

## 12 Annexes générales

### 12.1 Annexe 1 : Modèle d'analyse de la demande

#### 12.1.1 Introduction

Le logiciel d'évaluation de la demande TTK, programmé sur EXCEL, est basé sur le modèle multimodal d'évaluation de la demande adopté comme modèle de référence dans l'évaluation standardisée allemande. Cette évaluation est dite standardisée dans la mesure où, dans toute l'Allemagne, ses résultats conditionnent l'obtention de subventions publiques pour un projet de transport collectif. Le modèle utilisé est transparent et connu de tous. Ses paramètres sont calés sur 20 ans d'expérience de planification et mise en service de projets de transport public.

Dans ce modèle, les critères suivants sont pris en compte pour évaluer l'augmentation de la part modale "Transport Collectif" (TC) :

- ▶ la réduction du temps de parcours TC par rapport au temps de déplacement en véhicule particulier (VP) ;
- ▶ la réduction du nombre de correspondances ;
- ▶ l'augmentation du nombre de services par jour ;
- ▶ l'augmentation de la part du voyage en tramway.

Le logiciel d'évaluation de la demande TTK, programmé sur EXCEL, effectue une analyse en 6 étapes :

1. entrée de la matrice "Origine/Destination" (O/D) de base ;
2. actualisation des données pour obtenir la matrice O/D de référence ;
3. sélection, sur la matrice O/D de référence, des données sur les relations O/D à modéliser ;
4. entrée des données de l'offre dans les scénarios référence et projet pour chaque O/D modélisée ;
5. évaluation de la demande "projet" ;
6. affectation de la demande sur le projet.

Les paragraphes suivants illustrent l'application de ce modèle au cas de STRASBOURG pour la ligne/tram "D" et le BHNS : Les étapes 1 et 2 consistent à construire la matrice de référence. L'étape 3 consiste à choisir les O/D à modéliser. L'étape 4 suppose d'avoir précisé les réseaux transport collectif en référence et projet qui servent de base aux données d'entrée du modèle. L'étape 5 obéit au modèle de l'évaluation standardisée allemande. L'étape 6 conduit aux données de sortie du modèle pour chaque O/D modélisée.

#### 12.1.2 Construction de la matrice de référence

Pour la présente étude, la matrice OD utilisée est la matrice "origine - destination" présentée dans la suite. Elle se présente sous forme d'une matrice des niveaux de déplacements par jour ouvrable vers d'autres secteurs de la CUS sur le secteur desservi par le prolongement de la ligne "D" du tramway, à savoir le secteur de Cronenbourg à partir :

- ▶ de l'analyse de l'Enquête Ménage Déplacements (EMD) disponible ;
- ▶ de recalages des données VP avec les comptages routiers à disposition (2008) ;
- ▶ de recalages de ces données transport collectif avec les comptages CTS à disposition.

Dans cette matrice la zone Cronenbourg a été étendue pour englober E3 jusqu'à la Chambre des Métiers : les flux des déplacements de cette partie ont été estimés pour le total "VP+transport collectif" au prorata de la population et des emplois de la zone et pour les trafics transport collectif recalés aussi à partir des comptages CTS disponibles.

L'évaluation conduit donc à prévoir les effets sur la clientèle de la mise en service du projet tramway par rapport à la situation de référence.

Les résultats sont synthétisés dans le tableau ci-dessous et illustrés par la carte ci-après.

	Destination + Provenance	TC	VP	TOT	PART TC/TOT
Cronenbourg	Bischoheim	213	2.352	2.565	8,31%
	Hoehnheim-Robertsau	1.247	4.473	5.721	21,80%
	Illkirch-Baggerssee	591	1.109	1.700	34,76%
	Lingolsheim-Oswald-Montagne Verte	567	1.504	2.071	27,37%
	Neuhof - Neudorf	1.111	3.641	4.752	23,38%
	Schiltigheim	1.385	8.730	10.116	13,69%
	Strasbourg - Koenigshoffen	761	4.030	4.791	15,89%
	Strasbourg - Cronenbourg INTERNE	4.055	13.033	17.087	23,73%
	Strasbourg - Elsaue-Melnau	1.656	4.261	5.917	27,98%
	Strasbourg - Hautepierre	1.526	11.313	12.839	11,88%
	Espanade	1.846	2.975	4.821	38,29%
	Etoile Polygone	414	668	1.082	38,29%
	Porte de l'Hopital	1.190	1.919	3.109	38,29%
	Centre Ville	2.508	4.043	6.551	38,29%
	Gare-LesHalles	1.587	2.558	4.145	38,29%
Strasbourg Parlement-Orangerie	2.239	5.192	7.431	30,13%	
<b>TOTAL</b>	<b>22.897</b>	<b>71.801</b>	<b>94.698</b>	<b>24,18%</b>	

Tableau 77 : Flux journaliers 2 sens entre Strasbourg - Cronenbourg et les autres secteurs EMD de la CUS

Le Centre représenté sur la carte a été désagrégé en 5 sous-zones (Espanade, Etoile Polygone, Porte de l'Hôpital, Centre Ville et Gare/Les Halles) : sur la base de l'analyse de part modale sur d'autres secteurs de la CUS et de l'analyse de projets et contextes similaires pour ces sous-zones, la part modale a été bornée au dessous de 50% et recalée sur les valeurs des autres zones. Cette valeur maximale pour les déplacements entre Cronenbourg et le « Centre » est tout-à-fait plausible compte tenu de la structure fortement radiale du réseau existant qui favorise les déplacements en transports collectifs vers le centre de l'agglomération strasbourgeoise.

Les déplacements supplémentaires pour les projets sont calculés sur des valeurs de trafic à l'horizon 2010.

### 12.1.3 Sélection des O/D sensibles au projet

Chaque projet étudié apporte des variations des conditions de déplacement sur des relations O/D du corridor d'analyse qu'il s'agit de sélectionner. Cette sélection vise à réduire le champ de la modélisation de la demande aux seules relations O/D sensibles au projet (par opposition aux autres relations O/D pour lesquelles le projet est neutre). Par ailleurs, si l'analyse amène à constater que le projet produit des effets quasi-identiques pour plusieurs O/D, celles-ci peuvent être agrégées en une seule.

Les relations entre le secteur d'étude « Cronenbourg » considérées en priorité sont celles avec les zones intéressées par le nombre de déplacements le plus élevé et qui pourraient bénéficier le plus directement de l'extension du tramway. Elles sont les suivantes (dans les deux sens) :

Relation considérée	
Cronenbourg	Cronenbourg
Cronenbourg	Centre ville
Cronenbourg	Hautepierre
Cronenbourg	Parlement/Orangerie
Cronenbourg	Neuhof
Cronenbourg	Elsau/Meinau

