

Pièce
2

Titre
Projet

**Rapport technique
STEP AS 2025
WAKO Lausanne-Berne**

Ligne
Désignation
Km

250
Lausanne-Est - Berne
0.940 – 95.800

Canton(s)
Commune(s)

Vaud, Fribourg, Berne
Lausanne, Pully, Belmont-sur-Lausanne, Lutry, Bourg-en-Lavaux, Puidoux, Granges (Veveyse), Bossonnens, Oron, Chapelle (Glâne), Ursy, Siviriez, Romont (FR), La Folliaz, Villaz-St-Pierre, Chénens, Autigny, Cottens (FR), Neyruz (FR), Avry, Matran, Corminboeuf, Villars-sur-Glâne, Fribourg, Granges-Paccot, Düdingen, Schmitten (FR), Bösinggen, Wünnewil-Flamatt, Ueberstorf, Neuenegg, Köniz, Bern

N° ISP
Phase

114 19 03
Etude Préliminaire – Mise à jour mai 2018
Rapport technique



Signatures

Maître d'ouvrage CFF

Auteur de l'étude

Département/VO : I-FN-NED-UM
Nom D. Poncet / N. Luzzi
Date 31 mai 2018

Entreprise : CFF SA / I-PJ-MP-LS
Nom Jean-Paul Droz
I-PJ-MP-LS

Rapport d'étude préliminaire

Ligne: 250 km: 0.940 – 95.800

Nom du fichier : - 250 LS-BN - WAKO_P2-Rapport-technique_version_3.1__31.05.2018.docx

**CFF, Infrastructure projets – Projets multiples Lausanne, Case postale,
1001 Lausanne**


Version	Description	Etabli	Contrôlé	Validé
3.0	29.05.18 Version approuvée	Dz	Dz/CJ/SR/NL	DP/NL
3.1	31.05.2018 version avec signatures	Dz	Dz/CJ/SR/NL	S.Praz / N. Ronga / JF Burri/

Accord des responsables régionaux:

Resp. I-FN-NED-NRT, Nicolas Ronga selon e-decide du 06.06.2018

Resp. I-AT-GPS-RWT, Serge Praz selon e-decide du 06.06.2018

Resp. I-PJ-MP-LS, Jean-François Burri selon e-decide du 06.06.2018

 **SBB CFF FFS**

Synthèse et protocole eDecide

Confidentiel I-RPB-Région-Ouest

Mise à jour 2018 de l'EP-WAKO de 2015: Aperçu des retours de la consultation

07.06.2018 08:22

Nr.	Objets	Qui	Délai/ quand
1141903	WAKO-Mise à jour 2018 de l'EP2015	X	

Approbations (eDecide review)

Nr.	Objets	eDecide status	Qui	Délai/ quand
1141903	WAKO-Mise à jour 2018 de l'EP2015 Oui, approuvé: 4 (Praz Serge, Burri Jean-François, Ronga Nicolas, Da Trindade Antoine) Non, refusé: 0 A porter en discussion: 0 Décision: Le Gremium des Chefs de Région valide la mise à jour 2018 de l'étude préliminaire 2015			

Mise à jour 2018 de l'EP WAKO de 2015

Geschäft 1141903 - WAKO-Mise à jour 2018 de l'EP2015

Validation du dossier de mise à jour 2018 de l'étude préliminaire WAKO 2015
http://espace.sbb.ch/teams/745/_layouts/DocIdRedir.aspx?ID=T0745-1644931666-6438

Abstimmen

Entscheidungen

Teilnehmer	Entscheid	Bemerkung/Begründung	Geändert
Ronga Nicolas (I-FN-NED-NRT)	Ja, stimme Antrag zu		04.06.2018 14:47
Da Trindade Antoine (I-PJ-CEV)	Ja, stimme Antrag zu		05.06.2018 15:24
Praz Serge (I-AT-GPS-RWT)	Ja, stimme Antrag zu		05.06.2018 15:56
Burri Jean-François (I-PJ-MP-LS)	Ja, stimme Antrag zu		05.06.2018 16:57

Neues Element

100%

☒ Ja, stimme Antrag zu (4)
☐ Nein, stimme Antrag nicht zu (0)
☐ Antrag auf Diskussion (0)
☐ Offen (0)

Table des matières

1	Situation générale et contexte	5
2	Objectifs	6
3	Périmètre de l'étude	7
4	Bases, standards et hypothèses	9
4.1	Bases	9
4.2	Système WAKO et implications	9
4.3	Standards	10
4.4	Hypothèses	11
4.4.1	Horizon temporel du projet	11
4.4.2	Méthodologie de mise à jour	11
4.4.3	Méthode de calculation des coûts	12
4.4.4	Caractéristiques du train Twindexx (RABDe502 IC200)	12
4.4.5	Définition des vitesses et du profil de vitesse	13
4.4.6	Calcul du temps de parcours	13
4.4.7	Accès aux trains	14
4.4.8	Variation des hypothèses 2015-2017	15
4.4.9	Compatibilité des projets connexes en cours	16
5	Mesures WAKO	16
5.1	Géomatique	17
5.2	Voie ferrée	18
5.3	Génie civil	18
5.4	Ouvrages d'art	18
5.5	Accès aux trains	19
5.6	Installations de sécurité	19
5.7	Câbles	20
5.8	Ligne de contact	20
6	Environnement	21
7	Profil de vitesse et temps de parcours selon mise à jour 2018	22
8	Options « gain de temps »	24
9	Allotissement	25
10	Planification	26
10.1	Calendrier prévisionnel	26
11	Mesures d'exploitation	27

12	Coûts	30
12.1	Coûts globaux	30
12.2	Evolution des coûts depuis l'EP 2015	31
12.3	Coûts par tronçon avec répartition du financement	32
12.4	Propositions de triage	33
12.4.1	Variante 1- tronçons 3,4 financés par UV/AS25	33
12.4.2	Variante 2 – tronçons 3,4,7b financés par UV/AS25	34
12.4.3	Variante 3 (selon OFT) - tronçons 3,7b financés par UV/AS25	35
12.5	Planification financière des lots	35
13	Risques	37
14	Synthèses et conclusions	41
14.1	Synthèse	41
14.2	Conclusions	44
15	Prochains pas	45
16	Liste des annexes et bases	46
17	Table des illustrations	47

1 Situation générale et contexte

Le programme de développement stratégique de la Confédération (PRODES) prévoit pour le réseau national une série de mesures d'infrastructures sous le titre « aménagements 2025 ».

Dans le cadre de la planification de l'offre « AS 2025 », le temps de parcours Lausanne – Bern est raccourci de 66 min à 61 min (temps d'exploitation, y compris arrêt à Fribourg). Les nouveaux trains FV-DOSTO avec une marche de catégorie W (utilisation de la compensation de roulis « WAKO »), avec charge par essieu allant jusqu'à 19 tonnes, sont pris en référence.

La mise à niveau de l'infrastructure, soit remplacer les anciennes formes de superstructure par une superstructure lourde (traverses béton monobloc, rail profilé 60) est prévue selon les spécifications de l'OFT pour toutes les lignes principales, indépendamment de la mise en œuvre ou non du « WAKO ». La stratégie I-AT inclut ces adaptations dans le cadre des renouvellements réguliers. Cependant, la cadence de mise en œuvre ne permet pas d'obtenir une mise à niveau répondant à l'adaptation souhaitée des temps de parcours.

Par conséquent, il est nécessaire de coordonner les renouvellements déjà planifiés avec d'autres travaux de mise à niveau sur l'ensemble de la ligne Lausanne - Bern afin d'obtenir à temps la mise en place de la nouvelle offre AS 2025.

Un profil de vitesse réalisable pour la nouvelle catégorie W a été déterminé en 2015 dans le cadre de l'étude préliminaire *WAKO, Lausanne – Berne* du 30.06.2015 (EP de 2015) sur la base des caractéristiques connues des véhicules et avec des courses d'essai. Il en ressort une série de mesures locales visant à augmenter les vitesses telles que des adaptations de dévers ou légères adaptations des tracés, ainsi que des renouvellements anticipés.

En 2016, l'Office Fédéral des Transports (OFT) a mandaté l'EPFL, Citec et le bureau Basler & Hofmann pour étudier la faisabilité d'une réduction du temps de parcours au moyen de nouveaux tronçons de ligne avec / sans utilisation de la technologie WAKO. Dans son message du 06.02.2017, la Direction de l'OFT a informé les CFF de sa décision pour le lancement des études d'avant-projet, sur la base de la variante 100% WAKO (abandon de nouveaux tronçons de ligne) selon l'étude préliminaire CFF de 2015.

Lors de la séance OFT/CFF du 28.07.2017, il est décidé d'actualiser l'EP de 2015 et de coordonner les renouvellements déjà planifiés avec d'autres travaux de mise à niveau sur l'ensemble de la ligne Lausanne-Berne (assainissement d'ouvrages, ligne de contact, mise en conformité LHand des gares...) afin d'obtenir à temps la mise en place de la nouvelle offre AS2025 de manière coordonnée avec les autres aménagements prévus dans le programme AS25 dans la fenêtre temporelle 2022-2028.

Des séances régulières avec l'OFT (Blick in die Werkstatt) ont permis d'accompagner l'actualisation de l'EP de 2015 qui fait l'objet du présent rapport, notamment en ce qui concerne l'actualisation des hypothèses de base. La mise à disposition de l'infrastructure nécessaire pour réaliser les premiers tests d'homologation de la nouvelle catégorie W est prévue comme suit :

- Fribourg (est) – Flamatt : 12.2023
- Flamatt – Europaplatz : 12.2024
- Lausanne – Fribourg : 12.2028
- Holligen – Berne : 12.2032

2 Objectifs

L'actualisation de l'étude préliminaire WAKO Lausanne – Berne doit permettre d'établir des bases sûres pour la suite de la planification et de l'étude de projet. Selon le mandat du 13 septembre 2017, les objectifs suivants sont visés:

- Analyse et prise en compte des mesures de maintien de la substance sur l'ensemble de la ligne jusqu'à 2025/2030
- Analyse et prise en compte des mesures d'assainissement liées à la mise en œuvre de la LHand selon le message de l'OFT du 17.05.2017
- Vérification de la coordination / compatibilité avec les projets en cours (par exemple : clustering 2018 Puidoux – Palézieux, distancement Lausanne – Palézieux, voies fret de Romont, gares de Lausanne, Avry, Fribourg, voies de garage de Bümpliz Sud, Berne Holligen, Berne...)
- Analyse des gains de temps encore possibles en coordination avec projets Lhand, notamment dans les gares en courbe entre Romont et Fribourg
- Analyse de la pertinence à réactiver ou pas les options étudiées dans l'EP de 2015 (coordination avec PN de Villaz-St-Pierre par exemple)
- Étude d'impact environnemental / concept global selon stratégie retenue (un concept global avec études par tronçons de ligne / projets) et coordination avec le service juridique de l'OFT pour la stratégie PAP-WAKO
- Définition et réalisation des sondages géotechniques nécessaires pour les études de projet, et en particulier pour le rapport environnemental
- Clarification de la procédure SIOP pour la vitesse Vw avec AT (y compris surveillance de vitesse)
- Élaboration des bases pour l'attribution des mandats d'avant-projet, sur la base de cette étude, en collaboration avec AT-GPS et FN, notamment :
 - Mise en place d'une organisation de projet pour l'ensemble du projet WAKO LS-BN, y compris pour la partie située dans la région RME
 - Proposition des groupements de mesures et définition des tronçons de ligne à considérer
 - Définition des coûts (+/- 30%) par type d'installation et de financement (maintenance / extension) et par tronçon de ligne
 - Élaboration d'un calendrier pour
 - les prochaines phases de planification
 - la réalisation et la mise en service de la vitesse W sur les tronçons Fribourg – Berne (12.2022) et Lausanne – Fribourg (12.2026) et jusqu'à la clôture de l'ensemble du projet
 - Détermination et quantification des risques et opportunités possibles du projet

3 Périmètre de l'étude

L'étude des mesures à prendre en considération pour atteindre l'objectif WAKO porte sur la ligne 250 à l'exclusion des gares Lausanne, Fribourg et Berne (dès l'entrée ouest de Bümpliz Süd).

Le calcul du temps de parcours est établi quant à lui sur l'entier du périmètre soit de Lausanne à Berne en considérant l'état final selon le programme AS25 dans ces deux gares.

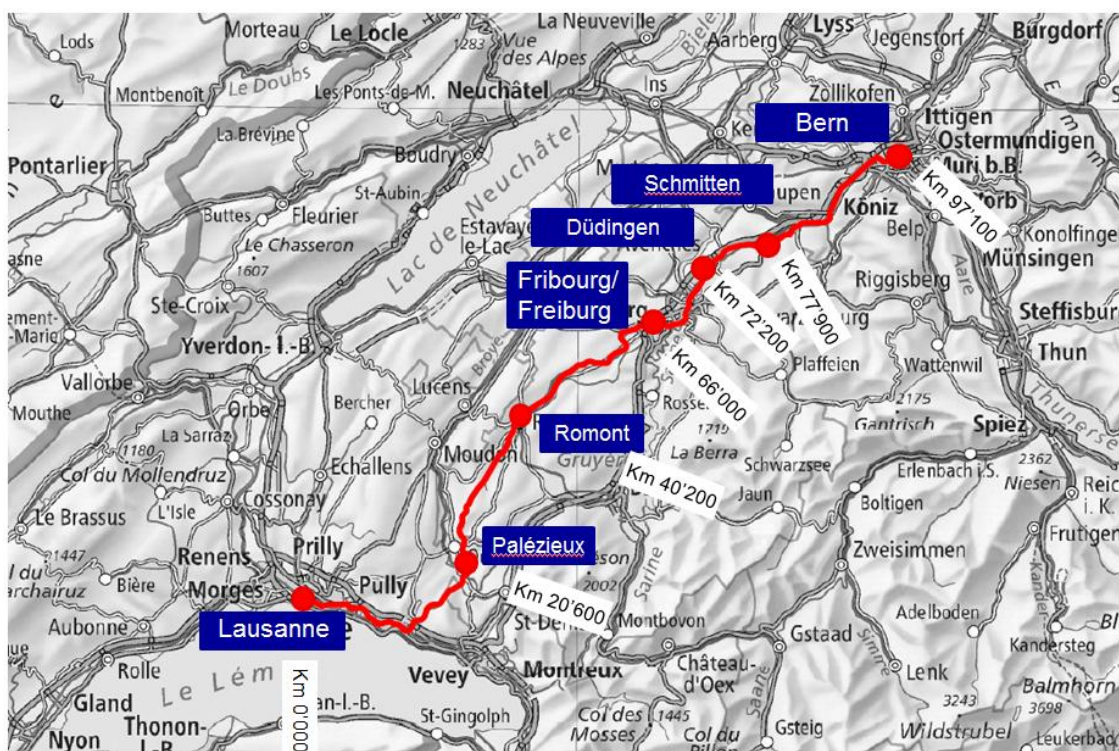


Figure 1: Plan cartographique de la ligne 250 avec les gares principales

Les projets suivants **ne font pas partie du périmètre de l'étude** :

- Les projets déjà en cours et qui seront réalisés avant 2022:
 - FbE 2019-2020-2021
 - Renouvellement du pont sur la Singine (réalisation 2020)
 - Nouvelle gare Avry-Matran,
 - ZEB/ AS25 : Voies de dépassement Romont
 - Gare de Flamatt (L-Hand)
 - AS25 : Fribourg, diagonales EST
 - Fribourg : nouvel enclenchement
 - Renouvellement enclenchement de Düdingen-Schmittlen.
 - Renouvellements LC, Fribourg-Düdingen et Düdingen-Schmittlen.

- Les projets déjà mandatés et qui seront en réalisation durant la période 2022-2028 :
 - Gares de Lausanne, Berne, et Fribourg
 - Viaduc de Rochettaz et du Châtelard
 - AS25 : Berne Bümpliz Abstellanlage (voie de garage)
 - Gare de Wünnewil (L-hand)
 - Gare de Thörishaus-Dorf (L-hand)
- Les projets de développement du réseau (non mandatés) :
 - Les mesures d'infrastructure liées à l'introduction d'un troisième produit (tête ouest de Fribourg et tête ouest de Romont)
 - Les mesures d'infrastructures liées à l'introduction du quart d'heure du RER fribourgeois (gare de rebroussement de Rosé, diagonales supplémentaires avant Schmitten)
 - Le déplacement éventuel de la gare de Palézieux
 - La suppression du passage à niveau de Villaz-St-Pierre

Le schéma ci-dessous permet d'identifier toutes les gares ainsi que les projets exclus.

