

Les Accumulateurs



Licence de Libre Diffusion des Documents -- LLDD version 1

Ce document peut être librement lu, stocké, reproduit, diffusé, traduit et cité par tous moyens et sur tous supports aux conditions suivantes:

- tout lecteur ou utilisateur de ce document reconnaît avoir pris connaissance de ce qu'aucune garantie n'est donnée quant à son contenu, à tout point de vue, notamment véracité, précision et adéquation pour toute utilisation;
- il n'est procédé à aucune modification autre que cosmétique, changement de format de représentation, traduction, correction d'une erreur de syntaxe évidente, ou en accord avec les clauses ci-dessous;
- des commentaires ou additions peuvent être insérés à condition d'apparaître clairement comme tels; les traductions ou fragments doivent faire clairement référence à une copie originale complète, si possible à une copie facilement accessible.
- les traductions et les commentaires ou ajouts insérés doivent être datés et leur(s) auteur(s) doi(ven)t être identifiable(s) (éventuellement au travers d'un alias);
- cette licence est préservée et s'applique à l'ensemble du document et des modifications et ajouts éventuels (sauf en cas de citation courte), quelqu'en soit le format de représentation;
- quel que soit le mode de stockage, reproduction ou diffusion, toute personne ayant accès à une version numérisée ce document doit pouvoir en faire une copie numérisée dans un format directement utilisable et si possible éditable, suivant les standards publics, et publiquement documentés, en usage.
- la transmission de ce document à un tiers se fait avec transmission de cette licence, sans modification, et en particulier sans addition de clause ou contrainte nouvelle, explicite ou implicite, liée ou non à cette transmission. En particulier, en cas d'inclusion dans une base de données ou une collection, le propriétaire ou l'exploitant de la base ou de la collection s'interdit tout droit de regard lié à ce stockage et concernant l'utilisation qui pourrait être faite du document après extraction de la base ou de la collection, seul ou en relation avec d'autres documents.

Toute incompatibilité des clauses ci-dessus avec des dispositions ou contraintes légales, contractuelles ou judiciaires implique une limitation correspondante du droit de lecture, utilisation ou redistribution verbatim ou modifiée du document.

<http://bat8.inria.fr/~lang/licence/>

LES ACCUMULATEURS AU PLOMB

L'accumulateur au plomb fut inventé par Gaston Planté (1834 – 1889), c'est le 26 mars 1860 qu'il présenta à l'Académie des Sciences sa célèbre communication sur une "nouvelle pile secondaire d'une grande puissance".

théorie-fonctionnement

Un accumulateur au plomb élémentaire est constitué d'une plaque de plomb spongieux (P_b) et d'une plaque de bioxyde de plomb (P_bO_2) plongées dans une solution d'acide sulfurique (H_2SO_4). La figure 1 représente les plaques d'un accumulateur venant d'être chargé.

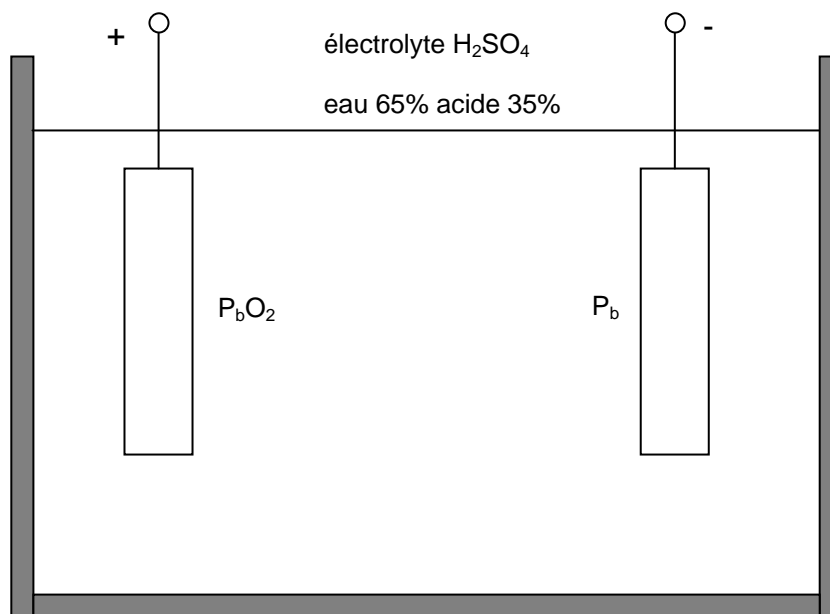


Figure 1 accumulateur au plomb chargé

Théorie élémentaire des réactions chimiques

Décharge

Lorsqu'un récepteur est relié aux bornes de l'accumulateur, les réactions chimiques provoquent la circulation d'un courant électrique.

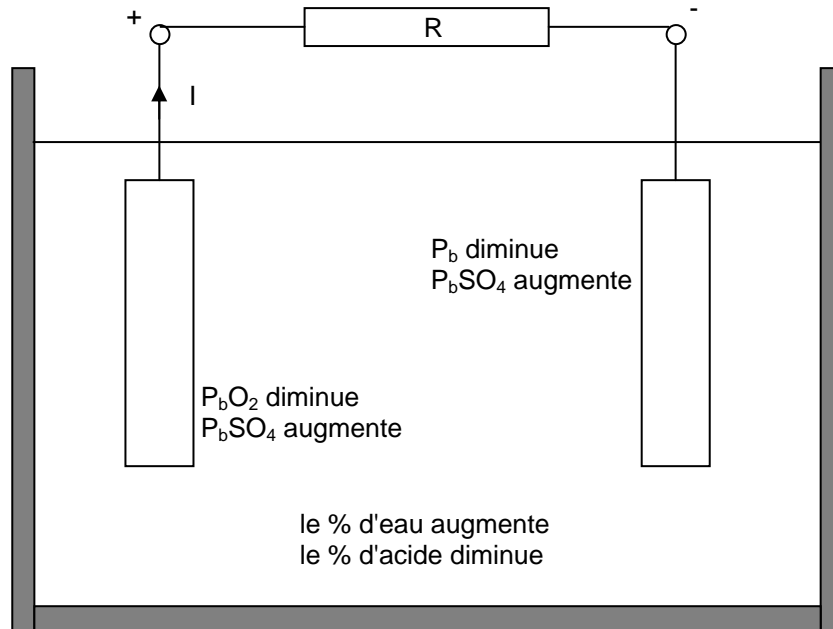


Figure 2 décharge d'un accumulateur

Pendant cette décharge, le bioxyde de plomb de la plaque positive se transforme graduellement en sulfate de plomb (P_bSO_4) et le plomb spongieux de la plaque négative se transforme également en sulfate de plomb. Lorsque les plaques sont identiques, la différence de potentiel entre elles s'annule et la circulation du courant s'interrompt.

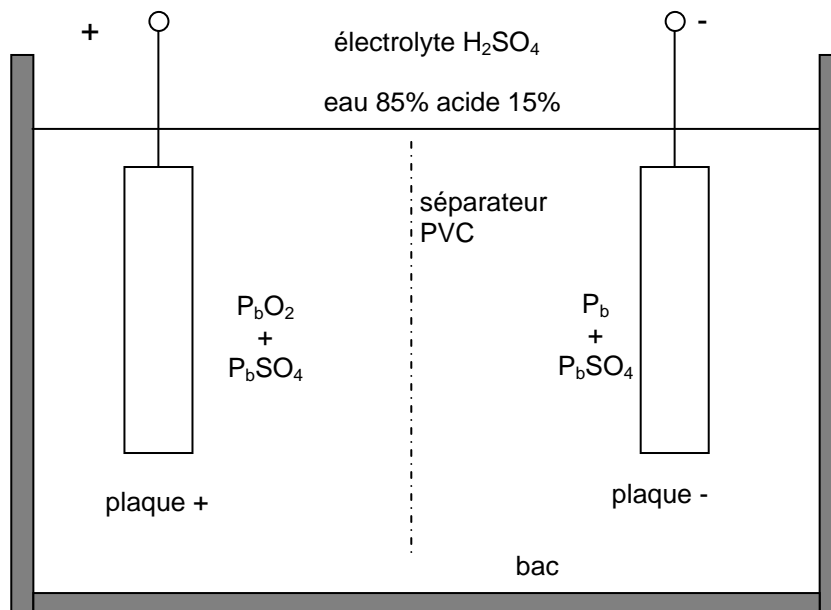


Figure 3 accumulateur déchargé

Charge

Afin de charger l'accumulateur, il faut relier les bornes de l'accumulateur à ceux d'une source de tension continue. Il faut connecter la borne + de la source de tension à la borne + de l'accumulateur, celui-ci devenant récepteur vis-à-vis de la source de tension. Le sens de circulation du courant électrique pendant la charge est l'inverse du sens de circulation de la décharge. Le sulfate de plomb est dissous par le passage du courant et les plaques reprennent leur état initial.

