

Défi des accumulateurs d'énergie: ils modifient le paysage énergétique

Congrès de l'AEE

14 novembre 2016 | Stade de Suisse BERNE

Ralph Eichler, membre du conseil d'administration de la Belenos AG et ancien président de l'EPF

Ordres de grandeur de la puissance électrique

Puissance: énergie par seconde (ce que les centrales produisent à chaque seconde)

Consommation de pointe en Suisse (hiver) 10 GW
Puissance hydroélectrique installée 16 GW (5 GW d'accumulation par pompage)

Centrale de Gösgen 1 GW
Lacs de retenue du Grimsel 1 GW = 1000 MW

Pleins d'essence (35 litres par minute) 17 MW = 17 000 kW

Constante solaire par m² 1 kW
Puissance «crête» photovoltaïque, par m² 0.2 kW



Ordres de grandeur de la puissance électrique

25% de la consommation totale en 2015 provenaient de l'énergie électrique

Énergie: Puissance x temps (ce que l'on paye).

Consommation annuelle suisse 2015*	63 TWh
Production hydroélectrique*	36 TWh (été 21 TWh, hiver 15 TWh)
Consommation des pompes d'accumulation*	2.3 TWh
Total de toutes les pertes*	4.3 TWh
Potentiel énergétique de tous les lacs de retenue*	8.8 TWh (dont 0.2 TWh pour les stations de pompage)
Grand Dixence en une année	2 TWh (été 0.5 TWh, hiver 1.5 TWh)
Centrale nucléaire de Gösgen en une année	8 TWh = 8 000 000 000 kWh
Photovoltaïque par an et par m ² sur le Plateau	200 kWh
50 litres d'essence (autonomie de VW Golf 800 km)	450 kWh
Batterie conventionnelle de démarrage	1 kWh
Batterie TESLA et Belenos (prévue)	100 kWh

*Source OFEN 2016

Remplacement d'une centrale nucléaire d'une puissance de 1 GW

Énergie annuelle produite:

8000 GWh = 8 TWh par la centrale nucléaire de Gösgen:

Le remplacement par une centrale photovoltaïque produisant en Suisse 200kW/m² par an requiert

40 millions de m² → 5 500 m² installés (1/2 terrain de football) chaque jour pendant 20 ans

Puissance:

1 GW par la centrale nucléaire de Gösgen

Le remplacement par une centrale photovoltaïque dont la puissance-crête est de 200kW/m² et 40 millions de m² fournit

8 GW_p d'origine photovoltaïque

Conclusion: il y a des périodes en été où on a 8 fois trop de puissance dont personne ne peut profiter et, la nuit, il manque 1 GW de puissance.

→ **les accumulateurs servant à stocker les puissances de pointe sont indispensables**

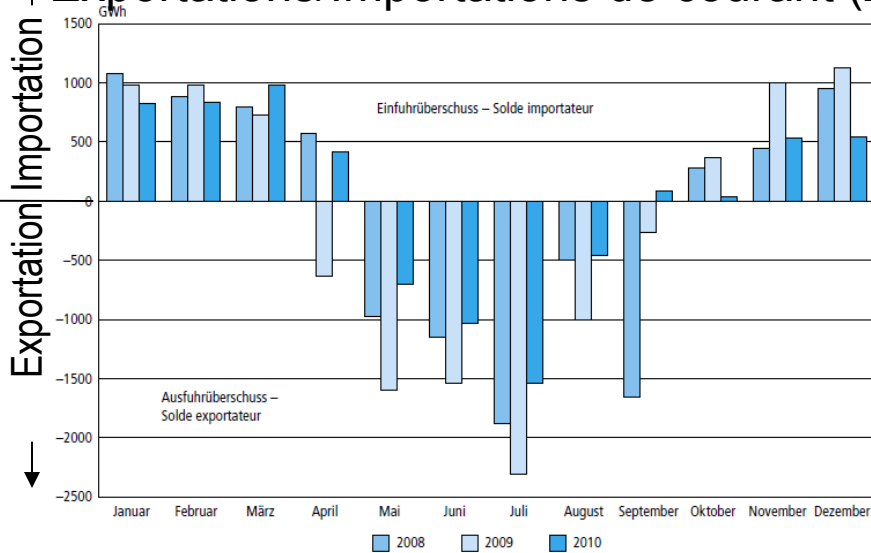
Parlement 2016: à partir de nouvelles sources d'énergie renouvelable

