

Structures standards pour les revêtements des voies de tram en Flandre



Ir. Filip Flement

Chef des Experts Techniques

Service du Patrimoine et de l'Infrastructure
Société Flamande des Transports en Commun - De Lijn



Introduction

Origine des différences dans les systèmes existant

- o En Belgique, plus spécifiquement en Flandre, la société des transports publics a été fondée en 1991 suite à la fusion de quelques sociétés régionales, qui se situaient au niveau des cinq provinces. La société s'appelle depuis lors "De Lijn".
- o Aujourd'hui "De Lijn" se présente comme l'unique fournisseur en Flandre de transports en commun, au niveau de l'exploitation des autobus, du tram et du tram souterrain (préméto). Un réseau (urbain) de tram existe dans trois des cinq provinces flamandes.
- o Les principaux réseaux de tram se sont développés individuellement, à l'époque où les organisations étaient régionales. Aujourd'hui encore, il arrive parfois que les systèmes se présentent quelque peu différemment.
- o De Lijn" étant une entreprise publique, toutes les réalisations pour les infrastructures sont soumises à la législation des marchés publics pour les travaux, les services et les fournitures.

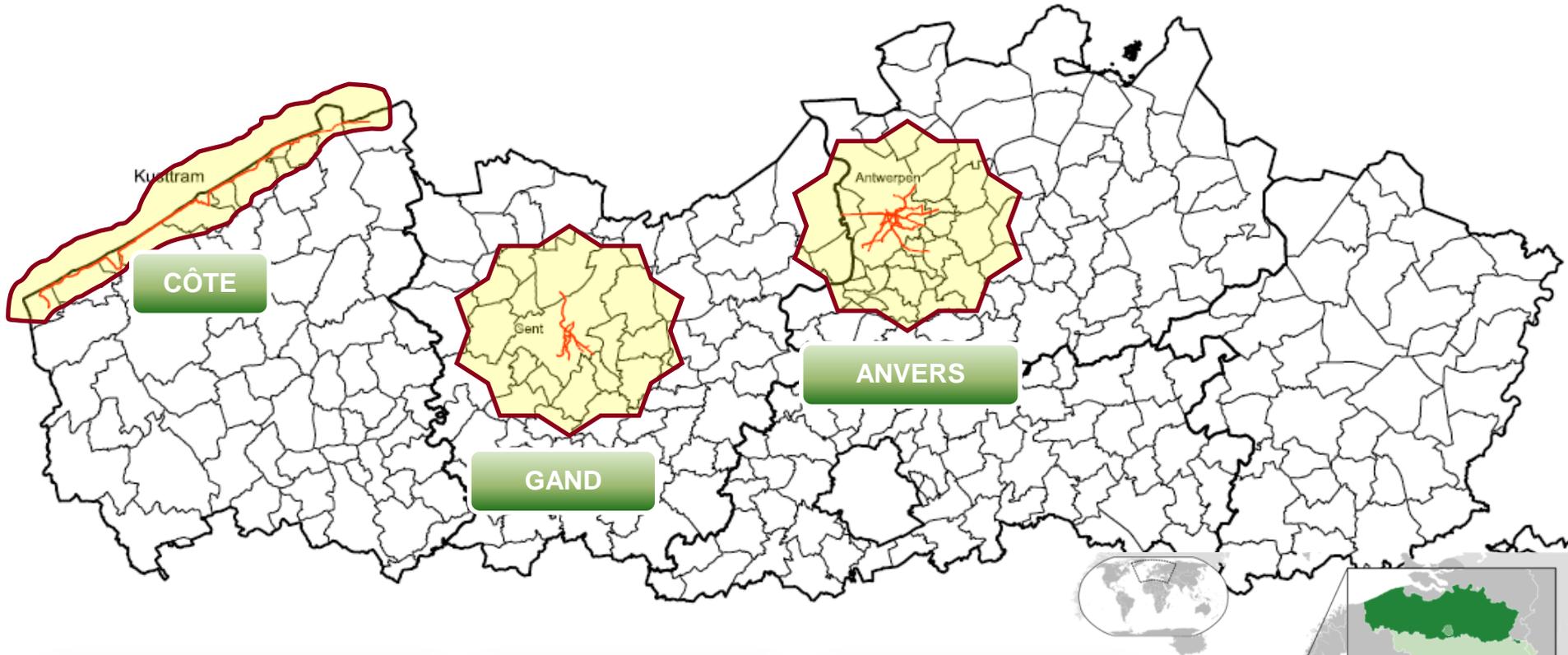
Ambition de maîtrise

A force d'une ***standardisation progressive***, l'ambition est de rechercher des systèmes de tram plus consistants et nettement plus maîtrisables au niveau de chaque province.

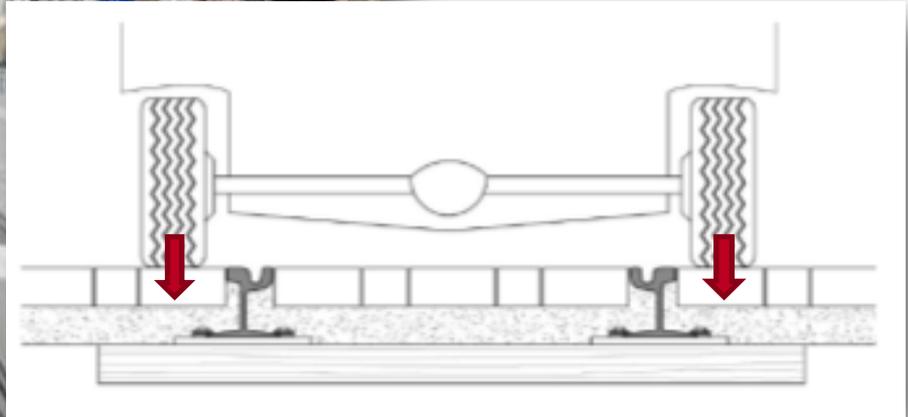
Aussi, l'unification à travers les différentes frontières provinciales, est à présent à l'ordre du jour en Flandre.



Réseaux de tram en Flandre



- Les “voies de tram” deviennent aussi des “voies routières”:
 - En ville: peu de « sites propres » disponibles pour le tram en Flandre
 - En milieu urbain - usage mixte : tram, autobus, différents véhicules, ..
 - Sollicitations graves et importantes à cause de différentes charges, produites par les véhicules routiers lourds



Problématique

- Des endommagements sérieux et des dégradations précoces sont constatés trop régulièrement!



Problématique

- Les dégâts et les dégradations sont non-réparables et non-rectifiables
 - Comment traiter ou maîtriser les endommagements?



???