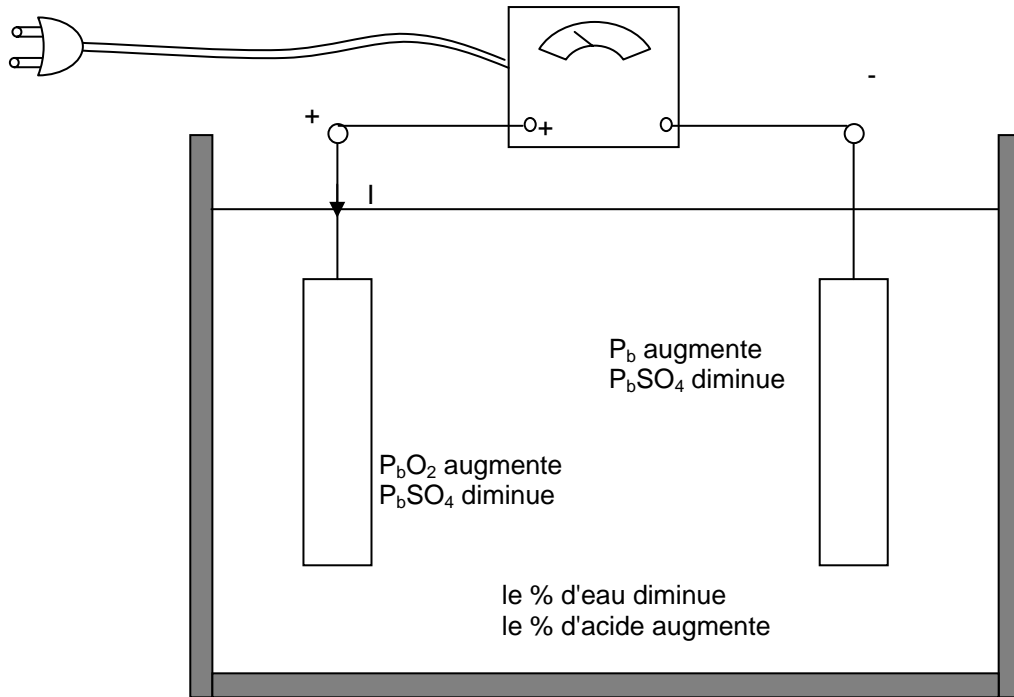
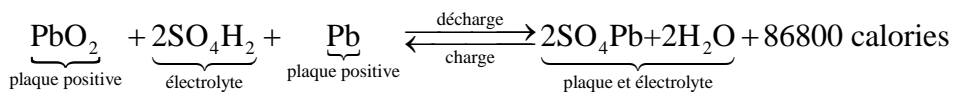
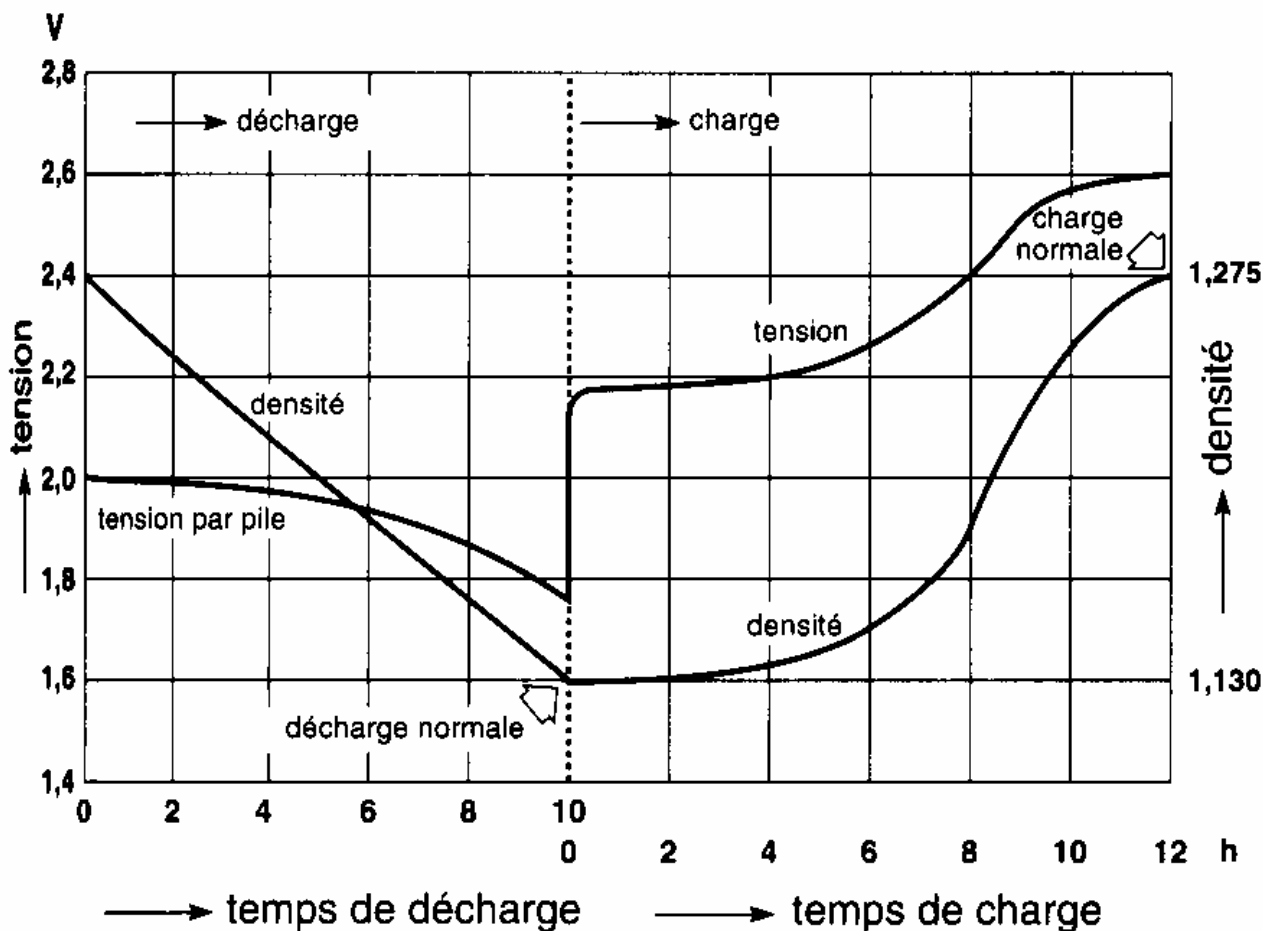


Figure 4 charge d'un accumulateur

La réaction globale s'exprime par :



La variation de tension pendant la charge et la décharge d'un élément d'accumulateur au plomb est donnée par la figure ci-dessous :



La capacité de la batterie est la quantité d'électricité, exprimée en Ampère x heures (Ah) qu'un accumulateur peut faire circuler pendant une période de décharge. La capacité d'une batterie diminue si l'intensité débitée est supérieure à celle spécifiée.

Dans certains cas, la lettre C (signifiant capacité) est accompagnée d'un chiffre en indice précisant le temps de décharge en régime nominal.

Par exemple $C_5=100 \text{ Ah} \Rightarrow I \text{ nominal est } 100/5 = 20 \text{ A}$, toute utilisation débitant un courant d'intensité supérieure à 20 A diminue la capacité disponible.

Le courant nominal est généralement basé sur une durée de décharge de 8 heures. Ainsi, un accumulateur de 160 A.h délivre une intensité de $160/8 = 20 \text{ A}$. Evidemment, un accumulateur peut délivrer des intensités plus importantes, ainsi la batterie de 160 A.h pourrait fournir une intensité de 60 A pendant $160/60 = 2 \text{ h } 40 \text{ min}$.

Après chaque recharge, même incomplète, la tension batterie est artificiellement haute, et décroît progressivement avant de se stabiliser à son niveau de repos. Toute mesure de la tension effectuée avant la stabilisation, surestime gravement la charge de la batterie. Cette erreur est la cause la plus fréquente du **vieillessement** prématuré par manque de charge répété.

| | | | | | | | |
|----------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Tension à vide | 12,7 | 12,6 | 12,5 | 12,4 | 12,3 | 12,2 | 12,1 |
| % de la charge | 100 | 90 | 80 | 70 | 60 | 50 | 40 |

Figure 5 état de la charge d'un accumulateur 12 V (6 éléments en série) suivant sa tension au repos à 20°C

La charge est généralement conduite automatiquement par des chargeurs évolués.

Dans la charge à intensité constante, après une élévation brusque de la tension due à l'augmentation de la teneur en acide sulfurique dégagé dans les pores par le début de la réaction

on constate une montée progressive de la tension jusqu'à une valeur de 2,4 V par éléments; la concentration de l'électrolyte a augmenté entraînant la variation dans le même sens de la force contre-électromotrice.

On obtient alors une force contre-électromotrice correspondant à la réaction de décomposition de l'eau par électrolyse et il se produit un dégagement important d'oxygène et d'hydrogène.

Il convient alors de diminuer l'intensité du courant.

On ne gagnerait rien à maintenir l'intensité du courant, l'énergie étant absorbée essentiellement par l'électrolyse, outre le danger d'une production importante d'hydrogène (mélange détonnant avec l'oxygène de l'air). La diminution du courant provoque une diminution de la f.c.é.m. et le phénomène d'électrolyse disparaît.

La tension croît à nouveau jusqu'à 2,4 V, valeur à partir de laquelle le phénomène d'électrolyse reprend. On doit à nouveau diminuer l'intensité. On effectue ainsi des paliers de charge à intensité constante. Le dernier palier est effectué à une intensité fixée par le fournisseur, intensité dite de fin de charge. La tension croît alors jusqu'à 2,7 à 2,8 Volts, valeur à partir de laquelle le phénomène d'électrolyse reprend. La charge est alors terminée.

Charge à potentiel constant : on applique une tension de l'ordre de 2,4 V par élément. On diminue l'intensité progressivement jusqu'à ce que l'on arrive à l'intensité de fin de charge que l'on maintient alors jusqu'à la charge complète. La température croît d'abord rapidement puis reste stationnaire.

La charge à potentiel constant est la méthode la plus rapide pour recharger une batterie puisque l'on a toujours la f.c.é.m. maximum possible sans dépasser le seuil d'électrolyse. Elle correspond également à des pertes moindres par dégagement gazeux et est donc avantageuse du point de vue rendement. Ses inconvénients sont les suivants :

- L'intensité de début de charge est souvent très importante et peut être supérieure soit à l'intensité maximum que peut supporter la batterie, soit à l'intensité maximum que peut délivrer le chargeur,
- La tension du chargeur doit être réglée de manière très précise car tout dépassement de la tension de 2,4 V conduirait à un dégagement important d'hydrogène.

