

Session 2017

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE
Sciences et technologies de l'industrie et du
développement durable

ENSEIGNEMENTS TECHNOLOGIQUES TRANSVERSAUX

Coefficient 8 – Durée 4 heures

Aucun document autorisé – Calculatrice autorisée

Tram-Train Mulhouse - Vallée de la Thur



Constitution du sujet

- **Dossier sujet** (*mise en situation et questions à traiter par le candidat*)
 - **Mise en situation** Page 2
 - **PARTIE 1 (3 heures)** Pages 3 à 8
 - **PARTIE 2 (1 heure)** Pages 9 à 11
- **Dossiers techniques** Pages 12 à 22
- **Documents réponses** Pages 23 à 25

Le dossier sujet comporte deux parties indépendantes qui peuvent être traitées dans un ordre indifférent.

Les documents réponses DR1 à DR4 (pages 23 à 25) seront à rendre agrafés avec vos copies.

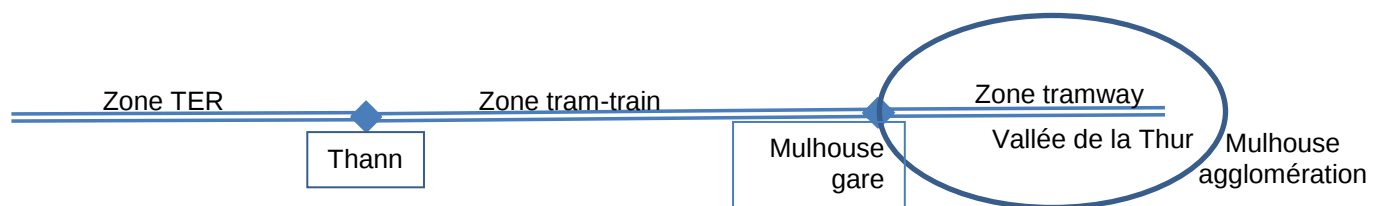
Mise en situation

Le tram-train Mulhouse - vallée de la Thur

Inauguré en 2010, le tram-train MVT (Mulhouse-Vallée de la Thur) est un concept novateur dans le domaine des déplacements.



En effet, c'est la première ligne de tram-train interconnectée de France reliant l'agglomération de Mulhouse à la vallée de la Thur en circulant indifféremment soit sur le réseau urbain en mode « tramway », soit sur le réseau ferré national en mode « train ».



Cette vallée, dont la porte d'entrée est la ville de Thann, située à l'ouest de l'agglomération mulhousienne en Alsace, est caractérisée par une urbanisation assez dense liée au passé industriel de celle-ci (textile, construction mécanique).

Le déclin des activités économiques de la vallée au profit de l'agglomération mulhousienne ou des zones frontalières (Allemagne et Suisse), l'évolution démographique et les changements résidentiels ont modifié de façon significative les déplacements en particulier ceux relatifs aux trajets domicile-travail, rendant ainsi la circulation routière très dense jusqu'à saturation sur cet axe.

Dès le début des années 90, consécutivement à la loi d'orientation sur les transports et à la loi sur l'air et l'utilisation rationnelle de l'énergie, les collectivités locales ont dû envisager un Plan de Déplacements Urbains (PDU) concernant un périmètre de transport élargi à la région.

Les objectifs visés par ce PDU sont d'assurer un rééquilibrage entre les différents modes de transport, tout en préservant l'environnement et la santé, en faisant la promotion des modes les moins polluants et les moins consommateurs d'énergie.

Le projet tram-train s'inscrit dans ce cadre en ayant pour objectifs entre autres :

- de réduire l'engorgement routier sur l'axe Mulhouse- Vallée de la Thur ;
- d'améliorer le bilan environnemental en limitant l'émission de gaz à effet de serre (GES) ;
- de proposer un moyen de transport attractif doté de connexions intermodales (l'inter-modalité est un concept qui implique l'utilisation de plusieurs modes de transport au cours d'un même déplacement) afin de favoriser et dynamiser les échanges économiques, sociaux et culturels.

Cette ligne de 22 km de voies permet de desservir, avec 70 rotations quotidiennes, 32 communes sur 18 stations, soit environ 250 000 habitants.

Travail demandé :

PARTIE 1 : Étude du système tram-train

ÉTUDE 1.1 : quel est l'impact du tram-train sur les émissions de GES liées au trafic routier ?

Le plan de déplacements urbains (PDU) de l'agglomération mulhousienne a pour objectifs entre autres de réduire de façon notable les émissions polluantes liées au trafic routier sur la zone du PDU.

L'exploitation d'un moyen de transport en commun attractif et performant comme le tram-train doit permettre de participer à cet objectif.

On souhaite comparer les moyens de transport tram-train et voiture particulière sur un trajet de gare à gare Mulhouse – Thann en terme d'émissions de CO₂.

Hypothèses :

- Distance à parcourir en voiture : 25 km (80% du trajet en péri-urbain et 20% en urbain).
- Distance à parcourir en tram-train : 22 km (on considérera le tram-train équivalent au RER en termes d'efficacité environnementale).
- 1 personne par voiture effectuant le déplacement domicile/travail (1 aller/retour par jour).

Question 1.1.1 | **Déterminer** l'émission de CO₂ (en kg) pour effectuer en voiture et en tram-train le trajet Thann gare à Mulhouse gare pour un passager.

DT1 (fig.1)

En considérant les hypothèses complémentaires suivantes :

- trafic routier sur l'axe Mulhouse-Thann = 30 000 voitures/jour (dans un sens) ;
- taux du trafic routier lié aux déplacements domicile/travail = 30% ;
- 230 jours travaillés/an.

Question 1.1.2 | **Déterminer** l'émission totale de CO₂ (en tonne) journalière puis annuelle liée aux trajets aller-retour domicile/travail en voiture sur l'axe Mulhouse-Thann.

Question 1.1.3 | **Déterminer** la réduction annuelle d'émission de CO₂ en considérant un report modal de la voiture (lié aux déplacements domicile/travail) vers le tram-train de 5% sur 1 an.

Sachant que l'axe routier Mulhouse-Thann génère environ 20% des émissions totales de GES liées au trafic routier dans la zone du PDU.

Question 1.1.4 | **Conclure** sur la capacité du tram-train à participer aux objectifs environnementaux en termes d'émissions de GES.

DT1 (fig. 2)

ÉTUDE 1.2 : comment faciliter l'accès au tram-train des passagers PMR ? (PMR = personnes à mobilité réduite)

La loi « Handicap » (n°2005-102), permettant d'améliorer l'accessibilité du réseau de transport public, de la voirie et des espaces publics aux personnes handicapées et à mobilité réduite (PMR), souligne la nécessité d'assurer la continuité des cheminements pour pouvoir se rendre d'un endroit à un autre sans rupture.

La tâche d'embarquement et de descente du tram-train, à l'interface quai/train, représente une difficulté majeure pour ces personnes.

Question 1.2.1 | **Relever** sur les extraits d'arrêtés relatifs aux dispositions techniques destinées à faciliter l'accès des passagers PMR, les limites admissibles de lacune horizontale* ainsi que la dénivellation acceptable.

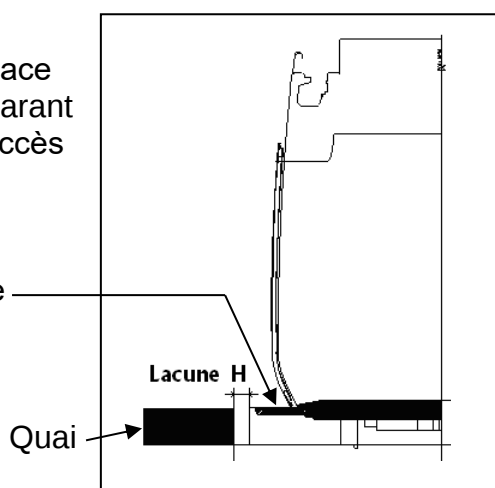
DT2

Le réseau emprunté par le tram-train avec les différents points d'arrêt où s'effectue le flux passagers présente une diversité de quais que l'on peut scinder en deux catégories :

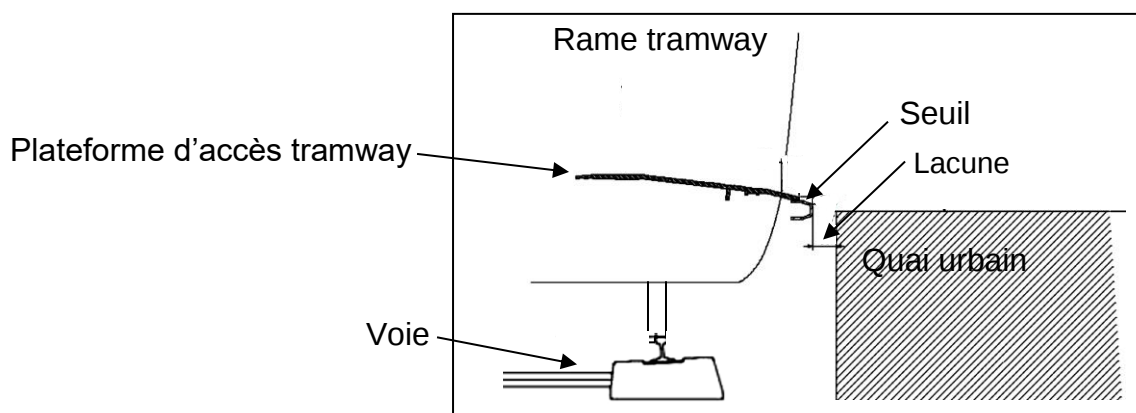
- les quais urbains (desservis par les tramways et le tram-train) ;
- Les quais réseau ferré national (desservis par le tram-train et le TER).

(*) La lacune horizontale H est l'espace mesuré dans le plan horizontal, séparant le quai du seuil de la plateforme d'accès à la rame du tram-train.

Plateforme d'accès à la rame



La figure ci-dessous représente l'interface tramway/quai sur le réseau urbain.



La rame du tramway, au niveau des portes doubles, est équipée d'un seuil fixe lié à la plateforme d'accès à la rame.

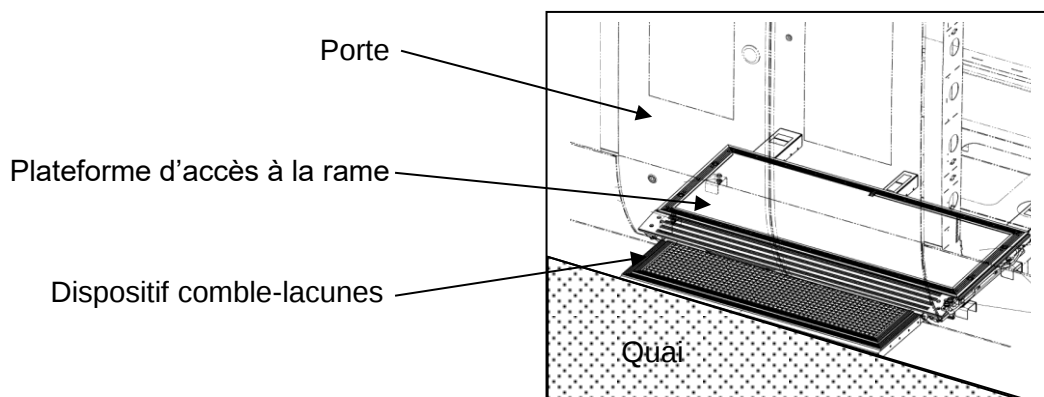
La lacune horizontale nominale pour le tramway en ordre de marche, véhicule centré sur la voie est de **35 mm**. Le tram-train présente une largeur inférieure de **34 mm** par rapport au tramway.