Tableau 78 : Relations considérées lors de la modélisation

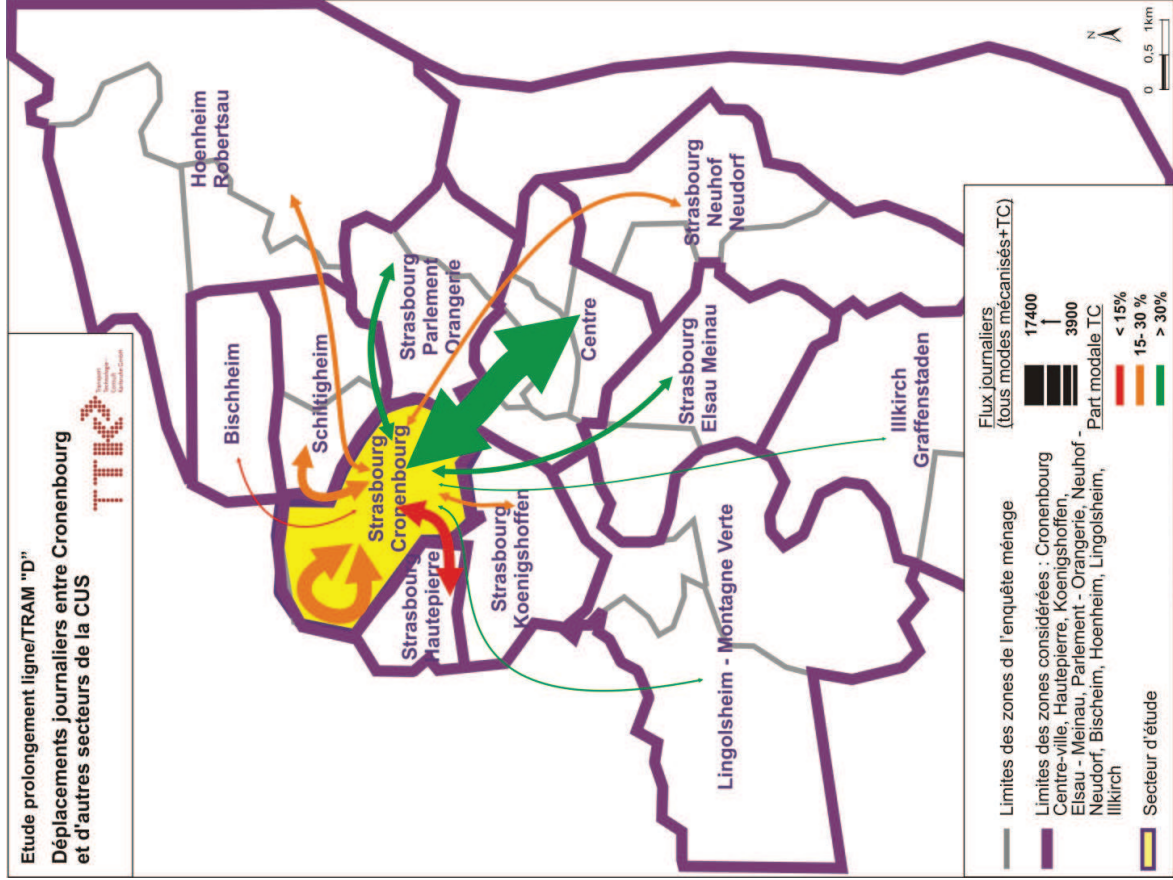


Figure 378 : Déplacements journaliers entre Cronenbourg et les autres secteurs de la CUS

### 12.1.4 Construction des réseaux transport collectif sans et avec projet

Les réseaux transport collectif sans et avec projet servent de base à l'évaluation de la demande :

- ▶ sans projet : réseau de référence ;
- ▶ avec projet : réseau restructuré.

Le réseau modélisé est constitué d'arcs de liaison entre les zones concernées par les O/D sensibles au projet. Pour chaque arc, est spécifié avec et sans projet :

- ▶ le mode (tram ou bus, ou "panaché" en cas d'offre multiple sur un même arc) ;
- ▶ le nombre de services par jour ouvrable (d'après horaires ou prévisions d'horaires) ;
- ▶ le temps de trajet transport collectif "HP" (d'après horaires ou prévisions d'horaires) ;
- ▶ le temps de trajet VP.

Le scénario de référence est le scénario de service actuel, pour le projet une première hypothèse de 160 services par jour analogue au nombre des services sur la ligne/tram "D" actuelle (source CTS 2009) a été retenue.

Pour le BHNS une première hypothèse de service avec fréquence de 7,5 min en HP entre la Gare Centrale et la Chambre des Métiers a été jugée pertinente, compte tenu de la densité du secteur et du fait que les lignes/bus fortes (lignes/bus n°19 redéployée et 17) permettent de compléter la desserte.

Le réseau transport collectif restructuré pour chaque scénario évalué est présenté dans le chapitre éponyme de la Phase 2 de l'étude. Pour le scénario ligne/tram "D" (V3) + BHNS/2 il a été possible d'identifier déjà un scénario transport collectif où la ligne/bus n°19 sera supprimée.

### 12.1.5 Critères

Les critères pris en considération pour caractériser chaque O/D sont :

- ▶ le nombre de correspondance nécessaires pour effectuer le déplacement ;
- ▶ le temps de parcours.

Si une O/D peut être définie par plusieurs chemins, dont l'un est sans correspondance et avec un temps de parcours plus long qu'un chemin avec correspondance, le premier serait retenu pour la modélisation.

### 12.1.6 Evaluation de la demande

Pour chaque O/D modélisée, l'évaluation s'appuie ainsi sur :

- ▶ le nombre de déplacements VP par jour ouvrable pour la situation de référence<sup>1</sup> ;
- ▶ le temps HP moyen<sup>2</sup> de déplacement VP sur la relation<sup>3</sup>, qui est supposé inchangé par le projet ;

<sup>1</sup> d'après la matrice de base

- ▶ le nombre de déplacements TC par jour ouvrable pour la situation de référence<sup>1</sup> ;

et pour les 2 situations sans et avec projet :

- ▶ le temps HP moyen<sup>2</sup> de déplacement TC sur la relation<sup>4,5</sup> ;
- ▶ le nombre moyen<sup>2</sup> de correspondances pour un déplacement TC sur la relation<sup>4</sup> ;
- ▶ le nombre moyen<sup>2</sup> de services par jour ouvrable<sup>4</sup> ;
- ▶ la part moyenne<sup>2</sup> de déplacements en mode tramway sur la relation<sup>4</sup> ;

Le nombre de déplacements entre les zones "Origines" i et les zones "Destinations" j modélisées s'écrit pour les modes transport collectif et VP de la façon suivante:

$$D_{ij,modal(r)} = D_{ij,TC(r)} + D_{ij,TM(r)}$$

$$D_{ij,modal(p)} = D_{ij,TC(p)} + D_{ij,TC,ind} + D_{ij,TM(p)}$$

Avec r : référence ; p : projet ; \* : hors trafic induit ; ind : trafic induit par le projet.

Le modèle calcule le nombre total de déplacements TC avec le projet en deux étapes :

1. le nombre de déplacements transport collectif projet hors trafic induit  $D_{ij,TC(p)}^*$  (qui évolue en fonction du report modal VP vers transport collectif),
2. le nombre de déplacements TC induits  $D_{ij,TC,ind}$ .

1 Calcul de  $D_{ij,TC(p)}^*$

Pour chaque OD ij, les parts modales de référence (r) et projet (p) s'écrivent :

$$a_{ij,TC(r)} = \frac{D_{ij,TC(r)}}{D_{ij,modal(r)}} \quad \text{et} \quad a_{ij,TC(p)} = \frac{D_{ij,TC(p)}^*}{D_{ij,modal(r)}}$$

La variation de la part modale sur l'O/D ij est donnée par :

$$\Delta a_{ij,TC} = a_{ij,TC(p)} - a_{ij,TC(r)} = \frac{1}{1 + e^{\frac{(2,6-1,7) \cdot \frac{t_{ij,TM}}{t_{ij,TC(p)}} + 0,4 \cdot C_{ij(p)} - 0,008 \cdot F_{ij(p)} - 0,3 \cdot M_{ij(p)}}{t_{ij,TC(p)}}}} - \frac{1}{1 + e^{\frac{(2,6-1,7) \cdot \frac{t_{ij,TM}}{t_{ij,TC(r)}} + 0,4 \cdot C_{ij(r)} - 0,008 \cdot F_{ij(r)} - 0,3 \cdot M_{ij(r)}}{t_{ij,TC(r)}}}}$$

<sup>2</sup> moyen car les cellules ont généralement une taille telle que plusieurs chemins sont possibles pour une même OD

<sup>3</sup> d'après des données ou hypothèses vraisemblables de vitesses de circulation HP sur le réseau de voirie

<sup>4</sup> d'après les hypothèses de réseaux de référence et restructuré

<sup>5</sup> le temps de déplacement est pris comme la somme :

- du temps d'accès Origine - stations et stations - Destination ;
- du temps moyen d'attente aux stations (moitié de l'intervalle de desserte, réduit d'un tiers si offre cadencée) ;
- du temps de correspondance s'il y a lieu.

Où on a respectivement pour les situations projet (p) et référence (r) :

- $\frac{t_{j,ind}}{t_{j,TC(p)}}$  et  $\frac{t_{j,ind}}{t_{j,TC(r)}}$  : rapports temps VP / temps TC à l'HP ;
- $C_{j(p)}$  et  $C_{j(r)}$  : nombres de correspondances ;
- $F_{j(p)}$  et  $F_{j(r)}$  : fréquences des services par jour ouvrable ;
- $T_{j(p)}$  et  $T_{j(r)}$  : parts du déplacement effectuée en tramway (ou train).