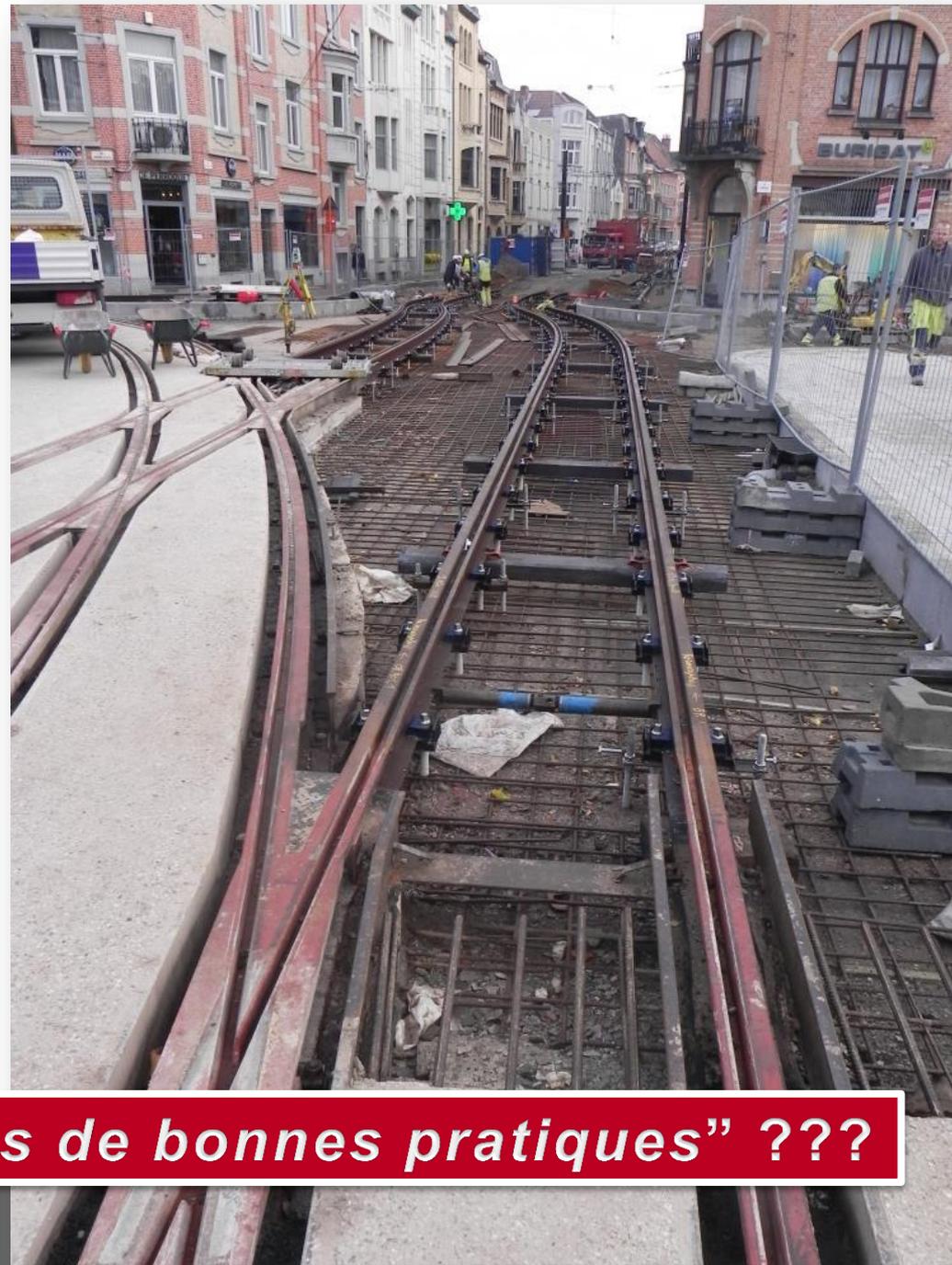
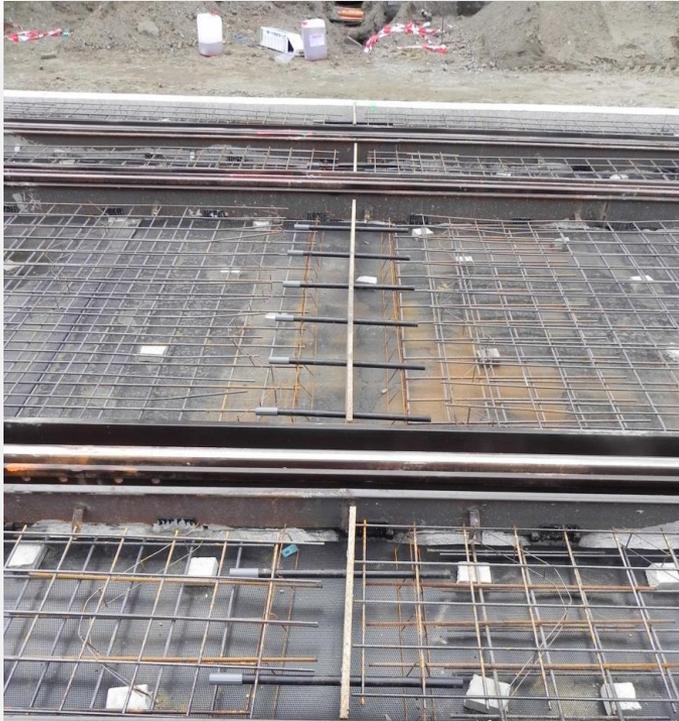


- o Constatation de différents « mondes » de la construction avec leurs propres pratiques et affinités :
 - o la construction des routes
 - o la construction en béton armé
 - o la construction des chemins de fer
- o **Et ...** la construction actuelle des voies ferrées pour tram est précisément devenue une combinaison de ces trois domaines différents!
 - o Ressemble-t-elle au mariage entre « chien et chat » – « chat et chien » ?
 - o De toute façon, le « tout » constitue manifestement un véritable défi !



Problématique

- o Constatation de différents « mondes » de construction avec leurs propres pratiques et affinités



Où trouver *“les règles de bonnes pratiques”* ???

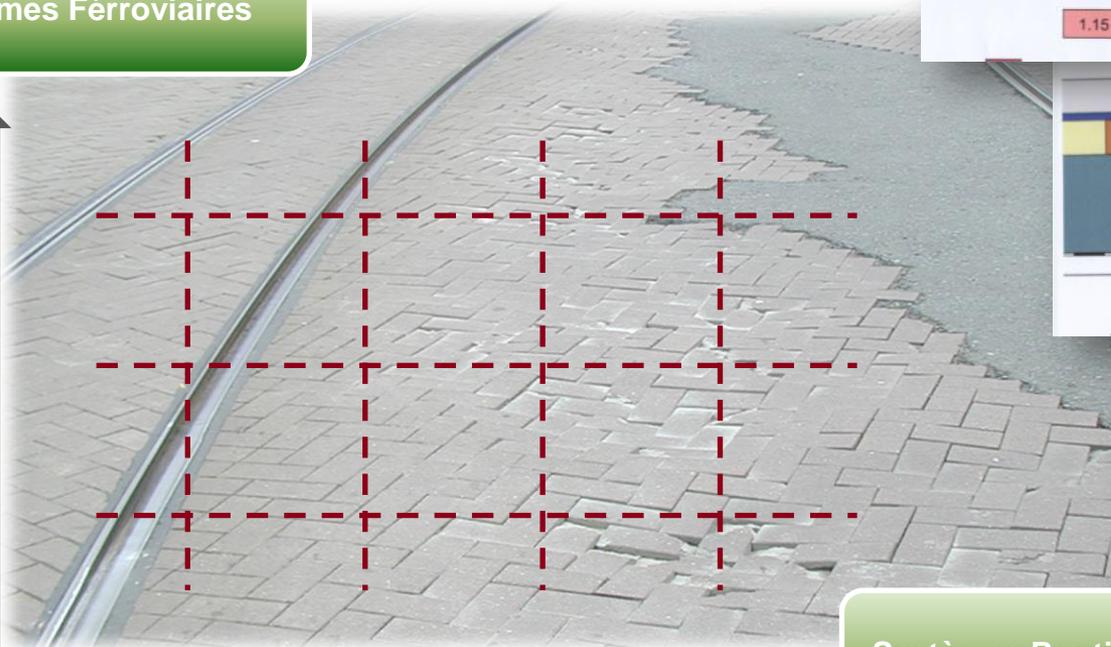
- o Embarras et encombrements à cause des chantiers pour les riverains, pour les passants et pour les clients - voyageurs:
 - o Exploitation du tram partiellement interrompue
 - o Déviation des différentes circulations
 - o Nuisances acoustiques, vibratoires, et autres
 - o Accessibilités pour les riverains
 - o Mobilité réduite, etc.
- o Un chantier de tram maltraité induit toujours des conséquences graves pour un grand nombre de parties, même si celles-ci ne sont pas directement concernées dans le processus de la construction elle-même!