Question 1.2.2 | En vous appuyant sur le document DT3 et en considérant le tram-train équipé d'un seuil fixe équivalent au tramway, **déterminer** la lacune horizontale H en fonction des gabarits des quais et **conclure** quant au respect des normes relatives à l'accessibilité.

DT3

Le tram-train dispose de comble-lacunes dont le fonctionnement est synchronisé avec l'ouverture/fermeture des portes. Le comble-lacunes permet de réduire la lacune horizontale existante entre le quai et la plateforme d'accès à la rame et faciliter ainsi l'accès des passagers PMR ou UFR (usager en fauteuil roulant) en toute autonomie.

Cette amélioration de l'accessibilité doit s'effectuer en préservant la sécurité des PMR mais également aussi celle des autres passagers et du personnel.



Question 1.2.3 | **Compléter** le document DR1 figure 1, à partir du diagramme de définition de blocs internes, la chaîne d'énergie du marchepied coulissant en indiquant les constituants assurant les différentes fonctions.

DT4, DT5

DR1-fig.1

Question 1.2.4 | **Compléter** le document DR1 figure 2, les diagrammes de blocs internes relatifs aux unités d'entraînement et de poussée en précisant les flux d'énergie.

DT4, DT5

DR1-fig.2

Vous utiliserez les termes suivants : W électrique ; W mécanique rotation ; W mécanique rotation adaptée ; W mécanique translation.

La durée de déploiement et de rétractation de la marche doit être réduite afin d'optimiser les temps d'arrêts aux différentes stations disposées sur la ligne.

Hypothèses :

- mouvement uniforme sur la course totale (vitesse constante)
- course de déploiement de la marche maximale
- fréquence de rotation du moteur unité d'entraînement $n = 2500 \text{ t} \cdot \text{min}^{-1}$
- Nombre de dents du pignon unité de poussée $Z_p = 12 \text{ dents}$
- Module $m = 2 \text{ mm}$
- rapport de réduction du motoréducteur $r = 1 : 25$

Rappel : $d = m \cdot z$ ($d = \text{diamètre primitif en mm}$)

Question 1.2.5 | **Déterminer** la vitesse moyenne (en $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$) de déploiement de la
DT6 | plateforme de marche.

Question 1.2.6 | À partir du document relatif aux deux états du marchepied (déployé ou
DT4, DT5, DT6 | rétracté), **relever** la valeur de la course maximale $C_{\max}$ et **calculer** le temps t (en seconde) nécessaire au déploiement de la plateforme de marche sur sa course maximale $C_{\max}$.
Conclure sur la capacité de l'unité d'entraînement et de poussée à respecter l'exigence temporelle.

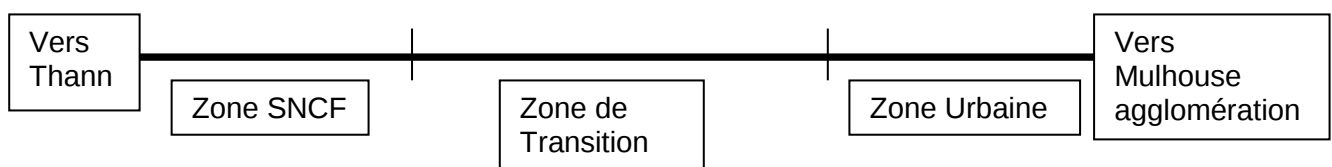
PARTIE 1.3 : comment passer du réseau électrique Tram au réseau SNCF ?

L'objectif de cette partie est de vérifier si le tram-train est capable de franchir la zone de transition entre les 2 types de réseau électrique.

L'exploitation de la section de ligne de la gare de Mulhouse à Thann-Nord est du type « Train ». L'électrification est réalisée en courant alternatif 25 000V - 50 Hz et se raccorde en gare de Mulhouse aux installations caténares existantes (ligne de Strasbourg-Ville à Mulhouse-Ville).

L'exploitation de la section de ligne de Mulhouse gare vers Mulhouse agglomération est de type « tram ». L'électrification est réalisée en courant continu 750V.

Pour séparer les différentes sources d'alimentation, la section de ligne de Mulhouse à Thann-Nord est équipée d'une section de séparation de tension appelée section de transition dépourvue d'alimentation électrique selon le schéma ci-dessous :



Question 1.3.1 | À l'aide du DT7, **compléter** le tableau du DR2 en y indiquant la forme d'onde (alternative ou continue), la valeur de la tension, et l'état (ouvert ou fermé) des interrupteurs Qsnf, Qtram et Qcouplage.

DT7, DR2

La zone de transition a une longueur de 100m. Elle est franchie par le tram-train avec une vitesse initiale de $30 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$. La longueur de la zone et la vitesse doivent permettre au tram-train de détecter l'interruption du flux de courant dans la section neutre, d'arrêter les auxiliaires considérés comme non essentiels durant le changement de tension et de permuter le mode d'alimentation.

Question 1.3.2 | **Déterminer** à l'aide de l'essai en roue libre le temps d'arrêt de la rame de tram-train.

DT8

Question 1.3.3 | **Tracer** sur le graphique la distance d'arrêt en roue libre. **Relever** dans le tableau de mesures la valeur de cette distance.

DR2

Question 1.3.4 | **Conclure** sur le fait que le tram-train peut ou non franchir la zone de transition.

ÉTUDE 1.4 : comment informer les voyageurs en l'absence de GPS ?

Le système d'information des voyageurs utilisé pour le tram-train implique de fournir un certain nombre d'informations au voyageur (voir DT10).

L'ordinateur de communication universel UKR avec le système de localisation GPS représente l'élément principal du système d'information des voyageurs. Il commande et contrôle les affichages externes et internes de la voiture ainsi que le système vidéo et la communication sol - bord.

L'ordinateur UKR calcule automatiquement et en permanence la position exacte du véhicule grâce à la réception de signaux GPS ou d'impulsion de distance. Il peut ainsi déclencher automatiquement des informations voyageurs visuelles et acoustiques.

On se propose de vérifier que ce système d'information voyageur va permettre d'informer l'usager de la position de la rame sur le réseau en cas de défaillance du GPS.

Question 1.4.1 | À partir du diagramme des exigences IHM (DT9), **préciser** les exigences que doit satisfaire le système d'information des voyageurs en fonction de l'endroit atteint, lorsqu'il est en mode de déclenchement automatique des informations.

DT9

Question 1.4.2 | Le GPS est opérationnel :

- Préciser** la façon dont s'effectue la détermination de la position du tram-train.
- Indiquer** le mode de déclenchement des annonces et des affichages lors des arrêts en gare.

DT9, DT10

Une défaillance du GPS peut être due soit à une mauvaise réception du satellite, soit à une panne de l'installation de réception. Dans ce cas, l'ordinateur UKR passe automatiquement à la stratégie alternative A.

En cas de défaillance prolongée du GPS l'ordinateur UKR passe automatiquement à la stratégie alternative B. Si nécessaire, l'ouverture des portes du tram-train est un critère qui sert à confirmer les données de position à chaque arrêt en gare.

Question 1.4.3 | Le GPS est défaillant : stratégie A (gyromètre : boussole électronique).
DT9, DT10
a) **Préciser** comment s'effectue la détermination de la position du tram-train par l'ordinateur UKR.
b) **Indiquer** comment sont déclenchés les annonces et affichages des arrêts en gare.

Question 1.4.4 | Le GPS a une défaillance prolongée : stratégie B (impulsions de distance).
DT9, DT10
a) Dans cette situation, **préciser** la façon d'effectuer la détermination de la position du tram-train.
b) **Indiquer** comment sont déclenchés les annonces et affichages des arrêts en gare.

Il existe deux principaux types de codeurs rotatifs : les codeurs incrémentaux qui délivrent une information de déplacement angulaire du disque sous forme d'un train d'impulsions. Les codeurs numériques de position (codeurs absolus), pour lesquels chaque position du disque correspond à une valeur numérique différente identifiable par la partie commande.

Question 1.4.5 | Le GPS a une défaillance prolongée : stratégie B (Impulsion de distance).
DT 11
Préciser quel est le type de codeur utilisé pour générer les impulsions de distance : codeur incrémental ou codeur absolu (justifier votre réponse).

Question 1.4.6 | La roue odométrique comporte 64 créneaux.
DT 11
Déterminer la résolution du codeur incrémental.

Question 1.4.7 | Le diamètre de la roue d'un tramway est de 0,6 m.
Calculer la distance parcourue par le tramway pour un tour de la roue crénelée solidaire d'une roue du tram-train, ainsi que la distance parcourue entre deux impulsions de distance générées par le capteur à effet Hall.

Question 1.4.8 | La distance réelle entre la gare de départ et la première station est de 1,884 km. Lors de ce parcours, le nombre d'impulsions reçues du codeur est de 64286. **Déterminer** la distance estimée par l'odomètre entre ces deux stations.

Question 1.4.9 | **Calculer** l'erreur de distance en mètre résultant de cette estimation.

- Question 1.4.10 | En considérant le même pourcentage de dérive, **calculer** l'erreur d'estimation sur le trajet total de 22 km.
- Question 1.4.11 | **Citer** au moins une des causes possibles d'erreur de mesure de distance occasionnées sur l'estimation de la distance par l'odomètre.
- Question 1.4.12 | Le concepteur du système a choisi de recalibrer l'odomètre au moyen de l'ouverture des portes du tram-train à chaque arrêt en gare. **Conclure** quant au choix de la solution technique retenue pour déterminer la position du tram-train et de la pertinence de la stratégie alternative B.

PARTIE 2 : étude du pont Foch

Mise en situation

Le pont Foch sur le canal du Rhône au Rhin se situe en face de la gare centrale de Mulhouse, c'est un ouvrage d'art situé sur le réseau de base du tramway urbain et du tram-train. L'état de cet ouvrage le rendant inapte à supporter les charges de chaussée routière et de plate-forme tramway prévues, il a été décidé de procéder à sa démolition puis à sa reconstruction. L'étude réalisée a conduit à remplacer le tablier, les poutres porteuses et les appuis de l'ouvrage actuel par une nouvelle structure capable de reprendre les surcharges du tramway (voir DT14).

Ainsi, principalement, l'appareil d'appui va :

- a) transmettre les actions verticales dues à la charge permanente et aux charges d'exploitation routière ;
- b) permettre les mouvements de rotation (effets des charges et des déformations différées du béton) ;
- c) permettre les déplacements relatifs entre les deux parties suite aux effets de variations de longueurs de l'ouvrage (effet thermique, retrait, fluage, freinage, ...).

L'objectif de cette partie est de vérifier que les appareils d'appuis permettent de supporter la charge totale du pont et des charges routières ainsi que les déplacements liés aux dilatations éventuelles du pont.