Note : Sur tous les plans et schémas de ce rapport, les projets hors périmètre de l'étude se déroulant entre 2022 et 2028, sont indiqués en gris.

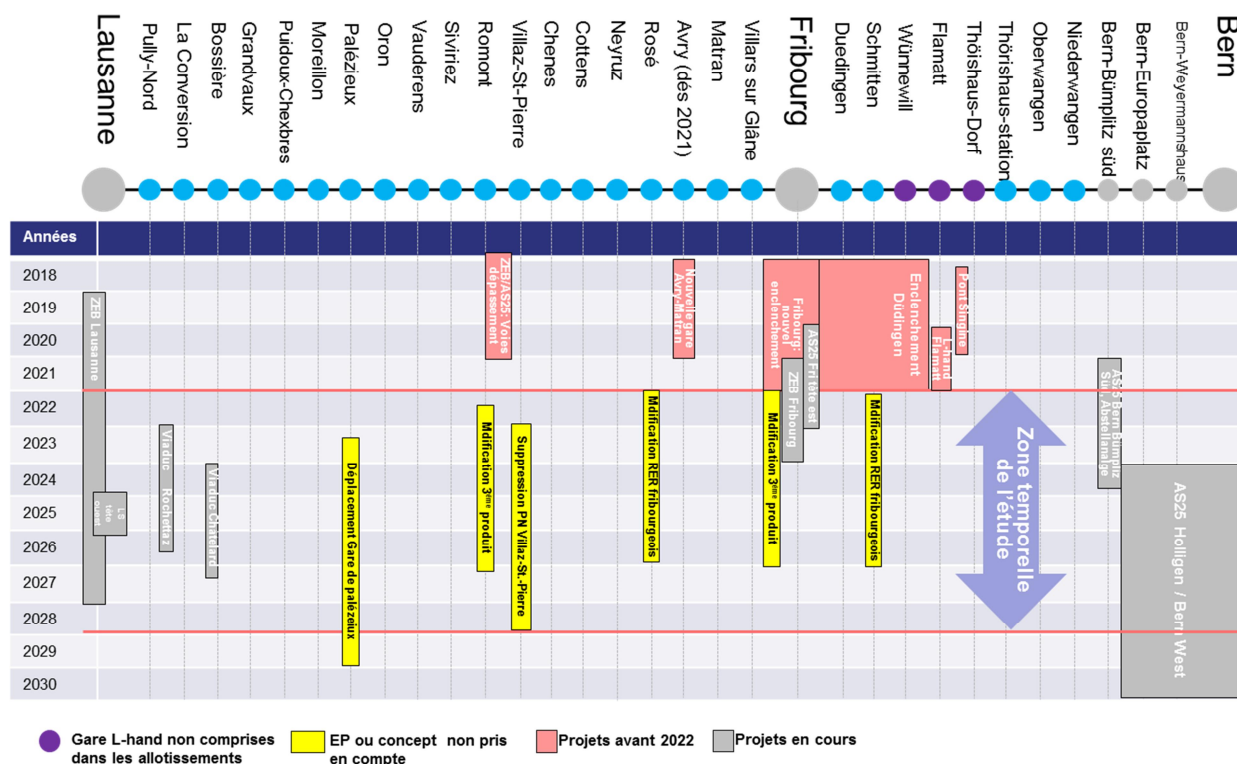


Figure 2 : Plan schématique du tronçon avec toutes les gares.

4 Bases, standards et hypothèses

4.1 Bases

Les bases à disposition sont les suivantes :

1. Documents techniques I-AT, catégorie W (Standards WAKO, I-AT-FW-TNZ du 21.03.2018 (en cours d'examen par l'OFT)
2. Horaire réticulaire « Etape d'aménagement EA 2025 », état 05.2017
3. Rapport d'étude préliminaire WAKO Lausanne – Berne (mandat avec estimation des coûts +/- 30%, 30.06.2015) de I-PJ-LS
4. Lausanne-Bern, WAKO-Ertüchtigung, Ergänzende Informationen zum Studienbericht und weiteres Vorgehen, FN-NEZ-PRG, 01.06.2017
5. Concept d'intervalles WAKO / Grobprüfung, I-FN-FPA-IML, Mai 2017 - Tobias Schoch
6. Programme de renouvellement des voies synthétisée par la carte des FbE
7. Etudes sommaires de gares d'Oron, Cottens, Neyruz, Schmitten

Tous ces documents sont à disposition en annexe 12.

4.2 Système WAKO et implications

Le système WAKO est prévu avant tout pour supporter une insuffisance de dévers supérieure à la valeur standard pour la catégorie R et, de ce fait, permettre aux trains équipés de ce système de rouler près de 10-15 % plus rapidement que les vitesses selon la catégorie R.

Cependant, ce système aura pour effets de générer une accélération transversale plus élevée. Tous les efforts supplémentaires vont malmener le matériel existant en créant des contraintes de traction plus élevées au niveau du système d'attache intérieur du rail extérieur de la courbe. Par courrier du 5.12.2012, l'OFT a approuvé les principes pour la phase transitoire d'adaptation de l'infrastructure pour la catégorie W.

En alignement, le matériel existant n'étant pas plus sollicité avec WAKO qu'avec R pour une vitesse identique, il serait possible de laisser le matériel existant en place. Cependant, il nécessiterait tout de même une surveillance accrue à proximité immédiate des courbes de transition. Pour le moment, afin de limiter les risques mais pas les coûts, il ne sera pas fait de distinction entre les courbes, les courbes de transitions et les alignements.

4.3 Standards

Tous les tronçons avec une vitesse W devront être mis en conformité selon le standard WAKO ci-dessous :

- Rail
 - type UIC 60 E1/E2 (CFF VI) ou type UIC 54 E2 (CFF IV)
- Traverses
 - Béton monobloc B71 ou B91 et mesures transitoires convenues avec l'OFT selon courrier du 5.12.2012.
- Epaisseur standard de ballast de classe I
 - 30 cm sur infrastructure souple ou 40 cm minimum sur infrastructure rigide / idéalement 55 cm sur infrastructure rigide dans la mesure du possible
- Une infrastructure adéquate
 - Grave PSS épaisseur 30 cm minimum ou Enrobé AC Rail épaisseur 7 cm avec grave GNT épaisseur 25 cm minimum
- Une infrastructure drainée
 - Profil de drainage selon les standards applicables

Le règlement I-22211 édition 09.2014 intègre déjà le standard et le processus pour les ligne de catégorie W (WAKO)

La pose de traverses en béton et, le cas échéant, la mise en œuvre de mesures d'assainissement de l'infrastructure sont obligatoires dans les cas suivants:

- La ligne est parcourue à une vitesse $V > 160$ km/h.
- Il s'agit éventuellement d'une ligne de cat. W.
En d'autres termes, sur les lignes effectivement de cat. W (actuellement Lausanne–Berne et Zurich–St. Margrethen), la superstructure standard est la suivante: traverses en béton avec profil de rail 54 E2 ou supérieur, catégorie de ballast I et infrastructure conforme aux règlements avec drainage fonctionnant correctement.

Entre 2015 et aujourd'hui, il n'y a pas eu d'évolution défavorable des standards à l'exception des incertitudes lié au rapport de freinage effectif des nouveaux trains Twindexx. Selon l'état actuel des connaissances, la valeur actuelle de 150% pourra être relevée à 180% après adaptation de ces compositions. Ces modifications seront prochainement mandatées par P auprès du constructeur.

Une évolution favorable est tout de même à relever au niveau de la limite de l'insuffisance de dévers pour les rayons < 400 m: $id_{max} = 207$ mm au lieu de $id_{max} = 197$ mm admis précédemment (voir chapitre 5.1).

Ces standards étant en cours d'homologation, cette dernière modification n'a pas été pris en compte dans cette étude. L'approbation des standards est attendue pour l'été 2018.

4.4 Hypothèses

4.4.1 Horizon temporel du projet

En accord avec l'OFT, l'étude prend en compte l'entier des travaux à prévoir entre les années 2022 à 2028, à l'exception des projets mentionnés sous le chapitre 3. La mise à disposition de l'infrastructure (hors tronçon Holligen-Berne) est prévue pour fin 2028. Aucun coût avant ou au-delà de cette période n'est considéré en dehors des honoraires nécessaires à la réalisation des projets.

Selon la planification actuelle, les travaux et projets suivants seront mis en service avant fin 2021 :

- Le programme FbE des années 2019/2020/2021 (pas de report en 2022 ou ultérieurement)
- Nouvelle gare Avry-Matran
- Mise en conformité LHand Flamatt
- Viaduc de la Singine
- Fribourg : nouvel enclenchement
- Renouvellement enclenchement de Düringen-Schmitten
- Renouvellements LC, Fribourg-Düringen et Düringen-Schmitten.
- AS25 : Fribourg, diagonales EST
- ZEB/AS25 : Voies de dépassement de Romont

Ils sont considérés comme réalisés et sont exclus de la présente étude.

4.4.2 Méthodologie de mise à jour

La mise à jour du rapport et la répartition des coûts entre les travaux WAKO et FbE ont été faite sur la base de l'étude préliminaire 2015 (annexe 12.3) tout en tenant compte :

1. Du nouvel horizon de projet 2022-2028
2. Des travaux FbE et mesures déjà planifiée ou réalisées jusqu'à fin 2021
3. Des mesures FbE planifiées de 2022 à 2028 (voir annexe 12.6)
4. Et de toutes les hypothèses de projet explicités aux chapitres ci-dessous

C'est sur cette base que le tableau Excel de Base multi-domaine (annexe 2) a été mis à jour. Il est important de comprendre que le synoptique général Tilos se base essentiellement sur ce tableau Excel qui était également la base de l'étude 2015.

4.4.3 Méthode de calcul des coûts

Le calcul des coûts a été adapté au nouvel horizon temporel 2022-2028. Les prix unitaires des travaux n'ont pas été modifiés par rapport à l'étude 2015.

Afin de simplifier les calculs d'honoraires et de s'affranchir du calcul compliqué utilisé lors de l'EP2015, il a été admis les majorations suivantes qui s'appliquent sur les coûts des travaux:

Nature majoration	Mesures WAKO et gares	Programme FbE
Honoraires	20%	20%
Sécurité	6%	6%
Travaux imprévus (uniquement sur la partie hors risques)	10%	0%

Cette manière de procéder permet d'arriver aux mêmes ordres de grandeur que le calcul du tableau Excel des coûts 2015.

Il été également convenu avec l'OFT que la méthode de synthèse des coûts adoptées en 2015 reste applicable à savoir que les coûts travaux comprennent les coûts de bases et les risques supérieurs à 50%.

La précision du devis reste à $\pm 30\%$.

4.4.4 Caractéristiques du train Twindexx (RABDe502 IC200)

Les caractéristiques du train Twindexx (caractéristiques du 21.11.2017) ont été introduites dans le nouveau programme de calcul du temps de parcours (ZLR, Toolbox). La comparaison entre les caractéristiques de calcul et les valeurs du fournisseur indique que les valeurs utilisées dans le calcul théorique du temps de parcours sont correctes. Ceci a été confirmé par le service interne compétent (I-AT-SAZ-AZS-FDY) (annexe 8.2).

Le train n'ayant pas encore obtenu une homologation définitive pour la catégorie W, il est admis que les caractéristiques constructeur d'accélération sont valables tout comme:

- Un rapport de freinage de 180%
Cette caractéristique n'étant à ce jour pas encore homologuée, une estimation du temps de parcours avec une diminution du rapport poids freinage à une valeur de 150% a également été faite.
- Une caractéristique aérodynamique identique à la catégorie R
Dans les gares où la ligne de sécurité ne peut être déplacée en raison des distances de sécurité insuffisantes sur les quais existants, la vitesse de la catégorie W est réduite à la valeur selon la catégorie actuelle R.

Toutefois, pour cette étude, selon demande de I-FN-NED-UM D. Poncet, le profil de vitesse théorique doit être basé sur l'hypothèse d'un rapport de freinage de 180%.

4.4.5 Définition des vitesses et du profil de vitesse

Dans cette étude, 3 vitesses ont été déterminées respectivement considérées

- Vw quai réduite :

Vitesse Vw possible selon géométrie WAKO abaissée localement pour

- la sécurité en gare (distance minimale à respecter entre la bordure du quai et la ligne de sécurité tactilo visuelle, déterminée selon la catégorie et la vitesse de passage des trains). *Cette vitesse est complétée avec une option du gain aérodynamique en gare. Ce sont les vitesses écrites entre parenthèse dans le concept de signalisation (annexe 4).*
- prendre en compte le fait que le train ne peut atteindre la vitesse maximale

- Vw max géométrique :

Vitesse théorique maximum avec la géométrie de voie actuelle et/ou modifiée par WAKO.

- Vr selon RADN actuel :

Vitesse de circulation actuellement autorisée pour les trains de catégorie R,

Les valeurs des vitesses ci-dessus (Vw quai réduite, Vw max géométrique, Vr) sont visibles sur le concept de signalisation (annexe 4).

Vw quai réduite est la vitesse qui est représentée sur le synoptique général Tilos (annexe 1). Elle sert de base au profil de vitesse et au calcul du temps de parcours. Ce profil de vitesse a été contrôlé et validé par le service interne compétent (annexe 8.2).

4.4.6 Calcul du temps de parcours

Pour la mise en service de l'offre prévue dans le concept approuvé AS25 (état 05.2017), la réalisation de l'ensemble des mesures d'infrastructure définies est nécessaire.

La réduction du temps de parcours effective entre Lausanne et Berne (actuel : 66min > futur : 61min) est donc conditionnée par la mise en service préalable des projets ZEB et AS25 sur la ligne –Lausanne (y.c.)- Bern (y.c.).

Le temps de parcours technique à atteindre est 53.7 min.

Dans le cadre de la réactualisation de l'étude préliminaire, il a été calculé avec

- La version de l'application du programme ZLR, Toolbox :
 - Version: 3.11.6.44640, ZLR-WS :3.7.19.44705
- Les caractéristiques actuelles du train Twindexx (23.11.2017) avec un rapport poids freinage de 180%
- le profil de vitesse avec Vw quai réduit
- les projets ZEB Lausanne et ZEB/AS25 Fribourg, ainsi que des projets AS25 Bümpliz-Süd Abstellanlage et AS25 Hollingen/Bern Westkopf terminés.

Le calcul du temps de parcours a été contrôlé par le service interne compétent (annexe 8.2).

4.4.7 Accès aux trains

Gares :

Les gares analysées dans le cadre de cette étude sont décrites au chapitre 3.

Le programme BZU23 comprend la mise en conformité des gares de la ligne 250 selon le plan de l'annexe 5. La planification de la mise en œuvre du programme BZU23 se réfère à l'état connu au 08.02.2018. La planification définitive est en cours de discussion avec l'OFT.

Si une gare nécessite des mesures constructives selon BZU23 et des mesures de correction de géométrie de voie lié à WAKO, alors la gare est intégrée dans les réflexions d'allotissement et dans les coûts du projet WAKO. Dans tous les autres cas, elles sont hors du périmètre de l'étude.

Dévers en zone de quais :

Pour l'accessibilité aux trains, le dévers de la voie en zone de quais doit être $< 75\text{mm}$.

Les conséquences de la mise en conformité des dévers $> 75\text{mm}$ ont été analysées et les hypothèses suivantes ont été retenues lors de la séance avec l'OFT (Blick-3) :

- Si des mesures WAKO sont prévues :
 - o La réduction du dévers est possible sans réduction de vitesse => la correction se fait dans WAKO
 - o La réduction du dévers implique une réduction de vitesse (sans modification du plan des voies) => pas de correction dans WAKO (demande de dérogation)
 - o La réduction du dévers nécessite une reconstruction des quais => pas de correction dans WAKO (dérogation)
- Si des mesures WAKO ne sont pas prévues : pas de correction du dévers avec WAKO

Distance de sécurité sur les quais :

Un recensement complet des distances de sécurité a été fait dans les gares où la vitesse V_w impactait la position de la ligne de sécurité.

Pour la vérification des distances de sécurité sur les quais, V_w est considéré comme V_r (réf. R I 50129). Les conséquences d'une augmentation de V_w par rapport à V_r ont été analysées et les hypothèses suivantes ont été retenues :

- Si un déplacement de la ligne n'est pas nécessaire => V_w est augmentée
- Si un déplacement de ligne est nécessaire et possible sans mesures constructives (élargissement de quai par exemple) => V_w est augmentée
- Si un déplacement est nécessaire et nécessite des mesures constructives => V_w est limitée à V_r maximale pour la distance de sécurité existante.

