

# MASSIFICATION ET ENJEUX ENERGETIQUES

*Bernard Jacob*

*Direction scientifique, IFSTTAR*



# Table des matières

1. Evolutions, objectifs et limitation de la massification
2. Contexte
3. Performances énergétiques et facteurs influents
  - 3.1. Aérodynamique
  - 3.2. Résistance au roulement
  - 3.2. Eco-conduite
  - 3.3. *Platooning*
4. Poids lourds de grande capacité
5. Conclusions

# Évolutions 1920-2015

- 1920-60: poids total 20 à 35 t, roue 4 t à 6 - 6,5 t  
L de qqs m à >15 m (remorques et semi-remorques)
- 1980's: 36-38 t
- 1996: 40 t (harmonisation UE 96/53EC), essieu 10 t et 11,5 t (non moteur/moteur), L = 16,5 m et 18,75 m
- Suède & Finlande 1996: poids lourds de grande capacité, 25,25m, 60 t
- 2000's: 42 t (CZ), 44 t (BE, UK, FR...), 48 t (DK), 50 t (NL)



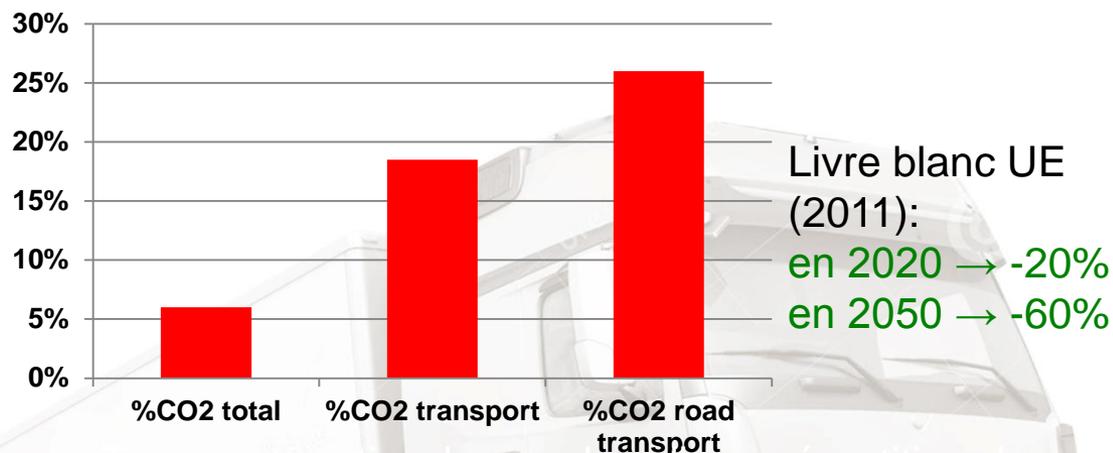
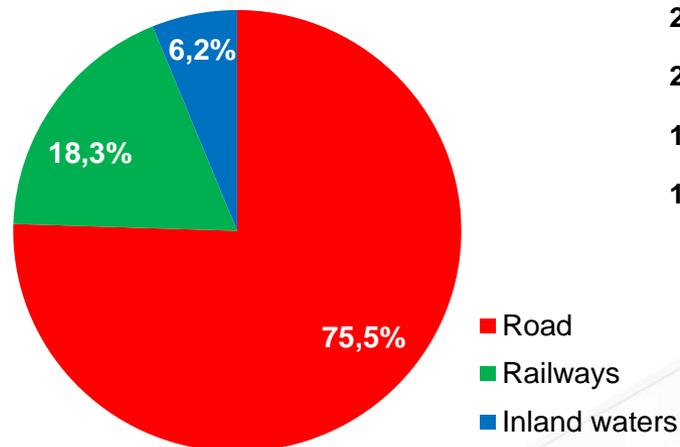
# Objectifs de la massification

- Optimisation économique et concurrence
  - Personnel (chauffeur), 2007 Parlement européen → EMS
  - Optimisation/mutualisation motorisation, cabine, etc. et spécialisation (tracteur + semi-remorque)
  - Augmentation du ratio t.km/fuel
  - Simplification logistique (pour le point à point)
- Amortissement des investissements
  - Sécurité, confort, aérodynamique, pollution...
- Réduction des impacts environnementaux par t.km
  - Emissions CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, sonores
  - Consommation espace (occupation et capacité voirie)

# Limites de la massification

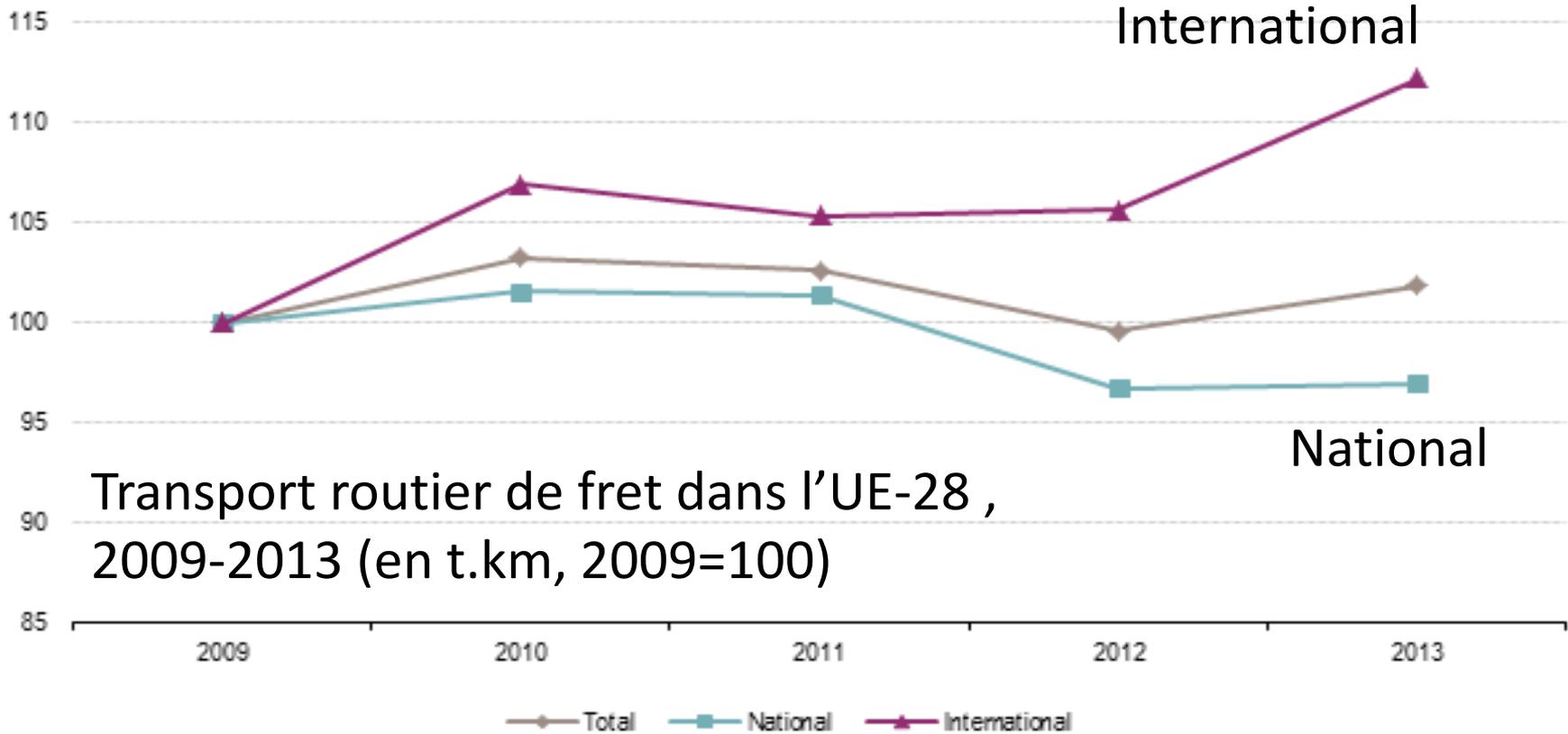
- Contraintes géométriques et de masse
  - Zones urbaines, routes secondaires, montagne...
  - Limitations ponctuelles de gabarit et charge (tunnels, ponts, dégel...)
- Manutention, type de fret et taux remplissage
  - Longue/courte distance, zones chargement/déchargement
  - Réversibilité du fret (retour à vide ou partiellement chargé)
  - Variabilité de la demande, fluctuations économiques
  - Pondéreux, vrac, containers
- Réglementation et politiques de transport
  - Adaptation infrastructures, exploitation
  - Concurrence modale

