



## **Le prix de la vitesse ferroviaire – La vision matériel roulant**

OUESTRAIL 2012

Benoit Gachet, Directeur Product Management

26 octobre 2012

© Bombardier Inc. or its subsidiaries. All rights reserved.

**BOMBARDIER**  
the evolution of mobility

# Agenda

1

La haute vitesse et ses implications

2

Comparaison de vehicules et simulation de coûts

3

Conclusions pour la Suisse

4

La dimension internationale

# Différences techniques selon la vitesse

Le Prix de certains systèmes directement impactés par la vitesse:

- bogie (stabilité, résistance à la fatigue, confort dynamique),
- liaisons caisse/bogie et amortisseurs (stabilité, confort dynamique),
- traction,
- freinage
- aérodynamique,
- étanchéité et résistance aux ondes de pression
- résistance aux impacts des baies vitrées
- Isolation acoustique
- signalisation embarquée

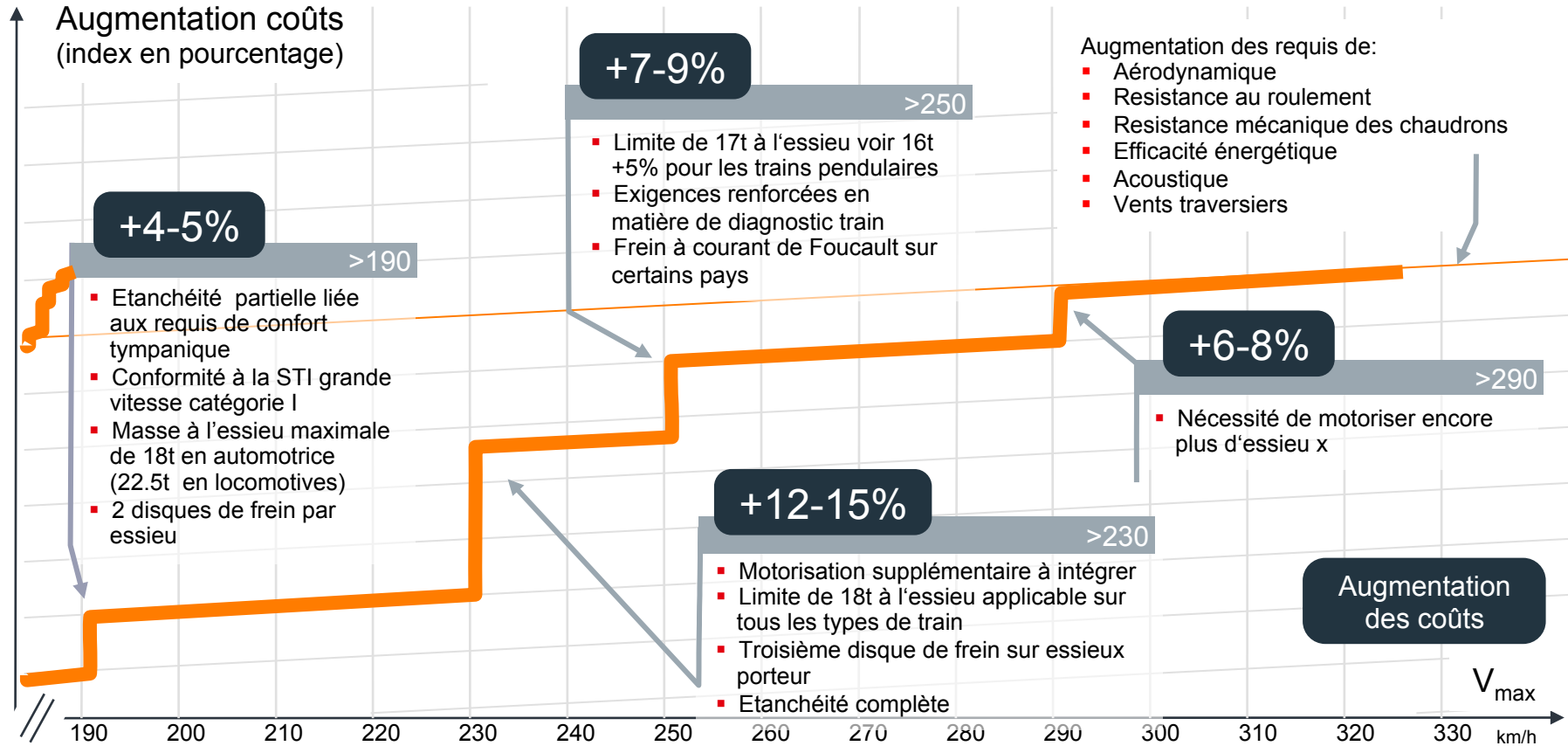
En plus, le prix des matériels roulants aussi impacté par la vitesse de service définie par la STI Grande Vitesse:

(vitesse à laquelle le train doit pouvoir circuler quotidiennement sur les infrastructures [l']admettant)

- Catégorie 2 : vitesse de service de 190km/h à moins de 250km/h
- Catégorie 1 : vitesse de service 250km/h et au-delà

<b>Conventionnel</b> (190 à 200 km/h)	<b>Intermédiaire</b> (201 à 249 km/h)	<b>Très grande vitesse</b> (≥ 250 km/h)
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Catégorie 2 de la STI Grande Vitesse</li> <li>▪ 30 à 40 k€ / siège</li> <li>▪ Exemples: Twindexx, Regina</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Catégorie 2 de la STI Grande vitesse</li> <li>▪ 45 à 55k€ / siège</li> <li>▪ Exemples: Hitachi IEP, ICx, Pendolino</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Catégorie 1 de la STI Grande vitesse</li> <li>▪ 60 à 70 k€ / siège</li> <li>▪ Exemples: Zefiro, Velaro, TGV Duplex, AGV</li> </ul>

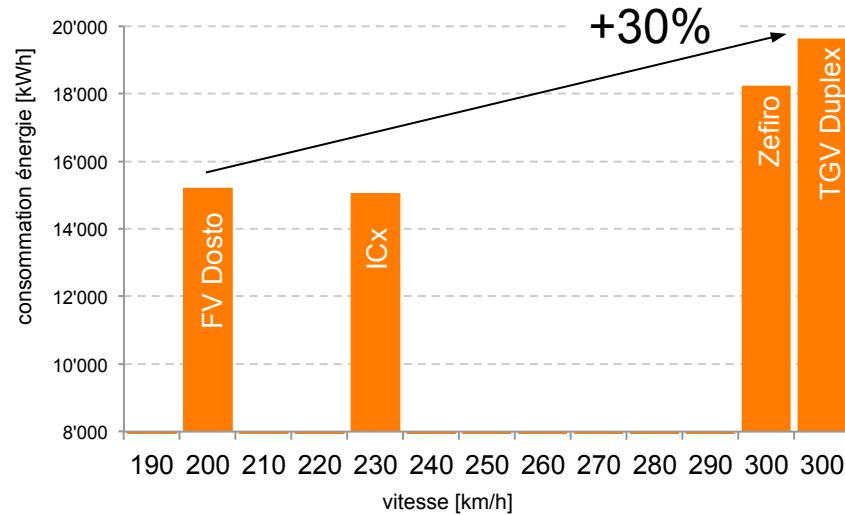
# Coûts discontinus liés aux normes selon la vitesse



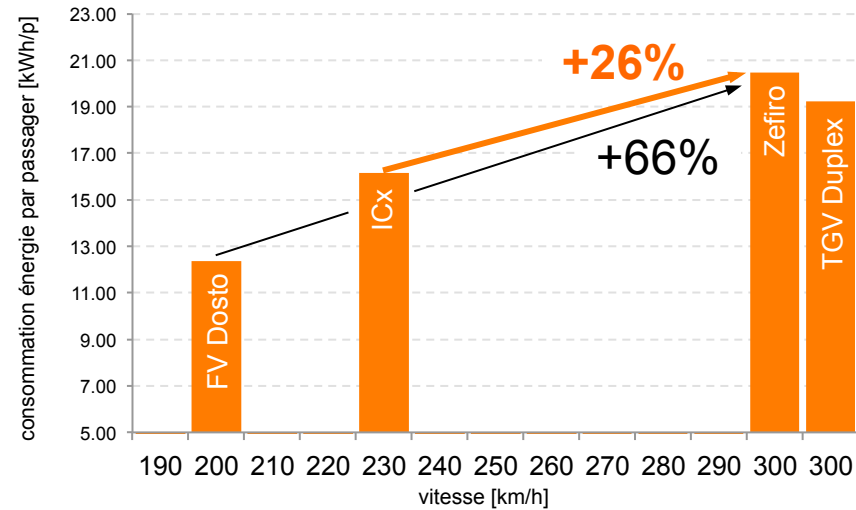
De 200 km/h à 240 km/h, L'augmentation des coûts atteint ~20%, Il faut compter avec 20% supplémentaire pour passer à des vitesses égales ou supérieures à 250 km/h

