

# **Pourquoi la charge des véhicules électriques doit être intelligente ?**

**Serge PELISSIER**

**serge.pelissier@ifsttar.fr**

**Institut Français des Sciences et des Technologies des  
Transports, de l'Aménagement et des Réseaux (IFSTTAR)**

**Laboratoire Transports et Environnement (Bron – 69)**

# Pourquoi la charge des véhicules électriques doit être intelligente ?

- ❑ Quelques définitions de base : VA, W, Wh, joule ....
- ❑ Impacts sur l'infrastructure de distribution/production
  - énergie
  - puissance
- ❑ Impacts sur le CO<sub>2</sub> ?
- ❑ Impacts sur la batterie
- ❑ La recharge intelligente : c'est quoi ?

# Quelques définitions de base

## **VA = puissance apparente**

- produit « brut » du courant et de la tension  $UI$
- permet de dimensionner les équipements et le réseau de distribution

## **Watt (W) = puissance active**

- produit du courant et de la tension intégrant le déphasage entre  $u$  et  $i$  ( $UI \cdot \cos \phi$ )
- correspond à l'énergie (chaleur, force,...) « utilisable » par seconde

*NB1 : La puissance apparente est toujours supérieure à la puissance active*

*NB2 : Le fournisseur d'électricité impose aux utilisateurs d'avoir un  $\cos \phi$  minimum car c'est la puissance active qui est facturée (réellement consommée)*

## **Watt.heure (Wh) = énergie**

- produit de la puissance active et de la durée d'utilisation en h
- 10W pendant 15min représente  $10 \times 1/4 = 2,5$  Wh
- autre unité le Joule :  $1 \text{ J} = 1 \text{ W.s}$  ou  $1 \text{ W.h} = 3600 \text{ J}$

# Quelques définitions de base

## Les multiples du Watt

- kW = kilo Watt =  $10^3$  W – on a de la même façon le kWh
- MW = Méga Watt =  $10^6$  W – on a de la même façon le MWh
- GW = Giga Watt =  $10^9$  W – on a de la même façon le GWh
- TW = Téra Watt =  $10^{12}$  W – on a de la même façon le TWh

## Relation entre énergie stockée, durée de recharge et puissance de recharge

Une batterie de 10 kWh se charge

- en 10 h avec une puissance de 1 kW
- en 1 h avec une puissance de 10 kW
- en 0.1 h (6 min) avec une puissance de 100 kW

# Charge = transfert d'énergie

## Petite comparaison des facilités de transfert d'énergie à un véhicule

(d'après A. Rufer – EPFL)

### Remplissage d'un réservoir d'essence à une station :

- Débit de la pompe : 38 litres/min
- Energie spécifique : 42MJ/kg
- Densité : 0.83kg/litre

Puissance de transfert  $\approx 22$  MW (!!!)

(1 TGV = 10 MW)

Pertes (pompe)  $\approx 500$  W

### Remplissage d'un accumulateur électrique :

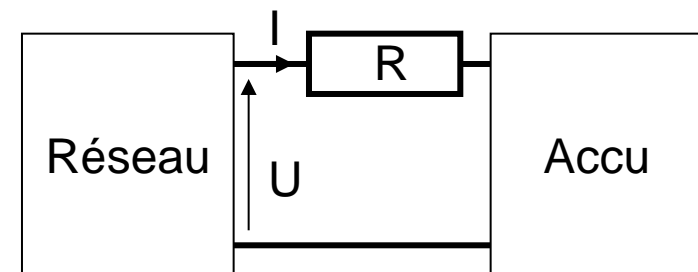
On veut la même puissance (22 MW)

avec les mêmes pertes (500 W)

- la puissance est donnée par  $UI$
- les pertes sont fixées par  $RI^2$
- la résistance est liée aux dimensions du câble

U (V)	I (A)	R ( $\mu\Omega$ )	$\Phi$ du câble (mm)
1 000	22 000	1	460
10 000	2 200	100	46
100 000	220	10 000	4,6

(pour une longueur de câble de 10m)

