

LES AMIS DU FUNICULAIRE DE BESANÇON

2B, rue du Funiculaire

25000 BESANÇON



RAPPORT DIAGNOSTIC ET ETUDE PRELIMINAIRE POUR LA REMISE EN SERVICE DU FUNICULAIRE DE BESANÇON.

REDACTEUR	VERIFICATEUR	DATE	REFERENCE / INDICE
Mathieu PROUST	Pierre FAVRE	18/11/2022	N°22-26 DIAG/EP Indice B (mise à jour chiffrage)

SOMMAIRE

1. OBJET DU DOCUMENT	3
2. DOCUMENTATION DISPONIBLE	4
3. DESCRIPTIF GENERAL DE L'APPAREIL	4
4. DIAGNOSTIC	6
4.1 GENIE CIVIL EN GARES	6
4.1.1 GARE AVAL	6
4.1.2 GARE AMONT	7
4.2 GENIE CIVIL EN LIGNE	8
4.3 MACHINERIE	12
4.4 LIGNE	15
4.5 VEHICULES	16
4.6 ELECTROTECHNIQUES	20
5. ETUDES PRELIMINAIRE POUR LA REMISE EN SERVICE	21
5.1 CADRE REGLEMENTAIRE	21
5.2 CARACTERISTIQUES DE L'APPAREIL	22
5.3 ESTIMATION DES COUTS DE REMISE EN SERVICE HT	22
5.4 PLANNING DE REMISE EN SERVICE	27

1. OBJET DU DOCUMENT

TIM ingénierie est missionné pour réaliser un diagnostic de l'appareil ainsi qu'une étude préliminaire pour sa remise en service.

Le diagnostic de l'appareil concerne :

- Gare amont et machinerie
- Gare aval
- Ligne
- Véhicules
- Electrotechniques

L'objectif de ce diagnostic qui s'est déroulé le 21/07/2022 est de mettre en évidence, par des contrôles visuels sans démontage, l'état des composants et la possibilité de les conserver (avec des mesures compensatoires) ou l'obligation de les remplacer par des composants neufs (quasiment à l'identique) en profitant des progrès de la technique.

L'étude technique préliminaire pour la remise en service de l'installation comprend :

- La définition des caractéristiques principales de l'appareil (débit...)
- La liste des contraintes techniques et administratives
- Le programme des contrôles et travaux en précisant les composants conservés et les composants remplacés
- Un budget estimatif de l'opération par poste (travaux / exploitation / maintenance lourde)
- Le planning général de l'opération

2. DOCUMENTATION DISPONIBLE

- Profil en long et vue en plan d'origine
- Devis établi par Von Roll en juillet 1987 pour la rénovation de l'appareil
- Lien vers le reportage de 1972 où l'on voit la machinerie : [📺 LA VIDEO DU JOUR 📺... - Les Amis du Funiculaire de Besançon | By Les Amis du Funiculaire de Besançon | 📺 LA VIDEO DU JOUR 📺 "Sommes-nous dans la salle des machines d'un paquebot, ou en visite dans une grande entreprise industrielle ? Ni l'un n](#)
- Photo du véhicule au passage à niveau de l'époque



3. DESCRIPTIF GENERAL DE L'APPAREIL

L'appareil est un funiculaire à va et vient construit par Louis de Roll (SUISSE-Berne) et mis en service en novembre 1912 et arrêté depuis 1987.

Il gravissait les 73 mètres de dénivellée (pour une longueur de 423 mètres dont 50 mètres d'évitement) entre la gare basse située près de la gare Besançon-Mouillère et la gare haute avec une vitesse de 8 km/h.

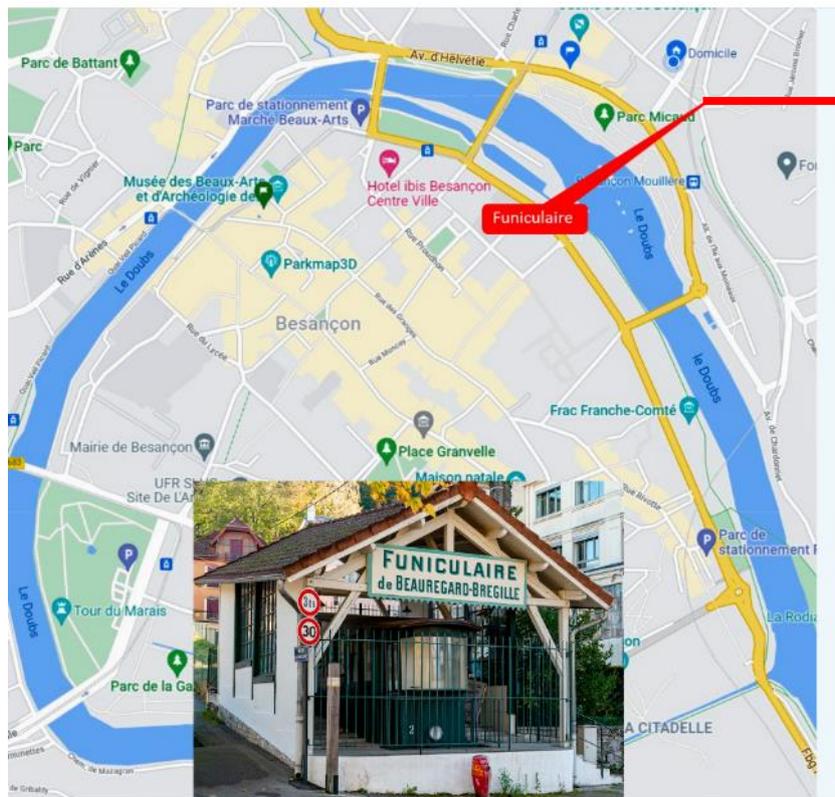
Les deux véhicules avec des cabines en bois, d'une capacité de 16 places assises dans les compartiments amont et aval, et de 10 debout dans les compartiments centraux à bagages soit 26 places, sont reliés par un câble tracteur de diamètre 20 mm dont l'entraînement est assuré par un moteur qui actionne une poulie motrice. La masse des véhicules est de ~6,2 Tonnes.

La voie rectiligne d'une largeur de 1,05 m avec une pente moyenne de 18% (max 22%) est composée de deux files de rails « DE ROLL » dont les champignons forment un V et posés sur des traverses ancrées dans du ballast.