La charge par paliers à intensité constante présente l'avantage d'une conduite facile lorsque l'on dispose d'une source de tension variable.

Pour limiter les inconvénients de la charge à tension constante tout en conservant une durée de charge faible, on peut utiliser la méthode mixte suivante : on commence la charge à l'intensité maximum permise par la batterie et le chargeur et on la maintient constante jusqu'à ce que l'on ait atteint la différence de potentiel de 2,4 V. A partir de ce moment, la tension est maintenue constante mais l'intensité est diminuée progressivement jusqu'à ce que l'on atteigne l'intensité de fin de charge qui est alors maintenue jusqu'à la charge complète.

Conduite de la charge de la figure 6 :

Premier palier : Au début de la mise en charge (de A à B sur la courbe de la figure 6) la tension se maintient à 2,16 V pendant une heure de charge puis augmente régulièrement (branche BC de la courbe) jusqu'à 2,4 V. A cette valeur l'élément présente des indices de bouillonnement dans la masse de l'électrolyte (début d'électrolyse de l'eau). La durée de ce palier est de l'ordre de 6 heures pour les bonnes batteries complètement déchargées.

Deuxième palier : dès la réduction de l'intensité de charge, la tension chute à 2,3 V environ et le bouillonnement cesse. La tension croît à nouveau pendant cette nouvelle période de charge (dont la durée est en moyenne d'une heure et demi à deux heures (branche DE de la courbe). Lorsque la tension atteint 2,4 V, l'électrolyse apparaît à nouveau et l'intensité de charge doit être réduite.

Troisième palier : une fois l'intensité de charge réduite, la tension retombe à une valeur voisine de 2,3 fV; elle remonte ensuite régulièrement (branche FK de la courbe). La tension monte jusqu'à 2,8 V environ.

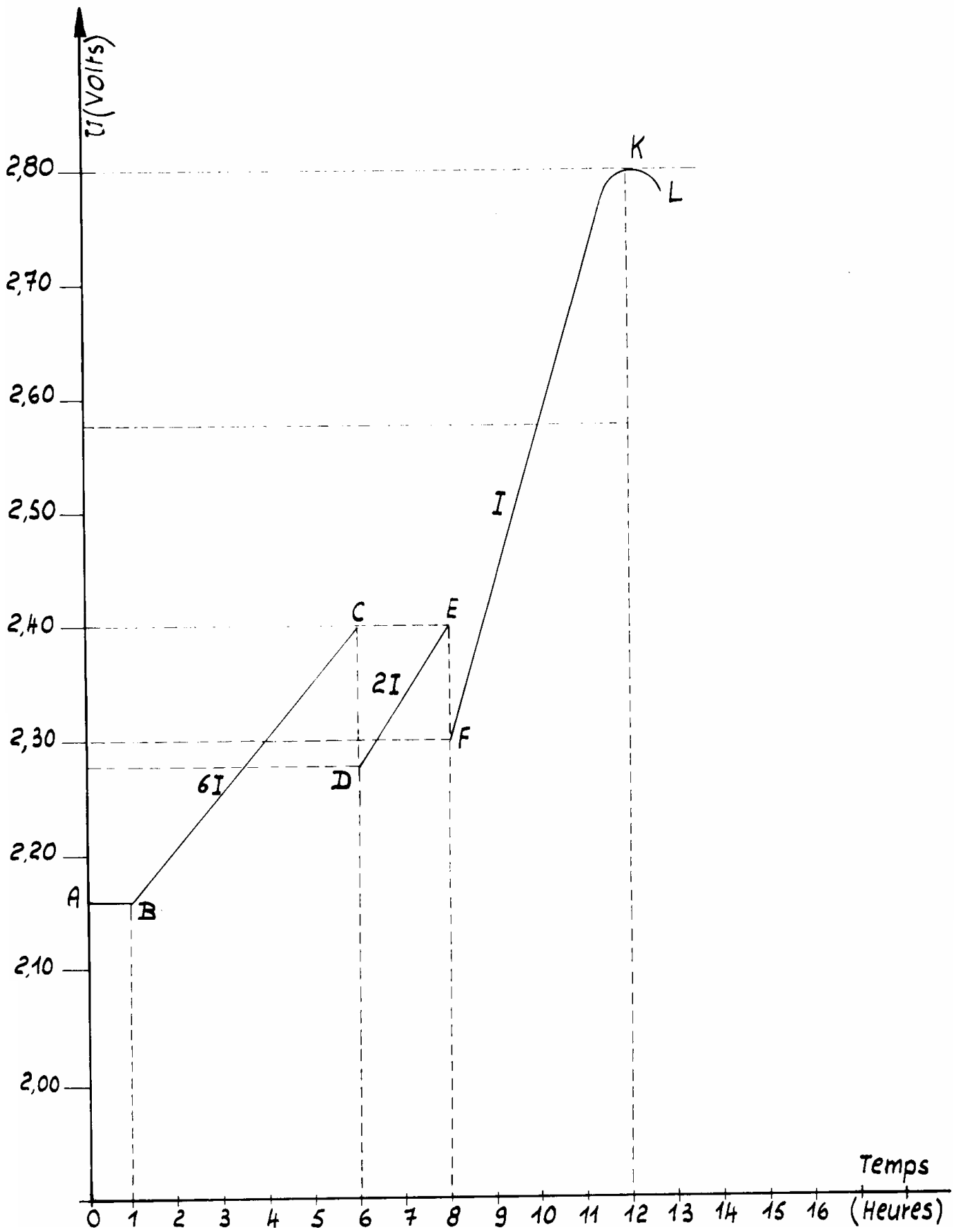


Figure 6 charge par paliers à intensité constante

Charge rapide :

Il existe également une possibilité de charge rapide qui présente l'inconvénient d'accélérer l'usure des éléments (désagrégation plus rapide des matières actives par suite de la rapidité de la réaction chimique et de l'importance de la densité de courant) et de provoquer des élévations de température importantes.

Indices de fin de charge :

- bouillonnement intense, dû à l'électrolyse,
- baisse de tension (crochet KL de la courbe de la figure 7) : ceci est dû à la réduction de la résistance intérieure provoqué d'une part par le dégagement gazeux abondant qui brasse l'électrolyte et favorise la diffusion de l'acide, d'autre part à l'élévation de température,
- constance de la densité de l'électrolyte dû au fait que la réaction chimique est terminée.

Coefficient de récupération :

Pour une batterie en bon état et une charge rapide, le nombre d'ampères-heures nécessaires à la charge est obtenu en majorant de 20% environ le nombre d'ampères-heures débités. On dit que le coefficient de récupération est de 1,2. Ce coefficient est d'ailleurs très variable avec les régimes de charge et de décharge envisagés et suivant l'âge de la batterie.

Dans l'évaluation de la décharge, il faut tenir compte, non seulement des ampères-heures réellement débités, mais encore de la décharge spontanée des éléments, due aux actions locales. Cette décharge spontanée est variable; pour des éléments neufs, elle est approximativement égale, par jour, à 0,5% de la capacité au régime de puissance réduite.

Pratiquement, comme il est difficile de déterminer avec exactitude l'importance de la décharge, il est préférable d'arrêter la charge d'après les indices de fin de charge indiqués précédemment.

Fréquence et exécution des charges :

Une batterie au repos se décharge spontanément par suite d'actions locales (formation de micro piles). Si on laisse se produire trop longtemps cette décharge on finit par obtenir une sulfatation des plaques difficilement réversible.

Il est donc nécessaire de donner de temps en temps une charge complète : cette périodicité est de l'ordre de 30 jours pour une batterie neuve, de l'ordre de 15 jours pour une batterie ayant débité plus du tiers du nombre d'ampères-heures garanti par le constructeur, car les batteries usagées se déchargent spontanément plus rapidement que les batteries neuves par suite de l'influence néfaste des impuretés dont le taux augmente avec l'âge de la batterie.

La charge doit suivre la décharge à un intervalle d'autant plus court que cette dernière aura été plus complète.

Température de l'électrolyte pendant la charge :

La température a une grande influence sur la conductibilité de l'électrolyte et sur la vitesse de diffusion. Les températures les plus favorables pour charger un accumulateur sont comprises entre 25 °C et 45°C, les charges se font mal aux hautes et aux basses températures.

D'autre part les températures élevées ont une mauvaise influence sur la tenue des matières actives en augmentant les risques de désagrégation; elles augmentent considérablement le dégagement gazeux. On peut admettre qu'au-delà d'une température de 65°C, les dégâts sont irréparables.

Normalement, on ne devrait pas dépasser, en charge, la température de 45°C.

En cas d'échauffement au-dessus de cette limite, il est nécessaire de réduire ou de stopper la charge.

A bord des navires de commerce, la batterie a pour but de fournir l'énergie électrique lors d'un black. La batterie assure la fourniture en énergie aux organes vitaux pendant jusqu'à ce que le groupe de secours démarre ou pendant plus longtemps (cf SOLAS) en cas de non fonctionnement ou d'arrêt de celui-ci. En attendant ces événements, la batterie est chargée en "floating". Pour éviter le bouillonnement, on évite de dépasser 2,3 V de tension appliquée à

chaque élément et l'intensité de charge est inférieure à 1/100 de C_{10} , on adopte parfois 1/1000 de C_{10} .

Décharge :

L'intensité du courant de décharge fixe le régime de décharge de la batterie. A chaque régime correspond une capacité de la batterie, en ampères-heures, bien déterminée compte tenu de la température et de l'âge de la batterie ou de la quantité d'électricité précédemment débitée.

