13. Batterie en sodium

13.1. Batterie sodium-soufre [1]

1972 début du développement BBC
1996 arrêt du développement (ABB)

La batterie sodium-soufre fonctionne avec des électrodes liquides. C'est pourquoi cette batterie à besoin d'une température de **290 - 350°C**.

Pourquoi des électrodes liquides ?

De la batterie au plomb on sait que le rythme de recharge et de décharge, déforme les cristaux de la masse active. Dans l'état liquide ce problème disparaît. C'est pourquoi on admet un nombre de cycles théorique infini. En réalité on base aujourd'hui sur un nombre de 1'000 cycles.

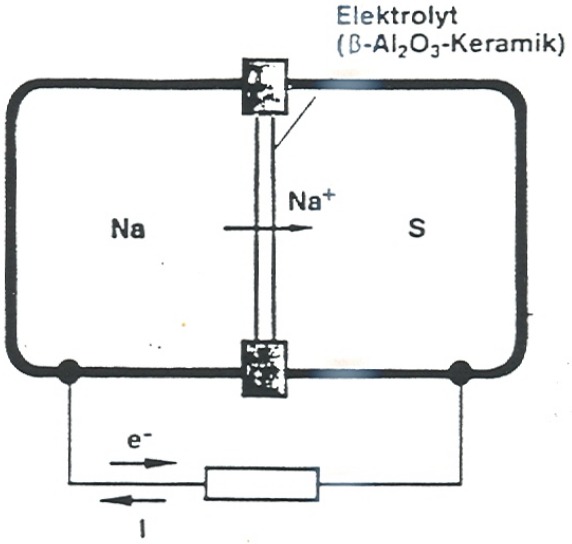

figure 1: Principe de la batterie sodium-soufre

Les matériaux des électrodes se composent du sodium et du soufre liquide. L'électrolyte est produit en céramique qui est un bon conducteur des ions.

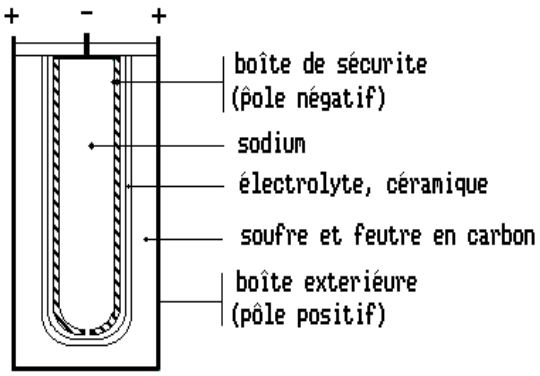

figure 2: constitution de la cellule

Le sodium se trouve dans un tube durable au centre de l'élément. Ce tube sert comme boîte de sécurité. Le trou au fond permet seulement le passage d'une quantité limitée de sodium. Par cette construction, on limite la réaction chimique en cas d'accident, lorsque l'électrolyte en céramique se casse.
Entre ce tube et l'électrolyte céramique, également produit comme tube, il y a un petit interstice. Par l'effet capillaire, le sodium couvre toujours la surface entier de l'électrolyte. Alors la surface active de réaction est une grandeur constante.

La réaction chimique se produit selon l'équation:

$$2\,Na + 3\,S \underset{\text{recharge}}{\overset{\text{décharge}}{\rightleftharpoons}} Na_2S_3$$

production du courant:

- à l'électrode négative en sodium:

$$Na \underset{\text{recharge}}{\overset{\text{décharge}}{\rightleftharpoons}} Na^+ + e^-$$

- à l'électrode positive en soufre:

$$(x-1)\,Na_2S_x + 2\,Na \underset{\text{recharge}}{\overset{\text{décharge}}{\rightleftharpoons}} xNa_2S_{(x-1)}$$

x = 3, 4 ou 5 selon le diagramme de phase

Comme le soufre n'est pas un conducteur de ions ou d'électrons, il devient absorbé en présence de polysulfid fondu (conducteur de ions) dans en feutre en carbone (conducteur d'électrons). Ce polysulfid est au même temps le partenaire de réaction.

