



Automatisation des métros

Patrice NOURY

Ingénieur Arts & Métiers, et du
Laboratoire d'Automatique de Grenoble,

Member of Institution for Railway
Signalling Engineers (MIRSE)

Consultant

Segment Urban caractérisé par ses performances et son coût



Features	Freight	Railway	Urban
Track	Single track and passing loops	Complex network	Double track; simple network
Track related equipment	Very few devices	Very diverse	Preferably concentrated in stations
Track environment	Very open territories	Open environment; risk of intrusion	Dedicated tracks; no risk of intrusion
Trips	>> 1,000 km	Any type; + some cross-border traffic	~All the same, terminus to terminus, passenger only
Trains	Freight only	Mixed	Passenger only; 1-2 types of trains only
Rolling Stock	Mostly heavy diesels for long freight trains	Very Mixed; from shunters to high-speed trains	80 -180 m long; same or 1-2 types with similar performance
Cab equipment	Driving "Aids"; e.g. to save fuel, to "meet and pass" ...	Cab-signalling comes in (e.g. KVB, then ERTMS)	ATP-ATO is the rule; Driverless becoming common
Signalling performance	Low; to help efficiency	Medium but increasing	High
Costs per km	Low	Medium, but variable	Often high

Quelques données de Métro

- **Beijing n°1**
 - with average 9,3 M journeys per day
- **Tokyo n°2**
 - follows with 8,7 M journeys per day
- **Shanghai N°3**
 - 7,6 M and the most extensive network with 548 km
- **New York City**
 - Has the highest number of stations : 468
 - Has both express and stopping trains and runs 24/24
- **Paris**
 - the most dense in stations : 2.5 stations per km²
 - But traffic is limited to 4,22 M per day (excl. RER)
 - RER line A ranks 1,2 M per day
- **Hong Kong, Sao Paulo and Moscow**
 - high traffic in short networks to achieve the highest densities.



Sao Paulo 70,000 pphpd



HK MTRC 80,000 pphpd



Problématique opérateurs métro







- Demande de service élevée et très variable
- Contraintes d'exploitation rigides
 - Gestion des conducteurs
 - Temps de retournement (tiroir)
- Densifier la ligne
 - Capacité matériel roulant, temps d'échange
 - Augmenter la fréquence des trains
 - Ajustement du nombre de trains en service en temps réel

 Automatiser le fonctionnement

Niveaux d'automatisation definis par UITP: GoA

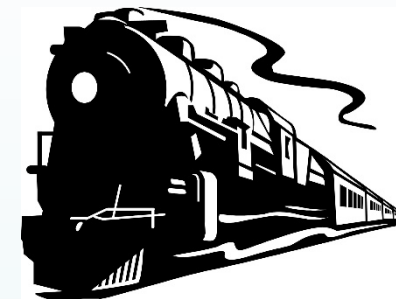


Grade of Automation	Automation Level for Train operations	Train Operation function allocation – Driver/Attendant or Automatic				Examples
		Setting train in motion	Driving and Stopping train	Surveillance station entry & departure	Operation in event of Disruption	
GoA 1 	Conventional with driver Train Stop or ATP	Driver	Driver	Driver	Driver	Brussels Buenos Aires Delhi L1
GoA 2 	ATO with driver	Driver or Automatic	Automatic	Driver	Driver	Very many
GoA 3 	DTO Driverless with onboard staff	Automatic	Automatic	On-board staff or Automatic	On-board staff	Beijing Airport Line, but is with technology of GoA4
GoA 4 	UTO Driverless Unattended	Automatic	Automatic	Automatic	Automatic	Many e.g. : Singapore NE & Circle, Lausanne M2

ATP - Automatic Train Protection ATO - Automatic Train Operation
 DTO - Driverless Train Operation UTO – Unattended Train Operation

