

①②

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 19.08.02.

③⑦ Priorité : 10.09.01 US 09950445.

④③ Date de mise à la disposition du public de la
demande : 14.03.03 Bulletin 03/11.

⑤⑥ Liste des documents cités dans le rapport de
recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été
établi à la date de publication de la demande.*

⑥⑦ Références à d'autres documents nationaux
apparentés :

⑦① Demandeur(s) : SPACE SYSTEMS / LORAL INC —
US.

⑦② Inventeur(s) : LEVINE ERIK L.

⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire(s) : CABINET GERARD KEIB.

⑤④ METHODE DE CHARGE D'UNE BATTERIE NICKEL-HYDROGENE.

⑤⑦ Une méthode pour charger une batterie nickel-hydro-
gène qui comprend une électrode positive, une électrode
négative et un électrolyte, la méthode comprenant les éta-
pes consistant à :

(a) la soumission de ladite batterie à un régime de char-
ge élevé pendant une période jusqu'à ce que la température
de la batterie s'élève au moins à ΔT_1 , où ΔT_1 est environ 2
°C au-dessus de la température locale minimale de la batte-
rie;

(b) commutation du niveau de charge de la batterie vers
un régime de charge inférieur à celui de l'étape (a) pendant
une période jusqu'à ce que la température de la batterie
augmente au moins de ΔT_2 , où ΔT_2 est environ 2° C au-des-
sus de la température locale minimale de la batterie;

(c) commutation du niveau de charge de la batterie vers
un régime de charge de filtrage qui est supérieur à celui de
l'étape (b) pour une période d'environ 30 à 60 minutes avant
l'éclipse suivante prévue; et ensuite

(d) commutation de la batterie vers une charge par pul-
sations équivalente au régime de charge élevé de l'étape
(a).

FR 2 829 618 - A1



ARRIERE-PLAN DE L'INVENTION

1. Domaine de l'invention

La présente invention concerne en général une méthode pour charger une batterie nickel-hydrogène et plus particulièrement une méthode perfectionnée pour la « charge à froid » de batteries nickel-hydrogène telles qu'utilisées typiquement dans un engin spatial en mettant en œuvre un contrôle en boucle fermée pour le contrôle de la charge de la batterie afin de minimiser la dissipation thermique de la batterie et les exigences de puissance de l'engin spatial ainsi que pour optimiser la capacité de charge de la batterie.

2. Description de l'Art Antérieur

Il est bien reconnu que la performance optimale des batteries nickel-hydrogène pour engin spatial nécessite que leur température durant la charge soit contrôlée pour quelles soit maintenues dans l'intervalle compris entre -20°C à $+10^{\circ}\text{C}$. Des températures plus élevées conduisent généralement à une capacité d'énergie stockée diminuée due à la mise en œuvre prématurée de la réaction d'électrolyse parasite, à savoir,



La réaction (1) a été reconnue dans l'art antérieur comme réduisant la capacité lorsque la température opérationnelle lors de la charge de la batterie est augmentée. Dans le brevet US n° 5 395 706 une information est décrite en ce qui concerne la mise en évidence des températures critiques pour la charge d'une batterie nickel-hydrogène. La mise en évidence est que la température critique est celle à laquelle la batterie est rechargée et la réaction (1) est en compétition avec la réaction de recharge normale, à savoir,



Le brevet n° 5 395 706 fourni la base pour charger de façon optimale des batteries nickel-hydrogène « à une température T_1 dans l'intervalle compris entre – 10° C jusqu'à – 30° C, qui est inférieure à une température T_2 dans l'intervalle de – 10° C jusqu'à + 5° C à laquelle la décharge commence habituellement ». Par ailleurs, des températures inférieures ont été trouvées comme conduisant à des batteries qui présentent des défauts de fonctionnement. Les raisons de ces défauts antérieurement à l'invention décrite dans le brevet US n° 5 395 706 n'étaient pas claires étant donné que le point de congélation (–61° C) de l'électrolyte est bien inférieur à la température minimale de fonctionnement. La seconde clé de l'invention décrite dans le brevet US n° 5 395 706 est l'admission que la température limite inférieure est due à une limitation de la possibilité pour la batterie de supporter le régime de charge élevé nécessaire dans les satellites situés dans une orbite géosynchrone (à savoir environ C/1,5) contrairement à la recharge à régime inférieur (à savoir environ C/10) où « C » est une capacité de base ou nominale de la batterie.