Caractéristiques de décharge d'un élément de batterie :

Examinons tout d'abord les phénomènes qui se produisent lors de la décharge d'un élément : après quelques phénomènes de variation assez brusque de la tension aux bornes, observés au début de la décharge et explicables par la chute ohmique dans la résistance de l'accumulateur et les variations brusques de la concentration de l'électrolyte dans les pores des plaques, on observe une diminution lente de la tension aux bornes de l'élément depuis la valeur initiale de sa force électromotrice jusqu'à 1,8 V. Cette diminution est due essentiellement à la diminution de la f.é.m. par diminution de la teneur en acide sulfurique. Pour des décharges rapides, la tension peut varier d'une façon continue de 1,85 à 1,4 V.

La fin de décharge est signalée par une brusque chute de tension, c'est le crochet de décharge qui indique que la décharge utile des éléments est terminée, ce crochet est plus net pour les décharges lentes que pour celles à forte intensité.

La pente de la courbe de décharge est diminuée par un grand écartement des plaques, une grande masse d'électrolyte et une faible intensité de décharge. La température s'élève légèrement.

La densité de l'électrolyte diminue à peu près linéairement si la décharge se fait à courant constant. La mesure de la densité constitue une mesure assez précise de l'état de charge d'une batterie au plomb.

Aux faibles régimes de décharge, la transformation de la matière active se faisant plus lentement, l'accumulateur se décharge plus complètement; on doit éviter, autant que possible, de décharger à fond un accumulateur car alors apparaît le risque de sulfatation (transformation irréversible en sulfate).

Il est important de respecter les valeurs des tensions d'arrêt de la décharge fixées par le constructeur pour chaque régime de décharge. Aux très faibles régimes de décharge, la brusque chute de tension de fin de décharge n'existe plus. Ce qui limite alors la décharge ce n'est pas la tension de l'élément, mais la densité de l'électrolyte.

Une batterie déchargée à forte intensité peut encore fournir une capacité très appréciable si l'on réduit le régime de décharge. Ceci peut s'expliquer de la manière suivante : Une décharge à forte intensité suppose une réaction rapide au niveau des matières actives. L'électrolyte au contact des plaques s'appauvrit donc en acide sulfurique par rapport au reste de l'électrolyte et la réaction ne peut continuer que si la diffusion d'acide est assez rapide pour renouveler l'électrolyte au niveau des matières actives, plomb et surtout peroxyde de plomb. Tant que la surface apparente de ces éléments est importante, ce renouvellement peut se produire rapidement et la décharge peut se faire à forte intensité. Lorsque une grande partie des matières est transformée en sulfate, la surface apparente des matières actives plomb et peroxyde de plomb est plus faible et la réaction intéresse les plaques moins superficiellement. Le renouvellement de l'électrolyte se fait plus lentement et n'autorise donc qu'une réaction plus lente, donc une décharge à faible régime.

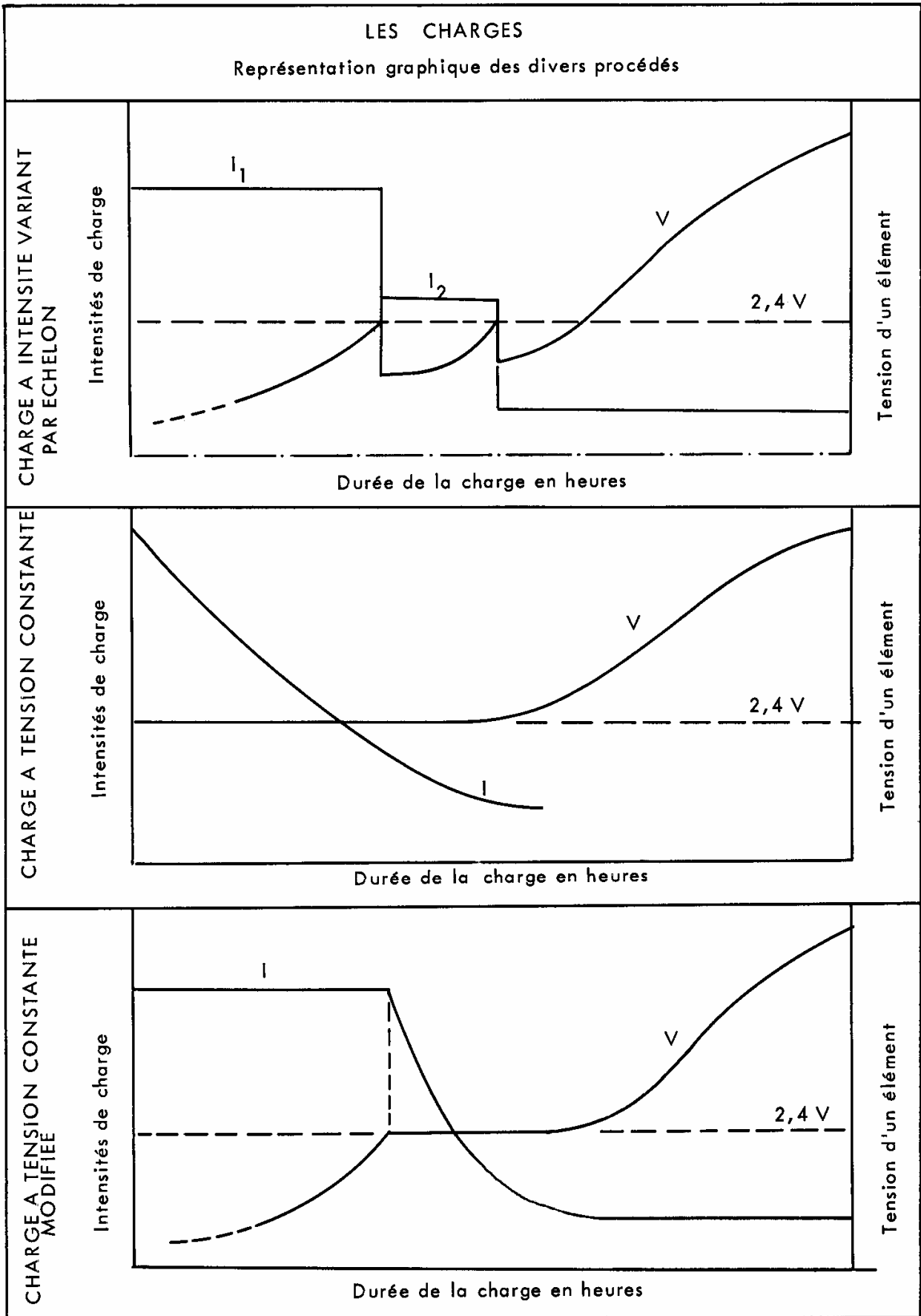


Figure 7 différentes manières de charger un accumulateur

La résistance interne des accumulateurs au plomb est très faible. Ainsi, la résistance interne d'une batterie d'automobile est seulement de 2 mΩ. Une telle batterie de 12 V est généralement constituée de 6 éléments de 2 V groupés en série. Le courant qu'elle peut fournir au démarrage du véhicule est de l'ordre de 200 à 400 A, pendant un temps assez court. Le courant de court circuit est de $12/0,002 = 6000$ A ! L'énergie dissipée par effet Joule dans la résistance interne serait : $0,002 \times 6000^2 = 72$ kW !!!

Inutile d'insister sur le danger d'un tel court circuit, l'énergie dissipée par effet Joule peut entraîner la brusque vaporisation de l'électrolyte et l'explosion de la batterie.



Figure 8 batterie ayant explosé suite à un court-circuit

Caractéristiques d'un accumulateur au plomb

La tension à vide d'un élément est de 2 V, la tension minimale d'utilisation est de 1,7 V.

L'énergie massique est de 40 à 80 kJ/kg, l'énergie volumique de 150 à 300 kJ/dm³.

Cette différence provient de la différence de densité des électrolytes. L'électrolyte des batteries d'accumulateur jouant le rôle de sources de secours d'urgence est maintenu à une densité de 1,21 comparativement à 1,28 pour une batterie d'automobile. Une plus faible densité impose des électrodes plus grosses, ce qui assure une durée de vie plus longue.

Le domaine de température à l'intérieur duquel l'utilisation d'un accumulateur au plomb est possible va de - 40° C à + 50 °C.

La durée de vie peut aller de 5 à 20 ans.

Entretien d'une batterie

L'entretien assez rudimentaire d'une batterie d'automobile fait que celle-ci possède une durée de vie moyenne de 5 ans. L'entretien soigné et suivi d'une batterie de centrale hydro-électrique fait que la durée de vie moyenne des accumulateurs monte à 20 ans.

On doit fréquemment vérifier le niveau de l'électrolyte et le maintenir à une position déterminée (il doit recouvrir les éléments) par addition d'eau distillée.

La densité de la solution d'acide sulfurique donne une indication de la charge d'une batterie.

L'eau pure possède une densité de 1,00 celle de l'acide sulfurique pur est de 1,85.

La densité de la solution acide d'une batterie automobile qui vient d'être chargée est de 1,28 tandis que celle d'une batterie complètement déchargée est de 1,12.

La détermination de la densité se fait au moyen d'un pèse-acide



Figure 9 détermination de la densité de l'électrolyte à l'aide d'un pèse-acide

Une batterie partiellement déchargée ne doit pas être abandonnée à elle-même, en effet, un repos prolongé provoque la sulfatation des plaques. Le dépôt blanchâtre de sulfate de plomb sur les plaques devient dur et insoluble dans l'acide. La surface active des plaques est réduite et leur résistance interne augmente. La capacité de la batterie est réduite. Si la sulfatation est légère, on peut la faire disparaître en faisant subir à la batterie une longue charge à faible intensité. La décharge ne doit pas être poussée trop loin. On ne doit pas descendre en dessous de 1,6 V par élément car le dépôt de sulfate sur les plaques devient alors très dur et très résistant. Ce sulfate durci est insoluble, les plaques sont alors endommagées de manière irréversible. Quels sont les indices de la sulfatation ? Par capillarité le sulfate de plomb s'infiltré et remonte jusqu'aux bornes de la batterie. La poudre blanche qu'il n'est pas rare de trouver sur ces mêmes bornes est du sulfate de plomb. Par ailleurs la capacité de la batterie diminue rapidement. Elle semble d'après le voltmètre se recharger rapidement, mais elle se décharge encore plus rapidement.