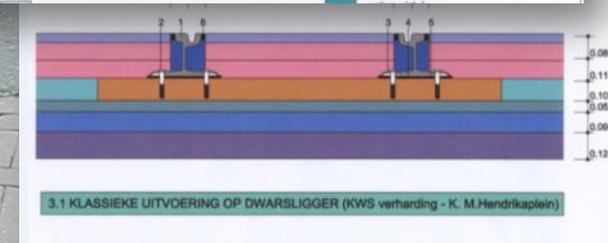
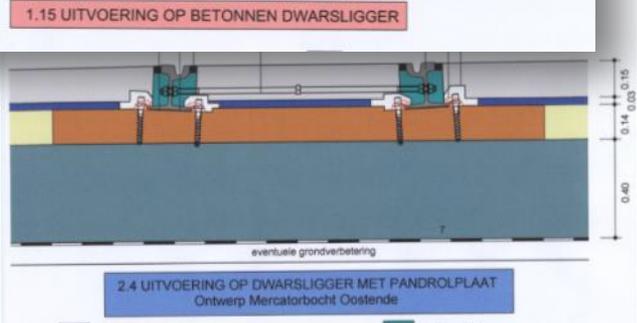
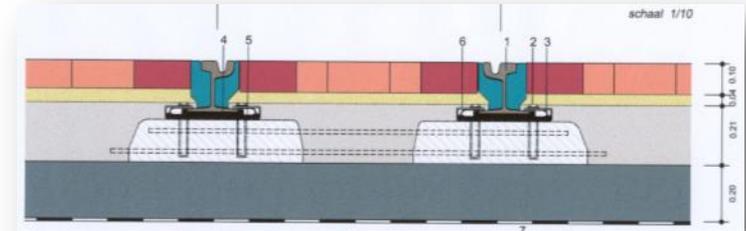
A la recherche d'une solution

- o Inventorisation des systèmes et technologies utilisés
- o Analyse de la nature des dégâts
- o Nécessité d'une standardisation

Systèmes Ferroviaires



Systèmes Routiers



A la recherche d'une solution

→ Le tableau multi-critères:

- Systèmes - technologies
- Projets – entrepreneurs
- Dommages constatés: nature, intensité, fréquence, ...

→ Problèmes constatés:

- Une diversité énorme !!
- Conclusion: quelles sont *les relations de cause à effet réelles* ??

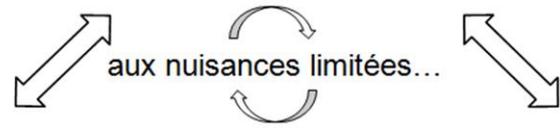
Criteria		BEST VALUE ANALYSIS - NIEUWE OPBouw																																							
		A				B				C				D				E				F				G				H				I				J			
		Opmerking	PFM (vrij)	SCORE	Opmerking	PFM (vrij)	SCORE	Opmerking	PFM (vrij)	SCORE	Opmerking	PFM (vrij)	SCORE	Opmerking	PFM (vrij)	SCORE	Opmerking	PFM (vrij)	SCORE	Opmerking	PFM (vrij)	SCORE	Opmerking	PFM (vrij)	SCORE	Opmerking	PFM (vrij)	SCORE	Opmerking	PFM (vrij)	SCORE										
1	Levensduur van opbouwplan	7	56	70	64	7	56	64	7	56	64	7	56	64	7	56	64	7	56	64	7	56	64	7	56	64	7	56	64	7	56	64									
2	Transportatie	7	63	70	64	7	63	70	64	7	63	70	64	7	63	70	64	7	63	70	64	7	63	70	64	7	63	70	64	7	63	70	64								
3	Transportatie (kosten)	3	31	30	29	3	31	30	29	3	31	30	29	3	31	30	29	3	31	30	29	3	31	30	29	3	31	30	29	3	31	30	29								
4	Transportatie (kosten)	4	32	31	30	4	32	31	30	4	32	31	30	4	32	31	30	4	32	31	30	4	32	31	30	4	32	31	30	4	32	31	30	4							
5	Transportatie (kosten)	4	32	31	30	4	32	31	30	4	32	31	30	4	32	31	30	4	32	31	30	4	32	31	30	4	32	31	30	4	32	31	30	4							
6	Transportatie (kosten)	7	56	64	70	7	56	64	70	7	56	64	70	7	56	64	70	7	56	64	70	7	56	64	70	7	56	64	70	7	56	64	70	7							
7	Transportatie (kosten)	4	32	31	30	4	32	31	30	4	32	31	30	4	32	31	30	4	32	31	30	4	32	31	30	4	32	31	30	4	32	31	30	4							
8	Transportatie (kosten)	4	32	31	30	4	32	31	30	4	32	31	30	4	32	31	30	4	32	31	30	4	32	31	30	4	32	31	30	4	32	31	30	4							
9	Transportatie (kosten)	4	32	31	30	4	32	31	30	4	32	31	30	4	32	31	30	4	32	31	30	4	32	31	30	4	32	31	30	4	32	31	30	4							
10	Transportatie (kosten)	4	32	31	30	4	32	31	30	4	32	31	30	4	32	31	30	4	32	31	30	4	32	31	30	4	32	31	30	4	32	31	30	4							
11	Transportatie (kosten)	4	32	31	30	4	32	31	30	4	32	31	30	4	32	31	30	4	32	31	30	4	32	31	30	4	32	31	30	4	32	31	30	4							
12	Transportatie (kosten)	4	32	31	30	4	32	31	30	4	32	31	30	4	32	31	30	4	32	31	30	4	32	31	30	4	32	31	30	4	32	31	30	4							
13	Transportatie (kosten)	7	56	64	70	7	56	64	70	7	56	64	70	7	56	64	70	7	56	64	70	7	56	64	70	7	56	64	70	7	56	64	70	7							
14	Transportatie (kosten)	7	56	64	70	7	56	64	70	7	56	64	70	7	56	64	70	7	56	64	70	7	56	64	70	7	56	64	70	7	56	64	70	7							

Nécessité d'une standardisation !!!

Fonctions exigées des systèmes standards

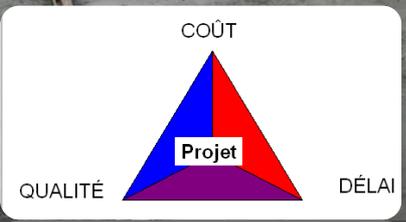
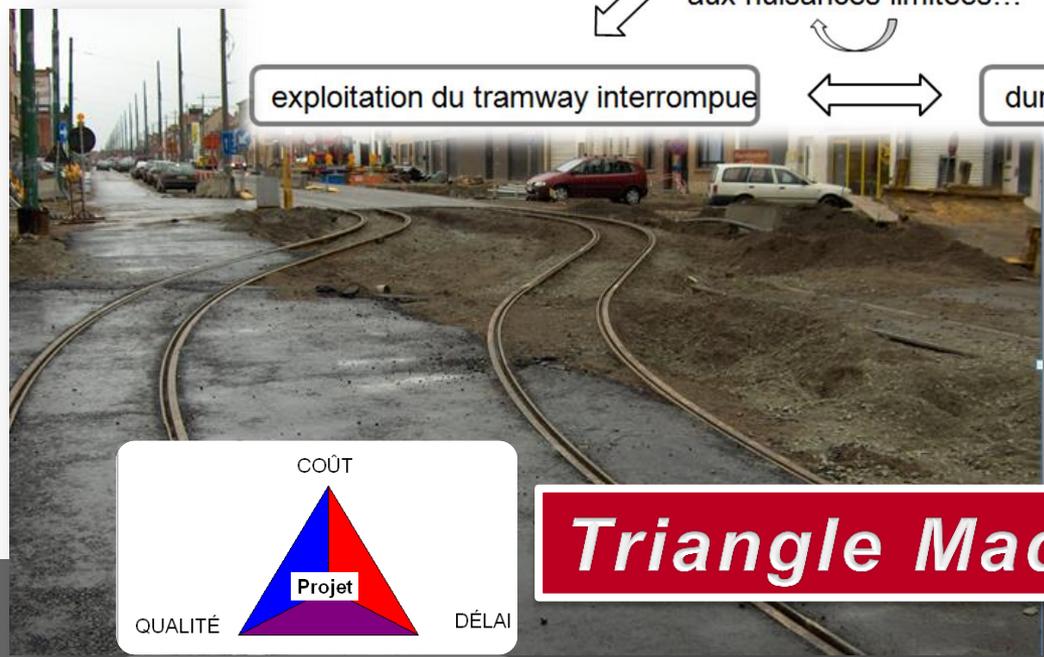


Mise en œuvre en milieu urbain



exploitation du tramway interrompue

durabilité et stabilité générale



Triangle Magique?

