



# Défis et solutions pour la recharge ultra-rapide des véhicules électriques

A. Rufer

Laboratoire d'électronique industrielle  
EPFL Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne  
CH1015 Lausanne Switzerland  
[alfred.rufer@epfl.ch](mailto:alfred.rufer@epfl.ch)

Martigny, le 7 avril 2016

# Contenu

- Introduction – La différence entre “faire le plein” et “recharger”
- Etat de l’art
- Charge ultra-rapide, exigences pour la batterie des véhicules
- Le concept du stockage tampon
- Des stations de recharge “Multiport”:  
Exigences sur l’infrastructure  
Stockage tampon
- Une proposition d’architecture innovante
- Conclusions.

# Introduction

Le contexte des études présentées:

Un projet de recherche national regroupant différentes institutions:

«Ultra Fast Charge of EV's»

EPFL Lausanne

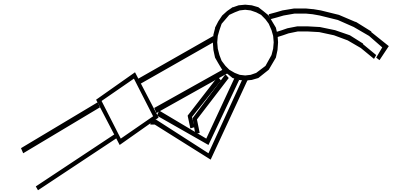
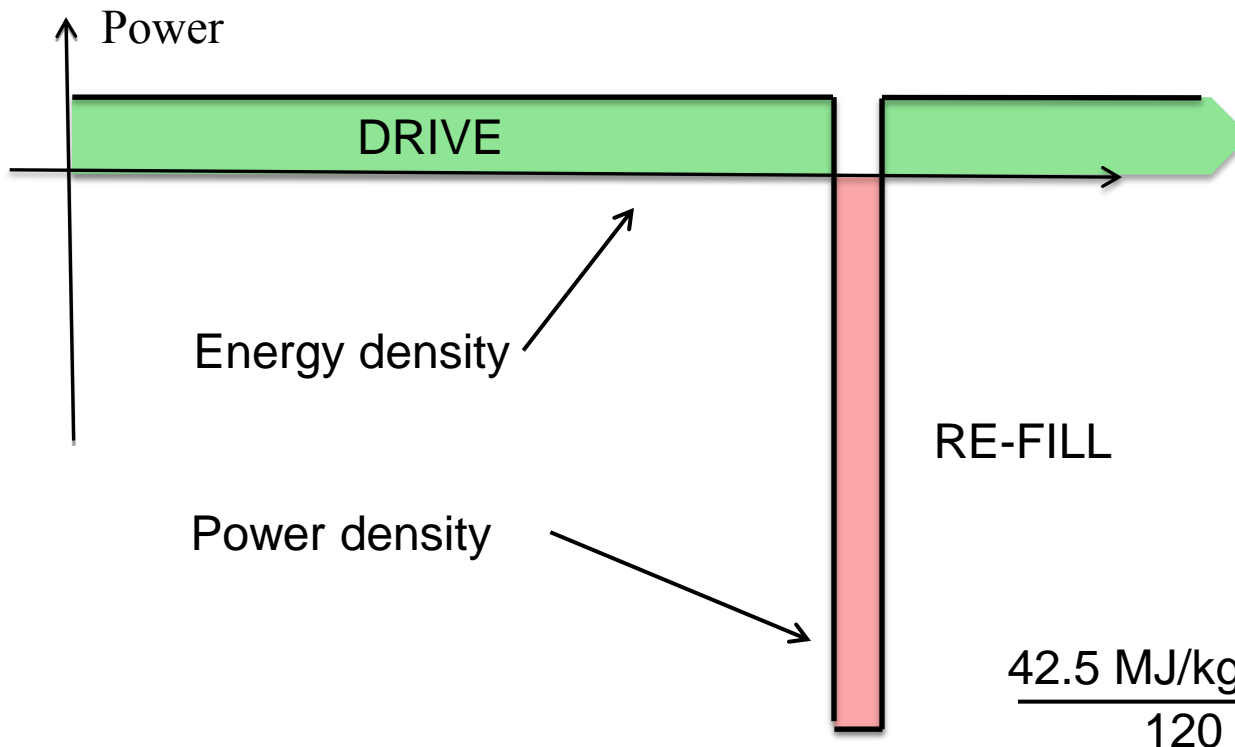
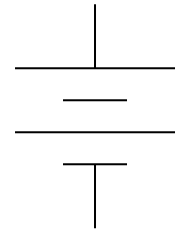
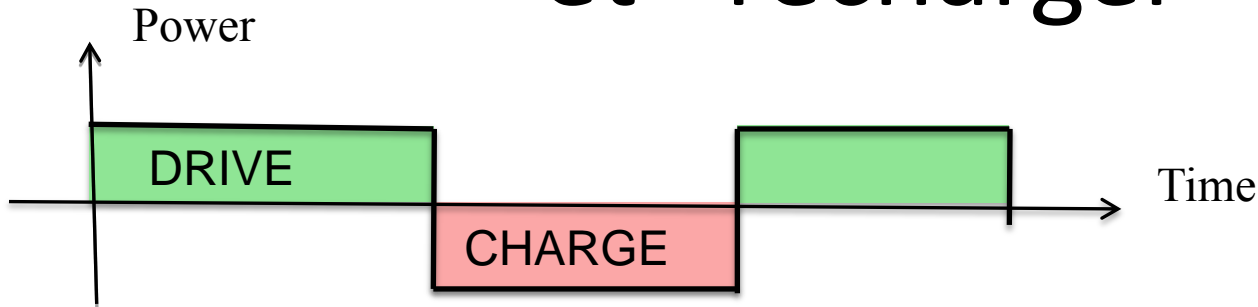
ETH Zurich

BFH Biel/Bienne

EMPA Duebendorf

<http://ufcev.epfl.ch>

# La différence entre «faire le plein» et «recharger»



$$\frac{42.5 \text{ MJ/kg} * 50 \text{ kg}}{120 \text{ s}}$$

$$= 17.7 \text{ MW !!}$$

# Etat de l'art

## Les 4 modes de recharge actuels

Table 1. Charging modes according to IEC 61851-1, 230 V / 400 V voltage system<sup>7</sup>