Sur la base de ces hypothèses et des vitesses géométriques admissibles le profil de vitesse V_w quai réduite a été établi. Il est la base du calcul du temps de parcours.

Il est rappelé que les quais sont réalisés hors programme WAKO.

La vérification des effets aérodynamiques des trains Twindexx est en cours et sera terminée à fin 2018. **Le gain de temps potentiel est de 19 sec** si le train peut être considéré comme similaire à une catégorie N .

4.4.8 Variation des hypothèses 2015-2017

Le tableau ci-dessous liste les variations majeures d'hypothèses entre l'étude préliminaire de 2015 et celle de 2018.

	Variation entre 2015-2018	Remarques
Horizon temporel	2022-2028 au lieu de 2018-2025	Voir chapitre 4.4.1
Coûts	Base de prix identique méthode calcul simplifiée pour honoraire, sécurité, travaux, imprévus, pour le nouvel horizon temporel. Ajout des FbE du programme de renouvellement des voies principales et secondaires ainsi que des gares traitées dans les tronçons	Voir chapitres 4.4.2, 4.4.3 et 12.1
Géométrie	Actualisation de l'étude en fonction des corrections déjà réalisées dans le cadre de projets sur la ligne depuis l'étude de 2015	La mise à jour de l'étude est basée sur les corrections de géométrie définies dans l'étude 2015.
Voie ferrée (FbE)	Actualisation des mesures en fonction du programme de renouvellement des FbE	La mise à jour de l'étude est basée sur une actualisation des renouvellements mandatés pour la période 2018-2021 ainsi que ceux qui sont prévus pour la période 2022-2028. Il a été confirmé que pour la circulation des trains en catégories W, le profil de ballast ne devait pas être renforcé
Voie ferrée (WAKO)	Actualisation des mesures en fonction du programme de renouvellement des FbE	La mise à jour de l'étude est basée sur une actualisation des renouvellements mandatés pour la période 2018-2021 ainsi que ceux qui sont prévus pour la période 2022-2028. Le solde des voies qui, à fin 2028, ne respectent pas le standards WAKO et dont la durée de vie restantes est inférieure à 30% sont pris en compte. Il a été confirmé que pour la circulation des trains en catégories W, le profil de ballast ne devait pas être renforcé
Câbles	Aucune	Il n'y a pas de projet câble. Il s'agit de travaux en lien avec le renouvellement de l'infrastructure ferroviaire.
Ligne de contact	Actualisation en fonction du programme de renouvellement des lignes de contact	Les renouvellements de ligne contact Fribourg Schmiten (pour une catégorie R) seront réalisés en 2020 en synergie avec les travaux du pont sur la Singine. Ils ne font plus partie du périmètre de l'étude WAKO. Le projet LC entre Flamatt et Thörishaus-Dorf est en cours d'étude préliminaire. Il est intégré aux coûts du tronçon 7b et est considéré comme une mesure de maintenance (SE).
Installation de sécurité	Mise en service de l'enclenchement de Thörishaus qui n'a pas pris en compte l'augmentation de vitesse W En option : perte de temps de parcours avec un rapport de freinage réduit à 150%.	Nécessité de modifier la programmation de l'enclenchement de Thörishaus (introduction de Tiefhaltung). Déplacement des signaux à Siviriez et Vauderens (nécessaire si catégorie de freinage W150 au lieu de W180)
Génie civil	Augmentation de la part de risques pour la partie génie civil des murs et remblais	Les hypothèses de base ayant servi à estimer quels murs étaient susceptibles d'être impactés ont été conservées. La part du risque a été augmentée de 5 MCHF à 10 MCHF avec une probabilité d'occurrence de 50% car jugée insuffisante au vu des incertitudes

Ouvrages d'art	Actualisation en fonction de zones prévues de renouvellement de voie	Mise en conformité de l'épaisseur de ballast sur les ouvrages selon séance « Blick in die Werkstatt » 3 du 26 janvier slide p8) : Seuls les ouvrages au droit desquels une mesure voie ferrée (Fbe ou WAKO) est nécessaire seront mis en conformité, à l'exception des ouvrages pour lesquels une mise en conformité engendre des coûts disproportionnés. Une demande de dérogation sera alors établie.
----------------	--	--

Figure 3: Tableau des variation des hypothèses 2015-2018

4.4.9 Compatibilité des projets connexes en cours

Tous les projets connexes identifiés tiennent compte des modifications de la géométrie nécessaires à l'augmentation de vitesse ainsi que de la future vitesse Vw (par exemple dans les gares de Lausanne et Holligen/Bern). Voir la synthèse annexée (annexe 6).

5 Mesures WAKO

La mise à jour de l'étude préliminaire a permis de préciser quelles mesures nécessaires à l'introduction de la vitesse Vw étaient déjà

- Réalisées
- Mandatées
- Inscrites dans un programme de renouvellement
- À charge de WAKO (renouvellement anticipé ou liées à l'augmentation de vitesse)

La synthèse des mesures se trouve dans le synoptique général Tilos de l'annexe 1.

Il reprend les principales mesures suivantes

- FbE : renouvellements de voie mandatés et ceux planifiés selon leur fin de vie projetée
- WAKO voie : mesures anticipées de renouvellement de voie
- WAKO geo : Correction géométrie nécessaire à l'augmentation de vitesse
- Renouvellement LC : projet de renouvellement LC
- Ponts : indication des pont nécessitant une intervention pour être conforme aux standards WAKO dans les zones de FbE ou de travaux WAKO voie
- Murs : indication des murs actuellement répertoriés touchés par WAKO

Sur ce plan, les interventions des services de technique ferroviaires liées aux renouvellements de voie (câbles, ligne de contact, installation de sécurité) ne sont pas mentionnés.

Quatre mesures liées aux installations de sécurité ne sont également pas répertoriées sur le plan :

- Modification enclenchement Thörishaus pour l'introduction de l'augmentation de vitesse
- Le déplacement des signaux de Siviriez et de Vauderens
- La reprogrammation des balises ETCS et de l'ASB
- La pose des panneaux de courbes

Dans les chapitres suivants, les mesures prévues par domaine spécialisé sont synthétisées.

Pour plus de précisions sur chacun de ces domaines voir le rapport sur les mesures détaillées en annexe 7.

Le coût et la durée des travaux avec la prise en compte du maintien de la substance (FbE) ont été coordonnés et estimés en fonction des mesures WAKO prévues.

5.1 Géomatique

Un tracé prévoyant des petites mesures d'optimisations de la géométrie en plan a été prévu afin d'augmenter la vitesse potentielle de WAKO sur le tronçon Lausanne-Berne par des ripages (si possible inférieurs à 200 mm pour minimiser l'ampleur des travaux) et par des modifications du dévers respectant les valeurs dynamiques suivantes :

$$\begin{aligned} R_{\min} &= 250 \text{ m} \\ d_{\max} &= 160 \text{ mm} \\ d_{\max(AV)} &= 110 \text{ mm} \\ id_{\max} &= 207 \text{ mm pour } R > 400 \text{ m } (*) \\ id_{\max} &= 191 \text{ mm pour } R < 400 \text{ m } (*) \\ id_{\max(AV)} &= 110 \text{ mm} \\ did/dt_{\max} &= 95 \text{ mm} \\ dd/dt_{\max} &= 60 \text{ mm} \end{aligned}$$

Le profil en long n'a pas été étudié à ce stade des études.

Les vitesses WAKO V_w max géométrique indiquées dans cette étude de tracé sont des vitesses maximales théoriques.

La vitesse WAKO effective sur le tronçon ne pourra être confirmée que sur la base des résultats des courses d'essai/d'homologation.

() les corrections de géométrie identifiées dans la réactualisation tiennent compte de ces valeurs. Toutefois, les nouveaux standards donnent une valeur limite $id_{\max} = 207 \text{ mm}$ indépendamment du rayon, ce qui est moins contraignant pour les rayons inférieurs à 400m. Les standards n'étant pas validés, ce potentiel n'a pas été retenu dans la réactualisation de l'étude préliminaire. L'ampleur définitive des ripages pourra toutefois potentiellement être diminuée dans quelques courbes en cas de validation de ces standards.*

5.2 Voie ferrée

Afin de permettre la circulation des trains de type Twindexx à une vitesse V_w , une infrastructure lourde est nécessaire selon les standards définis. Elle doit être mise en place là où la vitesse est augmentée. Le matériel suivant doit être utilisé :

- Rail
 - type UIC 60 E1/E2 (CFF VI) ou type UIC 54 E2 (CFF IV)
- Traverses
 - Béton monobloc B71 ou B91 et mesures transitoires convenues avec l'OFT selon courrier du 5.12.2012.
- Epaisseur standard de ballast de classe I
 - 30 cm sur infrastructure souple ou 40 cm minimum sur infrastructure rigide / idéalement 55 cm sur infrastructure rigide, dans la mesure du possible
- Une infrastructure adéquate
 - Grave PSS épaisseur 30 cm minimum ou Enrobé AC Rail épaisseur 7 cm avec grave GNT épaisseur 25 cm minimum
- Une infrastructure drainée (profil de drainage selon les standards applicables)

Une infrastructure traditionnelle est acceptable si la durée de vie restante est supérieure à 30%. Si ce n'est pas le cas, le renouvellement anticipé à charge de WAKO est nécessaire.

5.3 Génie civil

La ligne Lausanne-Berne comporte environ 290 ouvrages de soutènement répartis le long du tracé. Les incidences des charges de trafic de la nouvelle catégorie "W" sur l'infrastructure des plateformes et sur les ouvrages de soutènement ont été étudiées sommairement afin de déterminer les mesures à prendre. Les ouvrages et les zones où l'infrastructure de la plateforme ferroviaires nécessitent des travaux ont été identifiés. Il n'est pas établi de projet différencié pour chaque ouvrage concerné. Ils sont simplement classés par genre d'intervention nécessaire pour permettre l'établissement d'une estimation de coûts de type statistique.

5.4 Ouvrages d'art

Les mesures prises permettent de :

- répertorier les ouvrages qui ne permettent pas, dans leur état actuel, la circulation des trains de type WAKO aux vitesses prévues par le projet (augmentation de force centrifuge, garde-corps dans PEL, épaisseur de ballast inférieur à 40cm), et proposer des solutions pour permettre la circulation des trains de type WAKO aux vitesses prévues.
- Répertorier les ouvrages sur lesquels des travaux de renouvellement sont prévus et pour lesquels le contrôle des épaisseurs de ballast est nécessaire. En cas d'insuffisance de ballast il sera peut-être nécessaire corriger les bordures de pont pour une surélévation des voies.

Concernant les épaisseurs de ballast sur les ouvrages en pleine voie, les éléments suivants ont été discutés et acceptés en séance du 26.01.2018 (Blick in die Werkstatt 3, annexe 11)

Epaisseur de ballast : ouvrages en pleine voie

En principe, l'épaisseur minimale de ballast selon DE26 est à respecter (peut-être surtout...) sur les tracés WAKO. Le fait de ne pas procéder à une vérification de l'épaisseur de ballast existante sur les tronçons où la voie ferrée répond déjà aux caractéristiques requises (rails, traverses, etc.), est cependant acceptable pour autant (cumulativement):

- a) qu'il n'y ait pas de retours négatifs de l'entretien,
- b) que lors du prochain renouvellement (ou modification), l'épaisseur de ballast soit mise en conformité,
- c) et qu'aucun travaux qui pourraient potentiellement empêcher cette mise en conformité ne soient effectués.

	Situation actuelle	Mesures proposées par CFF
Retour sur l'entretien des tronçons/ouvrages sans mesures WAKO	Les responsables d'installation ont confirmé qu'il n'y a pas de retour négatif de l'entretien de la voie sur les ouvrages d'art de la ligne	Les ouvrages qui ne sont pas concernés par des travaux WAKO ou de renouvellement ne feront pas l'objet d'investigation et seront laissés tel quel.
Mise en conformité de l'épaisseur de ballast lors du prochain renouvellement	Lors des renouvellement, la situation des épaisseurs de ballast est contrôlée. Au besoin, elle est adaptée, à l'exception des ouvrages pour lesquels une mise en conformité engendre des coûts démesurés	Mise en conformité des ouvrages dans le cadre des renouvellements, sauf exception en cas de coût démesuré. Une demande de dérogation sera alors établie.
Travaux contraignants pour la mise en conformité future	Les ouvrages sans aucun travaux ne peuvent pas faire l'objet d'éléments pénalisant une remise en conformité ultérieure	Aucune mesure

5.5 Accès aux trains

En respectant les hypothèses du chapitre 4.4.7, seule les gares avec mesures constructives BZU et des travaux de voie WAKO ont été intégrés au périmètre de l'étude WAKO et à son coût. Il s'agit des 4 gares Oron, Cottens, Neyruz et Schmitt. Les études préliminaires de ces 4 gares sont données en annexe 12.7.

Les gares de Rosé et Matran sont considérées fermées en relation avec la mise en service de la nouvelle gare d'Avry-Matran (projet connexe).

Des demandes de dérogation de maintien du dévers (supérieur à 75 mm) pour Palézieux, Romont, Villaz-St-Pierre, Chénens seront établies, une modification de ces dévers ayant des impacts sur la vitesse de la catégorie R. (selon discussion dans le cadre de la séance Blick in die Werkstatt N°4)

Pour le reste, aucune mesure ni de coût d'accès aux trains n'est intégrée à cette étude car c'est le programme BZU 23 qui s'en charge.

5.6 Installations de sécurité

Les installations de sécurité et la signalisation sont adaptées afin de permettre d'être compatible avec les futures vitesses projetées pour la catégorie W tout en respectant la réglementation.

En détail, il a été contrôlé que les points suivants soient respectés : distances de freinage, protections de flanc, distances de glissement, visibilité des signaux (contrôle partiel), critères d'enclenchement (à vérifier plus en détail à l'AP), etc.

De plus, comme il s'agit d'une nouvelle catégorie de vitesse, de nouveaux panneaux de vitesse devront être posés. Les coûts ont été intégrés dans cette étude .

5.7 Câbles

Il n'y a aucun projet câble en soi. Toutes les mesures prévues sont liées à des travaux de voie. Elles peuvent être synthétisées de la manière suivante :

- Dans les zones de drainage et de modification de l'infrastructure existante, les caniveaux seront supprimés et reconstruits.
- Dans les zones de criblage, les caniveaux, à partir du type 22, et à une distance rail – bord caniveau de min. 1.50 m subsistent à leur emplacement actuel. Toutes les canalisations secondaires seront reconstruites à neuf.

Les zones de protections des eaux sont représentées sur le plan synoptique général.

5.8 Ligne de contact

L'influence des nouveaux véhicules WAKO sur les installations caténaires a été étudiée particulièrement en ce qui concerne l'alimentation en courant de traction.

Les documents suivants ont servi à l'étude du présent document :

- Neue Fernverkehrs-Dosto-Triebzüge, Einfluss auf die Bahnstromversorgung
- Neue Fernverkehrs-Dosto-Triebzüge, Beurteilung der Strombelastung in Fahrleitungen Typ N-FL
- Beurteilung der Elektrischen Belastung Fahrleitung Bern – Lausanne
- Incidence de la vitesse sur le type de caténaire selon 0161.1010.0002

Il en ressort principalement que, pour l'alimentation en courant de traction, une section minimale de la caténaire de 180 mm² par voie est nécessaire.

La vitesse maximale admissible sur les caténaires de type N est de 125 km/h (125 km/h = vitesse nominale, 140 km/h = vitesse max). Certains tronçons équipés de ce type de caténaire devront être soit renouvelés soit renforcés au niveau de la section des conducteurs (ajout d'un feeder en parallèle du câble porteur).

La mise à jour de l'étude préliminaire et notamment l'horizon de planification 2022-2028 a permis d'identifier que seul le tronçon Flamatt - Thörishaus-Dorf devait encore être reconstruit. Une étude préliminaire a été lancée à ce sujet. Ce renouvellement a été intégré au périmètre de l'étude comme mesure SE.

La caténaire sera également adaptée aux modifications de voies prévues.

6 Environnement

Les bases légales en matière de protection de l'environnement seront appliquées par le projet WAKO.

Le projet WAKO dans son ensemble est soumis à l'étude de l'impact sur l'environnement (EIE) selon l'annexe 1 de l'ordonnance relative à l'étude de l'impact sur l'environnement (OEIE ; RS 814.011).

Les principales mesures qui devront être étudiées et mises en œuvre concernent la protection des eaux, les déchets et les éventuels sites pollués, la protection contre le bruit et les vibrations. En partant de l'hypothèse d'un ripage de maximum 20 cm, aucun impact sur l'environnement n'est susceptible de stopper le projet, mais des mesures plus ou moins contraignantes seront parfois nécessaires.