11.4 TWh d'ici à 2035

22.8 TWh d'ici à 2050

Fluctuations saisonnières de l'offre et de la demande

↑ Exportations/Importations de courant (2008-2010)



Aujourd'hui

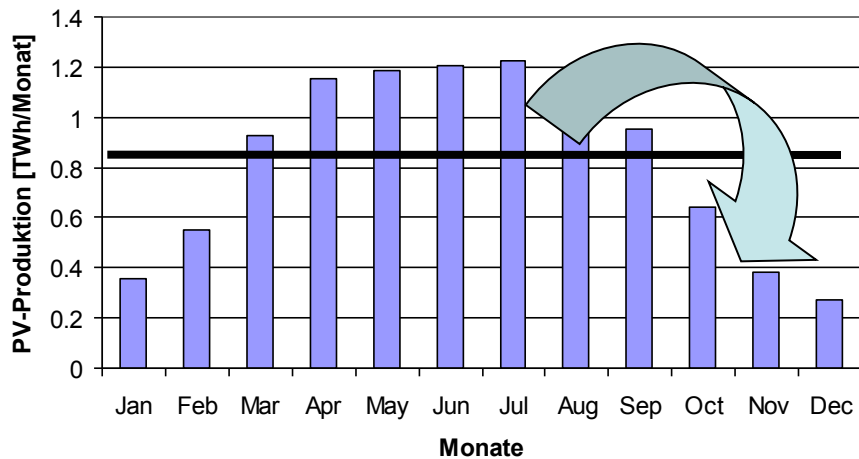
Hiver Solde d'importation 2-5 TWh

Été Excédent

2015 Excédent net d'exportation 1 TWh

2011 Excédent net d'importation 2.5TWh

Simulation: Production annuelle photovoltaïque (10 TWh)



Avenir

La production photovoltaïque accroît les besoins de stockage saisonnier et de pointe



PV: Été en vue de l'hiver pour 10 TWh: + 1.8 TWh

Stabilité du réseau et temps de stockage

Minutes: les masses en rotation dans les centrales hydroélectriques et nucléaires génèrent de l'inertie

→ pour le PV, il faut des batteries ou des piles à combustible



Heures: Batteries



Modules conteneurs

Accumulateurs d'énergie 600 kWh

Puissance délivrée 900 kW max.

Capacité de recharge 300 kW (temporairement 700 kW)

Conteneurs 41.8 m³, 14.0 t

Densité énergétique 14.4 Wh/litre,

Degré d'efficacité (90% charge + décharge)

Source Saft

Accumulateurs saisonniers (été - hiver)

Lacs de retenue

$\eta \approx 75\text{-}80\%$ (stations de pompage)

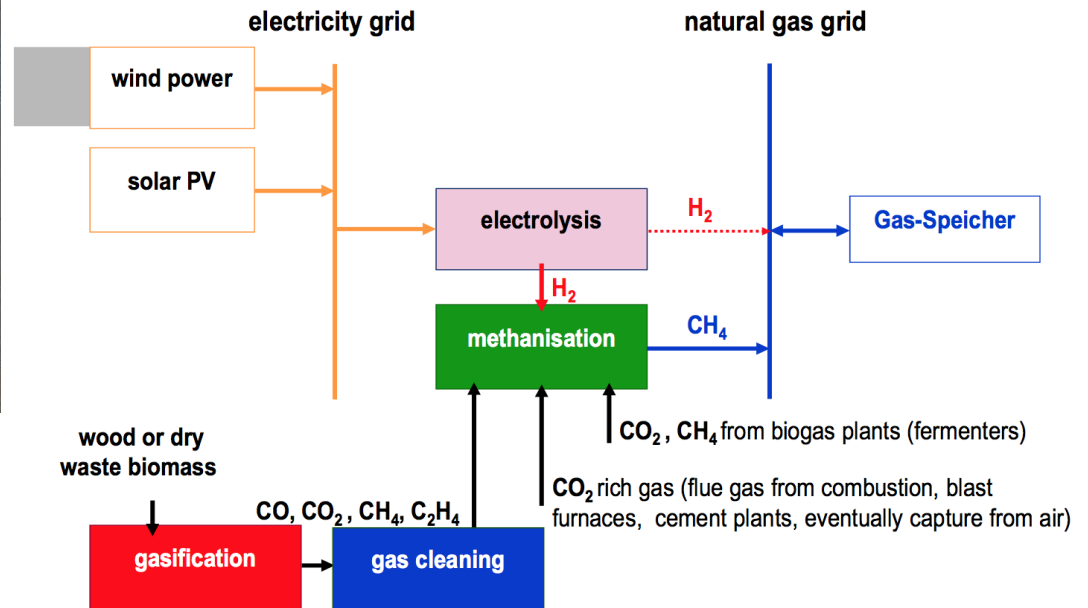


Synthèse de méthane/gaz naturel

$\eta \approx 30\text{-}40\%$ (courant \rightarrow CH₄ \rightarrow courant)