# Comparaison de consommation énergétique

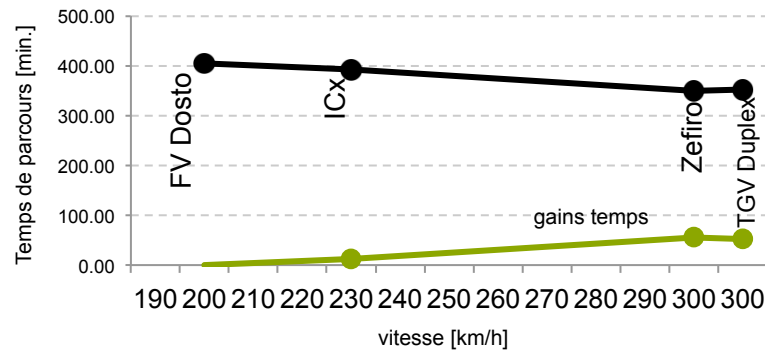
Consommation énergétique en fonction de la vitesse...  
... par train:



... par passager:



## Temps de parcours



- Hypothèses de calcul :
- Ligne exemplaire de 545 km, aller - retour
  - Profile vitesse mixte à max. 300 km/h
  - Part 300 km/h du longeur total: 49%
  - Gradient max. 2,25%
  - 8 stations (durée arrêt: 1 ou 2 min.)

La surconsommation énergétique d'un train simple niveau en comparaison du FV Dosto est de 30% par passager.kilomètre – pour un gain de 3% en temps de parcours

# Coûts de maintenance

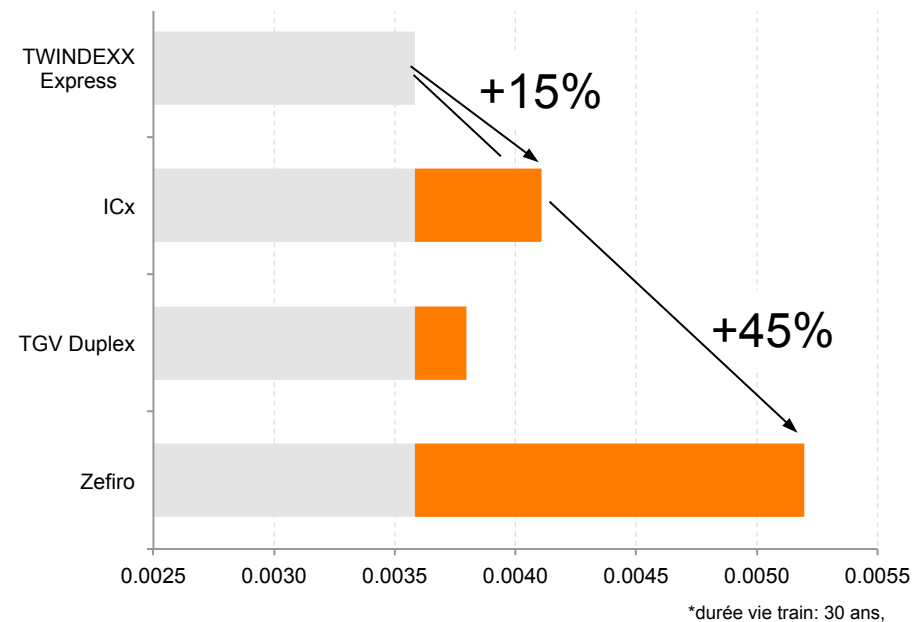
Systemes dont la maintenance est affectée par la vitesse :

- bogies
- freins
- pantographe
- traction

→ Dimensionnement du parc et kilométrage annuel:

- Une vitesse supérieure réduit le temps de parcours et permet théoriquement de faire plus de rotations :
  - possibilité de réduire la taille du parc
  - augmentation du kilométrage annuel et réduction du prix de maintenance en E/km
- Le dimensionnement du parc est aussi conditionné par la capacité du matériel (1N vs 2N)