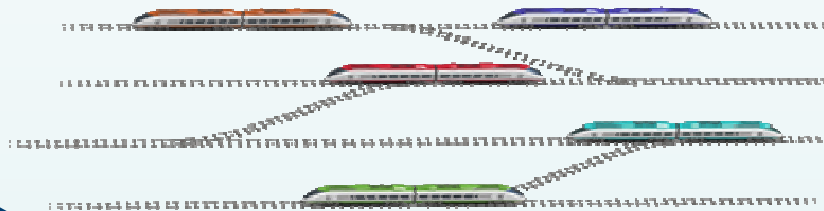
Source UIC

Structure classique: 3 sous-systèmes



Control Centre

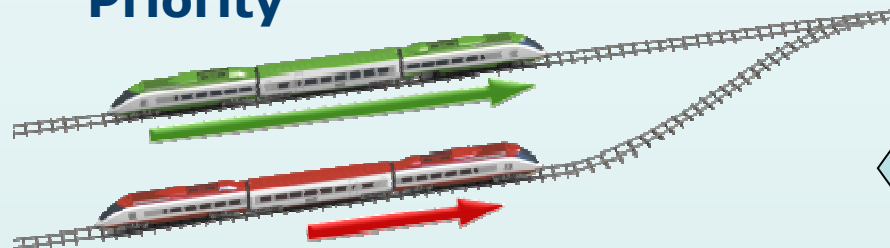
Traffic Scheduling & control



Interlocking

Routes

Priority

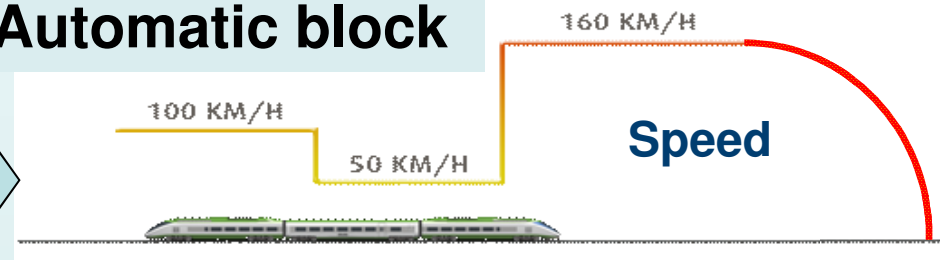


Nose to nose



Automatic Train Control

Automatic block



Catching each other



10/03/2016

Patrice Noury

6

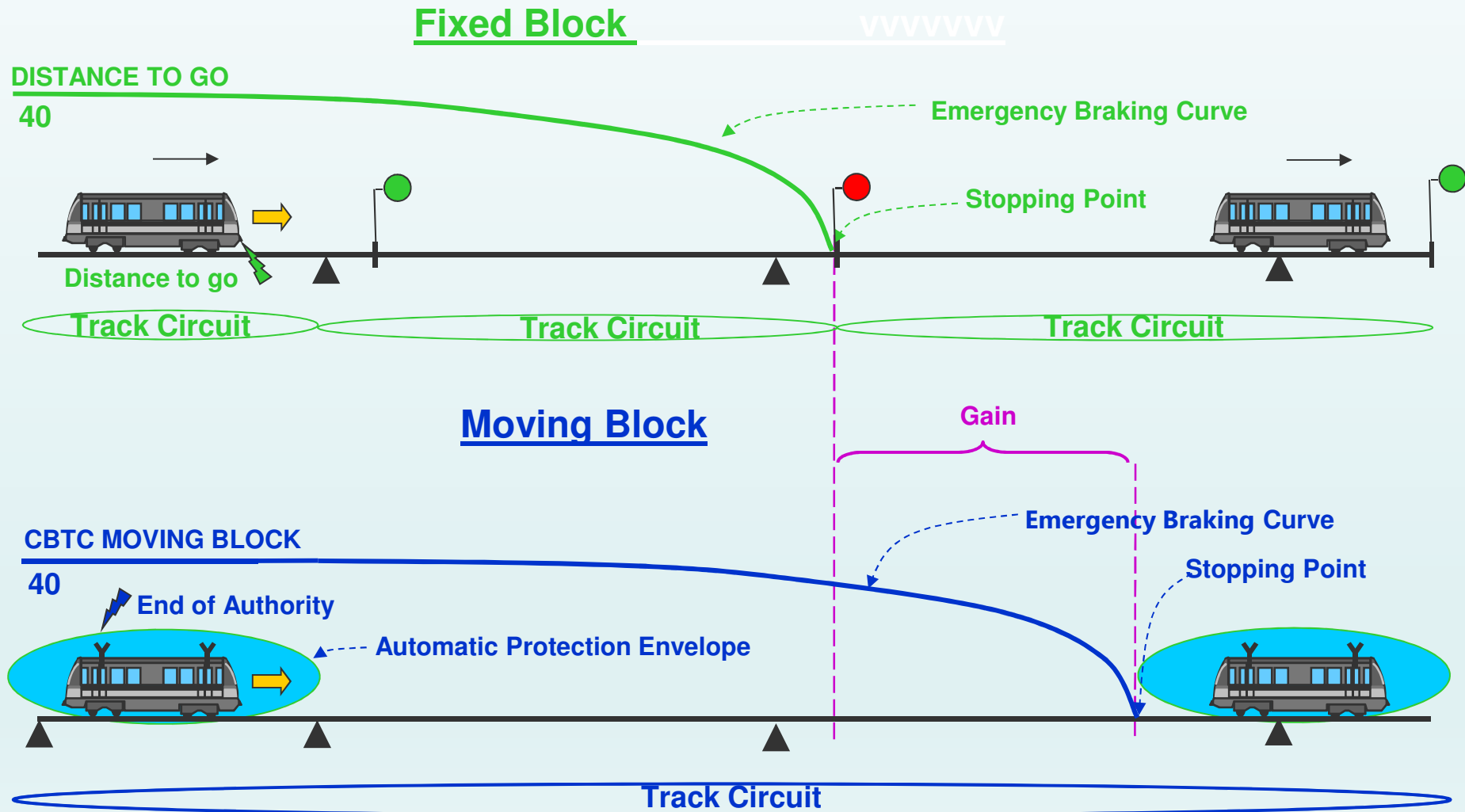