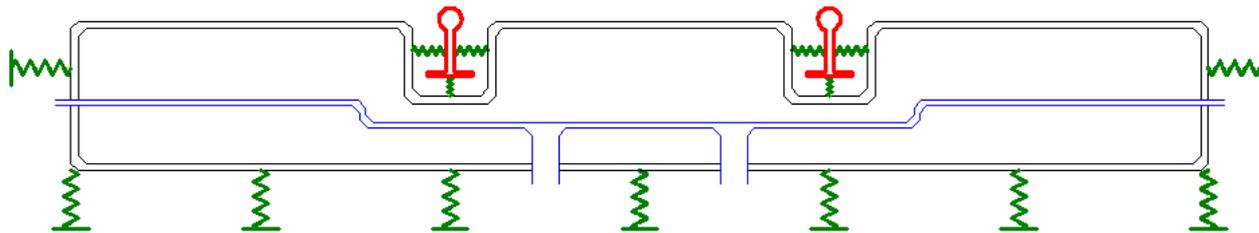
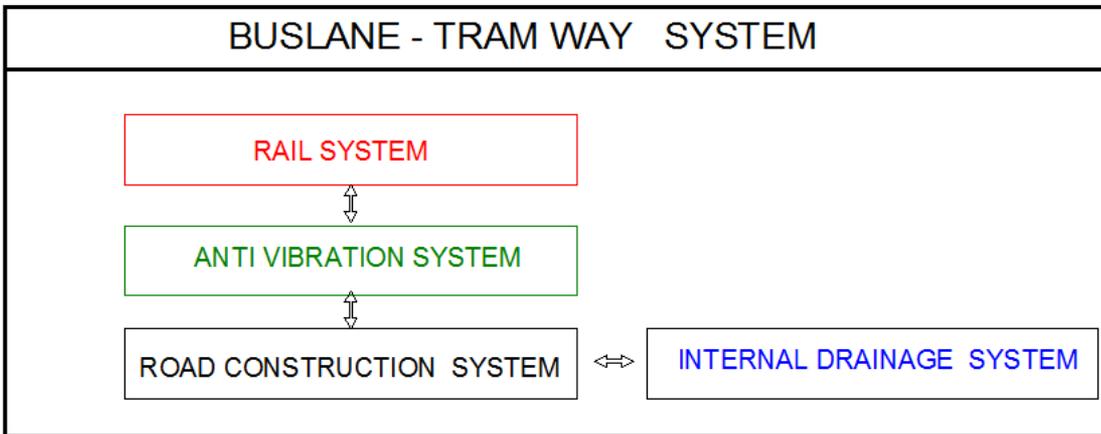
Choix faits tout en développant les systèmes standards

- Transition des matériaux modulaires aux « *systèmes monolithes* »
- Choix volontaire et intentionnel pour le *béton armé*



Transition vers le concept de "SYSTEMS ENGINEERING"

- Introduction à l' "Ingénierie des systèmes"
- Décomposition en "sous-systèmes"



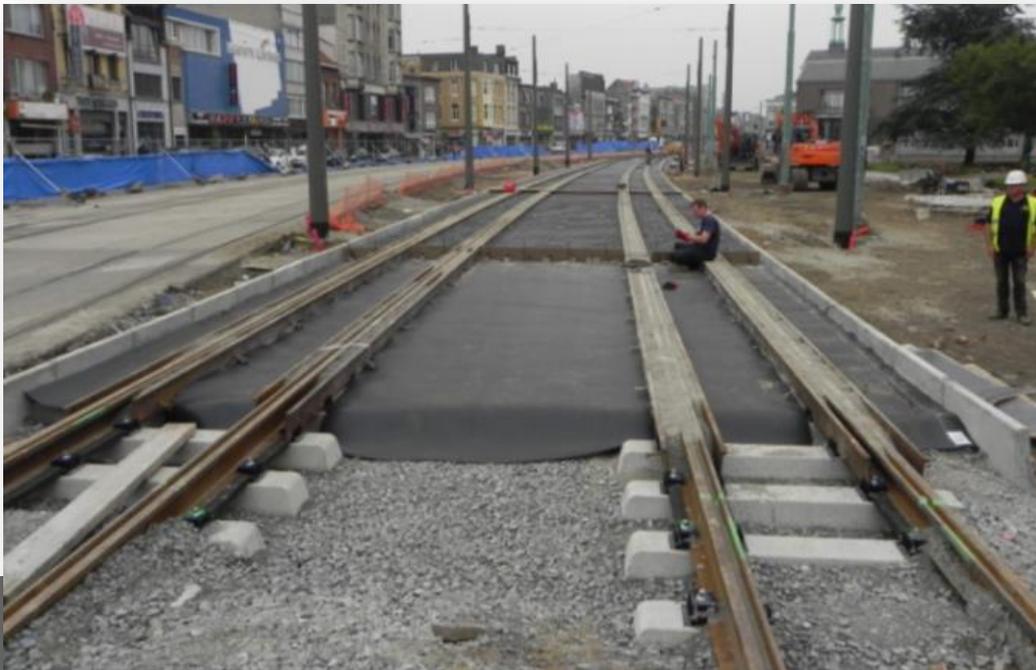
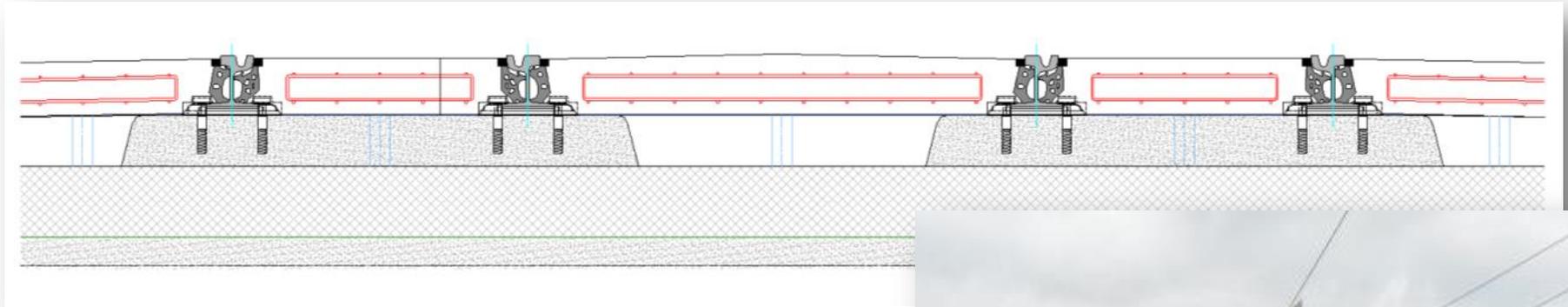
The systems engineering method recognizes each system is an integrated whole even though composed of diverse, specialized structures and sub-functions. It further recognizes that any system has a number of objectives and that the balance between them may differ widely from system to system. The methods seek to optimize the overall system functions according to the weighted objectives and to achieve maximum compatibility of its parts."

Systems Engineering Tools by Harold Chestnut, 1965.