Un exemple typique de l'art antérieur concernant la charge et la décharge de batteries type nickel est le brevet US n° 4 680 241 de Dyer. Le brevet Dyer concerne une méthode pour restaurer partiellement ou complètement les capacités perdues de batteries au nickel. A cet effet, une batterie au nickel est soumise à un cycle comprenant au moins dix (10) cycles répétitifs, chaque cycle comprenant une étape de décharge durant laquelle la capacité obtenue à la fin du cycle précédent est réduite d'au moins cinq (5) pourcent, et un cycle de charge. Le régime de charge utilisé durant l'étape de charge est supérieur à environ C/10 par heure. De plus, tandis que le taux de la quantité de charge délivrée à la batterie durant l'étape de charge de chaque cycle sur la quantité de charge retirée de la batterie durant le cycle précédent est supérieur à un, ce taux est choisi de façon que la température de l'électrolyte de la batterie ne dépasse pas environ 30° C.

RESUME DE L'INVENTION

La présente invention apporte à l'art antérieur une méthode pour éviter la surcharge qui conduit à une capacité de charge de la batterie inférieure et une utilisation inefficace de la puissance de l'engin spatial. Les exigences de programmation sont plus simples pour la présente invention que pour celles décrites dans l'art antérieur. La recharge de la batterie est réglée pour tenir compte de la performance de la recharge pour la batterie dans un contrôle en boucle fermée contrairement au cas de l'art antérieur qui concerne un contrôle de charge en boucle ouverte. La méthode selon la présente invention conduit elle-même à une mise en œuvre facile pour recharger une batterie après toutes les décharges de la batterie, y compris celles causées par les périodes normales d'éclipse terrestre, telles qu'éprouvées par un engin spatial et les décharges anormales telles que celles survenant en cas d'éclipses lunaires, les urgences de l'engin spatial, les manœuvres orbitales de l'engin spatial, etc.

Les caractéristiques de la présente invention fournissent un contrôle suivi de la charge de la batterie en boucle fermée, basée sur la dissipation de chaleur de la batterie au moyen d'une mesure directe de la température de la batterie (et / ou une mesure directe d'un réchauffeur de batterie cyclique ou des données de jauge de contrainte de la batterie qui est une mesure directe de la pression de la batterie qui est elle-même une mesure indirecte de la température à un état donné de la charge). Les caractéristiques de la présente invention permettent une recharge automatique de la batterie en cas de cycles de décharge dus à la décharge en cas d'éclipse et d'absence d'éclipse (telle qu'une élévation de l'orbite, une éclipse lunaire et des fonctionnements d'urgence).

Pour obtenir les divers avantages décrits ici en conformité avec le but de cette invention, les caractéristiques inventives comprises dans la présente invention comportent une méthode pour charger une batterie nickel-hydrogène qui comprend une électrode positive, une électrode négative et un électrolyte, cette méthode comprenant, après que la batterie ait été soumise à une décharge, les étapes suivantes : (a) la soumission de la batterie à un régime de charge élevé (à savoir environ C/10 à C/15 où « C » est la capacité de base normale ou nominale

de la batterie) pendant une période jusqu'à ce que la température de la batterie augmente au moins de ΔT_1 (typiquement environ 2°C) au-dessus de la température locale minimale de la batterie, à savoir la température la plus basse durant cette charge initiale, (b) la commutation du niveau de charge de la batterie vers un régime de charge inférieur à celui dans l'étape (a) pour une période jusqu'à ce que la température de la batterie augmente au moins de ΔT_2 (typiquement le même que ΔT_1 , à savoir 2°C) au-dessus de la température locale minimale de la batterie, (c) la commutation de nouveau du niveau de charge de la batterie vers un régime de charge minimal d'environ C/100 jusqu'à environ 30 à 60 minutes avant l'éclipse suivante prévue et après quoi, (d) la commutation de la batterie vers une charge pulsée équivalente au régime de charge élevé de l'étape (a) jusqu'au commencement de l'éclipse suivante, ou la communication vers le régime de charge minimal de l'étape (c) après une durée maximum de charge égale à 60 minutes durant l'étape (d) à savoir qu'aucune décharge ultérieure de la batterie ne commence. Ainsi, le régime de charge de la batterie est contrôlé en boucle fermée par les variations de la température de la batterie en fonction du temps c'est-à-dire de la dérivée de la température.

De plus, conformément aux caractéristiques de la présente invention celle-ci concerne une méthode pour charger une batterie nickel-hydrogène qui comprend une électrode positive, une électrode négative et un électrolyte, cette méthode comprenant les étapes suivantes : (a) la soumission préliminaire de la batterie à un régime de charge relativement élevé d'environ C/15 pendant une période jusqu'à ce que la température de la batterie augmente d'environ 2°C au-dessus de la température locale minimale de la batterie, (b) la commutation du niveau de charge de la batterie vers un niveau de régime de charge moyen d'environ C/30 pendant une période jusqu'à ce que la température de la batterie augmente d'environ 2°C au-dessus de la température minimale de la batterie, (c) la commutation à nouveau du niveau de charge de la batterie vers un niveau de charge relativement faible d'environ C/100 pendant une période jusqu'à environ 30 à 60 minutes avant l'éclipse suivante prévue, et (d) la commutation de la batterie vers une charge pulsée équivalente au régime de charge élevé de l'étape (a).