Power-to-Gas: Methanisation as the Key for Linking Electricity Grid with Natural Gas Grid



Les deux combinés aux prix du courant actuels: env. deux fois plus chers.

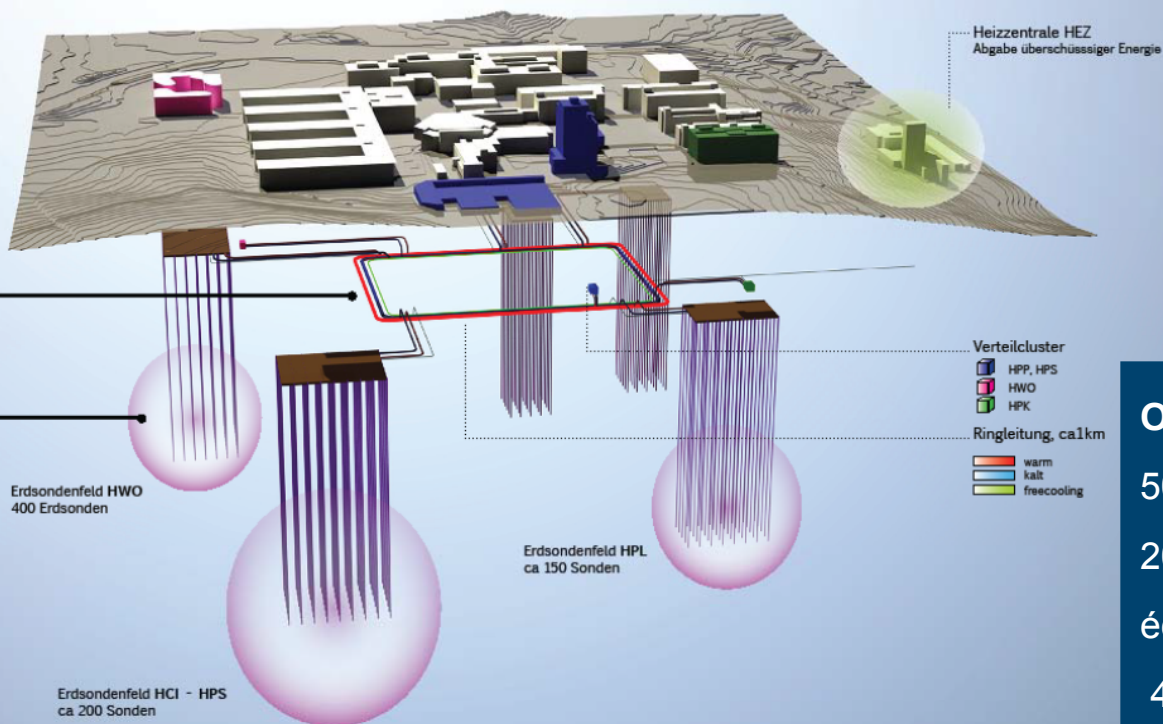
Accumulateur souterrain dynamique à l'EPF Hönggerberg en 2014: 27 GWh de chaleur, 16 GWh de froid, 53 GWh d'électricité

Erdsondensystem in Science City

Verbraucher

Verteilnetz

Gewinnung/
Speicherung



Objectif:

50% réduction de CO₂ d'ici à 2025

économie escomptée:

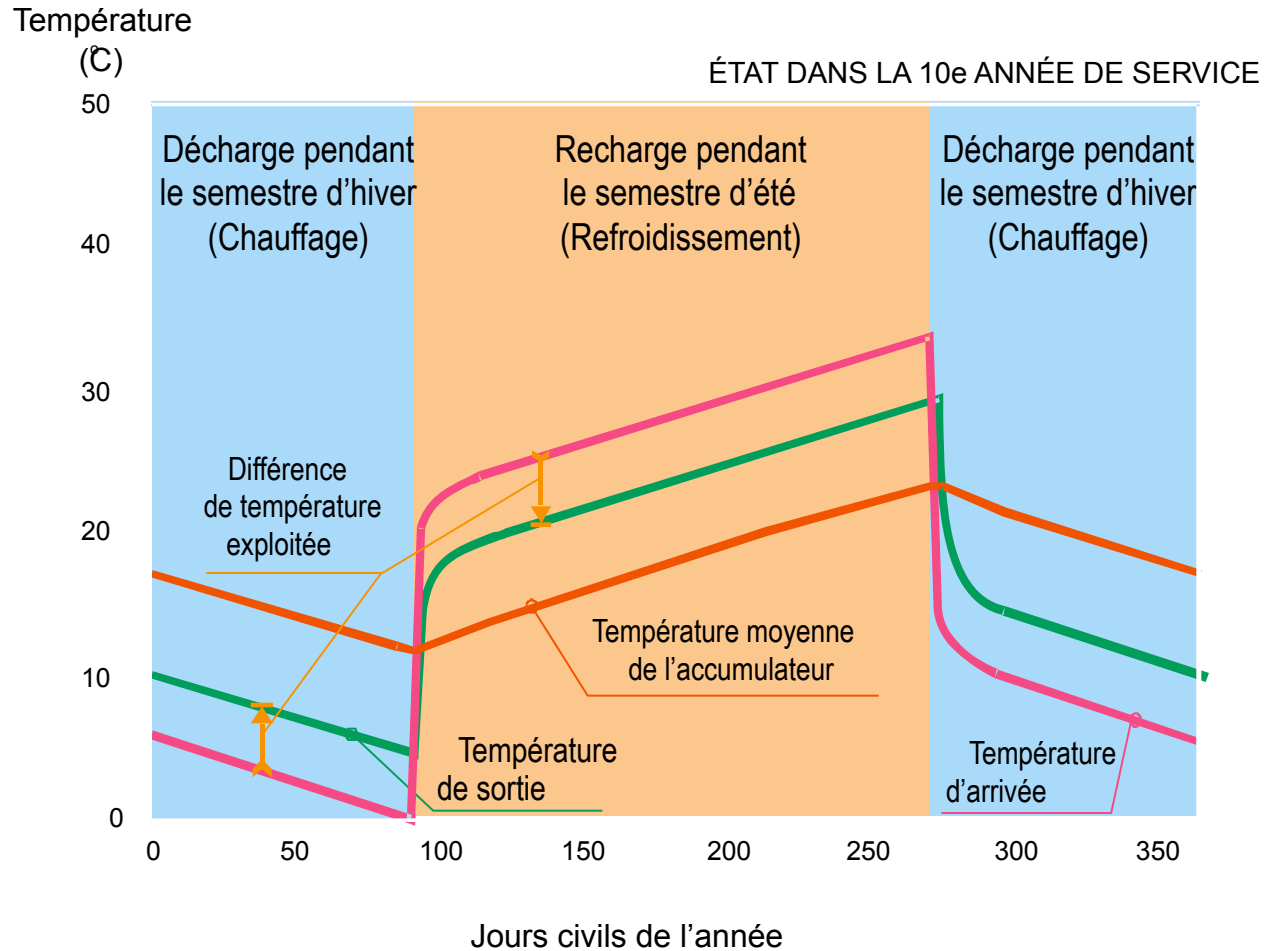
4000 t CO₂/an,

>1 MCHF/an

Amortissement sur 15-20 ans

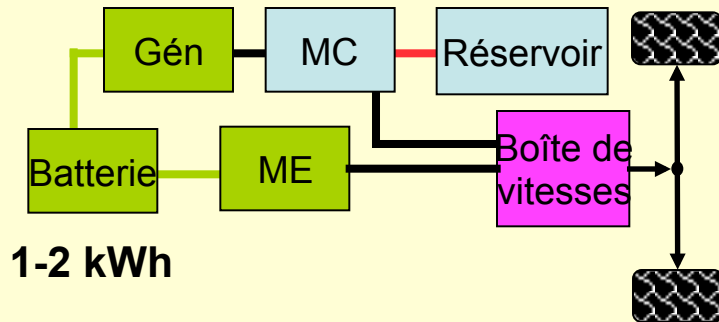
Fonctionnement du système d'accumulateur souterrain dynamique