Mode	Max current per phase	Max charging power per phase	Charger location
1	16 A	3.6 kW	On-board
2	32 A	7.3 kW	
3	63 A	14.7 kW	
4	dc 400 A	dc 150 kW	Off-board

# Etat de l'art

## Modes de recharge et propriétés

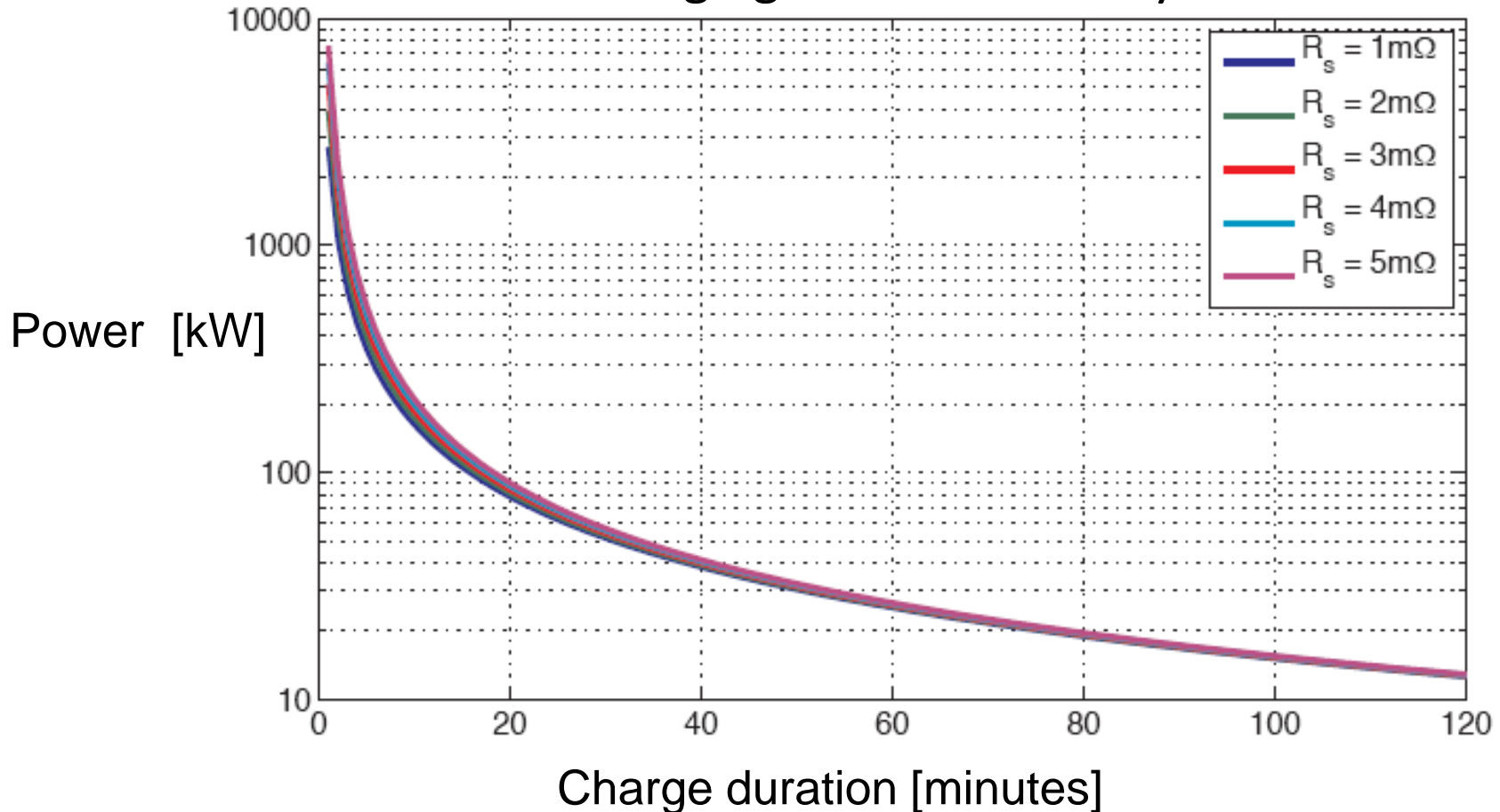
Charging type	Mode	Min charging time	Autonomy flowrate*
Domestic one-phase charging	1	6 h ... 8 h	0.3 km / min
Three-phase semi-quick charging	3	20 min ... 30 min	4 km / min
CHAdeMO semi-quick charging	4		
Diesel tanking for a family car	N/A	1 min 30 s	600 km / min

\* Le «débit d'autonomie» [km/min]:

Le kilométrage d'autonomie (équivalent énergétique) qu'il est possible de transférer au véhicule par unité de temps (gen. minutes)

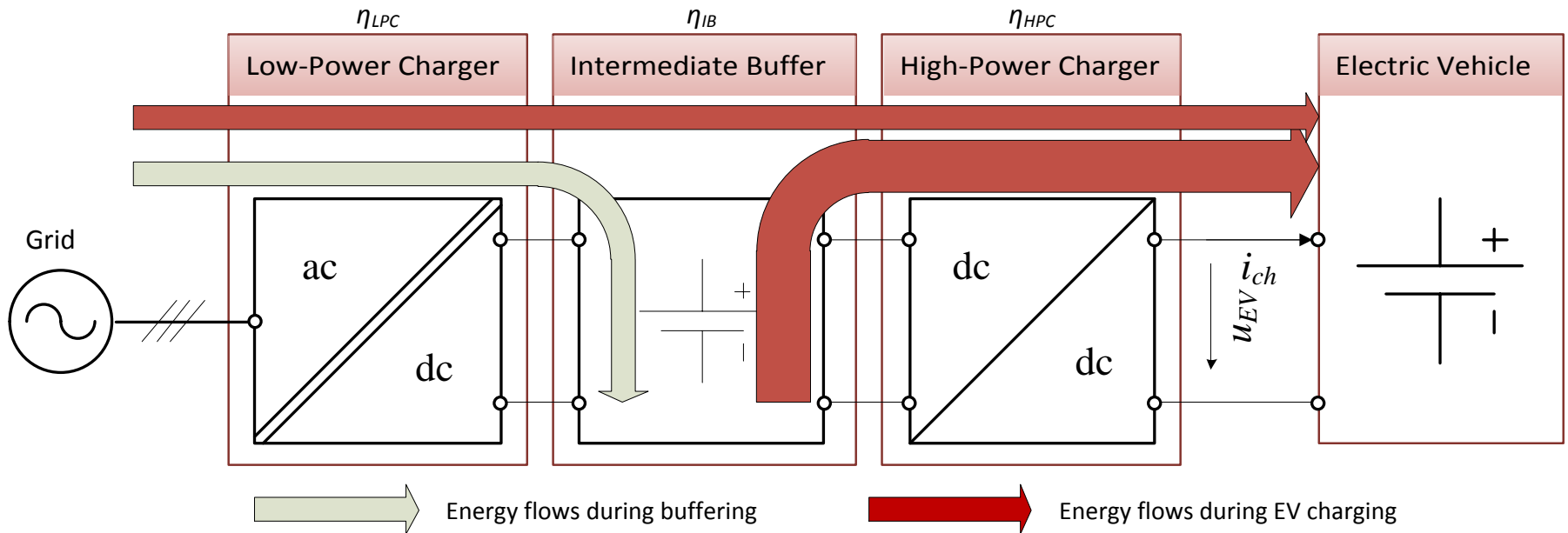
# Exigences posées à la batterie et aux infrastructures

