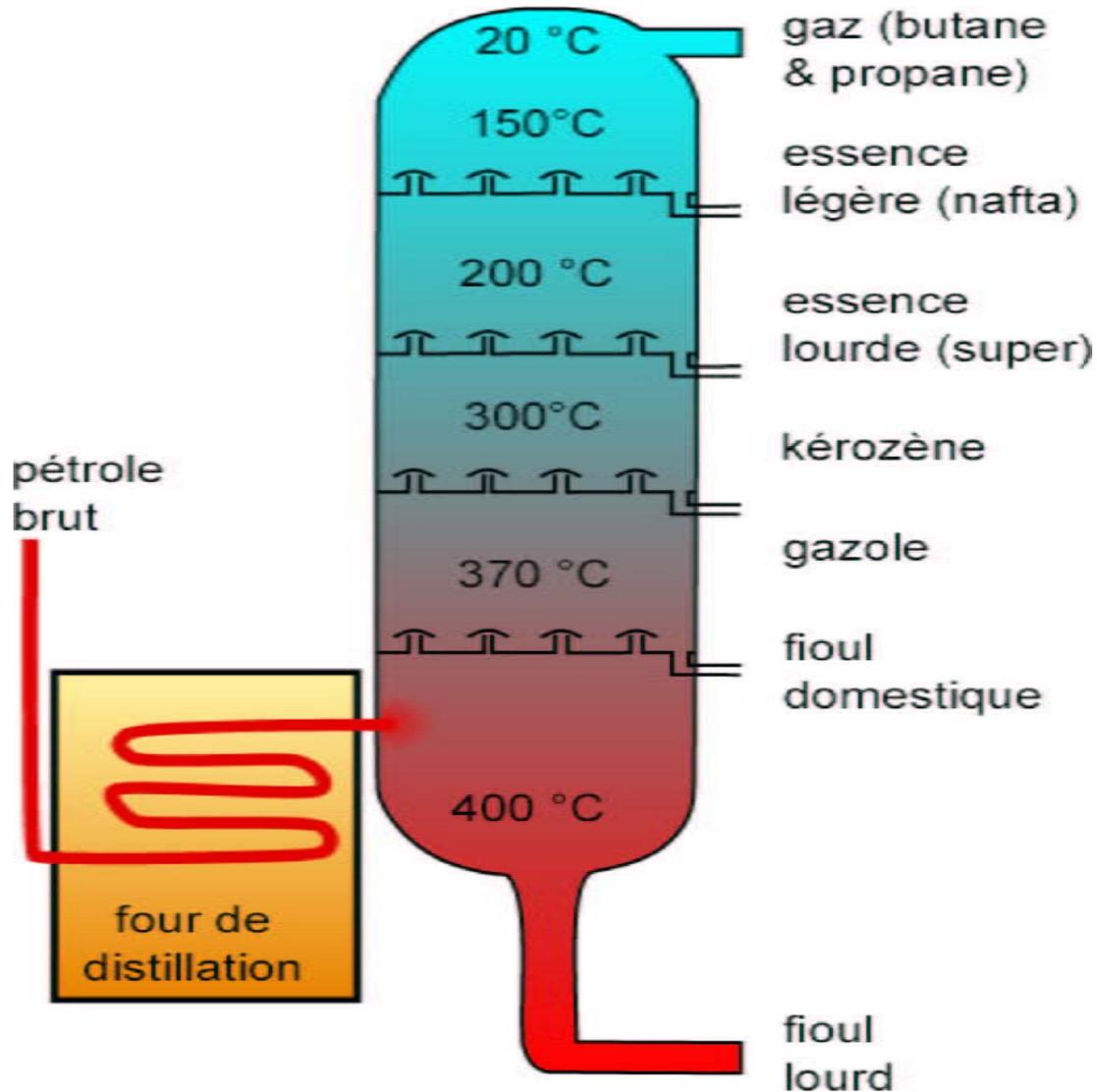


Le Pétrole et les transports. Pistes pour de nouvelles motorisations

D'après
Wikipédia,
Fauvarque in « L'énergie de demain »
F.Livet sur SLC

L'industrie pétrolière

Schéma de distillation



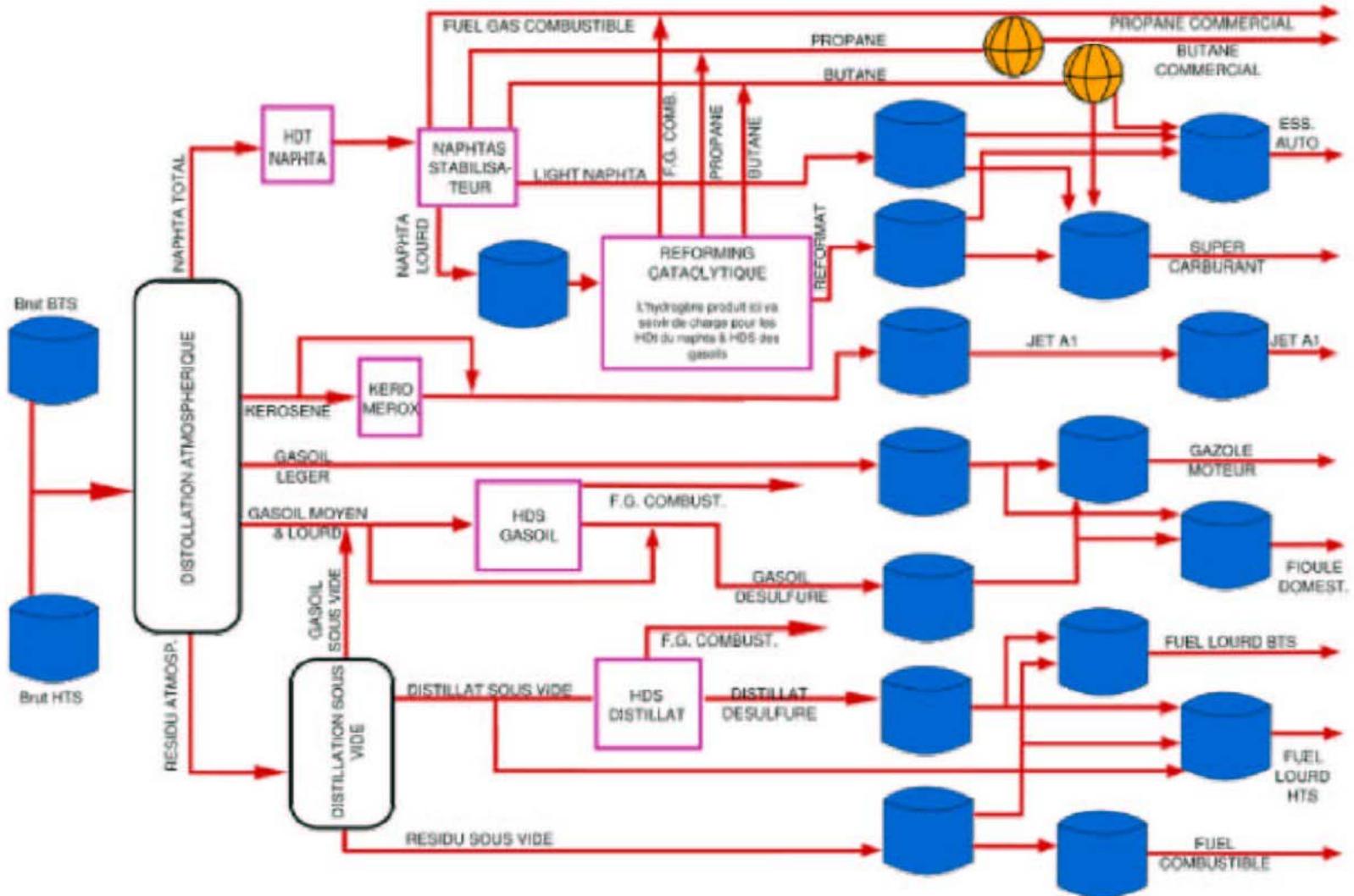
Les types de pétrole

- Paraffiniques: chaînes linéaires saturées C_nH_{2n+2}
- Naphténiques: contient beaucoup de Naphta: hydrocarbure saturé cyclique: cyclohexane (C_6H_{12})
Se transforme en hydrocarbures aromatiques par reformage catalytique
- Aromatiques contiennent cycliques insaturés type Benzène (C_6H_6) →plastiques

Les réactions

- Distillation atmosphérique et sous vide
- Hydrodésulfuration $\text{H}_2 + \text{S} \rightarrow \text{H}_2\text{S}$
- Reformage: production d' H_2 , transformation des naphthènes
- Craquage catalytique:
Hydrocarbure lourd \rightarrow Hydrocarbure léger

Schéma détaillé d'une distillerie



Adaptation à la demande

- Augmentation de la demande en fractions légères
- Complexification des distilleries