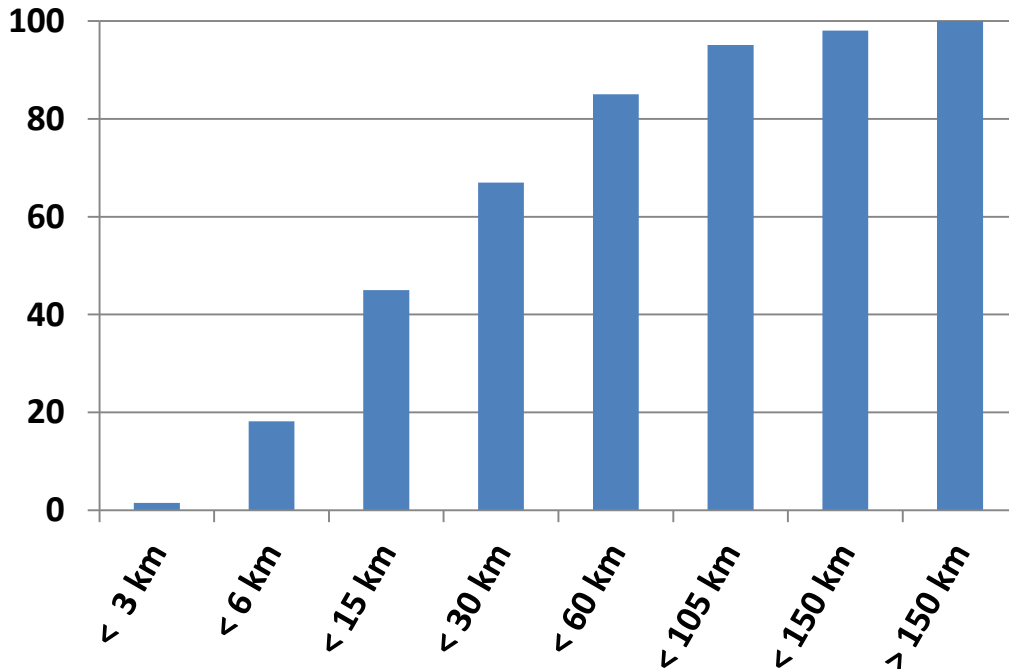


# Exemple préliminaire : la voiture électrique

## 1 - Combien de voitures électriques ?

- Il y a 37 millions de véhicules particuliers en France
- L'ADEME prévoit 1 million de VE en 2020,
- Le plan national français prévoit 1.8 million de VE en 2020
- 75 000 VE ont été vendues depuis 2012 en France

## 2 - Quelle distance parcourue quotidiennement ?



**80 % des véhicules  
parcourent  
moins de 60 km  
quotidiennement  
en semaine (Enquête  
Nationale Transport 2008 )**

# Impacts sur le réseau du point de vue « énergie »

## Hypothèses :

Consommation : 200 Wh/km

Distance quotidienne : 60 km

Nb de VE	Total GWh/an pour la recharge	% de la production totale
1 000 000	4 380	0.8 %
5 000 000	21 900	4 %
37 000 000	162 060	29 %

*Production totale annuelle française = 550 000 GWh*

**Un faible impact en énergie pour 1 000 000 de VE**

# Impacts sur le réseau du point de vue « puissance »

Nb de VE	Puissance nécessaire pour charge lente (3 kW)		Puissance nécessaire pour charge rapide (44 kW)	
	GW	% puissance installée	GW	% puissance installée
1 000 000	3	2.5 %	44	36 %
5 000 000	15	12 %	220	180 %
37 000 000	111	90 %	1 628	1360 %

*Puissances installées en France : 123 GW*

**Un impact significatif en puissance même pour 1 000 000 de VE**

**La charge rapide est critique pour la stabilité du réseau**



# Impacts sur le réseau : application aux bus électriques

**Hypothèses :** 50% du parc de bus et des km en « électrique »  
consommation = 1 kWh/km

*Rappel (statistiques du ministère) :*  
26 000 autobus immatriculés en France et  $10^9$  km parcourus/an

<b>Energie totale pour la recharge</b>	<b>5 000 GWh/an</b>	<b>0.1 % de la production française</b>
<b>Puissance nécessaire pour charge lente (60 kW)</b>	<b>0.8 GW</b>	<b>0.6 % de la puissance installée</b>
<b>Puissance nécessaire pour charge rapide (300 kW)</b>	<b>4 GW</b>	<b>3 % de la puissance installée</b>