Le détail des analyses et des mesures à prendre est traité dans le chapitre 2 de l'annexe 7 du présent rapport.

7 Profil de vitesse et temps de parcours selon mise à jour 2018

Le calcul du nouveau ZLR avec les profils de vitesses définis selon les hypothèses du chapitre 4.4.6 donne les temps de parcours suivants :

	Lsne-Berne		Berne-Lsne	
Temps technique à atteindre	53.70	min	53.70	min
<i>Temps Vw EP 2015 (selon ancien ZLR)</i>	<i>53.11</i>	<i>min</i>	<i>53.38</i>	<i>min</i>
Temps Vw EP 2017, hypothèses - rapport de freinage W180 - réduction vitesse dans les gares où la ligne de sécurité est déterminante - tête ouest de Berne état final - nouveau ZLR	52.67	min	52.85	min
Perte (+) si rapport de freinage W150	0.41	min	0.41	min
Total des gains (-) si Twindexx considéré similaire à la catégorie N (ligne de sécurité) (*)	-0.32	min	-0.32	min
Cas le plus optimiste	52.35	min	52.53	min
Marge:	1.35	min	1.17	min
Cas le plus pessimiste	53.08	min	53.26	min
Marge	0.62	min	0.44	min
Gain supplémentaire (-) option PN Villaz St-Pierre selon EP 2015	-0.10	min	-0.10	min
(*) Détails des gains Twindexx aérodynamique par gare				
<i>Bossière</i>	<i>-2</i>	<i>sec</i>	<i>-3</i>	<i>sec</i>
<i>Puidoux-Chexbres</i>	<i>-3</i>	<i>sec</i>	<i>-3</i>	<i>sec</i>
<i>Romont</i>	<i>-9</i>	<i>sec</i>	<i>-8</i>	<i>sec</i>
<i>Neyruz (finalement distance sur les quais ok pour augmentation de vitesse: Gain déjà comptabilisé dans le temps de parcours Vw2017)</i>	<i>0</i>	<i>sec</i>	<i>0</i>	<i>sec</i>
<i>Düdingen</i>	<i>-5</i>	<i>sec</i>	<i>-5</i>	<i>sec</i>
<i>Total gain si train aérodynamique</i>	<i>-19.00</i>	<i>sec</i>	<i>-19.00</i>	<i>sec</i>
<i>soit</i>	<i>-0.32</i>	<i>min</i>	<i>-0.32</i>	<i>min</i>
	Lsne-Berne		Berne-Lsne	
Perte si rapport de freinage W150	0.41	min	0.41	min
Mesures pour diminuer la perte temps				
- déplacement signaux vauderens+siviriez	-0.10	min	-0.10	min
- modification programmation enclenchement thörishaus (cette mesure doit faire l'objet d'une étude pour garantir sa faisabilité)	-0.30	min	-0.30	min
perte résiduelle	0.01	min	0.01	min
base: résultats ZLR 09.03.2018				

Figure 4: Tableau des temps de parcours

Les éléments ci-dessus confirment que les mesures identifiées permettent de respecter le temps cible maximum dans les 2 sens de circulation et ce, même en cas de rapport de freinage défavorable W150% (marge résiduelle de 0.44 min soit 26 sec).

Ces temps de parcours ont été calculé avec les profils de vitesse suivants qui sont en conformité :

- avec les hypothèses des chapitres 4.4.5 et 4.4.6
- sur la base de la nouvelle géométrie définie
- des caractéristiques du train (chapitres 4.4.4)

Sens Lausanne – Berne

Vert : Vw quai réduite (rapport de freinage 180%)

Rouge : Vr selon RADN (rapport de freinage 135%)

Temps de parcours avec Vw quai réduite = 52.6 minutes

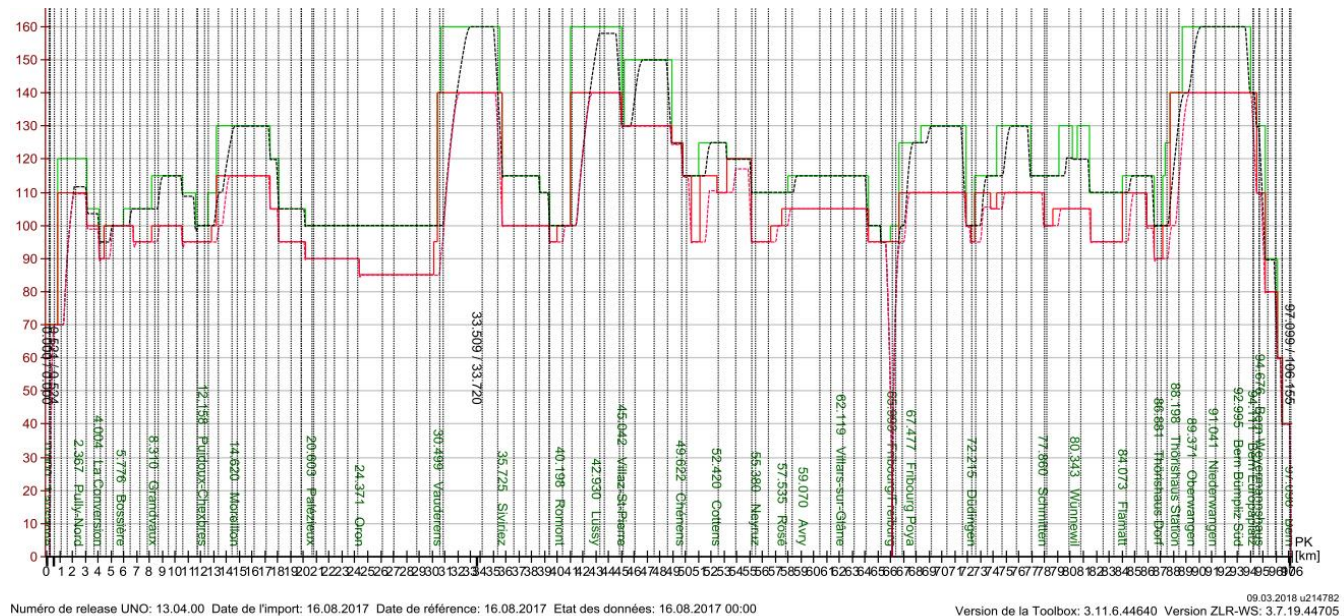


Figure 5: Profil de vitesse Berne- Lausanne

Sens Berne - Lausanne

Vert : Vw quai réduite (rapport de freinage 180%)

Rouge : Vr selon RADN (rapport de freinage 135%)

Temps de parcours avec Vw quai réduite = 52.9 minutes

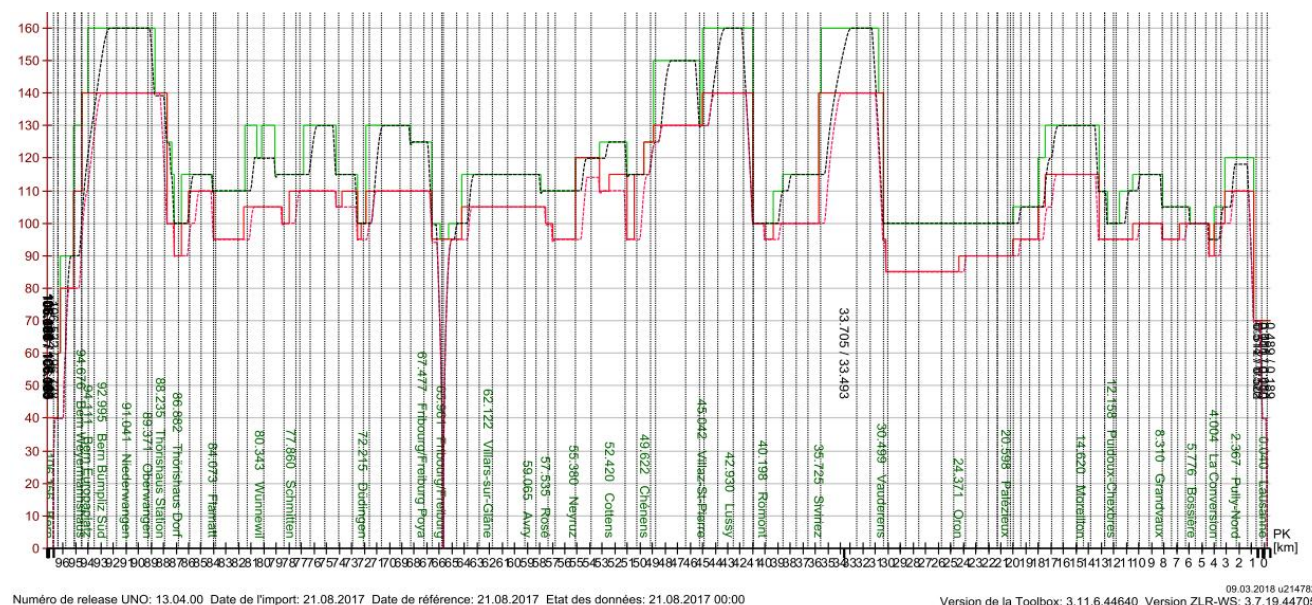


Figure 6: Profil de vitesse Lausanne - Berne

Le profil de vitesse ainsi que les implantations des différents seuils de vitesse ont fait l'objet d'un contrôle par le service compétent (annexe 8.2) tout comme les schémas de détail du profil de vitesse (annexe 8.1).

Remarque :

En date du 03.04.2018 le constructeur du train Twindexx (RABDe502 IC200) a fourni de nouvelles caractéristiques. Une rapide analyse a montré que ces nouvelles caractéristiques ne modifiaient pas le temps de parcours de manière significative (delta de l'ordre de la seconde). Les calculs et temps de parcours basés sur les caractéristiques 2017 peuvent ainsi être conservées.

8 Options « gain de temps »

Dans un premier temps, toutes les options de 2015 ont été intégrées dans la réflexion. Ensuite, il a été opéré une sélection selon le principe suivant :

- Les options qui ont directement été englobée dans le programme FbE jusqu'à fin 2021 ne sont plus considérées en tant que tel et sont intégrées dans le gain de temps de parcours.
- Les options qui ne sont plus réalisables ont été éliminées

Suite à cette sélection, seules 2 options restent envisageables :

- 1) Passage à niveau de Villaz-St-Pierre (CHF 16 millions pour 6 secondes)
- 2) Chénens y.c gare (CHF 18.3 millions pour 4 secondes)

Avec les mesures identifiées, le temps de parcours limite est respecté. Ces options ne doivent donc pas être activées. Elles ne font pas parties des coûts. Néanmoins, celles-ci restent disponibles au besoin.

Au vu de l'ampleur des travaux découlant de ces options, il faut noter qu'un délai de 5-6 ans minimum est à prévoir entre le déclenchement de l'option et sa réalisation, soit pour un horizon 2028, un déclenchement des options au plus tard début 2022.

Concernant la suppression du PN de Villaz-St-Pierre, des discussions sont en cours avec la Commune et le canton de Fribourg. Aucune décision n'est prise actuellement à ce sujet.

9 Allotissement

Le parcours (LS – BN) est divisé en plusieurs tronçons de ligne (flèche bleue sur le schéma ci-dessous). Plusieurs lots (carré vert ci-dessous) seront planifiés à l'intérieur d'un même tronçon.

Le schéma ci-dessous montre l'allotissement retenu dans le cadre de cette étude. Il comprend 8 tronçons et plusieurs lots.

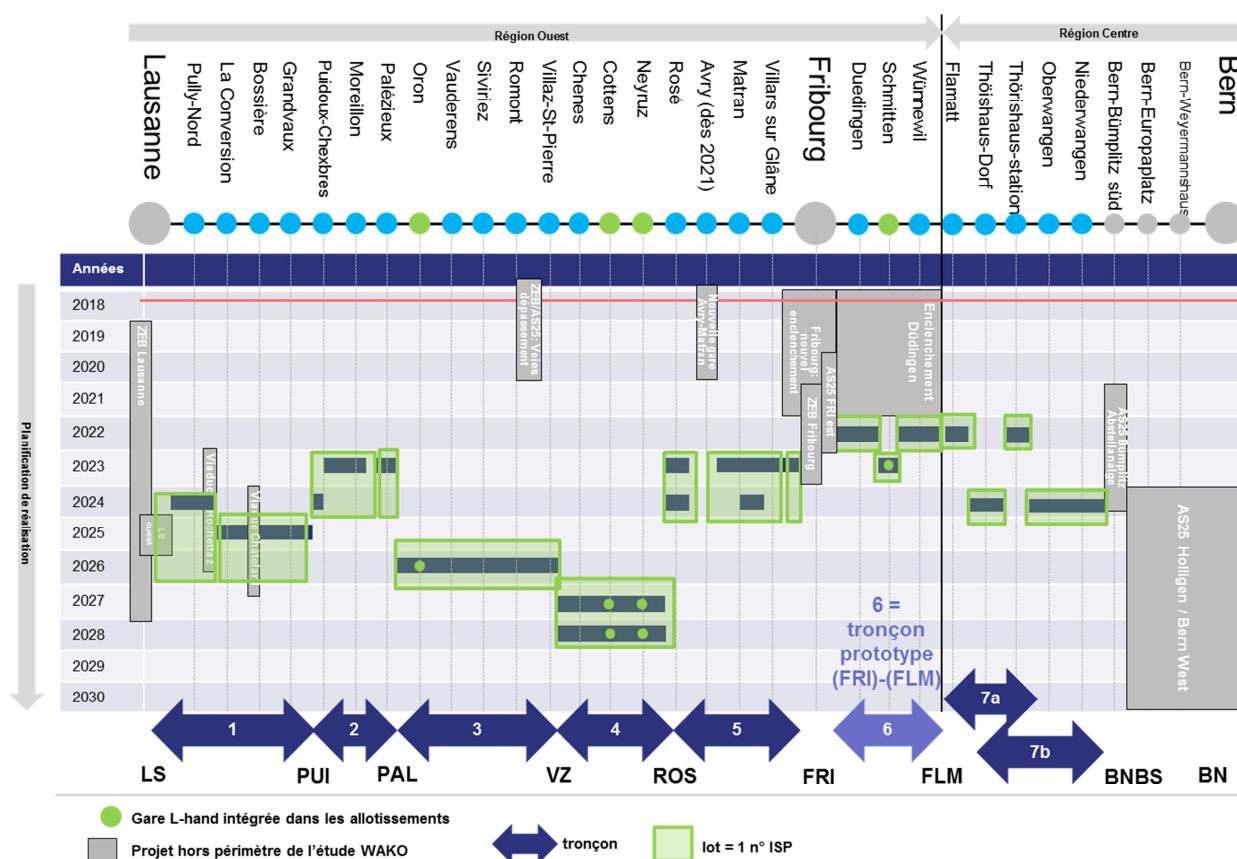


Figure 7 : Schéma de la ligne avec définition des tronçons et des lots

La définition des tronçons de ligne ainsi que des lots a été établie sur la base des critères suivants:

- Etat de l'installation qui a dicté la planification du programme de renouvellement FbE.
- Intervalles (VIP ou intervalles de nuit)
- Volume de travail annuel (lissage des «mètres» à réaliser par année).
- Géographiques (limites de secteurs et communales, délimitation possible de PAP)
- 1 tronçon avec des mesures de maintenance (SE) = plusieurs projets possibles
- 1 tronçon avec des mesures d'extension (UV) = 1 avant-projet

Pour des questions de synergies, certains travaux nécessaires à WAKO seront réalisés avec des renouvellements de voie (FbE).