Démarche d'automatisation



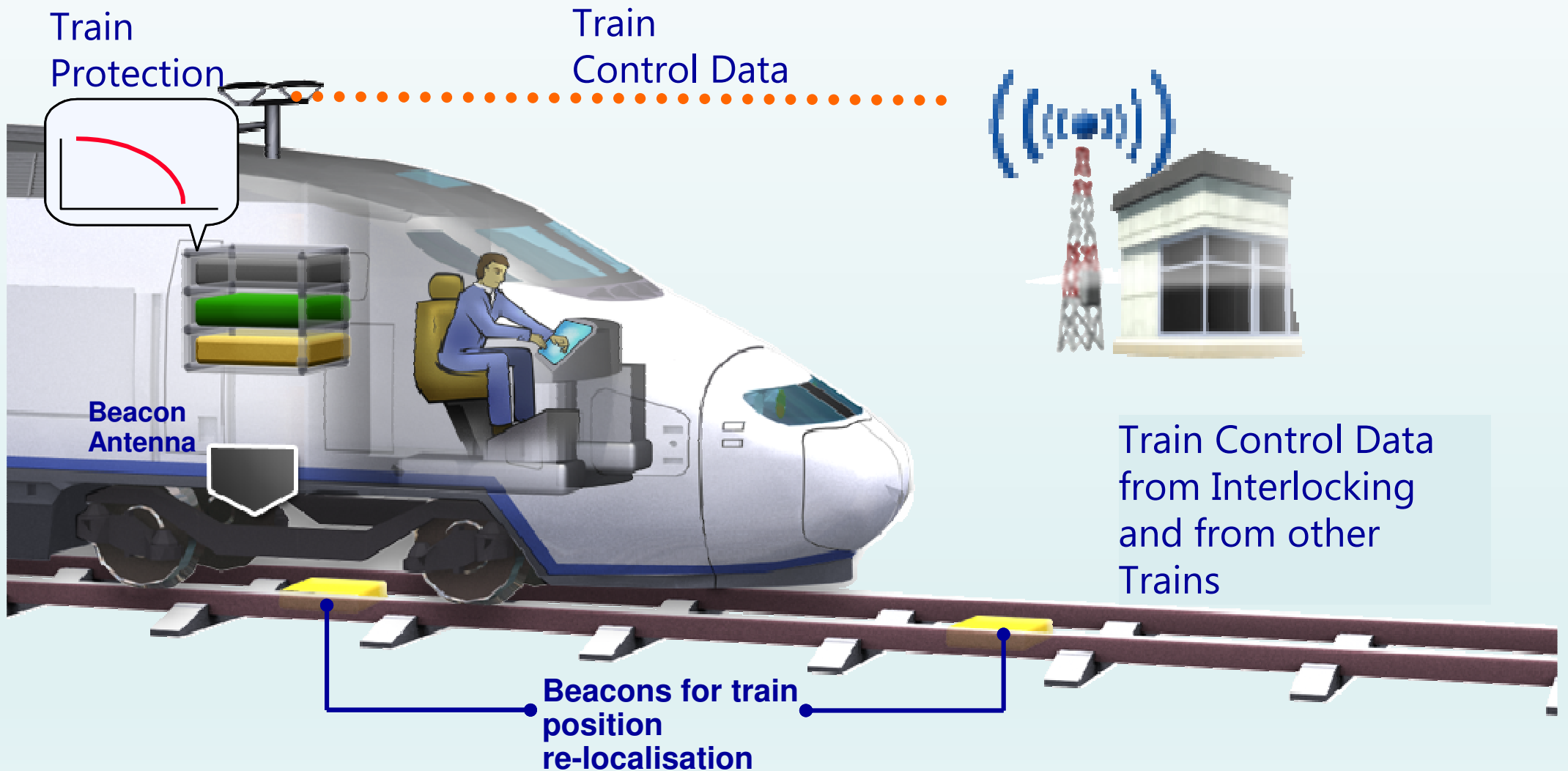
- Ajout d'une application au-dessus du système classique:
 - Ne remet pas en cause la sécurité, mais complexe à mettre en œuvre
- Repenser la sécurité: introduction du canton mobile
 - Nouvelle conception système
- Fusionner les enclenchements et l'automatisation
 - Nouvelle conception, système centralisé
- Supprimer le système central, point faible du système