Selon les caractéristiques de la présente invention, un premier but de la présente invention est d'obtenir une méthode perfectionnée unique pour accroître de façon autonome la capacité d'une batterie de nickel-hydrogène. Grâce à la méthode unique et simplifiée pour charger, la méthode peut être mise en œuvre manuellement, c'est-à-dire par commande du sol, dans l'éventualité d'un défaut ou d'une absence, des moyens autonomes embarqués dans l'engin spatial.

D'autres buts de la présente invention concernent une méthode améliorée pour « charger à froid » des batteries au nickel-hydrogène, comprenant la fourniture d'un contrôle en boucle fermée pour contrôler la charge de la batterie pour minimiser la dissipation thermique de la batterie et les exigences en puissance de l'engin spatial.

BREVE DESCRIPTION DES DESSINS

Les dessins annexés qui sont incorporés dans la description et constituent une partie de cette dernière illustrent une réalisation de l'invention et en combinaison avec la présente description, servent à expliquer les principes de l'invention.

La figure 1 est une représentation en diagramme d'un système de batterie conforme à la présente invention et comporte une vue en coupe transversale d'une cellule d'une batterie nickel-hydrogène utilisée avec le système de batterie.

La figure 2 est un graphe illustrant le fonctionnement d'une première cellule d'une batterie nickel-hydrogène conforme aux caractéristiques de la présente invention, représentant différents paramètres en fonction de l'évolution du temps.

La figure 3 est un graphe illustrant le fonctionnement de la même première cellule d'une batterie nickel-hydrogène conforme aux caractéristiques de la présente invention présentant différents paramètres en fonction de l'évolution du temps montrant une recharge basée sur des méthodes connues n'incluant pas le contrôle en boucle fermée de la recharge.

La figure 4 est un graphe illustrant le fonctionnement d'une seconde cellule d'une batterie nickel-hydrogène conforme aux caractéristiques de la présente invention présentant différents paramètres en fonction de l'évolution du temps, et

La figure 5 est un graphe illustrant le fonctionnement d'une seconde cellule
5 présentant différents paramètres en fonction de l'évolution du temps montrant une recharge basée sur des méthodes connues n'incluant pas le contrôle en boucle fermée de la recharge.

10 DESCRIPTION DETAILLEE DES REALISATIONS PREFEREES

Alors que la présente invention sera décrite ci-après en relation avec une réalisation préférée de celle-ci, il doit être entendu que celle-ci n'est pas destinée à limiter l'invention à cette réalisation. Au contraire, celle-ci est destinée à couvrir
15 toutes alternatives, modifications et équivalents pouvant être inclus dans l'esprit et la portée de l'invention telle que définie dans les revendications annexées, y compris l'application de la méthode définie par la présente invention sur d'autres systèmes de batteries utilisables dans des engins spatiaux du type non-GEO et pour l'utilisation de systèmes de batteries terrestres.

20 Comme montré à la figure 1, un système 20 de batteries nickel-hydrogène du type avec lequel l'invention est concernée comprend une cellule 22 pourvue d'un récipient sous pression 24 et d'un empilement d'électrodes 26 à l'intérieur du récipient sous pression. L'empilement d'électrodes 26, lui-même comprend une électrode positive 28, une électrode négative 30 et un séparateur poreux 32 qui
25 sert également de réservoir d'électrolyte pour stocker un excès d'électrolyte à l'intérieur de l'empilement d'électrodes 26. Le séparateur 32 peut être constitué de zircone, d'amiante, de matière plastique et analogue. L'électrode positive 28 comprend de l'hydroxyde de nickel électrochimiquement actif et une matière électriquement conductrice ayant une résistivité inférieure à sensiblement
30 0,1 Ohm/cm. L'électrode négative 30 est en une matière qui catalyse l'oxydation et la réduction de l'hydrogène gazeux et d'une façon typique, l'électrolyte est une solution d'hydroxyde de potassium (KOH).

La cellule 22 présente également une borne électrique selon 34 et 36 par laquelle passent les conducteur électriques négatif et positif 38 et 40 respectivement.

Une jupe chauffante 42 alimentée électriquement d'une manière appropriée recouvre le récipient sous pression 24. En fermant un interrupteur 44 les éléments chauffants situés dans la jupe chauffante 42 peuvent être alimentés par une source appropriée 46 de EMF pour chauffer la cellule 22.