- Production et consommation d'hydrogène
- Raffinerie simple: autoconsommation:4%
- Raffinerie classique: 8%
- Avec « conversion profonde »: 12% 3 fois plus chère que la « simple »

Stockages électrochimiques

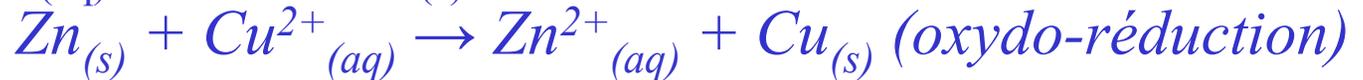
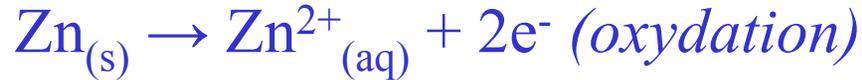
Piles et batteries: Principe

Corps oxydants et réducteurs:

- Exemple Cl Na.
 - Na donne des électrons (réducteur) $\rightarrow \text{Na}^+$
 - Cl capture des électrons (oxydant) $\rightarrow \text{Cl}^-$
- Réducteur: cède un électron. Il est alors oxydé
- Oxydant: capture un électron. Il est alors réduit
- Oxydations: $\text{Cu} \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2 \text{e}^-$
 $\text{Cu} + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{CuO}$
- Réduction: $\text{I}_2 + 2 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{I}^-$

Oxydo-Réduction

- oxydant(2) + réducteur(1) → oxydant(1) + réducteur(2)



- Le potentiel d'un couple oxydant-réducteur est mesuré par rapport au couple H⁺/H₂