Le modèle obtient alors le nombre de déplacements TC avec projet hors trafic induit :

$$D_{ij,TC(p)}^* = a_{ij,TC(p)} \bullet D_{j,ind(r)} + (a_{ij,TC(r)} + \Delta a_{ij,TC}) \bullet D_{j,ind(r)} = D_{ij,TC(r)} + \Delta a_{ij,TC} \bullet D_{j,ind(r)}$$

## 2 Calcul de $D_{ij,TC,ind}$

Le nombre de déplacements induits sur l'O/D ij est donné par :

$$D_{ij,TC,ind} = \frac{D_{ij,TC(r)} \bullet (t_{ij,TC(r)} - t_{ij,TC(p)})}{t_{ij,TC(p)}}$$

Le modèle obtient alors le nombre total de déplacements TC avec projet :

$$D_{ij,TC(p)}^* = D_{ij,TC(p)} + D_{ij,TC,ind}$$

### 12.1.7 Données de sortie

- ▶ Pour chaque O/D sensible au projet,
  - ▶ pour des regroupements d'O/D ;
  - ▶ pour le total des O/D considérées,
- le modèle TTK fournit les données agrégées suivantes, relatives au projet par rapport à la situation de référence :
- ▶ nombre de déplacements par jour se reportant des VP aux TC (ou nombre de déplacements VP évités) ;
  - ▶ nombre de déplacements TC nouveaux.

Le nombre de déplacements TC sur le projet est déduit d'une affectation de la demande des différentes relations O/D modélisées sur l'arc ou est réalisé le projet.

## 12.2 Annexe 2 : Note sur Exploitation du réseau global tramway de Strasbourg à l'horizon 2015/2016

### 12.2.1 Introduction

Dans le cadre des études de définition réalisées par TTK, le maître d'ouvrage CUS a demandé une analyse spécifique globale et cohérente sur l'exploitation du réseau tramway à l'horizon 2015/2016 avec mise en service successive des extensions projetées à moyen terme, suite aux études de définition des extensions :

- ▶ de la ligne/tram "A" vers l'Ouest (Hautepierre-Zénith/Poteries, horizon 2014) ;
- ▶ de la ligne/tram "D" vers l'Est (Port du Rhin, KEHL, horizon 2015) ;
- ▶ de la ligne/tram "A" vers le Sud (ILLKIRCH, horizon 2016).

L'élaboration du programme d'exploitation est cohérente avec d'autres prolongements qui pourraient être réalisés postérieurement à 2016 ainsi qu'avec le TRAM-TRAIN.

### 12.2.2 Analyse de l'exploitation globale

#### 12.2.2.1 Réseau de référence

Le réseau de référence de l'analyse est le réseau actuel complété de la mise en service de la ligne de surface vers la Gare centrale de STRASBOURG, dont l'exploitation est prévue par la ligne/tram "C" d'une part et une ligne/tram "G" vers Robertsau à 2 services / heure. Les données caractéristiques du réseau 2011 sont précisées dans les tableaux ci-après (parc en ligne : besoin dimensionnant aux HP) :

Réseau 2010	longueur	services/j	parc en ligne	km/jour
Ligne A	12,7	174	19	4.420
Ligne B	14,7	163	18	4.792
Ligne C	10,4	175	18	3.640
Ligne D	5,6	160	9	1.792
Ligne E	10,6	158,5	13	3.360
<b>total</b>			<b>77</b>	<b>18.004</b>

Tableau 79 : Données réseau actuel

Réseau 2011	longueur	services/j	parc en ligne	km/jour
Ligne A	12,7	174	19	4.420
Ligne B	14,7	175	20	5.145
Ligne C	8,4	163	13	2.738
Ligne D	5,6	160	9	1.792
Ligne E	10,6	158,5	13	3.360
Ligne F	5,7	102	7	1.163
Ligne G	5,2	34	2	354
<b>total</b>			<b>83</b>	<b>18.972</b>

Tableau 80 : Données réseau 2011 de référence

Aux HC, le parc en ligne est réduit respectivement à 68 (actuel) et 74 (2011), soit un retour aux dépôts de 9 rames.

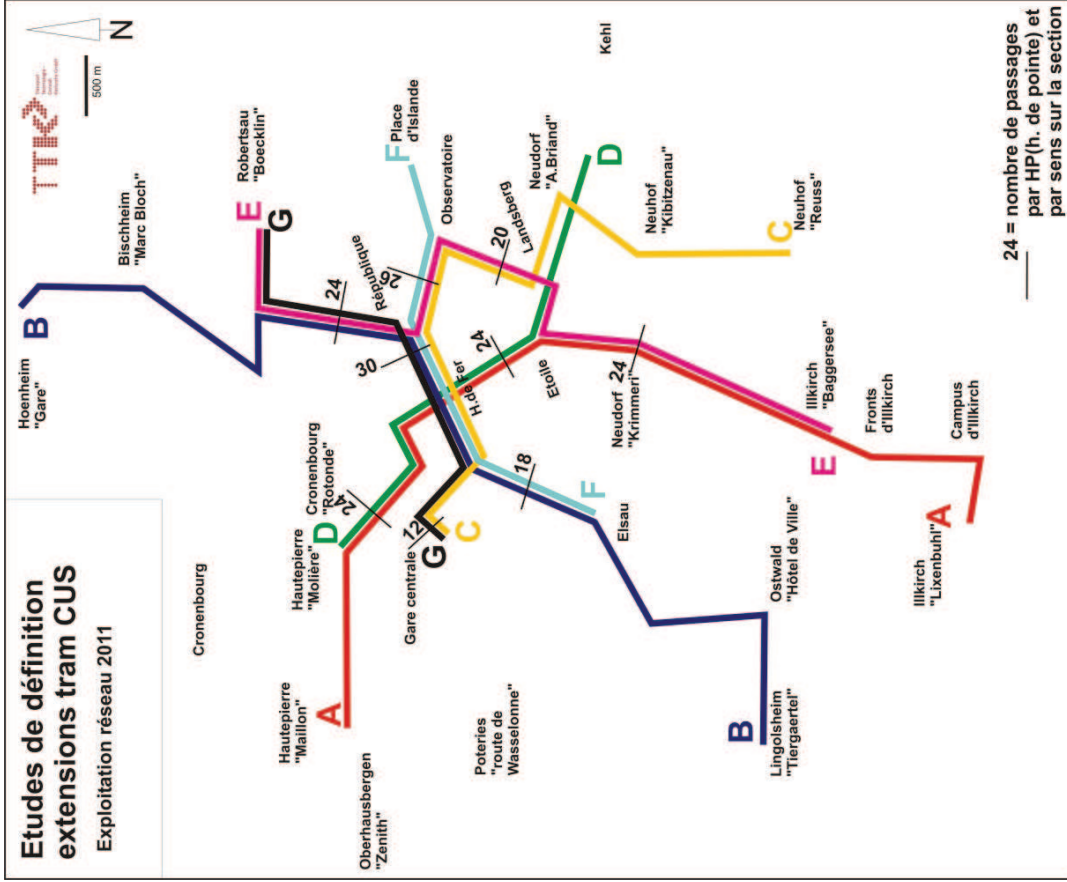


Figure 379 : Schéma d'exploitation 2011 avec restructuration ligne "C" et nouvelles lignes "F" / "G"

### 12.2.2.2 Problématique et scénarios

Les différentes études de définition ont identifié pour les prolongements 2 exploitations possibles :

- ▶ prolongements de lignes entières : scénario « lignes fortes » ;
- ▶ restructuration du réseau avec cadencement : l'idée de prolonger des demi-lignes en fourche, plus économique, a été examinée, mais elle s'est révélée inadaptée aux besoins ce qui a conduit à développer un scénario « réseau cadencé », comme expliqué ci-après.

#### Du scénario demi-ligne inadapté au scénario de cadencement

Du fait d'une part de la fréquence peu attractive de 12min sur une demi-ligne et d'autre part de problèmes de charges (saturation des troncs communs prolongés en « demi-lignes »), l'analyse a conduit à élaborer une option de cadencement des lignes concernées par les prolongements (lignes/tram "A" et "D") sur une base 5/10min, soit une offre constante de 10min sur chaque branche, en recomposant les lignes pour un meilleur équilibre des charges du réseau (prolongement des lignes ayant des capacités résiduelles, réduction des lignes saturées). Cette option permettrait de répondre à la fois aux enjeux d'une bonne exploitation des extensions programmées et d'une desserte de la Gare centrale améliorée.