- Températures dans le système d'accumulateur souterrain

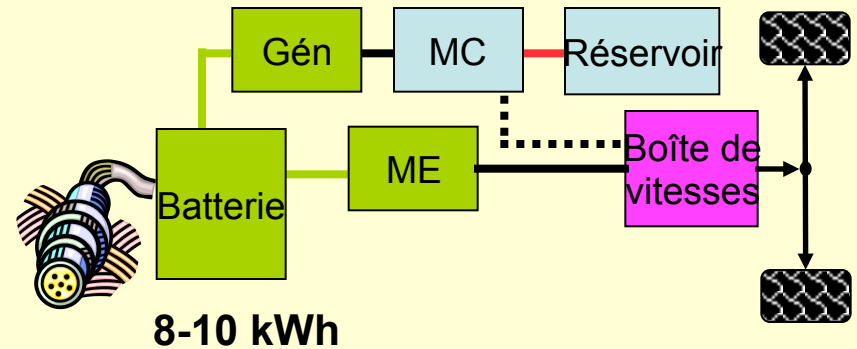


Batteries dans les concepts de propulsion automobile

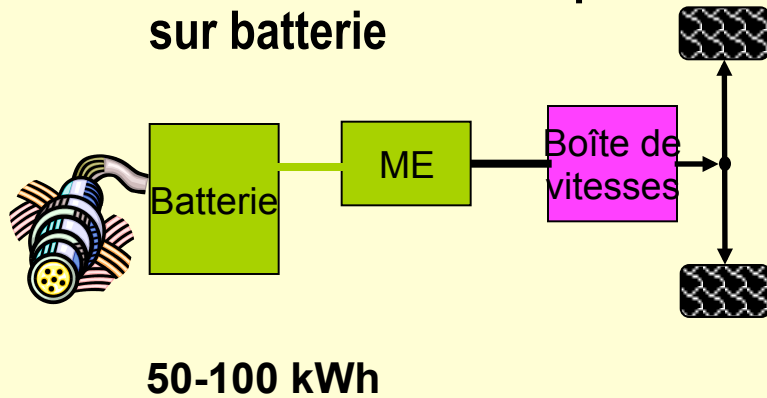
Moteur à combustion hybride



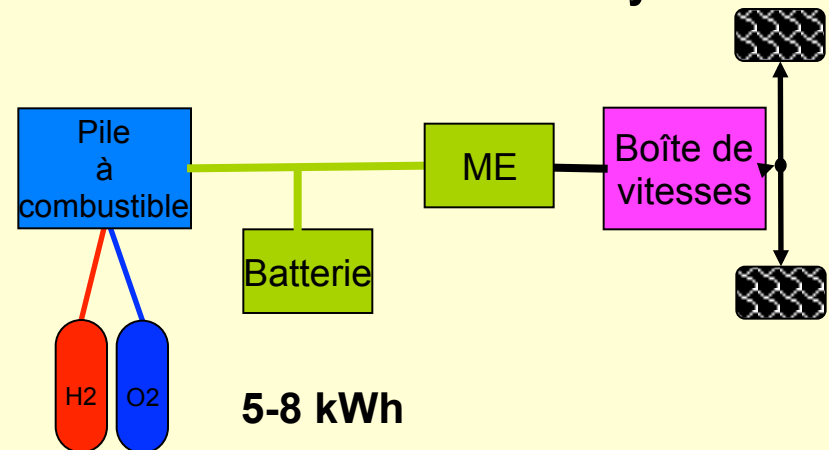
Moteur à combustion plug-in hybride



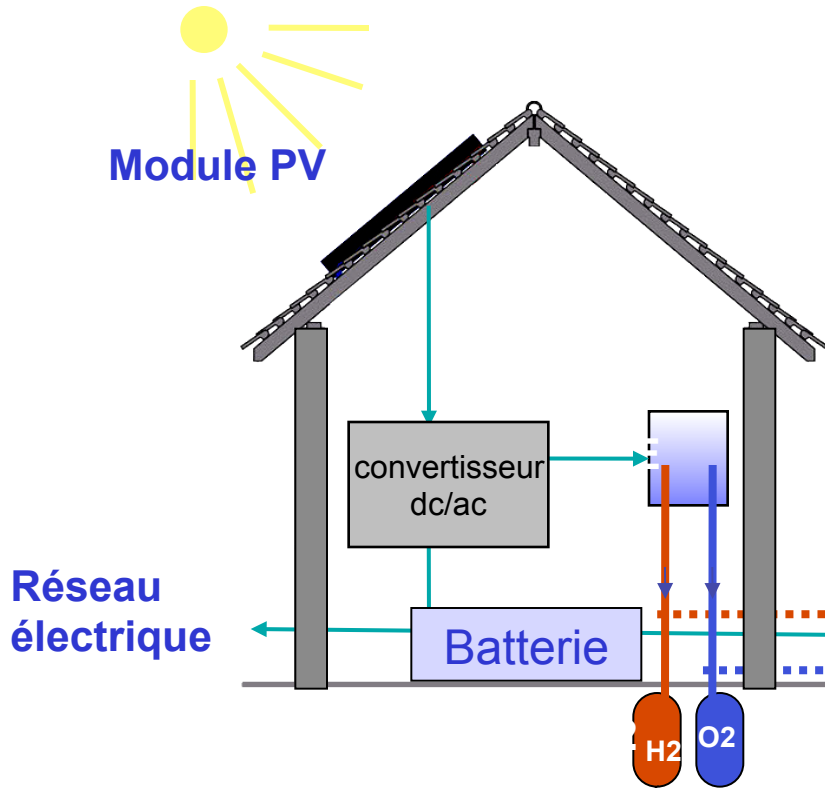
Fonctionnement électrique sur batterie



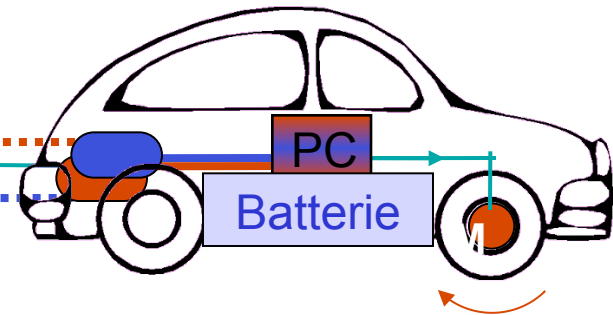
Piles à combustible hybrides



Vision de N.G. Hayek en 2008



— Électricité
— Oxygène
— Hydrogène



Pile à combustible ou batterie

Production hydrogène ou
stockage dans une batterie

Électromobilité en Chine

Chine: (NZZ 29 août 2016)

- Directives de qualité, par ex. densité énergétique, nombre de cycles de charge/décharge, système de recyclage
- En 2015: 331 000 voitures électriques, hybrides, à piles à combustible, dont 80% des véhicules électriques actuelles ne répondent pas encore aux critères de qualité requis
- D'ici à 2020: 1 million de véhicules électriques
- D'ici à 2025: 3 millions de véhicules électriques
- Air propre dans les villes, centrales nucléaires et à charbon décentralisées

Belenos a conclu entre autres un partenariat avec le constructeur automobile Geely dans le but commun d'obtenir l'homologation de la batterie Belenos en Chine

Électromobilité: exemple de TESLA

Capacité de la batterie 75 – 100 kWh selon le type, 8 ans de garantie

Autonomie 300 – 500 km en fonction du chauffage/
climatisation/poids/montagnes

Temps de recharge 30 minutes pour 80% → durée prévue 5 – 10 minutes

Capacité de chargement 160 kW pour une recharge à 80 kWh en 30 minutes

10 kW pour une recharge la nuit (8 heures)