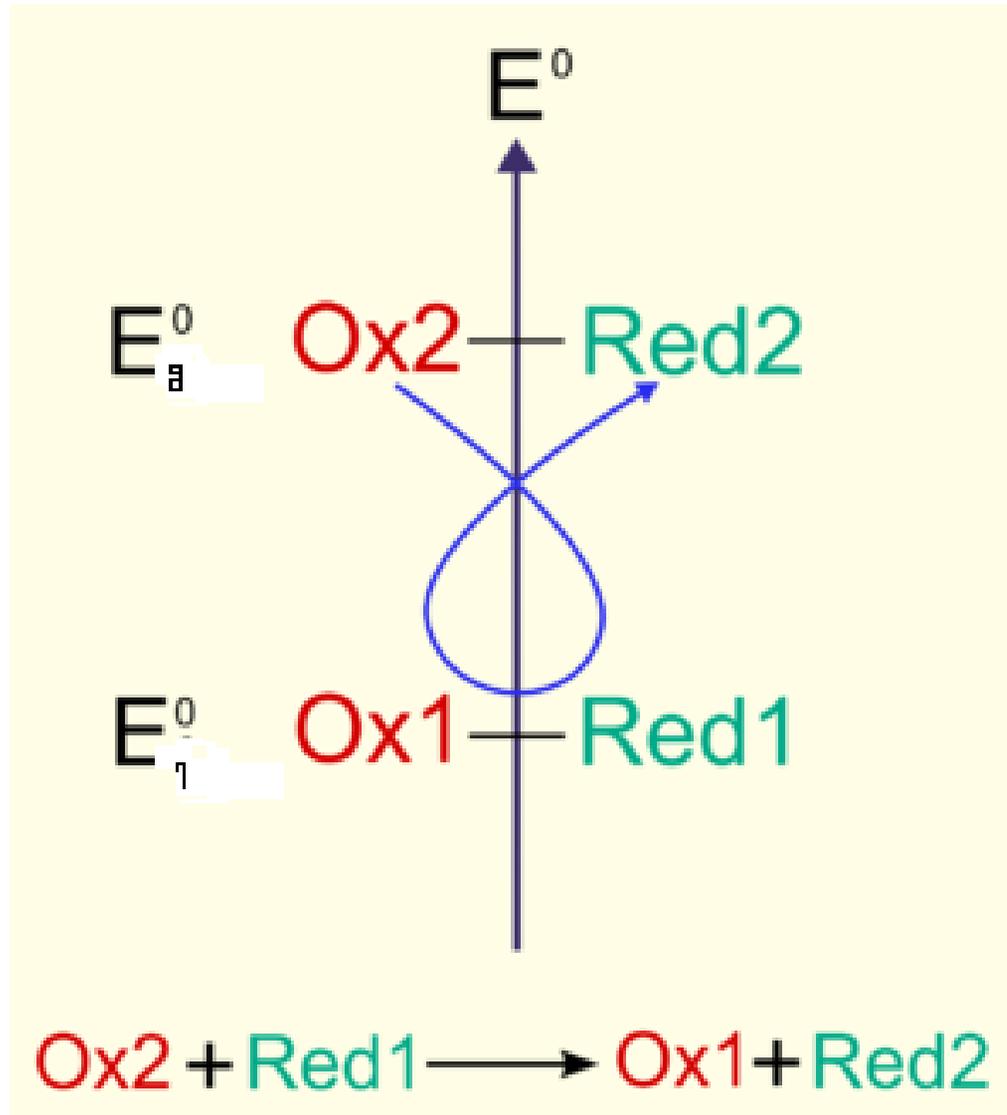
Exemples de potentiels Redox

Oxydant	PbO ₂	O ₂ (g)	Cu ²⁺	H ₃ O ⁺	Pb ²⁺	Ni ²⁺	Zn ²⁺	Li ⁺
E⁰ (V)	+1.45	+1.23	+0.34	0.00	-0.13	-0.23	-0.76	-3.02
Réducteur	Pb ²⁺	H ₂ O	Cu	H ₂ (g)	Pb	Ni	Zn	Li

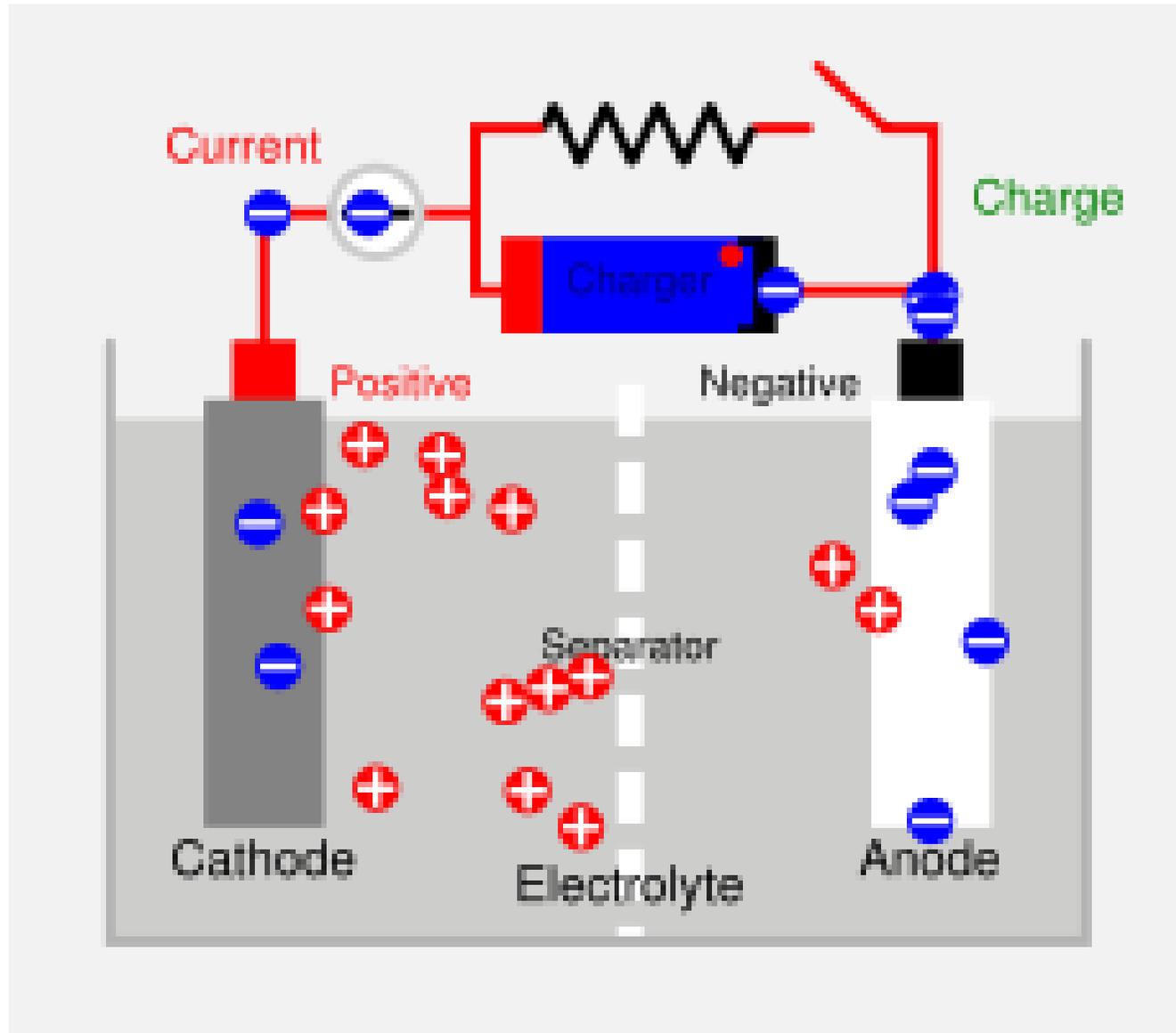
Positive : PbO₂ + 2 H⁺ + 2 HSO₄⁻ + 2 e = PbSO₄ + 2 H₂O