# Contexte



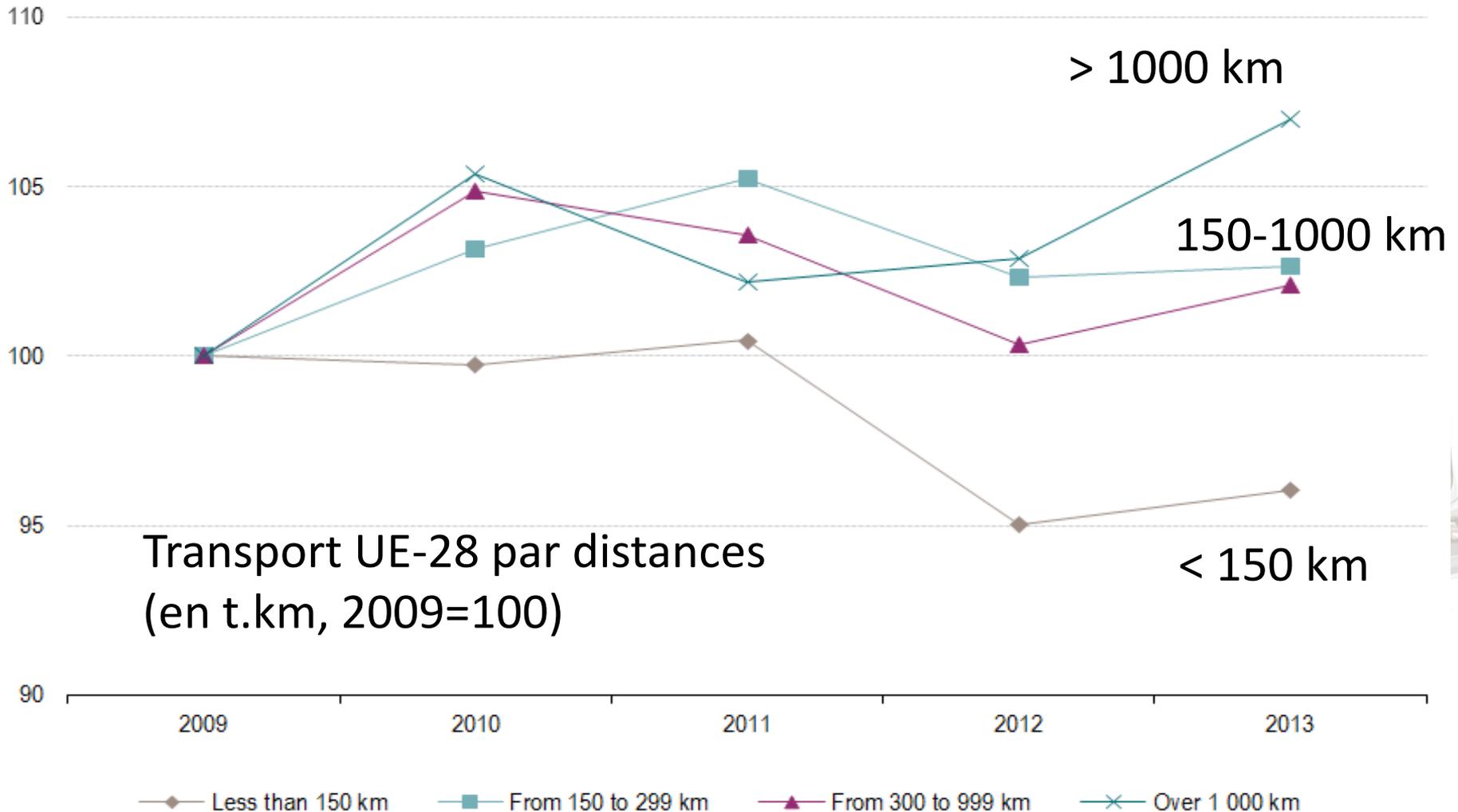
- Prédominance de la route dans le transport de fret
  - 75,5% du transport intérieur, stabilité dans le temps, légère augmentation (ex. France)
- Consommation et émission de CO2 par les poids lourds
- Objectifs: Livre blanc CE 2011, COP21 (Paris 2015)...
- Coût carburant = 30% du coût d'exploitation