La cellule 22 est connectée thermiquement à un radiateur optique spatial (OSR) 48 au moyen d'un manchon thermiquement conducteur 50. Le manchon 50 est monté sur l'un des côtés 42 du OSR 48 et enveloppe d'une manière glissante une surface périphérique extérieure 54 de la cellule 22. Un côté 60 du côté opposé 52 de l'OSR 48 fait face à un espace noir. La cellule est refroidie en continu par le OSR et sa température est déterminée en mettant le OSR en contact avec la jupe chauffante 42.

Conformément aux caractéristiques de la présente invention, les termes T_1 , ΔT_1 , T_2 et ΔT_2 utilisés ici sont définis comme suit :

T_1 est défini comme l'intervalle de température de sensiblement -10°C jusqu'à -30°C .

T_2 est défini comme l'intervalle de température de sensiblement -10°C à $+5^\circ\text{C}$.

ΔT_1 et ΔT_2 sont typiquement égaux à 2°C .

Une décharge de batterie (due soit par une éclipse terrestre ou lunaire soit par une activité d'élévation de l'orbite, soit par une condition d'urgence, etc...) est suivie par une charge à haut régime, typiquement C/15 (où C est la capacité de base ou la capacité nominale de pleine charge de la batterie). Cette charge à haut régime est maintenue jusqu'à ce que la température de la batterie (mesurée soit à l'emplacement d'une simple thermistance soit à la moyenne de plusieurs emplacements) augmente de ΔT_1 par rapport à la température locale minimale de la batterie pendant la charge initiale. Le niveau de charge de la batterie est ensuite commuté vers un régime de charge plus faible, typiquement la moitié du régime de charge élevé (à savoir, C/30). Cette période de régime de charge moyen se termine lorsque la température de la batterie augmente de ΔT_2 au-dessus de la

température locale minimale durant cette seconde période de charge. A la suite de cette seconde période de charge, le régime de charge de la batterie est fixé à un régime de charge par filtration égal typiquement à C/100. Ce régime de charge par filtration est maintenu jusqu'à 30 à 60 minutes avant l'éclipse suivante prévue, point auquel la batterie est placée sous charge pulsée équivalente au régime de charge élevé. La température minimale de la batterie est limitée à T_1 selon l'art antérieur durant les deux premières périodes de charge (élevée et moyenne) au moyen de l'utilisation des réchauffeurs de batterie, ou une augmentation du régime de charge de la batterie durant soit l'une ou l'autre des périodes (ces augmentations de régime de charge peuvent être mises en œuvre d'une manière autonome ou manuelle). Ensuite les réchauffeurs peuvent être utilisés pour porter la batterie à la température T_2 en conformité avec les méthodes connues précédemment.

Dans cette méthode, tous les paramètres (à savoir les niveaux de charge, le commutateur d'écart de température) peuvent être modifiés au moyen d'une mémoire de commande d'augmentation de charge ou par une commande discrète.

Les cycles de décharge concernant une éclipse non terrestre peuvent modifier les points de réglage et de consigne du chauffage à un niveau plus élevé, T_2 pendant toute la période de charge et la période de charge pulsée pourrait être supprimée.

Les graphes illustrés dans les figures 2 à 5 sont basés sur des données prises pendant le test orbital d'un GEO dans lequel la technique décrite en conformité avec les caractéristiques de cette invention a été utilisée en tant que méthode pour mettre en œuvre manuellement la recharge d'une batterie durant une saison d'éclipse. Comme démontré, la méthode selon la présente invention peut être mise en œuvre manuellement d'une manière très facile dans l'éventualité d'une situation d'urgence, cette méthode pouvant également être contrôlée d'une manière autonome à l'aide de moyens informatiques et de logiciels embarqués dans l'engin spatial.

Les graphes des figures 2 à 5 montrent deux cycles de décharge / charge de batteries sur orbite sur deux différentes batteries. Le premier cycle

(approximativement du 10/04/1998 à 18 heures jusqu'à approximativement au 10/05/1998 à 18 heures) comme illustré sur les figures 2 et 4 est une recharge basée sur la méthode en conformité avec les caractéristiques spécifiques de la présente invention comme décrit ici. Le second cycle (approximativement du 10/05/1998 à 18 heures jusqu'à approximativement au 10/06/1998 à 18 heures) à savoir les figures 3 et 5 est une recharge basée sur des méthodes connues qui ne comportent pas le contrôle en boucle fermée de la recharge basée sur les températures de la batterie. On notera que la capacité dans la condition de recharge finale complète des deux cycles est virtuellement la même. On notera également que la zone de surcharge résultant en une augmentation de la température de la batterie dans le second cycle n'est pas présente dans le premier cycle. Ceci indique que l'énergie de la charge de la batterie durant cette portion de la période de recharge n'est pas introduite dans l'énergie stockée dans la batterie mais plutôt dans une déperdition de chaleur excessive. Au contraire, cette énergie peut être utilisée par l'engin spatial pour d'autres buts. De plus, la batterie atteint durant le premier cycle de charge son état de charge totale plusieurs heures avant que dans le second cycle (par rapport à la fin du point de décharge).