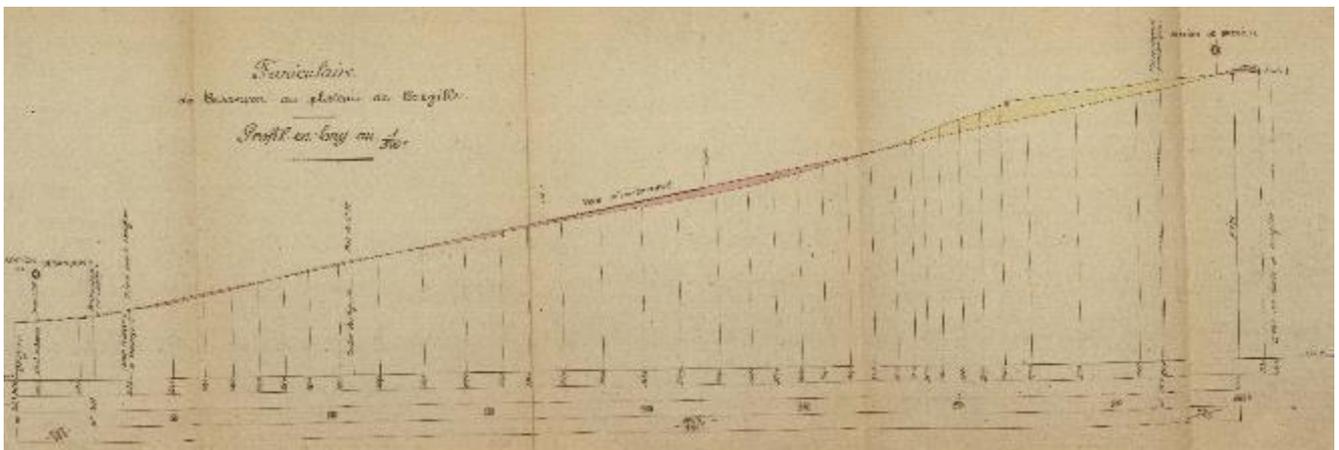
Un évitement permet le croisement des deux véhicules au milieu du tracé. A l'aval de celui-ci, la ligne était équipée d'un passage à niveau. Ce dernier a été supprimé après l'arrêt d'exploitation du funiculaire.

La vitesse de l'appareil est de 2 m/s (trajet de 3 min 20 s environ) pour un débit d'environ 300 pers/h/sens (basé sur un trajet de 5 min incluant un temps d'embarquement/débarquement, soit 12 trajets par heure).

Plan de situation



Plan de situation



Profil en long

4. DIAGNOSTIC

Pour le diagnostic, nous décomposons l'appareil selon les sous-systèmes suivants :

- Génie civil en gares
- Génie civil en ligne
- Machinerie
- Ligne
- Véhicules
- Electrotechniques

4.1 GENIE CIVIL EN GARES

4.1.1 GARE AVAL

La gare aval abritant les quais d'embarquement et débarquement est construite en bois. Elle est bien entretenue depuis l'arrêt de l'exploitation et sert de point d'accueil et d'information notamment pour les journées du patrimoine.

Son accès est verrouillable.

Préconisations :

Réhabilitation de la gare aval (remise en peinture de l'ossature bois, révision toiture le cas échéant, nettoyage et création d'un accès à la fosse avec alimentation en énergie, accès PMR à créer sur les quais selon les exigences de l'administration)



4.1.2 GARE AMONT

La gare amont abritant les quais d'embarquement et débarquement est construite en bois. Elle est accolée à un autre bâtiment accueillant la machinerie au sous-sol. Des panneaux contreplaqués ont été disposés pour empêcher l'accès au public.

Préconisations :

Réhabilitation de la gare amont (Zone d'accueil et d'attente à l'abri des usagers à créer, condamnation accès public, nettoyage fosse, dévégétalisation des quais, remise en peinture de l'ossature bois, révision toiture et huisserie, rénovation bâtiment, accès PMR à créer sur les quais selon les exigences de l'administration)