# Accroissement du transport international...

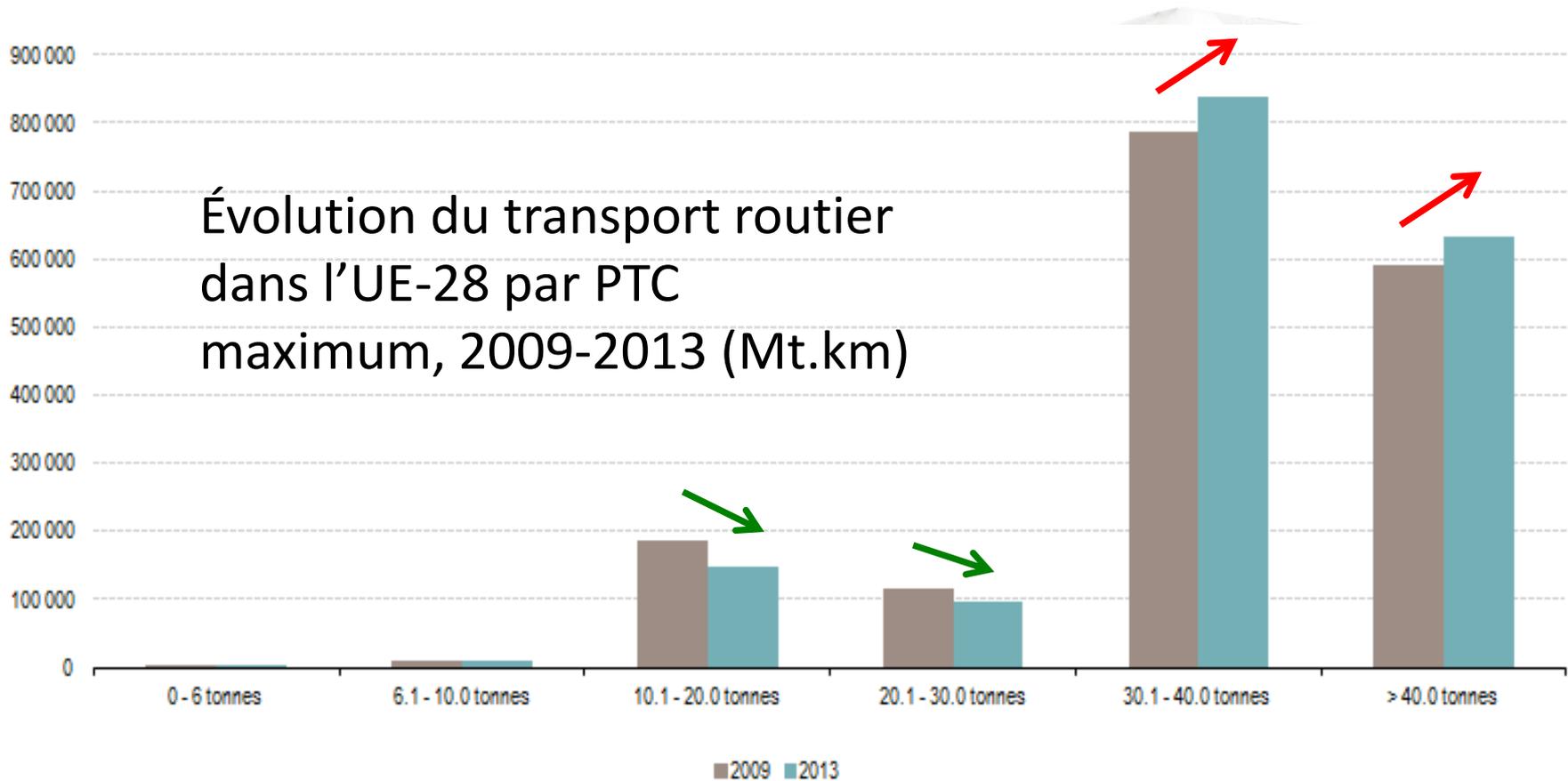


EU-28: provisional data for reference year 2013.

# ...et à longue distance...

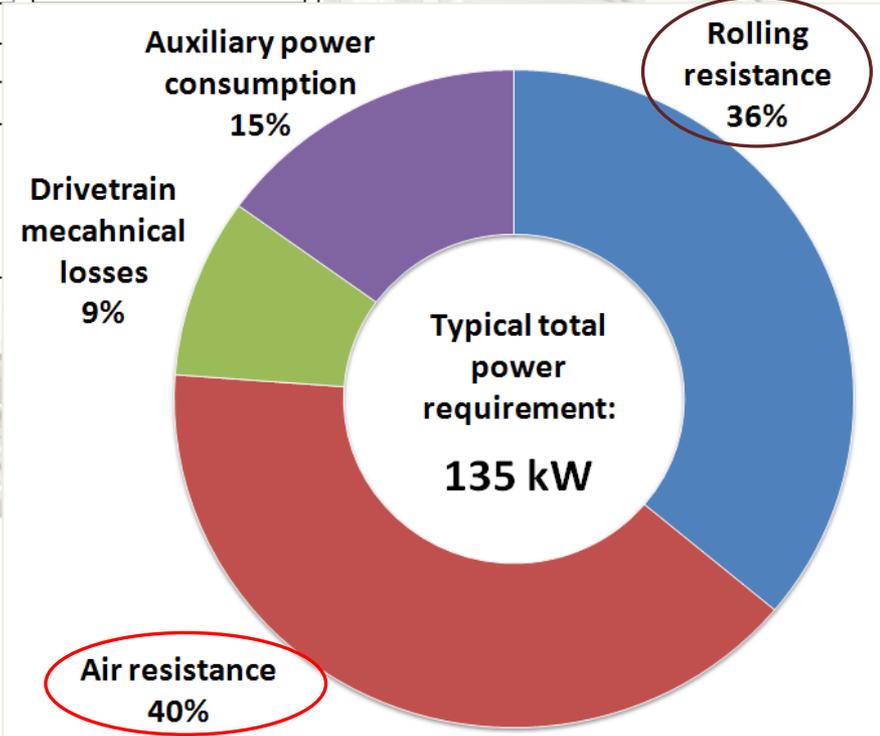
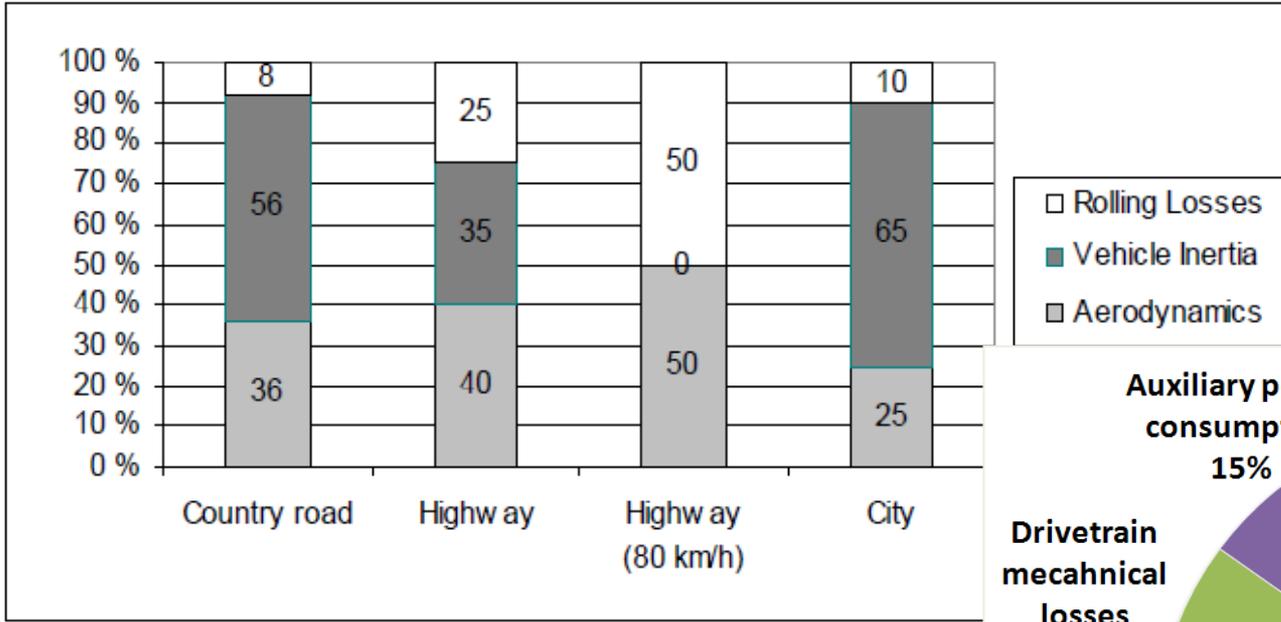


# ...par des véhicules plus lourds

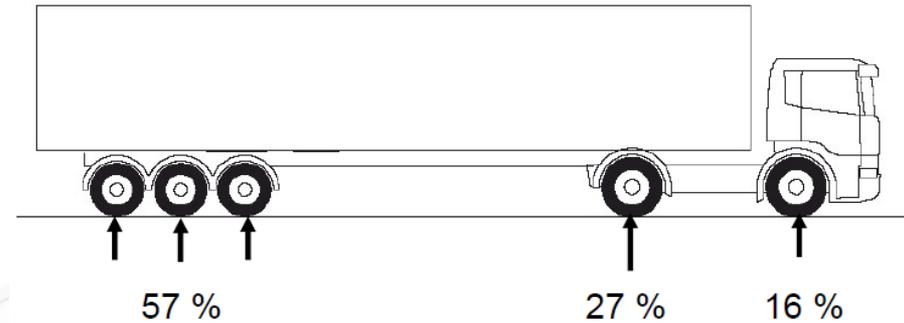
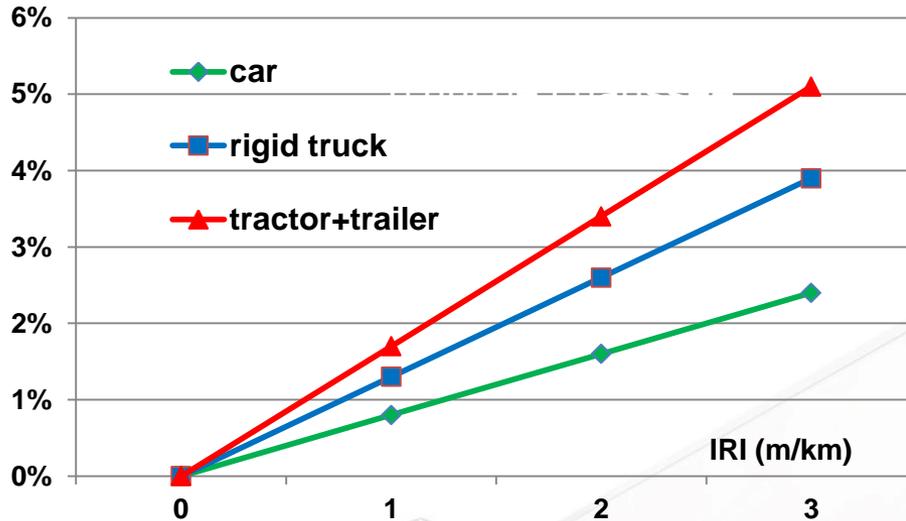