Négative : Pb + HSO₄⁻ = PbSO₄ + H⁺ + 2 e

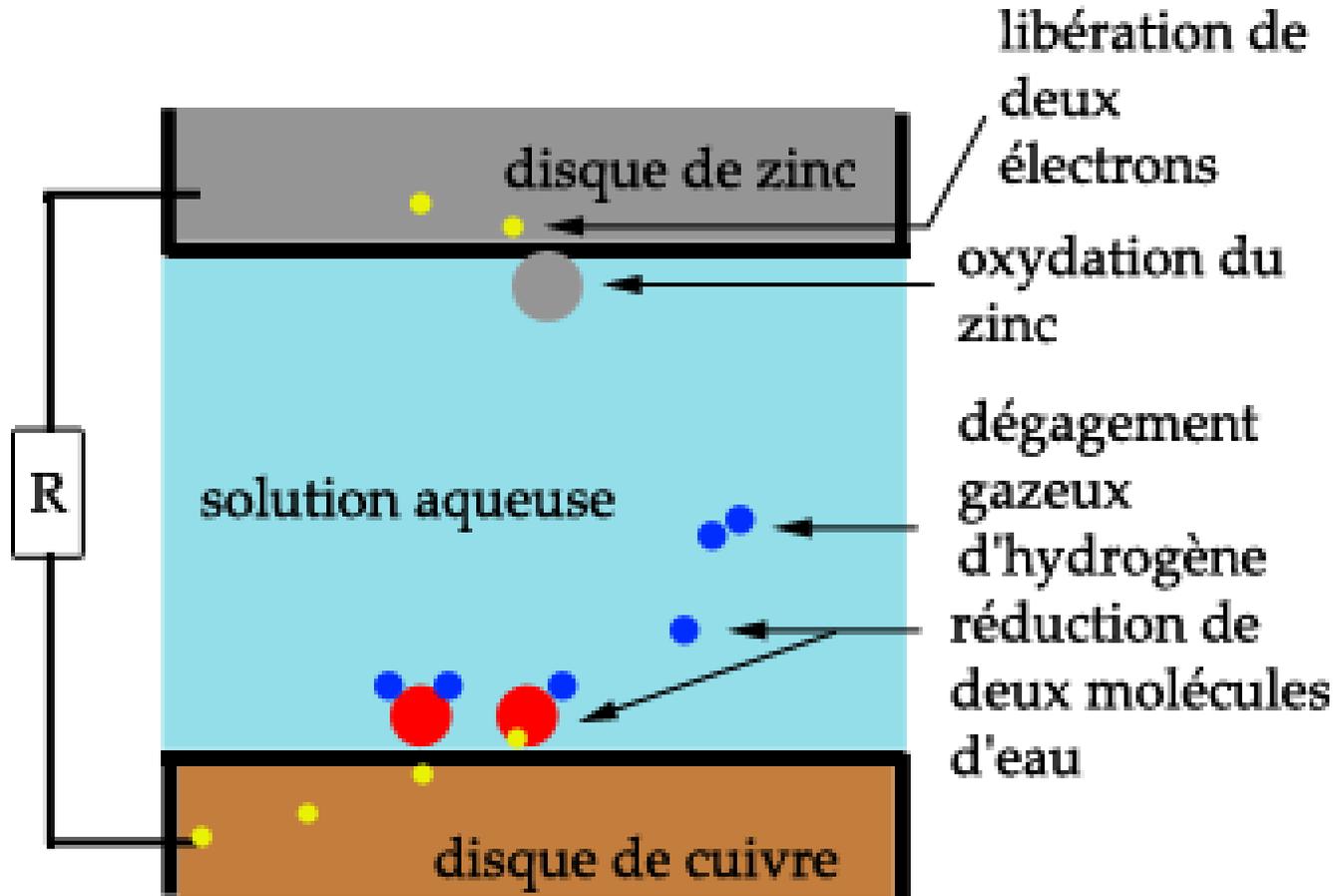
Couples Redox



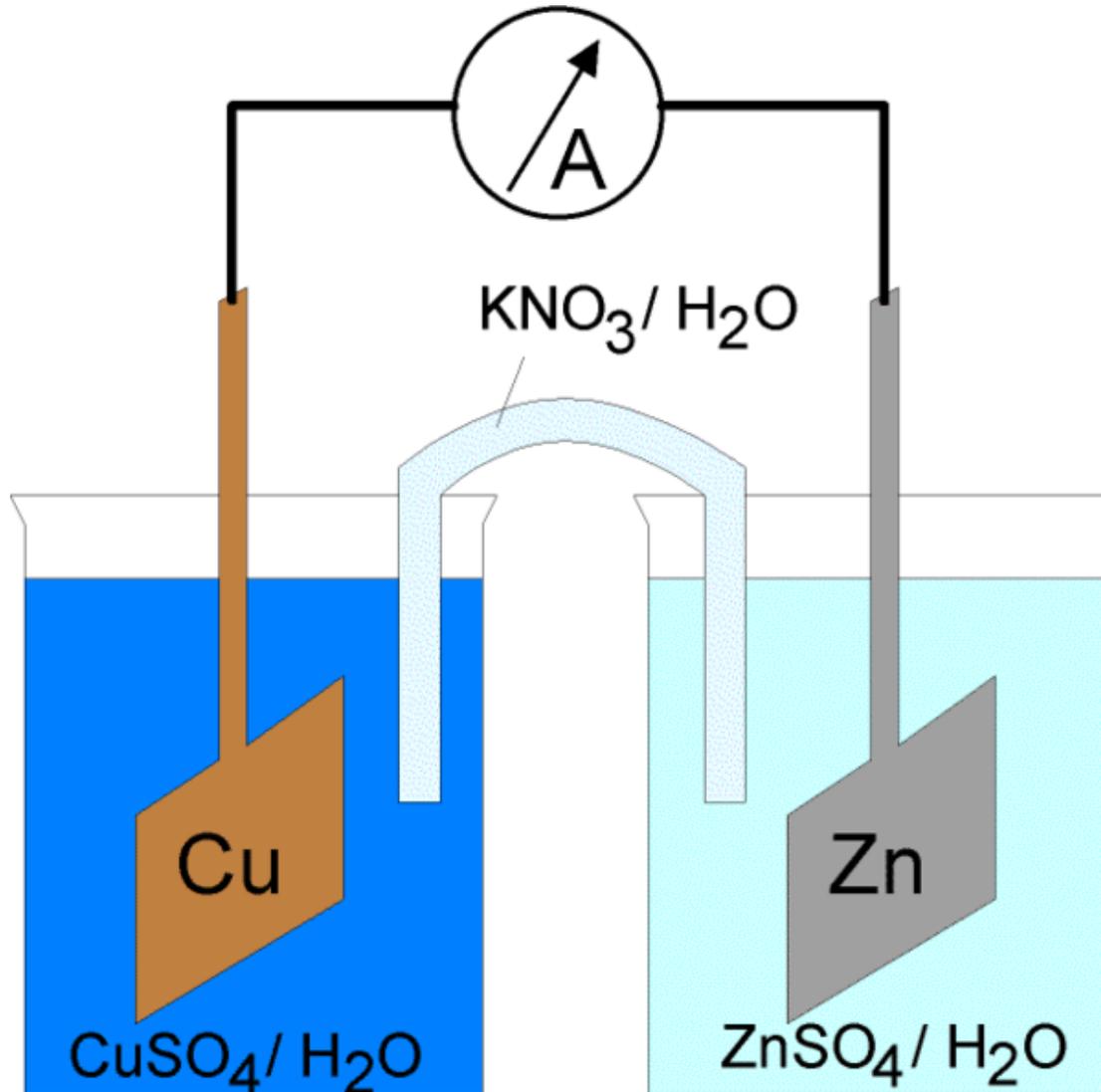
Principe d'une Batterie



Pile de Volta



Pile de Daniel



Propriétés des Batteries

Type	Énergie massique	Tension d'un élément	Durée de vie (nombre de recharges)	Temps de charge	auto-décharge par mois
Plomb	30-35 Wh/kg	2 V	200-300	8-16 h	5 %
Ni-Cd	40-55 Wh/kg	1,20 V	1 500	1 h	> 20 %
Ni-MH	60-70 Wh/kg	1,20 V	300-600	2-4 h	> 30 %
Ni-Zn	70-80 Wh/kg	1,65 V	> 1 000	1-3 h	> 20 %
Pile Alcaline	80-160 Wh/kg	1,50-1,65 V	25 à 500 (selon l'usage)	1-16 h (selon capacité)	< 0,3 %
Li-ion	90-160 Wh/kg	3,7 V	500-700	2-4 h	10 %
Li-Po	80-130 Wh/kg	3,7 V	300-500	2-4 h	10 %