Ex: Charging a 25kWh battery



Temps de recharge court => forte demande de puissance

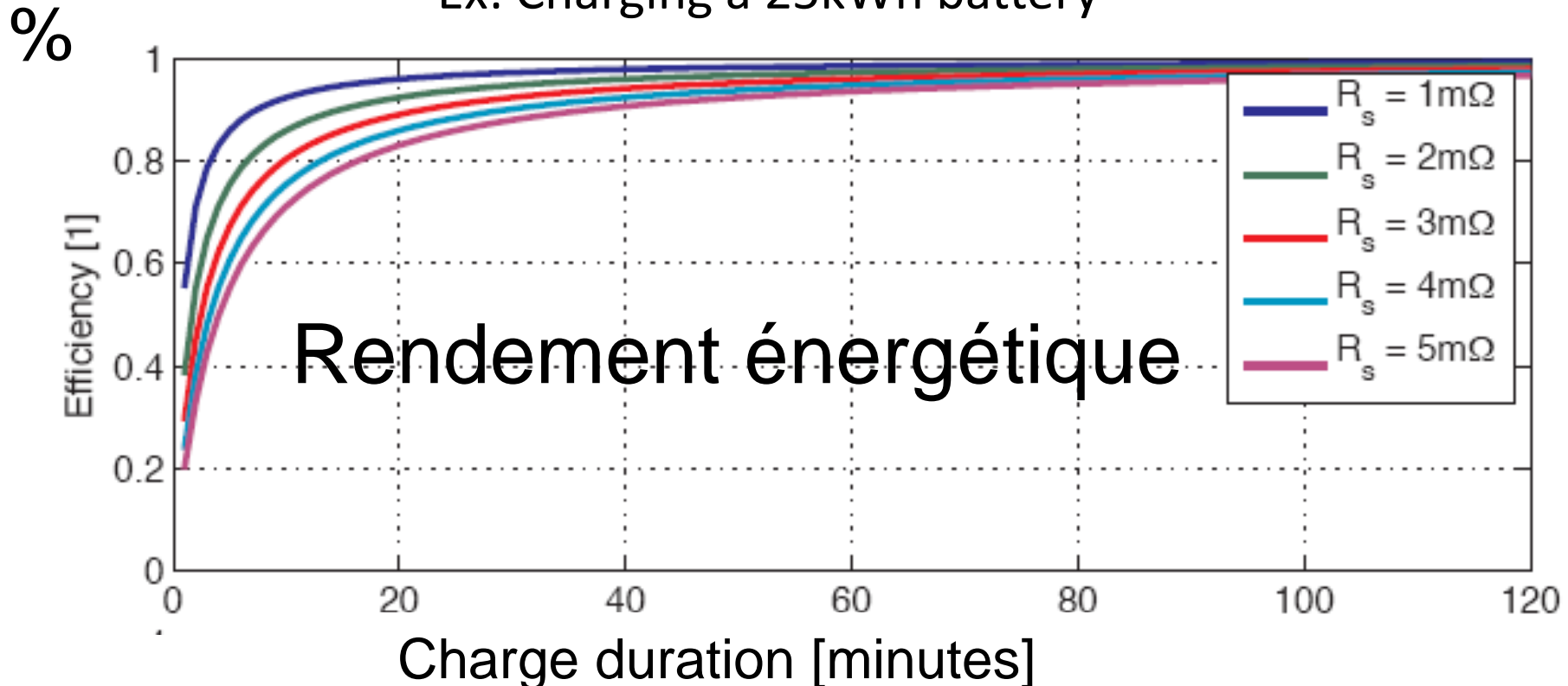
# Le concept du stockage tampon (limiter la sollicitation du réseau)





# Exigences posées à la batterie et aux infrastructures

Ex: Charging a 25kWh battery



Un niveau de puissance élevé a des conséquences sérieuses sur le rendement!

# Multiplication des bornes de recharge:

- Très clairement dans le domaine des MW
- Une interconnexion au réseau MT



How to design?

