



(12) **DEMANDE DE BREVET CANADIEN**
CANADIAN PATENT APPLICATION

(13) **A1**

(22) Date de dépôt/Filing Date: 2020/05/13

(41) Mise à la disp. pub./Open to Public Insp.: 2021/11/13

(51) Cl.Int./Int.Cl. *H01M 10/48* (2006.01),
H01M 10/05 (2010.01)

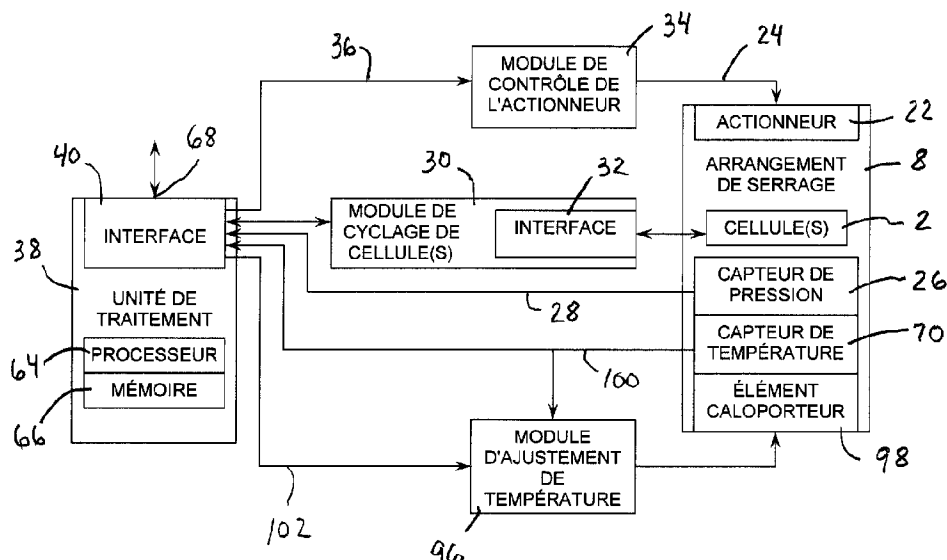
(71) Demandeur/Applicant:
HYDRO-QUEBEC, CA

(72) Inventeurs/Inventors:
MONTAMBAULT, SERGE, CA;
MORIN, FRANCOIS, CA;
RIVARD, ETIENNE, CA;
PERREAULT, CHRISTIAN, CA;
ZAGHIB, KARIM, CA

(74) Agent: MORIN, LUC

(54) Titre : SYSTEME DE CYCLAGE DE CELLULES DE BATTERIE TOUT SOLIDE AVEC REGULATION DE PRESSION

(54) Title: SOLID-STATE BATTERY CELL CYCLING SYSTEM WITH PRESSURE REGULATION



(57) Abrégé/Abstract:

Un système de cyclage de cellules de batterie tout solide avec régulation de pression est divulgué. Le système comporte des supports pour recevoir des cellules de batterie qui s'insèrent dans un arrangement de serrage ayant des mâchoires déplacées l'une par rapport à l'autre par un actionneur opéré par un contrôleur afin d'appliquer une pression dans un axe d'application de pression sur les cellules. Un capteur de pression mesure la pression appliquée sur les cellules pendant qu'un module de cyclage connecté aux cellules effectue leur cyclage et mesure leur niveau de charge et décharge. Une unité de traitement programmable assure un asservissement de la pression et, si voulu, d'une température appliquée sur les cellules selon un mode de cyclage programme et enregistre des données représentatives de la pression et d'autres mesures de cyclage.