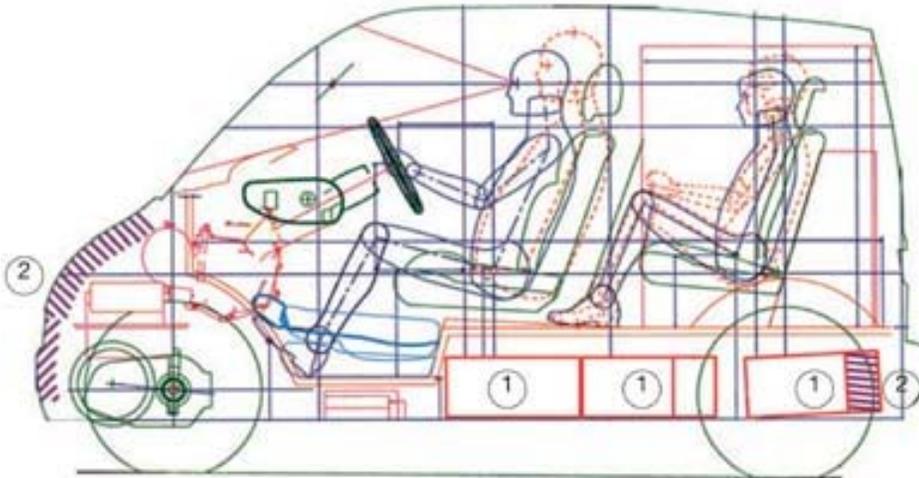
Comparaison électrique-thermique

- Besoins d'une petite voiture (106 à 100km/h): 10kW
pour une heure (100 km) 10 kWh
- Motorisation thermique: 1 litre d'essence=10 kWh
consommation réelle: 5l/100km = 50kWh
rendement: 20%
poids moteur+réservoir:140kg
- Motorisation électrique: rendement 70%
Stockage nécessaire pour 100 km: 14 kWh
poids moteur: 50 kg
Poids batterie Li: 170 Wh/kg
Pour 100 km: 80 kg
voiture urbaine

Exemples

- Dassault: Cleanova (La Poste),type Kangoo ou Scenic
- Bolloré: Blue Car
- Renault :Israel, concept global