On notera deux différences clés entre ces deux profils de recharge. La première est que la recharge dans le premier cycle (le procédé défini dans cette invention) est réalisée à une température minimale à -15°C tandis que la température minimale du second cycle de recharge (qui n'utilise pas le contrôle thermique à boucle fermée du retour de charge) à savoir selon des méthodes connues est égale à -20°C . En second lieu, le premier cycle ne comporte pas la charge pulsée qui est mise en œuvre dans le second cycle. Grâce à ces deux aspects incorporés dans le premier cycle, la capacité du premier cycle peut être augmentée sensiblement de 10 ampères par heure et dépassera ainsi la charge acceptable en excès dans le second cycle. Les figures 4 à 5 concernent la batterie 2 de l'engin spatial durant la même période. Une performance similaire est notée sur cette batterie utilisant également la méthode décrite par la présente invention (figure 4) comparée à la performance obtenue par les méthodes connues (à savoir la figure 5).

Bien que cette invention ait été décrite en relation avec une réalisation spécifique de celle-ci, il est évident que beaucoup d'alternatives, modifications et variations peuvent apparaître aux hommes de l'art. Ainsi, l'invention peut englober toutes ces alternatives, modifications et variations pourvu que celles-ci tombent à l'intérieur de l'esprit et de la portée large des revendications annexées. Il est
5 cependant reconnu en conformité avec les caractéristiques de cette invention, que le profil de charge décrit ici peut comporter plus de deux périodes de charge avant l'étape (e) telle que décrite ici pour obtenir des effets améliorés minimaux.

REVENDECATIONS

1) Une méthode pour charger une batterie nickel-hydrogène qui comprend une électrode positive, une électrode négative et un électrolyte, la méthode comprenant après que la batterie ait été soumise à une décharge les étapes consistant à :

- 5 (a) la soumission de ladite batterie à un régime de charge élevé pendant une période jusqu'à ce que la température de la batterie s'élève au moins à ΔT_1 , où ΔT_1 est environ 2 °C au-dessus de la température locale minimale de la batterie ;
- 10 (b) commutation du niveau de charge de la batterie vers un régime de charge inférieur à celui de l'étape (a) pendant une période jusqu'à ce que la température de la batterie augmente au moins de ΔT_2 , où ΔT_2 est environ 2° C au-dessus de la température locale minimale de la batterie ;
- 15 (c) commutation du niveau de charge de la batterie vers un régime de charge de filtrage qui est supérieur à celui de l'étape (b) pour une période d'environ 30 à 60 minutes avant l'éclipse suivante prévue ; et ensuite
- (d) commutation de la batterie vers une charge par pulsations équivalente au régime de charge élevé de l'étape (a).

2) Une méthode pour charger une batterie nickel-hydrogène selon la
20 revendication 1, dans laquelle la température minimale de la batterie est limitée à la fois pendant les étapes (a) et (b) à une température égale à T_1 , où T_1 est une température comprise dans l'intervalle d'environ - 30° C à - 10° C.

3) Une méthode pour charger une batterie nickel-hydrogène selon la
25 revendication 1, dans laquelle la température de la batterie après l'étape (b) est augmentée jusqu'à une température de T_2 , où T_2 est une température comprise dans l'intervalle d'environ - 10° C à environ + 5° C.

4) Une méthode pour charger une batterie nickel-hydrogène selon la
30 revendication 1, dans laquelle ledit régime de charge élevé dans l'étape (a) est

égal à environ $C/15$, dans laquelle C est la capacité de charge normale ou nominale de la batterie.

5 5) Une méthode pour charger une batterie nickel-hydrogène selon la revendication 1, dans laquelle le niveau de charge de la batterie dans l'étape (b) est environ égal à la moitié du niveau de charge de la batterie dans l'étape (a).

10 6) Une méthode pour charger une batterie nickel-hydrogène selon la revendication 1, dans laquelle le niveau de charge de la batterie dans l'étape (b) est égal à environ $C/30$, où C est la capacité de charge normale ou nominale de la batterie.

15 7) Une méthode pour charger une batterie nickel-hydrogène selon la revendication 1, dans laquelle le niveau de charge de la batterie dans l'étape (c) est égal à environ $C/100$, où C est la capacité de charge normale ou nominale de la batterie.