ABRÉGÉ

Un système de cyclage de cellules de batterie tout solide avec régulation de pression est divulgué. Le système comporte des supports pour recevoir des cellules de batterie qui s'insèrent dans un arrangement de serrage ayant des mâchoires déplacées l'une par rapport à l'autre par un actionneur opéré par un contrôleur afin d'appliquer une pression dans un axe d'application de pression sur les cellules. Un capteur de pression mesure la pression appliquée sur les cellules pendant qu'un module de cyclage connecté aux cellules effectue leur cyclage et mesure leur niveau de charge et décharge. Une unité de traitement programmable assure un asservissement de la pression et, si voulu, d'une température appliquée sur les cellules selon un mode de cyclage programmé et enregistre des données représentatives de la pression et d'autres mesures de cyclage.

SYSTÈME DE CYCLAGE DE CELLULES DE BATTERIE TOUT SOLIDE AVEC RÉGULATION DE PRESSION

DOMAINE DE L'INVENTION

5

L'invention porte en général sur un équipement de cyclage de cellules de batterie, et plus particulièrement sur un système de cyclage de cellules de batterie tout solide avec régulation de pression.

10 CONTEXTE

Les batteries tout solide sont de plus en plus considérées pour remplacer avantageusement les batteries à électrolyte liquide et former les prochaines générations de batteries, notamment dans l'industrie des véhicules électriques et le
15 stockage d'énergie résidentiel et industriel. Les équipes qui travaillent sur la chimie des batteries ont besoin de systèmes de cyclage des cellules qu'ils développent pour en arriver à un produit performant. En outre, la chimie et l'architecture des cellules de batterie tout solide impliquent qu'elles soient soumises à une pression précise pour obtenir des performances optimales de la batterie. Il importe donc de déterminer la
20 valeur de pression à appliquer sur les cellules pour obtenir des performances optimales. Dans le cas d'une batterie tout solide, la pression optimale peut être importante, par exemple plusieurs centaines de PSI et même plus de 1000 PSI.

Les systèmes actuels de cyclage sous pression sont inappropriés pour déterminer les
25 paramètres optimisant les performances d'une batterie tout solide, selon la chimie des cellules utilisée. Bien que les systèmes actuels puissent réguler la température par dispositif à liquide caloporteur, ils ne permettent qu'une application de pression modérée sur les cellules, généralement de quelques PSI et ne dépassant pas environ 100 PSI. Les systèmes actuels ne permettent donc pas d'appliquer des niveaux
30 importants de pression comme requis pour des batteries tout solide, ne permettent pas d'appliquer une pression variable programmable, et ne permettent pas d'asservir

la fonction d'application de pression. Aussi, les systèmes actuels sont complexes à ajuster, lourds, ou peu flexibles. De plus, les systèmes actuels ont des circuits de régulation de température configurés pour maintenir la température d'essai d'une batterie à une valeur fixe, par exemple 27°C (80°F) pour une batterie de type Li-ion, alors qu'une température variable pourrait s'avérer préférable selon la chimie d'une batterie tout solide.

SOMMAIRE

- 10 Selon une réalisation de l'invention, il est proposé un système de cyclage de cellules de batterie tout solide, le système comprenant:
- au moins un support définissant un logement pour recevoir une des cellules de batterie tout solide;
 - un arrangement de serrage ayant (i) des mâchoires inférieure et supérieure entre lesquelles ledit au moins un support logeant une des cellules de batterie tout solide est insérable, les mâchoires étant mobiles l'une par rapport à l'autre dans un axe d'application de pression, et (ii) des surfaces d'application de pression sur la cellule logée dans chaque support, une des surfaces d'application de pression étant destinée à exercer une pression sur une zone active de la cellule lorsque les
 - 20 mâchoires sont en position d'application de pression;
 - un actionneur opérationnellement couplé à l'arrangement de serrage de manière à contrôler un serrage des mâchoires selon un signal de contrôle;
 - un capteur de pression opérationnellement associé à la cellule de manière à produire un signal indicatif d'une pression exercée par les mâchoires sur la cellule;
 - 25 un module de cyclage de la cellule, le module de cyclage ayant une interface connectable à la cellule pour charger et décharger la cellule selon un mode de cyclage programmé et mesurer un niveau de charge et de décharge de la cellule;
 - un module de contrôle de l'actionneur produisant le signal de contrôle de serrage des mâchoires selon un signal de réglage de pression; et
 - 30 une unité de traitement se connectant au module de cyclage, au module de contrôle de l'actionneur et au capteur de pression, l'unité de traitement étant