Figure 10 batterie sulfatée

Pendant la charge de la batterie, il faut prendre quelques précautions. On ne doit pas pousser la charge trop loin car le dégagement gazeux abondant risque de désagréger les plaques. Lorsqu'on souhaite accélérer la charge avec un courant intense, celui-ci ne doit pas excéder le nombre exprimant la capacité en ampères-heures. Par exemple, le courant initial pour une batterie de 180 A.h ne doit pas dépasser 180 A. L'intensité de ce courant doit être diminuée à mesure que la batterie se charge.

Cependant, une tension de fin de charge inadaptée réduit considérablement la durée de vie de la batterie.

Les accumulateurs au plomb doivent être protégés contre le gel. Même s'ils peuvent supporter des températures aussi basses que -40°C lorsqu'ils viennent d'être chargés, leur résistance au froid est beaucoup moins bonne lorsqu'ils sont partiellement déchargés. Il faut donc tenir les accumulateurs bien chargés en hiver, car autrement l'eau gèle, ce qui fend le bac et détruit la batterie.

Si les bornes et les cosses sont sulfatées, les nettoyer avec de l'eau et du bicarbonate de soude, et les gratter à la brosse métallique. Ensuite les enduire de graisse pour les protéger.

Précautions prises vis-à-vis du dégagement d'hydrogène :

Il est essentiel de diluer l'hydrogène dégagé de façon à ne jamais atteindre un taux de concentration dans l'air permettant son inflammation. La limite au-delà de laquelle il y a risque d'inflammation est de 4% dans les conditions les plus pessimistes. C'est pourquoi la limite de sécurité du pourcentage d'hydrogène admis est généralement fixée à 3% (en volume).

Les paramètres importants influant sur le dégagement d'hydrogène sont :

- Régime de fonctionnement : au repos un accumulateur dégage environ deux fois plus d'hydrogène que lorsqu'il est en légère décharge;
- Usure : un élément ayant déjà débité 500000 ampères heures dégage trois fois plus d'hydrogène que quand il est neuf;
- Température : le dégagement d'hydrogène est doublé quand la température de l'électrolyte passe de 25°C à 40°C et l'accroissement est encore plus rapide aux températures supérieures.

Il est essentiel de n'utiliser, pour la fabrication des éléments, que des matières premières présentant un haut degré de pureté. Ceci est valable aussi bien pour la fabrication des plaques que pour l'acide sulfurique et l'eau constituant l'électrolyte. On peut ainsi arriver à réduire notablement le dégagement gazeux. Malheureusement ce haut degré de pureté a des conséquences nuisibles :

- Augmentation de la tension de fin de charge;
- Variation plus importante du niveau de l'électrolyte entre l'état de décharge et l'état de charge. D'où le risque, soit d'un débordement de l'électrolyte en fin de charge, soit d'un découverture du haut des plaques en fin de décharge. Le débordement est un inconvénient grave car il se traduit rapidement par une baisse d'isolement.

L'augmentation de tension comme la variation importante du niveau de l'électrolyte ont la même cause : le grand pouvoir d'absorption du plomb pur à l'égard de l'hydrogène naissant qui s'oppose au dégagement des gaz produit par la réaction chimique. Cette gaine gazeuse produit un accroissement de volume et de résistance intérieure.

On est donc amené à adopter, dans la pratique, un compromis en ajoutant des doses déterminées d'un sel judicieusement choisi. Ce sel joue le rôle des impuretés éliminées en localisant sur le métal du sel étranger le dégagement d'hydrogène. Ce sel, plus électro négatif que le plomb, est le sulfate de nickel ou de cobalt en général.

On arrive ainsi à obtenir des dégagements gazeux assez faibles tout en limitant les variations de niveaux et l'augmentation de la tension de fin de charge.

La teneur en hydrogène du compartiment batteries peut être contrôlée par un hydrogénomètre.

Dispositions prises vis-à-vis des courts circuits et étincelles :

Afin d'éviter les concentrations d'hydrogène dans le compartiment batteries, la ventilation doit assurer un balayage du compartiment en nappe horizontale sur le dessus des accumulateurs et doit entraîner hors du compartiment l'hydrogène dégagé qui, étant plus léger que l'air, se dégage vers le haut. Il faut vérifier la présence des panneaux "interdiction de fumer" à l'entrée du local batteries.

Il faut également éviter les risques d'inflammation par étincelles et courts circuits. Aussi, il existe :

- Des dispositions relatives aux structures et matériels fixes : planchers isolants, matériels particuliers pour l'éclairage, dispositifs de mise à la masse des canalisations d'extinction par CO², isolation des connexions.
- Des dispositions relatives aux matériels mobiles et outillages : isolation du manche des outils et des parties métalliques dans la mesure du possible.
- Des consignes vis-à-vis du personnel travaillant dans la batterie : notamment utilisation de tapis de caoutchouc et vêtements spéciaux.
- Des consignes diverses visant à éviter la production d'étincelles lors de coupures de circuits électriques dans la batterie ou de mesures de tension ou d'isolement.

- Des consignes d'entretien et de conduite : mesure de l'isolement, maintien des compartiments dans le plus grand état de propreté (les projections et déversements d'électrolyte sont, avec les saletés, une des principales causes de la dégradation de l'isolement).

Dispositions prises vis-à-vis des incendies :

Les causes possibles d'incendies sont : les courts circuits, les étincelles, l'inflammation spontanée de détrit (chiffon gras), les explosions d'hydrogène. Malgré les dispositions décrites aux paragraphes précédents et malgré les consignes (propreté, interdiction de fumer) quelques risques d'incendie demeurent. C'est pourquoi tous les compartiments de batteries sont dotés d'une installation fixe d'extinction à gaz carbonique.

Précautions vis-à-vis de l'acide sulfurique :

Les peintures et matériels employés dans le compartiment batteries sont résistants à cet acide. Le local batteries est normalement doublé, au niveau du sol, par une feuille de plomb d'une épaisseur d'au moins 1,5 mm et d'une hauteur d'au moins 75 mm le long des parois dans le cas d'accumulateurs au plomb. Dans le cas d'accumulateur alcalins, le doublage sera réalisé de manière analogue en tôle d'acier d'au moins 0,8 mm d'épaisseur. Les caisses de groupements sont fixées au moyen de latte en bois empêchant les déplacements.

Le personnel d'entretien de la batterie ou les rondiers doivent employer des gants de caoutchouc et des vêtements spéciaux (la laine résiste à l'acide sulfurique).

En cas de projection d'acide sur le corps, neutraliser avec quelques gouttes d'ammoniaque puis rincer à l'eau.

Précaution vis-à-vis des entrées d'eau de mer :

L'eau de mer est particulièrement dangereuse car, d'une part, son mélange même en faible quantité avec l'électrolyte des éléments provoque des émanations de chlore, gaz très toxique, d'autre part elle détruit l'isolement de la batterie. Aussi on évite autant que possible la traversée des compartiments d'accumulateurs par des circuits pouvant véhiculer de l'eau de mer. Le compartiment batterie est situé au-dessus du pont principal.

Réfection des niveaux

Une installation de stockage et de distribution d'eau distillée permet de refaire le niveau des éléments des éléments en électrolyte. La distribution se fait en général par gravité. Un long flexible comportant à son extrémité un robinet à gâchette permet d'atteindre tous les éléments du compartiment.

Homogénéisation de l'électrolyte

Nous avons vu que les actions locales provoquaient des dégagements gazeux importants ainsi que la désagrégation prématurée des matières actives et une diminution des caractéristiques. Pour homogénéiser l'électrolyte, les grosses batteries sont dotées d'une installation de brassage de l'électrolyte qui permet d'insuffler dans la partie inférieure du bac de chaque élément de l'air destiné à brasser l'électrolyte.

Entretien de la batterie :

Entretien des éléments

Le maintien de l'isolement de la batterie impose que les surfaces extérieures des bacs soient maintenues à l'état propre et sec. Le nettoyage doit se faire avec des chiffons propres mais l'utilisation de déchets de coton qui à l'état gras présentent des risques d'inflammation spontanée est proscrite.

En cas de déversement d'électrolyte, les bacs peuvent être nettoyés avec de l'eau douce légèrement ammoniacale (neutralisation de l'acide).

Il faut veiller à ce que les joints d'étanchéité aux passages des bornes dans le couvercle soient serrés et en bon état.

Les bornes et écrous doivent être nettoyés et enduits de graisse minérale pure pour les mettre à l'abri des sels grimpants. Les connexions doivent avoir leurs surfaces de contact avec les bornes parfaitement propres et être fortement serrées pour réduire le plus possible les résistances de contact qui ont pour effet de consommer de l'énergie de d'élever la température des connexions.

Le niveau de l'électrolyte doit être maintenu à la hauteur normale prescrite par le fournisseur. Un niveau trop élevé entraîne des débordements toujours très nuisibles à la conservation d'un bon isolement.

Un niveau trop bas entraîne la détérioration de la partie supérieure des plaques qui émergent de l'électrolyte.

Entretien de la batterie :

L'entretien de la batterie consiste essentiellement à lui assurer un isolement aussi élevé que possible. Les pertes d'une batterie à la masse sont un danger permanent non seulement pour la batterie elle-même mais aussi pour le personnel (électrocution) et le matériel électrique du bord que les fusibles et/ou disjoncteurs peuvent être insuffisants à protéger.

Il peut exister des lignes de fuite entre éléments voisins sans aucune connexion à la masse; bien qu'aussi dangereuses que les pertes à la masse, il est très difficile de les détecter et il est nécessaire de maintenir le dessus des couvercles des accumulateurs très propres pour réduire ce danger.