20 8) Une méthode pour charger une batterie nickel-hydrogène qui comprend une électrode positive, une électrode négative et un électrolyte, cette méthode comprenant les étapes consistant à :

25 (a) à soumettre tout d'abord la batterie à un régime de charge relativement élevé d'environ $C/15$, où C est la capacité de charge normale ou nominale de la batterie pendant une période jusqu'à ce que la température de la batterie augmente jusqu'à environ 2°C au-dessus de la température locale minimale de la batterie ;

30 (b) à commuter ensuite le niveau de charge de la batterie vers un niveau de charge moyen dans lequel le régime de charge est d'environ $C/30$, où C est la capacité de charge normale ou nominale de la batterie pendant une période jusqu'à ce que la température de la batterie augmente d'environ 2°C au-dessus de la température locale minimale de la batterie ;

- (c) puis à commuter le niveau de charge de la batterie vers un niveau de charge inférieur égal à environ $C/100$, où C est la capacité de charge normale ou nominale de la batterie pendant une période jusqu'à environ 30 à 60 minutes avant l'éclipse suivante prévue ; et
- 5 (d) ensuite à commuter la batterie vers une charge pulsée équivalente au régime de charge élevé de l'étape (a).

9) Une méthode pour charger une batterie nickel-hydrogène selon la revendication 8, dans laquelle la température minimale de la batterie est limitée à la fois pendant les étapes (a) et (b) à une température égale à T_1 , où T_1 est une température comprise dans l'intervalle d'environ -30°C à environ -10°C , et la température de la batterie après l'étape (b) est augmentée jusqu'à une température égale à T_2 , où T_2 est une température comprise dans l'intervalle d'environ -10°C à environ $+5^{\circ}\text{C}$.

15

10) Une batterie nickel-hydrogène chargée suivant la méthode selon l'une des revendications 1 à 8.

11) Une batterie nickel-hydrogène chargée suivant la méthode selon l'une des revendications 8 ou 9.