Travail demandé

- Question 2.1 | À partir du diagramme des cas d'utilisation, **énumérer** les types d'utilisateurs amenés à franchir le pont.
- DT 12
- Question 2.2 | À partir du document DT13, **compléter** dans le document réponses DR3 la vue en perspective du pont en **indiquant** le nom des principaux éléments constitutifs à choisir dans la liste suivante : tablier, poutres, appareil d'appui.
- DT13
DR3

Question 2.3 | **Calculer** le poids du pont, en **complétant** le document réponse DR4 en sachant que :

DR4

- $t \cdot m^{-3}$ sont des tonnes par mètre cube ;
- $t \cdot m^{-2}$ sont des tonnes par mètre carré ;
- $t \cdot m^{-1}$ sont des tonnes par mètre linéaire.

La réaction verticale d'une poutre précontrainte sur un appui est la somme des charges permanentes et charges d'exploitation sur le nombre d'appuis soit 2 fois 57.

Question 2.4 | En prenant comme hypothèses que :

- le poids du pont est réparti de valeur égale sur tous les appareils d'appui ;
- les poutres provoquent sur leurs supports des forces de réactions verticales.

Calculer la charge verticale que supporte chacun de ces appuis.

Le tableau ci-dessous récapitulatif les charges permanentes et les charges d'exploitation prises en compte dans les différentes situations sur chaque appareil d'appui.

Type de charge	Charge Verticale
Poids propre de l'ouvrage	9,36 t
Surcharge A(l) (voiture, piéton, cycliste)	4,79 t
Surcharge B(c) (camion)	12,29 t
Surcharge Tramway	12,73 t

Question 2.5 | Dans le cas de charges verticales sur un appui donné, **identifier** le cas de surcharge le plus défavorable à considérer sur un appui donné.

La charge sur un appui à considérer dans l'état limite ultime (symbole E.L.U.) permettant la stabilité du pont (non rupture par écrasement ou par allongement excessif) est donnée par la relation :

$$P_u = 1,35 \cdot G + 1,50 \cdot Q$$

G : charges permanentes (poids propre du pont)

Q : charges d'exploitation (charges de circulation)

P_u : charge totale à considérer dans l'état limite ultime (symbole E.L.U.)

1,35 et 1,50 étant les coefficients de sécurité

Question 2.6 | En utilisant les valeurs déterminées dans la question précédente, **calculer** P_u (charge totale à considérer dans l'état limite ultime).

Question 2.7	Les appareils d'appuis néoprène utilisés ont la référence : 150 x 200 x 2 (8+2).
DT14	En utilisant le document technique DT14 : expliquer la signification des différentes valeurs composant cette référence. vérifier que la référence choisie supporte la charge P_u , calculée à la question 2.6.

Réactions horizontales

- *Action de la température*

La température agit sur les éléments constitutifs d'un pont. Ainsi, en été, lors de fortes chaleurs le pont se dilate. À l'inverse, en hiver, il a tendance à se rétracter. Ainsi les variations de température climatique peuvent intervenir dans le comportement de structures des éléments porteurs. Elles peuvent avoir une action de déformation des poutres.

Les valeurs caractéristiques, maximales et minimales, des actions dues aux variations de températures correspondent à :

- déformation unitaire (par mètre) : 2×10^{-4} à -2.5×10^{-4} pour les actions de longue durée qui va provoquer le déplacement suivant : $\Delta l_{ld} = 3,86 \text{ mm}$;
- déformation unitaire (par mètre) : 3×10^{-4} à -4×10^{-4} pour les actions de courte durée.

Question 2.8	Calculer les déplacements liés aux variations de température des poutres précontraintes dans l'éventualité d'une action de courte durée. Déterminer le cas le plus défavorable entre les deux éventualités (déplacement liés aux variations de température de courte et longue durée).
--------------	---

- *Hauteur nette d'élastomère*

Question 2.9	Déterminer la déformation horizontale de l'élastomère supportant les variations dimensionnelles des poutres ayant pour cause la déformation horizontale des appuis liées aux variations de température dans le cas le plus défavorable.
DT14	Conclure sur la pertinence du choix de la référence 150 x 200 x 2 x (8+2) comme appareil d'appui.

DT1 : données GES

Efficacité environnementale des transports de passagers urbains et périurbains

Emission de CO₂ dues à la production d'électricité ou l'extraction, le raffinage et le transport des carburants

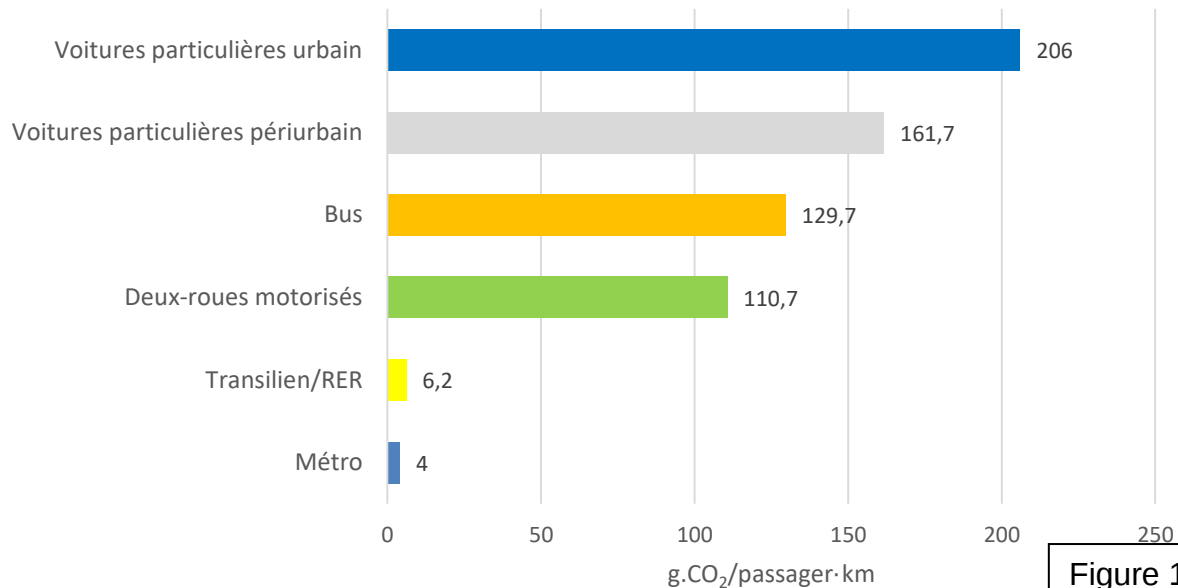


Figure 1

Evolution des émissions de GES liées au secteur du transport routier sur la zone PDU depuis la mise en place du tram-train

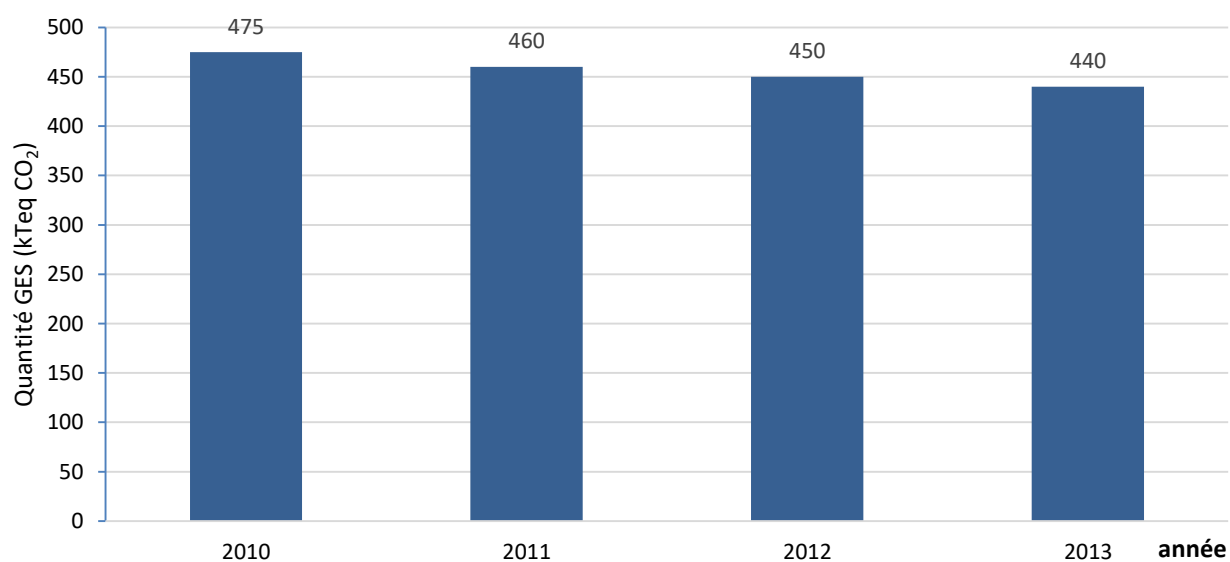


Figure 2

Source : données ASPA – extraction INVENTAIRE octobre 2015

DT2 : accessibilité du tram-train (extraits arrêtés)

Arrêté du 18 janvier 2008 relatif à la mise en accessibilité des véhicules de transport public guidé urbain aux personnes handicapées et à mobilité réduite

1. Préambule :

La présente annexe définit les dispositions applicables pour permettre l'accès des véhicules de transport public guidé aux personnes en situation de handicap et aux personnes à mobilité réduite (PMR), dans des conditions d'accès égales à celles des autres catégories d'usagers, avec la plus grande autonomie possible et sans danger.

2. Prescriptions générales :

L'accès des PMR est réalisé de plain-pied.

Les lacunes horizontales et verticales entre le nez de quai et le seuil des portes accessibles identifiées par le symbole international seront au maximum de 50 mm pour la lacune verticale et de 50 mm pour la lacune horizontale, pour un matériel neuf, à vide, positionné en ligne droite, centré dans l'axe de la voie et par rapport à un nez de quai théorique défini pour le système de transport.

Ces valeurs sont mesurées horizontalement par rapport à l'axe de la voie et verticalement par rapport au plan de roulement.

Lorsque ces valeurs spécifiées ne peuvent être atteintes, et notamment dans les stations en courbe des lignes existantes, les accès desservant les espaces réservés aux utilisateurs de fauteuil roulant sont équipés de dispositifs embarqués, tels que rampes d'accès, comble-lacunes ou seuils fusibles.

Les dimensions des lacunes horizontale et verticale pourront être réduites en condition d'exploitation nominale du matériel roulant dès lors que le cahier des charges de l'infrastructure du système de transport prévoit des adaptations des quais. Ces dispositions sont prises en concertation avec l'autorité organisatrice des transports, le constructeur de matériel roulant, l'exploitant du système de transport et les associations de personnes handicapées. Elles peuvent ne concerner que les portions de quai situées au droit des portes réputées accessibles.