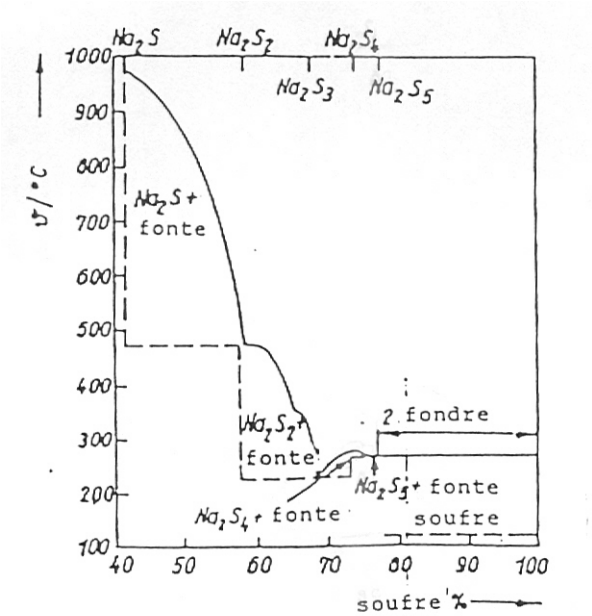

figure 3: diagramme de phase

Calorifugeage

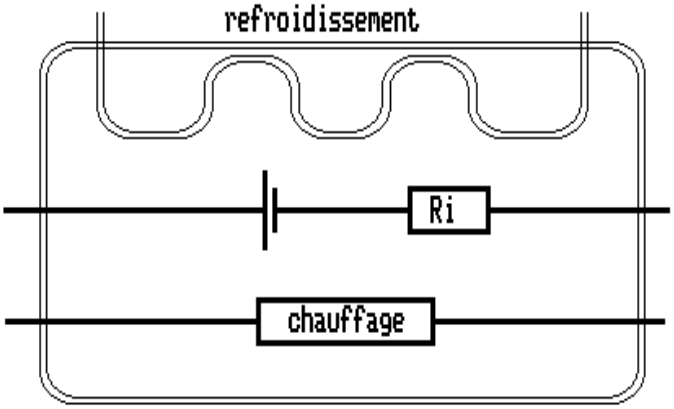

figure 4: principe de la stabilisation de température

Pour assurer la température de service correcte la batterie doit être, selon besoin, chauffée ou refroidit. Pour cet effet il y a un système de réglage qui se trouve en dehors de la batterie.

L'isolation se fait par un récipient à double-paroi. Comme l'interstice entre les deux parois est soumis au vide, la conductivité thermique atteint la valeur remarquable de 0,004 W/mK.

Pour la voiture arrêtée, la batterie consomme une puissance de environ 80 W pour maintenir la température de service. Cette puissance est fourni par la batterie ou le réseau public.

L'échauffement de la batterie froide dure 24 h. Ce temps peut être réduit à 6 h par les personnes instruits et des appareils supplémentaires. Ce changement de température peut être exécuté que 30 fois.

Données techniques d'une cellule A08

masse:		400	g
diamètre:		38	mm
longueur:		225	mm
capacité K_1:		40	Ah
densité d'énergie pour K_1:	175	Wh/kg	
tension de repos:	2,08	V	
résistance interne:	8	mΩ	

Données techniques d'une batterie B17 à 4 couplages en parallèle de 60 cellules en série:

masse:		175	kg
longueur:		730	mm
largeur:		540	mm
hauteur:	315	mm	
capacité K_1:		160	Ah
densité d'énergie pour K_1:	104	Wh/kg	
tension de repos:	120	V	
résistance interne:	120	mΩ	

Capacité de la batterie en fonction du temps de décharge
de la batterie 200 V 180 Ah