**Un très faible impact en énergie)**

**Un impact faible en puissance si charge lente (60kW)**

**La charge rapide peut être critique pour la stabilité du réseau**

# Bilan des impacts sur l'infrastructure

## L'impact sur l'infrastructure nationale :

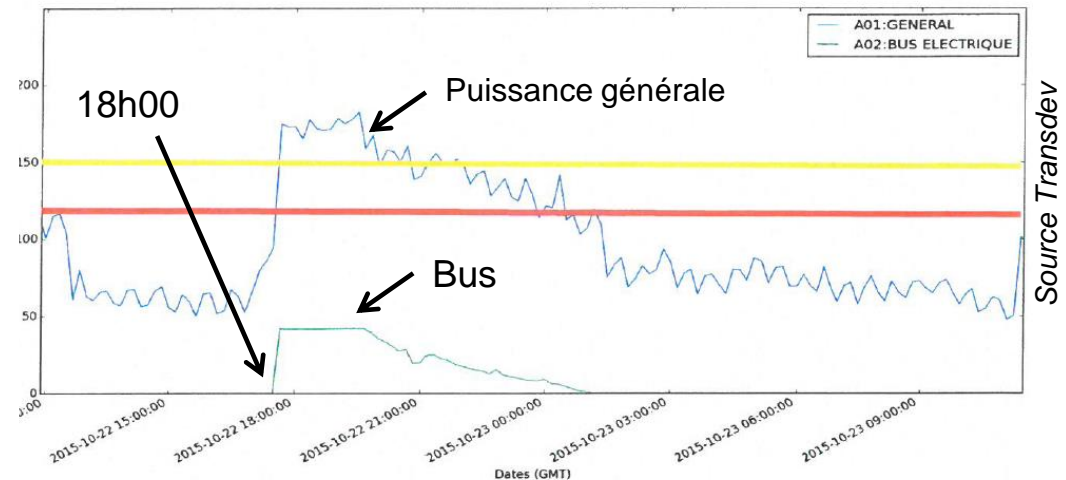
- est négligeable en matière d'énergie
- peut devenir significatif en matière de puissance

## L'impact sur l'infrastructure

### locale n'est pas négligeable :

- pointe de puissance
- **Coût financier**  
(abonnement,  
dimensionnement  
infrastructure interne, ...)

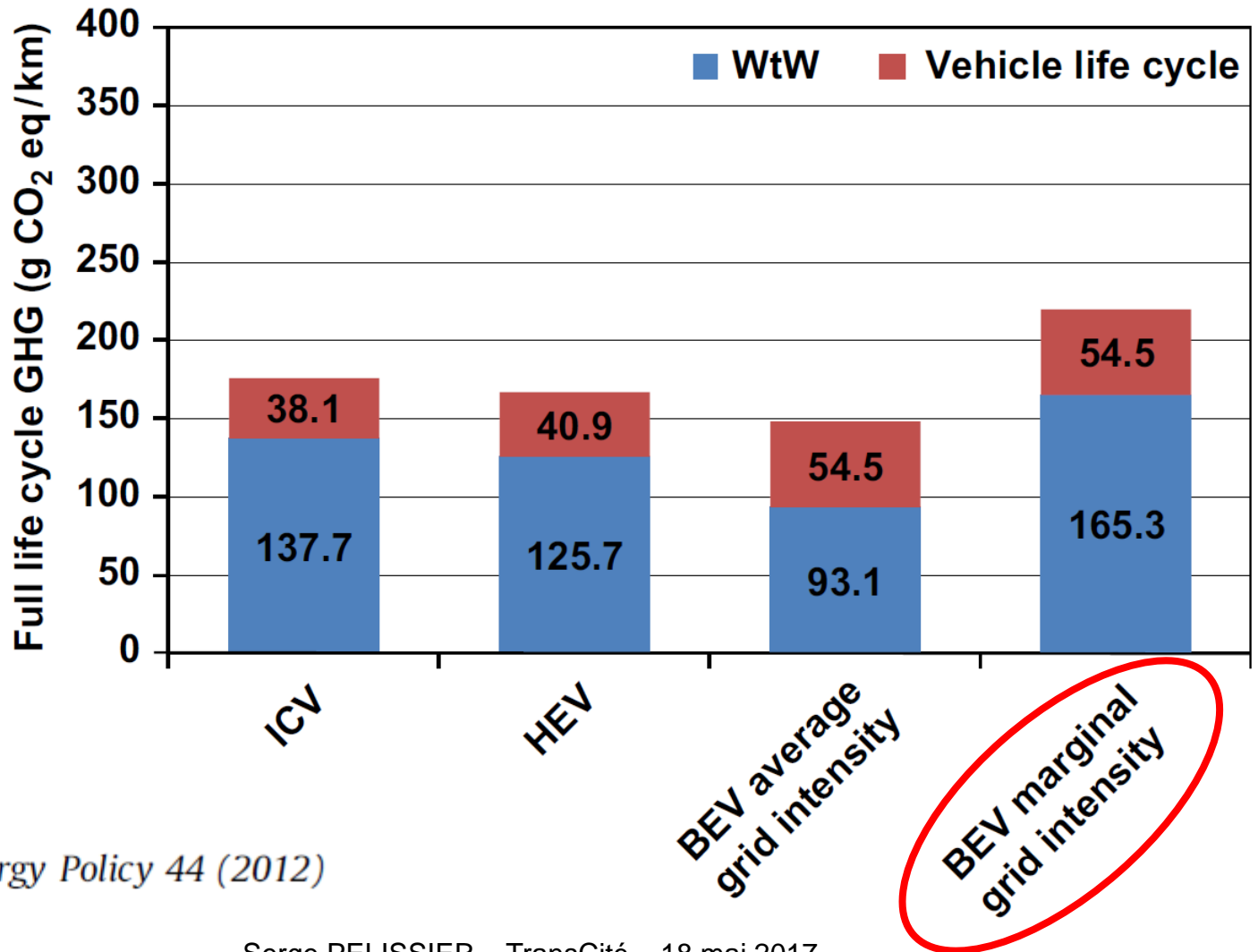
Exemple de profil de puissance d'un dépôt avec 1 bus électrique