Il faut noter que : l'interruption brusque d'une masse peut provoquer une étincelle provoquant elle-même une explosion ou un incendie;

Une masse peut être à la source d'échauffements et d'un incendie, mais aussi peut provoquer la décharge partielle ou totale de certains éléments ou de l'ensemble de la batterie.

La recherche des pertes est donc une opération fondamentale.

Surveillance des batteries :

Les paramètres principaux à surveiller sont les suivants :

Pour chaque élément :

- tension
- température
- densité de l'électrolyte
- niveau de l'électrolyte

Pour les batteries (groupes d'éléments) :

- tension
- intensité
- état de charge
- isolement

Généralement, ces paramètres sont contrôlés par une installation de surveillance automatique. La mesure cyclique et automatique de la tension de chaque élément avec seuils réglables d'alarme "haute" et "basse" permet de détecter, en fin de charge, les éléments qui dépassent la tension critique à partir de laquelle le dégagement gazeux devient important. De même, en fin de charge, on pourra éviter une inversion d'éléments (voir paragraphe avaries et incidents) et repérer les éléments qui sont les premiers déchargés.

L'installation permet de mesurer en continu la résistance d'isolement du réseau de batterie par rapport à la masse et déclenche une signalisation si cet isolement tombe en dessous d'un seuil déterminé et une alarme en cas d'isolement encore inférieur.

Comme pour la température, l'installation permet d'afficher la valeur moyenne de la densité de l'électrolyte de quatre éléments, tous les éléments étant équipés de capteurs (grosses batteries). En fonction d'un régime de décharge à puissance constante, souhaité par l'exploitant et à partir des mesures de densité, température et des bilans d'électricité, l'installation permet de calculer le temps d'exploitation restant avant d'atteindre une tension de batterie limite.

Avaries et incidents de fonctionnement des accumulateurs :

Généralités :

A côté de l'usure normale due au travail bien conduit de l'accumulateur et à l'action de l'électrolyte sur les plaques, il existe des avaries provoquées soit par des erreurs de conduite, soit par des imperfections ou défauts de construction.

Ces avaries qui ne sont pas forcément indépendantes sont :

- la sulfatation
- l'inversion de polarité
- les courts circuits intérieurs
- la désagrégation prématurée des matières actives
- l'empoisonnement des plaques par des impuretés diverses

La sulfatation :

Le terme de sulfatation est un peu impropre et on devrait parler de sulfatation anormale ou irréductible. En effet la sulfatation est la formation de sulfate de plomb à la surface et dans les pores de la matière active. Cette sulfatation se produit normalement à l'occasion de la décharge et seul un élément parfaitement chargé est exempt de sulfate. Le sulfate ainsi formé est constitué de petits cristaux qui sont facilement réduits lors de la charge.

On dit en fait qu'il y a "sulfatation" lorsqu'il devient impossible de réduire le sulfate de plomb en plomb et peroxyde de plomb par une charge normale. La charge est plus difficile et la désulfatation ne se fait plus que partiellement : de gros cristaux et même des croûtes peuvent apparaître, les plaques prennent une couleur plus claire, deviennent dures et compactes, imperméables à l'électrolyte et augmentant de volume, sont le siège de contraintes mécaniques qui entraînent la chute de la matière active, la déformation et même la rupture des grilles.

Symptômes

En dehors de la couleur des plaques qui est difficile à déceler, la sulfatation se traduit pratiquement par les symptômes suivants :

- diminution de la densité de l'électrolyte en fin de charge, par rapport à un élément sain puisqu'une partie des radicaux SO_4 est restée combinée au plomb,
- longueur anormale de la durée de la charge puisque la transformation du sulfate est plus difficile,
- décharge plus rapide puisque la quantité de matière active convertible est plus faible,
- résistance intérieure plus forte, ce qui provoque une élévation de température plus importante.

Causes de la sulfatation

Les causes principales de la sulfatation sont :

- une décharge trop importante ceci peut résulter :

- d'une décharge volontaire conduite trop loin,
- de l'abandon d'une batterie déchargée pendant un temps trop long,
- de l'insuffisance persistante de charge,

- une utilisation à une température excessive vis-à-vis de la densité de l'électrolyte convenable

- une valeur excessive de la densité de l'électrolyte qui entraîne une attaque spontanée des plaques ceci peut résulter :

- d'une erreur, lors du remplissage initial de la batterie,
- d'erreurs ou d'omission dans la réfection des niveaux

- des impuretés introduites notamment par l'électrolyte.

Remèdes à la sulfatation

Il faut commencer par analyser l'électrolyte qui devra être remplacé s'il contient une quantité excessive d'impuretés.

Une sulfatation légère doit disparaître après une charge normale suivie d'une surcharge à faible régime.

Pour traiter une sulfatation importante, on charge l'accumulateur dans un électrolyte de faible densité. Il suffit, à l'issue d'une charge complète normale, d'enlever l'électrolyte et de le remplacer par de l'eau distillée. On charge alors à très faible régime. La désulfatation est complète lorsque la densité de l'électrolyte cesse de croître.

Il faut éviter tout dégagement gazeux important. On règle ensuite la densité de l'électrolyte à sa valeur normale. Ce traitement peut être renouvelé une seconde fois en cas de nécessité. Si, après un second traitement, la désulfatation n'est pas obtenue c'est que l'avarie est trop importante.

L'inversion de polarité

On dit qu'un élément s'inverse lorsque les plaques changent de polarité, les positives deviennent négatives et vice versa. Sur les plaques positives apparaît du plomb grisâtre et sur les négatives on peut observer du peroxyde brun dans le plomb spongieux. Il en résulte des couples locaux sur une même plaque qui sont la source de courts-circuits, d'une sulfatation excessive donc d'une augmentation de volume et d'une désagrégation des plaques.

Ceci peut se produire en cas de décharge importante prolongée surtout si la batterie est vieille.

Le phénomène est brutal et conduit rapidement à la détérioration définitive de l'élément qu'il faudra ponter pour l'éliminer de la batterie.

Les courts-circuits intérieurs

Les courts-circuits intérieurs sont des dérivations qui s'établissent à l'intérieur de l'élément entre plaques de polarité différente, Ils peuvent apparaître à la suite de la rupture d'un ou plusieurs séparateurs ou par l'établissement d'un contact par l'intermédiaire des dépôts de matière active au fond du bac. Ils peuvent également résulter d'impuretés contenues dans l'électrolyte. Ces courts-circuits ont en général une résistance ohmique assez forte et les courts-circuits francs sont rares.

Ils se traduisent par une diminution de la force électromotrice et de la capacité.

Il faut alors dépoter l'élément, enlever les dépôts de matière active, lessiver le bloc des plaques, changer les séparateurs défailants (grosses batteries où de telles opérations sont possibles)

Désagrégation prématurée des matières actives.

La désagrégation des matières actives est un phénomène normal dû au vieillissement de l'élément. Elle peut être accélérée par les facteurs suivants :

- réactions chimiques trop brutales à la suite
 - d'une charge mal conduite conduisant à un dégagement gazeux important
 - d'actions locales importantes qui peuvent être dues, par exemple à une teneur trop élevée de l'électrolyte en acide sulfurique
- température excessive d'utilisation

Empoisonnement des plaques par des impuretés diverses

Hormis le cas d'une introduction d'eau de mer dans la batterie, les impuretés sont introduites en général, par l'électrolyte; les plus courantes sont le chlore, le fer, le nickel, le cuivre, le manganèse.

- Le chlore

Conséquences d'une entrée d'eau de mer

Généralement, le chlore pénètre dans les éléments à la suite d'une introduction d'eau de mer.

Après mélange avec l'électrolyte et exposition à l'action oxydante de la matière active positive, l'eau de mer se décompose. Une partie du chlore ainsi produit est entraîné par l'air de ventilation et le reste est oxydé en perchlorure qui reste en solution. Le chlore provoque une décharge spontanée. Il se combine au plomb spongieux de la plaque négative pour former du chlorure qui réagit sur l'ion sulfaté pour former du sulfate de plomb et de l'ion chlorure. L'ion chlorure réagit sur la matière active positive de manière à former du chlore libre et des composés oxygénés du chlore avec précipitation de sulfate de plomb. Les deux types de plaques se sulfatent.

Dispositions à prendre à bord

La pénétration d'eau de mer dans une batterie est immédiatement décelée par la présence de chlore gazeux dans l'air de ventilation. Il est nécessaire alors

- de ventiler énergiquement;
 - de mettre la batterie en circuit ouvert ou en faible décharge;
 - de rechercher les éléments atteints par l'eau de mer; ces éléments seront décelés par leur humidité, un niveau anormalement élevé, une faible densité (l'eau de mer ayant une densité plus faible que l'électrolyte forme une couche distincte à la surface de celui-ci), ils seront éliminés par partage;
 - enlever la totalité de l'électrolyte au-dessus des plaques et le remplacer par de l'eau pure
- d'attendre une escale où la batterie sera débarquée pour traitement. Durant ce transit, si le dégagement de gaz chlorés est trop gênant, on peut recouvrir l'électrolyte des éléments pontés d'une couche de quelques centimètres de gasoil. Dès que possible on effectue une charge complète à très faible régime.

Pour la décharge suivante, les éléments dont la teneur en chlore sont inférieurs à 50 mg par litre sont maintenus en service, les autres sont pontés. On recommence ainsi jusqu'au retour au port.

Si la teneur en chlore ne tombe pas rapidement au-dessous de 50 mg par litre la situation ne peut être prolongée sans graves dégâts pour la batterie

Traitement à terre (grosse batteries)

Le traitement à terre consiste à dépoter et à laver les blocs de plaque qui subissent ensuite un bain à l'eau chaude (50°C environ) destiné à éliminer les dernières traces de chlore. Ce traitement est suivi d'une charge complète.

Il peut être complété en cas d'introduction importante d'eau de mer par une charge à faible régime effectuée avec un électrolyte à faible densité.