Arrêté du 1er août 2006 fixant les dispositions prises pour l'application des articles R. 111-19 à R. 111-19-3 et R. 111-19-6 du code de la construction et de l'habitation relatives à l'accessibilité aux personnes handicapées des établissements recevant du public et des installations ouvertes au public lors de leur construction ou de leur création

2° Caractéristiques dimensionnelles :

Profil en long

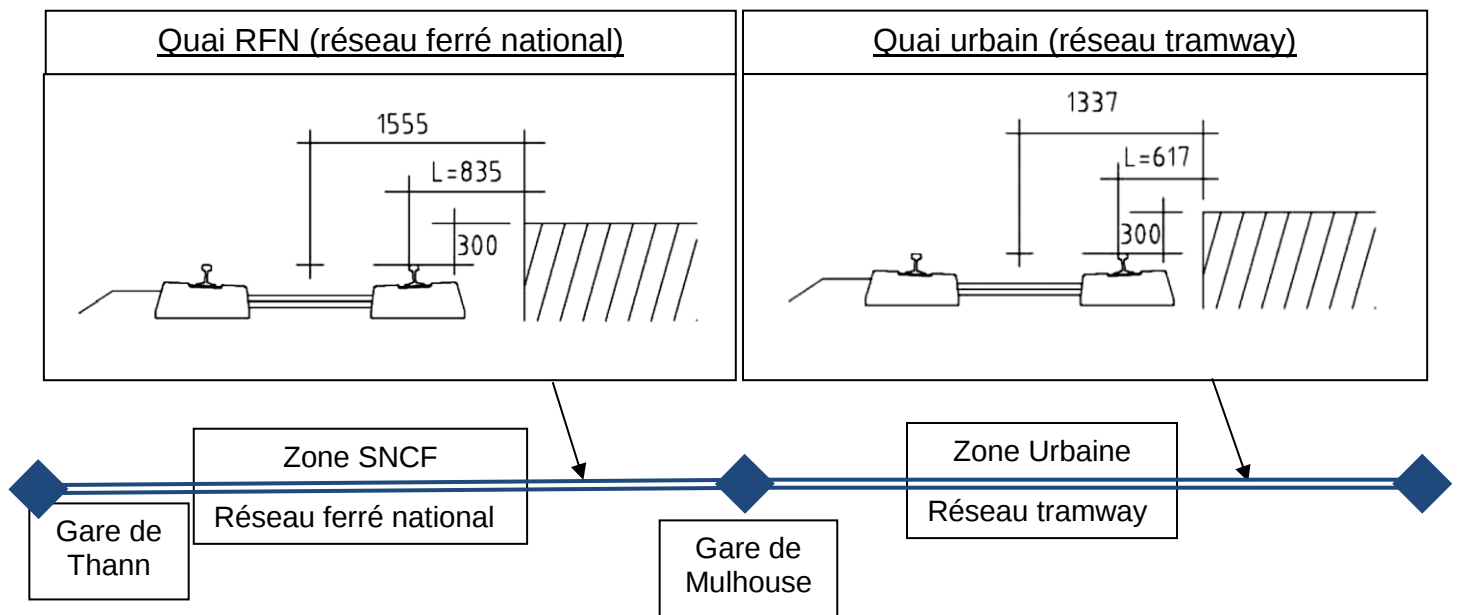
Le cheminement accessible doit être horizontal et sans ressaut.

Lorsqu'une dénivellation ne peut être évitée, un plan incliné de pente inférieure ou égale à

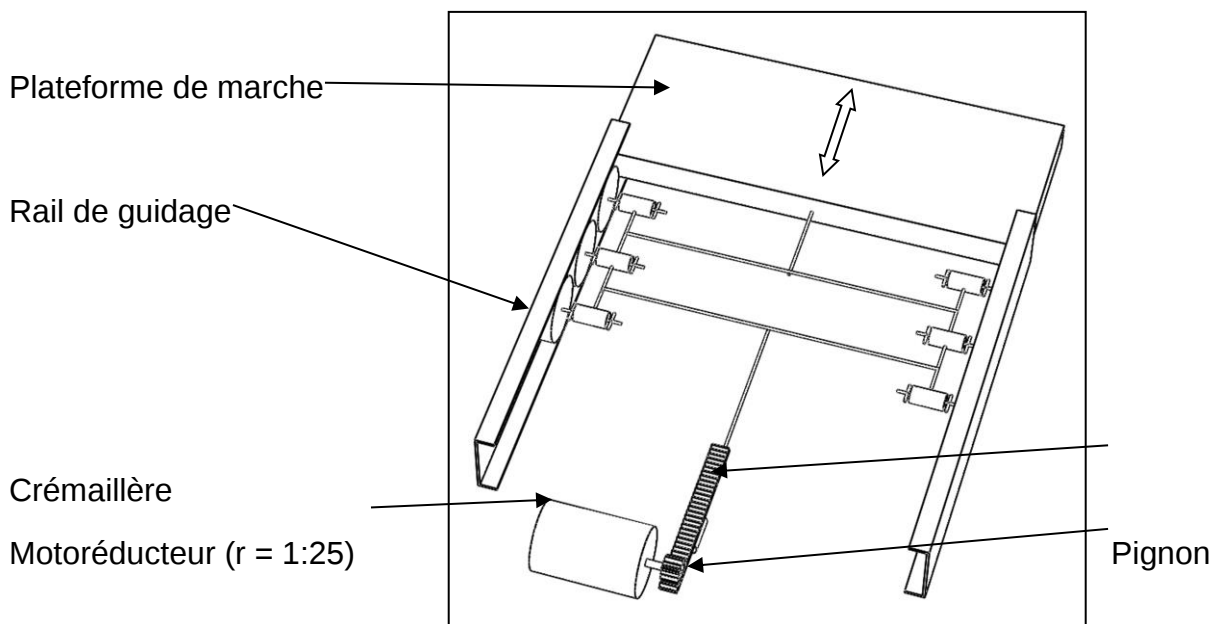
5% doit être aménagé afin de la franchir.

Lorsqu'il ne peut être évité, un faible écart de niveau peut être traité par un ressaut à bord arrondi ou muni d'un chanfrein et dont la hauteur doit être inférieure ou égale à 2 cm.

DT3 : gabarits des quais

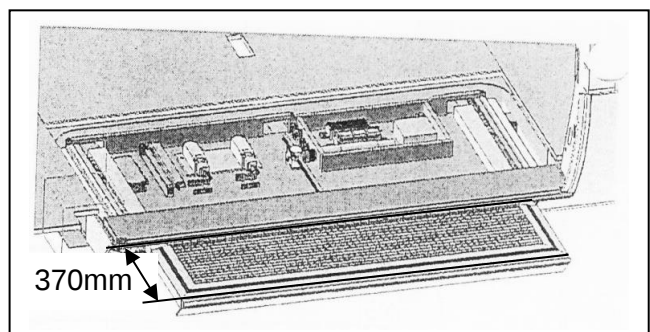
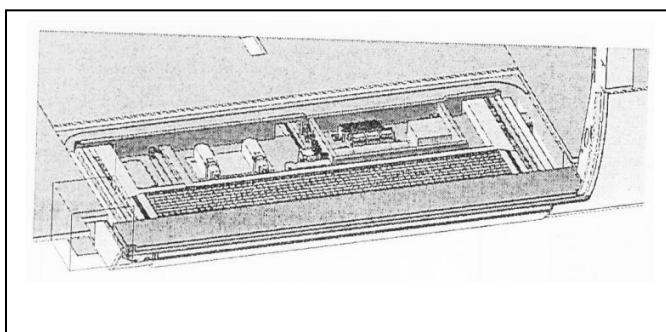


DT4 : structure du marchepied

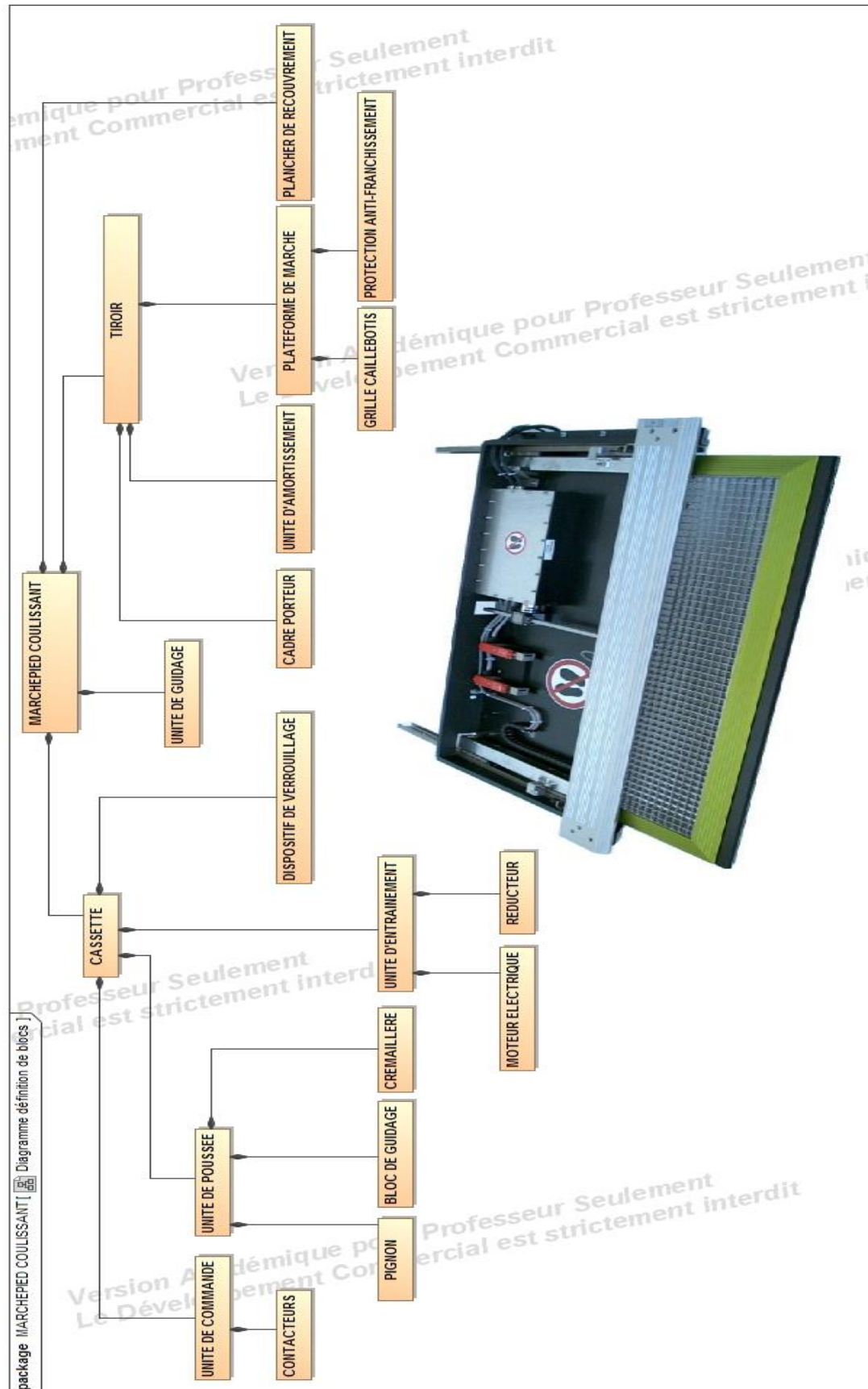


Marchepied « rétracté »