configurée pour programmer le mode de cyclage de la cellule et le transmettre au module de cyclage, programmer une pression à appliquer sur la cellule et générer le signal de réglage de pression selon une pression mesurée par le capteur de pression de manière à former une boucle d'asservissement de la pression appliquée sur la cellule, et enregistrer des données représentatives de la pression appliquée sur la cellule et du niveau de charge et de décharge de la cellule.

Préférentiellement, le système selon l'invention peut servir comme outil pour déterminer une ou plusieurs valeurs de pressions précises à appliquer sur des cellules de batterie tout solide, ainsi que d'autres paramètres possibles influençant leurs comportements et fonctionnements comme une ou des températures précises, pour obtenir des performances optimales des cellules selon leurs chimies et diverses conditions d'opération et d'utilisation testées par le système, incluant un taux de charge et de décharge et une densité de courant transitée. Le système permet de cycliser sous pressions faibles à élevées les cellules à tester et de développer un algorithme de gestion en temps réel implémentable par exemple dans un BMS ("Battery Management System") ou un VCU ("Vehicle Control Unit") pour contrôler une pression à appliquer et une température à maintenir ou à varier pour optimiser un rendement de la batterie tout solide en fonction de diverses conditions d'opération et d'utilisation des cellules.

DESCRIPTION BRÈVE DES DESSINS

Une description détaillée des réalisations préférées de l'invention sera donnée ci-après en référence avec les dessins suivants:

Figure 1 est un schéma bloc illustrant un système de cyclage de batterie tout solide selon une réalisation de l'invention.

Figure 2 est une vue en perspective et en éclaté d'un dispositif d'application de pression sur des cellules selon une réalisation de l'invention.

Figure 3 est une vue en perspective d'un dispositif d'application de pression avec des supports de cellules avant leur positionnement dans le dispositif, selon une réalisation de l'invention.

5

Figure 4 est une vue en perspective d'un autre angle du dispositif et des supports de cellules illustrés à la Figure 3.

10 Figure 5 est une vue en perspective et partiellement en éclaté d'un dispositif d'application de pression avec des supports de cellules lors de leur insertion dans le dispositif, selon une réalisation de l'invention.

Figure 6 est une vue en perspective et en éclaté d'une partie d'un dispositif d'application de pression selon une réalisation de l'invention.

15

Figure 7 est une vue en perspective d'un dispositif d'application de pression dans lequel des supports de cellules sont insérés, selon une réalisation de l'invention.

20 Figure 8 est une vue en perspective d'un autre angle du dispositif d'application de pression illustré à la Figure 7.

Figure 9 est une vue en perspective et en éclaté d'un support de cellule selon une réalisation de l'invention.

25 Figure 10 est une vue en perspective du support de cellule selon une réalisation de l'invention.

Figures 11A, 11B et 11C illustrent respectivement des exemples de protocoles de cyclage d'une cellule de batterie tout solide selon une réalisation de l'invention

30

DESCRIPTION DÉTAILLÉE DES RÉALISATIONS PRÉFÉRÉES

En référence à la Figure 1, il est illustré un système de cyclage de cellules 2 de batterie tout solide selon une réalisation de l'invention.

5

En référence aux Figures 2 à 8, le système comporte un ou plusieurs supports 4 définissant un logement 6 (comme illustré à la Figure 9) pour recevoir une des cellules 2 de batterie tout solide. Pour simplifier la description qui suit, il sera généralement fait référence à plusieurs supports 4 et plusieurs cellules 2 mais il doit
10 être compris qu'il peut n'y avoir qu'un seul support 4 et une seule cellule 2 comme dans l'arrangement illustré sans support à la Figure 6.