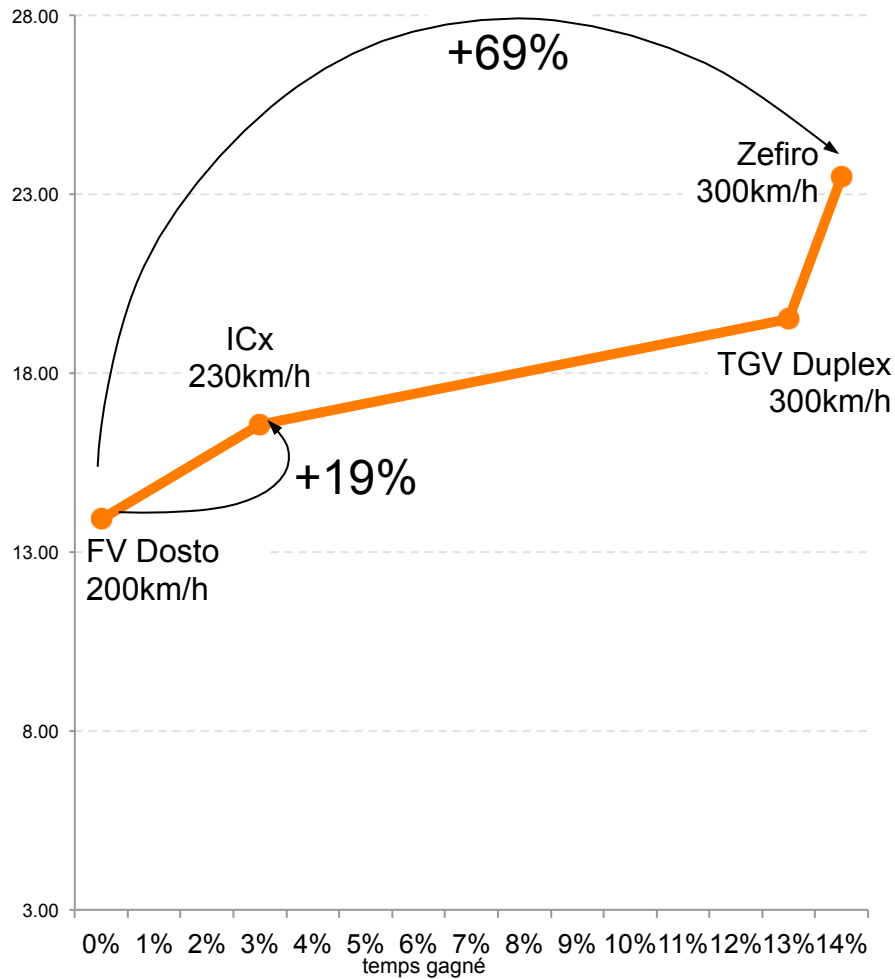
Coûts de maintenance (CHF/pkm)\*



Les coûts de maintenance par passager.kilomètre pour le FV Dosto sont de 13% inférieurs comparé avec un train simple niveau et même 31% en comparaison d'un TGV simple niveau (et 8% inférieurs que TGV Duplex)

# Cout du temps gagné

Cout (CHF/passager par voyage)