Zone accueil usagers en gare amont



Bâtiment accueillant la machinerie au sous-sol



portes et fenêtre condamnés

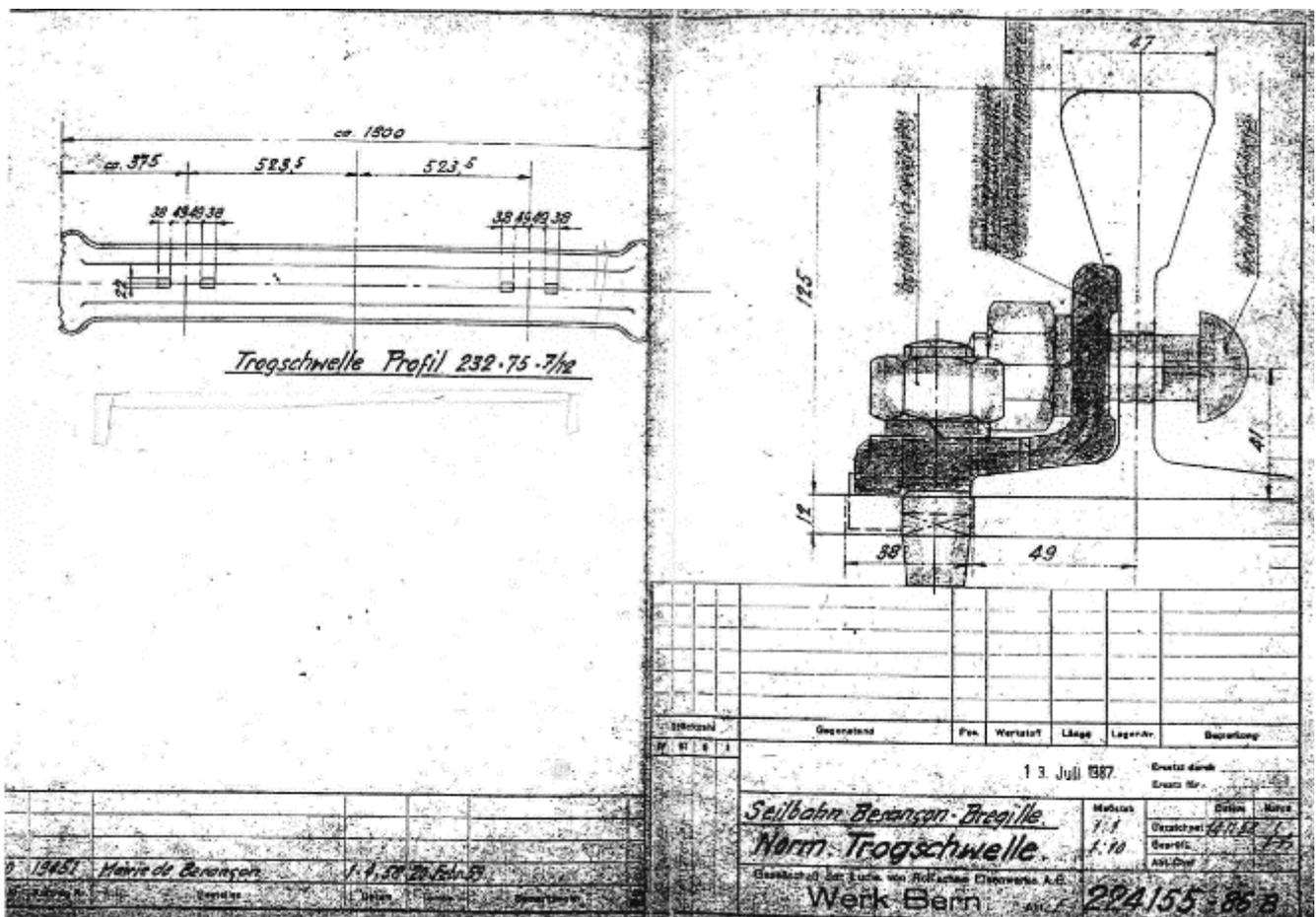
4.2 GENIE CIVIL EN LIGNE

La voie métrique est constituée de deux files de rails « DE ROLL » dont les tronçons sont reliés avec des joints éclissés.

Les rails sont fixés sur des traverses d’ancrage implantées dans du ballast au moyen de crapauds de fixation ainsi que d’éclisses intermédiaires. Ces crapauds et ces éclisses sont très corrodés et ce qui empêche toute opération de maintenance de la voie.

Dans l’ensemble, les rails présentent une usure marquée notamment dans la zone de l’évitement sur les rails extérieurs accueillant le passage des roues guides où les rayons de courbure sont les plus forts. La bande de roulement présente une forte usure latérale ce qui vient supprimer la partie inclinée du rail nécessaire au bon fonctionnement des pinces des freins de voie des véhicules.

Seuls certains tronçons de rails dans les sections droites avec des profil pentés avec une moindre usure seraient récupérables ainsi que tous les rails de transfert à l’évitement.



Plan fixation rail Besançon

L’état des traverses est fortement corrodé voir perforé. Les traverses en bois sont en décomposition. Dans certaines zones, les traverses ne sont plus ancrées dans le sol (surélévation de la voie ou perte de ballast)

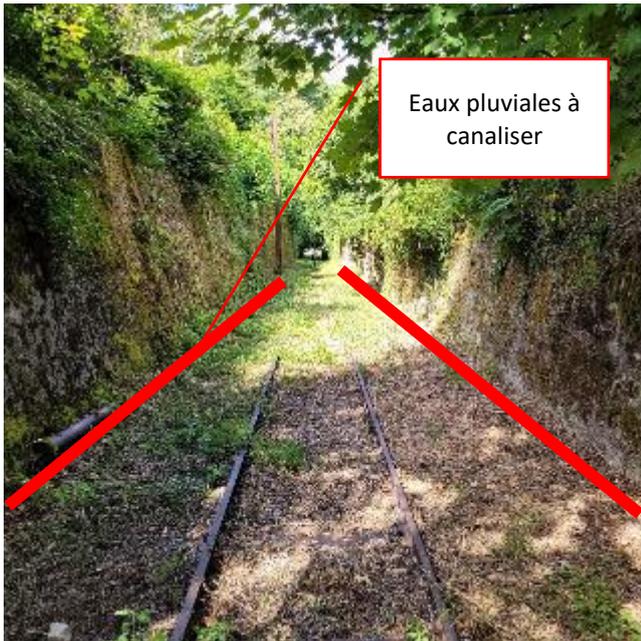
D’une manière générale, le ballast en voie est totalement recouvert de végétation.

Les eaux pluviales de la gare amont se déversent sur la voie.

Dans certaine zone du tracé, la voie se trouve dans une tranchée ouverte avec des murs de soutènements recouverts de végétation.

Des cheminements piéton le long de la voie sont présents.

Aujourd'hui, la section de voie au droit du passage à niveau à l'aval de l'évitement a été supprimée pour goudronner la route.



Eclisse intermédiaire fixée à une traverse perforée



joint de rail éclissé



Traverse en bois décomposées



Végétation et cheminement piéton le long de la voie



Vue depuis l'amont de l'évitement



Vue depuis l'aval de l'évitement



Section de voie supprimée au passage de la route

Préconisations :

- Récupération des rails droits non usés ainsi que tous les rails de transfert (amont seulement car ils ont été coupés à l'aval au passage à niveau) et les rails intérieurs de l'évitement
- Remplacement des rails usés par usinage de rail standard ou fabrication spécifique
- Remplacement des attaches de fixation des rails
- Remplacement des traverses
- Dépose de la voie complète
- Dévégétalisation complète le long de la voie
- Décapage de la plateforme et évacuation des matériaux
- Création de caniveaux le long de la voie connectés à chaque réservation à galet de ligne
- Reposer des traverses et rails neufs soudés (pour limiter les nuisances sonores du voisinage liés au passage des roues sur les joints des rails) sur du ballast neuf en rétablissant la section au passage à niveau avec toute la signalisation et les dispositifs de sécurité requis.
- Après nettoyage des murs de soutènement, inspection détaillée de ces derniers par un expert Génie Civil
- Rejointement, confortement, drainage des murs de soutènement à définir après expertise
- Canalisation des eaux pluviales depuis la gare amont
- Rétablir les accès aux cheminements piétons existants pour l'évacuation des usagers

4.3 MACHINERIE

L'ancienne machinerie en gare amont est composée d'un moteur CC (32CV) entraînant un arbre équipé d'une poulie au moyen d'une bande (aujourd'hui déposée) et sur lequel sont montées deux tambours servant de piste de freinage à deux freins à mâchoires en garnitures bois actionnés manuellement par des volants et chaînes depuis le poste de commande aujourd'hui déposé.

Un accouplement pignon/couronne dentée permet d'entraîner la poulie motrice (diamètre 2 000 mm environ).

Afin de garantir l'adhérence du câble, une poulie d'enroulement (diamètre 2 000 mm environ) est disposée à l'aval de la motrice.