Systeme flexible 1

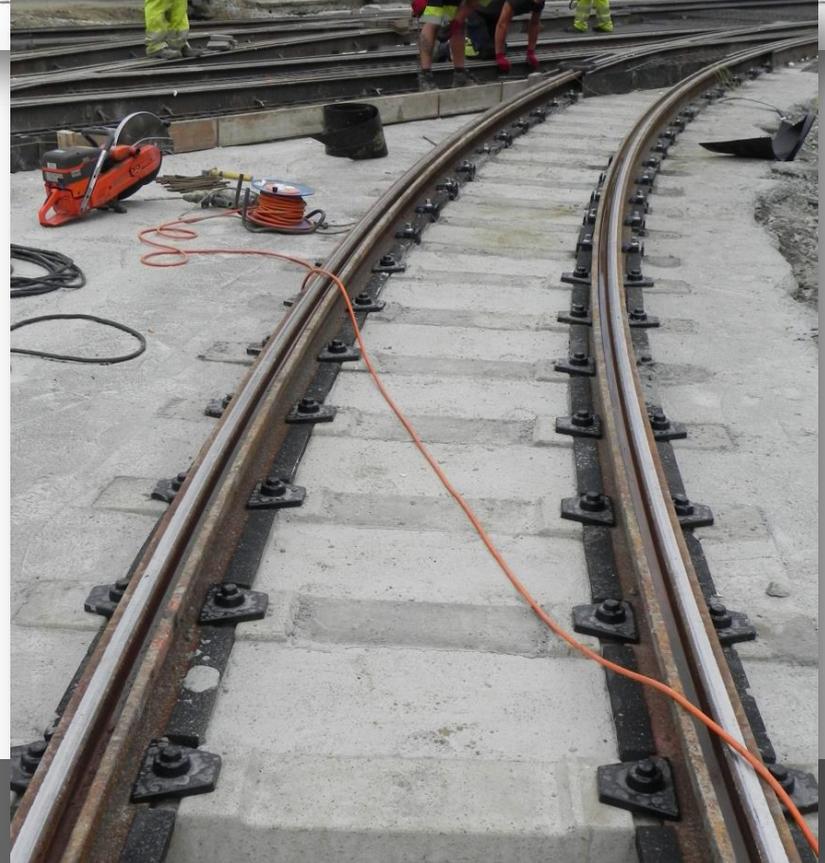
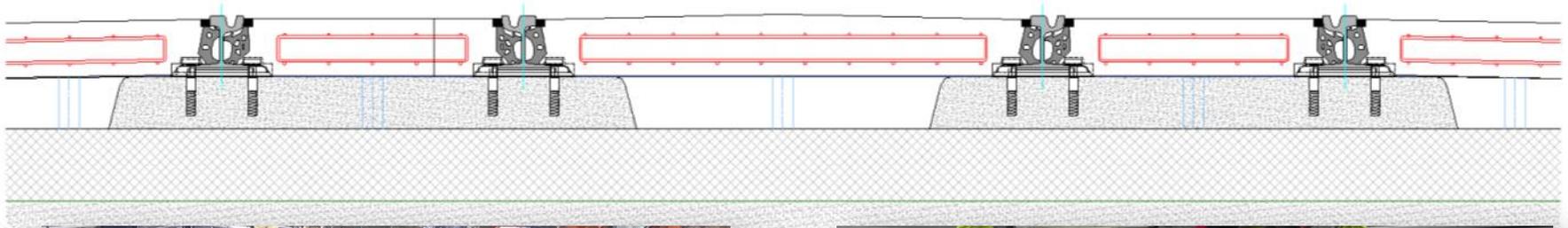
(profil – ballast – dalles de beton)





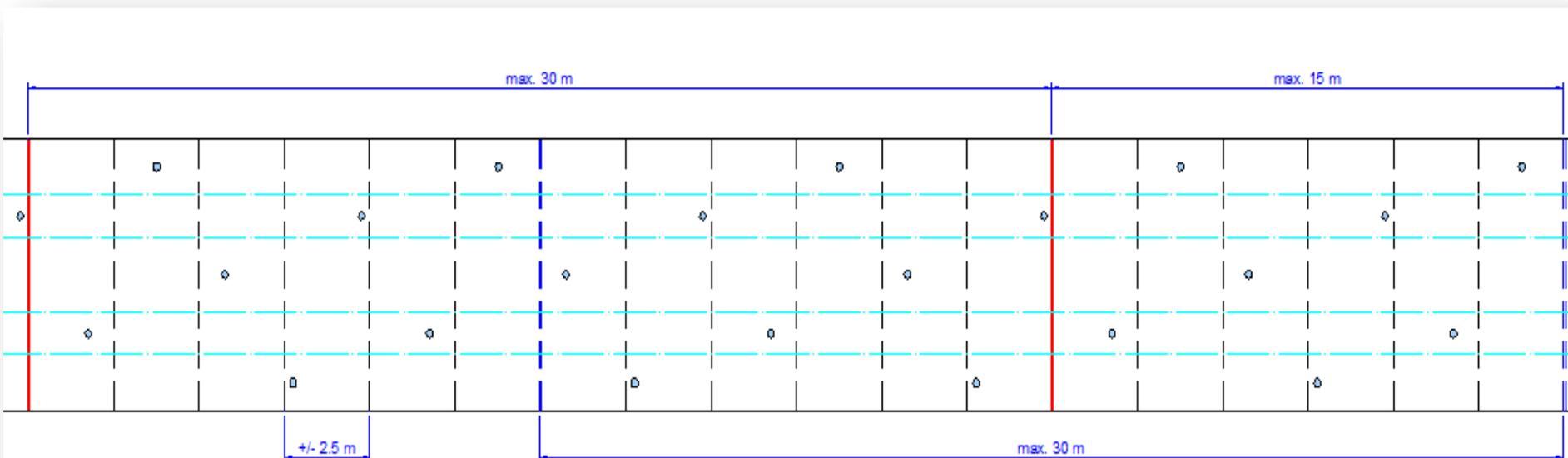
Systeme flexible 1

(*profils – ballast – dalles de beton*)



Systeme flexibles 1 et 2

(dalles de beton – sciage prévu)



- joint transversal de dilatation (max. tous les 30 m)
- joint transversal de flexion type 1(max. tous les 30 m) goujonné
- joint transversal de retrait type 1(tous les +/-2,5 m) sans goujons
- ouverture drainante Ø 70 mm, remplie de grave

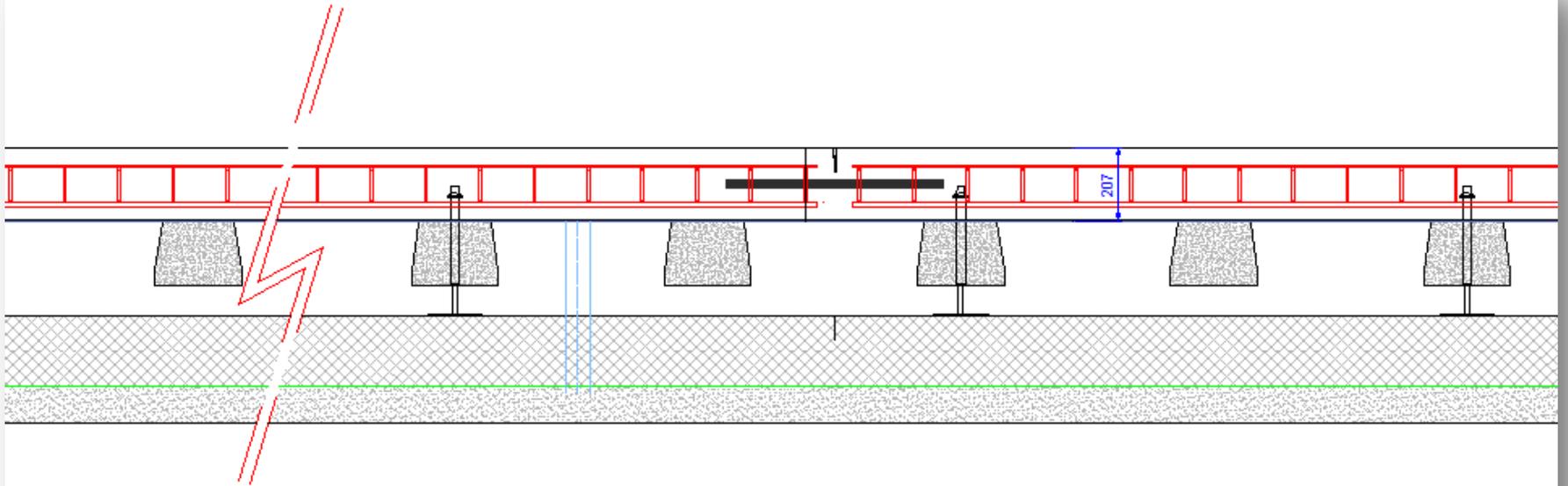
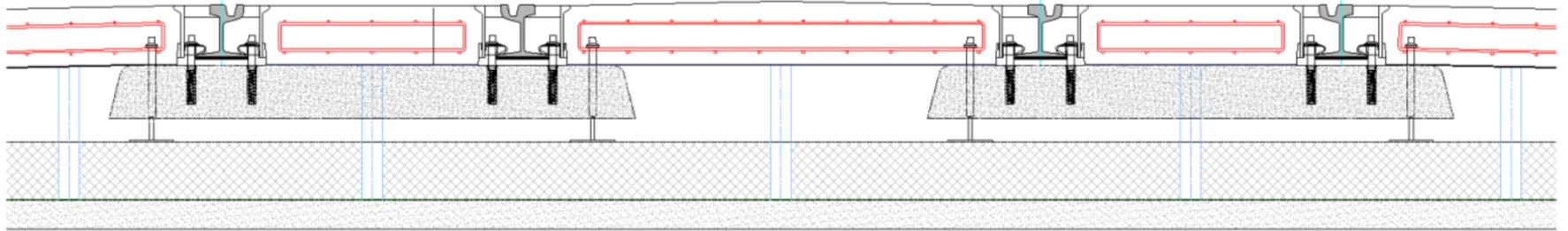
Y