10 Planification

10.1 Calendrier prévisionnel

En fonction de l'allotissement défini, la planification prévisionnelle des différents lots ainsi que la mise à disposition de l'infrastructure pour réaliser les tests d'homologation de vitesse W peut être schématisée de la manière suivante :

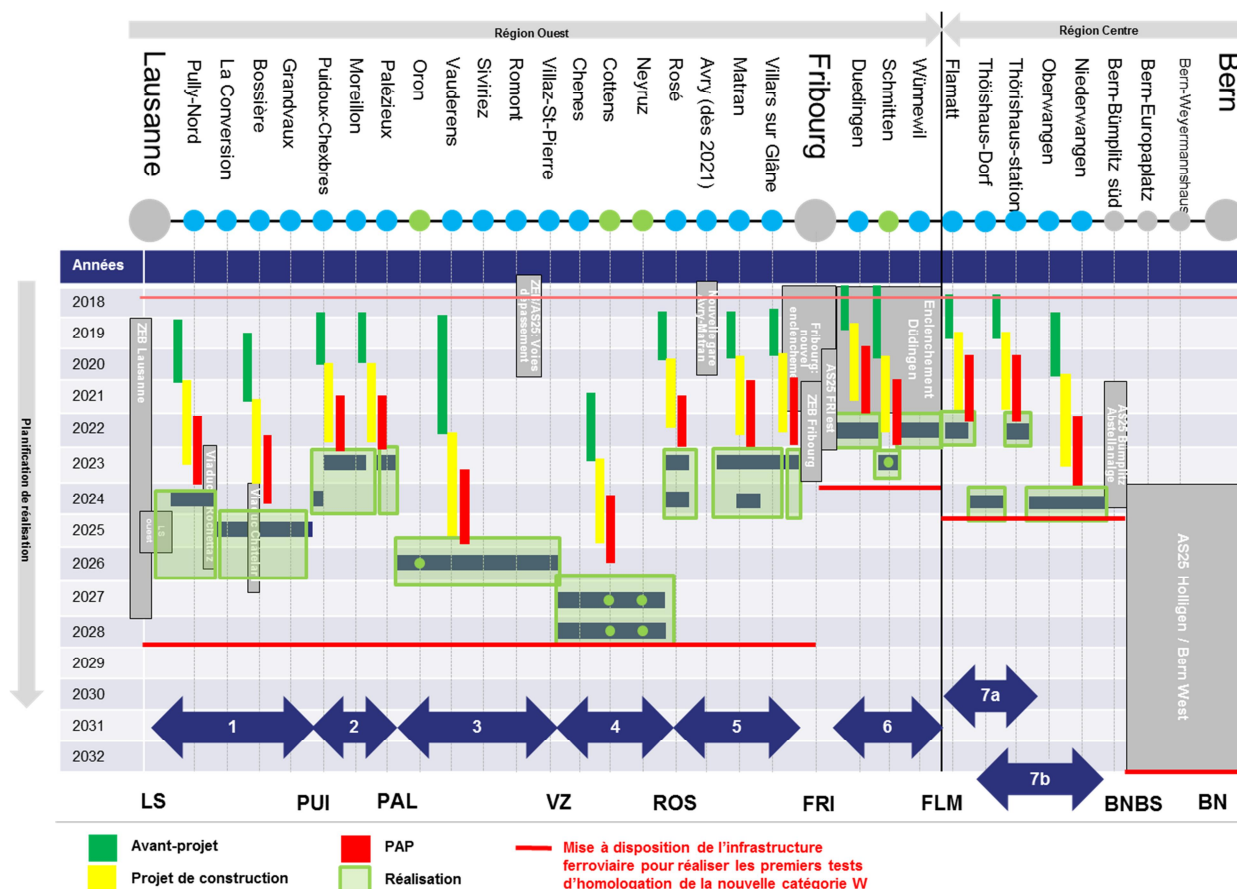


Figure 8: Schéma de la planification étude et travaux des différents lots

Cette planification prend en compte les hypothèses admises dans les chapitres précédents, ainsi que des ressources internes et externes adéquates et disponibles,

Bien entendu, elle ne tient pas compte des influences actuellement inconnues des projets connexes ou exclus du périmètre du projet.

11 Mesures d'exploitation

Les conditions-cadres de base ont été définies selon l'étude IML, réalisée par FN-FPA (version mai 2017). Trois types de tronçons sont répertoriés sur la ligne 250 – Lausanne-Berne. Les types d'intervalles sont définis comme suit :

- Couleur verte : travaux possibles avec interdiction en permanence d'une voie (VIP).
- Couleur orange : les conséquences sur l'exploitation ferroviaire suite à la planification de travaux avec une interdiction d'une voie en permanence (VIP) doivent être étudiées.
- Couleur rouge : uniquement travaux de nuit avec rétablissement chaque matin (VIT)

Ces éléments sont également représentés sur le plan synoptique général Tilos.

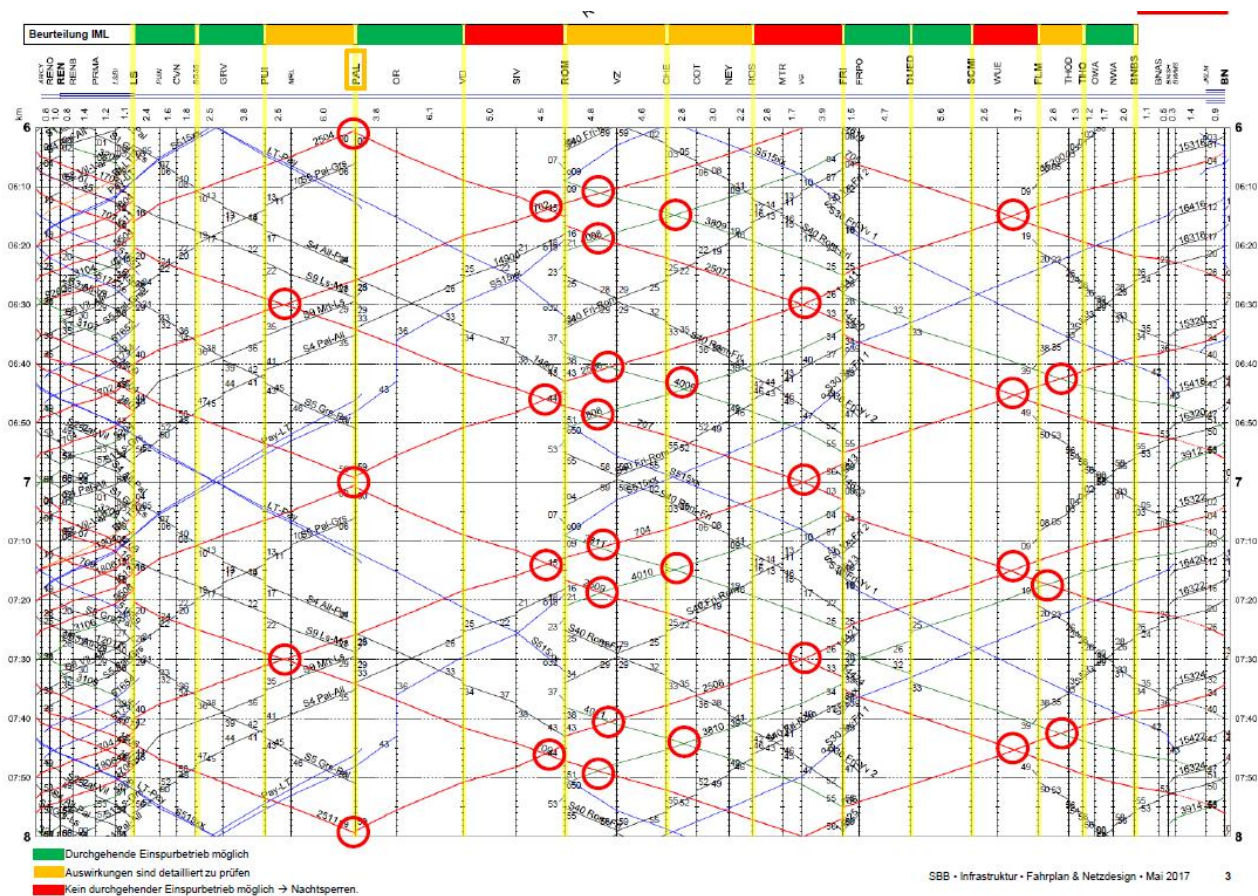


Figure 9: Etude IML sur les mesures d'exploitations

L'analyse concernant la planification des travaux nécessaires au projet Wako est la suivante :

Conditions-cadres générales :

- La planification de 2 VIP (voies interdites en permanence) simultanée, n'est pas réalisable.
- Pour les ralentissements, les pertes prévisibles sont supportables tant qu'elles se limitent à un seul tronçon. Deux « longs » ralentissements ne sont pas planifiables simultanément.

Le détail des mesures d'exploitation est le suivant :

Pour le tronçon n° 1 Lausanne Puidoux-Chexbres :

- **Lausanne – La Conversion :**
 - Travaux en VIP : renouvellement de la voie de droite et réalisation de la voie de gauche aux standards Wako,
 - réalisation en 2024,
 - les conséquences de la VIP sur l'exploitation ferroviaire doivent être étudiées et confirmées avec le phasage et la planification des travaux de la gare de Lausanne.
- **La Conversion – Grandvaux :**
 - Travaux en VIP,
 - réalisation en 2025.
- **Grandvaux – Puidoux-Chexbres :**
 - Travaux en VIP : renouvellement des 2 voies entre Grandvaux et Puidoux-Chexbres, (étude en cours au niveau capacité de ligne pour réalisation 2022)
 - réalisation en 2025. Cette partie de projet pourrait être réalisée durant le clustering de la tête EST de la gare de Lausanne. Des soins palliatifs seront nécessaires sur ce tronçon.

Pour le tronçon n° 2 Puidoux-Chexbres - Oron :

- **Puidoux-Chexbres - Palézieux :**
 - Secteur orange selon étude IML, les conséquences d'une VIP sur l'exploitation ferroviaire doivent être étudiées et analysées,
 - sur ce secteur, les travaux devront être planifiés en-dehors des clustering de la ligne 251 – Palézieux-Morat (mi-avril à fin août 2023).
 - réalisation en 2023 - 2024
- **Palézieux - Oron :**
 - Travaux en VIP,
 - réalisation en 2023

Pour le tronçon n° 3 Oron – Villaz-st-Pierre :

- **Oron - Vauderens :**
 - Travaux en VIP, réalisation des 2 voies aux standards WAKO, ainsi que la mise en conformité des quais d'Oron,
 - réalisation en 2026
- **Vauderens - Siviriez:**
 - Travaux en VIT (de nuit),
 - réalisation en 2026
- **Siviriez – Villaz-St-Pierre:**
 - Travaux en VIT (de nuit),
 - réalisation en 2026

Pour le tronçon n° 4 Villaz-st-Pierre –Rosé :

- **Villaz-St-Pierre - Rosé :**
 - Travaux en VIP, renouvellements et réalisations des voies aux standards Wako, ainsi que les mises en conformité des quais de Neyruz et Cottens,
 - secteur orange selon étude IML, les conséquences d'une VIP sur l'exploitation ferroviaire doivent être étudiées et analysées
 - réalisation en 2027-2028

Pour le tronçon n° 5 Rosé - Fribourg :

- **Gare de Rosé :**
 - Travaux en VIP, uniquement pour les travaux de la voie 4 (sans engagements des diagonales d'échange (1-2 et 9-10),
 - pour le solde des travaux, uniquement en VIT (de nuit),
 - réalisation en 2023-2024
 - à éventuellement massifier les travaux avec ceux de la cadence à 15' (voie de rebroussement en gare de Rosé, projet connexe). Ce cas de figure nécessite une accélération du planning du projet afin d'obtenir la DAP (décision d'approbation des plans) en même temps que les renouvellements en gare de Rosé. A étudier les mesures d'exploitation envisageables si une massification des travaux devraient intervenir.
- **Rosé - Fribourg :**
 - En raison du phasage de la gare de Fribourg, les travaux du tronçon concerné ne seront pas réalisables en 2023 (blanc travaux). L'arrêt des trains longues distances (IR et IC) se fera sur le quai 3 de Fribourg, ceci implique un cisaillement aux 2 têtes de gare,
 - travaux en VIT, renouvellement des aiguillages sur la tête Ouest de Fribourg. Une variante en VIP serait envisageable durant des week-ends OCP.
 - réalisation en 2024.

Pour le tronçon pilote (n° 6) Fribourg - Flamatt:

- **Fribourg-Schmitten :**
 - Sur le tronçon Fribourg-Düdingen et en raison du phasage de la gare de Fribourg, les travaux de ce tronçon ne seront pas réalisables en 2023 (blanc travaux). L'arrêt des trains longues distances (IR et IC) se fera sur le quai 3 de Fribourg, ceci implique un cisaillement aux 2 têtes de gare,
 - Travaux en VIP : renouvellement de voie entre Fribourg et Düdingen, voie de gauche et droite, réalisation en 2022.
- **Schmitten :**
 - Travaux en VIP, à étudier phasage des travaux dans le cadre de l'AP. En l'état et en ne prenant pas en considération la remarque ci-dessous, il n'y a pas d'intérêt de faire des interruptions totales. Si ce n'est quelques intervalles totales pour réaliser la déviée de la diagonale 1-2.
 - Travaux planifié en 2023.
 - Un clustering pourrait être envisagé et ferait sens, en massifiant les travaux avec ceux de la cadence à 15' (nouvelle diagonale au km 75 et modification de la tête Ouest de Schmitten). Ce cas de figure nécessite une accélération du planning projet des nouvelles diagonales pour avoir la DAP en même temps que celle de la gare de Schmitten.
 -
- **Schmitten-Flamatt :**
 - Travaux en VIT pour les mesures Wako, travaux planifiés en 2023. .

Pour le tronçon n° 7 Flamatt – Bern Bümpliz Süd (gare exclue) :

- **Tronçon 7a, Flamatt – Thörishaus Station :**
 - Travaux en VIT, renouvellements et réalisations des voies aux standards Wako, dans les gares de Flamatt et de Thörishaus Station,
 - secteur orange selon étude IML, les conséquences d'une VIP sur l'exploitation ferroviaire doivent être étudiées et analysées
- **Tronçon 7b, Flamatt (gare exclue) – Bern Bümpliz Süd (gare et Thörishaus Station exclues) :**
 - Travaux en VIP, renouvellements et réalisations des voies aux standards Wako, entre Flamatt et Bern Bümpliz Süd,
 - réalisation des travaux en 2024.

12 Coûts

Les coûts pris en compte dans les tronçons comprennent

1. Les coûts des mesures nécessaires à WAKO
2. Les coûts de renouvellement de voie principale (FbE)
3. Les coûts de renouvellement de voie hors voie principale
4. Les gares L-Hand intégrées aux tronçons

Cette structure et cette numération sont repris dans les tableaux ci-dessous. Il s'agit de coût HT dont la précision est de +/-30% sans les éventuelles majorations VGK.

12.1 Coûts globaux

Le tableau ci-dessous liste les coûts par type en précisant la nature des mesures (maintien de la substance – SE / extension – AB).

Types de coût	Coûts de base en MCHF (HT, hors VGK, +/-30%) 2022 -2028	Nature des mesures AB= Ausbau SE= Substanzerhaltung
1) Mesures WAKO	211.7	AB
2) FbE	221.6	SE
3) FbE hors voies principales	34.5	SE
4) Gares intégrées aux tronçons	25.4	SE
Total	493.2	

Figure 10: Tableau de synthèse des coûts globaux par type

Ces coûts ne comprennent pas la part estimée WAKO 2020-2021 suivante (coûts à +/-30% en MCHF, hors TVA et hors majoration VGK 2%) :

- Renouvellement des appareils de voie de Rosé, réalisation en 2021 : 2.85 MCHF

12.2 Evolution des coûts depuis l'EP 2015

La réduction des coûts globaux entre l'EP (2015) et l'actualisation de l'EP (2018) est de **200 MCHF** (+/-30%, HT, hors VGK, BP déc 2017)

La différence s'explique essentiellement par

- L'horizon de planification : déduction de travaux déjà mandatés ou qui seront réalisés d'ici 2022, ajout des travaux supplémentaires prévus après 2025
- L'actualisation des coûts et risques selon les hypothèses retenues

2018 - 2021		2022 - 2025		2026 - 2028	
Horizon de planification de l'EP 2015 693 MCHF					
		Horizon de planification actuel 493 MCHF			
Travaux mandatés/réalisés (MCHF)		Actualisation (MCHF)		Travaux supplémentaires (MCHF)	
Renouvellement FbE	-160	Ponts	-30	FbE (débord)	+35
Renouvellement LC	-13	Gares WAKO	-10	FbE et mesures supplémentaires	+10
Géométrie / murs	-12	Gares FbE	-12		
		Câbles	-11		
		Murs / GC	+3		
Total	-185	Total	-60	Total	+45
Diminution des coûts = -200 MCHF					

Figure 11: Tableau des différences des coûts EP 2015 - 2018

12.3 Coûts par tronçon avec répartition du financement

Il est convenu avec l'OFT que le financement du projet se fait par tronçon et selon les règles du triage LV/UV lors de l'approbation des mandats d'avant-projet.