**Une charge non « maitrisée » peut avoir des impacts forts en matière de puissance : stabilité, perturbation harmonique, dimensionnement, ...**

# Contenu CO<sub>2</sub> de l'énergie électrique

Le contenu CO<sub>2</sub> de l'électricité augmente pendant les « pointes de puissance » (exemple sur données UK)



H. Ma et al. / Energy Policy 44 (2012)

# Impacts sur le vieillissement des batteries

Une batterie vieillit suivant 2 modes :

- calendaire (pendant phase de repos – courant nul)
- en cyclage (phase de roulage ou de charge)

Une batterie lithium se charge « classiquement » en 1h ~1h30 sans incidence sur son vieillissement (si la thermique est bien maîtrisée)

❖ Facteurs influant le vieillissement calendaire :

- état de charge (**SOC**)
- température

⇒ *Une batterie stockée pleinement chargée et à température élevée (50°C) vieillit « mal »*

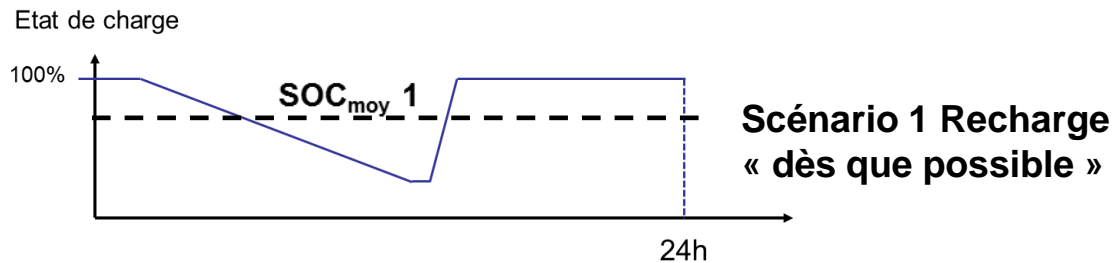
❖ Facteurs influant le vieillissement en cyclage :

- état de charge et variation d'état de charge ( $\Delta$  **SOC**)
- température
- courant ( forme, amplitude,...)