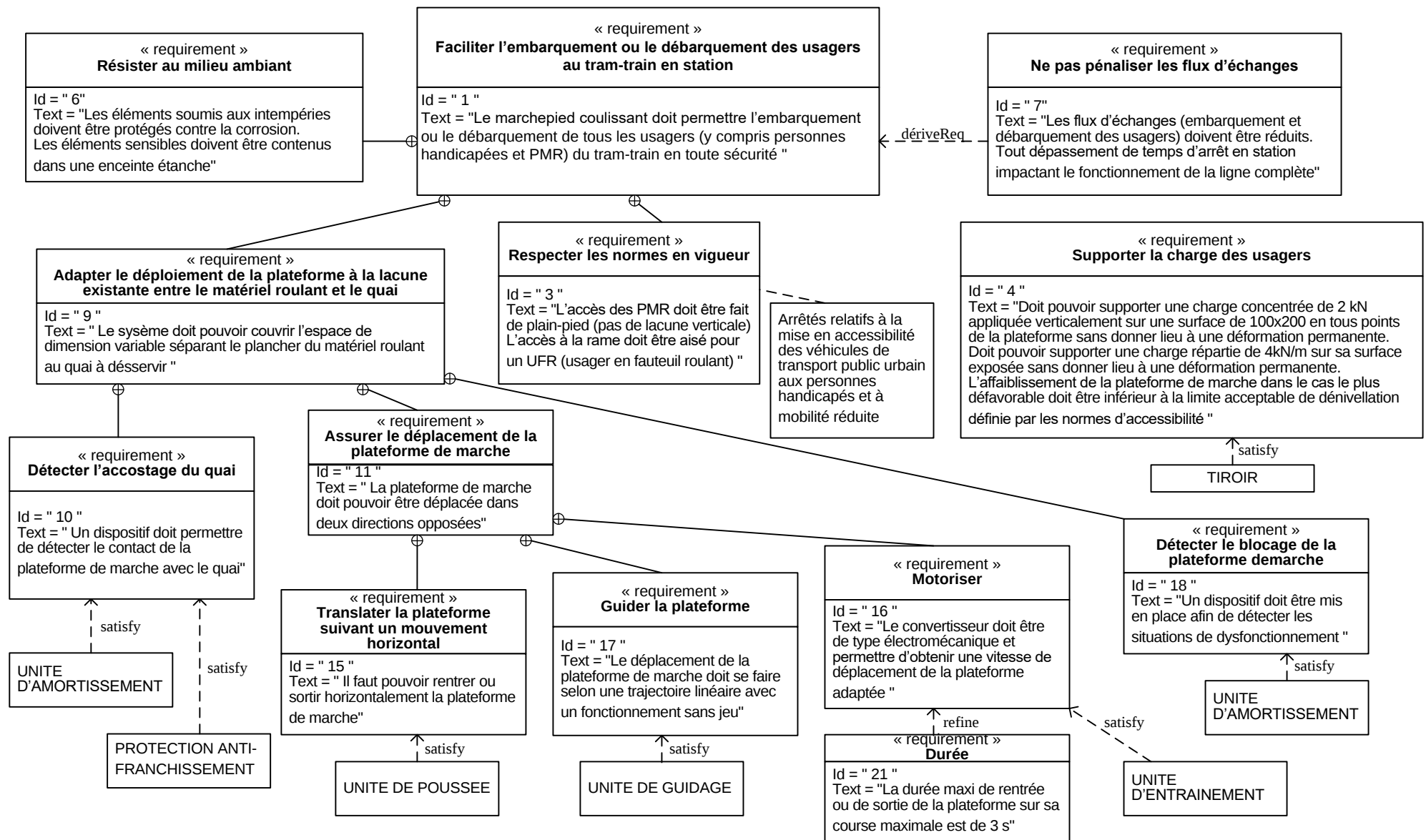
Marchepied « déployé »



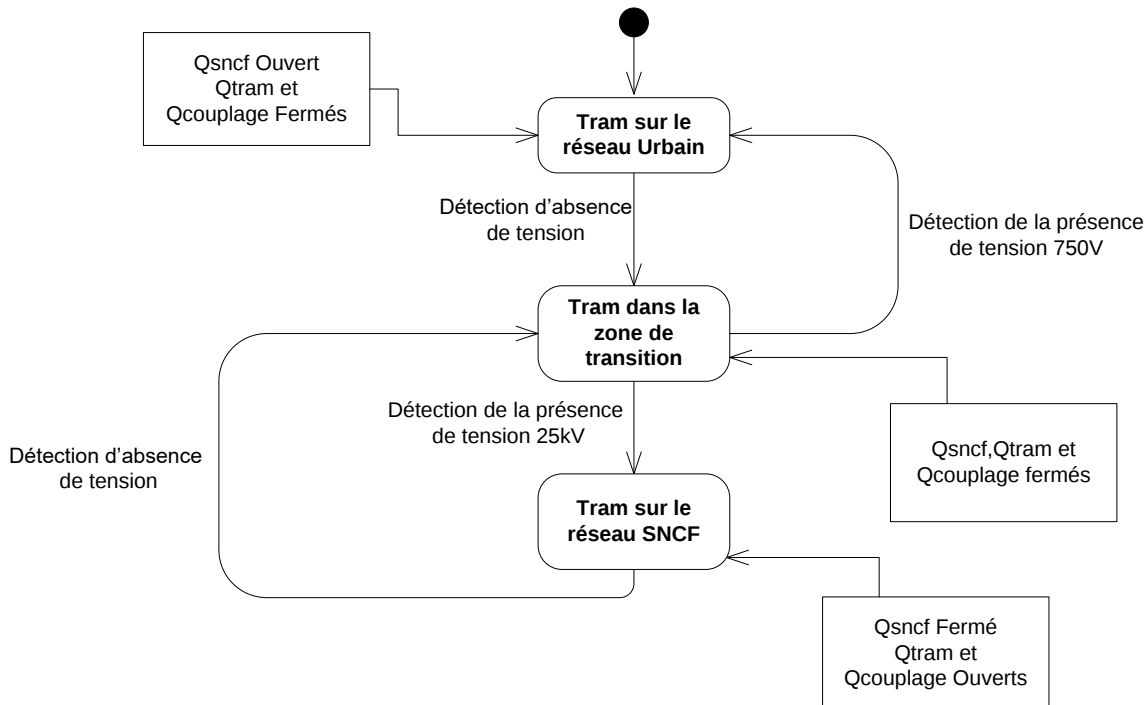
DT5 : diagramme SysML de définition de blocs du marchepied coulissant



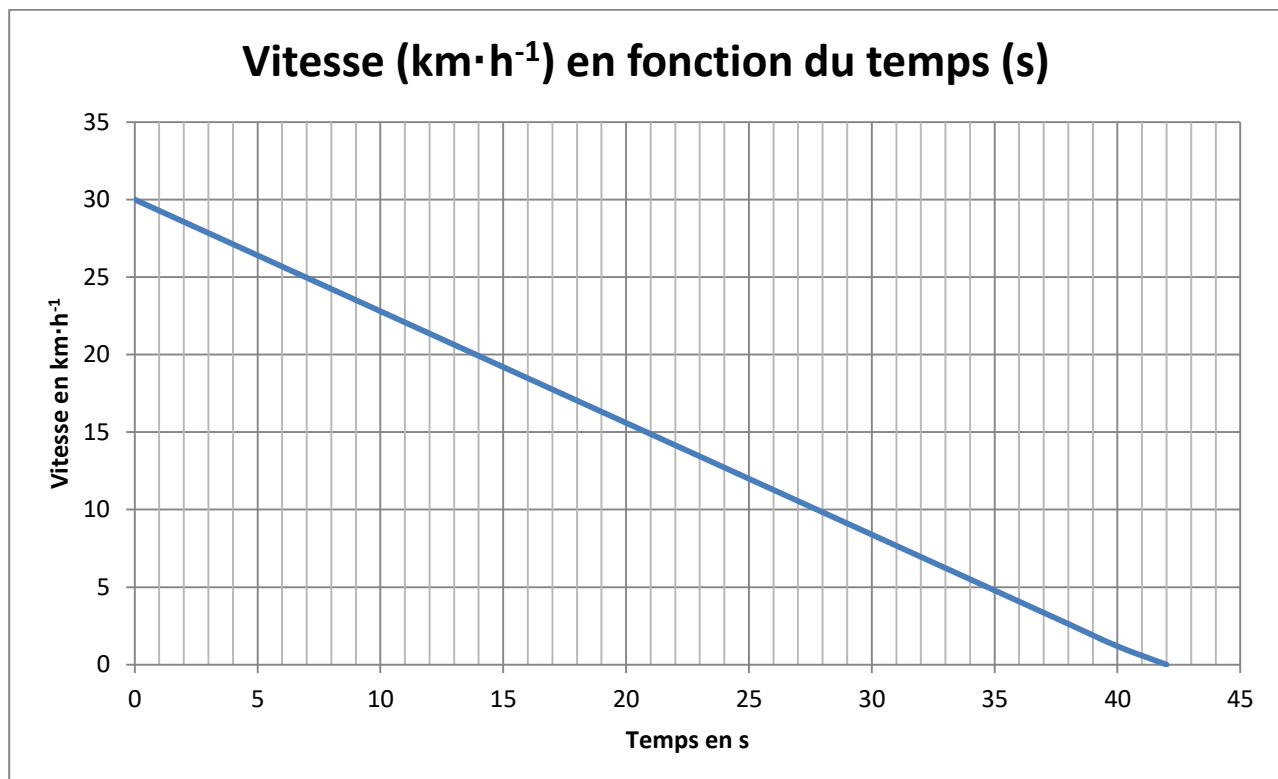
DT6 : diagramme SysML d'exigences du marchepied coulissant