La figure et le tableau suivant montrent les répartitions AB/SE ainsi que les types de financement LV/UV pour discussion (trilage)

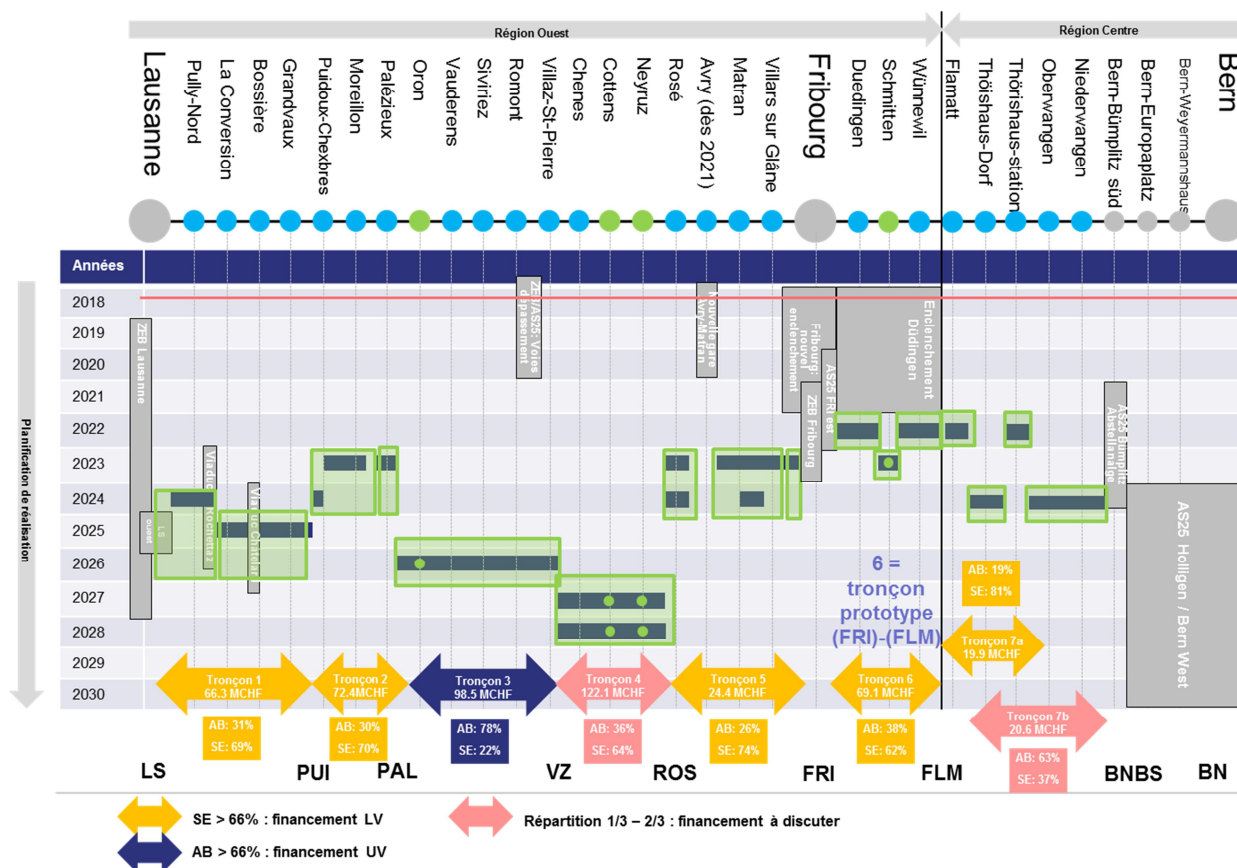


Figure 12: vision des coûts synthétique et des répartitions (LV(SE)/UV(AB)) par type et par tronçon

Tronçon	Coûts de base en MCHF (HT, hors VGK +/-30%)	Part SE entretien	Part AB extension
Tronçon 1	66.3	69%	31%
Tronçon 2	72.4	70%	30%
Tronçon 3	98.5	22%	78%
Tronçon 4	122.1	64%	36%
Tronçon 5	24.4	74%	26%
Tronçon 6	69.1	62%	38%
Tronçon 7a	19.9	81%	19%
Tronçon 7b	20.6	37%	63%
Total	493.2		

Figure 13: Tableau de répartition des coûts SE / AB par tronçon

12.4 Variantes de financement (trriage)

Afin de déterminer le financement, un triage LV/UV est nécessaire. Sur la base des variantes proposées ci-dessous, le financement des projets pourra être traité en séance CFF/OFT du 4 septembre 2018.

12.4.1 Variante 1- tronçons 3,4 financés par UV/AS25

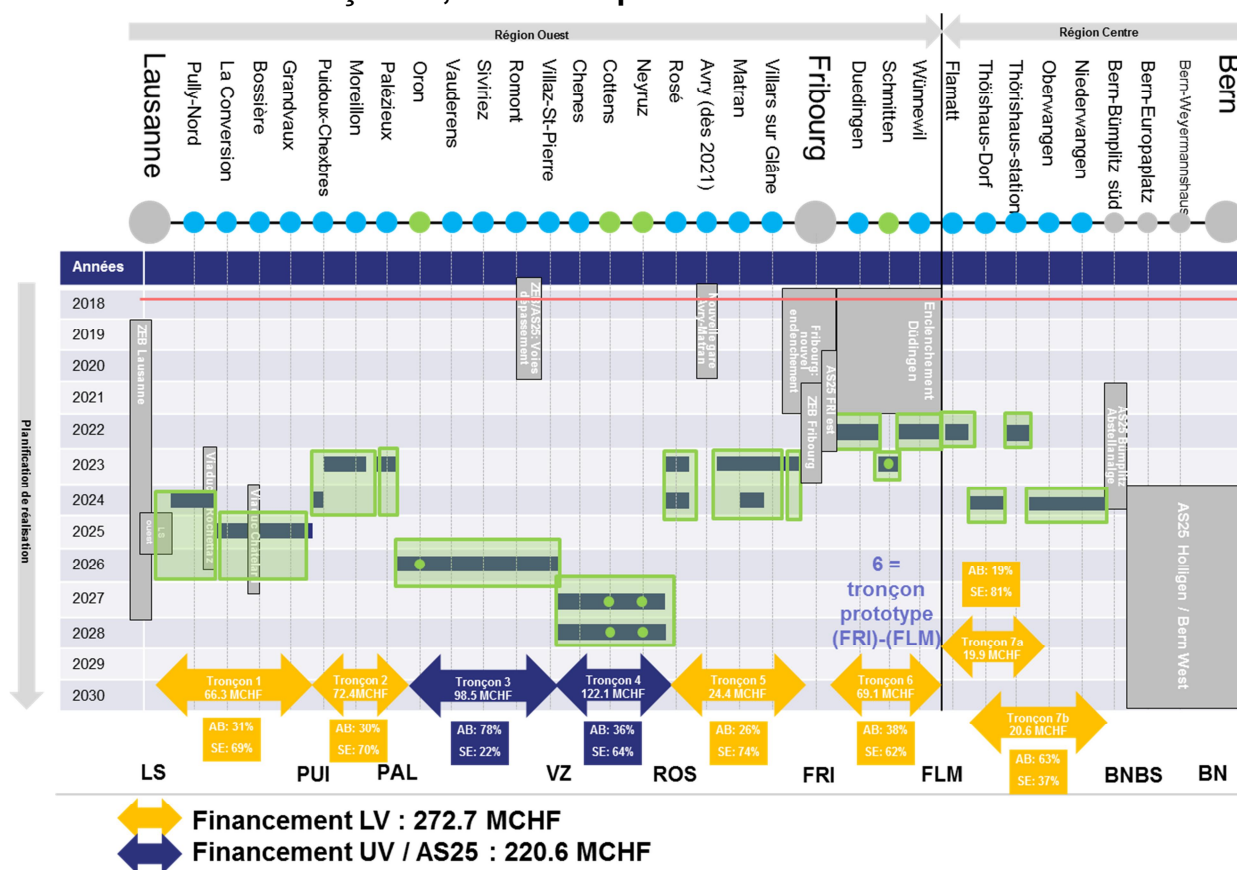


Figure 14: Principes de la variante de triage 1

12.4.2 Variante 2 – tronçons 3,4,7b financés par UV/AS25

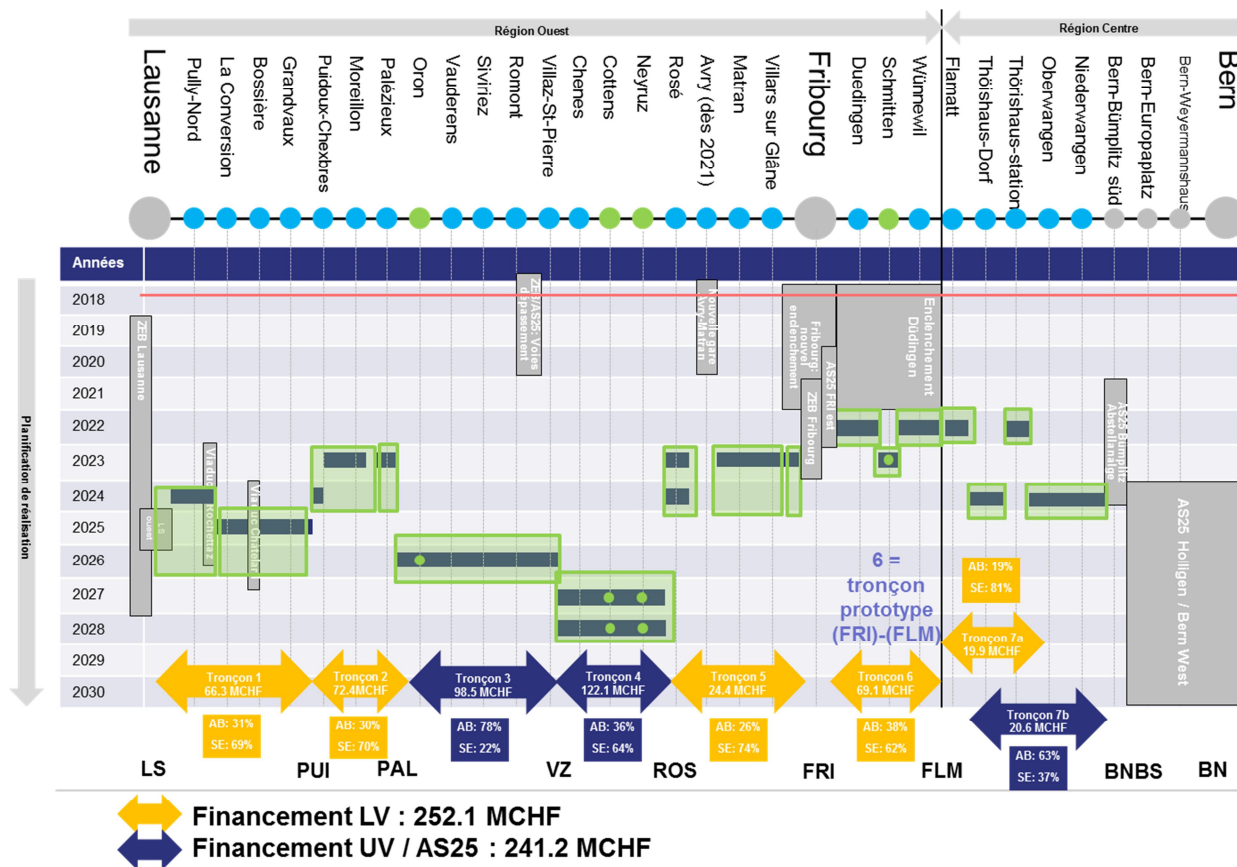


Figure 15: Principes de la variante de triage 2

12.4.3 Variante 3 (selon OFT) - tronçons 3,7b financés par UV/AS25

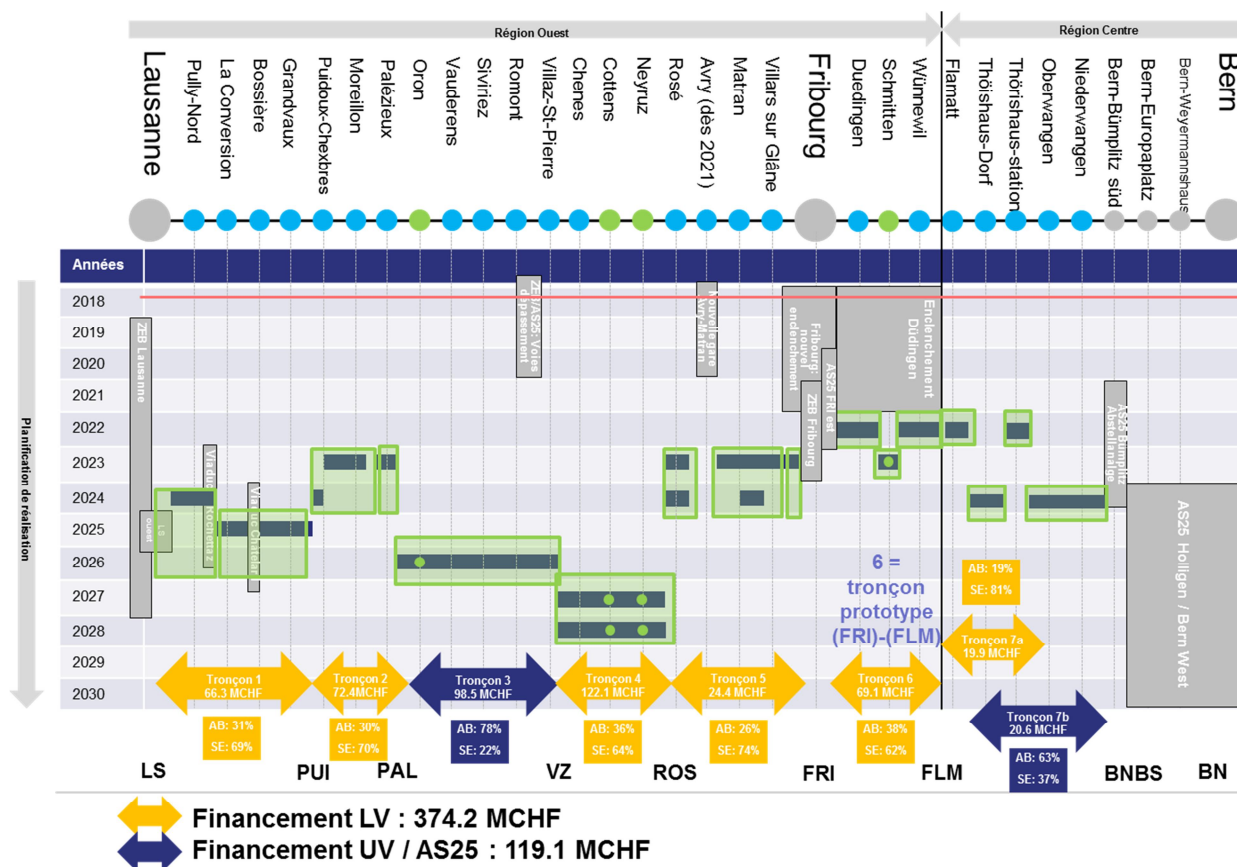


Figure 16: Principes de la variante de triage 3

12.5 Planification financière des lots

Sur la base de l'allotissement proposé, la planification totale des investissements annuels (annuités) sur la période 2018 – 2029 est la suivante :

tronçon\années	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	TOTAL
tronçon 1		0.5	1.2	1.4	1.2	2.2	19.3	32.8	7.6				66.3
tronçon 2		1.3	2.7	1.4	4.4	48.2	14.0	0.3					72.4
tronçon 3		0.6	0.6	2.0	2.2	1.6	1.6	6.1	65.9	17.8			98.5
tronçon 4					1.1	2.5	2.4	2.0	4.8	44.7	53.2	11.4	122.1
tronçon 5	0.2	0.6	0.6	0.8	6.1	5.4	7.1	3.2	0.4				24.4
tronçon 6	1.2	1.7	1.7	1.1	33.9	22.7	6.7						69.1
tronçon 7a	0.2	0.8	0.4	1.4	13.5	3.6							19.9
tronçon 7b		0.4	0.5	0.4	0.4	1.3	14.0	3.8					20.6
Total général	1.5	5.9	7.7	8.5	62.9	87.7	65.2	48.2	78.7	62.5	53.2	11.4	493.2

Figure 17: Tableau des coûts par tronçon et par année

La planification par lot est la suivante :