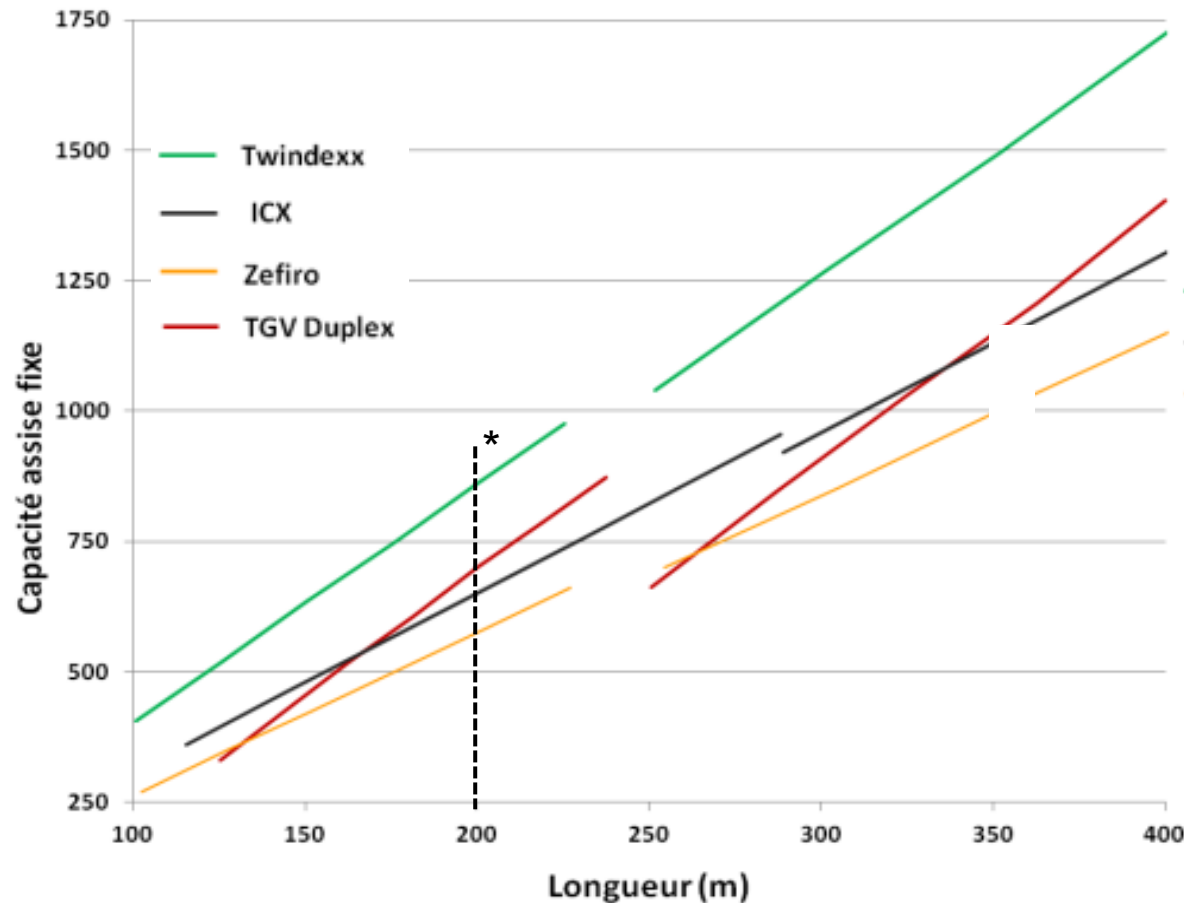
Projeté à un voyage de St-Gall à Genève (aujourd'hui 4:04 h avec le IC), 14% d'amélioration de durée de parcours (= 34 minutes) pour le voyageur se traduiraient une augmentation de ~70% des coûts!

Hypothèses de calcul :

- Cout matériel comprenant:
  - Acquisition (non amortie)
  - Energie
  - Maintenance
- Cout d'énergie: 0,11 CHF
- Durée vie train: 30 ans
- Kilométrage/ans: 400.000 km
- Taux de charge: 50%

Une réduction de temps de parcours de 14% augmente de 70% des coûts totaux matériel roulant par passager. L'opération d'un simple niveau 230/250km/h (3-5% plus rapide) génère une augmentation de 20 à 30% des coûts

# Capacité en fonction de la longueur (à confort équivalent)



## 1 niveau (1N):

- Zefiro:  
2,90 pax/m\*
- ICx:  
3,25 pax/m\*

## 2 niveaux (2N):

- TGV Duplex (hors contrainte masse à l'essieu):  
3,51 pax/m\*
- Twindexx:  
4,30 pax/m\*

### Hypothèses de calcul :

- 2nde : 2+2, pas de siège de 875 mm
- 1<sup>ère</sup> : 20%, 2+1, pas de 950mm
- Hors assises relevables et strapontins
- 2 bagageries au sol / 100 passagers
- 1 toilette/100 passagers
- Absence de bar
- Hors limites de charges à l'essieu (TGV Duplex notamment)

TWINDEXX Express dépasse les trains simple niveau de 30 à 40%



# Comparaison ICE-X versus FV-Dosto

Infrastructure	ICx	FV Dosto	△
Nombre de passagers par 200m	466*	615 (IC200)	+32%
Passagers par tonne de train (à vide)	1.02	1.34	+31%
Exploitation et maintenance			
Prix par passager (revue de presse)	49.450 CHF	44.860 CHF	-10%
Coût de personnel par train	équivalent		-24%/pax
Performances			
Vitesse (technologie pendulaire)	230 km/h ( - )	200 km/h (WAKO) 230 km/h optionnel	-
Puissance par tonne (kW/T)	10,9	16,4	+51%
Accélération initiale (rapporté à 200km/h)	0.63 m/s <sup>2</sup>	0.90 m/s <sup>2</sup>	+42%
Longueur de portes par coté	12 à 950mm	14 à 1400mm	+71%