# Multiplication des bornes de recharge: Une analyse basée sur la statistique

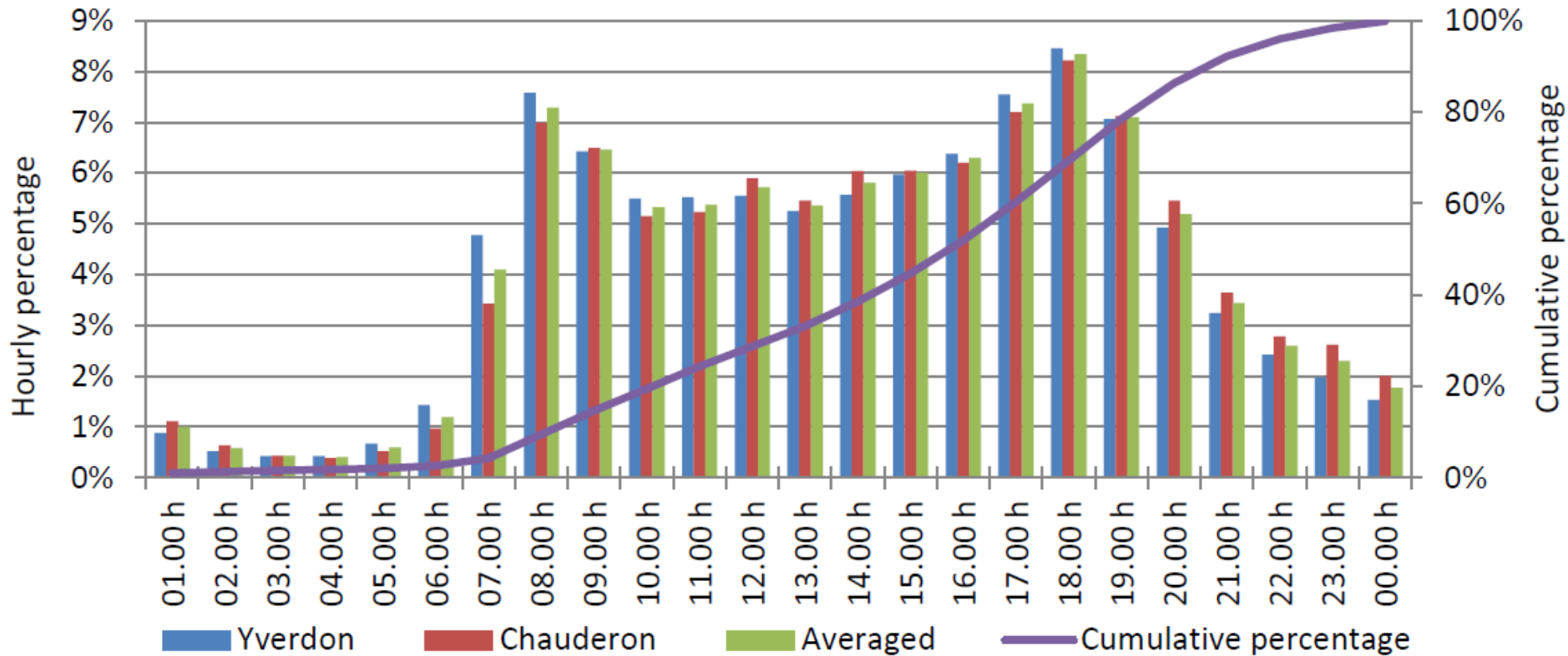


Fig. 1. Typical daily traffic density distributions

# Multiplication des bornes de recharge: Une analyse basée sur la statistique

Capacity

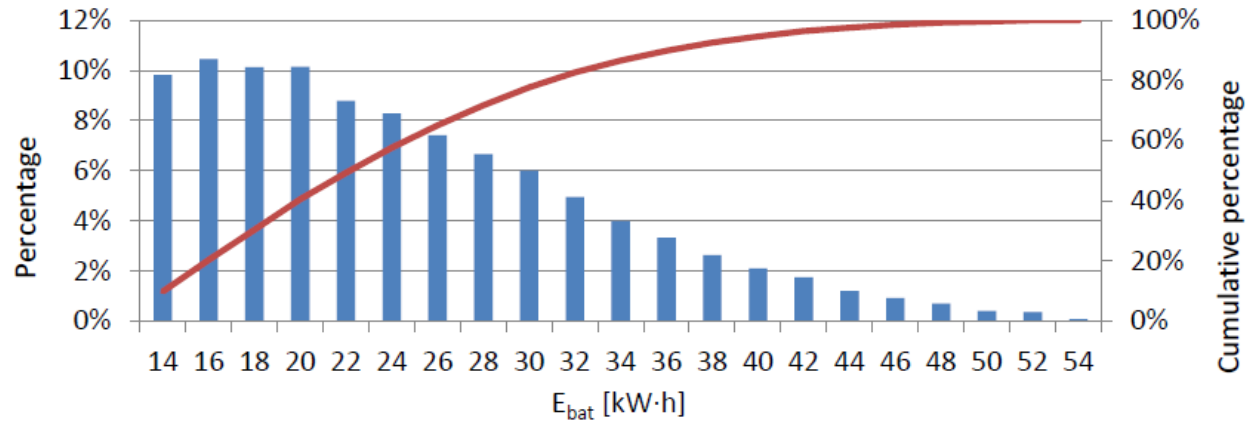


Fig. 2. Presumed EV battery capacity ( $E_{bat}$ ) distribution

Initial SOC

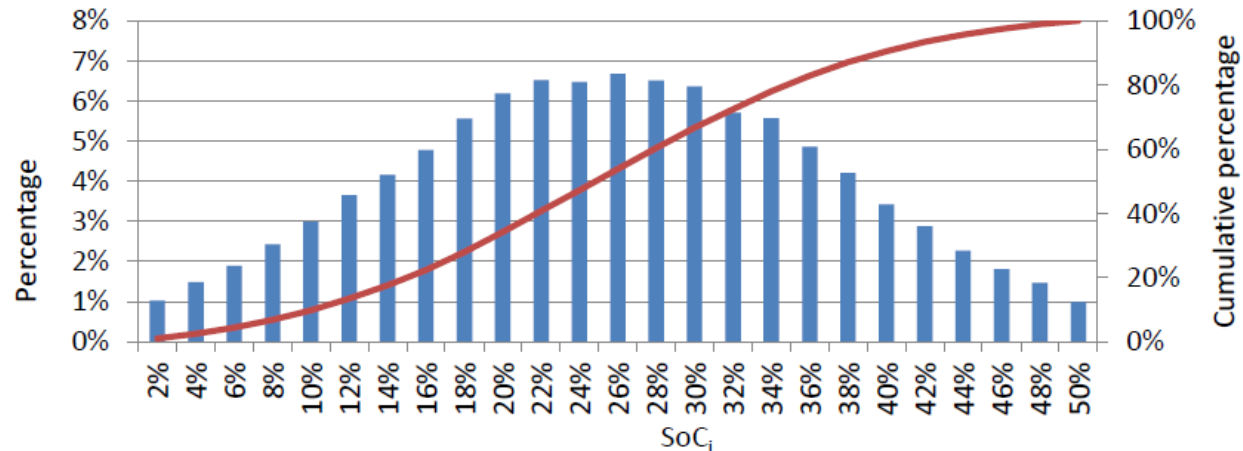


Fig. 3. Presumed battery initial state-of-charge ( $SoC_i$ ) distribution

# Multiplication des bornes de recharge: Une analyse basée sur la statistique

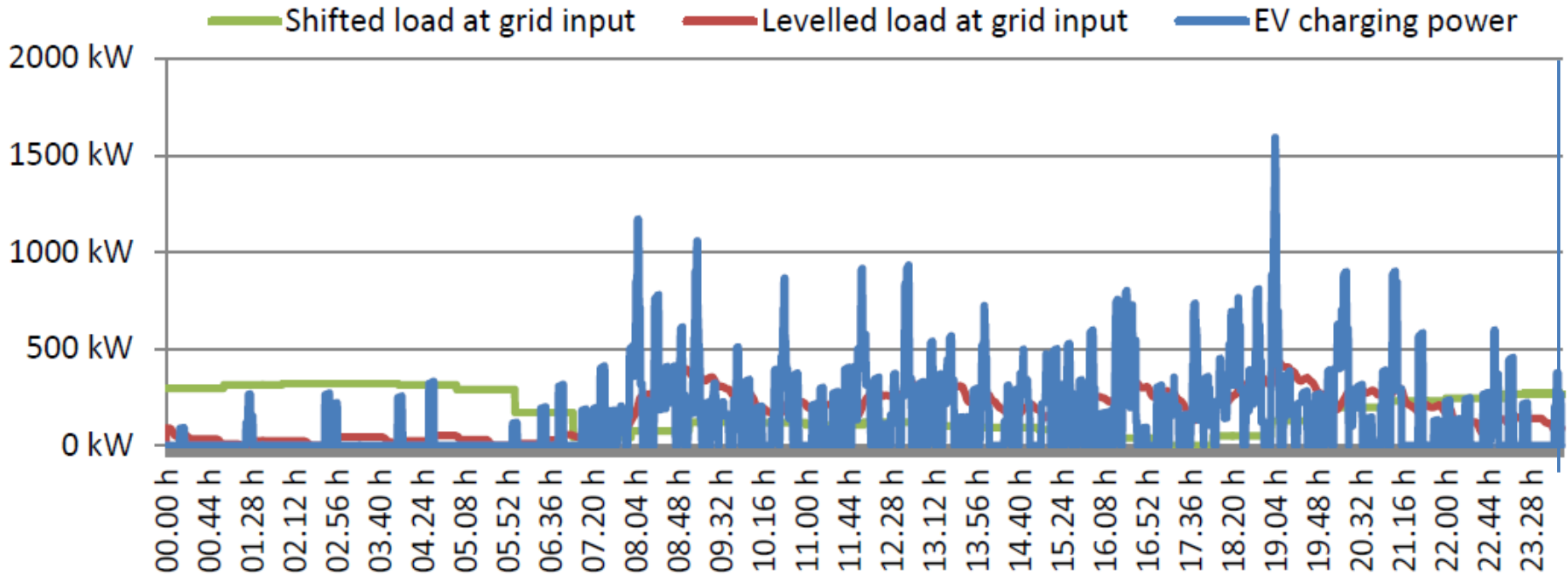
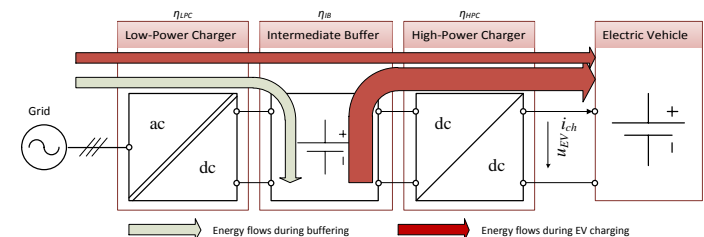


Fig. 6. Buffering example for 200 EV/day without load-side management



# Multiplication des bornes de recharge: Une analyse basée sur la statistique

Table 3. Daily power and energy values for charging time 5 min

EV/day	Power at EV input [kW]		Transferred energy [kW·h]			N° of EV ports	
	Per single EV	Station max	Median	3Q	Max	3Q	Max
50	Median 214	1'421	907	942	1'113	1	4
100	3Q 284	1'733	1'851	1'901	2'220	1	6
200	Max 697	2'218	3'652	3'729	4'061	2	8

Table 7. Connection powers and buffer capacities with load-side management and scheduling