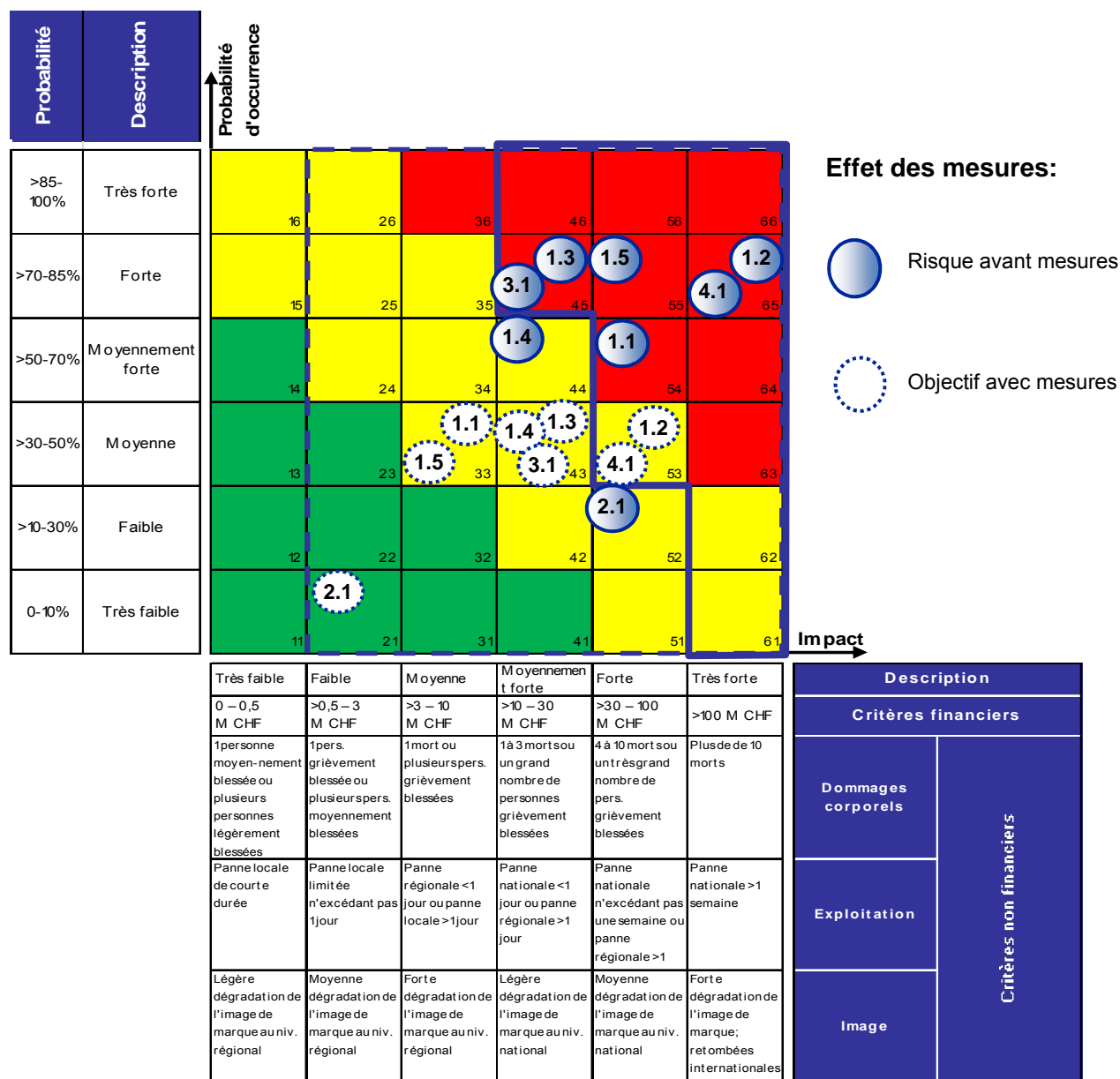
Lot 1.1 total	Lot 1.1	total	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	TOTAL
	Honoraires AP		0	455'499	455'499	0	0	0	0	0	0	0	0	0	910'997
	Honoraires PC		0	0	0	475'303	475'303	237'651	0	0	0	0	0	0	1'188'257
	Total EXE		0	0	0	0	0	1'308'691	16'744'056	4'513'187	0	0	0	0	22'565'934
	Total général		0	455'499	455'499	475'303	475'303	1'546'343	16'744'056	4'513'187	0	0	0	0	24'665'188
Lot 1.2 total	Lot 1.2	total	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	TOTAL
	Honoraires AP		0	0	765'384	765'384	0	0	0	0	0	0	0	0	1'530'768
	Honoraires PC		0	0	0	199'665	698'829	698'829	399'331	0	0	0	0	0	1'996'653
	Total EXE		0	0	0	0	0	0	2'179'939	28'318'005	7'624'486	0	0	0	38'122'430
	Total général		0	0	765'384	965'049	698'829	698'829	2'579'269	28'318'005	7'624'486	0	0	0	41'649'851
Lot 2.1 total	Lot 2.1	total	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	TOTAL
	Honoraires AP		0	923'941	923'941	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1'847'882
	Honoraires PC		0	0	942'898	960'577	492'663	14'143	0	0	0	0	0	0	2'410'281
	Total EXE		0	0	0	0	2'553'891	32'986'602	9'876'832	272'014	0	0	0	0	45'689'339
	Total général		0	923'941	1'866'839	960'577	3'046'555	33'000'744	9'876'832	272'014	0	0	0	0	49'947'502
Lot 2.2 total	Lot 2.2	total	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	TOTAL
	Honoraires AP		0	413'515	413'515	0	0	0	0	0	0	0	0	0	827'030
	Honoraires PC		0	0	431'494	431'494	215'747	0	0	0	0	0	0	0	1'078'734
	Total EXE		0	0	0	0	1'171'898	15'227'070	4'099'742	0	0	0	0	0	20'498'710
	Total général		0	413'515	845'009	431'494	1'387'644	15'227'070	4'099'742	0	0	0	0	0	22'404'474
Lot 3.1 total	Lot 3.1	total	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	TOTAL
	Honoraires AP		0	600'000	600'000	1'982'531	1'782'531	0	0	0	0	0	0	0	4'965'061
	Honoraires PC		0	0	0	0	465'008	1'627'528	1'627'528	930'016	0	0	0	0	4'650'080
	Total EXE		0	0	0	0	0	0	0	5'173'492	65'899'203	17'768'174	0	0	88'840'869
	Total général		0	600'000	600'000	1'982'531	2'247'539	1'627'528	1'627'528	6'103'508	65'899'203	17'768'174	0	0	98'456'011
Lot 4.1 total	Lot 4.1	total	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	TOTAL
	Honoraires AP		0	0	0	0	1'096'488	2'228'708	1'132'220	0	0	0	0	0	4'457'417
	Honoraires PC		0	0	0	0	0	286'040	1'296'503	2'034'908	1'605'847	590'724	0	0	5'814'022
	Total EXE		0	0	0	0	0	0	0	3'177'295	44'109'293	53'164'970	11'360'487	11'812'045	111'812'045
	Total général		0	0	0	0	1'096'488	2'514'749	2'428'723	2'034'908	4'783'143	44'700'017	53'164'970	11'360'487	122'083'484
Lot 5.1 total	Lot 5.1	total	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	TOTAL
	Honoraires AP		0	183'015	183'015	0	0	0	0	0	0	0	0	0	366'030
	Honoraires PC		0	0	117'098	178'660	132'423	49'249	0	0	0	0	0	0	477'430
	Total EXE		0	0	0	0	251'990	3'570'466	4'359'103	933'783	0	0	0	0	9'115'241
	Total général		0	183'015	300'113	178'660	384'413	3'619'715	4'359'103	933'783	0	0	0	0	9'958'800
Lot 6 total	Lot 6	total	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	TOTAL
	Honoraires AP		1'150'000	1'150'000	60'000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2'360'000
	Honoraires PC		0	595'000	1'670'000	855'000	160'000	0	0	0	0	0	0	0	3'280'000
	Total EXE		0	0	0	250'000	33'751'627	22'698'487	6'714'602	0	0	0	0	0	63'414'717
	Total général		1'150'000	1'745'000	1'730'000	1'105'000	33'911'627	22'698'487	6'714'602	0	0	0	0	0	69'054'717
Lot 7a total	Lot 7a	total	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	TOTAL
	Honoraires AP		183'982	551'947	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	735'930
	Honoraires PC		0	239'977	355'166	364'765	0	0	0	0	0	0	0	0	959'909
	Total EXE		0	0	0	1'043'323	13'518'937	3'640'565	0	0	0	0	0	0	18'202'825
	Total général		183'982	791'925	355'166	1'408'089	13'518'937	3'640'565	0	0	0	0	0	0	19'898'664
Lot 7b total	Lot 7b	total	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	TOTAL
	Honoraires AP		0	385'380	385'380	0	0	0	0	0	0	0	0	0	770'760
	Honoraires PC		0	0	100'534	351'869	351'869	201'068	0	0	0	0	0	0	1'005'340
	Total EXE		0	0	0	0	0	1'111'181	13'958'117	3'767'325	0	0	0	0	18'836'623
	Total général		0	385'380	485'914	351'869	351'869	1'312'249	13'958'117	3'767'325	0	0	0	0	20'612'723

Figure 18: Planification financière par lot et par année

13 Risques

La matrice ci-dessous reprend les risques généraux pour l'ensemble du projet WAKO Lausanne-Berne.

Les risques plus spécifiques (type d'installation ou par tronçon), actualisés et basés sur l'EP de 2015, sont mentionnés mais non reportés sur la matrice des risques (lisibilité).



Risques globaux

Risque N°	Description	Risque avant mesures (N° case)	Mesures	Objectif avec mesures (N° case)
0	Projet global			
1	Délais/planification			
1.1	Prolongation du délai d'instruction et d'approbation des plans : oppositions lors des procédures d'approbation des plans (PAP) sur les 100 km concernés par le projet rendant impossible la réalisation des travaux pour la mise à disposition de l'infrastructure dans les délais prévus	54	Définir la stratégie PAP en coordination avec les services compétents de l'OFT, par exemple en scindant le projet en plusieurs lots et en prévoyant des PAP pour des approbations partielles.	33
1.2	Mesures d'exploitation insuffisantes pouvant empêcher la réalisation des projets pour le délai de mise à disposition de l'infrastructure fin 2028. <i>Ce risque peut être aggravé par l'entretien courant, les travaux urgents non planifiés (tronçon de voie se dégradant plus rapidement que prévu) ou par les impacts des gros travaux des gares Lausanne, Berne, Fribourg ou encore par le RE Lausanne – Berne (3^{ème} produit) et le RER Fribourgeois</i>	65	Coordination renforcée entre les chefs de projets AT-GPS et I-FN-IE. Création d'un groupe spécifique pour gérer les mesures et horaires possibles sur la ligne Lausanne-Berne Mise en place d'un horaire adapté pour les travaux	53
1.3	Instabilité de la planification globale liée aux projets/concept non pris en compte dans la planification (cf chapitre 3), ainsi qu'au programme L-Hand actuellement en discussion.	45	Clarification et études complémentaires Romont et Fribourg ouest à réaliser d'ici fin octobre 2018 Priorisation des projets avec les partenaires internes et externes y compris l'OFT Stabilisation du développement de la ligne	43
1.4	Impact sur la planification générale de reports de travaux considérés comme terminés à fin 2021 selon (chapitre 3)	44	Suivi des projets Adaptation de la planification	43
1.5	Pas de report possible du FbE 2022 Grandvaux-Puidoux en 2025 (synergie clustering tête est gare de Lausanne) pour cause -de coût des mesures palliatives -de retard probable des travaux tête est gare de Lausanne nécessitant un clustering (synergie avec FbE)	55	Démarrer les premières études immédiatement Etude via FN de la capacité de ligne en 2022 pour intégration de ces travaux via VIP ou clustering en 2022	33
2	Financement			
2.1	Financement insuffisant via la LV pour réaliser les travaux d'infrastructure dans les délais prévus	52	Clarification du financement LV/UV en concertation avec l'OFT (été 2018) pour assurer les ressources financières nécessaires	21
3	Ressources			
3.1	Manque de ressources internes pénalisant le bon déroulement des projets	45	Organisation de projet (Lausanne) – (Holligen-Bern) à mettre en place et recrutement éventuel	43
4	Impact clientèle			
4.1	Mécontentement, dégradation image suite retard et/ou suppression de train Causes : -Clustering -Intervalle travaux/ralentissements	65	Création d'un groupe spécifique pour gérer les mesures et horaires possibles sur la ligne Lausanne-Berne Mise en place d'un horaire adapté pour les travaux Etablir un concept de communication	53

Risques spécifiques non reportés dans la matrice des risques

Risque N°	Description	Risque avant mesures (N° case)	Mesures	Objectif avec mesures (N° case)
5	Accès aux trains			
5.1	Risque d'insuffisance de ballast sur les PI	53	Utilisation de traverses spéciales ou de traverses bois et au besoin demande de dérogation	11
6	Câbles			
6.1	Arrachage des câbles dans les traversées, dont la profondeur est inférieure à 80 cm PDR – dessus béton	44	Elles seront construites à neuf dans le cadre du projet	32
6.2	Ampleur des travaux liés aux travaux de voies	34	Concept infrastructure à clarifier selon rapport géotechnique	22
7	Environnement			
7.0	Procédure environnementale proposée pas acceptée (REP global puis NIE / RIE pour chaque projet) → Risques sur les délais de réalisation	34	Discussion à planifier avec l'OFT et l'OFEV pour fixer la procédure	32
7.1	Rencontre de matériaux pollués lors de la réalisation des travaux	45	Analyses à effectuer et selon résultats, évacuation des matériaux d'excavation et des déblais en décharge	33
7.2	Nécessité de poser des tapis sous ballast dans des zones où il est prévu de faire une infrastructure par moyens ferroviaires.	43	Travaux en GC plutôt qu'en génie ferroviaire	32
7.2 bis	Durcissement de la législation environnementale concernant les vibrations et les sons solidiens (p.ex. Ordonnance sur les vibrations et les sons solidiens en vigueur, avec nécessité d'assainissement du tracé). Risques sur délais et sur coûts	44	Suivi de l'évolution de la thématique	44
7.3	Nécessité d'acquérir des terrains pour des bassins d'infiltration ou de rétention si pas de possibilité d'infiltration diffuse ou de déversement dans des eaux superficielles.	44	Surcoût lié à l'acquisition des terrains et à la construction du bassin	32
7.4	Nouvelle ORNI en vigueur et zones avec dépassement des valeurs limites sans mesures à proposer	44	Suivi de la thématique ORNI	44
8	Génie civil			
8.1	Nouveaux ouvrages impactés (murs/remblais) par l'étude d'amélioration du profil en long. Pas identifiés à ce stade.	24	Risque financier de 10 MCHF à 50%. Lancement d'une étude génie civil générale de ligne	11
9	Géomatique			
9.1	Dévers maximal en zone de quais	44	Adaptation si possible ou dérogation.	43
10	Installations de sécurité			
10.1	Remplacement des circuits de voie 12 V (Lors de l'introduction des ICN, ils ont été source de dérangements) par un autre type d'ELV.	25	Réaliser les courses d'essai Risque 625 kCHF, Probabilité 30%	22
10.2	Risque visibilité des signaux pour une vitesse plus élevée	35	Contrôle au démarrage des études d'avant-projet. Risque 500 kCHF, Probabilité 50%	32
11	Ouvrages d'art			
11.1	Epaisseur de ballast sous traverses inférieure à 40 cm	43	Augmenter l'épaisseur de ballast et adaptation des bordures ou dérogation. (voir chapitre 5.4)	32
12	Voie ferrée			
12.1	Besoin en drainages de l'infrastructure connu partiellement	44	Etudes géotechnique et hydrologique détaillées dans la phase suivante	22
12.2	Risque lié aux zones de stockage des machines, des convois et/ou des matériaux nécessaires à la réalisation des travaux.	66	Vérifier et définir dès le début des études, en coordination avec IH, les zones nécessaires ou supplémentaires à prévoir	53

Figure 19: Tableau des risques

Avec ces mesures, le risque sur la livraison de l'infrastructure selon la planification définie reste élevé compte tenu des incertitudes sur les projets non pris en compte et donc non planifiés au moment de l'étude.

Opportunités

Homologation des standards

- l'augmentation de l'insuffisance de dévers dans les rayons < 400 m pourrait diminuer l'importance des modifications de géométrie, notamment dans les zones entre le km 18.000 et le km 30.400 si cette évolution favorable des standards est validée. Ceci impliquerait une diminution des coûts et du volume de travaux dans ces zones. Seules les études d'avant-projet permettront de définir l'ampleur des économies potentielles

Synergie de travaux

- le regroupement des mesures identifiées dans cette études dans des multi-projets avec une réalisation synchronisée permettra de dégager des synergies, avec à la clé une possible réduction des coûts. Dans le cadre du Capex-management l'ambition level (1-3) peut être fixé à 5%.