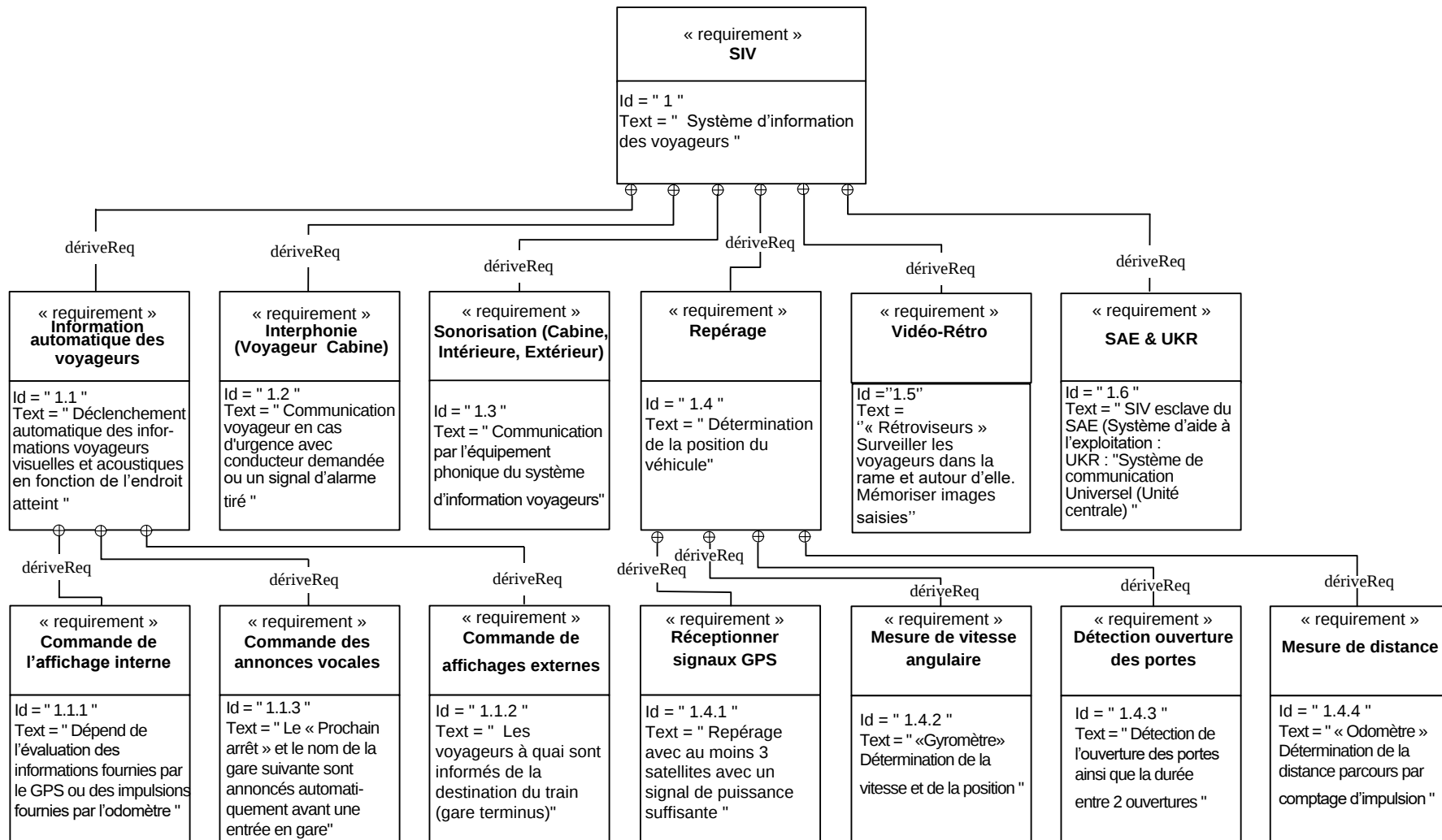
DT7 : diagramme d'état de la rame de tram-train



DT8 : essai d'arrêt en roue libre

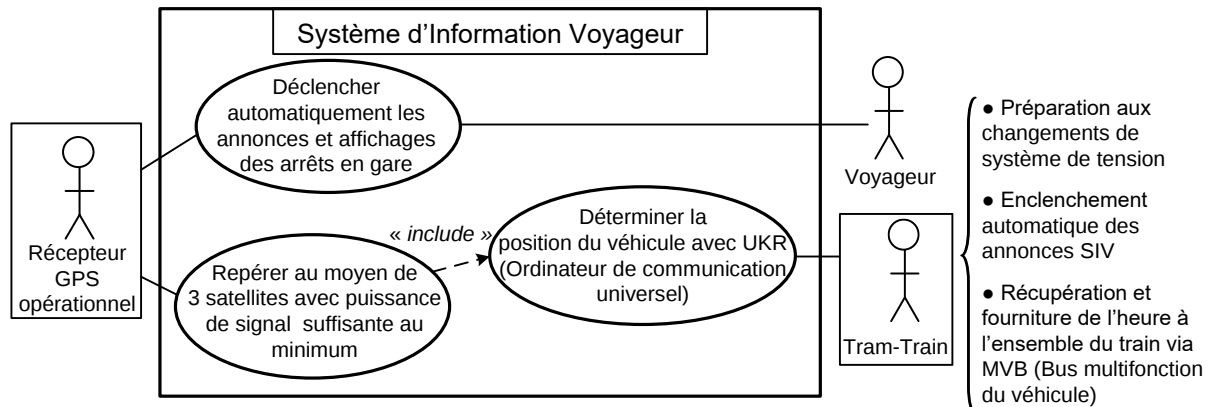


DT 9 : diagramme d'exigences IHM



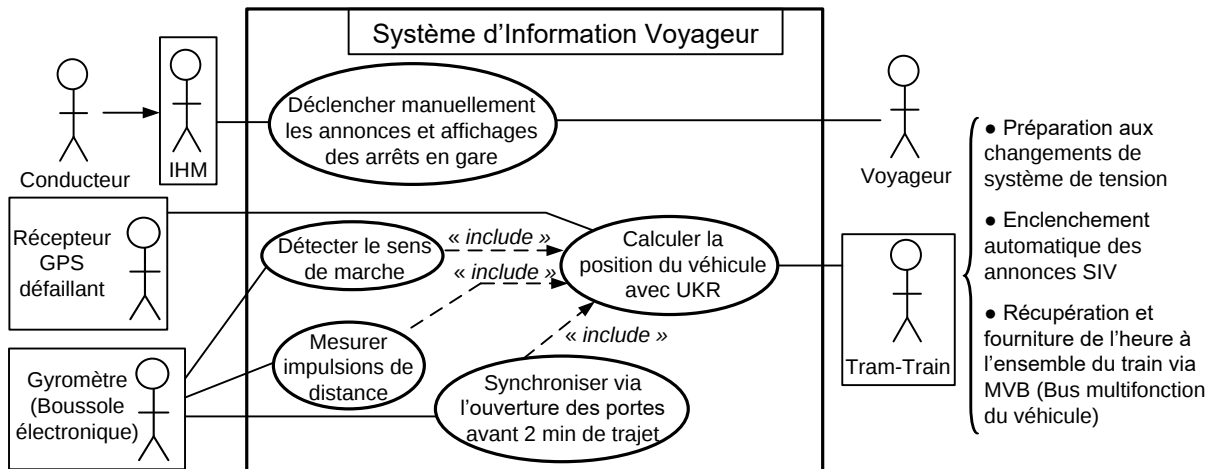
DT 10 : diagramme des cas d'utilisation : repérage du véhicule

Détermination des coordonnées du véhicule dans le cas normal

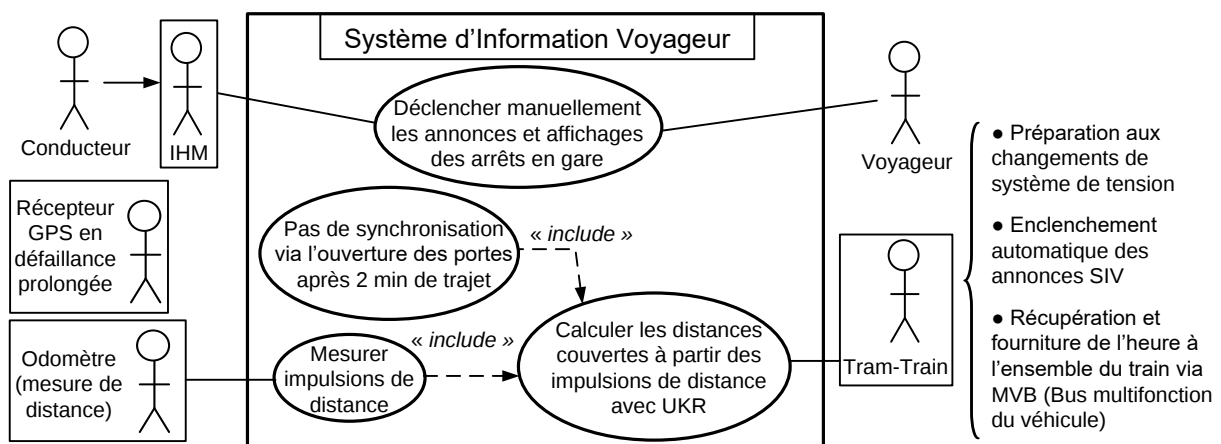


Stratégies alternatives en cas de défaillance du GPS (moins de 3 satellites différents, intensité de champ insuffisante, mauvaise réception du satellite, etc...)

Stratégie alternative A (Gyromètre) :



Stratégie alternative B (Impulsions de distance) :



DT 11 : boîtier odomètre

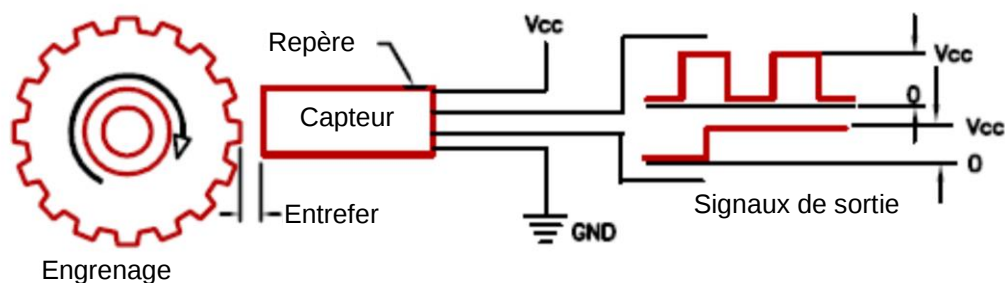
1. Description

Le boîtier odomètre est un boîtier intelligent conçu par le constructeur du tramway. Il comporte une entrée pour le capteur odométrique, un microcontrôleur comportant des temporisateurs, et un connecteur d'interface à la norme V11, c'est-à-dire pour des liaisons séries RS422 et RS485.

L'odomètre dispose d'un capteur magnétique réagissant avec une roue odométrique crénelée solidaire à une roue du tramway. Ce capteur est basé sur des détecteurs à effet Hall, et est capable de détecter le sens de rotation de la roue.

A partir des informations fournies par le capteur, le boîtier odomètre élabore plusieurs données :

- position odométrique ;
- vitesse ;
- temps de roulage et temps d'immobilisation.



2. Calcul de la position odométrique

La position odométrique est obtenue par un simple comptage ou décomptage des impulsions fournies par le capteur, selon que le sens de rotation indiqué par le capteur est positif ou négatif.

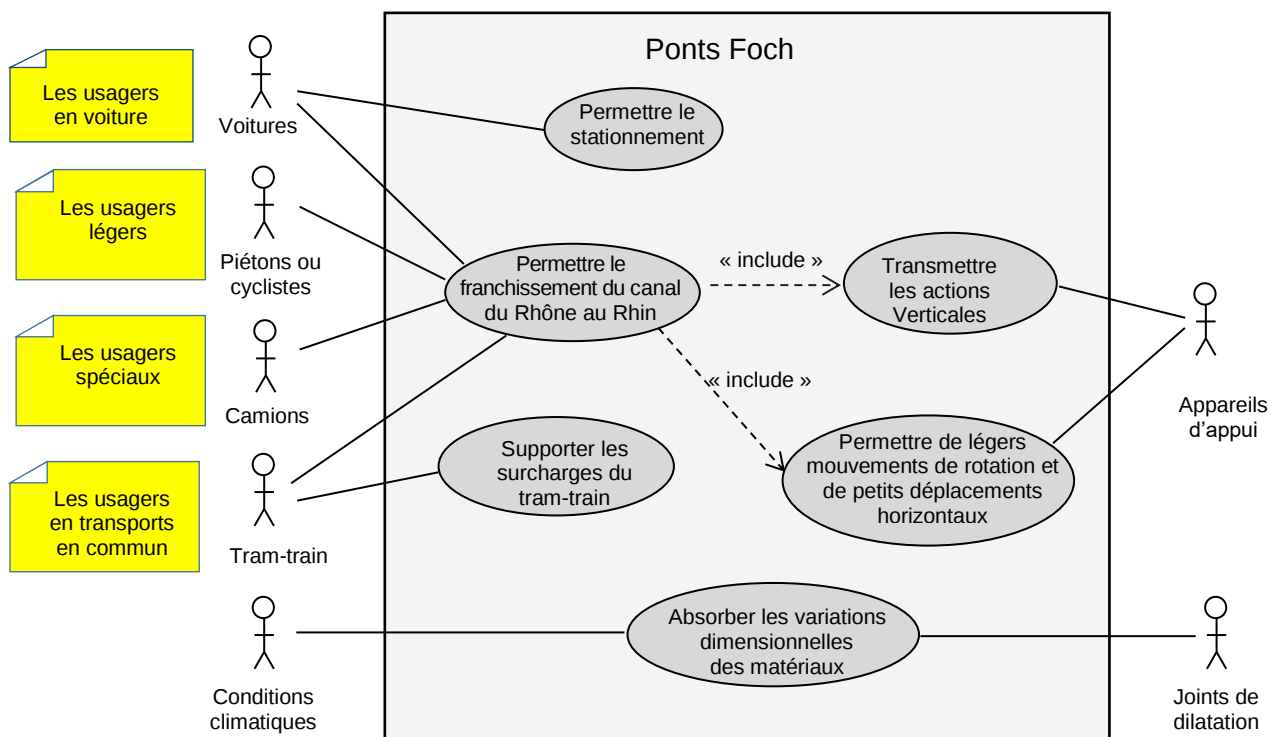
Une commande spécifique envoyée par la liaison série permet de remettre le compteur à zéro. La position odométrique est donc toujours relative à la dernière remise à zéro.