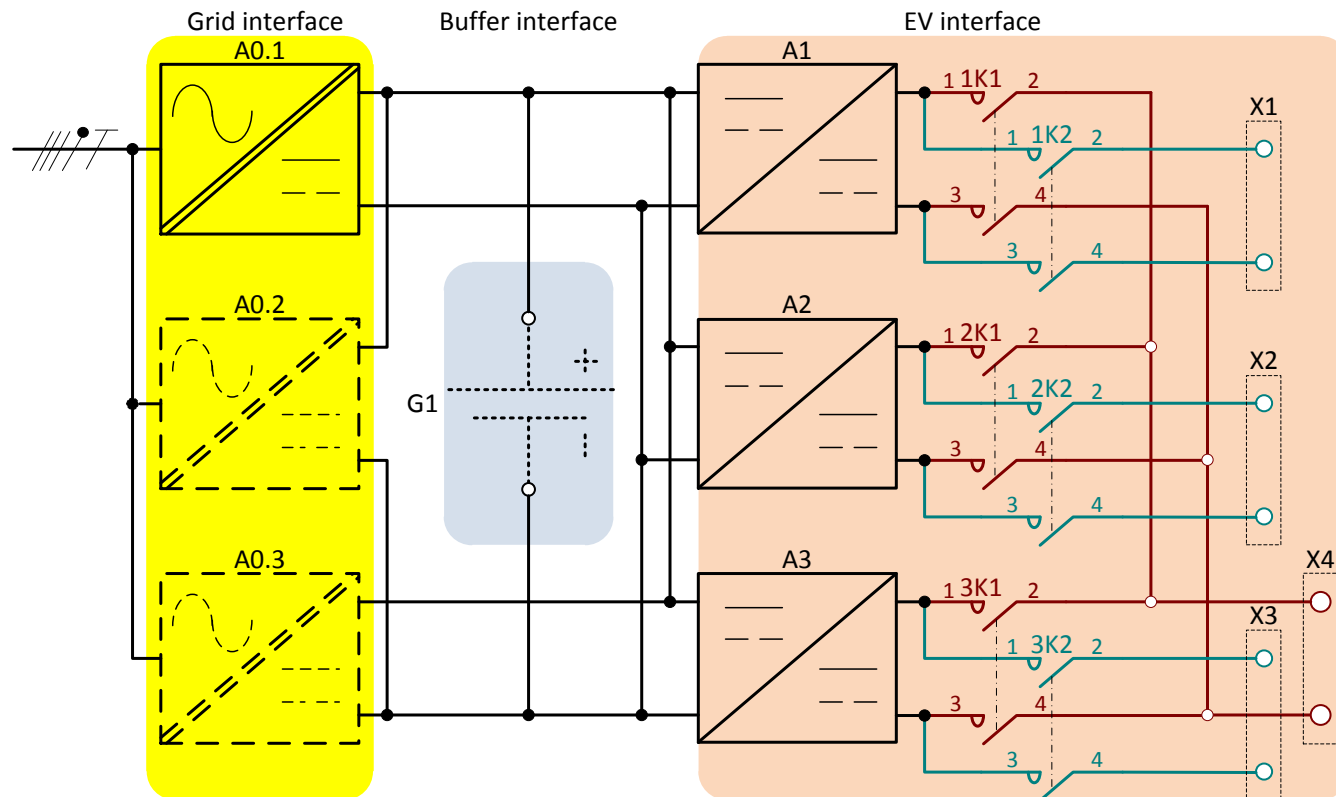
EV/day	EV ports	Grid connection [kW]		Buffer connection [kW]	Buffer capacity [kW·h]	
		Levelling	Shifting		Levelling	Shifting
50	1 · 284 kW	112	84	315	144	639
100	2 · 284 kW	196	157	630	218	1155
200	3 · 284 kW	426	322	945	334	2281

# Propositions d'architectures innovantes

# Propositions d'architectures innovantes

Station de recharge «Multiport»

Système à sorties configurables (N- charges rapides ou M- charges lentes)

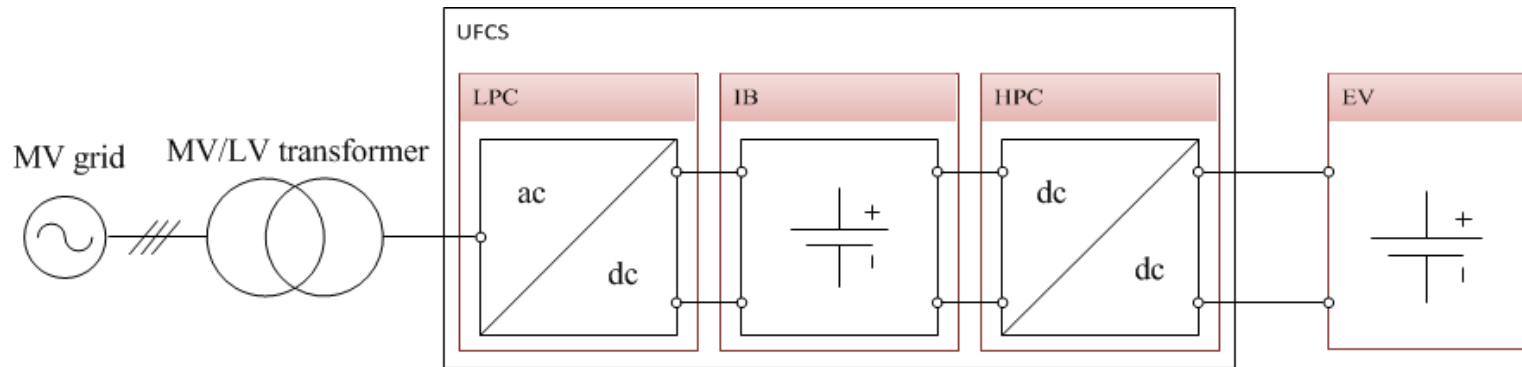




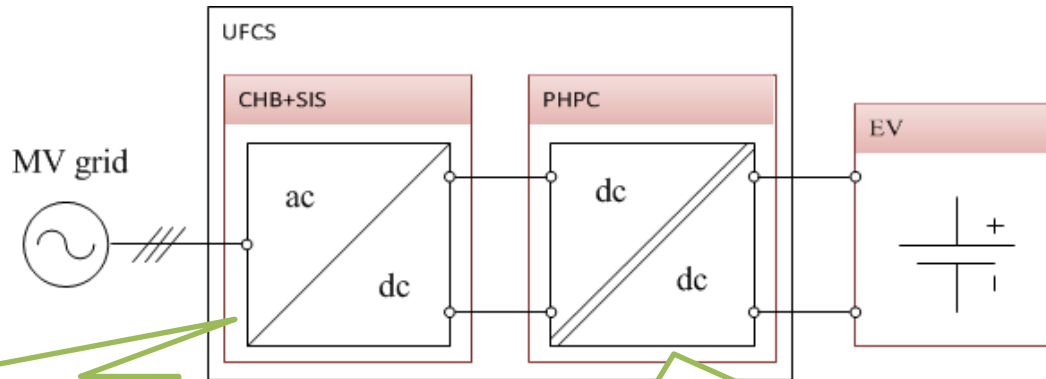
# Propositions d'architectures innovantes