EU-28: provisional data.

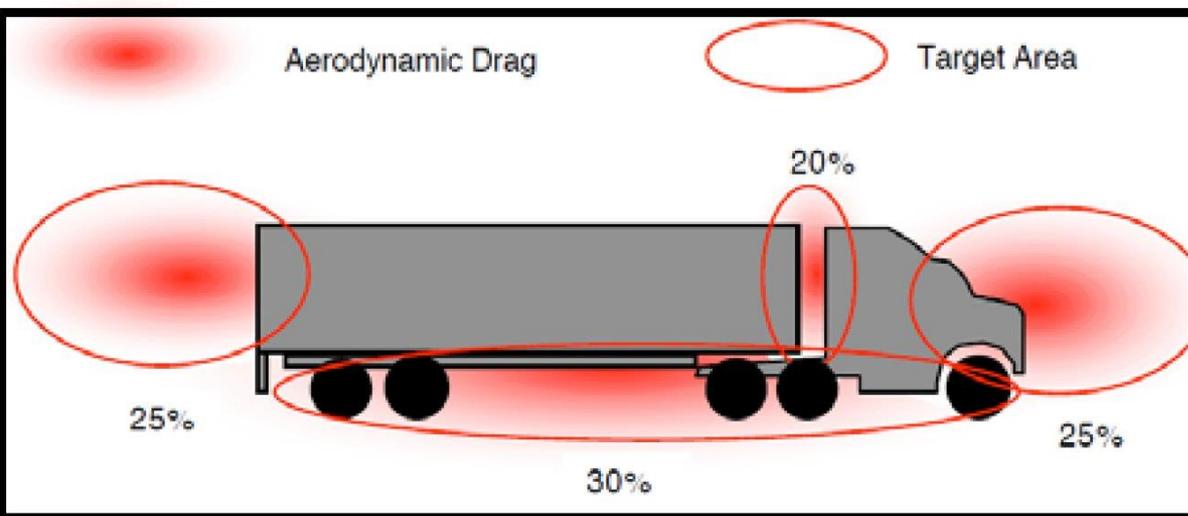
# Parts de dissipation d'énergie



# Consommation

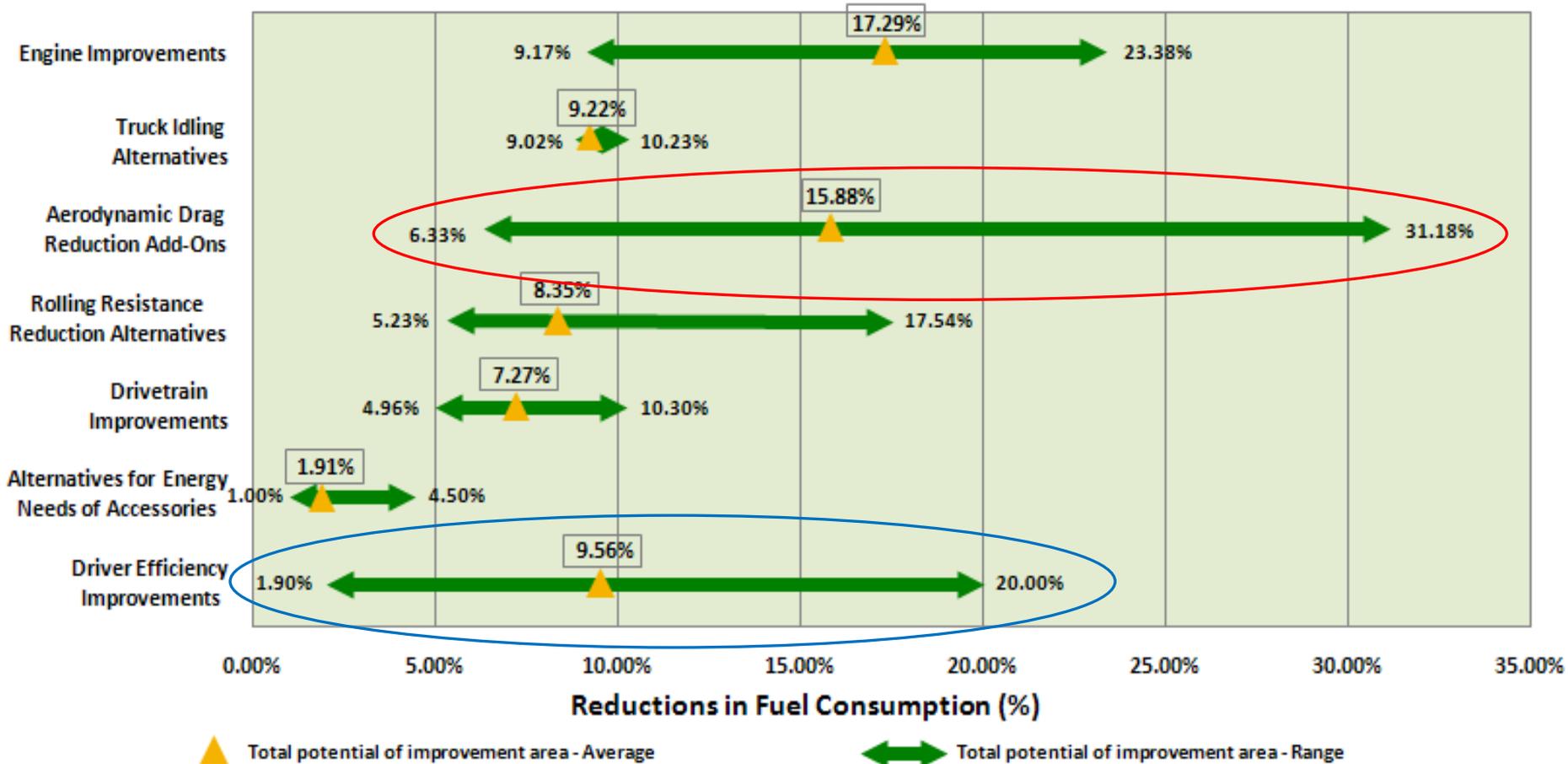


Résistance au roulement  
Résistance de l'air

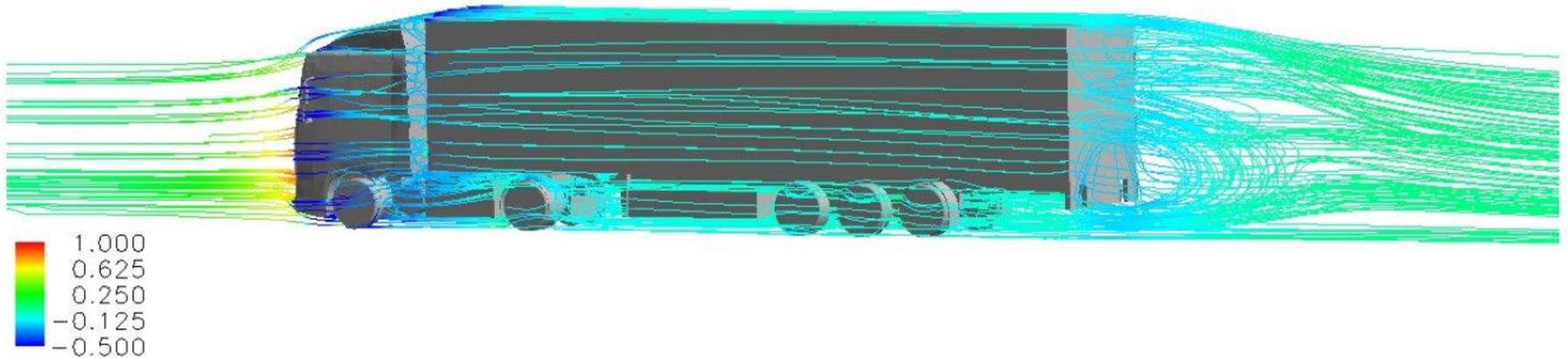


- Impact de la rugosité ou défaut d'uni de la route (IRI)
- Impact aérodynamique, poussée, traînée turbulences

# Potentiel d'amélioration énergétique

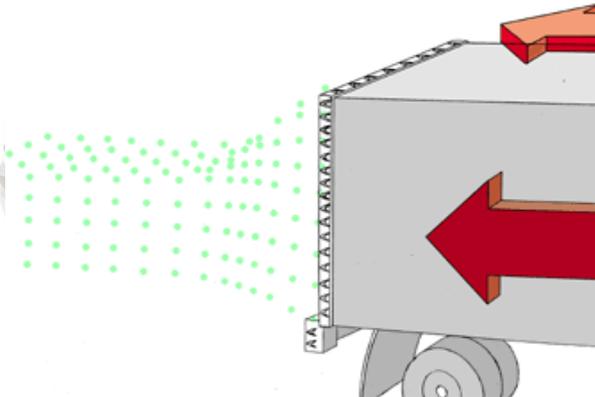


# Aérodynamique



Source: van Tooren, 2009, Truck Aerodynamics – An overview of solutions for reducing aerodynamic drag