Le cheminement du câble tracteur réalise environ 3 tours d'enroulement sous forme de « huit » entre les deux poulies.

Un galet de déviation du câble vers la gorge de la poulie motrice est disposé en tout début de voie. Il est fortement utilisé et corrodé.

Le génie civil béton qui assure l'ancrage des poulies, moteur et freins est en bon état de conservation.

Seul un escalier en bois étroit permet l'accès à la machinerie dans le sous-sol du bâtiment.



Poulie motrice, poulies freinage et freins



Moteur et poulie d'enroulement



Galet de déviation du câble





Accouplement pignon /couronne dentée

Préconisations :

Les dispositifs de freinage manuels en machinerie ne sont plus conformes aux règles techniques actuelles qui impose au moins un frein agissant sur la poulie motrice et des commandes automatiques du freinage.

Nous recommandons une modernisation complète de la machinerie sur le même principe que celle réalisée en 2000 sur le funiculaire d'Evian, c'est-à-dire en récupérant la poulie motrice actuelle pour la transformer en poulie d'enroulement. Celle-ci sera équipée d'encagement en cas de rupture d'axe. Toute la chaîne cinématique à l'amont de la poulie motrice (moteur, poulies de freinage, freins à mâchoires) serait conservée pour l'aspect historique et désaccouplée au niveau de la liaison pignon/couronne.

Une nouvelle poulie motrice serait installée en lieu et place de la poulie d'enroulement actuelle et mise en mouvement par un ensemble moteur et réducteur neufs avec des modifications des massifs fonctionnels qui supporteront ces nouveaux éléments.

Le freinage seraient réalisés au moyen de deux freins de sécurité agissant sur un disque monté sur la nouvelle poulie motrice.

Afin de permettre aux usagers de visiter la machinerie ou dans le cadre de visites touristiques, il conviendra de disposer des barrières vitrées le long du parcours pour éviter les dangers liés aux pièces mécaniques en mouvement et de créer deux accès tout public (une entrée et une sortie – voir photos ci-dessous) qui permettront également d'installer les équipements de la nouvelle machinerie.

4.4 LIGNE

CABLE ET ATTACHES

Le diamètre du câble tracteur toronné était de 20 mm selon le relevé réalisé sur un tronçon stocké aux ateliers de la ville.

Les attaches du câble par culot sont à mettre en conformité avec les règles actuelles.

APPUIS DU CABLE EN LIGNE

La voie est équipée de galets de ligne destinés à supporter et guider le câble tracteur.

Les galets droits (diamètre 400 mm) et les galets inclinés (diamètre 560 mm) sont tous en mauvais état (déformation des flasques, corrosion avancée, grippés, etc.).

Les supports des galets droits et inclinés sont en bon état et pourront être récupérés après contrôle.

Quantité :

- 2x26 = 52 galets droits hors évitement
- 2x2 = 4 galets droits en entrée et sortie d'évitement
- 2x6 = 12 galets inclinés dans l'évitement



Galets de ligne déformés



Douille et culot (attache câble)

Préconisations :

Nous recommandons un remplacement de tous les galets de ligne en récupérant leurs supports en fonction des contrôles. Les nouveaux galets seraient montés sur roulements graissés à vie pour faciliter leur maintenance comme ce qui a été réalisé sur les funiculaires de LOURDES en 2013 et EVIAN en 2001.

Un câble tracteur à torons et à âme compacte d'une longueur de 500 m est à installer avec des attaches conformes aux règles de l'art (douilles et culots en résine pour faciliter leurs démoulages pour les contrôles).

Un outil de démoulage des culots est à prévoir pour ne pas abîmer les douilles.

4.5 VEHICULES

CHASSIS

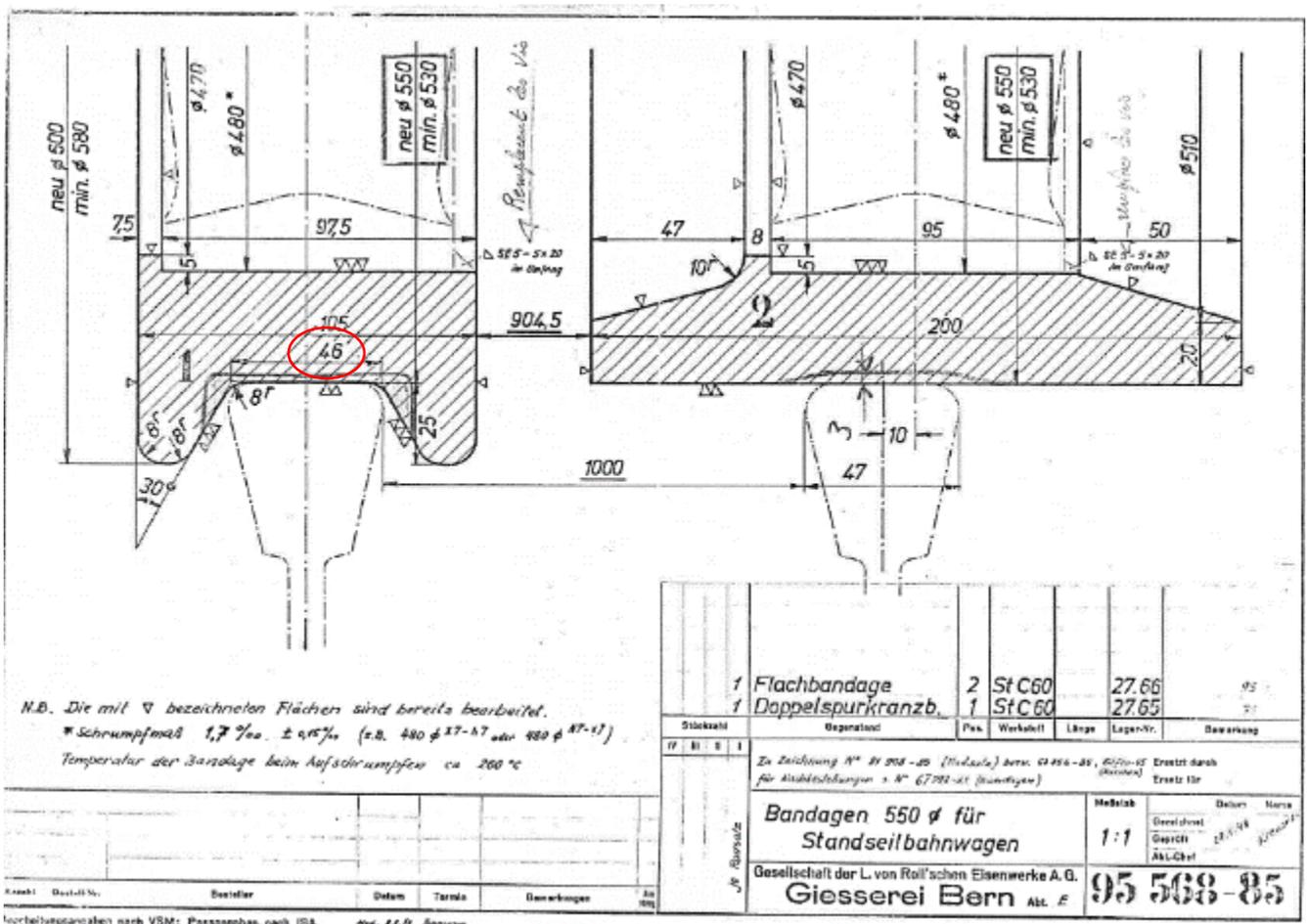
Les châssis des véhicules sont dans un bon état de conservation, l'un est stocké dans les ateliers de la ville, l'autre à l'abri en gare aval avec une peinture protectrice sur l'ensemble des composants mécaniques (roulement/freins).