X



Systeme flexible 2

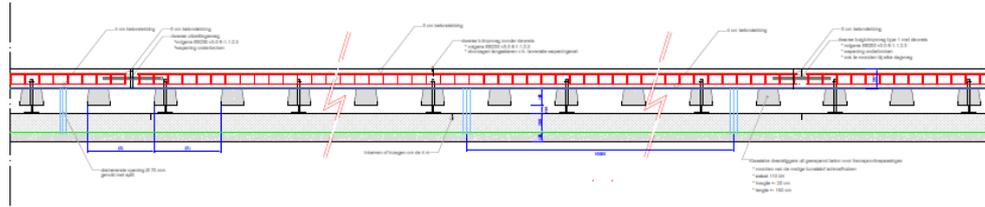
(rail hybride et remplaçable – béton sec compacté – dalles de béton)



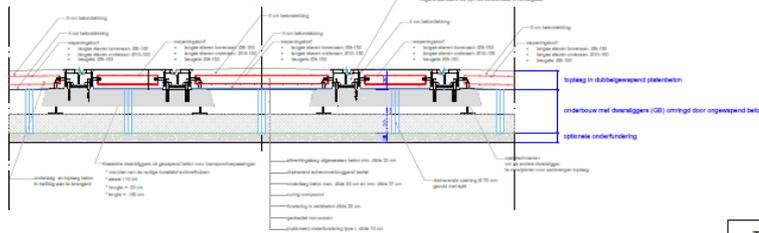
Systeme flexible 2

(le plan « type » du système)

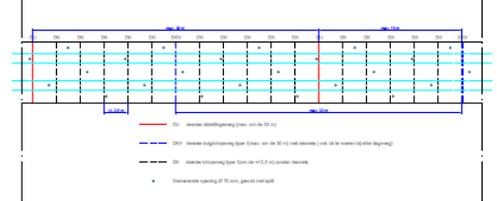
LANGSDOORSNEDE (schaal 1/20)



DWARSDOORSNEDE (schaal 1/20)



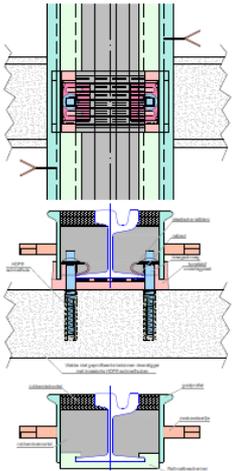
PLAN ZAAGSNEDEN, VOEGEN EN VERTICALE DRAINAGE (schaal 1/200)



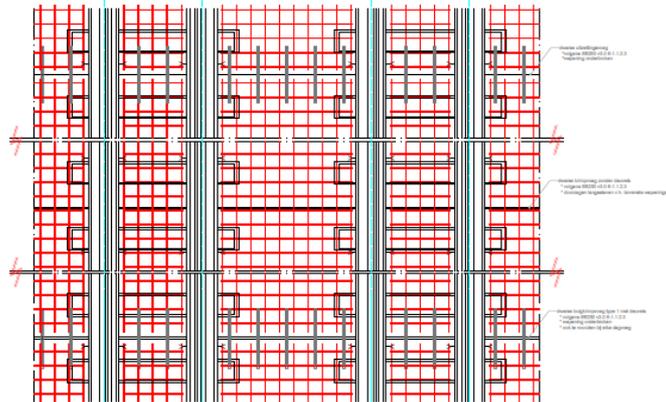
DIT IS EEN TYPEPLAN VAN HET SYSTEEM EN MOET BIJGEVOLG NOG Aangepast WORDEN AAN DE PLAATSELIJKE SITUATIE IN FUNCTIE VAN DE WEGBREEDTE

F	01/2015	Release januari 2015	HSHE	FF - VDS
E	06/06/2014	aanpassen van draaiwielde openingen	HSHE	FF - VDS
D	06/11/2013	aanpassen railsprofiel	HSHE	FF - VDS
C	24/11/2013	aanpassing wapeningsprofiel door wapeningstype	DVD	FF - VDS
B	21/11/2013	aanpassen van de draaiwielde van het aanwieling	HSHE	FF - VDS
A	04/05/2013	aangepast naar de huidige notities en teksten	HSHE	FF - VDS
2209/2013		Eerste uitgave	HSHE	FF - VDS
0000	SATM	MIDDELBAND	VERBODEN TOEGANG	VERBODEN TOEGANG

RAILBEVESTIGING (schaal 1/6)



BOVENAANZICHT (schaal 1/20)



TECHNISCHE RICHTLIJNEN

Toplaag in dubbelgewapend platenbeton
 afheffingslag afgewerkt beton min. dikte 20 cm.
 * specifieke volgende beton toelastbaar 5, draagwijdte 20 mm
 * geplaatst met kantrijprijge volgende voeglijnen
 * onderlaag met afgewerkte volgende voeglijnen
 * max. min. 7 kantenrijen van onderlaag beton aan te brengen
 afheffingslag voorzien van wapeningsrooster
 * i.v.m. kantrijprijge betonde laagdikte: 20 cm of 150mm
 * hoogte: 20 cm of 150mm
 * wapeningsrooster: onderlaag langzaam: Ø10 om de 150mm
 * betondekking: min. 40mm
 * ander betondekking: min. 40mm

Onderlaag met dwarsliggers (DL) omringd door ongewapend beton
 onderlaag beton max. dikte 30 cm en min. dikte 27 cm
 * C30/37 of B4 E4 S2-S3-20
 * slag 1/4 van de 1
 * max. min. 7 kantenrijen kunnen uitlaten en klijpen voorlaag afheffingslag aan te brengen
 kantrijprijge in maximum dikte 20 cm
 * type 20 volgende S200 v3 S4-S13, (200kg cement/m³)
 * diameter: 12 mm of 16 mm
 * max. min. 7 kantenrijen kunnen uitlaten en klijpen voorlaag volgende laag beton aan te brengen

Optionele onderfundering
 * optionele onderfundering type 1, dikte 10 cm
 * volgende S200 v3 S4-S2

Onderlaag
 tussen onderlaag en toplaag: draaiwielde schuuroverbruggend ledel (dikte 2 x 4 3mm)
 (i.v.m. verhoorbaar in de schuuroverbruggend)
 (i.v.m. schieding van de lagen)
 (i.v.m. horizontale draaiwielde)
 in omring met het ledel

onder onderlaag: type niet-eroven

Zaagrijnen en voegen
 * het praktische laag- en voegen moet voortgezet door het beton grotendeels worden.
 * de voegen moeten steeds met een wapening geïntegreerd worden.
 * de gebouwen voegrijnen zijn van het type BSF (BSF constructiewerk). De meest voorkomende wapening moet maximaal 10 meter lang zijn.

Draaiwielde openingen Ø 70 mm
 * Om de 10 meter wordt per strook een verticale PVC afheffingslag voorzien
 volgens het ontwerp op het wapeningsrooster.
 * De laag wordt tot in de draaiwielde geïntegreerd en vastgezet met halfronde metalen
 * de buizen zijn minstens lang (draaiwielde 5 cm overhangt) en worden voorzien van een dop zodat
 * zij niet afsluiten van de onderlaag. De buizen worden vóór de beton gietwerkzaamheid
 en worden de buizen afgedicht tot op de onderlaag.
 * De buizen worden geïntegreerd met het beton.