**$C_d$**  → Force de traînée : profil et séparation des flux  
→ Force de frottement : couche limite (rugosité de surface)



⇒ Réduction de la turbulence de sillage  
à l'arrière

# Arrière

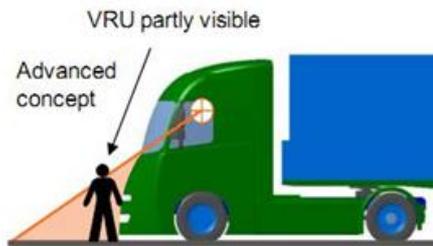
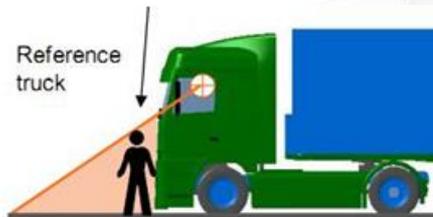
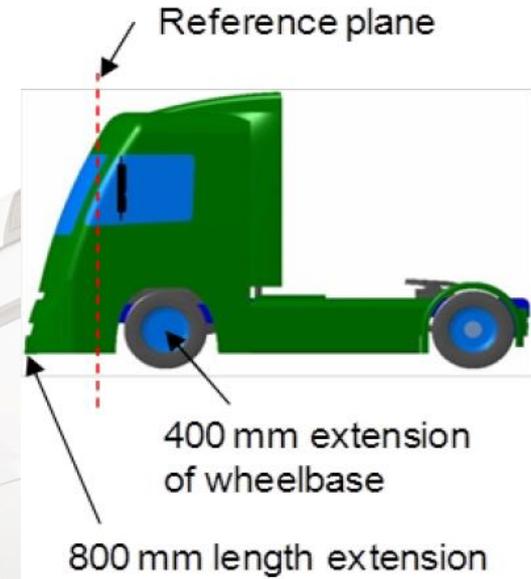
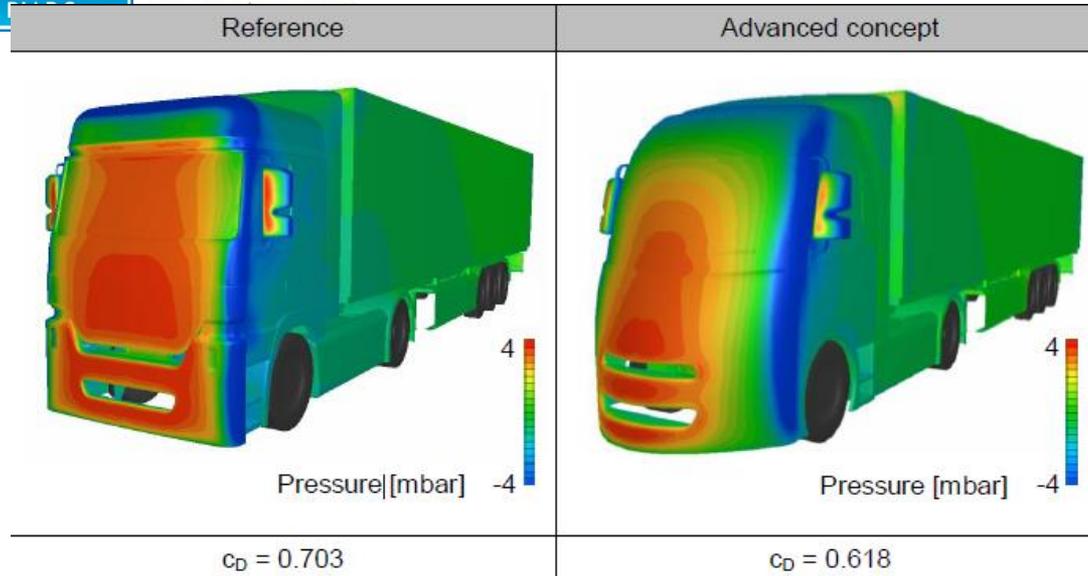


Dispositif:  
évents  
repliables ou  
gonflables

- Gain de CO<sub>2</sub>: -3.5 à -6.5%
- Économie de carburant:  
jusqu'à 2 l/100km
- Coût : ~ € 3000
- Amortissement en 2 ans