En référence en particulier à la Figure 2, un arrangement de serrage 8 a des mâchoires inférieure et supérieure 10, 12 entre lesquelles les supports 4 logeant des
15 cellules 2 de batterie tout solide sont insérables. Les mâchoires 10, 12 sont mobiles l'une par rapport à l'autre dans un axe d'application de pression comme illustré par la flèche 14. L'arrangement de serrage 8 a également des surfaces d'application de pression 16, 18 sur la cellule 2 logée dans chaque support 4. Selon une réalisation, les surfaces d'application de pression 18 sont destinées à exercer une pression sur
20 des zones actives 20 (e.g. complexe anode-cathode-électrolyte) des cellules 2 lorsque les mâchoires 10, 12 sont en position d'application de pression. Une réalisation inverse où les surfaces 16 sont destinées à exercer la pression sur les zones actives 20 est possible aussi. Les surfaces d'application de pression 16, 18 peuvent être formées par des surfaces des mâchoires 10, 12 et des surfaces de
25 plaques de transmission de pression 42 s'étendant entre deux supports 4, chaque plaque de transmission de pression 42 étant librement mobile dans l'axe d'application de pression 14.

Un actionneur 22 est opérationnellement couplé à l'arrangement de serrage 8 de
30 manière à contrôler un serrage des mâchoires 10, 12 selon un signal de contrôle 24 (comme illustré à la Figure 1).

Un capteur de pression 26 est opérationnellement associé aux cellules 2 de manière à produire un signal 28 (comme illustré à la Figure 1) indicatif d'une pression exercée par les mâchoires 10, 12 sur les cellules 2.

5

En référence à nouveau à la Figure 1, le système selon l'invention comporte un module de cyclage 30 des cellules 2, aussi appelé cycleur de batterie. Le module de cyclage 30 a une interface 32 connectable aux cellules 2 pour charger et décharger les cellules 2 selon un mode de cyclage ou protocole de cyclage d'essai programmé et mesurer des niveaux de charge et de décharge des cellules 2, par exemple par
10 mesures de tension et de courant relativement aux cellules 2. En mode charge, le module de cyclage 30 injecte un courant dont une intensité dépend d'une vitesse de charge désirée. Cette intensité peut être qualifiée en C. Une valeur de 1C signifie qu'une cellule 2 sera chargée en 1 heure, une valeur de 2C signifie que la cellule 2
15 sera chargée en 30 minutes, une valeur de C/2 signifie que la cellule sera chargée en 2 heures, etc. De la même façon, en mode décharge, le module de cyclage 30 consomme l'énergie emmagasinée dans une cellule 2 et en soutire un courant dont une intensité dépend d'une vitesse de décharge désirée pouvant aussi être mesurée en C. Un module de contrôle 34 de l'actionneur 22, aussi appelé contrôleur de
20 moteur, produit le signal de contrôle 24 de serrage des mâchoires 10, 12 (illustrées e.g. à la Figure 2) selon un signal de réglage de pression 36. Une unité de traitement 38 se connecte au module de cyclage 30, au module de contrôle 34 de l'actionneur 22 et au capteur de pression 26. L'unité de traitement 38 est configurée pour programmer le mode de cyclage des cellules 2 et le transmettre au module de
25 cyclage 30, programmer une pression à appliquer sur les cellules 2, par exemple en fonction d'un niveau ou d'un taux de charge et de décharge ou en fonction d'un nombre de cycles imposés aux cellules 2, et générer le signal de réglage de pression 36 selon une pression mesurée par le capteur de pression 26 de manière à former une boucle d'asservissement de la pression appliquée sur les cellules 2, et
30 enregistrer des données représentatives de la pression appliquée sur les cellules 2 et des niveaux de charge et de décharge des cellules 2. L'unité de traitement 38 a une