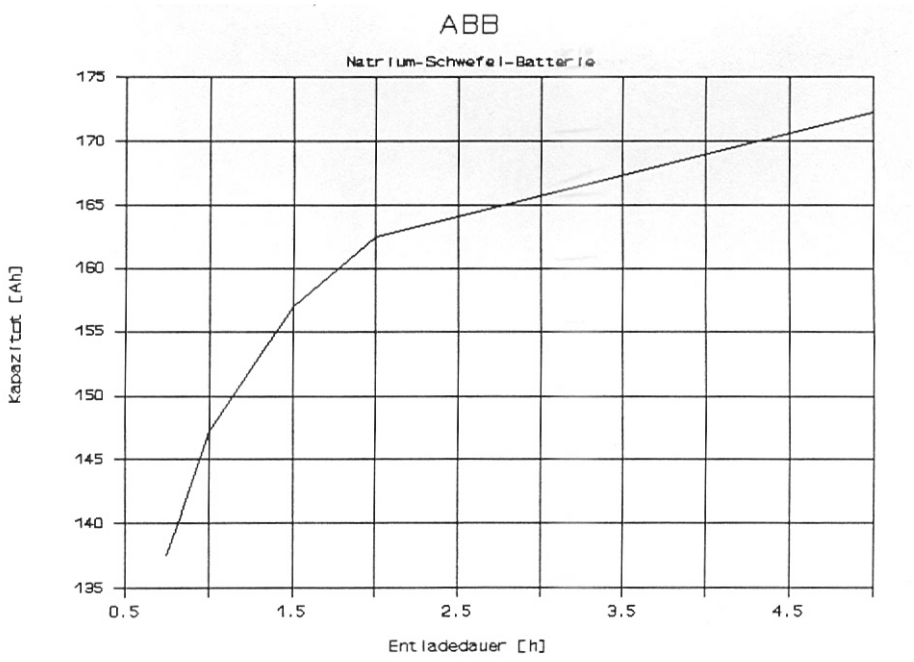

figure 5: capacité en fonction de la durée de décharge

Exemple:

Une voiture de moyenne classe consomme une énergie moyenne 150 Wh/km.
Déterminez à l'aide du diagramme ci-dessous le rayon d'action pour une décharge pendant 1 et 2 h !

[196 km]
[216 km]

Sécurité

Pour l'engagement dans les voitures, les batteries doivent supporter des chocs d'accident. La batterie sodium-soufre a subit les tests suivants:

- test de vibration selon DIN VDE 0122 avec:
- 10 Hz à 150 Hz, 1 octave/min, 20 m/s^2
- 10 min à la fréquence de résonance avec 20 m/s^2
- crashtest avec 50 km/h, freiné en 0,08 s
- déformation de 100 mm avec 180 kN
- Influence de feu avec 50 l de l'essence brûlé directement sous la batterie. Lorsque ce test, l'échauffement interne de
  la batterie est 5 K.

Recycling

Pour 97,5 % de cette batterie le "recycling" est faisable. Le reste de 2,5 % peut être éliminé sans problème.

Exemple

Une batterie sodium-soufre se compose de 4 couplages en parallèle de 96 cellules en série. La masse de cette batterie est 265 kg. Les cellules font 55 % de la masse totale. Les données techniques d'une cellule sont:

- masse	400	g
- $K_{1,5}$	39	Ah
- tension de repos	2,08	V
- résistance interne	7	mΩ

- Calculez la capacité $K_{1,5}$ de cette batterie ! [156 Ah]
- Calculez la tension de repos de cette batterie ! [199,68 V]
- Calculez la résistance interne de cette batterie ! [168 mΩ]
- Calculez la densité de l'énergie de cette batterie ! [117,72 Wh/kg]
- Calculez la puissance maximale qui peut être débitée de cette batterie ! [59,33 kW]
- Quelle est le rayon d'action, avec cette batterie, pour une voiture qui consomme une énergie moyenne 100 Wh/km ? [311,5 km]
- Calculez le courant pour un moteur d'entraînement qui absorbe une puissance de 14 kW ! [1'114 / 74,82 A]

13.2. Batterie sodium/chlorure de nickel [2]

Batterie ZEBRA (Zero Emission Batteries Research Activity) [3][4]

La constitution de cette batterie ressemble beaucoup à la batterie sodium/soufre. Cette batterie à une température de 250°-370°C. La production s'est arrêtée en 1998.