L'odomètre d'un véhicule a besoin d'être étalonné, en indiquant le diamètre des roues du tramway et le nombre de créneaux de la roue odométrique. De là, il est possible de déduire la distance parcourue par le tramway entre 2 impulsions du capteur.

La résolution du codeur est égale au nombre d'impulsions de distance ou de points fournis par tour.

Les positions sont exprimées en mètres (m), les vitesses en mètres par seconde ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) et les temps en secondes (s).

DT12 : diagramme des cas d'utilisations pont Foch



DT13 : différents éléments d'un pont

Tablier : il est une structure porteuse horizontale qui supporte les charges de circulation et les transmet aux appuis. Il est lui-même porté par plusieurs poutres en béton armé précontraints.

Poutre : ce sont les éléments porteurs horizontaux chargés de reprendre les charges et les surcharges se trouvant sur le tablier pour les transmettre aux culées par l'intermédiaire des appareils d'appuis (57 poutres 0,30 x 0,60 x 16,5).

Culée : massif de maçonnerie formant appui à l'extrémité d'un tablier d'un pont, sur les deux rives. Elle doit équilibrer la poussée des poutres et celle des terres.

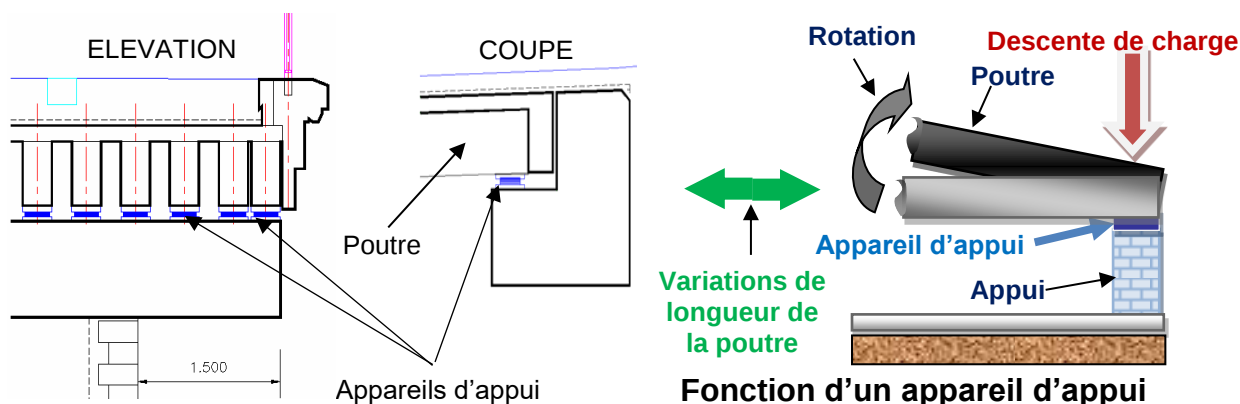
Les fondations : elles permettent d'assurer la liaison entre les culées et le sol.

Appareils d'appuis : le tablier d'un pont repose sur ses appuis par l'intermédiaire d'appareils d'appui, conçus pour transmettre dans les meilleures conditions possibles des efforts principalement verticaux (poids de l'ouvrage, composante verticale des efforts dus aux charges d'exploitation), mais aussi horizontaux (dilatations, forces de freinage, d'accélération, centrifuges, etc.). Ces efforts sont transmis aux sols (fondations) par l'intermédiaire des culées.

Murs de soutènement : ils ont pour rôle de retenir les massifs de terres « soutien des terres ». Ils sont contigus aux culées.

Travée : partie du pont comprise entre deux appuis

DT14 : appareils d'appui



Les appuis à déformation se composent de plusieurs feuillets élastomère entre lesquels sont interposées des tôles en acier.

Désignation : la désignation d'un appui se décompose comme ceci : **a x b x n (e + t)**

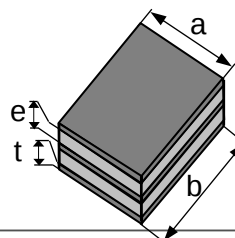
- **a** et **b** étant les dimensions en plan de l'appareil ;
- **n**, le nombre de frettes ;
- **e**, l'épaisseur des feuillets élastomère intermédiaires ;
- **t**, l'épaisseur des tôles d'acier ;

Exemple : l'appui 150 x 200 x 3 (8 + 2) mm comprend :

- 2 couches extérieures d'élastomère de 4 mm ;
- 2 couches intermédiaires d'élastomère de 8 mm ;
- 3 tôles d'acier de 2 mm.

Son épaisseur totale est de 30 mm

Feuillet d'élastomère	Frettes acier
5 mm	2 mm
8 mm	2 mm
10 mm	3 mm
12 mm	3 mm



Charges admissibles				
Epaisseur (mm)	n (5 + 2)	n (8 + 2)	n (10 + 3)	n (12 + 3)
Déformation horizontale	± 2,5 n	± 4 n	± 5 n	± 6 n
a x b	Charge en t	Charge en t	Charge en t	Charge en t
80 x 80	4,6	2,8	2,3	1,9
80 x 100	6,4	4,0	3,2	2,6
100 x 100	10,0	10,0	10,0	8,0
100 x 150	16,5	16,5	16,5	15,0
100 x 200	24,0	24,0	24,0	20,0
150 x 150	33,75	33,75	33,75	27,0
150 x 200	45	45	45	36,0
150 x 250	56,2	56,2	56,2	45,0
150 x 300	67,5	67,5	67,5	54,0
200 x 200		60,0	60,0	48,0
200 x 250		75,0	75,0	60,0
200 x 300		90,0	90,0	72,0
250 x 300		112,5	112,5	90,0
250 x 400		150,0	150,0	120,0
300 x 300		135,0	135,0	108,0
300 x 400		180,0	180,0	180,0
300 x 500		225,0	225,0	225,0
300 x 600		270,0	270,0	270,0
400 x 400			240,0	240,0
500 x 500			375,0	375,0
500 x 600			450,0	450,0
600 x 600			540,0	540,0

DOCUMENT RÉPONSES DR1

Figure 1 : chaîne d'énergie du marchepied coulissant du Tram-train

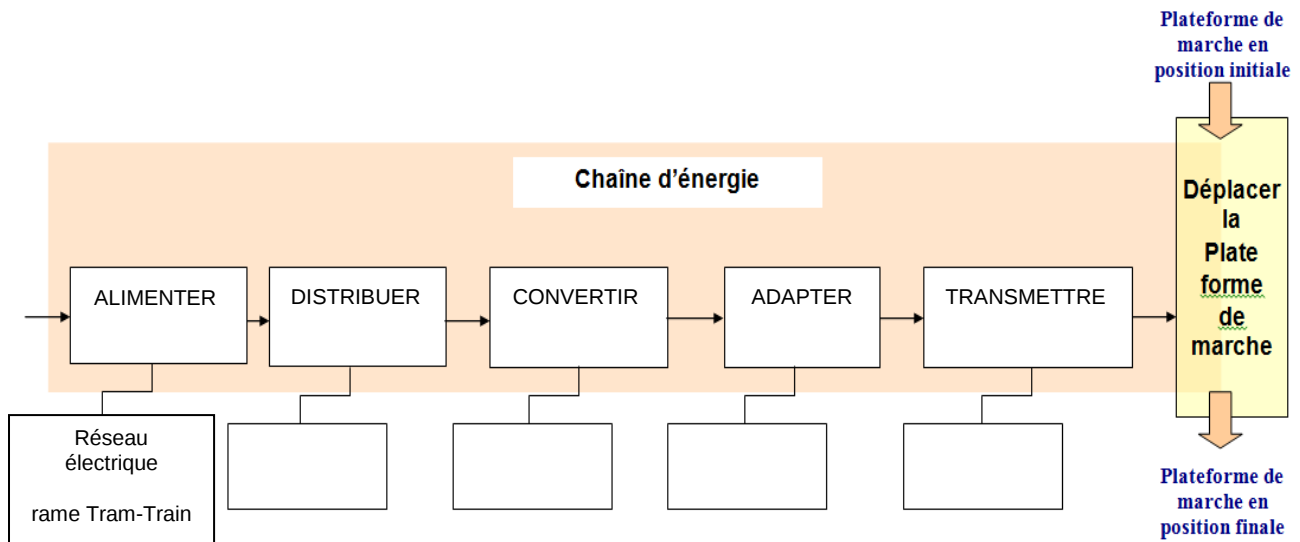
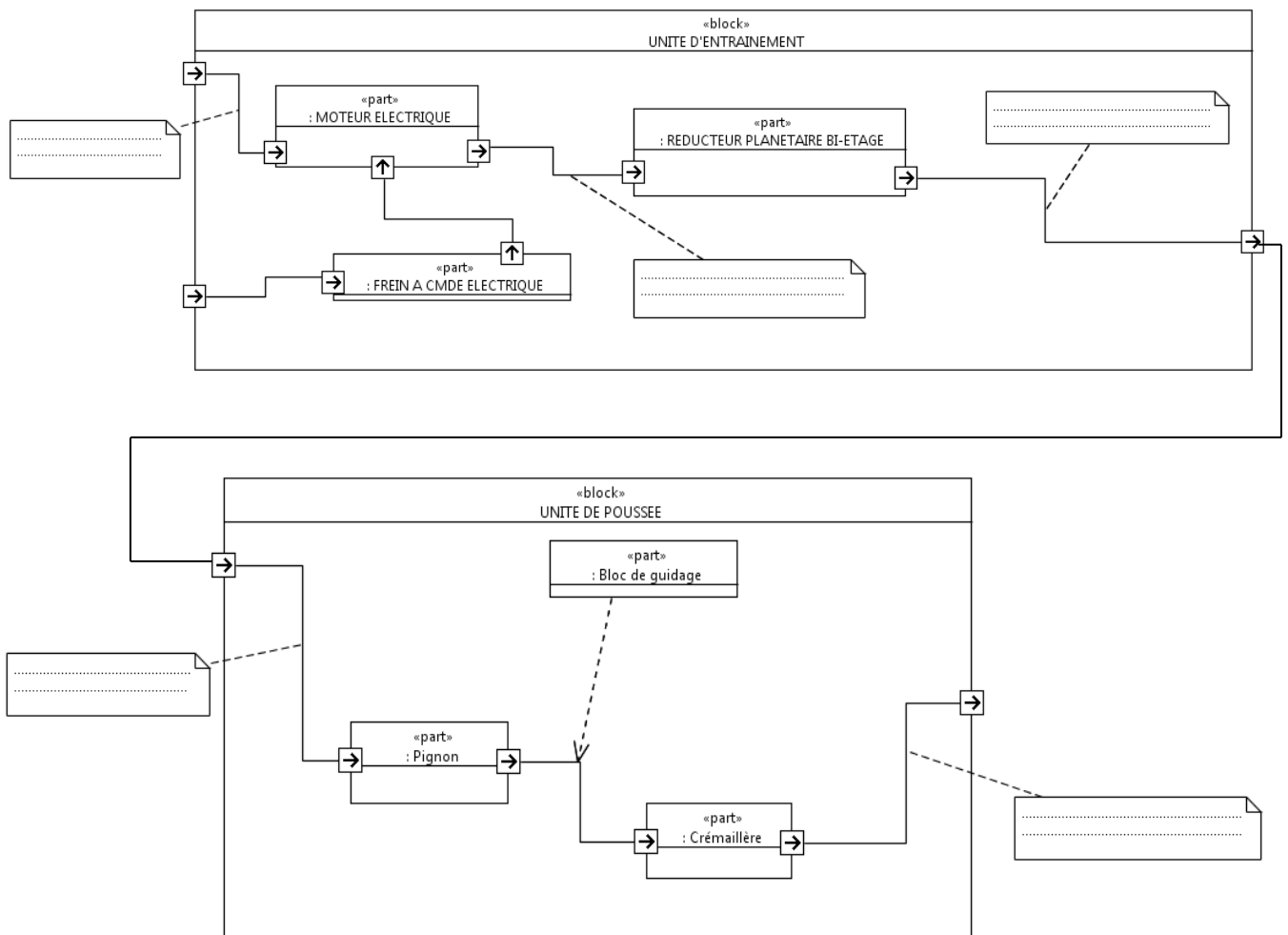