interface 40 pour communiquer avec les différentes composantes du système et avec l'extérieur, afin par exemple de paramétrer les fonctions du système de cyclage et transmettre les données enregistrées par l'unité de traitement 38. L'unité de traitement 38 permet de moduler la pression appliquée sur les cellules 2 en fonction, par exemple, de deux paramètres gérés par le module de cyclage 30, à savoir le niveau de charge/décharge des cellules 2, mesuré et évalué par le module de cyclage 30 en fonction du niveau de tension des cellules 2, et le taux de charge, mesuré et évalué par le module de cyclage 30 en fonction de l'intensité de courant transité entre le module de cyclage 30 et les cellules 2. En fonction du protocole d'essai établi, un retour d'information sur le niveau de charge/décharge et le taux de charge/décharge est acheminé à l'unité de traitement 38 qui coordonne des consignes de variation de la valeur de pression transmises via le module de contrôle de l'actionneur 34 pour ajuster la valeur de pression appliquée par l'actionneur 22 et l'arrangement de serrage 8.

En référence à la Figure 11A, un exemple de consigne de valeur de pression formant le signal de contrôle 24 transmis par le module de contrôle de l'actionneur 34 à l'actionneur 22 est illustré, en fonction du nombre de cycles atteint par une cellule 2 et la valeur de son niveau de charge/décharge. Selon un protocole d'essai 104 possible, une pression élevée et constante est appliquée pendant une période de charge de la cellule 2, alors qu'une pression moins élevée et constante est appliquée pendant une période de décharge de la cellule 2. Selon un autre protocole d'essai 106 possible, une même pression constante est appliquée pendant les phases de charge et de décharge d'une cellule 2 pour un même cycle, puis la valeur de pression est légèrement augmentée de cycle en cycle, en fonction par exemple d'une réduction prévue de la vie utile de la cellule 2. D'autres protocoles d'essai sont bien entendu possible.

En référence à la Figure 11B, l'unité de traitement 38 peut coordonner les consignes liées à un protocole d'essai 108 entre le module de contrôle de l'actionneur 34 et le module de cyclage de cellule 30 de façon à augmenter la valeur moyenne de la

pression appliquée sur une cellule 2 en fonction de l'augmentation de la valeur du taux de charge/décharge mesuré par l'intensité du courant transité entre le module de cyclage de cellule 30 et la cellule 2. En modulant la pression, les performances de la cellule 2 peuvent ainsi être maximisées en conditions de sollicitation plus importantes, comme des appels de courant impliquant des taux de décharge de plusieurs C. Cette modulation de pression peut aussi être utilisée afin d'empêcher une détérioration prématurée de la cellule 2 lors de conditions d'opération extraordinaires.

- 10 En référence à la Figure 11C, un des effets de l'application de la pression sur les performances de la batterie tout solide que le système de cyclage selon l'invention permet d'évaluer est illustré. À titre d'exemple, un protocole d'essais 110 permet d'effectuer un plus grand nombre de cycle de charge et de décharge d'une cellule 2 par rapport à un protocole d'essais 112 où une valeur inférieure de pression est appliquée sur la cellule, réduisant ainsi plus rapidement la vie utile de la cellule 2. D'autres effets sur la performance de la cellule 2 peuvent être observés en faisant varier les valeurs de pression et, si voulu, de température en cours de charge et de décharge, comme une intensité de courant de charge/décharge admissible sans endommager la cellule 2, un maintien de la capacité de la cellule 2 au fil des cycles, des performances de la cellule 2 à basse température, une propagation contenue de dendrites, etc.

En référence à nouveau à la Figure 2, selon une réalisation, l'arrangement de serrage 8 comporte un ensemble de tiges de guidage 44 s'étendant entre les mâchoires 10, 12 dans l'axe d'application de pression 14. Les tiges de guidage 44 passent à travers des ouvertures 46 correspondantes dans chaque plaque de transmission de pression 42 de manière que chaque plaque de transmission de pression 42 soit mobile uniquement dans l'axe d'application de pression 14.