Caractéristiques d'une cellule du type ML 1-C:

tension de repos:	2,58	V
densité d'énergie théorique:	650	Wh/kg
densité d'énergie atteinte:	116	Wh/kg
électrode positive (rechargée):		chlorure de nickel/nickel
électrode négative (rechargée):		sodium
réaction chimique:		$2\ Na + NiCl_2$ _ $2\ NaCl + Ni$

Constitution d'une cellule

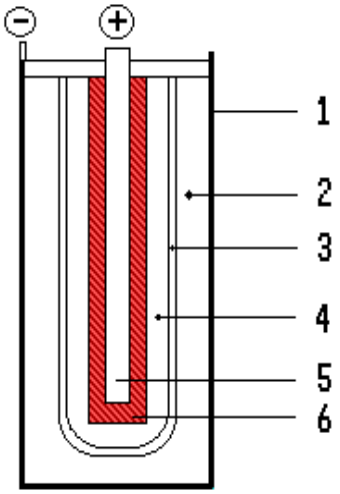

figure 6: constitution de la cellule

1	boîtier en acier
2	électrode négative; sodium
3	électrolyte solide β-Al_2O_3
4	électrolyte liquide $NaAlCl_4$
5	conducteur en nickel
6	électrode positive

Ces cellules sont réunis en paquet de batterie. Ces paquet sont équipés avec un management de batterie qui est muni avec les éléments suivants:
- refroidissement à eau
- interface avec deux contacteur pour assurer la séparation galvanique de la batterie du véhicule
- surveillance des paramètres importants

Au type Z 11 on a atteint un paquet qui peut accumuler une énergie de 29 kWh.

Le comportement de recharge et décharge de la batterie ZEBRA [5]

La représentation suivante montre que la batterie ZEBRA permet la surcharge et la sur-décharge. Cette caractéristique offre des avantages lorsque les cellules sont branchées en parallèles. Les cellules supportent un courant produit par des cellules à un état différent.

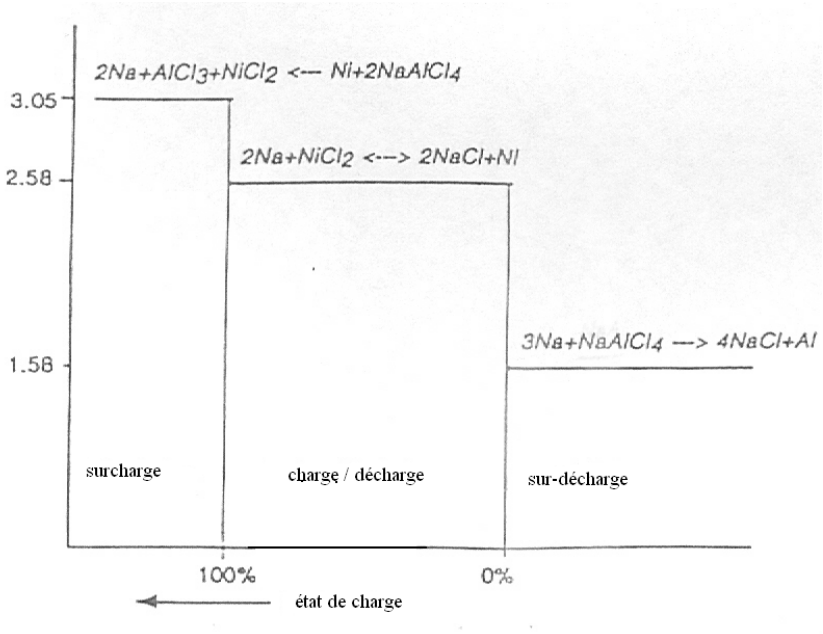

figure 7: caractéristique de charge et décharge

Bibliographie

[1] ABB: Documentation technique
[2] Böhm Harald: Eine neue Hochenergiebatterie, Technische Rundschau, Ausgabe 45/90
[3] ATZ: Die neue ZEBRA-Batterie auf dem Prüfstand, Automobiltechnische Zeitschrift 99 (1997)5

[4] Kranz Herbert H., Prassek Arnd und Traub Florian: A-Klasse-Elektrofahrzeug mit ZEBRA-Batteriesystem, Daimler-Benz AG
[5] Naunin Dietrich: Elektrische Strassenfahrzeuge, expert-verlag, Band 255, ISBN 3-8169-1075-0