20

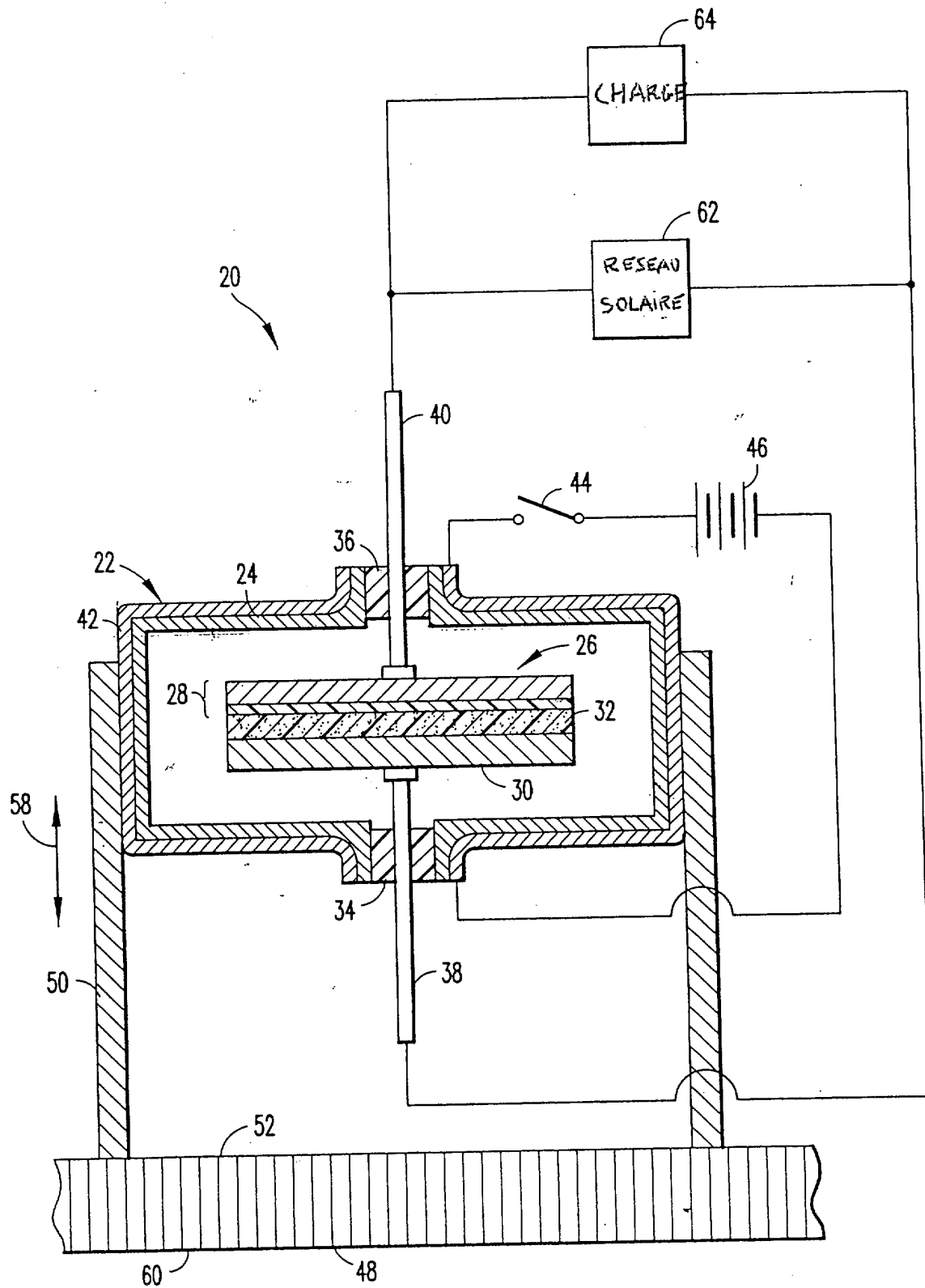
$1/3$ 

FIG. 1

Batterie1

Figure 2

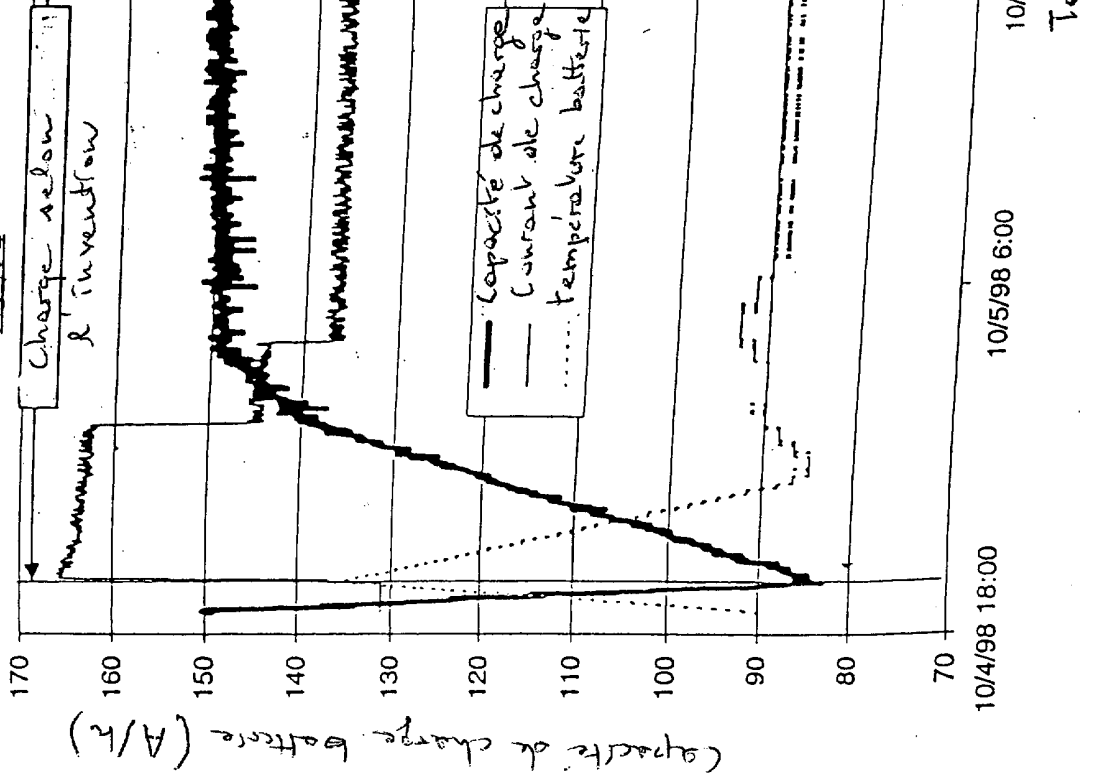
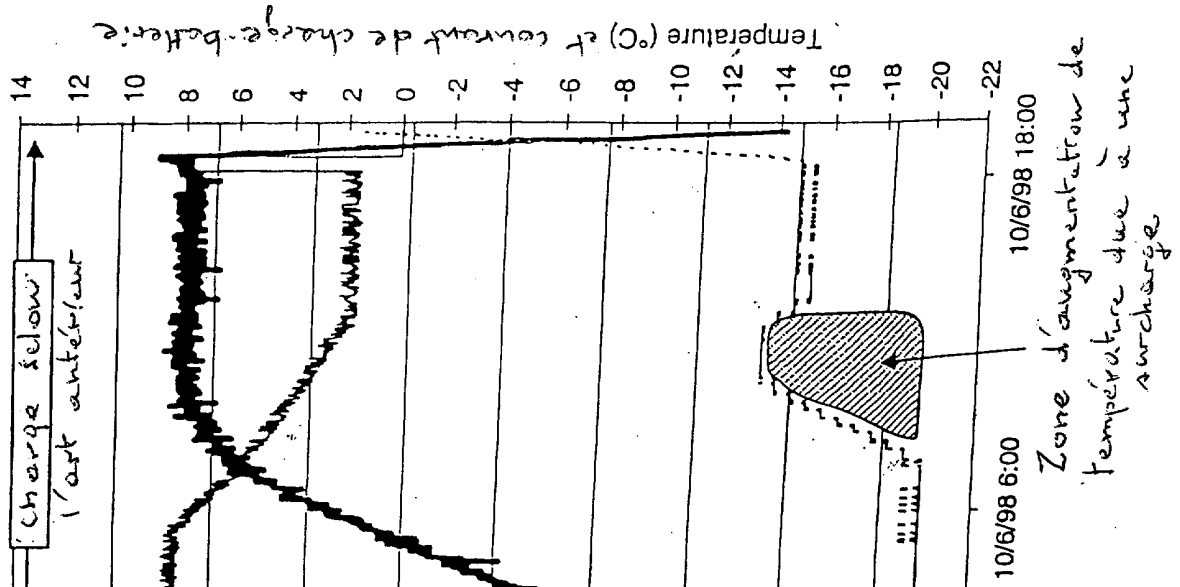


