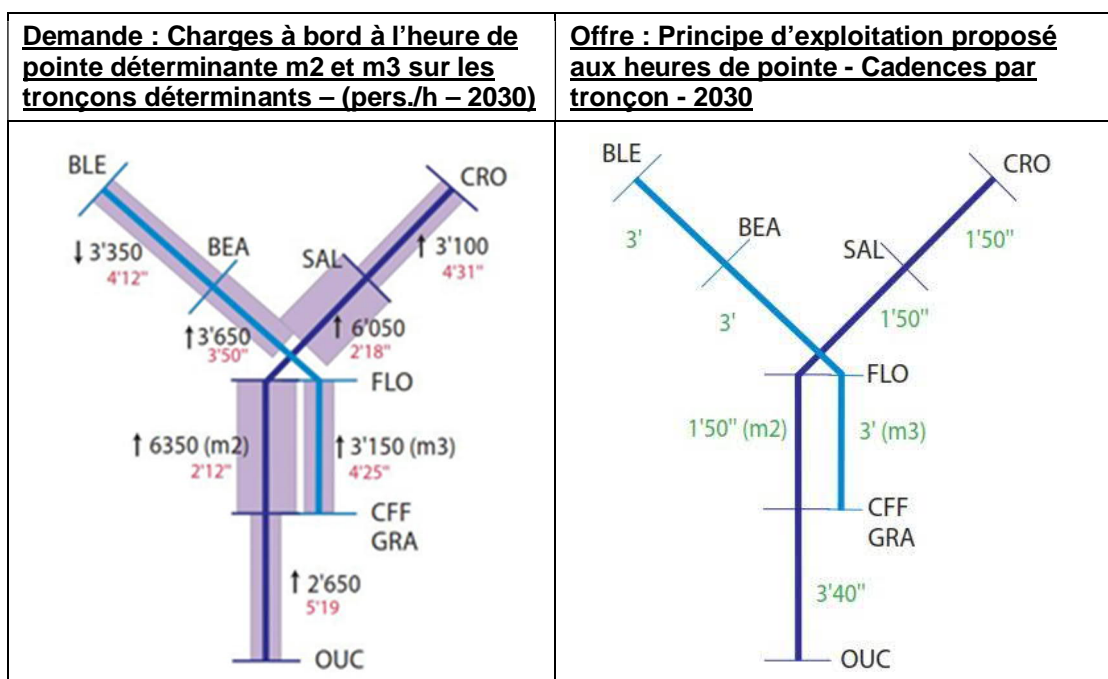


4 Scénarios d'exploitation m2-m3 en fonction de l'évolution de la demande

L'objectif de ce chapitre est de mettre en perspective les besoins liés à la demande avec les scénarios d'exploitation envisageables pour l'horizon 2030, qui répondent à ces besoins, et ainsi de mettre en exergue les évolutions nécessaires des systèmes et infrastructures des métros dans le temps. Pour compléter cette analyse, les enjeux à plus long terme sont également évoqués.

Nota : Les principes d'exploitation proposés sont issus des pré-études d'exploitation (tl – 2016), qui ont été élaborées sur la base des tracés de l'avant-projet d'optimisation m2-m3 de 2014 et le PAP CFF 2015 Gare de Lausanne, notamment pour ce qui concerne les limites de fréquences à atteindre.

4.1 Etat 2030 : Horizon des réflexions



Pour répondre aux besoins estimés pour l'état 2030 à l'heure de pointe déterminante, il est proposé d'exploiter :

- le m3, de Lausanne-Gare à la Blécherette, à une cadence de 3' ;
- le m2, sous la forme de deux carrousels imbriqués :
 - de Lausanne-Gare aux Croisettes à une cadence de 3'40'' ;
 - de Ouchy aux Croisettes à une cadence de 3'40''

ce qui permet d'exploiter le tronçon Lausanne Gare-Flon-Sallaz à une cadence de 1'50''.

Pour atteindre ces cadencements, et les faire évoluer les années suivantes, il sera nécessaire d'adapter la ligne de métro m2, avec les mesures suivantes :

- **Migration du métro m2 sur de nouveaux automatismes.**
- **Création d'une double voie au niveau de Lausanne Gare.**
- **Création d'une nouvelle arrière-gare au niveau du terminus de Croisettes.**

Il est important de noter les éléments suivants concernant l'exploitation du tronçon Grancy-Ouchy. Toutes les solutions d'exploitation des métros sur ce tronçon ont été étudiées, notamment :

- une **exploitation combinée du m2 et m3 aux heures de pointe**. Toutefois cette variante a été écartée car la combinaison des deux lignes sur ce tronçon (Lausanne-Gare - Ouchy) ne permet pas de descendre en dessous d'une cadence de 2'20" (limite de rebroussement à Ouchy), ce qui contraindrait l'exploitation du m2 et du m3 à 4'40". Par ailleurs cette combinaison fragilise l'horaire du réseau et les perturbations en n'importe quel point de la ligne se propagent à l'ensemble des deux lignes ;
- une **exploitation du m3 seul**. Cette variante n'a pas été retenue car elle impliquerait des changements d'habitude importants (transbordements au Flon à l'heure de pointe, non souhaitables du point de vue des flux piétonniers) sur les trajets entre Ouchy et les emplois du nord de Lausanne (notamment CHUV et Biopôle). En revanche, ce scénario pourrait être utilisé en cas de perturbations de la ligne m2, et, il pourra être réexaminé dans une perspective post 2030 en alternative avec une modification des infrastructures à Ouchy, permettant d'atteindre des fréquences inférieures à 1'30" sur l'ensemble de la ligne m2 ;
- une exploitation du m2 seul, sur un carrousel Ouchy-Sallaz. Toutefois, cette variante a été écartée pour des raisons de faisabilité technique et de cohérence avec la demande sur le tronçon sud (le temps de retournement du métro à Sallaz ne permet pas de descendre la cadence en dessous de 2') ;
- l'**exploitation du m2 seul**, qui a été retenue, ainsi l'adaptation de la cadence proposée sur ce tronçon nécessite le maintien de deux carrousels, cadencés à 4'.