Les principes d'élaboration du réseau cadencé sont les suivants :

- ▶ principes généraux :
  - ▶ réduction de l'offre des lignes existantes de 4-6min à l'intervalle uniforme de 10min, sauf pour les lignes "A1" et "A2" renforcées aux HP (8,6min puis 7,5min à l'horizon du prolongement ILLKIRCH) ;
  - ▶ restructuration de la ligne "C" vers la Gare centrale avec introduction d'une ligne "Elsau" – "Place d'Islande" (appelée "B2" et prolongée à OSTWALD aux HP sur un tirail terminus à construire) conformément aux orientations du réseau 2011 ;
  - ▶ création de nouvelles lignes pour renforcer les lignes existantes sur les sections centrales = recherche d'une offre équivalente à l'offre HP actuelle dans le centre ;
  - ▶ repositionnement des lignes pour un meilleur équilibre des charges du réseau ;
  - ▶ exploitation des prolongements 2011-2016 par des lignes existantes prolongées ou par de nouvelles lignes ;
  - ▶ recherche d'un réseau évolutif compatible avec les extensions envisagées au delà de 2016 ;
  - ▶ recherche autant que possible d'une moindre charge des nœuds en triangle ;
- ▶ principes particuliers :
  - ▶ dissociation de la ligne "A" longue en deux lignes moins longues "A1" : "Zénith" – "Fronts d'Illkirch" (ligne raccourcie au Sud) et "A2" : "Hautepierre Maillori" – "Illkirch-centre" qui se chevauchent dans le centre et ne sont prolongées qu'à une de leurs extrémités sur les branches les moins « fortes » en potentiel : "Zénith" à l'Ouest pour "A1" et "Illkirch-Centre" au Sud pour "A2" ; la ligne "A2" garderait ainsi le terminus actuel "Hautepierre Maillori" et la ligne "A1" viendrait en terminus à une nouvelle station "Fronts d'Illkirch" à créer dans le cadre de l'opération d'urbanisme « Fronts d'Illkirch/Baggersee » ;
  - ▶ exploitation des branches les plus fortes par des prolongements de lignes ayant des réserves de capacité : "D1" vers le Parc des Poteries et "E" vers "Illkirch/Malraux" ;
  - ▶ dissociation de la ligne "D" en 2 lignes "D1" "Kehl – Parc des Poteries" et "D2" "Hautepierre-Molière - Kibitzenau" : la ligne "D2" est ainsi prolongée à l'ouest de la station

"Rotonde" pour décongester ce nœud d'une part et décharger les lignes "A1" et "A2" d'autre part ;

- ▶ **transformation de la ligne à 30min "Gare centrale – Robertsau" en une « vraie » ligne urbaine à 10min**, que l'on peut appeler ligne/tram "F" : avec la ligne/tram "C1" restructurée, on crée une offre sur la branche de la Gare centrale à la hauteur des enjeux avec les 2 « vraies » lignes "C1" et "F" à 10min chacune ;
- ▶ par corollaire, restructuration de la ligne "E" prolongée au Sud vers ILLKIRCH et réorientée au nord vers BISCHHEIM "Marc Bloch" (la ligne "E" offrant désormais une liaison directe "Roberstau – Parlement européen – Gare centrale") ;
- ▶ dissociation de la ligne "C" en 2 lignes "C1" "Gare centrale – Neuhoof" et "C2" "Krimmeri - Elsau" (terminus HP à la station "Baggersee" ; terminus HC à la station "Stade de la Meinau") ;
- ▶ dans une option de configuration sans prolongement tram vers la station "Orme" à ILLKIRCH, la ligne/tram "E" viendrait en terminus sur un tirail parc André Malraux au Sud de la station "Scotti".

Les figures suivantes illustrent ces 2 scénarios d'exploitation possibles pour le réseau 2015/2016 : « scénario lignes fortes » et « scénario réseau cadencé ».

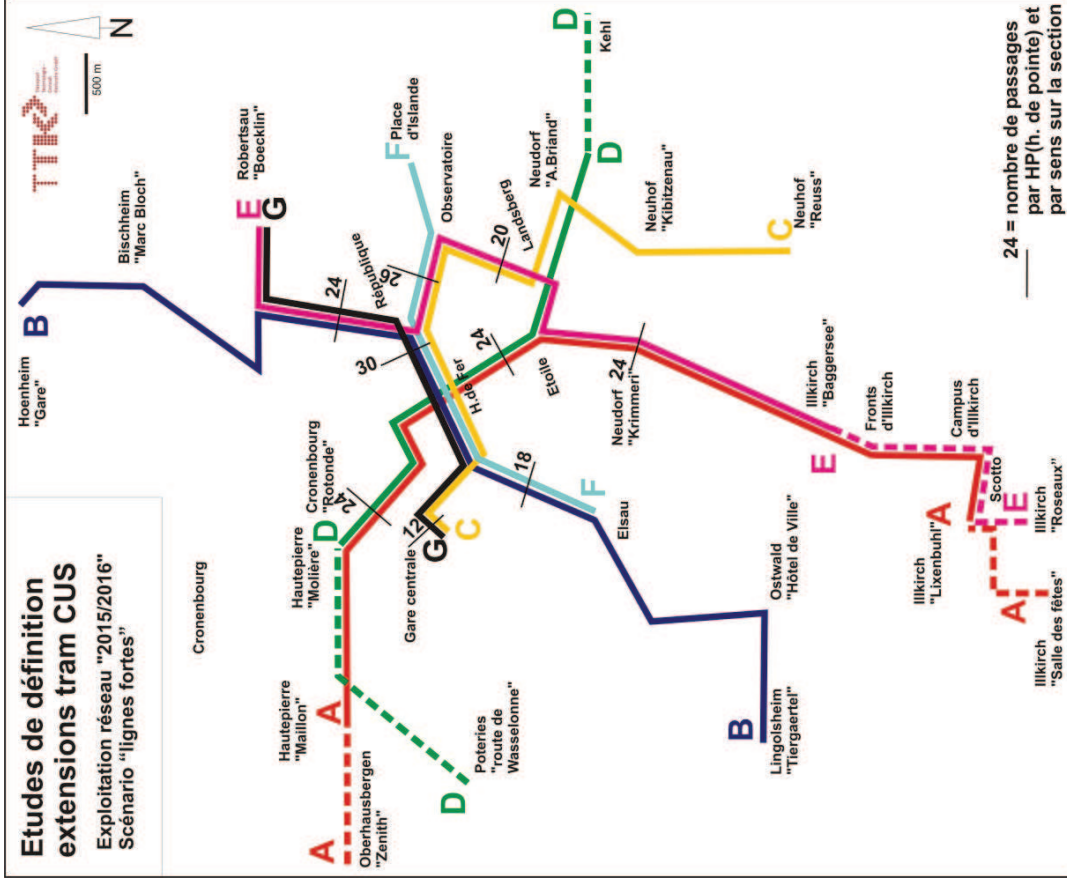


Figure 380 : Le scénario « lignes fortes », y compris propositions CTS lignes "C / F / G" pour 2011

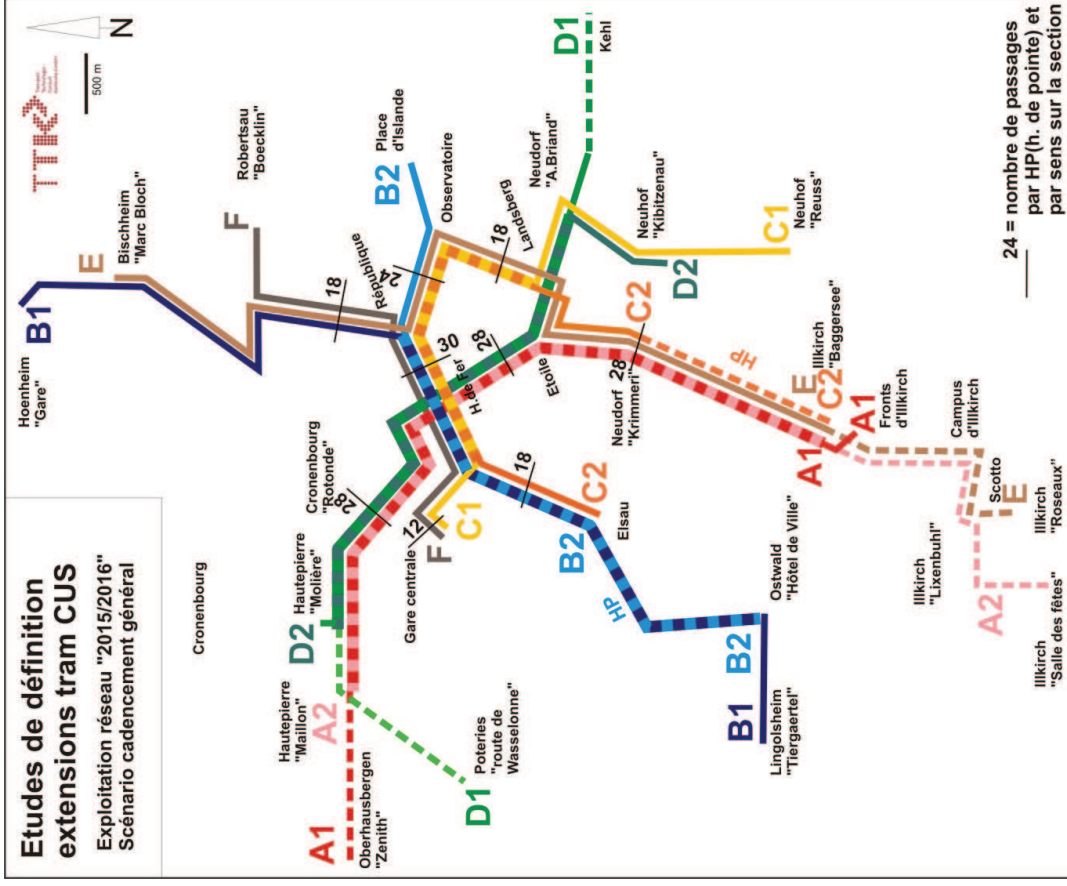


Figure 381 : Le scénario « réseau cadencé »



### 12.2.2.3 Données par lignes par scénario et par étape

Les tableaux suivants récapitulent les longueurs des lignes, services / jour, parc en ligne aux HP et la production km par jour pour chaque scénario (NB : les services d'exploitation vers le Zénith ne sont pas considérés dans l'analyse.)