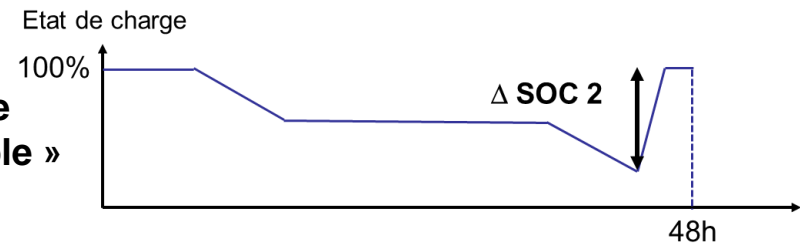
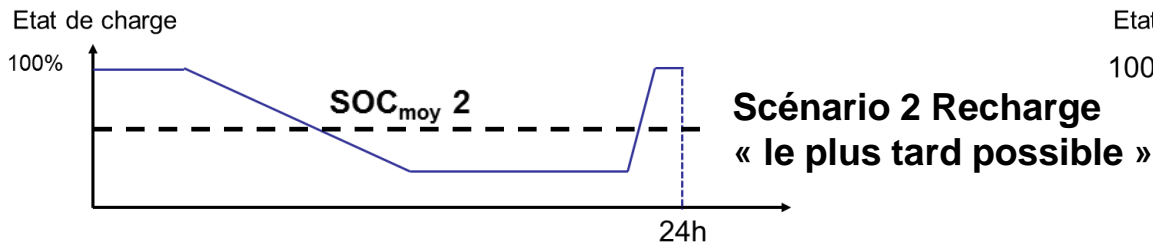
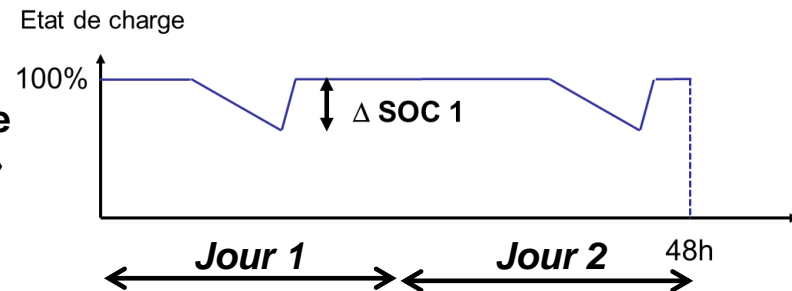
# Impacts sur le vieillissement des batteries

Il est intéressant de choisir les moments de recharge et d'agir sur l'état de charge « moyen »  $SOC_{moy}$  et/ou la variation d'état de charge  $\Delta SOC$

**Une recharge quotidienne est obligatoire**



**Une recharge quotidienne n'est pas obligatoire**



$$SOC_{moy} 1 > SOC_{moy} 2$$

$$\Delta SOC 1 < \Delta SOC 2$$

⇒  **Vieillissements calendaire et en cyclage différents**

# Les enjeux d'une charge intelligente / gestion intelligente

- ❑ Une charge est intelligente si le véhicule ne se charge pas sitôt connecté à sa prise
- ❑ Une charge intelligente a pour objectif de répartir dans le temps les charges des différents véhicules pour limiter les appels de puissances
- ❑ Une charge non-intelligente ne pose pas (trop) de problème avec un faible nombre de véhicules. Dans le cas d'une flotte importante, elle peut devenir « explosive ».

Une gestion intelligente des recharges peut/doit tenir compte :

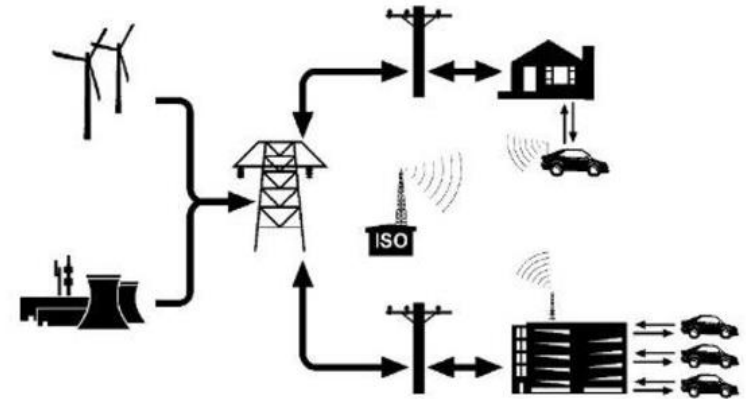
- des missions commerciales des véhicules
- des contraintes de puissance appelée et de tarification liées au réseau
- des caractéristiques des matériels
- des contraintes de vieillissement des batteries

# Les enjeux d'une charge intelligente / gestion intelligente

Une gestion intelligente des recharges nécessite des informations fournies par :

- le réseau électrique (disponibilité, tarif,...)
- les véhicules (SOC de la batterie)
- le gestionnaire de flotte (mission à remplir et planning de chaque bus, disponibilité des bornes, ...)

Une gestion intelligente peut s'appuyer sur un réseau intelligent (smart-grid) et éventuellement faire appel à du V2G, du V2V ou du stockage « tampon ».



Source : J. Tomic, W. Kempton, *J. Power Sources* (2007)

⇒ **Une charge intelligente optimise un problème multicritère et multivariable**

*Une thèse sur la gestion optimale des recharges des bus électriques d'un dépôt est en cours dans le cadre d'une collaboration TRANSDEV - IFSTTAR*

**Merci de votre attention**

**[serge.pelissier@ifsttar.fr](mailto:serge.pelissier@ifsttar.fr)**