Blue car



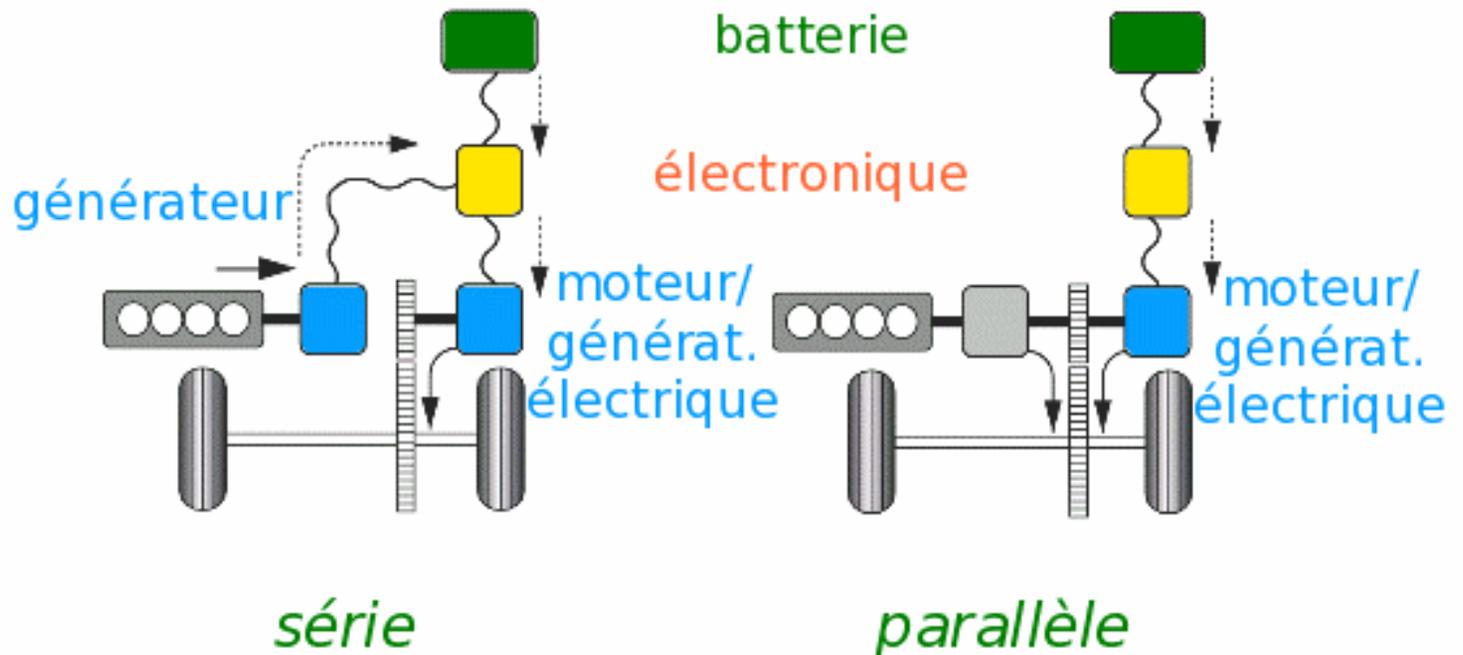
www.moteurnature.com



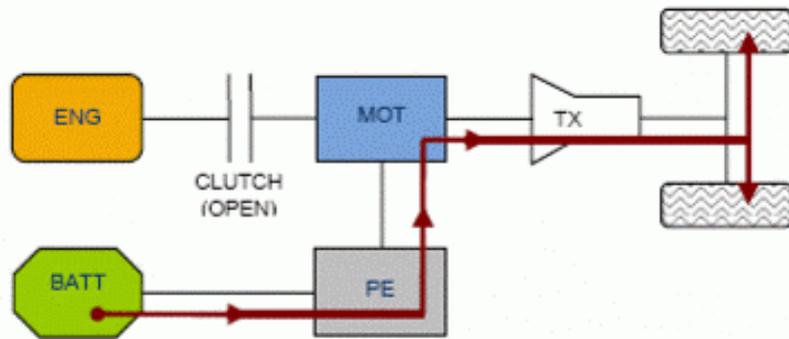
www.moteurnature.com

Moteur hybride

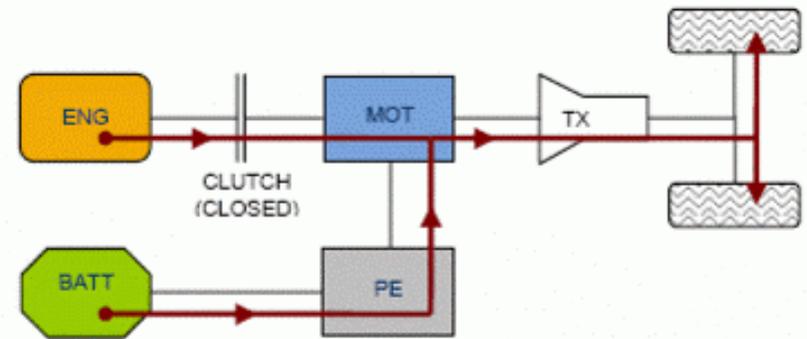
taxinomie des hybrides



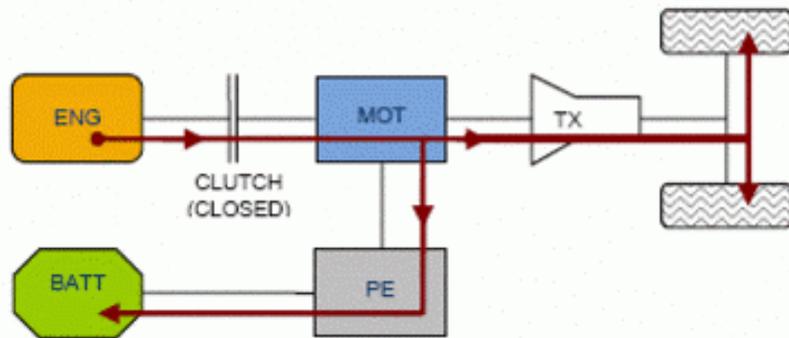
Modes de fonctionnement



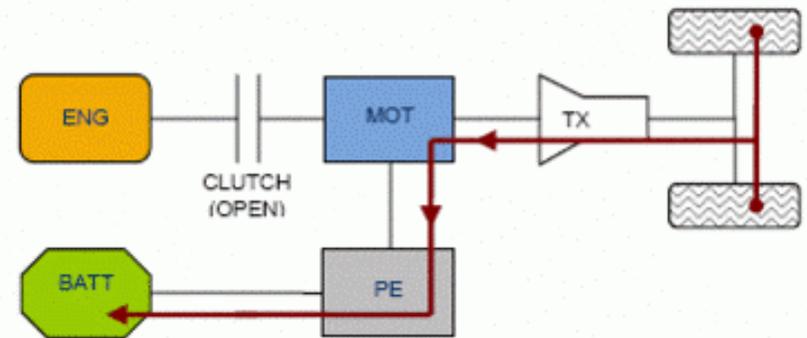
(a): electric only.



(b): hybrid / electric assist.



(c): battery charging.



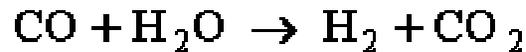
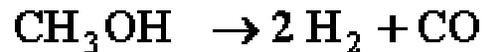
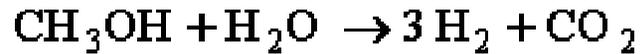
(d): regenerative braking.

La civilisation de l'hydrogène?

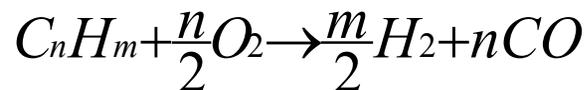