<b>Scénario lignes fortes</b>			
Réseau 2014, prolongements Zenith / Parc des Poteries		services/j	parc en ligne km/jour
Ligne A	14,4	174	19
Ligne B	14,7	163	18
Ligne C	8,4	175	13
Ligne D	8,9	160	12
Ligne E	10,6	159	13
Ligne F	5,7	102	6
Ligne G	5,2	34	2
<b>total</b>			<b>83</b>
			<b>20.468</b>
<b>Scénario cadencement réseau</b>			
Réseau 2014, prolongements Zenith / Parc des Poteries		services/j	parc en ligne km/jour
Ligne A1	14,4	102	10
Ligne A2	12,7	102	9
Ligne B1	14,7	102	11
Ligne C1	8,4	102	8
Ligne D1	8,9	102	9
Ligne E	11,3	102	9
Ligne B2 HP	8,3	24	8
Ligne B2 HC	5,7	78	6
Ligne F	5,2	102	6
Ligne D2	7,0	84	7
Ligne C2 HP	10,9	24	10
Ligne C2 HC	8,6	60	8
<b>total</b>			<b>87</b>
			<b>19.448</b>

Tableau 81 : Tableaux récapitulatifs pour l'étape 2014 : prolongements Zenith et Parc des Poteries

<b>Scénario lignes fortes</b>			
Réseau 2015, prolongement Kehl		services/j	parc en ligne km/jour
Ligne A	14,4	174	19
Ligne B	14,7	163	18
Ligne C	8,4	175	13
Ligne D	11,5	160	14
Ligne E	10,6	159	13
Ligne F	5,7	102	6
Ligne G	5,2	34	2
<b>total</b>			<b>85</b>
			<b>21.300</b>
<b>Scénario cadencement réseau</b>			
Réseau 2015, prolongement Kehl		services/j	parc en ligne km/jour
Ligne A1	14,4	102	10
Ligne A2	12,7	102	9
Ligne B1	14,7	102	11
Ligne C1	8,4	102	8
Ligne D1	9,9	102	9
Ligne E	11,3	102	9
Ligne B2 HP	8,3	24	8
Ligne B2 HC	5,7	78	6
Ligne F	5,2	102	6
Ligne D2	9,6	84	8
Ligne C2 HP	10,9	24	10
Ligne C2 HC	8,6	60	8
<b>total</b>			<b>88</b>
			<b>20.089</b>

Tableau 82 : Tableaux récapitulatifs pour l'étape 2015 : prolongement Kehl

**Scénario lignes fortes**

Réseau 2016, prolongements Illkirch	longueur	intervalle	parc en ligne	km/jour
Ligne A	16,3	174	21	5.672
Ligne B	14,7	163	18	4.792
Ligne C	8,4	175	13	2.940
Ligne D	11,5	160	14	3.680
Ligne E	14,8	159	17	4.692
Ligne F	5,7	102	6	1.163
Ligne G	5,2	34	2	354
<b>total</b>			<b>91</b>	<b>23.293</b>

**Scénario cadencement réseau**

Réseau 2016, prolongements Illkirch	longueur	services/j	parc en ligne	km/jour
Ligne A1	12,4	102	9	2.530
Ligne A2	14,6	102	10	2.978
Ligne B1	14,7	102	11	2.999
Ligne C1	8,4	102	8	1.714
Ligne D1	9,9	102	9	2.020
Ligne E	15,5	102	11	3.162
Ligne B2 HP	8,3	24	8	398
Ligne B2 HC	5,7	78	6	889
Ligne F	5,2	102	6	1.061
Ligne D2	9,6	84	8	1.613
Ligne C2 HP	10,9	24	10	525
Ligne C2 HC	8,6	60	8	1.037
<b>total</b>			<b>90</b>	<b>20.925</b>

Tableau 83 : Tableaux récapitulatifs pour l'étape 2015/2016 : prolongements Illkirch

**12.2.2.4 Estimation globale des parcs et productions kilométriques par scénario et par étape**

Le travail d'estimation a pris en compte les longueurs commercialement exploitées des lignes, les vitesses commerciales et les niveaux de service envisagés. Pour les lignes cadencées à 10min, les temps de battement en terminus ont été doublés par rapports aux temps de battement des lignes actuelles (besoin de régulation nécessaire pour réguler à l'horaire cadencé). L'évaluation a été faite pour chaque phase.

*NB : les services d'exploitation épisodique vers le Zénith n'ont pas été considérés dans l'analyse.*

Les tableaux suivants récapitulent les enjeux en termes de parc de matériel roulant HP et HC ainsi que de production kilométrique des deux scénarios définis précédemment :

Parc en ligne par phase et par scénario	Scénarios d'exploitation					
	Mises en service	Périodes	Lignes fortes		Réseau cadencé	
			Total...	... et en plus / 2011	Total...	... et en plus / 2011
Réseau 2010	HP	HP	77			
	HC	HC		68		
Réseau 2011	ligne/tram "F"	HP	83			
		HC		74		
Réseau 2014	Hautepierre/ Quartier Poteries	HP	88	5	89	6
		HC		80	6	83
Réseau 2015	KEHL	HP	90	7	90	7
		HC		82	8	84
Réseau 2016	ILLKIRCH centre/ Libermann	HP	96	13	95	12
		HC		88	14	86

Tableau 84 : Estimations du parc pour chaque scénario et chaque échéance

On observera en ce qui concerne les besoins en rames pour chacun des scénarios à l'horizon 2015/2016 :

- ▶ le scénario « lignes fortes » est légèrement plus "consommateur" en terme de matériel roulant ;
- ▶ le scénario « réseau cadencé » combine un besoin en rames minimum aux HP et aux HC (respectivement -1 et -2 rames en 2016).

La production kilométrique des scénarios a également été estimée sur les bases suivantes :

- ▶ nombre de services par jour du service hiver 2009-2010 (cf. chapitre : réseau de référence) pris comme hypothèse constante pour les lignes "A", "B", "C", "D" et "E" dans les options non cadencées ;
- ▶ 107 puis 110 services / jour pour les lignes "A1" et "A2" renforcées aux HP à 8,4min puis 7,5min (phase ILLKIRCH) ;
- ▶ 102 services / jour pour les lignes à 10min (soit 10min en journée et 20min le soir jusqu'à la fin de service) ;
- ▶ exception des lignes de renfort "D2" et "C2" non exploitées le soir avec 84 services / jours ;
- ▶ hypothèse de 300 jours pour passer de la production journalière à annuelle.

Prod.km/an par phase et par scénario (300 jours /an), en Mio.km	Scénarios d'exploitation	
	Lignes fortes	Réseau cadencé
Mises en service	... et en plus / 2011	... et en plus / 2011
Réseau 2010	Total...	Total...
Réseau 2010	5,40	
Réseau 2011	5,69	
Réseau 2014	6,19	0,49
Réseau 2015	6,44	0,74
Réseau 2016	7,03	1,34
		6,41
		0,72

Tableau 85 : Estimation de la production kilométrique pour chaque scénario et chaque échéance

Les observations quant à la production kilométrique sont plus tranchées que celles relatives au parc de rames :

- le scénario « lignes fortes » est celui qui nécessite le plus de km à produire en plus (+1,34Mio/an) ;
- le scénario « réseau cadencé » nécessite une production kilométrique sensiblement moindre (+0,72Mio./an, soit une augmentation réduite de presque la moitié par rapport au scénario « lignes fortes ») : les surcoûts HC du scénario « réseau cadencé » sont en fait plus que compensés par des gains de restructuration globale du réseau (offre ajustée à un niveau plus conforme aux besoins sur les extrémités HOENHEIM, NeuhoF, LINGOLSHEIM, Robertsau).