Les dimensions des châssis sont de : $L \times l = 5.87 \text{ m} \times 1.57 \text{ m}$; entraxe aux essieux = 2.83 m

A noter que le châssis du véhicule stocké en atelier présente de la corrosion qu'il faudra traiter lors de sa révision.

ORGANES ROULEMENT

Tout comme les rails vus précédemment, les bandages des roues guides présentent une forte usure. Le profil de roue à 46 mm comme l'indique le plan ci-dessous est de 75 mm à présent. Ces jeux importants au niveau de l'interface roues guides/rails peuvent être une source de vibrations importantes à l'origine de déclenchements intempestifs des freins de voie et d'usure accélérée des rails.



Les bandages des roues plates semblent en bon état, mais l'usure de la bande de roulement doit être vérifiée.

Les arbres d'essieux et les moyeux sont aussi dans un bon état de conservation.

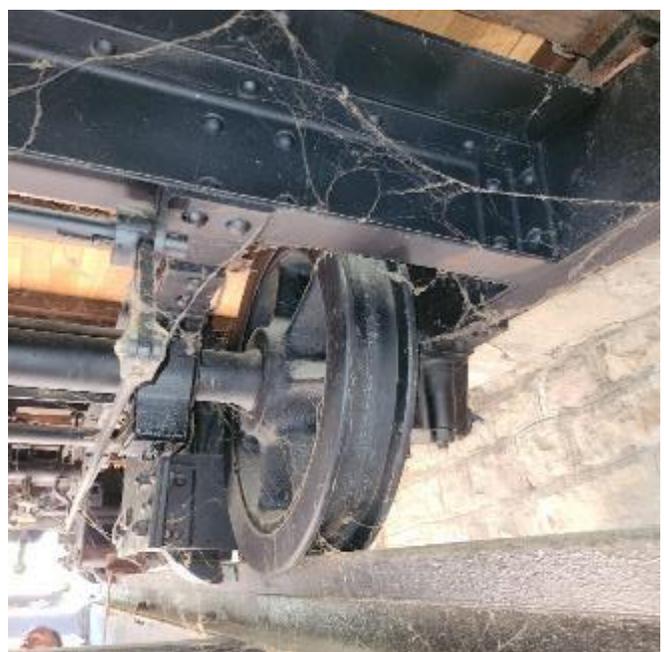
A noter que les organes de roulement du véhicule stocké en atelier présentent de la corrosion qu'il faudra traiter lors de la révision des matériels.



Corrosion sur véhicule stocké en atelier



Roue plate véhicule gare aval



Roue guide véhicule gare aval

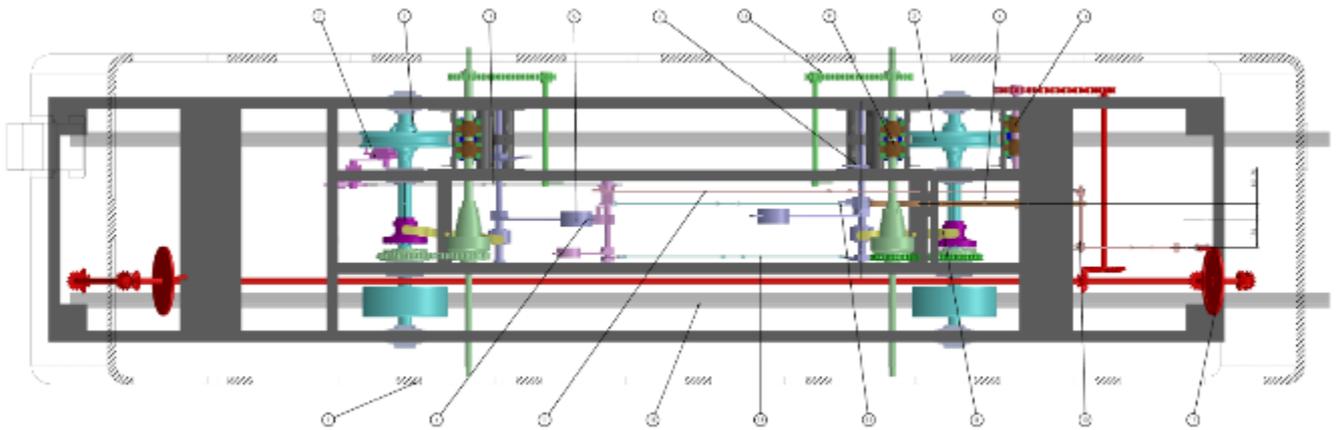
ORGANES DE FREINAGE

Chaque véhicule est équipé de deux freins de voie mécanique côté roues guides et un frein de parking. Il s'agit de frein à mâchoires venant enserrer le rail. La mise en action de ces freins se déclenche par la pédale du cabinier ou par un mou de câble faisant tomber des contrepoids qui entraînent à leur tour par une tringlerie de freinage une chaîne reliant les arbres d'essieux aux arbres de freins.

La mise en action du frein de parking est réalisée par le cabinier en utilisant une manivelle en cabine.

A noter que les équipements de freinage du véhicule stocké en atelier présentent de la corrosion qu'il faudra traiter lors de leurs révisions.

L'usure marquée des bandages des roues guides a certainement entraîné une usure prématurée des pinces des freins de voie et de parking.