Canton fixe & canton mobile

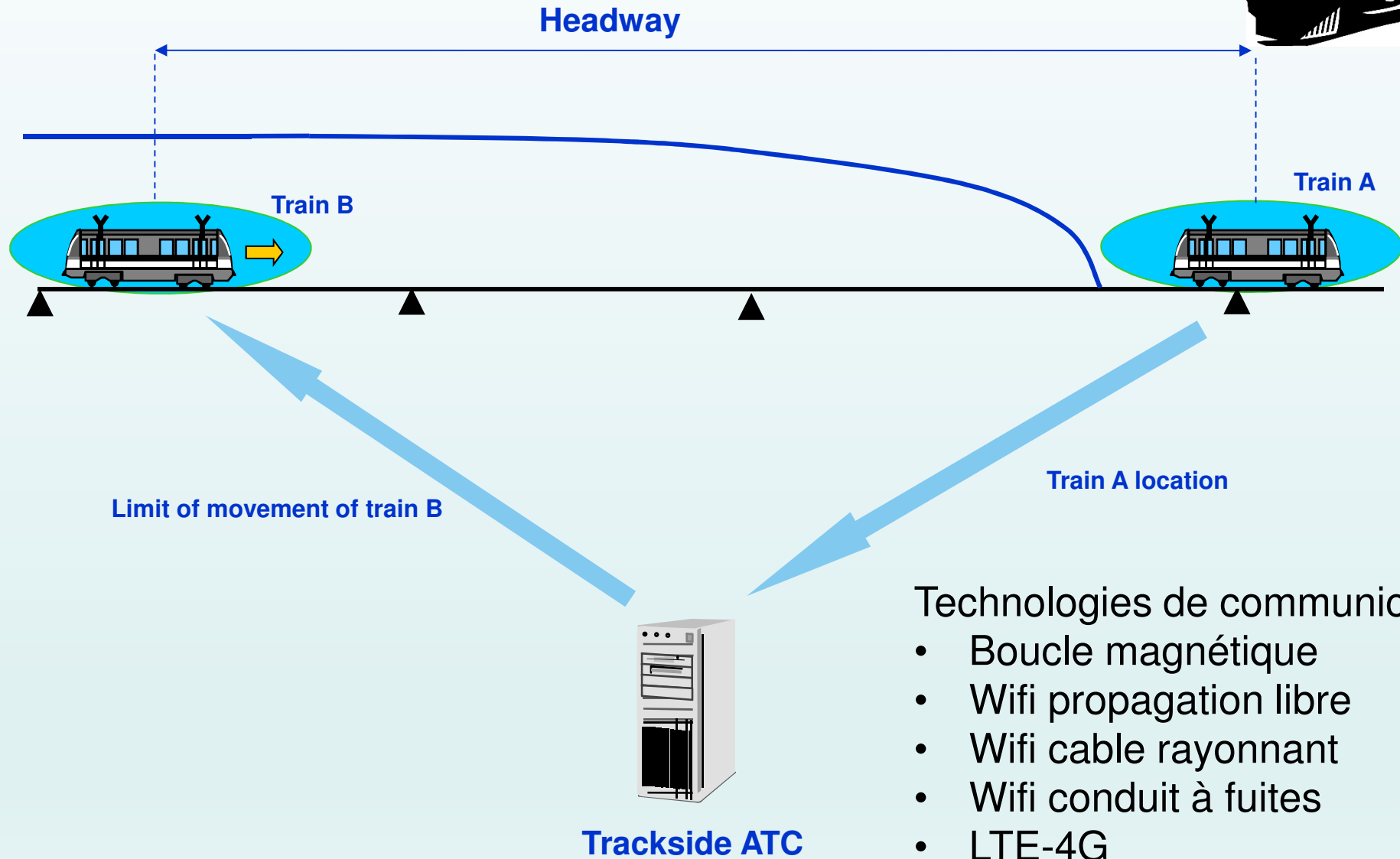
Deux types de controle du fonctionnement des trains