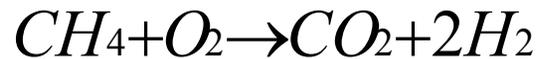
- Fabrication de l'hydrogène:
 - Reformage catalytique
 - Electrolyse
 - Thermolyse
- Stockage
- Utilisation
 - Combustion
 - Turbines
 - PAC

reformage

En présence d'eau (méthanol):



Oxydation partielle (haute température et catalyse):

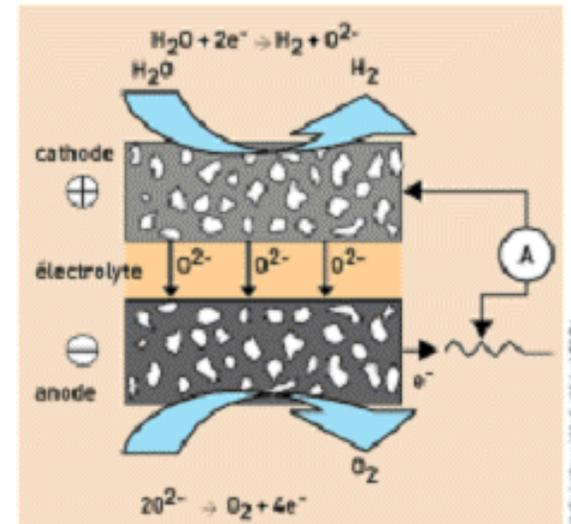


Rendement énergétique maximum de 70%

Electrolyse



Rendement proche de 70%,
mais rendement des centrales électriques (30%)
Electrolyse haute température (1000 d°)



Le principe de l'électrolyse haute température est l'inverse de celui d'une pile à combustible de type SOFC (à oxyde solide).