## Interconnexion directe au réseau MT

### Classical



### CHB-based

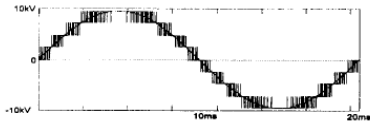


**Cascaded H-bridge and split integrated storage**

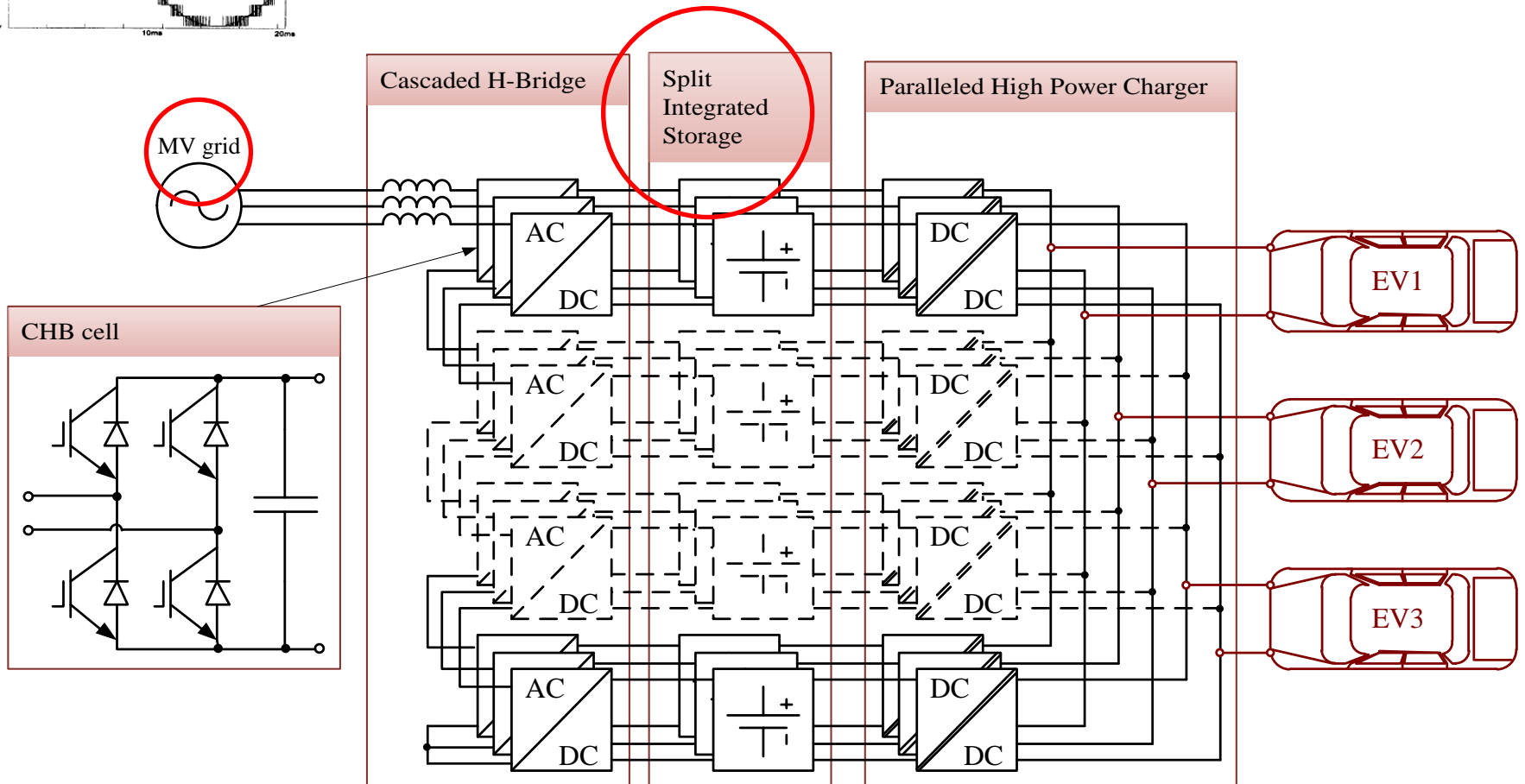
**Paralleled high power charger**

# Propositions d'architectures innovantes

## Topologie «CHB» (Cascaded H-Bridges)

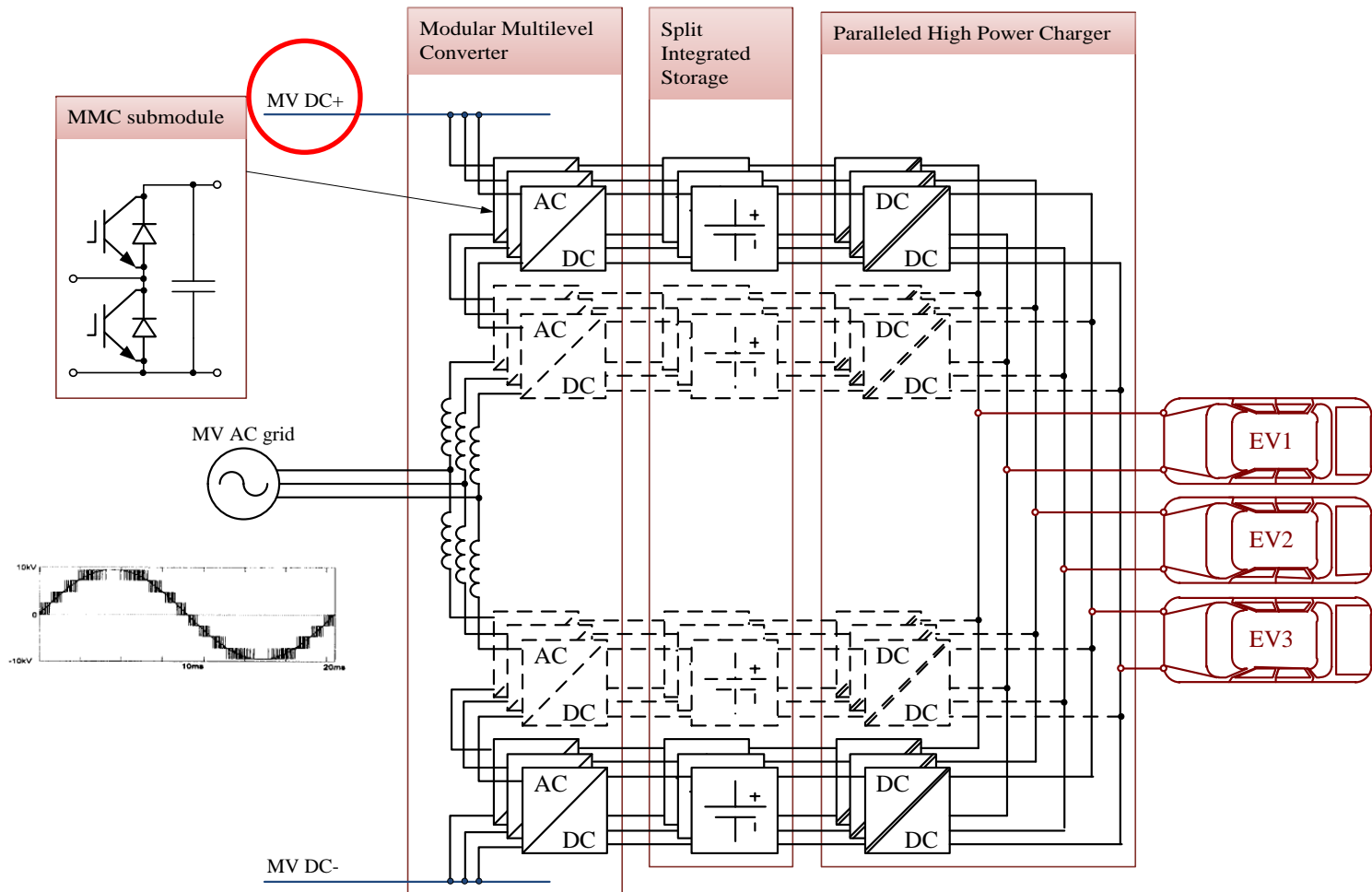


Low distortion at grid side due to high resolution of multilevel waves



# Propositions d'architectures innovantes

## Topologie «MMC» (Modular Multilevel Converter)



# Propositions d'architectures innovantes

Ces nouvelles topologies font partie de compétences d'une nouvelle société (start-up from EPFL):

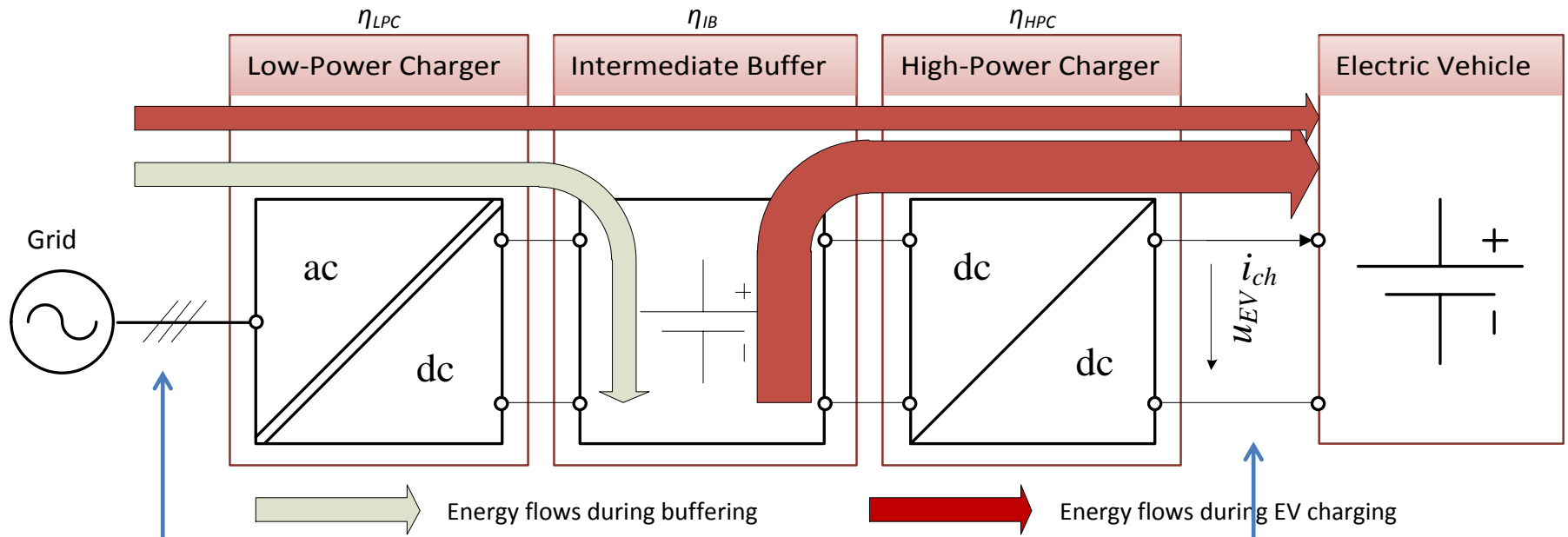


<http://www.imperix.ch>

Opportunités d'investissements!

# Le démonstrateur réalisé (projet UFCEV)

# Le démonstrateur réalisé



Limited input power(max): 21kW    Maximum fast charge power: 220kW

Buffer capacity: 29kWh

# Le démonstrateur réalisé



# Le démonstrateur réalisé



Swiss Mobility Days 2016, Martigny, A. Rufer



# Le démonstrateur réalisé



Swiss Mobility Days 2016, Martigny, A. Rufer

# Conclusions

- La recharge rapide des véhicules électriques exige une attention particulière en regard de la densité de puissance.
- Les défis importants:
  - Sollicitation en puissance du réseau
  - Questions de rendement énergétique
- Une analyse statistique permet de concevoir et dimensionner des stations de recharge «Multiports» utilisant le principe de l'accumulation tampon.
- De nouveaux concepts ont été développés pour de grandes installations de recharge flexibles.
- Un premier système démonstrateur pour la recharge rapide a été réalisé, qui utilise un accumulateur tampon.

**Merci pour votre attention**