Les éléments du contrôle automatique des trains



Technologie de communication pour permettre le fonctionnement du canton mobile:



Technologie ordinateur sécurité



- Matériel
 - Processeur codé (petites applications)
 - Dual processing (deux processeurs en parallèle- 2002)
 - Processeurs tolérance de pannes (2003)
- Logiciel de base
 - Diversité des OS et compilateur
- Logiciel d'application
 - Méthodes formelles et système de preuve
réseau de Pétri, Esterel SCADE, Prover technology...)

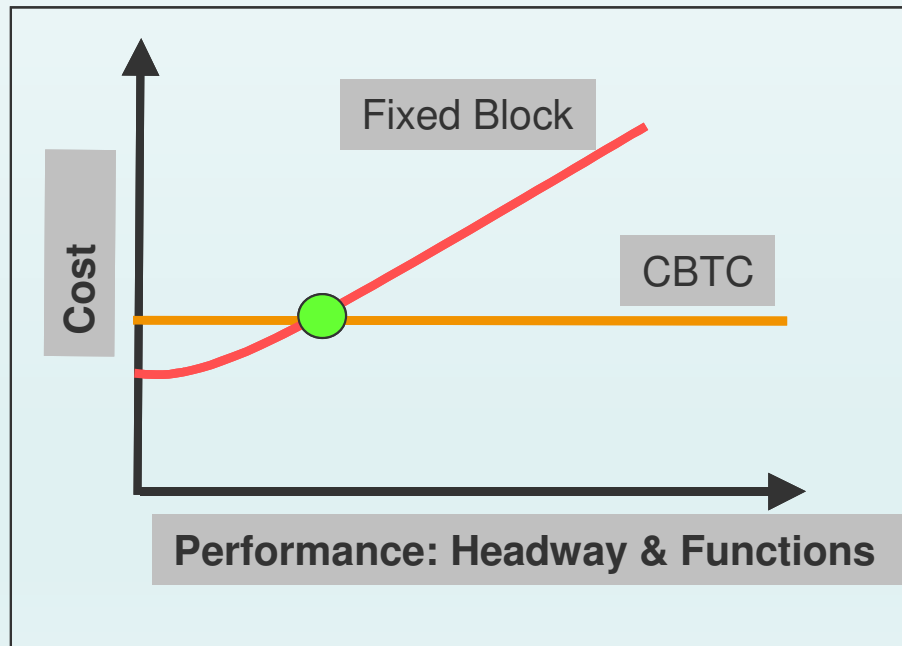


CBTC comparé aux blocs fixes

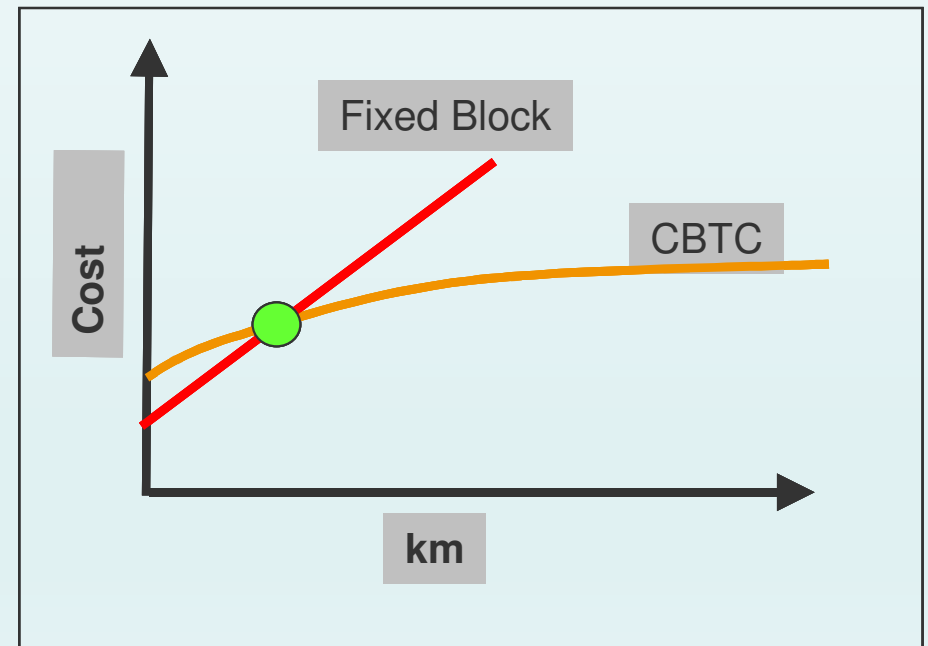
Un métro exige des hautes performances

- CBTC est plus compétitif lorsque de hautes performances sont requises
- CBTC peut être complexe, mais les coûts restent réduits si la ligne est longue

Cost relative to performances



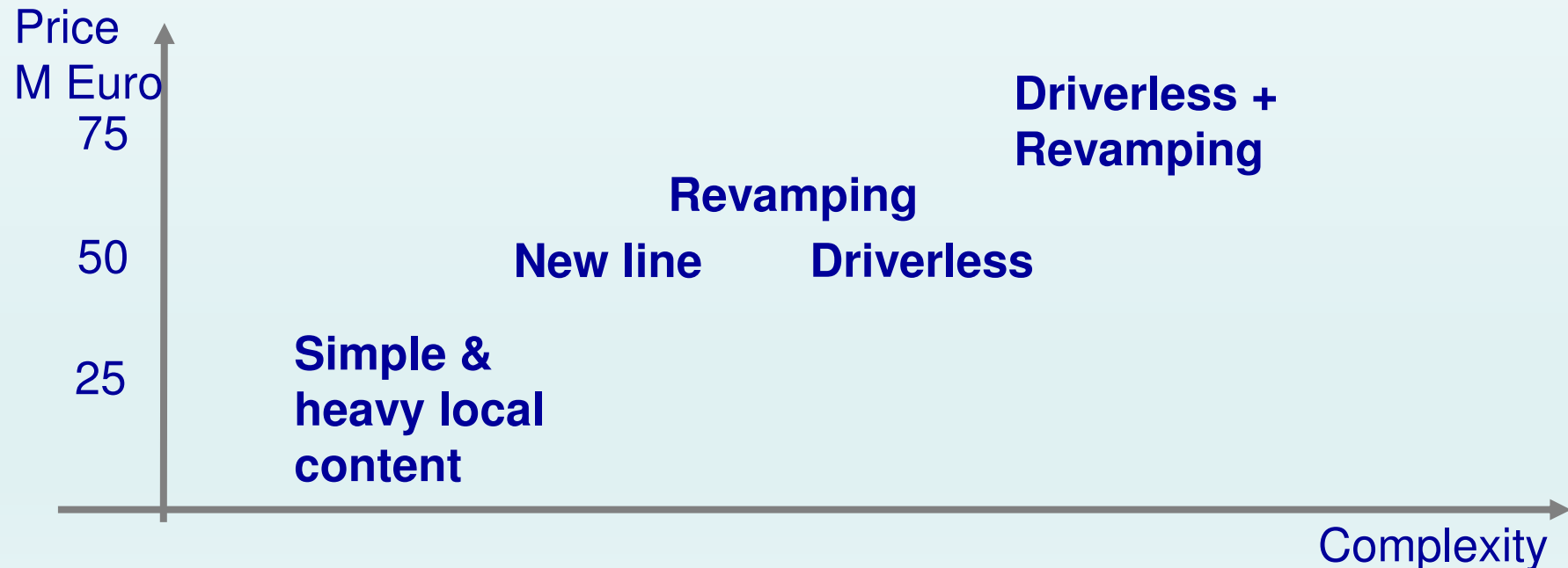
Cost relative to a line (km)