## Avantages additionels FV Dosto:

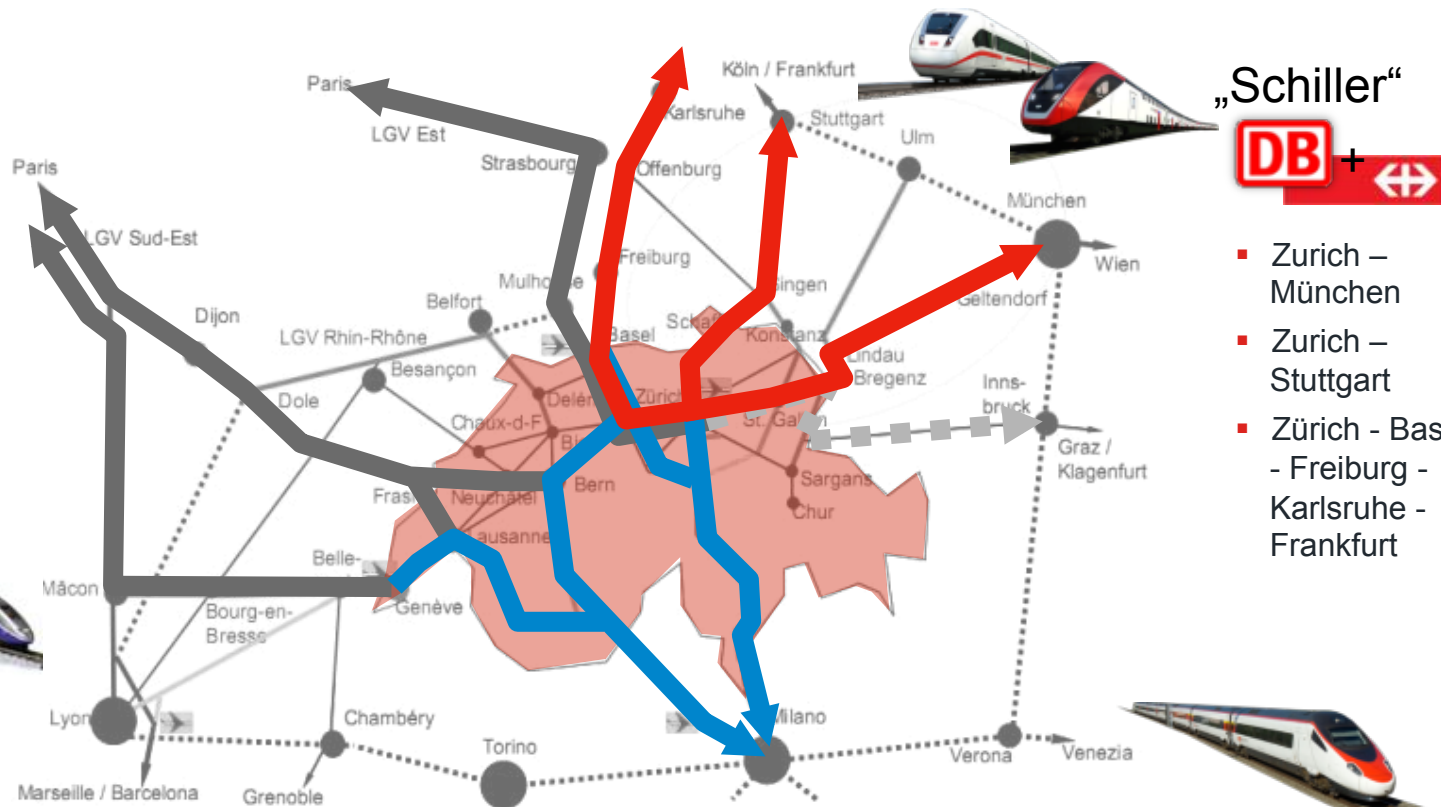
Vitesse selon horaire "Takt « , exemple Bern-Lausanne	FV Dosto: 52,7-53,7 min. vs. requis SBB: 54,5 min.
Capacité additionel par train vs. requis SBB	+2% (IR200) à + 10% (IR100)
Capacité additionel par flotte vs. requis SBB	1900 dans 59 trains, 5732 dans flotte totale (reserve technique augmenté par 10-24%)
Temps d'arrêt optimisé (portes / couplage)	Flux: 60 p/min., ouverture portes: 7 s ; couplage: < 3 min.