4.1.1 Au-delà de 2030 : Demande 2040 et limites techniques

Compte tenu des besoins estimés dans le présent rapport et du principe d'exploitation proposé pour 2030, il s'avère nécessaire de faire une analyse à plus long terme comparant les tendances potentielles d'évolution de la demande sur les métros, avec les limites techniques (capacité maximale de transport) de ces deux lignes.

Dans ce sens, l'analyse ci-après permet d'établir plusieurs constats pour les métros m2 et m3 quant à leur réserve de capacité à plus long terme et la capacité de transport que le système doit atteindre au-delà de 2030.

4.1.2 Métro m2

- **Evolution du besoin entre 2030 et 2040** : selon l'expertise menée par l'HEIG-VD, les augmentations de fréquentation liées à l'agrandissement de la gare de Lausanne (CFF) s'étaleront entre 2030 et 2040. **Sur cette base, la demande sur le tronçon Gare Lausanne – Flon pourrait atteindre environ 12'000 pers./h en 2040, dont 8'000 pers./h. sur le métro m2.** Cette augmentation représente une évolution annuelle de l'ordre de +2%/an (sur 10 ans) et correspond une cadence théorique nécessaire de l'ordre de 1'45".
- **A cet horizon la limite d'exploitation du m2 sur Lausanne-Gare – Croisettes devra être à minima de 90" avec l'infrastructure et les systèmes (hors besoins en matériel roulant) qui seront mis en œuvre en 2030** (migration du m2 sur des nouveaux automatismes, arrière-gare Croisettes et double-voie sous la gare de Lausanne).
- En effet, la réserve de capacité sur le tronçon dimensionnant à l'heure de pointe déterminante du m2 après 2040 sera limitée, de l'ordre de 1'300 pers./h, soit d'environ 10% à 15%⁴. Une marge de l'ordre de 5-7 ans peut être estimée pour atteindre la saturation.
- Dans le cas où les estimations faites ci-dessus venaient à se confirmer, les principales pistes permettant d'accroître la capacité du système sont les suivantes :
 - **Modification de l'exploitation des métros** avec une exploitation du tronçon Ouchy-Gare par le m3 (avec une cohérence des cadences le long de la ligne, par rapport aux besoins) et une exploitation du m2 sur Croisettes-Gare, permettant d'atteindre une cadence sur le m2 proche de 85", ceci à la condition que les contraintes de tracé le permettent.
 - **Reconfiguration du terminus d'Ouchy** pour passer en dessous d'une exploitation possible à une cadence de 1'30".

⁴ La réserve de capacité (à l'heure de pointe déterminante) correspond au rapport entre la capacité offerte (nombre de train / heure
* 233 places par train – soit environ 9'300 pers./h pour une cadence de 90") et la demande potentielle (ici environ 8'000 pers./h)

4.1.3 Métro m3

- **Evolution du besoin entre 2030 et 2040** : selon l'expertise menée par l'HEIG-VD, les augmentations de fréquentation liées à l'agrandissement de la gare de Lausanne (CFF) s'étaleront entre 2030 et 2040. **Sur cette base, la demande sur le tronçon Flon-Beaulieu pourrait atteindre environ 4'600 pers./h en 2040.** Cette augmentation représente une évolution annuelle de l'ordre de +2%/an (sur 10 ans) et correspond une cadence théorique nécessaire de l'ordre de 3'.
- **La limite maximale d'exploitation du m3 à long terme sur Blécherette-Gare devrait être de l'ordre de 110".** Afin d'établir une première stratégie d'évolution potentielle de l'infrastructure sur le long terme et évaluer d'ores et déjà ses limites, une analyse croisant l'évolution de la fréquentation durant la période déterminante et le besoin en cadencement a été menée. Les principales conclusions de ces analyses sont les suivants :
- A l'horizon 2030, la réserve de capacité sur le tronçon dimensionnant du m3 (Flon-Beaulieu) et durant la période déterminante, par rapport à une exploitation à 2 minutes, est de l'ordre de 3'000 pers./h, soit de l'ordre de 45%.
 - A l'horizon 2040, si les tendances se confirment, cette réserve sera de l'ordre 30-35%.
 - A plus long terme, si l'évolution de la fréquentation aux heures de pointe se maintient en moyenne à +2%/an, la réserve de capacité avant saturation avec une cadence de 110" pourrait durer 15 à 20 ans supplémentaires.

6 Glossaire

TJM = Trafic journalier moyen (référence : descentes)

L = Jours de semaine hors vacances

V = Jours de semaine vacances

S = Samedi

D = Dimanche

FCIII = 3^{ème} forecast (prévision) de l'année

HP = Heure de pointe

HHP = Hyperpointe (15')

CBTC = Communication Based Train Control = système d'exploitation métro

ARG = Arrière Gare

AVG = Avant Gare

MES = Mise en service