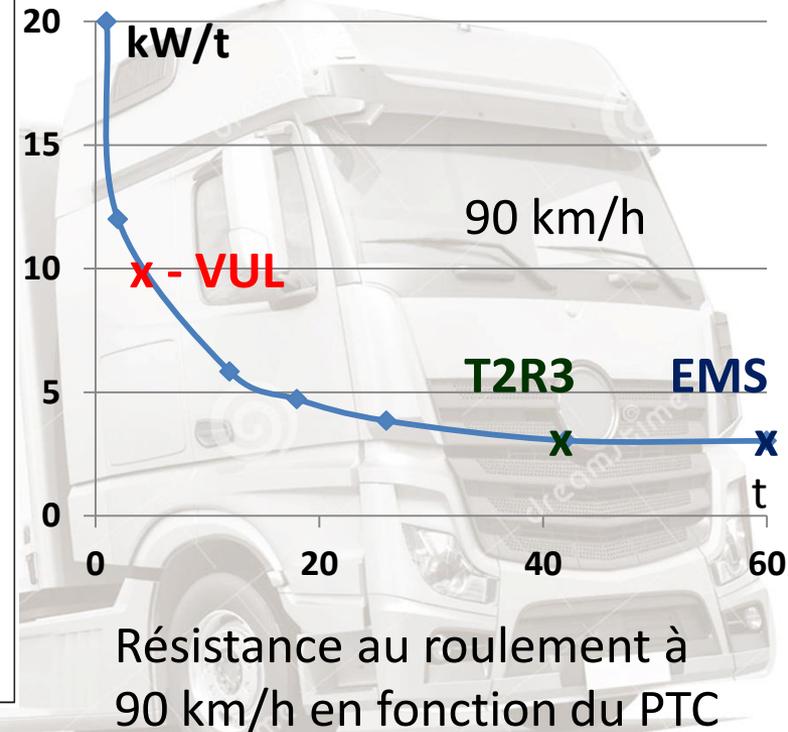
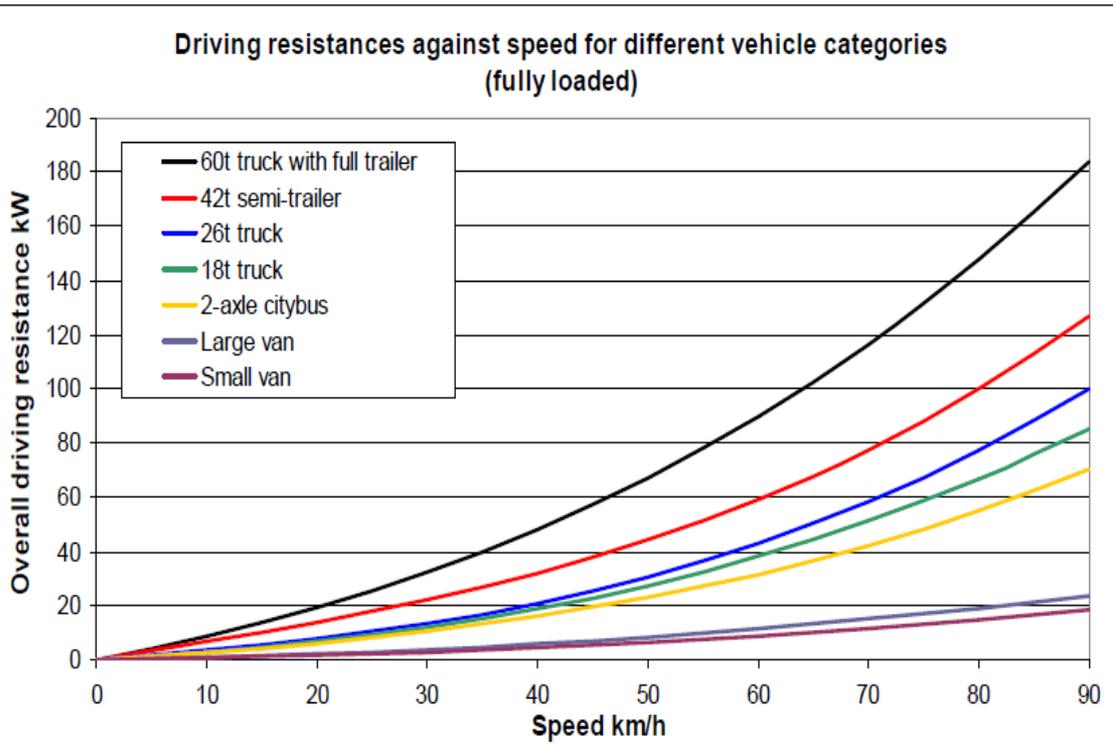


# Avant de la cabine



- -12% traînée (résistance air), - 5% CO2 et fuel
- Économie de carburant: 1500 €/an/camion, coût du matériel : 400 € /camion
- Économie dans l'UE27 : 1 Md €/an
- Gain de sécurité pour les usagers vulnérables
- mais investissement lourd des constructeurs...

# Résistance au roulement



- Économie de carburant avec pneus à faible résistance au roulement  $\Rightarrow$  -15% consommation sur toute la durée de vie du pneu

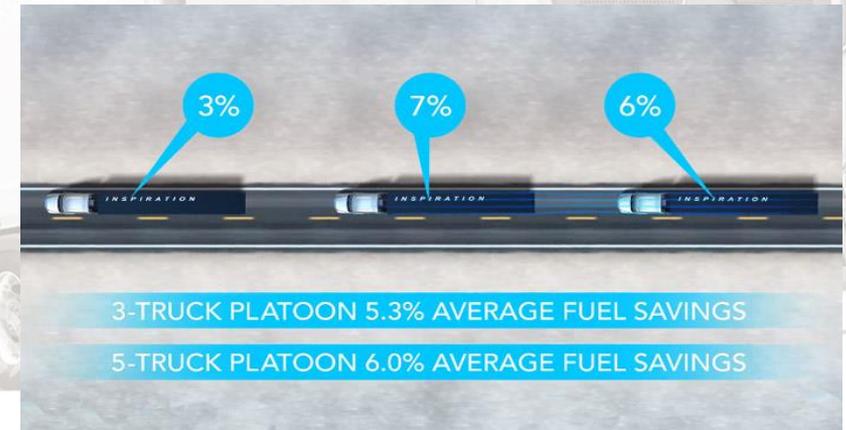
# Éco-conduite



- Limitation de consommation par:
  - Limitation accélérations (utiliser l'inertie)
  - Réduction vitesse
  - Conduite à bas régime
  - Anticipation
- Compromis consommation/sécurité
- → 45% du temps sans accélérer,  
→ -10 l/100 km pour maxicodes
- accroît les durées de vie de la boîte, du moteur et des pneus



# Platooning (peloton)



Économie de carburant  
Accroissement de la  
capacité des voies

Coutes ou très courtes distances,  
automatisation partielle ou totale

# Système modulaire européen (EMS)



- Combinaisons d'unités standards
- 25,25 m et jusqu'à 60 t, + 50% volume
- Légal en SE et FI depuis 1996, en essai au NL depuis 2000

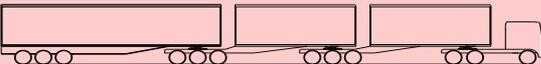
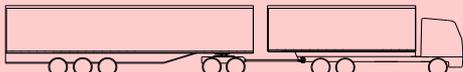
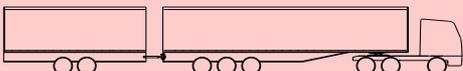
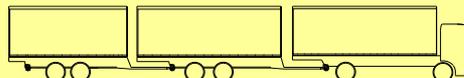
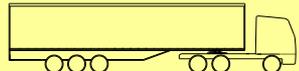
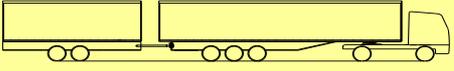
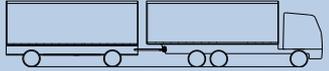
# Modularité des EMS



De trois faites en deux...