\*avec des pas de sieges equivalent SBB

# Réseau international – Alliances ferroviaires de SBB

**TGV Lyria**

- Zurich – Basel – Strasbourg – Paris
- Bern - Dijon – Paris
- Lausanne - Dijon – Paris
- Genève – Bourg – Paris



„Schiller“



- Zurich – München
- Zurich – Stuttgart
- Zürich - Basel - Freiburg - Karlsruhe - Frankfurt



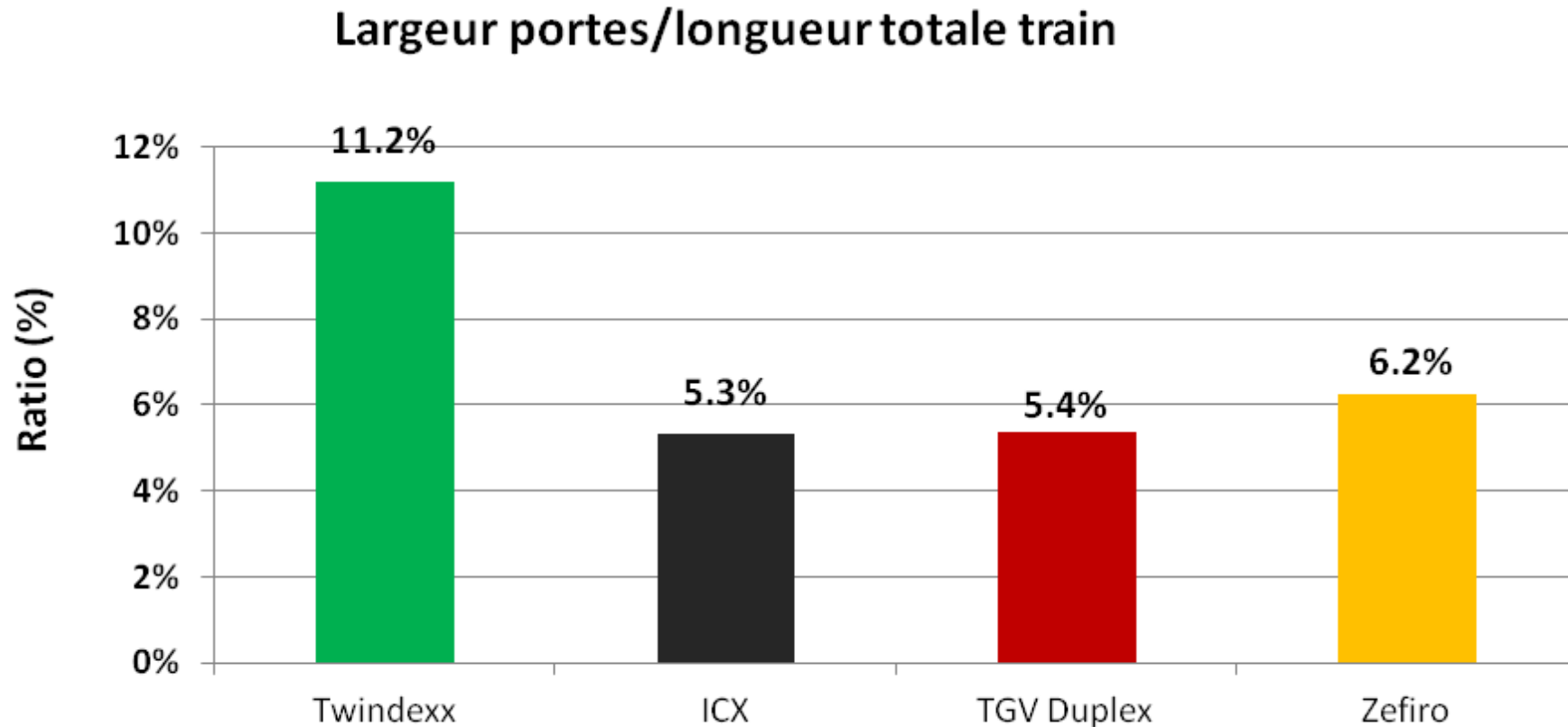
(anciennement: **CISALPINO**)

- Genève – Lausanne – Milano (LBT)
- Basel – Bern – Interlaken – Milano (LBT)
- Basel – Luzern – Milano (GBT)
- Zurich – Chiasso – Milano (GBT)

Les CFF ont déjà aujourd’hui établi des coopérations fortes avec d’autres opérateurs ferroviaires incluant l’utilisation de trains modernes

# Backup

# Accessibilité de train – Coefficient d'échange



TWINDEXX Express offre une capacité d'échange 2 fois plus élevée que les trains conventionnels