Kantlijnen
 kantlijnen gebouwen volgende S200 v3.0

Zwalprijnlijnen
 * tussen en door de gietrijnen in de richtingen van de toplaag
 * 1 zwalprijnlijn per meter
 * op 10 cm van de draaiwielde lijnen
 * minimale 1 cm betondekking tussen de wapening en de zwalprijnlijnen voorzien

VLAAMSE VERVOERMAATSCHAPPIJ

De Vlaamse
 Vervoermaatschappij
 is een
 openbaar
 bedrijf van
 de Staat van
 België

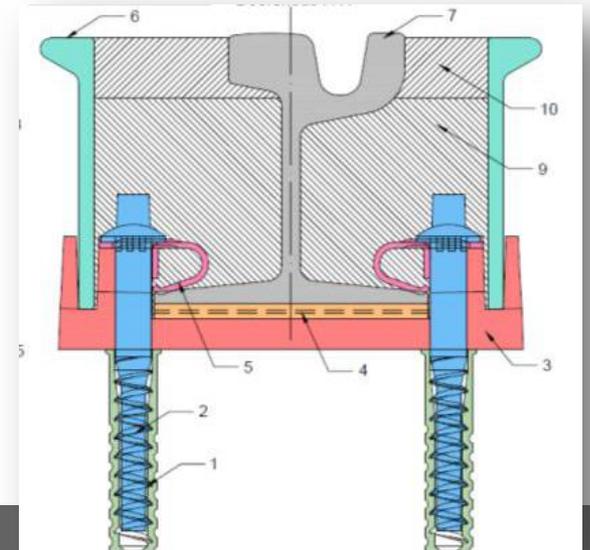
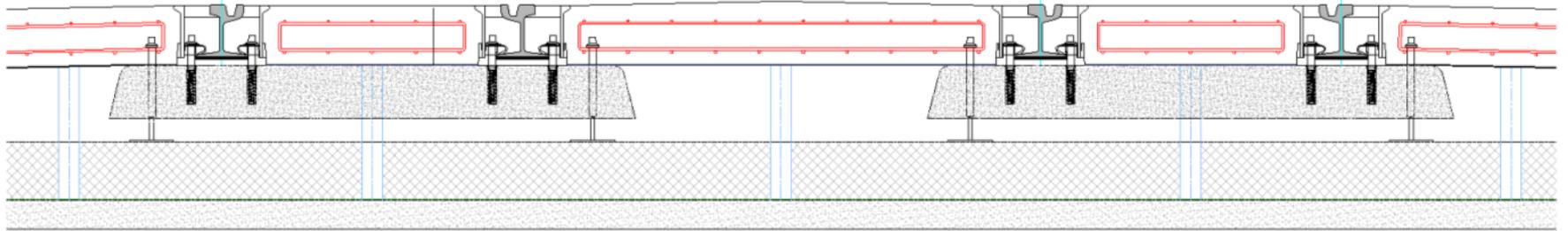
Typeplan gewapende spoorbaan

- * Hybride voorsysteem op dwarsliggers
- * dubbel gewapend platenbeton
- * fundering met walsbeton



Systeme flexible 2

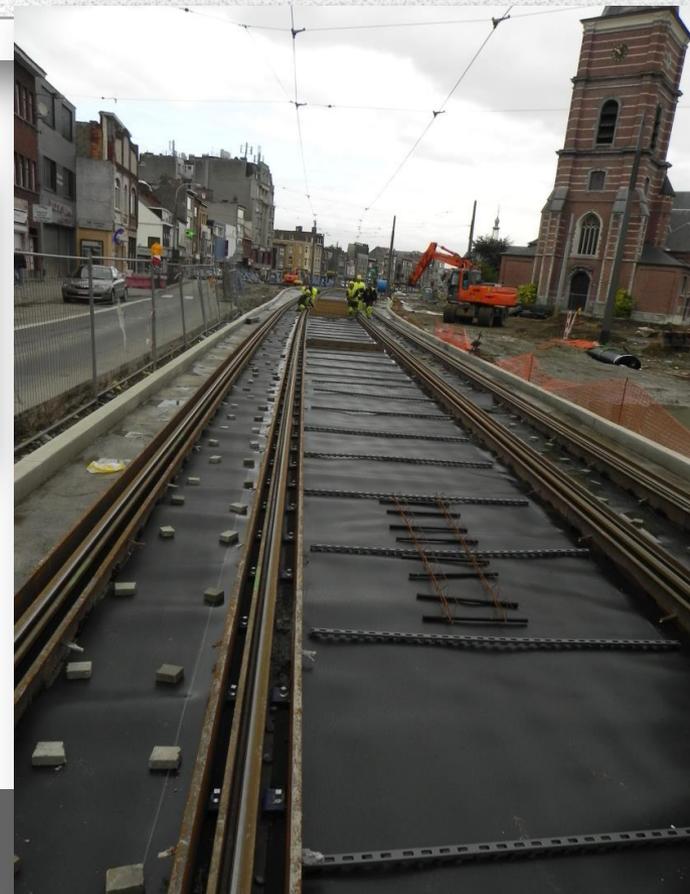
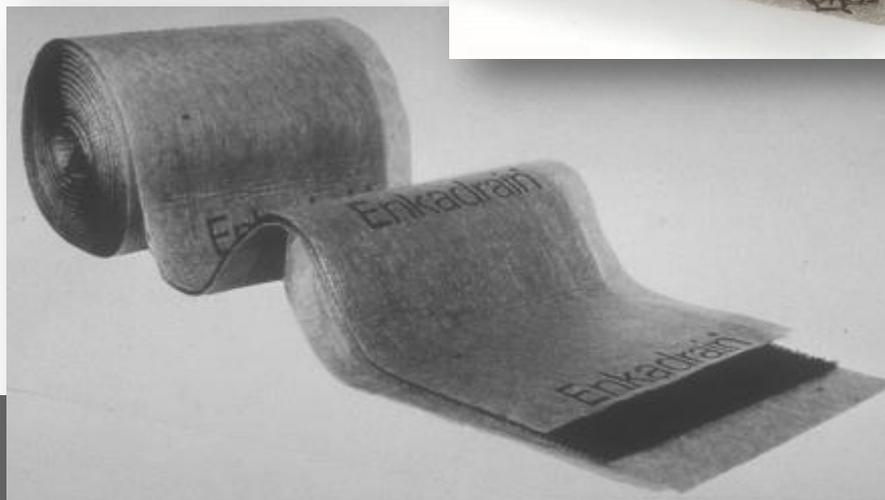
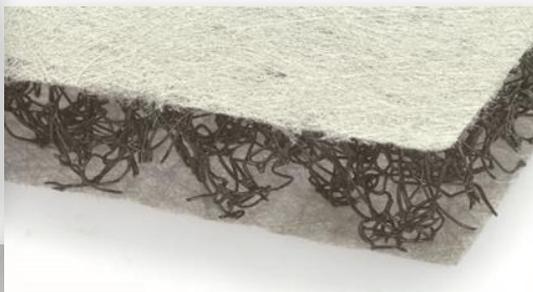
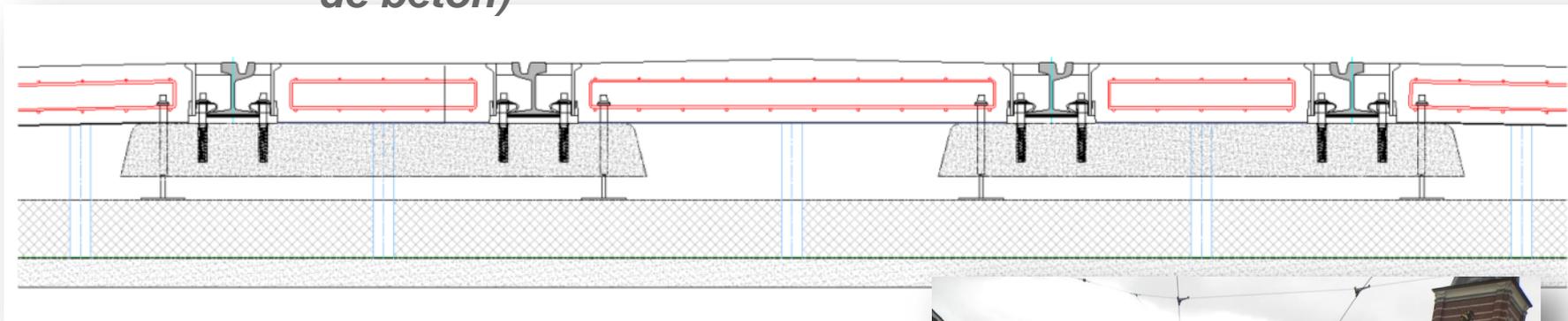
(rail hybride et remplaçable – béton sec compacté – dalles de béton)