Plan d'ensemble des équipements des châssis des véhicules (ex : funiculaire similaire à PAU)

➤ [DIAG - ANNEXE - 625 FUNI 000 A - E Véhicule PAU](#)

CABINES

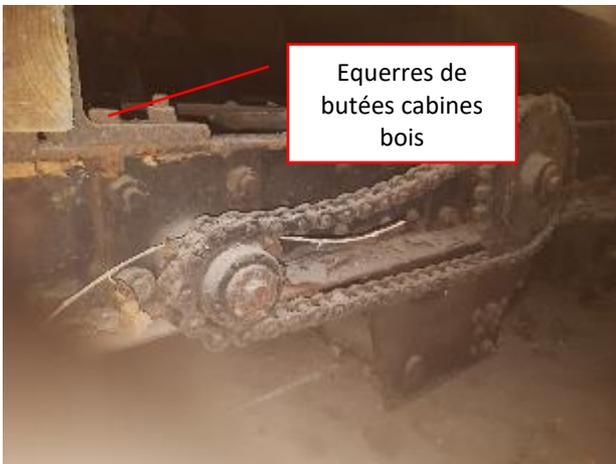
Les cabines en ossature bois sont dans un bon état de conservation en particulier celle exposée en gare aval dont la peinture semble être entretenue régulièrement autant en intérieur qu'à l'extérieur. La peinture de la cabine stockée en atelier est à reprendre complètement y compris quelques éléments d'habillage bois.

Elles sont fixées aux châssis avec des équerres de butées.

Elles disposent de deux compartiments avec banquettes en bois (2*8=16 places assises) et un troisième compartiment à bagages (pouvant accueillir 10 places debout).

Les vitrages des fenêtres et portes sont en bon état. Les façades en plexiglas sont en mauvais état.

Les portes et leurs rails de guidage sont en bon état de fonctionnement pour le véhicule stocké en gare aval, celles de l'autre véhicule sont plus difficiles à manœuvrer (grippage).



Equerres de butées cabines bois



Cabines 1987

Préconisations :

En cas de récupération des véhicules, nous recommandons une grande inspection complète des véhicules, c'est-à-dire :

- Transport des véhicules en atelier
- Désolidarisation des cabines en bois par rapport aux châssis
- Démontage complet des organes de freinage, des organes de roulement et du palonnier support des attaches câble
- Sablage complet des châssis
- Nettoyage et décapage de tous les composants démontés
- Contrôle Non Destructif (CND) et Inspection Dimensionnelle (ID) de tous les composants démontés y compris le sonnage des rivets des châssis
- Remontage des composants avec à minima des bandages roues guides neufs. Les composants rebutés lors des contrôles seront refabriqués à l'identique (principe GAME). Toutes les pièces d'usure seront à remplacer.
- Mise en conformité des douilles et culots de attaches câble en réduisant leur encombrement au maximum pour faciliter le passage à niveau
- Remise en peinture des châssis
- Repose des cabines rénovées (éléments en bois à remplacer, mise en peinture et retouches, révision des portes et rails de guidage, reprise des joints des vitrages, plexiglass des façades à remplacer voir

reprise du design, traitement de l'étanchéité des toitures). Un espace PMR sera aménagé en cabine fonction des contraintes imposées par l'administration.

Une autre solution consisterait à remplacer les véhicules en les équipant de freins de voie à relevage hydraulique adapté à du rail standard moins onéreux que du rail usiné en V. (Principe de rénovation des véhicules du funiculaire de Thonon-le Bains). Les cabines en bois seraient récupérées dans ce cas en fonction des études et de la réglementation.

4.6 ELECTROTECHNIQUES

L'architecture électrique de contrôle commande et l'alimentation en énergie ont été déposées et sont irrécupérables.

Aucune liaison entre les véhicules et la machinerie n'était en service ce qui va à l'encontre des exigences de sécurité actuelles (une coupure de la traction en machinerie en cas de freinage d'urgence depuis un véhicule est obligatoire).

Le poste de commande au-dessus de la machinerie a été déposé.

Le ralentissement et l'arrêt des véhicules en gares était assuré manuellement par le machiniste ce qui n'est plus acceptable avec les exigences de sécurité actuelles.

Préconisations :

- Une nouvelle architecture électrique de contrôle commande avec un automate de sécurité sera à mettre en place en respect des règles en vigueur.
- Une nouvelle armoire de puissance sera mise en place avec un variateur pilotant un moteur asynchrone.
- Une liaison sécurisée entre les véhicules et la machinerie sera mise en place (télétransmission ou câble rayonnant le long de la voie) pour transmettre la phonie, le prêt véhicule, les ordres d'arrêt (BP freins) et les ordres de marche si une conduite depuis les cabines est souhaitée.
- Chaque cabine sera équipée d'un coffret électrique avec des entrées automate déportées alimentées par des batteries ainsi qu'écran de commande installé dans les compartiments cabinières.

5. ETUDES PRELIMINAIRE POUR LA REMISE EN SERVICE

5.1 CADRE REGLEMENTAIRE

La réglementation technique générale applicable est basée sur les textes concernant les Remontées Mécaniques et les Transports Guidés et notamment :

- Règlement (UE) 2016/424 du parlement européen et du conseil du 9 mars 2016 relatif aux installations à câbles
- Décret n° 2017-440 du 30 mars 2017, modifié au 01 juillet 2021 - sécurité des transports publics guidés (décret STPG) (titre IV dispositions applicables aux installations à câble et aux trains à crémaillère assurant un transport public à vocation exclusivement touristique, historique ou sportive)
- Arrêté du 23 mai 2003 (NOR : EQU0300808A), modifié par arrêté du 30 mars 2017 Dossiers de sécurité des systèmes de transport public guidés urbains
- Guide RM5 du STRMTG du 21/12/2018 relatif à la conception, à l'exploitation, à la modification et à la maintenance des funiculaires et son guide de Grande Inspection intégré.
- Normes relatives aux installations à câbles

Selon l'article 17 au titre IV du décret STPG, il existe une procédure administrative moins lourde que les transports guidés urbains classiques qui concerne les transports à câble à vocation historique et touristique.

La distinction avec l'aspect transport guidé urbain doit cependant être argumentée en particulier sur le caractère touristique et historique, la qualité de l'opérateur in fine (hors réseau transport urbain de Besançon, la fréquence des trajets, etc...