# Poids lourds de grande capacité

Type	Name	Diagram	GCM (t)	Pay. (t)	Length(m)
'Very high capacity' vehicle	Australian B-triple		90.5	65.3	33.30
EMS vehicle	Scandinavian Truck and trailer		60.0	42.8	25.25
	Scandinavian 'B-double'		60.0	40.3	25.10
	EU semi-trailer and rigid trailer		60.0	41.5	25.25
Longer and/or heavier vehicle	Dutch triple trailer		50.0	33.8	24.20
	British semi-trailer		44.0	29.3	16.5
	German long vehicle trial		40.0	22.5	25.25
Typical EU vehicle	EU ,swap-body'		40.0	26.3	18.75
	EU semi-trailer		40.0	26.3	16.50
	EU 38t		38.0	24.8	16.50

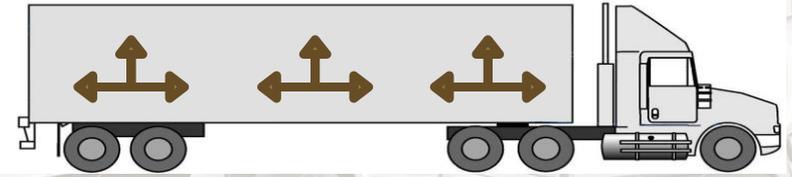
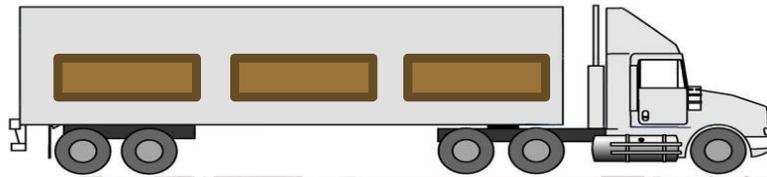
OECD 2007-9  
*Moving freight with better trucks*

# Performance en masse et volume

Productivité du camion = consommation par:  
tonne.km ou mètre cube.km

*Efficacité en masse*

*Efficacité en volume*



Kg de CO<sub>2</sub>

100 tonne.km

Litres de gasoil

100 tonne.km

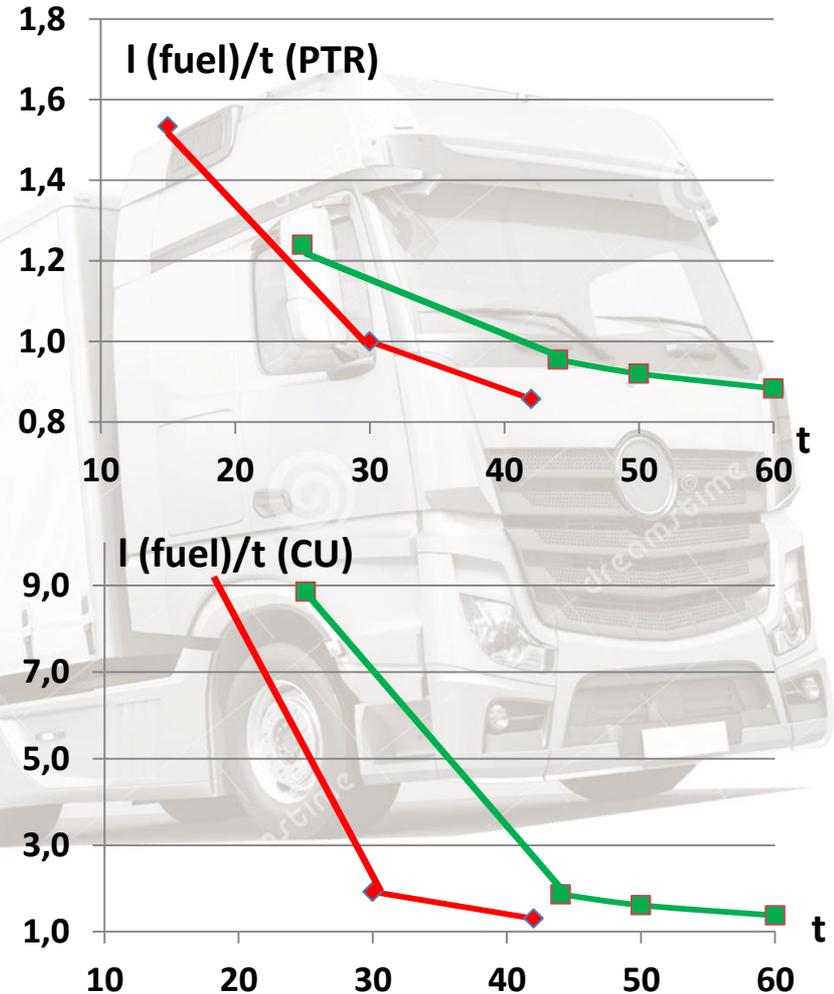
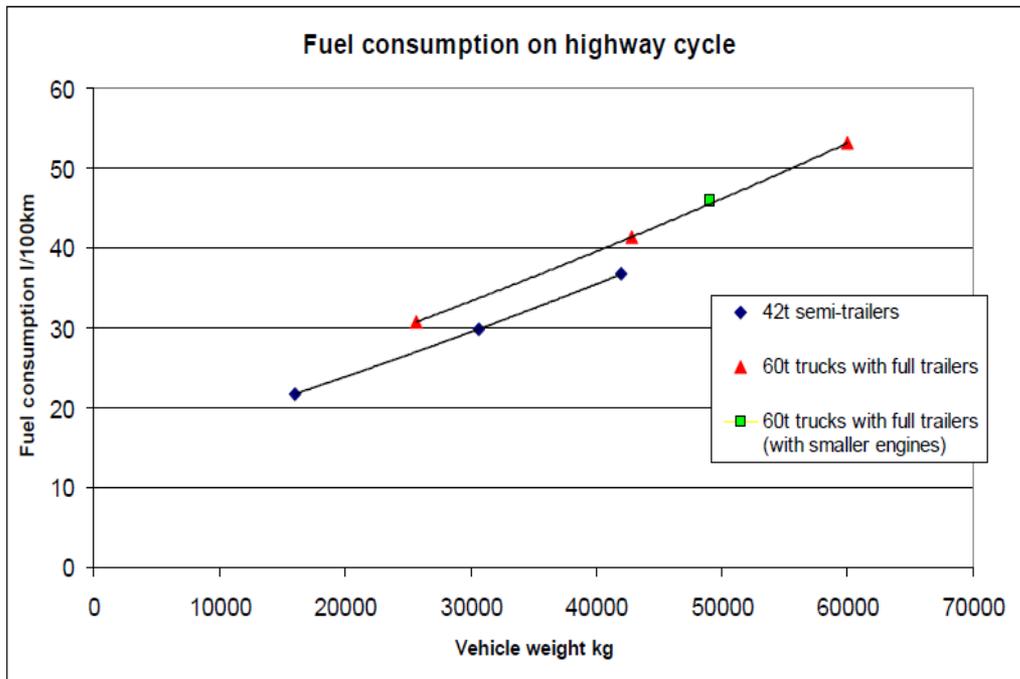
kg de CO<sub>2</sub>