Systeme flexible 2

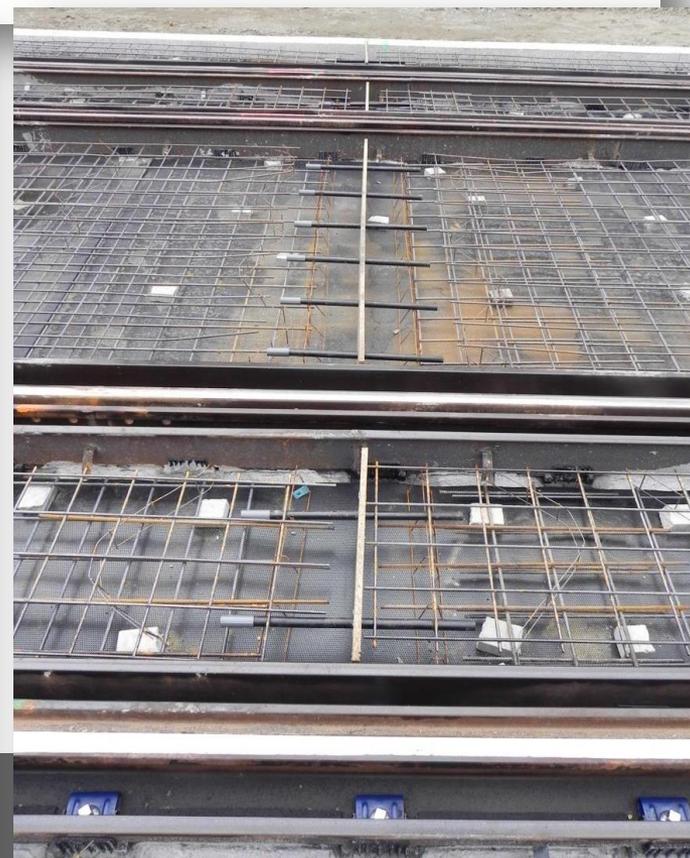
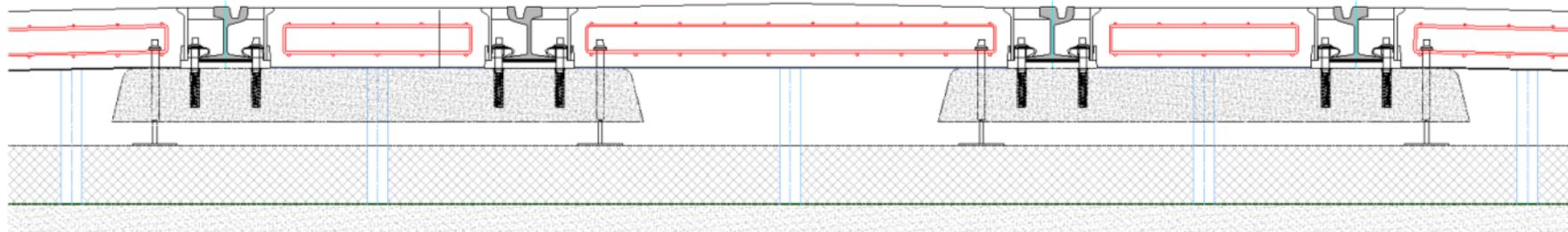
(rail hybride et remplaçable – béton sec compacté – dalles de béton)





Systeme flexible 2

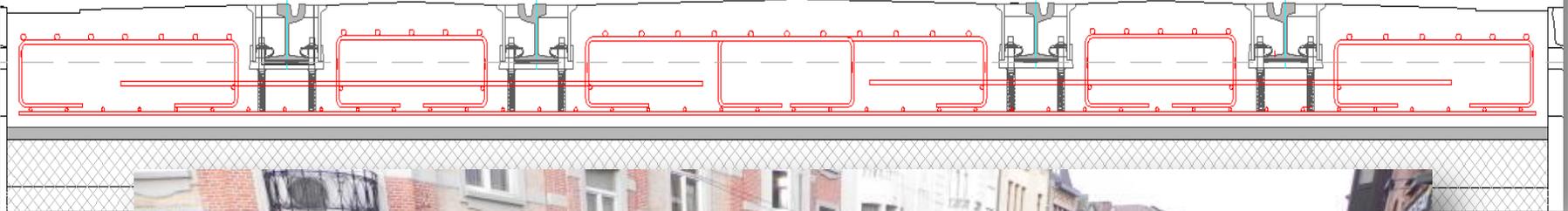
(rail hybride et remplaçable – béton sec compacté – dalles de béton)





Systeme solide et durable

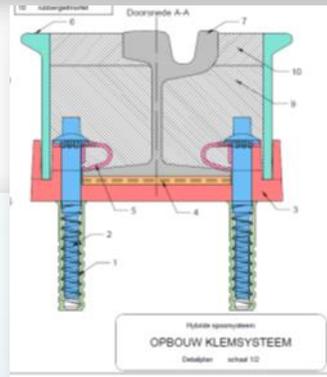
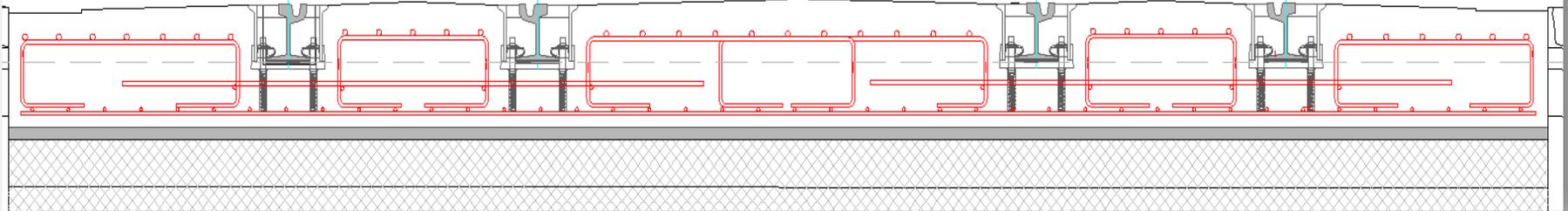
(rail hybride et remplaçable – béton armé continu)





Systeme solide et durable

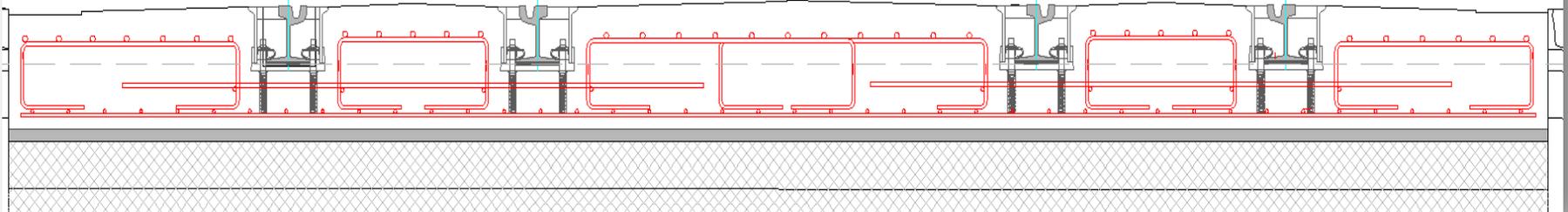
(rail hybride et remplaçable – béton armé continu)





Systeme solide et durable

(rail hybride et remplaçable – béton armé continu)





Un défi multidisciplinaire et multisectoriel

(1/2)

- Les réseaux de tram en pleine ville engendrent ***des exigences sociales et techniques différentes***. Ils nous obligent à aller plus loin et à concevoir des systèmes plus sûrs et stables en réalisant les infrastructures nécessaires aux transports collectifs.
- Il a été décidé de réduire rigoureusement le nombre de différents profils transversaux et de ***passer au concept de “systems-engineering”***.
(Ingénierie des systèmes)
- Chaque partie concernée peut continuer à ***optimiser son propre sous-système***, tout en considérant le système global choisi.

- Le problème jusqu'aujourd'hui à été *l'absence de "règles de bonnes pratiques"* dans ce domaine complexe.
- Les systèmes standardisés ont été choisis en fonction des retours d'expérience de la construction des voies tram/bus (sites mixtes) durant de multiples années.
- Mais l'optimisation des paramètres peut vraisemblablement continuer sous forme de *recherches technologiques complémentaires*, par des *inspections sur place* et en effectuant *un monitoring continu*.
- Le défi n'est clairement, ni de créer, ni d'inventer de nouveaux systèmes standards, *mais d'optimiser les systèmes standards déjà sélectionnés*.

Un défi multidisciplinaire et multisectoriel...

« *Service Spécial* »



Merci de votre attention!