Si la teneur en chlore est alors encore supérieure à 20 mg par litre, on décharge l'accumulateur avec un électrolyte de densité normale, on change l'électrolyte et on recharge à nouveau. Si ce traitement est insuffisant, il faut soit remplacer les plaques positives, soit réformer l'accumulateur.

- Fer - Nickel - Cuivre

Conséquences de la présence de fer, nickel ou cuivre

Le fer provoque une décharge spontanée et contribue à la désagrégation des matières actives.

Le nickel abaisse la tension de charge des plaques négatives et peut conduire à une accumulation rapide d'antimoine sur ces dernières, ce qui provoque une décharge spontanée et augmente le dégagement d'hydrogène.

Le cuivre agit de manière analogue au nickel mais est moins nuisible à concentration égale,

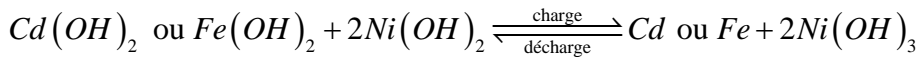
Traitement en cas de contamination par le fer, le nickel, le cuivre

Il faut changer l'électrolyte et compléter la charge. Cette opération est répétée jusqu'à ce que l'on obtienne un pourcentage admissible

LES ACCUMULATEURS ALCALINS

Sous le nom d'accumulateurs alcalins, on désigne couramment des accumulateurs qui utilisent des plaques portant des matières actives à base de fer ou de cadmium pour la cathode et de sesquioxyde de nickel pour l'anode, baignant dans une solution de potasse.

On admet généralement que les réactions qui se manifestent dans les éléments se ramènent à un déplacement d'oxygène d'une électrode à l'autre, l'électrolyte servant de véhicule et ne participant pas aux réactions chimiques. La réaction peut donc s'exprimer de la manière suivante :



L'électrolyte ne subit pas, en charge ou en décharge, de modification dans sa masse bien qu'il semble être modifié au voisinage des matières actives. En particulier, cette formule ne tient aucun compte de l'hydratation de la matière active négative qui se présente sous forme de fer métallique à l'état spongieux lorsque l'élément est chargé.

Constitution

Plaques

Les plaques positives contiennent de l'hydrate de nickel qui, peu conducteur, doit être mélangé à des flocons de nickel pur ou à des paillettes de graphite qui lui donnent la conductivité nécessaire. Cette matière active est contenue soit dans des tubes cylindriques perforés de même métal, soit dans des pochettes plates.

Ces accumulateurs sont appelés alors respectivement "à plaques tubulaires" ou "à plaques planes".

Les tubes des plaques tubulaires sont enroulés à gauche et à droite et alternés sur la plaque de manière à égaliser les effets de déformation et éviter à la plaque de se cintrer. Remplis du mélange précédent, ils sont bouchés et agrafés à la presse dans des cadres d'acier nickelé, cependant que des frettes en acier réparties sur toute la longueur augmentent encore la résistance mécanique.

La matière active des plaques négatives est constituée par l'oxyde de fer finement divisé auquel on a ajouté une petite proportion de mercure ou par du cadmium additionné d'un peu de fer. Elle est enfermée dans des pochettes faites avec deux rubans d'acier nickelé perforé, sertis.

Les pochettes sont introduites et fixées dans le cadre constitué par une plaque d'acier nickelé découpée aux emplacements réservés aux pochettes.

On utilise aussi actuellement des plaques négatives frittées constituées par un cadre d'acier sur lequel est fixée la partie active obtenue par agglomération de poudres métalliques à température élevée (frittage). On obtient ainsi des plaques robustes ayant une grande porosité et une excellente conductibilité.

Séparateurs

Les plaques voisines sont séparées soit par des tiges d'ébonite, soit sur les faces latérales, par des feuilles minces d'ébonite qui isolent les parois des bacs et protègent les côtés des plaques.

On utilise également actuellement des séparateurs en fibre de verre, matériau susceptible de résister à l'attaque de l'électrolyte.

Bacs

Le bac est constitué par l'assemblage de plaques d'acier, munies souvent d'ondulations pour en augmenter la résistance. Le fond et le couvercle sont soudés au chalumeau puis soigneusement nickelés par électrolyse.

Les plaques, sont montées sur des tiges d'acier, maintenues séparées par des entretoises d'acier. Les tiges passent à travers le couvercle et l'étanchéité est assurée par un joint en caoutchouc pur et ébonite qui doit être insensible à l'électrolyte.

Une valve, dans le couvercle, permet le remplissage de l'élément, le dégagement gazeux et évite un renouvellement trop rapide de l'air au voisinage de la surface du liquide qui en absorbe le gaz carbonique.

Electrolyte

Il est constitué par une solution aqueuse de potasse. On ajoute parfois une petite quantité de lithine qui semble en augmenter la durée. La densité de la solution varie à peu près linéairement avec la concentration en potasse de 1,050 pour 5,6% à 1,45 pour 40%; ces valeurs sont données pour une température ambiante de 18°C.

La résistivité passe par un minimum pour une densité égale à 1,250, le minimum valant 1,85Ωcm. Elle varie peu dans le domaine compris entre 1,190 et 1,360, restant inférieure à 2Ωcm.

Cette densité doit se maintenir dans des limites assez réduites si l'on veut employer l'élément dans de bonnes conditions. En particulier, si la densité tombe au-dessous de 1,20 la résistivité augmente rapidement et le rendement énergétique diminue en proportion. La capacité diminue, l'élément donne de mauvais résultats lors d'une décharge poussée. Si au contraire, la densité est trop forte, l'électrode négative est attaquée, surtout aux températures élevées.

Contrairement aux batteries au plomb, L'électrolyte des accumulateurs alcalins garde une densité d'électrolyte à peu près constante quel que soit son état de charge. La densité ne donne donc aucune indication sur l'état de charge ou de décharge d'un accumulateur alcalin.

La résistivité est un facteur important du fonctionnement de l'accumulateur, elle est augmentée par introduction dans le bain d'impuretés qui, en se combinant avec la potasse, diminuent sa teneur dans l'électrolyte et augmentent sa résistivité : c'est le cas des carbonates. Les radicaux acides attaquent les plaques positives. Les impuretés de nature métallique entraînent des actions locales avec oxydation des plaques négatives et dégagement d'hydrogène.

Caractéristiques

Force électromotrice

La f.é.m. théorique d'un élément au fer est 1,5V et celle d'un élément au cadmium 1,45 V. Elles sont donc très voisines.

La force électromotrice d'un élément varie lors de la charge et de la décharge en raison des modifications de la composition des matières actives sans que la masse de l'électrolyte ait changé de densité.

Pendant la charge la proportion d'oxygène des plaques positives augmente et du peroxyde apparaît, dont l'influence est prépondérante sur la valeur de la force électromotrice de charge. En fin de charge, la force électromotrice d'un élément fer nickel est de 1,48V, au bout de quelques

jours, au repos, elle n'atteint plus que 1,35 V. Cette diminution est expliquée par la transformation du peroxyde en d'autres oxydes du nickel avec libération d'oxygène. Cette baisse du potentiel électrique peut être évitée si la décharge suit immédiatement la fin de charge.

La force électromotrice est à peu près constante. Lors de la décharge à courant constant, en particulier, elle diminue moins que pour un accumulateur au plomb.

Résistance interne

La résistance intérieure d'un élément standard au cadmium-nickel est à peu près moitié de celle d'un élément au fer-nickel de mêmes dimensions. Cette résistance est faible, mais cependant, toutes choses égales d'ailleurs, plus grande que celle d'un élément au plomb. Cet inconvénient, gênant pour des applications telles que démarrage, a été considérablement atténué par la mise au point des accumulateurs à plaques frittées. Ainsi, alors que la résistance d'une batterie standard de 80 AH est $55 \cdot 10^{-4} \Omega$, celle d'une batterie à plaques frittées est $10 \cdot 10^{-4}$ et celle d'une batterie voltabloc $5 \cdot 10^{-4} \Omega$.

Capacité

La capacité des batteries alcalines est remarquablement constante. Elle ne varie ni avec la température, ni en fonction du temps de décharge qui, avec la même batterie, pourra être indifféremment lente ou rapide.

La capacité nominale C correspond à une décharge de 5 heures avec le courant C/5. Cette capacité dépend de la quantité de matière active contenue dans les éléments, les réactions sont trop mal connues pour que l'on puisse calculer avec rigueur la limite théorique de la capacité massique; aux plaques positives on met environ 4,5 fois plus de matière active qu'il n'en faudrait et 5,8 fois plus sur les plaques négatives.

On peut obtenir d'un élément alcalin pratiquement toute sa capacité, quel que soit le courant de décharge à condition toutefois de descendre s'il y a lieu à une tension assez basse.

La tension de décharge diminuant lorsque le courant débité augmente on voit que le rendement énergétique à décharge rapide sera inférieur au rendement en décharge lente. L'état des plaques enfin et, en particulier, la porosité et la conductivité des matières actives ont une influence directe sur la capacité.

Rendement

Le rendement en quantité est de l'ordre de 0,75 à 0,8.

Le rendement en énergie, en raison des chutes appréciables de tension à la charge et la décharge est de l'ordre de 0,55 à 0,6 la valeur maximum obtenue l'étant par une décharge suivant immédiatement la charge.

Les éléments au cadmium-nickel ont un rendement un peu meilleur que les éléments au fer-nickel mais ce rendement reste inférieur à celui des éléments au plomb.

Mise en oeuvre

Décharge

La courbe de décharge est analogue à celle d'un élément au plomb, toutefois, la chute de tension est plus accentuée. La température de l'élément augmente d'une façon notable. La fin de l'opération est indiquée par une chute accélérée.