### 12.2.2.5 Evolutivité du scénario de réseau cadencé

Le scénario de réseau cadencé (et ses variantes) présente(nt) une grande évolutivité vers des extensions envisagées au delà de 2016 :

- projet TRAM-TRAIN STRASBOURG – Bruche/Piéromont ;
- extensions échelonnées de lignes d'abord fortes en première couronne de l'agglomération (2 lignes avec une offre à 5min) puis à 10min en extrémité de ligne (2<sup>ème</sup> couronne) :
  - desserte de Koenigshoffen ;
  - desserte de Cronenbourg (dont une première phase pourrait être amorcée rapidement vers une station CHU "Molière" pour desserrer les contraintes au terminus "Rotonde", (cf. ci-après) ;
- extensions de lignes cadencées à 10min sur des secteurs qui ne justifieraient pas une ligne forte :
  - prolongement "Nord de la ligne "E" Robertsau ;
  - prolongement de la ligne "F" vers l'Ouest ;
  - prolongement "Sud" de la ligne "C" NeuhoF (St Ignace) ;
  - antenne Meinau/Canardière (ligne "C") ;
  - antenne ILLKIRCH Parc d'Innovation (ligne "E").

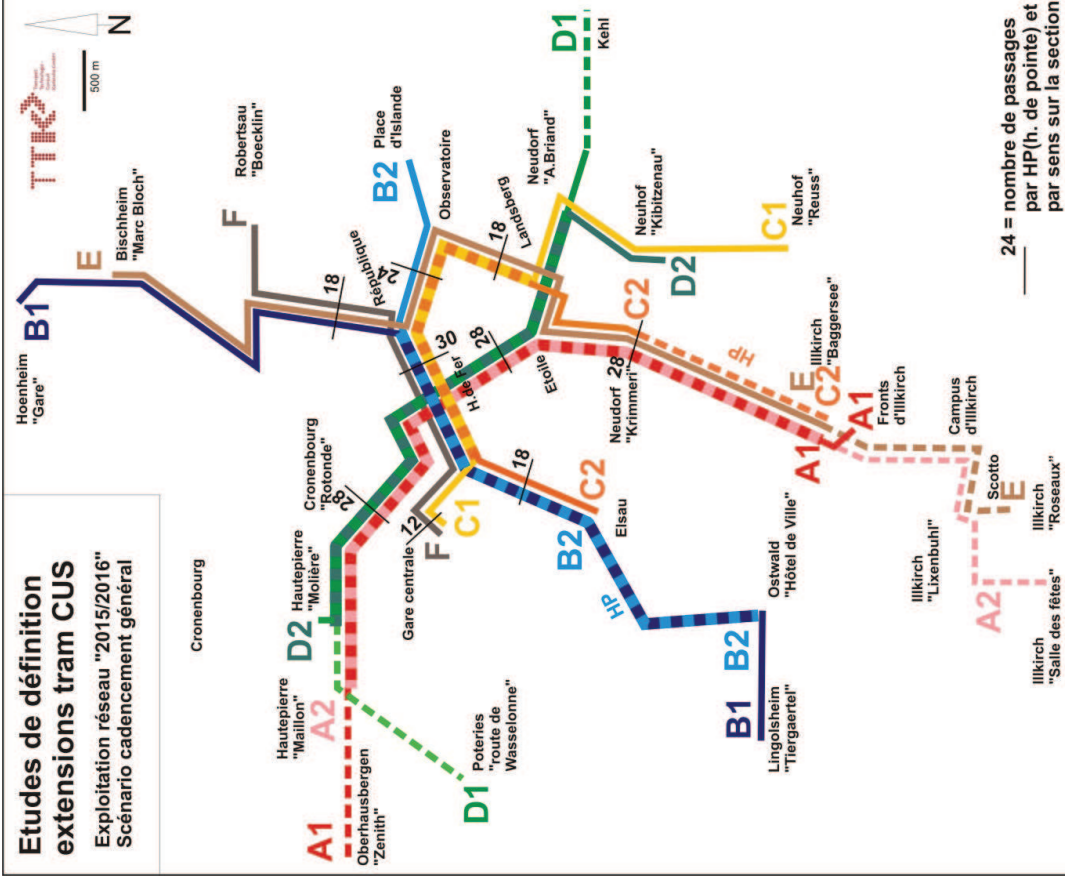


Figure 382 : Les extensions possibles du réseau dans le scénario « réseau cadencé »

### 12.2.2.6 Problématique de la nouvelle branche de maillage Centre-Nord "Gare centrale- République" :

L'analyse montre que l'on peut prolonger 2 lignes sur Koenigshoffen (lignes/tram "F" et "G") sans la branche de maillage « Centre Nord » de STRASBOURG (quais *Sturm* et *Kléber*) s'il n'y a pas le TRAM-TRAIN, de même que l'on peut faire le TRAM-TRAIN en substituant des services "F" et "G" sans ce barreau (ce qui ne permet plus d'offrir une fréquence de 5 min sur Koenigshoffen) :

- ▶ c'est donc la combinatoire TRAM-TRAIN + Offre à 5min sur Koenigshoffen qui nécessite de barreau de maillage « Centre Nord ».

De ce fait 2 scénarios de programmation sont envisageables selon la rapidité de mise en place du TRAM-TRAIN :

- ▶ **Scénario 1 :**
  - ▶ phase 1 -> réalisation du TRAM-TRAIN via la station "Homme de Fer" (en 2,40m\*52m) et amorce Koenigshoffen/"Est" pour 2016/2017
  - ▶ phase 2 -> renforcement Koenigshoffen/Hohberg à 5min et barreau "Gare centrale- République" pour 2018/2020
- ▶ **Scénario 2 :**
  - ▶ phase 1 -> réalisation du barreau Koenigshoffen à 5min pour 2016/2017 (sans TRAM-TRAIN = tracé via les Boulevards de Nancy et de Metz)
  - ▶ phase 2 -> réalisation du TRAM-TRAIN en synchronisation avec le barreau de maillage "Gare centrale- République" pour 2018/2020 (ce qui permet de laisser mûrir les orientations d'aménagement de la gare basse de STRASBOURG et de réaliser le TRAM-TRAIN au gabarit standard 2,65m\*75m (quais 65m) sans charger la station "Homme de Fer").

### 12.2.3 Exploitation 2015/2016 et gestion des nœuds

Le réseau maillé de tramway de STRASBOURG est contraint par 4 nœuds qui posent des problèmes de capacité :

- ▶ le nœud "Homme de Fer" ;
- ▶ les 3 triangles des stations "République", "Landsberg" et "Etoile-Polygone".

#### 12.2.3.1 Le nœud "Homme de Fer"

Avec l'accueil de 24 trams / heure / sens sur les lignes "A/D" et 30 trams / heure / sens sur les lignes "B/C/F", le nœud "Homme de Fer" sera en 2011 aux limites de ses capacités d'écoulement des tramways dans des conditions satisfaisantes.

L'étude du barreau de maillage "Gare centrale - République" permettra à l'horizon 2016-2020 de réduire la charge sur le nœud (dans l'hypothèse de réseau cadencé : possibilité de dévier les lignes "F" et "G" soit une réduction de 12 trams / heure / sens) et d'accueillir une nouvelle ligne sur le réseau. Le TRAM-TRAIN pourra être cette nouvelle ligne et pourra circuler soit via "Homme de Fer" (hypothèse du projet actuel avec matériel 2,40m), soit via le nouveau barreau (option recommandée par TTK qui permettra l'accueil d'un matériel standard 2,65m).

Si le TRAM-TRAIN devait être mis en service avant la réalisation du barreau "Gare centrale - République", son exploitation devrait être envisagée en substitution de services de la ligne "F" (et "G" si l'option de TRAM-TRAIN à 2 branches est maintenue).

#### 12.2.3.2 La station "Rotonde"

Au niveau de la station "Rotonde" est mis en œuvre :

- ▶ le dispositif d'injection des rames "A" + "D" ;
- ▶ le retournement des rames "D".