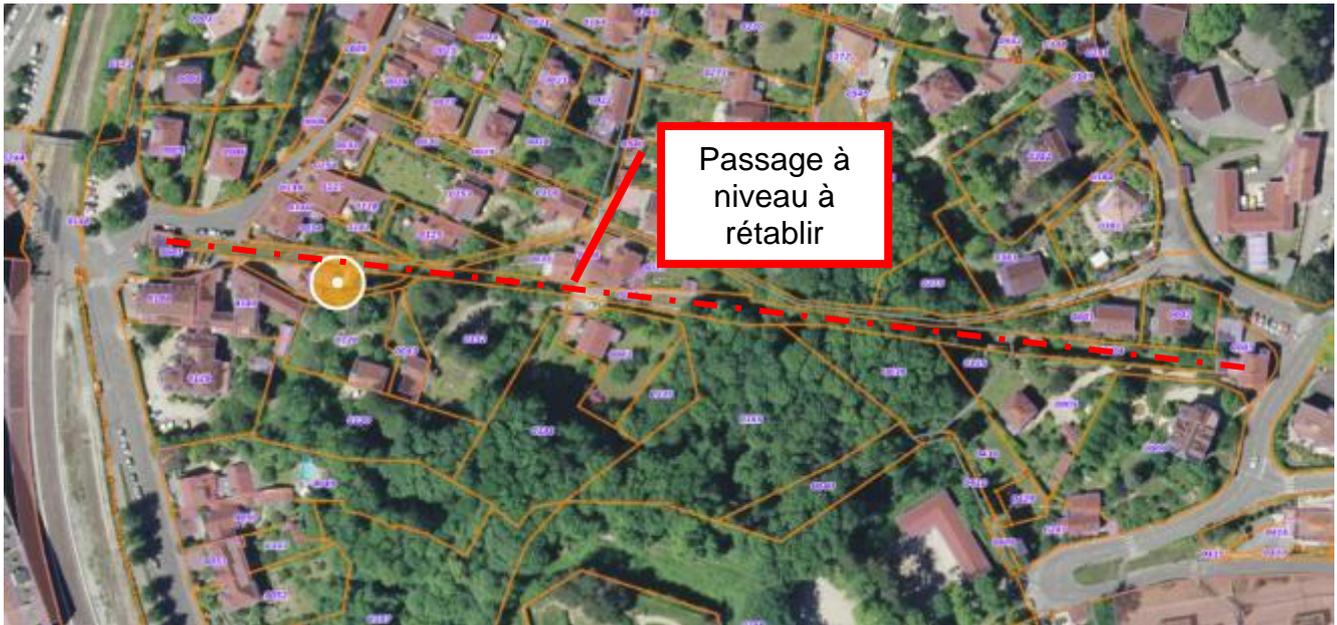
Dans ce cas, un EOQA peut réaliser les missions énumérées à l'article 17 qui relève de celles d'un maître d'œuvre. Ce bureau pourra également assurer certaines missions particulières de Maitrise d'œuvre (AVP – ACT – DET et AOR)

Le funiculaire est également classé aux monuments historiques. Le périmètre de protection concerne les deux gares, la voie et la machinerie comme l'indique l'inscription par arrêté du 27 janvier 2011. Les deux véhicules ne sont pas classés.

La rénovation de la machinerie selon les exigences de sécurité actuelles ne permettra pas de récupérer toute la machinerie actuelle. Des échanges plus ou moins longs seront à prévoir avec l'ABF en amont du projet.

Les parcelles cadastrales sont bien identifiées (parcelles CX 38, 45 et CS 3, 4) ce qui facilitera les autorisations de travaux avec le service urbanisme de la ville.

Toutefois, un dossier de permis spécifique devra être adressé au sujet du rétablissement du passage à niveau à l'aval de l'évitement.



Adresse renseignée dans la base Mérimée :

2B rue du Funiculaire ; 3 chemin des Monts de Brégille-Haut
25000 Besançon – France

5.2 CARACTERISTIQUES DE L'APPAREIL

L'objectif est de conserver toutes les principales caractéristiques de l'appareil (vitesse, tracé, gabarits, pente, charge roulante de véhicules), afin de conserver un maximum d'équipements notamment les véhicules et d'éviter de basculer dans une démarche administrative beaucoup plus lourde en cas de modification substantielle (**application du décret STPG**).

5.3 ESTIMATION DES COÛTS DE REMISE EN SERVICE HT

Sur la base des préconisations des travaux et contrôles indiqués plus haut, voici le détail de notre estimation budgétaire hors taxe (valeur 11/2022) pour la remise en service de l'appareil :

GARE AMONT

- Rénovation de la gare en bois (révision toiture, huisseries, zone accueil usagers en extérieur, peinture ossature bois, nettoyage fosse, condamnation accès public)
- Aménagement d'un local de commande au-dessus de la machinerie dans le bâtiment avec ouverture sur la ligne
- Aménagement de la machinerie en ERP pour:
 - Accueil visites touristiques (mise en scène ancienne machinerie, éclairage, salle accueil visiteurs, projection dans la pièce à côté de la machinerie, gestion incendie etc.)
 - Création de deux accès tout public pour les visiteurs et l'installation et l'entretien de la nouvelle machinerie

ESTIMATION : 500 000 € HT

GARE AVAL

- Rénovation de la gare en bois (révision toiture, peinture ossature bois, nettoyage et accès fosse)

ESTIMATION : 100 000 € HT

MACHINERIE

Une note de calcul de ligne sera produite pour le dimensionnement de la machinerie.

La nouvelle machinerie sera constituée des composants suivants : moteur, réducteur, poulie motrice/axe/paliers, freins et centrale hydraulique de relevage, encagement des poulies

Les massifs bétons fonctionnels seront réadaptés pour permettre l'implantation des nouveaux composants.

La poulie motrice actuelle sera récupérée après contrôle.

ESTIMATION : 500 000 € HT

VEHICULES

Sur la base de la GI 2011 des véhicules du funiculaire d'Evian où de nombreuses pièces de sécurité ont été remplacées (pincés de frein, bandages et roues, arbres essieux, douilles culots) et les cabines en bois repeintes, le montant des travaux était de 200 000 € HT.

La remise en service des deux véhicules actuels après leur GI est estimée à 400 000 € HT dont 100 000 € HT pour la rénovation des cabines bois).

Le remplacement des véhicules avec la récupération des cabines bois est estimé à 800 000 € HT dont 100 000 € HT pour la rénovation des cabine bois).

Le remplacement complet des véhicules est estimé à 1 250 000 € HT.