14 Synthèses et conclusion

14.1 Synthèse

Les résultats principaux de cette mise à jour de l'étude préliminaire peuvent être résumés de la manière suivante :

➤ Temps technique

Un temps technique inférieur à 53.7 minutes (durée d'arrêt à Fribourg non comprise) est atteignable. L'étude en cours a permis de montrer que le temps de parcours sera compris entre **52.53 min et 53.26 min** en fonction des caractéristiques finales du train (aérodynamisme, rapport de freinage). Ce temps de parcours a été calculé à l'aide du nouveau programme ZLR, Toolbox et des caractéristiques du train Twindexx (mail A Ziörjen 21.11.2017). Les nouvelles caractéristiques (données Bombardier/ CFF-P, Mail A.Felder du 03.04.2018) n'apportent pas de changement significatif du temps du parcours (ordre de grandeur de l'écart : 1 sec).

➤ Travaux

L'étendue des travaux est très importante, avec plus de 75 km de voie, de nombreux branchements à réfectionner, quelques 26 murs de soutènement, 20 ouvrages d'art, 4 gares et 3.2 kilomètres de ligne de contact.

➤ Options

Au terme de cette réactualisation d'étude, il ne reste plus que deux options possibles

- 1) Passage à niveau de Villaz-St-Pierre (CHF 16 millions pour 6 secondes)
- 2) Chénens y.c gare (CHF 18.3 millions pour 3.5 secondes)

Au vu des résultats des temps de parcours obtenus, il n'est pas nécessaire d'activer ces options actuellement.

Des discussions sont en cours indépendamment de cette étude entre les CFF, le canton de Fribourg et la Commune de Villaz-St-Pierre pour le financement du projet de suppression du passage à niveau.

➤ Coûts

L'ensemble des coûts est synthétisé dans le tableau suivant :

Types de coût (2022-2028)	Coûts de base en MCHF (HT, +/-30%, hors VGK)
Mesures WAKO	211.7
FbE	221.6
FbE hors voies principales	34.5
Gares intégrées aux tronçons	25.4
Total	493.2

Figure 20: Tableau de synthèse des coûts globaux

➤ Allotissements et définition des parts d'entretien (SE) et extension(AB)

La proposition d'allotissement retenue comporte 8 tronçons et plusieurs lots répartis comme suit :

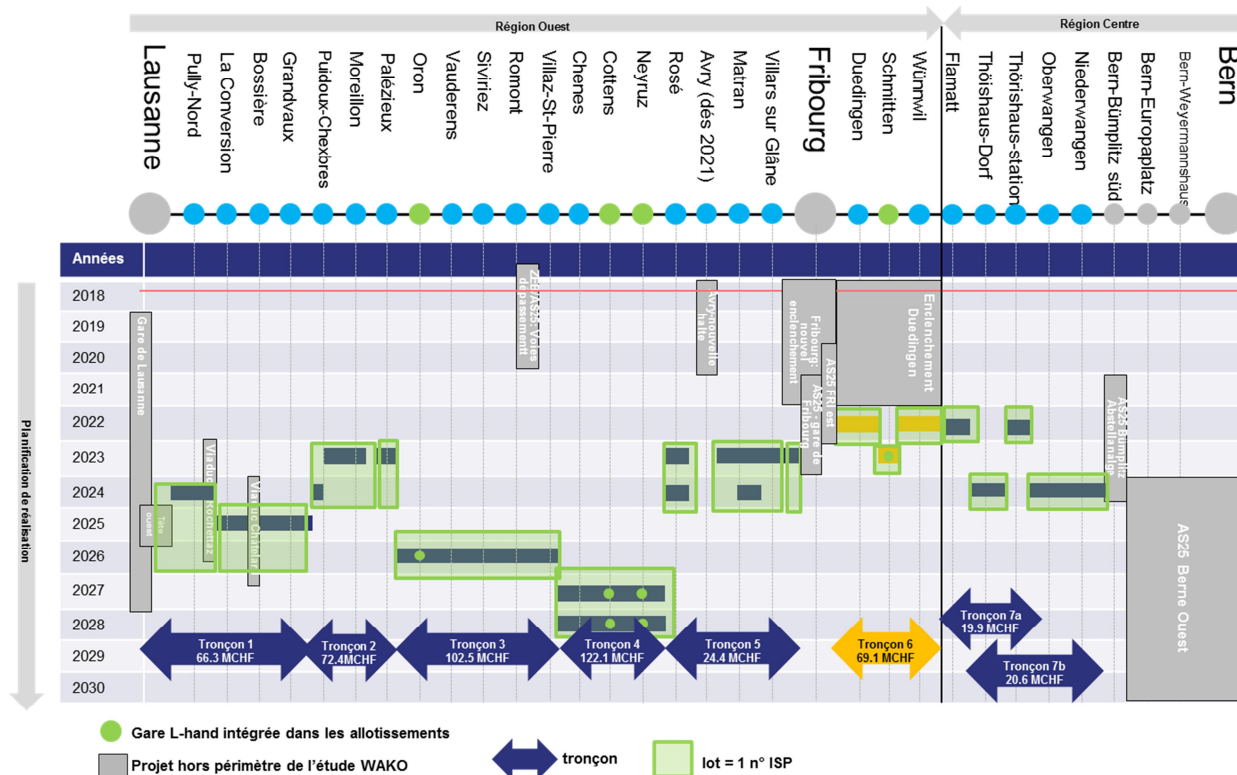


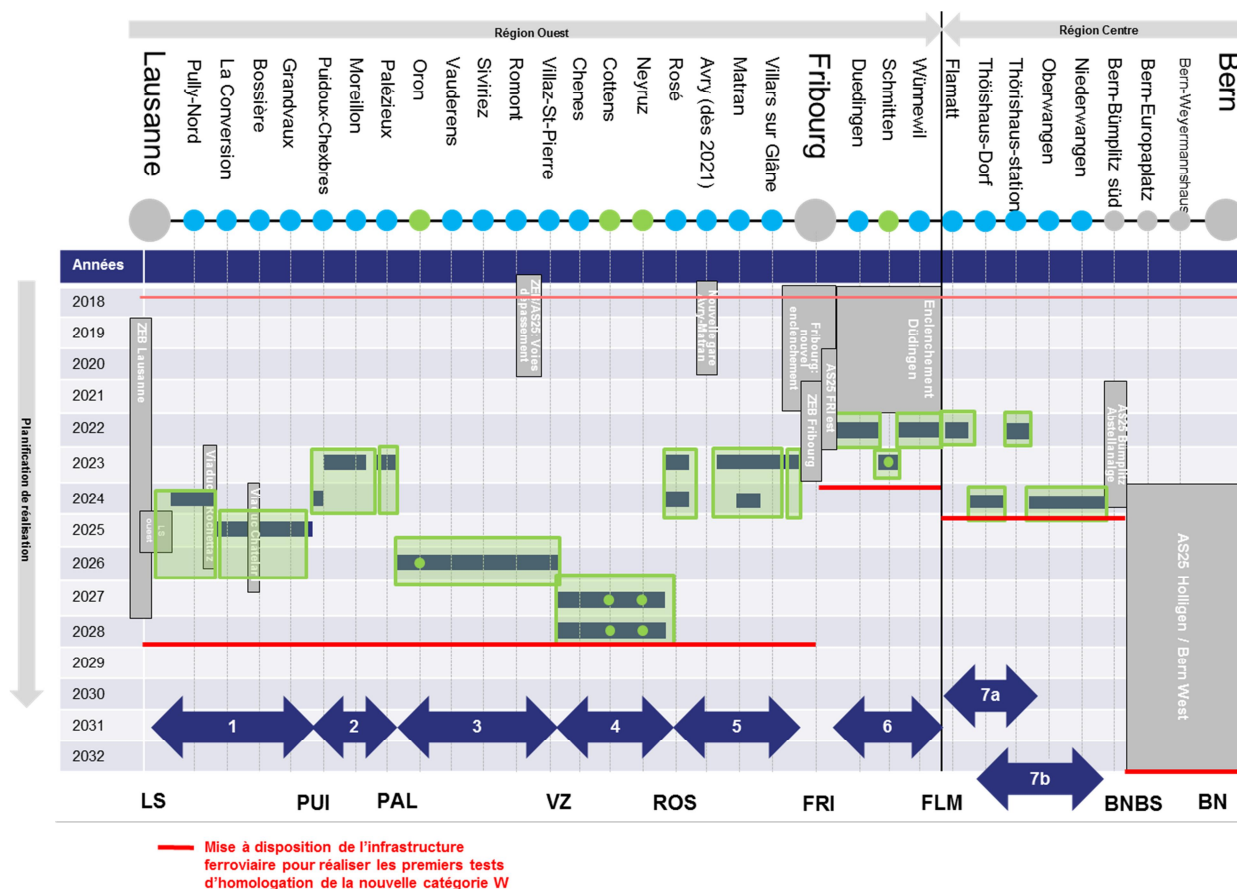
Figure 21: Proposition d'allotissement

Le financement de ces tronçons sera défini en séance de triage CFF-OFT sur la base des parts AB/SE suivantes (voir variantes chapitre 12.4):

Tronçon	Coûts de base en MCHF (HT, hors VGK+/-30%)	Part SE entretien	Part AB extension
Tronçon 1	66.3	69%	31%
Tronçon 2	72.4	70%	30%
Tronçon 3	98.5	22%	78%
Tronçon 4	122.1	64%	36%
Tronçon 5	24.4	74%	26%
Tronçon 6	69.1	62%	38%
Tronçon 7a	19.9	81%	19%
Tronçon 7b	20.6	37%	63%
Total	493.2		

Figure 22: Tableau des coûts par tronçon avec part SE / AB

➤ Horizon de mise à disposition de l'infrastructure pour les essais Vw



Tronçon	Horizon de mise à disposition de l'infrastructure pour les essais Vw
Lausanne-Fribourg	Fin 2028
Fribourg-Flamatt	Fin 2023
Flamatt-Bümplitz	Fin 2024
Holligen-Berne	Fin 2032

Figure 23: Horizon de mise à disposition des tronçons

14.2 Conclusion

Afin de lancer le/les projet/s pour la réduction du temps de parcours entre Lausanne et Berne, selon la demande de l'OFT du 6.2.2017, il a été nécessaire d'actualiser l'étude préliminaire de 2015, pour prendre en considération l'évolution du contexte depuis cette date, comme :

- les mesures de renouvellement nécessaires ou mandatées,
- la planification de la mise en œuvre de la LHand,
- l'évolution de certains standards (clarification sur les dévers de quais par exemple)

La présente actualisation de l'étude préliminaire, basée sur l'état des connaissances à fin mars 2018, a permis de clarifier et de définir, en accord avec l'OFT, les hypothèses de base pour la réalisation des infrastructures nécessaires à la mise en service du nouveau profil de vitesse Vw. Elle a démontré qu'avec les connaissances et les contraintes actuelles, la réduction du temps de parcours technique entre Lausanne et Berne en dessous de la limite fixée à 53.7 min (de 66 à 61 minutes, temps d'exploitation) est toujours possible.

En terme de coûts, l'étude a permis de préciser les montants globaux et les parts entretien/renouvellement des différents tronçons en respectant les nouvelles règles issues de FAIF. Sur la base des variantes proposées, le financement des projets pourra être traité en séance CFF/OFT le 4 septembre 2018.

Cette étude préliminaire a aussi redéfini les délais de mise à disposition des infrastructures, en 3 étapes plutôt que 2, échelonnées de fin 2023 à fin 2028. Le tronçon final Holligen-Berne ne sera quant à lui mis à disposition qu'à fin 2032. Comme l'a montré l'étude, cette planification reste toutefois fragile compte tenu de l'ensemble des travaux à réaliser en gare de Lausanne et de Berne, ainsi que sur la ligne elle-même, sans oublier les éventuels développements de projets tels que mentionnés au chapitre 3.

Pour conclure, cette étude pose des bases solides pour le lancement des différents projets qui permettront d'assurer la mise à disposition de l'infrastructure ferroviaire pour la mise en service de la vitesse Vw. Dès lors, en accord avec l'OFT, ce rapport clôt la mise à jour de l'étude préliminaire de 2015.

15 Prochains pas

Prochains pas	Qui / Délai
Approbation du rapport (OFT / CFF)	OFT / juin 2018
Décision de principe sur le financement de l'ensemble du projet (triage LV/UV)	OFT/CFF-I / 6.6.2018
Validation des standards WAKO	OFT / juin 2018
La priorisation de la mise en œuvre de la LHand d'ici fin 2023 pour toutes les gares concernées nécessite l'examen de nouvelles variantes de planification, en particulier entre Lausanne et Fribourg	I-AT/FN/PJ / juin 2018
Mise en place d'une organisation de projet (Lausanne) – (Bern Bümpliz Süd)	I-PJ / septembre 2018
Planification de l'approbation des mandats WAKO (concept général, mandats...)	I-AT/FN/PJ/F / juillet 2018
Définition de la stratégie PAP (en particulier en ce qui concerne le volet environnemental et l'augmentation de vitesse)	CFF/OFT/OVEF / septembre 2018
Définition du processus d'homologation du nouveau profil de vitesse Vw	OFT/I-AT/FN / octobre 2018
Coordination et vérification de la planification selon les développements des projets non pris en compte pour l'EP WAKO (Mise en œuvre de la LHand, 3 ^{ème} produit RE LS-BN, offre LV 21-24 en particulier)	I-AT/FNPJ / octobre 2018
Lancement des études complémentaires nécessaires (3 ^{ème} produit et mandat génie civil)	I-AT/FNPJ / octobre 2018
Approbation des mandats d'avant-projet à démarrer en 2019	I-AT/FN/PJ / décembre 2018

16 Liste des annexes et bases

		Annexes		
	1	Synoptique général Tilos	X	X
	2	Base de données interdomaines (fichier excel)		X
	3	Détails des coûts par domaine	X	X
	4	Concept de signalisation	X	X
	5	Planification de la mise en œuvre de la Lhand actuelle	X	X
	6	Liste des projets connexes	X	X
	7	Rapport technique des chefs de projets partiels	X	X
	8.1	Rapport analyse temps de parcours PJ-SAZ	X	X
	8.2	Rapport validation temps de parcours	X	X
	9	Liste des ouvrages et épaisseurs de ballast	X	X
	10	Synoptiques mesures voies par tronçon (12 plans)		X
	11	PV séances CFF-Blick in die Werkstatt		X

12		Bases		
	12.1	Documents techniques I-AT, catégorie W (Standards WAKO, I-AT-FW-TNZ du 21.03.2018 (en cours d'examen par l'OFT)		X
	12.2	Horaire réticulaire « Etape d'aménagement EA 2025 », état 05.2017		X
	12.3	Rapport d'étude préliminaire WAKO Lausanne – Berne (mandat avec estimation des coûts +/- 30%, 30.06.2015) de I-PJ-LS et annexes		X
	12.4	Lausanne-Bern, WAKO-Ertüchtigung, Ergänzende Informationen zum Studienbericht und weiteres Vorgehen, FN-NEZ-PRG, 01.06.2017		X
	12.5	Concept d'intervalles WAKO / Grobprüfung, I-FN-FPA-IML, Mai 2017 - Tobias Schoch		X
	12.6	Programme de renouvellement des voies synthétisée par la carte des FbE	X	X
	12.7	Etudes L-hand considérées, Oron, Cottens, Neyruz, Schmitten		X

17 Table des illustrations

Figure 1: Plan cartographique de la ligne 250 avec les gares principales	7
Figure 2 : Plan schématique du tronçon avec toutes les gares.	8
Figure 3: Tableau des variation des hypothèses 2015-2018.....	16
Figure 4: Tableau des temps de parcours	22
Figure 5: Profil de vitesse Berne- Lausanne	23
Figure 6: Profil de vitesse Lausanne - Berne	24
Figure 7 : Schéma de la ligne avec définition des tronçons et des lots	25
Figure 8: Schéma de la planification étude et travaux des différents lots	26
Figure 9: Etude IML sur les mesures d'exploitations.....	27
Figure 10: Tableau de synthèse des coûts globaux par type	30
Figure 11: Tableau des différences des coûts EP 2015 - 2018.....	31
Figure 12: vision des coûts synthétique et des répartitions(LV(SE)/UV(AB)) par type et par tronçon	32
Figure 13: Tableau de répartition des coûts SE / AB par tronçon	32
Figure 14: Principes de la variante de triage 1.....	33
Figure 15: Principes de la variante de triage 2.....	34
Figure 16: Principes de la variante de triage 3.....	35
Figure 17: Tableau des coûts par tronçon et par année.....	35
Figure 18: Planification financière par lot et par année	36
Figure 19: Tableau des risques	39
Figure 20: Tableau de synthèse des coûts globaux.....	41
Figure 21: Proposition d'allotissement	42
Figure 22: Tableau des coûts par tronçon avec part SE / AB.....	42
Figure 23: Horizon de mise à disposition des tronçons.....	43