Figure 2 : diagrammes de blocs internes unités d'entraînement et de poussée

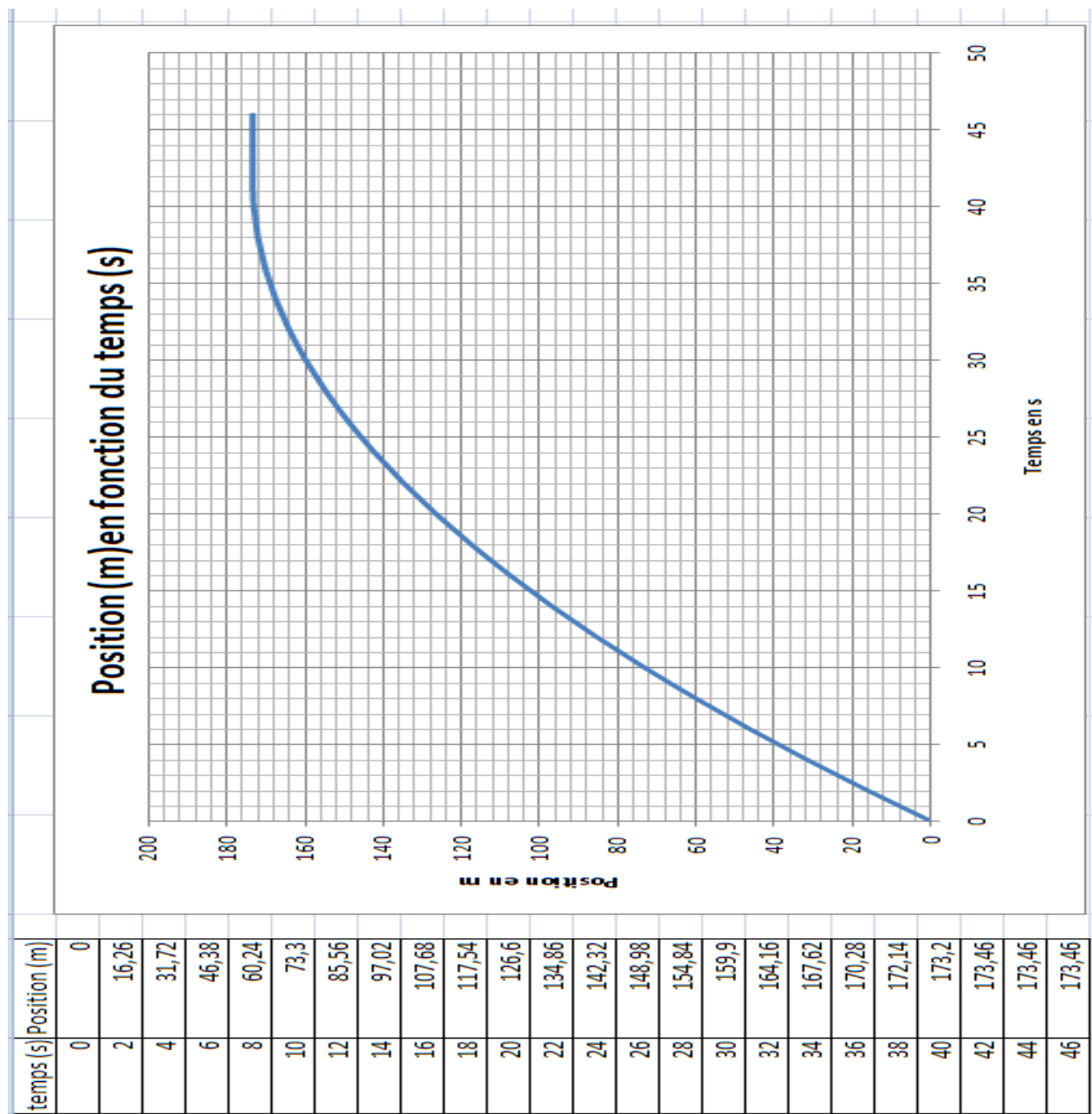


DOCUMENT RÉPONSES DR2

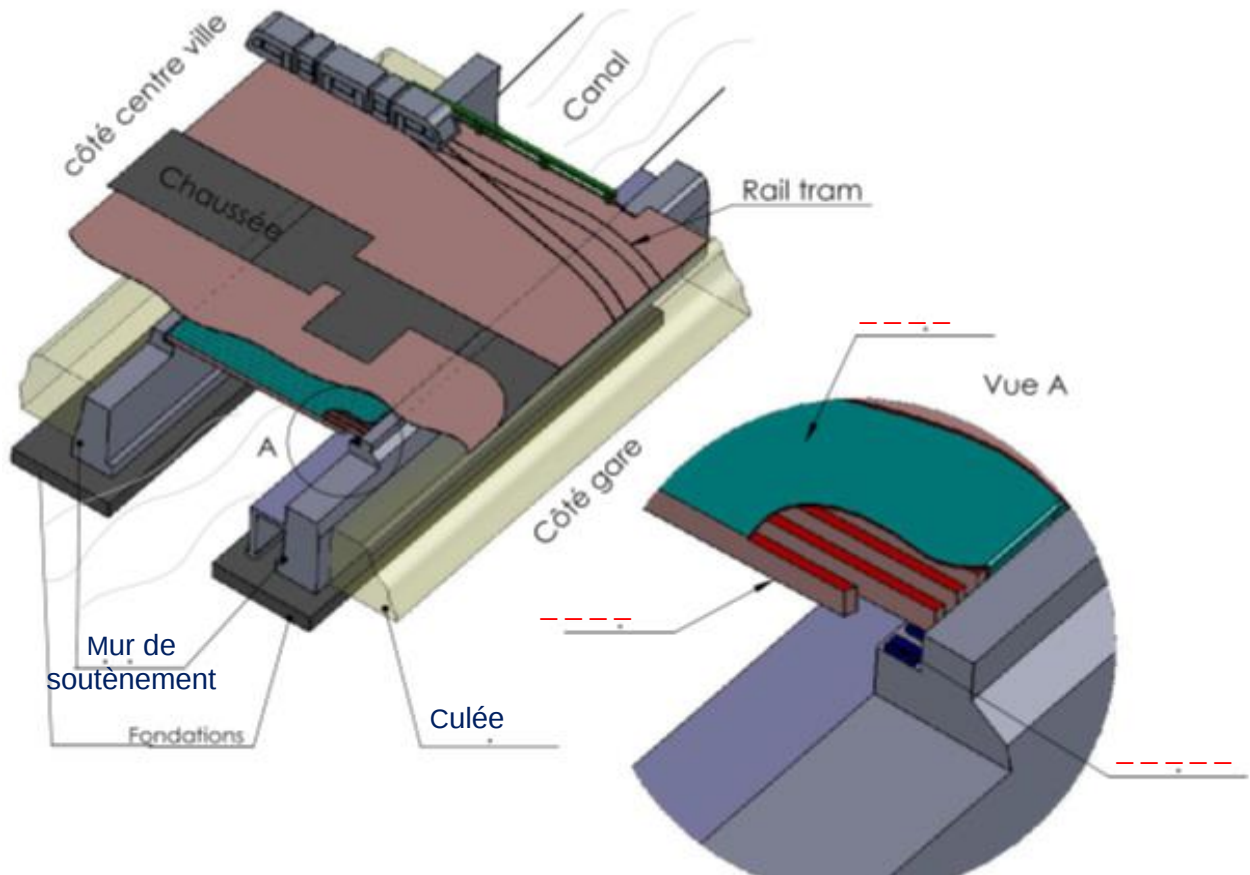
Tableau récapitulatif du fonctionnement de la rame de tram-train

	Zone SNCF (Train)	Zone de transition	Zone Urbaine (Tram)
Forme d'onde			
Valeur de tension			
Etat de Q sncf			
Etat de Q tram			
Etat de Q couplage			

Extrait de l'essai en roue libre



DOCUMENT RÉPONSES DR3



DOCUMENT RÉPONSES DR4

Tablier	Long (m)	larg (m)	Epaisseur (m)	$t.m^{-3}$		174,70	tonnes
	28,234	16,500	0,150	2,500			
Poutres	Larg (m)	Hauteur (m)	Long (m)	$t.m^{-3}$	Nombre	----	tonnes
	0,3	0,6	16,5	2,5	57		
Revêtement	Long (m)	larg (m)		$t.m^{-2}$		----	tonnes
	28,234	16,500		0,16			
Bordure	Surface1 (m^2)	$t.m^{-2}$	Surface2 (m^2)	$t.m^{-2}$		377,47	tonnes
	82,876	0,280	382,985	0,925			
Garde - Corps	$t.ml^{-1}$	Long				1,73	tonnes
	0,105	16,500					
Corniche	t/ml	Long				----	tonnes
	0,950	16,500					
Estimation du poids propre de l'ouvrage :						----	tonnes