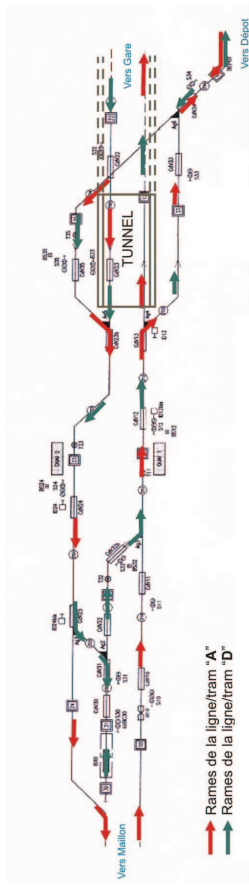


Figure 383 : Zone de manœuvre « Rotonde » : injection des rames « A » et « D » venant du dépôt et retournement des rames « D » en arrière-gare

Ce n'est pas un nœud où se "croisent" des lignes commerciales, mais un secteur où des croisements de rames pour des raisons techniques génèrent aussi des contraintes sur la capacité d'écoulement et la régularité des lignes "A/D". En ce sens, avec une augmentation des fréquences/journée sur les lignes "A/D", tout déplacement plus à l'Ouest du dispositif de retournement des rames "D" améliorerait les choses et il conviendrait de saisir les bonnes "opportunités" pour le faire. Par exemple :

- ▶ l'amélioration de l'accessibilité automobile au P+R "Ducs d'Alsace" directement à partir de l'A 351 - avec la construction du nouvel échangeur "Les Forges" -, ou le rabattement des lignes de bus urbaines et/ou d'autocars interurbains sur la station/tram "Ducs d'Alsace" ne se traduira en termes d'augmentation de fréquentation des services tramway que si cette station est desservie par les lignes "A" et "D". Le retournement des rames "D" pourrait donc être envisagé à la station "Ducs d'Alsace" (1ère option) en dotant cette station d'une 3ème voie comme à "Wacker" ;
- ▶ le retournement pourrait aussi être envisagé (2ème option) un peu plus à l'Ouest sur l'avenue *Mollère*, du côté "Est" du CHU, en amorce du futur prolongement de la ligne/tram « D » étudié à long terme vers Cronenbourg/E<sup>3</sup>.

### 12.2.3.3 Les 3 triangles de "République", "Landsberg", "Etoile-Polygone"

Ces 3 nœuds "triangles" du réseau tramway sont caractérisés par la rencontre de 3 lignes fortes qui posent des problèmes de cisaillement au centre du nœud, problèmes qui conduisent à des situations où un tramway peut se trouver bloqué en attente pendant 2 à 3 min.

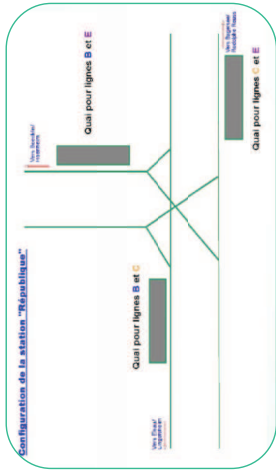


Figure 384 : Les conflits de collision au nœud République (illustration : source CTS)

L'exploitation de tels triangles est problématique lorsque les 3 mouvements possibles ont des offres importantes : une telle conjonction conduit à des gênes entre mouvements, qui sont statistiquement fréquentes et importantes. Dans les grands réseaux maillés, de tels triangles à mouvements « symétriques » n'existent pas. On trouvera plutôt de multiples triangles sur lesquels l'un des mouvements est beaucoup moins important que les autres (par ex : ligne à 10min) : dans ce cas, les gênes entre mouvements sont sensiblement moins fréquentes.

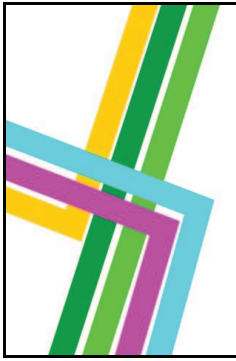


Figure 385 : Configuration de triangle « asymétrique » courante dans les grands réseaux maillés : un des 3 mouvements possibles est moins fréquent

Sur le réseau/tramway CUS, pour chaque triangle, des aménagements pourraient permettre de fluidifier l'exploitation, aménagements dont l'intérêt devra être examiné par des études de modélisation dynamique plus poussées.

Ces aménagements pourraient être les suivants :

(a) **pour le nœud "République" :**

- ▶ passage en gestion de carrefour « à vue » type "Markplatz" (KARLSRUHE),
- ▶ suppression des stations côté centre-ville au profit de 2 stations complètes côté Nord et Est : une telle configuration permettrait de dissocier complètement les stations des deux mouvements les plus fréquents sur le nœud (mouvements lignes "B" et "C/E") ;

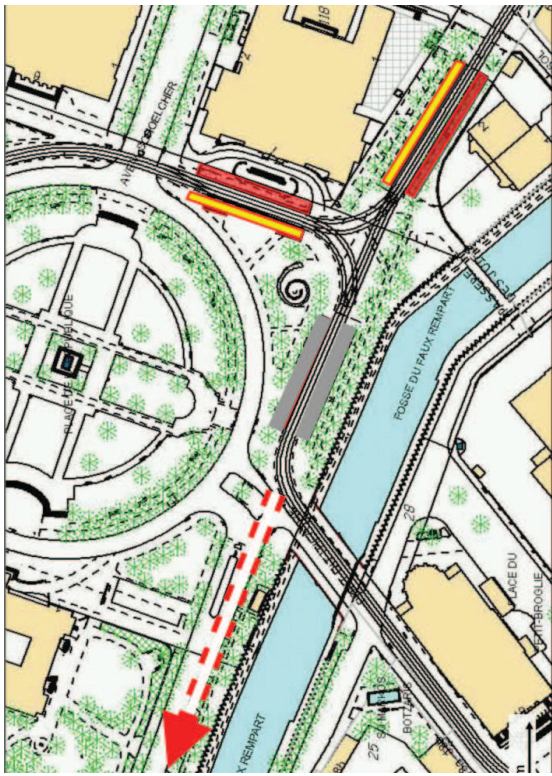


Figure 386 : Exploitation République : principe de suppression du départ « centre-ville » (reporté sur les quais Est et Sud du Théâtre)

(b) pour le nœud "Landsberg", une première mesure pourrait être d'allonger les quais avenue Jean Jaurès pour permettre un dégagement plus rapide en passage de nœud ;

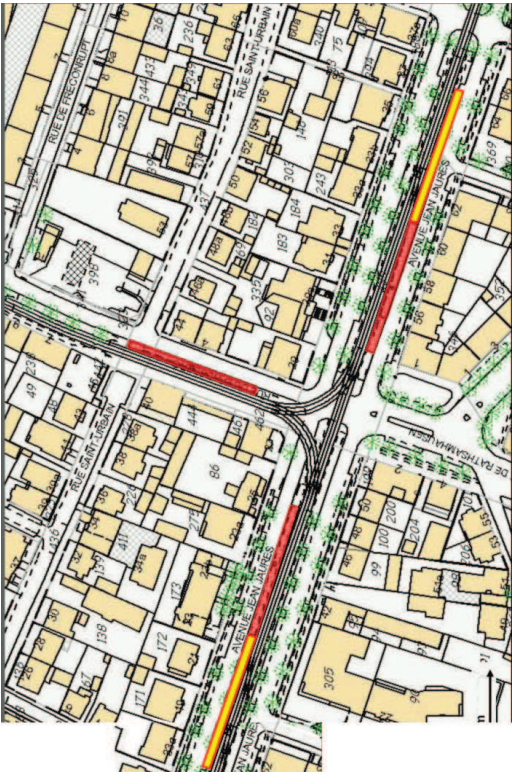


Figure 387 : Exploitation "Landsberg" : principe d'allongement des quais sur l'avenue Jean Jaurès

(c) pour Etoile-Polygone : la situation complexe du carrefour "A/D/E" à Etoile-Polygone pourra nécessiter en cas de problèmes d'exploitation croissants l'étude de scénarios de reconfiguration divers : parmi les solutions possibles, la suppression du débouché "Nord" de l'avenue de Colmar (celle-ci pouvant le cas échéant être exploitée dans le sens "Nord --> Sud" pour la desserte locale) pourrait permettre d'allonger les quais en sortie de nœud, comme représenté ci-après :