Charge

La courbe de charge s'élève d'abord rapidement au début de l'opération, puis ensuite plus lentement jusqu'au maximum qui est de 1,8V environ par élément. La température s'élève sensiblement. Un dégagement gazeux accompagne toute la charge.

On peut charger les accumulateurs alcalins soit à intensité constante, soit à potentiel constant. Dans le premier cas, l'opération peut se faire en cinq à sept heures pour les batteries cadmium-nickel, en moins de temps encore pour les batteries fer-nickel (au lieu de 10 h pour les batteries au plomb).

Dans le deuxième cas, il faut veiller à ce que l'intensité moyenne soit au moins égale à la valeur de intensité de charge normale à courant constant, si l'on veut que la batterie travaille à pleine capacité,

On notera que la charge des batteries à température élevée est assez nuisible et que l'on a intérêt à opérer à une température modérée.

Défauts et avaries

Un accumulateur alcalin bien construit n'est sujet à aucune avarie.

Le seul défaut est le résultat de la carbonatation de l'électrolyte auquel on remédie par changement de celui-ci ou simplement par l'addition d'un électrolyte, dit "de renouvellement", de teneur plus forte en potasse.

Lorsqu'il faut procéder à cette opération, on décharge la batterie à un régime normal, jusqu'à une tension aux bornes nulle, on met en court-circuit par petits groupes d'éléments pendant deux heures. On vide l'électrolyte en le rinçant énergiquement, on le remplit de suite et on le charge à la moitié de l'intensité de charge normale, soit pendant une quinzaine d'heures.

Conduite et entretien.

Une batterie alcaline peut être laissée, sans inconvénient grave à l'état chargée ou déchargée sans que ses propriétés soient sensiblement altérées. Elle est donc tout indiquée pour marcher en tampon, en veillant à ce que la quantité d'électricité fournie à la batterie soit égale à 1,4 fois au moins la quantité qu'elle débite.

La batterie doit être tenue très propre. Les bornes seront graissées, les dépôts de carbonate enlevés; on évitera l'introduction de toute impureté et, en particulier, d'acide; on évitera le voisinage de flamme ou d'étincelle en raison de la nature du dégagement gazeux hydrogène pendant la charge, puis oxygène lorsque celle-ci est terminée.

Le niveau de l'électrolyte sera maintenu à une hauteur convenable par addition d'eau distillée, il faut veiller à ce que le niveau ne descende pas au-dessous du bord supérieur des plaques, car la matière active des plaques négatives très oxydable, rougit au contact de l'air, ce qui pourrait entraîner l'explosion de l'élément.

Eléments étanches "Voltabloc"

Parmi les progrès faits dans la construction des batteries ou cadmium- nickel, signalons la mise au point par la SAFT d'éléments dits VOLTABLOC qui présentent le grand intérêt d'être étanches. Leur fonctionnement normal n'entraînant aucun dégagement gazeux, il n'est pas nécessaire de contrôler le niveau de l'électrolyte. Une sujétion importante d'entretien est ainsi supprimée.

L'enveloppe d'un élément VOLTABLOC est étanche avec toutefois sur le couvercle une soupape de sûreté qui a pour objet d'éviter une déformation du bac dans le cas où une surcharge prolongée entraînerait une surpression interne.

Ces éléments possèdent en outre une grande capacité massique et sont capables de fournir des puissances instantanées considérables.

Ces propriétés sont obtenues grâce à l'emploi de plaques frittées de moins d'un millimètre d'épaisseur dont le support est un feuillard métallique perforé.

Ces plaques sont isolées par un tissu isolant et poreux qui les enveloppe. La résistance interne est dix fois plus faible que celle d'une batterie alcaline standard.

Ces éléments sont largement employés dans la marine marchande jusqu'à des capacités de 160 AH.

Sous forme d'éléments "boutons" de quelques dixièmes d'Ampère-heure de capacité ils ont leur emploi dans les lampes électriques de poche où, ils jouent le rôle de piles rechargeables.

CARACTERISTIQUES COMPAREES DES ACCUMULATEURS ALCALINS ET DES ACCUMULATEURS AU PLOMB

Les accumulateurs alcalins ont sur les accumulateurs au plomb les avantages suivants :

- leur conservation dans le temps est meilleure, qu'ils soient chargés ou déchargés ils supportent mieux les surcharges, on peut alimenter sans inconvénient en permanence un élément cadmium-nickel avec un courant de faible intensité (5 à 10 mA par ampère heure de capacité);
- ils supportent des recharges rapides en une ou deux heures;
- leur capacité varie peu en fonction de l'intensité de décharge.

Dire qu'une batterie au plomb possède une capacité nominale de C Ah signifie qu'elle peut débiter $\frac{C}{10}$ A pendant 10 heures. Elle ne pourrait restituer avec un débit de C Ampères que la moitié de sa capacité. Au contraire une batterie alcaline de C Ah peut débiter pratiquement C Ampères en 1 heure.

Elles sont toutefois beaucoup plus onéreuses à l'achat.

Le grief souvent formulé contre les batteries alcalines, d'avoir une résistance interne relativement élevée est considérablement réduit depuis la fabrication d'élément à plaques frittées.

Les batteries alcalines les plus récentes constituent en tous points un progrès considérable par rapport aux accumulateurs au plomb classiques.

Utilisation des batteries alcalines

Les caractéristiques que nous venons de passer en revue explique pourquoi les batteries alcalines sont très utilisées à bord des navires, comme batteries de secours Elles sont associées en général à un chargeur et travaillent en tampon tant que la source d'énergie électrique principale demeure disponible et assure une autonomie de quelques heures en cas de panne de celle-ci.

LES ACCUMULATEURS ARGENT-ZINC.

Cet accumulateur, de fabrication relativement récente, connu sous le nom de accumulateur ANDYAR (du nom de son inventeur ANDRE et de la Société YARDNEY qui en a assuré la mise au point industrielle) a reçu d'assez nombreuses applications en raison de sa puissance massique élevée.

L'électrolyte est une solution de potasse pure. L'électrode positive est constituée par de l'argent pulvérulent tamisé sur une toile métallique, l'électrode négative par une grille en laiton supportant le zinc qui se dépose durant la charge. Les matières actives sont retenues par des étuis en cellulose.

La f.é.m. varie de 1,65 à 2,2. Le rendement en quantité est de l'ordre de 95%, le rendement en énergie 85 %. Les avantages de ces batteries sont les suivants :

- capacité par unité de poids ou de volume élevée (de l'ordre de 60W/h par kg au lieu de 25 W/h par kg pour les accus au plomb),
- résistance interne très faible permettant de fortes intensités de décharge.

Ces qualités justifient l'emploi de ces accumulateurs dans l'aviation, les torpilles, divers fanaux portatifs,.

A titre indicatif les caractéristiques comparées d'une batterie prototype Ag-Zn de grande capacité avec celles d'une batterie au plomb de même volume sont les suivantes :

la batterie au plomb pèse 79 tonnes et est susceptible de tenir pendant 36 heures la puissance de 70 kW. La batterie Ag Zn pèse 59 tonnes et peut fournir cette même puissance pendant 79 heures.

Une batterie AgZn 100 AH 24V type aviation pèse 28 kg. Une batterie Voltabloc V035 de 35 AH 24 V pèse 36kg.

Les batteries AgZn sont deux à trois fois plus chères que les accumulateurs CdNi équivalents. Leur endurance est mal connue en raison de leur introduction assez récente sur le marché.

BIBLIOGRAPHIE :

Sources d'énergie des sous-marins : batteries d'accumulateurs électriques par l'Ingénieur en Chef de l'Armement DARPAS, édition 1974

Connaissance des accumulateurs au plomb et autres générateurs électrochimiques par G. GORY, édition SEMIS, collection Auto-Volt, 1977

TABLE DES MATIERES

| | |
|--|----|
| LES ACCUMULATEURS AU PLOMB | 1 |
| théorie-fonctionnement..... | 1 |
| Théorie élémentaire des réactions chimiques | 2 |
| Décharge | 2 |
| Charge..... | 3 |
| Caractéristiques d'un accumulateur au plomb..... | 10 |
| Entretien d'une batterie..... | 10 |
| Précautions prises vis-à-vis du dégagement d'hydrogène : | 12 |
| Dispositions prises vis-à-vis des courts circuits et étincelles : | 12 |
| Précautions vis-à-vis de l'acide sulfurique : | 13 |
| Précaution vis-à-vis des entrées d'eau de mer : | 13 |
| Réfection des niveaux..... | 13 |
| Homogénéisation de l'électrolyte | 13 |
| Entretien de la batterie :..... | 14 |
| Entretien des éléments | 14 |
| Entretien de la batterie : | 14 |
| Surveillance des batteries :..... | 14 |
| Avaries et incidents de fonctionnement des accumulateurs : | 15 |
| La sulfatation : | 15 |
| L'inversion de polarité | 16 |
| Les courts-circuits intérieurs | 16 |
| Désagrégation prématurée des matières actives..... | 17 |
| Empoisonnement des plaques par des impuretés diverses | 17 |
| LES ACCUMULATEURS ALCALINS | 19 |
| Constitution..... | 19 |
| Plaques | 19 |
| Séparateurs | 19 |
| Bacs | 20 |
| Electrolyte | 20 |
| Caractéristiques..... | 20 |
| Force électromotrice | 20 |
| Résistance interne | 21 |
| Capacité..... | 21 |
| Rendement | 21 |
| Mise en oeuvre | 22 |
| Décharge | 22 |
| Charge | 22 |
| Défauts et avaries..... | 22 |
| Conduite et entretien. | 22 |
| CARACTERISTIQUES COMPAREES DES ACCUMULATEURS ALCALINS ET DES ACCUMULATEURS AU PLOMB | 24 |
| LES ACCUMULATEURS ARGENT-ZINC. | 25 |
| BIBLIOGRAPHIE : | 25 |
| TABLE DES MATIERES | 26 |