VOIE

A la suite de nos échanges avec la société MEMBREZ spécialisée en travaux de voie de chemin de fer et qui s'est rendue sur site pour une visite, le remplacement de la voie complète (ballast, rails, traverses et pièces de fixations) représenterait un coût de 3 000 € le mètre linéaire soit environ = 1 300 000 €
Ce prix comprend la dépose de la voie actuelle, le décapage de la plateforme et le montage de la voie neuve avec le rétablissement du passage à niveau.

Pour l'environnement de la voie (murs de soutènement et ouvrages hydrauliques), le coût sera estimé après nettoyage des ouvrages. Valeur indicative : 100 à 200 000 € HT

GALETS DE LIGNE

Les nouveaux galets de ligne seront conçus avec des flasques en aluminium (plus léger) et des moyeux acier montés sur des roulements sur le principe du funiculaire de Lourdes pour faciliter leur maintenance (retour d'expérience satisfaisant).

ESTIMATION : 200 000 € HT

CABLE TRACTEUR ET ATTACHES

- Fourniture et pose d'environ 500 ml de câble diamètre 20 mm pour la ligne et les enroulements en machinerie 50 000 € HT
- Etudes, fourniture, réalisation de douilles et culots conformes : 10 000 € HT

ESTIMATION : 60 000 € HT

ELECTROTECHNIQUES

- Armoires électriques de commandes et de puissance
- Coffrets électriques et pupitre de commande dans les cabines
- Liaison sécurisée entre les véhicules et la machinerie
- Conduite depuis les cabines

ESTIMATION : 400 000 € HT

COUTS D'EXPLOITATION

Nous avons contacté plusieurs exploitants de funiculaire similaire à celui de Besançon pour le calcul des coûts d'exploitation. Il faut compter environ 30 000 €/mois d'exploitation.

Exemple de Lourdes :

Exploitation 8 mois l'année

Effectif : 6 personnes

175 k€ charges personnels

40 k€ sous-traitance pour visite annuelle mécanique / électrique, essais d'Inspection Annuelle

20 k€ Charges d'exploitation courantes (assurances, petit outillage, fournitures, eaux, électricité etc....)

Total : 235 k€ soit 29 k€/mois

Exemple Evian :

Exploitation 6 mois l'année

Effectif : 7 personnes

130 k€ charges personnels

2 k€ sous-traitant (TIA)

23 k€ Charges d'exploitation courantes (assurances, petit outillage, fournitures, eaux, électricité etc....)

Total : 155 k€ soit 26 k€/mois

COUTS DE MAINTENANCE DE LA PREMIERE GRANDE INSPECTION (TOUS LES 10 ANS)

- GI machinerie : 50 000 € HT révision freins et centrale hydraulique, CND composants de sécurité sans démontage (poulies engagées), bandage poulie motrice neuf, révision moteur, entretien réducteur
- GI Véhicules et entretien cabines bois : 300 000 € HT
- GI voie et galets de ligne inclus expertise état ouvrages béton (murs et tranchées) : 80 000 € HT

Autres (au moins une fois / 10 ans)

- Raccourcissement du câble (réfection d'un culot) : 10 000 € HT
- Remplacement du câble et des attaches (8-10 ans) : 50 000 € HT

Total sur 10 ans : 490 000 € HT

AUTRES COUTS

- Assistance à Maitrise d'ouvrage technique (Suivi projet, suivi dossiers administratifs : procédures STPG, urbanisme, bâtiments de France, architecture bâtiments...)
- MOE/ Expert Organisme Qualifié Agrée (OQA) suivant décret STPG
- Contrôleur technique indépendant
- Mission BCT
- Géomètre
- SPS
- etc.

BUDGET ESTIMATIF (valeur 11/2022) € HT	
Bâtiments gares	600 000 €
Machinerie	500 000 €
Véhicules avec récupération cabines bois	400 000 €
Voie (rails, traverses, fixations, ballast)	1 300 000 €
Ouvrages d'art en ligne	200 000 €
Galets de ligne	200 000 €
Câble tracteur et attaches	60 000 €
Electrotechniques	400 000 €
Sous Total Travaux	3 660 000 €
Autres coûts (AMOT, MOE/EOQA, CT, BCT...) 10%	366 000 €
TOTAL	Environ 4 000 000 € HT
Exploitation/entretien courant	30 k€ / mois
Grosse maintenance GI / 10 ans	490 k€ / 10 ans

Note importante

Ce budget estimatif peut être révisé à la baisse en cas d'exploitation avec un seul véhicule entraîné par un câble tracteur qui s'enroule ou se déroule via un treuil à tambour. Dans ce cas, les travaux de rénovation de la voie seraient réduits car seule une des deux voies de l'évitement serait renouvelée, l'autre serait conservée en l'état pour la mémoire historique de l'appareil. De plus une seule file de rails avec un profil en V serait nécessaire pour permettre le roulement de la roue guide et une action correcte des freins de voie. L'autre file de rails pourrait être récupérée sur site même s'ils sont usés car cette file de rail serait destinée au roulement de la roue plate plus large que le rail.

5.4 PLANNING DE REMISE EN SERVICE

ETUDES AVP comprenant :

- Dossier ABF (monuments historiques)
- Dossier AVP architecte pour la partie bâtiment de gares
- Dossier préalable aux travaux à valider avec STRMTG pour la partie RM
- Dossier d'autorisation des travaux à valider avec service urbanisme de la ville pour le passage à niveau à rétablir et les travaux des ouvrages en ligne et de remplacement de la voie
- Allotissement
- Estimation
- Planning projet

➤ 9 mois

CONSULTATION :

- DCE (cahiers des charges, DE BPU ou DPGF / DQE)
- Analyse des offres - Négociation
- Passation des marchés

➤ 3 mois

ETUDES DES ENTREPRISES

- Lot bâtiments : rénovation des deux stations
- Lot MECA : machinerie, galet et câbles neufs
- Lot ELEC : contrôle commande et puissance neufs
- Lot GI des deux véhicules
- Lot voie neuve inclus passage à niveau
- Lot rénovation des ouvrages d'art en ligne

➤ 4 mois

TRAVAUX (le délai d'approvisionnement des fournitures et matières peut démarrer dès la phase études (par exemple rails et traverses, câblages, câble tracteur)

➤ 9 mois

ESSAIS / MISE EN ROUTE / REGLAGES

➤ 1 mois

EVALUATION DE LA DUREE DU PROJET : 26 mois