Figure 3



Batterie 2

Figure 4

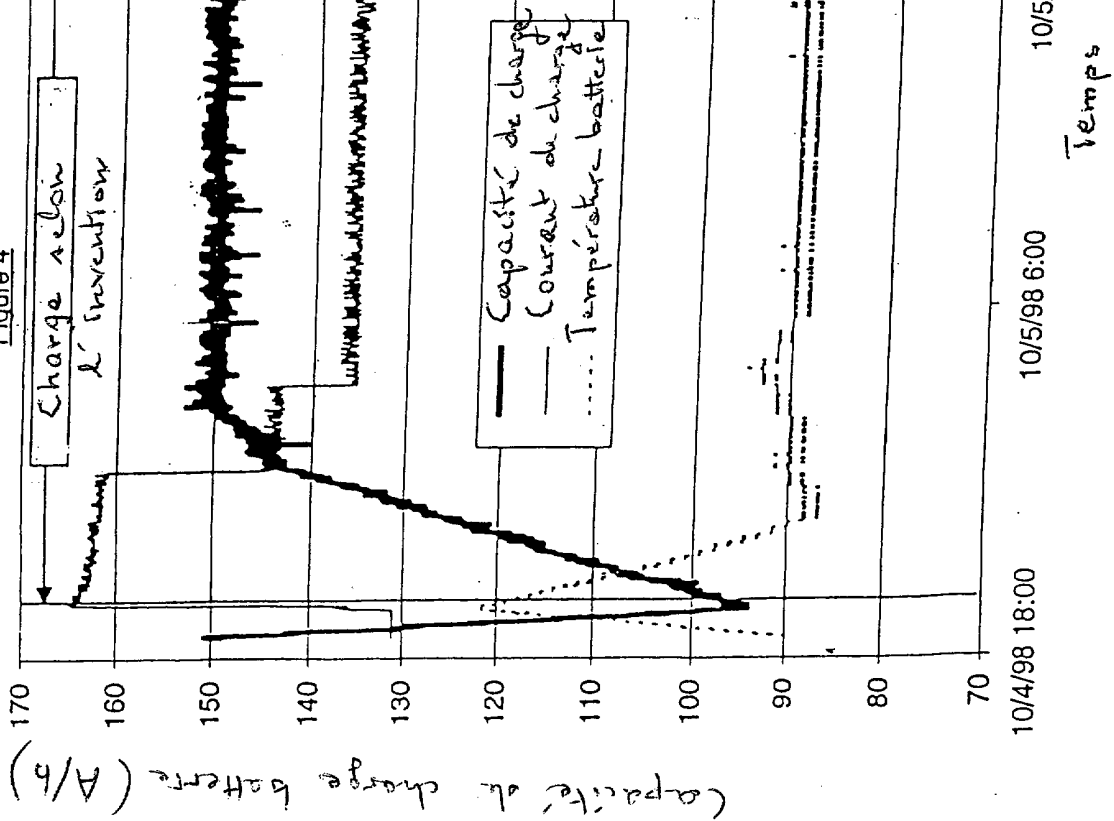


Figure 5