Stockage

- Hydrures

composé	% en masse	Temp 1 bar
FeTi	1,5	-8
LaNi5	1,28	12
Mg2Ni	3,3	255

- Eau+métal: oxydation à haute température

exemple $\text{H}_2\text{O} + \text{Mg} \rightarrow \text{MgO} + \text{H}_2$

Rapport massique: 5%

- Sous pression: 700 bars, 5 kg H₂, 150 kg réservoir, 500km

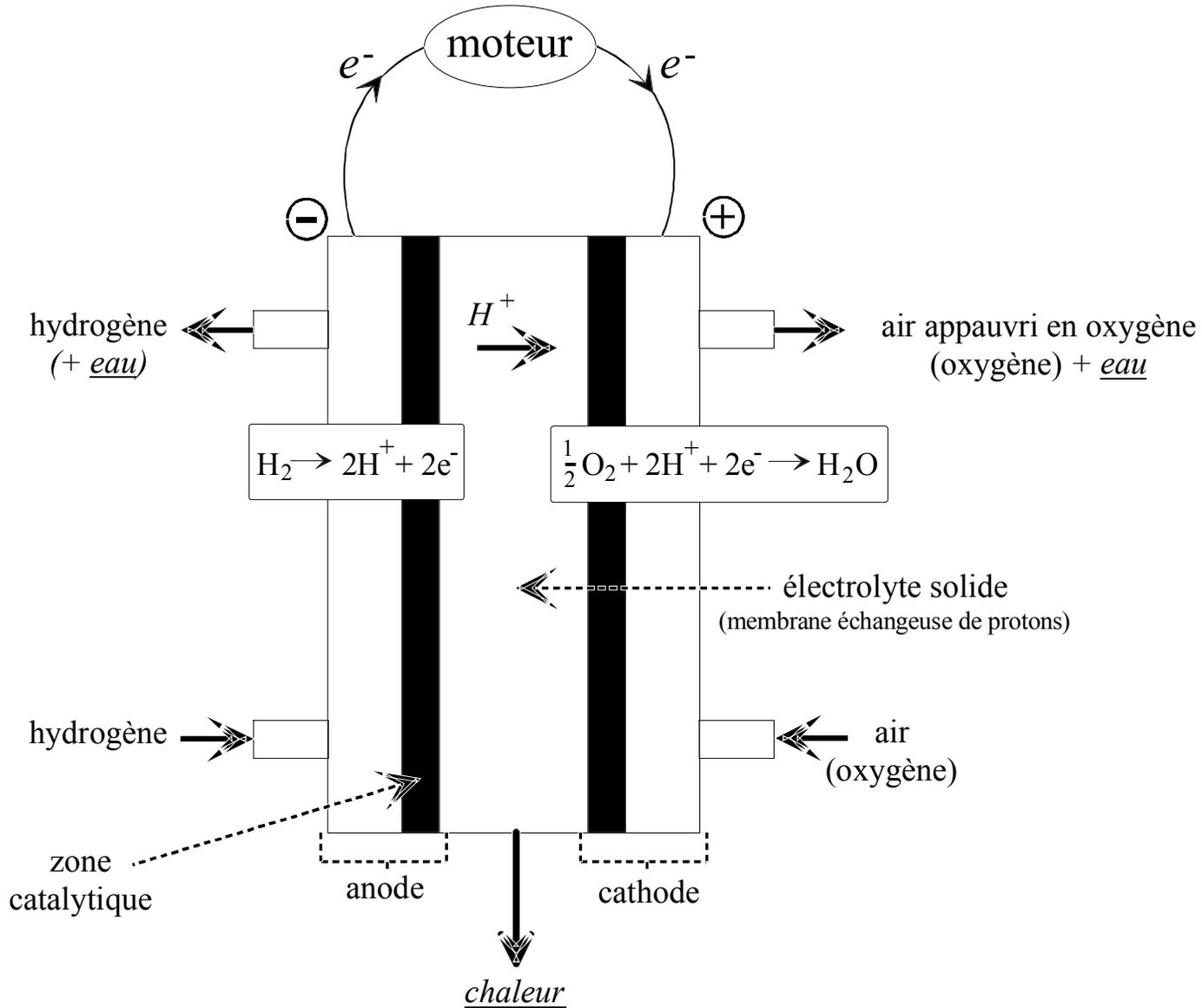
- Liquide -253 d°

Transport

Gazoducs, 200 bars

A même pression et débit 29% de l'énergie transportée par CH₄

Pile à combustible



Rendements

- Fabrication: 70%
- Compression: 80%
- Transport(recompression): 90%
- Usage:
 - PAC: 40%
 - Moteur Thermique: 20%
 - TAG: 30%
- Rendement total (hors centrale électrique):
 - Transport (PAC): 20%
 - Transport (Thermique):10%
 - Electricité: 15%
- Voiture électrique: 70%

Air comprimé

Proposition de Guy Nègre

Evaluation F.Livet

135 kg d'air comprimé à 300 bars.

Poids du réservoir: 120 kg

Autonomie: 100 à 200 km

Electricité pour compression

Rendement estimé centrale-roues: environ 15%

Prix

- Voitures électriques: 20000 Euros
100 km: 10 kWh soit 6 Euros
5 litres super 8 Euros
- Hydrogène, PAC: 100000 Euros (Audi)
1 kgH₂/100 kms. Environ 20 Euros (électrolyse)
- Air comprimé : 15000 Euros?
100 km: 30 kWh d'énergie de compression: 20 Euros?