# Matériel à grande vitesse Bombardier – ZEFIRO



- **Zefiro 380 (Chine):**
  - 80 rames pour les chemins de fer chinois
  - 60 rames (16 caisses) de 430m + 20 rames (8 caisses) de 215m
  - Vitesse maximale en service commercial: 380 km/h
  
- **V300 Zefiro (Italie):**
  - 50 rames (8 caisses) pour Trenitalia
  - Vitesse maximale en service commercial: 360 km/h

		V300 Zefiro	Zefiro 380
Caractéristi-ques Physiques	Longueur	200 m	215m 430m
	Exploitation en Unité Multiple	UM2	UM2 US
	Charge à l'essieu (CN0)	17 t	17t
Capacité	Nombre de places assises	445 SBB IC layout	650 1300 (Chine)
Traction	Tension d'alimentation	3 kV/1,5 kV CC 25kV/15 kV CA	25kV
	Vitesse maximale	360 km/h	380km/h
Accessibilité	Hauteur d'accès	1250 mm	1250 mm
	Largeur de porte	900 mm	900 mm
	Nombre de portes par côté	16	16 ou 32

# Matériel à grande vitesse Bombardier – AVE



- **AVE S-102 & 112 (Espagne):**
  - Consortium avec Talgo
  - 46 exemplaires S-102 livrés à la RENFE en 2001 et 2005
  - Livraison de 30 exemplaires S-112 entre 2008 et 2010
  - Vitesse maximale en service commercial: 330 km/h

## AVE S-102/112

Caractéristiques Physiques	Longueur	200 m
	Exploitation en Unité Multiple	UM2
	Charge à l'essieu (CN0)	17 t
Capacité	Nombre de places assises	348 SBB IC Layout
Traction	Tension d'alimentation	25 kV CA
	Vitesse maximale	330km/h
Accessibilité	Hauteur d'accès	755 mm
	Largeur de porte	810 mm
	Nombre de portes par côté	10

# Matériel à grande vitesse SIEMENS/Bombardier – ICx



- ICx (Allemagne):
  - Lead SIEMENS, Bombardier fournisseur principal (36%)
  - 1 niveaux intervalles
  - Version 230 km/h en base
  - Version 249 km/h en option

		ICx (7 caisses)	ICx (10 caisses)
Caractéristiques Physiques	Longueur	202 m	288 m
	Exploitation en Unité Multiple	UM2	US
	Charge à l'essieu (CN0)	18 t	
Capacité	Nombre de places assises	466 SBB IC layout	676 SBB IC Layout
Traction	Tension d'alimentation	15 kV CA	
	Vitesse maximale	230 km/h	249 km/h
Accessibilité	Hauteur d'accès	1200 mm	
	Largeur de porte	900 mm	
	Nombre de portes par côté	12	18

# Matériel à grande vitesse Bombardier – TWINDEXX



- **Twindexx Express (Suisse):**
  - 2 niveaux intervalles
  - Technologie pendulaire WAKO
  - Version 200 km/h en base
  - Version 230 km/h en option

		IR100	IR200
Caractéristiques Physiques	Longueur	100 m	200 m
	Exploitation en Unité Multiple	UM4	UM2
	Charge à l'essieu (CN0)	18 t	
Capacité	Nombre de places assises	330 SBB IR Layout	615 SBB IC Layout
Traction	Tension d'alimentation	15 kV CA	
	Vitesse maximale	200 km/h, option 230 km/h	
Accessibilité	Hauteur d'accès	600 mm	
	Largeur de porte	1400 mm	
	Nombre de portes par côté	8	16



# Différences techniques selon la vitesse

## Masses à l'essieu

- §4.2.3.2 Masse à l'essieu (CN) : valeur limite de 18t en catégorie 2, et de 17t en catégorie 1
  - §4.2.3.4 Efforts à la voie (Q) : de 180kN à 170kN
- ⇒ A capacité de transport égale, augmentation du nombre de bogies, ou recours à des technologies légères et onéreuses (aluminium ou composite pour la structure, répartition des équipements, essieux creux, sièges en magnésium...)
- ⇒ Difficulté de mise en oeuvre de versions ultra-capacitaires

## Systèmes spécifiques à la catégorie 1

- §4.2.3.3 Détecteur de boîtes chaudes embarqué
- §4.2.3.4 Détecteur de déraillement
- §4.2.4.3 Détecteur de blocage des roues (en plus de l'anti-enrayeur)
- §4.2.8.3 Automatisme de franchissement des sections de séparation