100 m<sup>3</sup>.km

Litres de gasoil

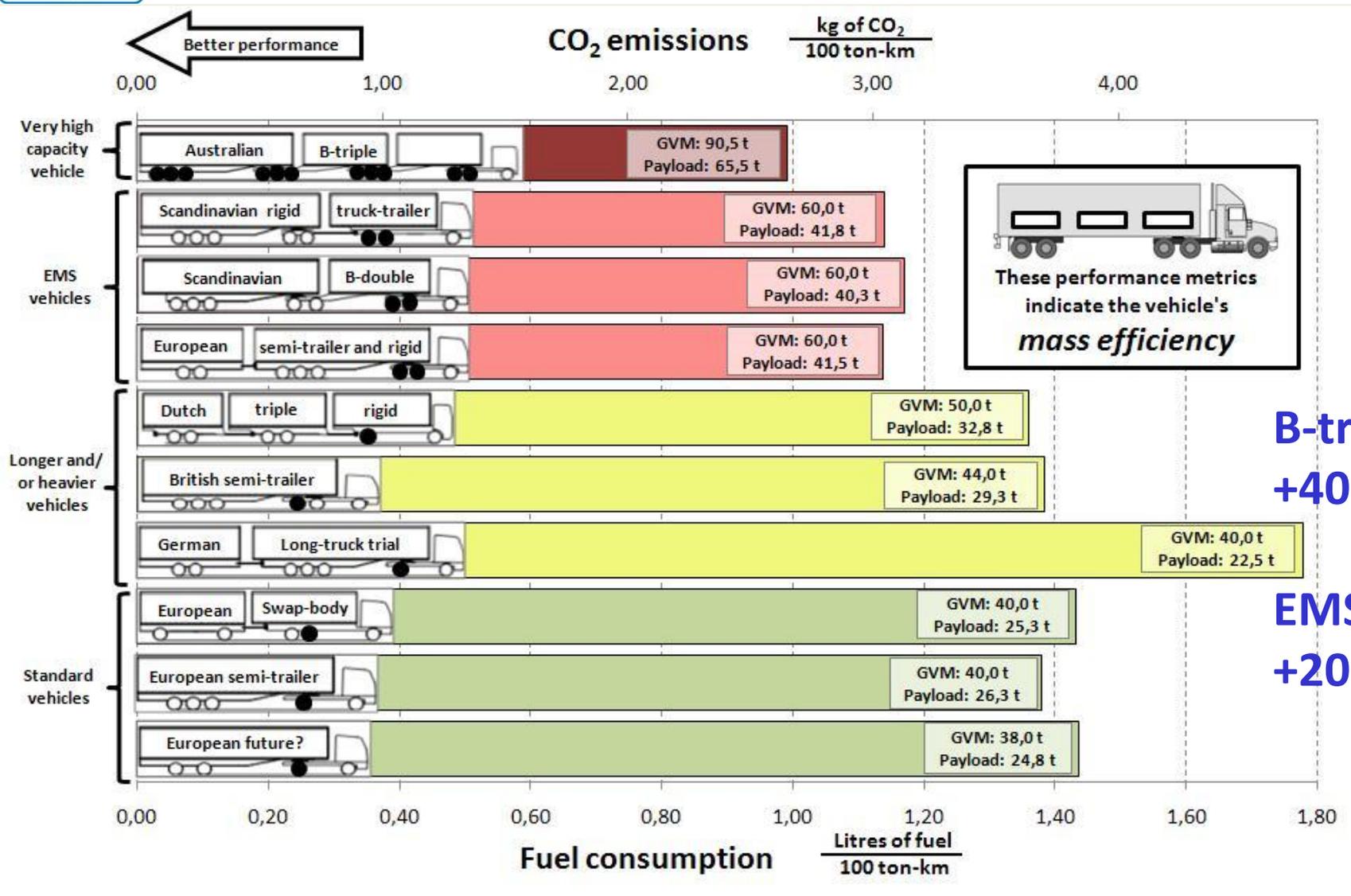
100 m<sup>3</sup>.km

# Consommation selon masse

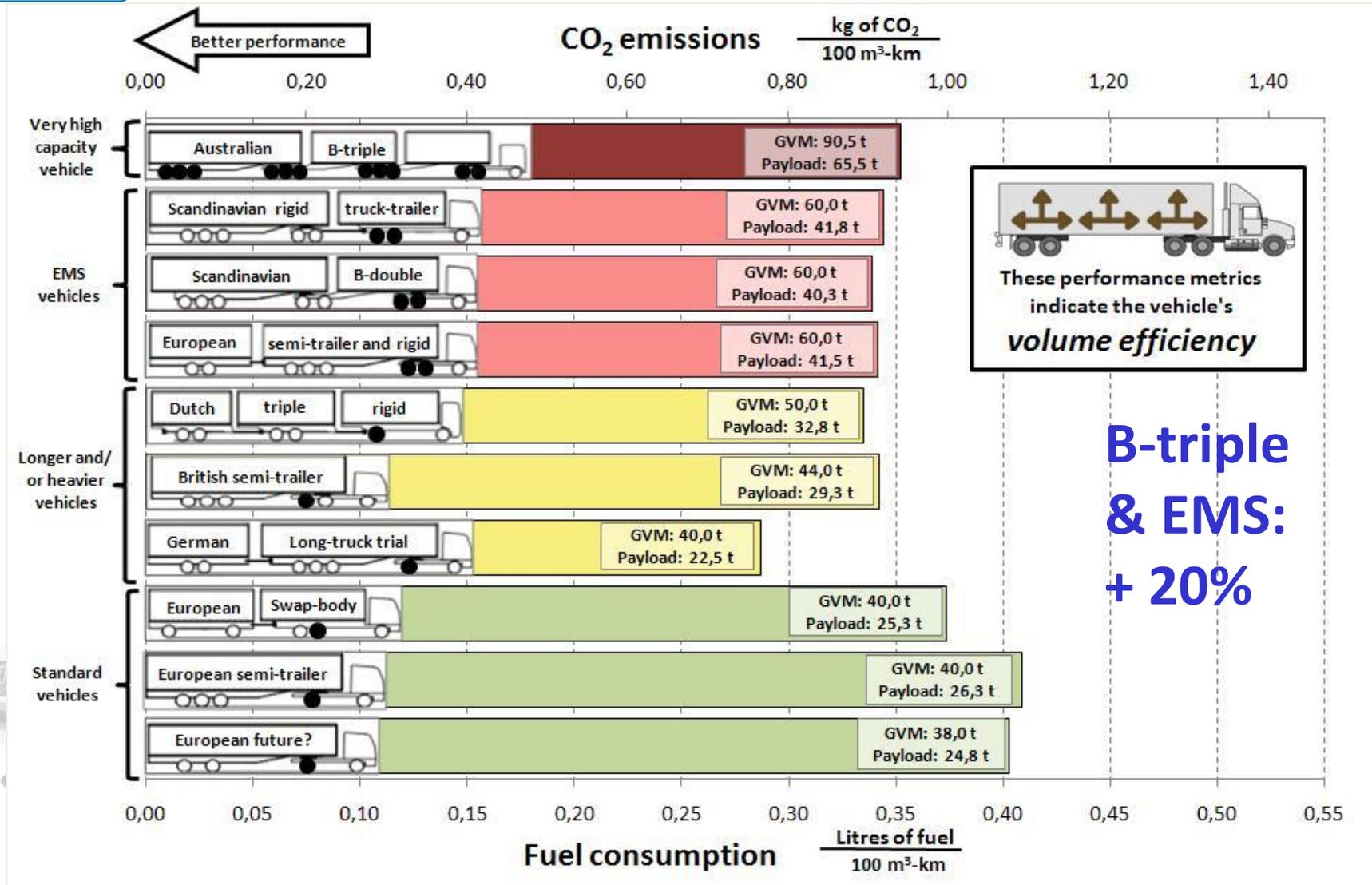


La consommation n'augmente pas  
en proportion des masses,  
surtout rapportée à la charge utile  
Mais performances comparables T2R3 > 40 t et EMS > 50 t

# Efficacité en masse



# Efficacité en volume



# Conclusions

- La massification n'est pas un phénomène nouveau mais une tendance à long terme depuis un siècle
- Elle répond à des objectifs d'efficacité (économique, énergétique...) largement avérés...
- ... mais ne répond pas à tous les marchés et a ses limites : infrastructures, demande en masse ou volume, géographie...
- Gains énergétiques prouvés en résistance au roulement, aérodynamique **pour véhicules à pleine charge**
- Éviter toute utilisation sous-optimale (chargement partiel)
- Alternative (aérodynamique et taux occupation voies) : **platooning**