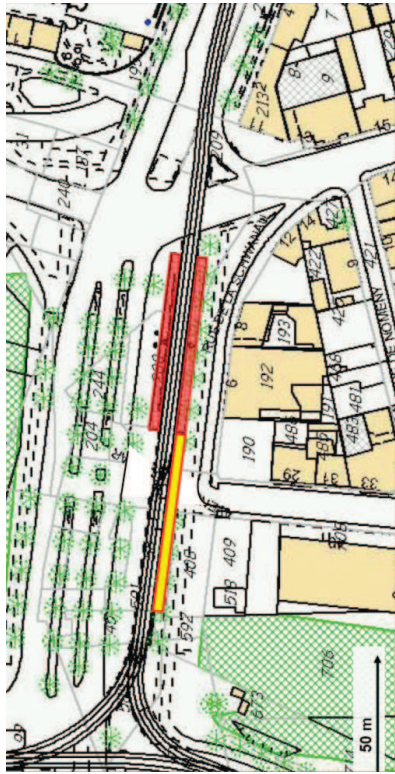


Figure 388 : Exploitation Etoile-Polygone : principe d'allongement des quais en sortie de nœud

### 12.2.3.4 Impact du scénario de cadencement sur les nœuds

Les impacts du scénario de cadencement sur les nœuds sont récapitulés ci-après :

	Programme 2011	Scénario réseau cadencé	variation
République (B/C/E/F)	80	72	-10%
Landsberg (C/D/E)	64	60	-6%
Etoile-Polygone (A/D/E)	68	80	+18%

Tableau 86 : Récapitulatif des charges des nœuds (nombre de passages de rames par HP tous sens confondus)

Le scénario de cadencement aura les effets suivants :

- (a) un déstagement des nœuds "triangles" : déstagement opéré sur les nœuds "République" et "Landsberg" :
  - ▶ sur "République" :
    - ▶ 1- réduction des mouvements de la ligne "E" (fréquence de 10min au lieu de 6min) ;
    - ▶ 2- réduction globale du nombre de passages par HP (6 lignes \* 12 = 72 contre 80 prévus en 2011, -10%)
  - ▶ sur "Landsberg" :
    - ▶ 1- réduction des mouvements de la ligne "C" (fréquence de 10min au lieu de 5 à 6 min) ;
    - ▶ 2- réduction globale du nombre de passages par HP (5 lignes \* 12= 60 contre 64 en 2009, -6%).
- (b) le nœud "Etoile-Polygone" actuellement traversé par les lignes/tram "A/D/E" voit par contre une charge toutefois supérieure du fait du renfort des lignes "A1/A2" à 7,5min rendu nécessaire à horizon du prolongement vers "Ilkirch-centre" (2015) à savoir :
  - ▶ 68 passages par HP en 2009 ("A" : 28, "D" : 20 ; "E" : 20) ;
  - ▶ 80 passages par heure (4 lignes \* 12 + 2 lignes \* 16) dans le scénario cadencé (+18%).

L'augmentation du trafic sur ce nœud nécessitera ainsi des aménagements complémentaires d'infrastructure (allongement des quais, cf. page précédente) et de signalisation permettant une bonne exploitation des lignes.

Pour moins charger le nœud "Etoile-Polygone", une alternative pourrait consister à desservir "Ilkirch-centre" plutôt par un prolongement de la ligne "E", solution conduisant à gagner de nouveaux clients principalement vers les destinations « Esplanade » et « République » que vers « Homme-de-Fer ». On éviterait ainsi le besoin de renforcer les fréquences de la ligne "A".

## 12.2.4 Conclusions / recommandations

Il est possible de dégager de l'analyse les grandes tendances suivantes pour 2015/2016 :

**(a) le scénario « lignes fortes »** qui ne remet pas en question le principe d'exploitation actuel est sensiblement le plus cher en production kilométrique ;

Ce scénario reste par ailleurs entaché de deux problèmes :

- ▶ desserte du quartier Robertsau par la ligne/tram "E" non performante ;
- ▶ fréquence de 30min pour une ligne urbaine "Gare centrale – Robertsau" non pertinente ;
- (b) le scénario « réseau cadencé »**, au prix d'une restructuration du réseau, offre des avantages particulièrement intéressants :
  - ▶ il est sensiblement plus économique en exploitation que le scénario « lignes fortes » (différence de -0,75Mio.km/an) ;
  - ▶ il est également plus économique en termes de parc de matériel roulant (- 1 rame par rapport au scénario « lignes fortes ») ;
  - ▶ il permet de décongestionner les nœuds "République" et "Landsberg" (respectivement de -10% et -6% de passages avec « asymétrisation » des triangles) ;
  - ▶ il permet d'offrir une « vraie » desserte de la ligne/tram "Gare centrale - Robertsau" ;
  - ▶ il offre un niveau de service standardisé de qualité sur toutes les lignes tout en offrant l'offre juste nécessaire sur toutes les branches du réseau ;
  - ▶ sa configuration permet d'accueillir sans restructuration ultérieure l'ensemble des prolongements envisagés au delà de 2016 ;
  - ▶ il peut être mis en place dès fin 2013 : c'est l'horizon de mise en place que le bureau d'étude recommande pour permettre d'enchaîner les prolongements suivants sans nouvelle restructuration majeure de l'offre tramway et profiter sans attendre des économies d'exploitation que le scénario « réseau cadencé » permettra de dégager.

Ces résultats sont cohérents et comparables avec une démarche similaire réalisée à BORDEAUX, où a été identifié un « cap » de développement du réseau en périphérie à partir duquel le passage en lignes cadencées à 10min est plus économique que le principe d'exploitation en « lignes fortes ». La prochaine étape "2016" d'extension du réseau/tramway de BORDEAUX est ainsi désormais prévue dans le cadre d'une restructuration du réseau dans le sens du cadencement de lignes à 10min.

Le scénario « réseau cadencé » mériterait ainsi d'être approfondi par le maître d'œuvre des prolongements en cours – à savoir extension "Ouest" de la ligne/tram "A" et prolongement "Est" de la ligne "D" -, notamment quant à ses impacts sur le SAE, sur la clientèle ainsi que sur ses besoins en termes d'infrastructures (tiroir de retournement à OSTWALD par exemple).

### 12.3 Annexe 3 : Comparaison des paramètres caractéristiques des différents projets d'extensions de Tramway, BHNS et bus express étudiés en 2008-2010

Nom	Coût investissement infrastructure + matériel roulant (M€HT 2010)	Coût investissement infrastructure (M€HT 2010)	Coût Matériel roulant	Longueur d'infrastructure nouvelle à construire (km)	Variation du compte d'exploitation (M€HAT) (+) = coût supplémentaire (augmentation/déficit)	Gains de Clientèle du réseau "TC" (dépl./jour)	Gains de Clientèle du réseau "TC" par an (années de 300 jours) (dépl./an)	Fréquentation de la ligne nouvelle (voy./jour)	Dépl. "TC" Gagnés par an pour 1000€ investis
A1/Zénith	53,2	45,2	6	2,6	0,4	2350	705000	8350	15,6
A2/Poteries	17,4	14,4	12	0,9	-0,2	4800	1440000	10800	100,0
A1+A2/Hautepierre	77,6	59,6	18	3,5	1	7150	2145000	19150	36,0
D/KEHL	71,8	65,8	6	2,6	0,9	2200	660000	5213	10,0
F/KEHL	33,1	27,1	6	3,1	2,6	1000	300000	4514	11,1
D+F/KEHL	104,9	92,9	12	5,7	3,5	3200	960000	8727	10,3
F/Koenigshofen + F1/ECKBOLSHEIM	74,1	62,1	12	4,4	0,3	10650	3195000	14600	51,4
F + F1 + F2/Poteries ( F2 remplace A2)	74,1	62,1	12	4,4	0,3	10650	3195000	19200	51,4
F1/ECKBOLSHEIM (=prolongement de A2)	23,6	20,6	3	3	0,8	4260	1278000	15060	62,0
D/Cronenbourg (V1)	56,4	41,4	15	3,6	2,2	9320	2796000	17700	67,5
D/Cronenbourg (V3)	53,2	48,2	15	2,9	1,8	8490	2547000	14600	52,8
BHNS/E <sup>3</sup> (chambre des métiers)	32,3	29,5	2,8	5	2	1670	501000	8700	17,0
T1/ILLKIRCH Centre (tracé Presbytère)	27,9	27,9	0	2	-0,3	3200	960000	4700	34,4
T2/ILLKIRCH Libermann	20,1	15	0	1,4	-1	4500	1350000	6100	90,0
T1+T2/ILLKIRCH	42,9	42,9	0	3,1	-1,3	7700	2310000	10800	53,8
Bus express/ILLKIRCH-OSTWALD	8,8	7	1,8	9,4	0,6	980	279000	4230	39,9

Tableau 87 : Valeurs de référence