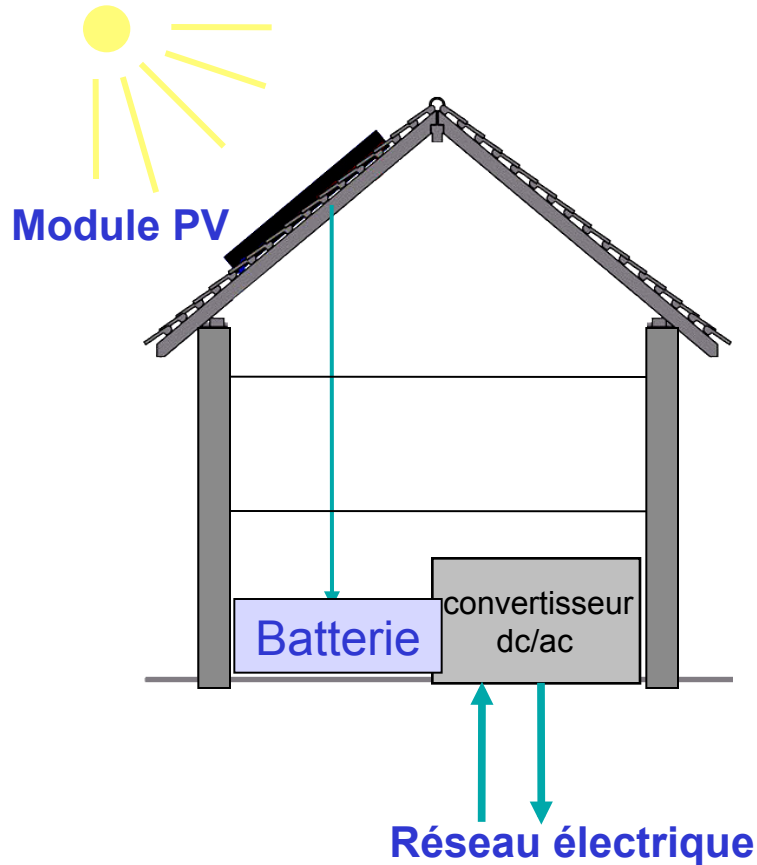
800 kW pour une recharge à 80 kWh en 6 minutes

70 W réchauffement des câbles de Cu 5 cm de
diamètre, 2 m de longueur pour 800 kW = 400 V * 2000 A:



Source : en.wikipedia.org/wiki/Tesla-Model-S#Battery

Batteries à domicile



cycle de recharge typique d'une journée 90% - 20% - 90%
Devrait conserver une puissance ~ 20 ans de 80 %
c.-à-d. 7000 cycles de charge/décharge

Le poids ne joue aucun rôle

Puissance 2-5 kW, capacité de stockage 5 -10 kWh *)

par ex Tesla powerwall, 6000 CHF pour 14 kWh
www.tesla.com/de_CH/powerwall

env. 35 % utilisation réduite du réseau (étude de la SATW)

Mais réseau important pour les besoins de pointe!

→ nouvelle structure des coûts nécessaire
(puissance de raccordement?)

*) Mais: capacité et puissance supérieures nécessaires pour décharger le réseau local et recharge des voitures électriques le soir

Avenir des caractéristiques des batteries

Panasonic aujourd'hui 243 Wh/kg pour un élément

TESLA aujourd'hui 140 Wh/kg pour toute une batterie

(sécurité, ventilation, électronique)

LG Chem aujourd'hui 130 €/kWh pour un élément, 260 €/kWh pour toute une batterie

Objectifs de Belenos

- 400 Wh/kg pour un élément
 - Production de la matière première en Suisse
 - Production de la batterie pour l'Europe en Suisse
 - Production de la batterie pour l'Asie, par ex. en Chine
 - Avantages: risque d'incendie réduit, chargement rapide, matériel recyclable, Pas de cobalt/ nickel/ plomb
- } 2018, 2019, 2020

Il s'agit de coûts, de longévité, de risque d'incendie, de poids, d'élimination et de recyclage

À réfléchir

- Rentabilité de l'énergie hydraulique:

Les PV et les centrales hydrauliques ont toutes deux leurs productions de pointe en été

- L'électromobilité augmente la consommation de courant

Le réseau d'électricité local parfois surchargé → batteries MW

- Le remplacement des centrales nucléaires par des centrales PV et éoliennes augmentent le besoin de stockage saisonnier

Les batteries ne sont pas une solution → Importations en hiver? Power-to-Gas? Coûts?

- La transformation de l'infrastructure énergétique requiert du temps

Sans plan directeur, 35 années ne suffisent pas

Notions de potentiel (S. Hirschberg 2008)

- **Potentiel théorique:** l'offre physique intégrale d'une source d'énergie renouvelable dans la zone étudiée.
- **Potentiel technique:** décrit une partie du potentiel théorique disponible sous réserve des restrictions techniques données
- **Potentiel écologique:** aucune détérioration irréversible de l'espace vital.
- **Potentiel économique:** le total des coûts se situe (à moyen terme) dans la fourchette des systèmes concurrents. Tenir compte des rapports systémiques entre l'utilisation de l'énergie, les emplois, le pouvoir d'achat/la richesse. → ou voulons-nous une économie de l'énergie qui soit subventionnée à l'instar de l'agriculture?
- **Potentiel optimiste et réaliste:** estimation des potentiels réalisables.

ralph.eichler@ethz.ch

Merci!