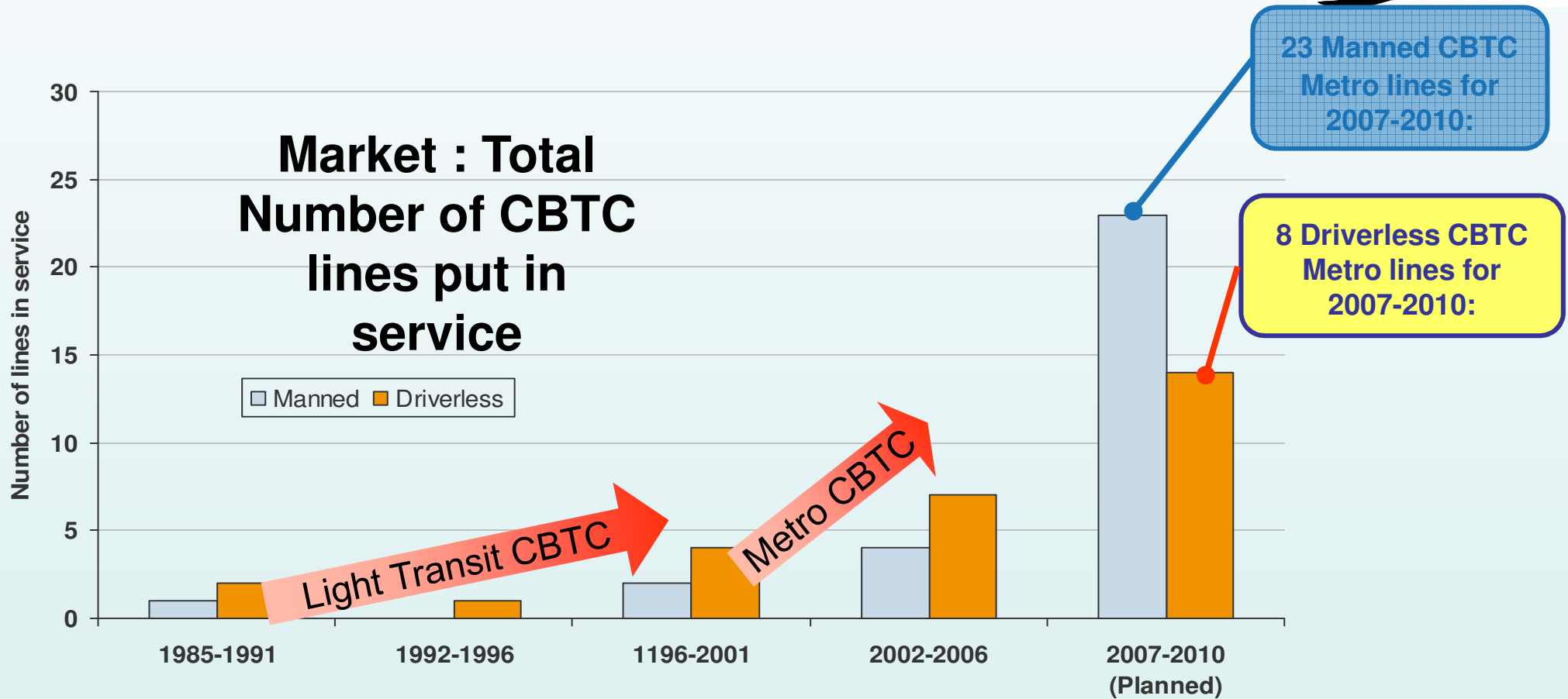
Prix du marché



- Prix du CBTC sont dependants du type de projet:
 - Scope : e.g. CHINA fort contenu local
 - Revamping : beaucoup plus onéreux (etapes, travail de nuit, configuration spécifique)
 - Driverless : interfaces supplémentaires (PSD, Fire detection, video.)
 - Prix pour un metro de 20-25 km



Le marché Metro a bascule vers le CBTC dans la période 2002-2006



Exemple: Station Lausanne Gare pente 12% arrêt précis



Source alstom

Metro sans conducteur: Bénéfices



Passagers

- Vitesse plus élevée, réduction temps de parcours
- Réduction temps d'attente
- Meilleures sécurité et sureté
- Meilleur confort en période de pointe
- Personnel centre sur les clients
- Meilleur "network effect"

Opérateurs et autorités

- Gestion plus flexible des opérations
- Fiabilité, réduction de l'indisponibilité
- Sécurité des opérations
- Modification des taches et responsabilités
- Réduction des dépenses en investissement et en opération