- 30 Selon une réalisation, la mâchoire supérieure 12 est formée par une plaque de transmission de pression librement mobile dans l'axe d'application de pression 14,

comme les plaques de transmission de pression 42. L'actionneur 22 comporte un organe moteur 46, un piston 48 couplé à et déplaçable par l'organe moteur 46 dans l'axe d'application de pression 14 selon le signal de contrôle 24 (illustré à la Figure 1) transmis à l'organe moteur 46. L'actionneur 22 peut être de type linéaire, et être
5 réalisé par un vérin hydraulique ou pneumatique ou, préférablement, par un vérin électrique possiblement plus précis, plus compact, plus facile à contrôler et ayant un temps de réponse plus rapide. L'actionneur 22 comporte aussi une structure de support 50 de l'organe moteur 46 à une distance fixe de la mâchoire inférieure 10. Le piston 48 a une extrémité 52 s'appuyant contre la plaque de transmission formant la
10 mâchoire supérieure 12 lorsque les mâchoires 10, 12 sont dans la position d'application de pression. La structure de support 50 peut avoir la forme d'une plaque 54 liée à la mâchoire inférieure 10 par les tiges de guidage 44. L'organe moteur 46 est monté sur la plaque 54. La plaque 54 a un trou central 56 à travers lequel le piston 48 passe pour appliquer une pression contre la plaque de transmission
15 formant la mâchoire supérieure 12.

En référence à la Figure 4, selon une réalisation, chaque plaque de transmission de pression 42 a une surface supérieure 16 définissant une cavité de positionnement 58 dans laquelle une partie inférieure d'un support 4 est engageable.

20

Selon une réalisation, l'arrangement de serrage 8 comporte des ressorts 60 s'étendant entre les mâchoires 10, 12 et chaque plaque de transmission de pression 42 de manière que les mâchoires 10, 12 et les plaques de transmission de pression 42 soient écartées les unes des autres d'une distance d'au moins une hauteur d'un
25 support 4 logeant une cellule 2 lorsque les mâchoires 10, 12 sont en position de relâche, facilitant ainsi l'insertion des supports 4 dans l'arrangement de serrage 8.

En référence à nouveau à la Figure 2, selon une réalisation, la mâchoire inférieure 10 a une surface supérieure 16 définissant une cavité 62 ayant une forme adaptée à
30 recevoir le capteur de pression 26 de manière que le capteur de pression 26 mesure une pression appliquée par les mâchoires 10, 12 sur les cellules 2 dans les supports

4. La mâchoire inférieure peut avantageusement servir de ou former une base à l'arrangement de serrage 8.

5 Selon une réalisation, les surfaces d'application de pression 16, 18 sont généralement plates et s'étendent perpendiculairement à l'axe d'application de pression 14.

En référence à nouveau à la Figure 1, l'unité de traitement 38 peut comporter un processeur 64 couplé à une mémoire 66 qui stocke des instructions exécutables par le processeur 64 et des paramètres d'opération du système de cyclage reçus en input 10 68 au travers par exemple de l'interface 40 d'entrées sorties. Les paramètres d'opération peuvent comporter un protocole d'essai utilisé par les instructions exécutées par le processeur 64 et définissant la pression à appliquer. Dans le cas où une régulation ou asservissement thermique est considéré, les instructions peuvent 15 définir une valeur de température des cellules 2 à atteindre en fonction par exemple d'un niveau et d'un taux de charge et de décharge découlant des consignes et mesures associées au module de cyclage de cellules 30 en communication avec l'unité de traitement 38. Le protocole d'essai peut définir une série de pressions à appliquer et maintenir durant une période de temps, par exemple de 0 PSI à 1000 20 PSI ou même plus si voulu. Le signal de réglage de pression 36 transmis au module de contrôle 34 de l'actionneur 22 peut être régulé par l'unité de traitement 38 en compensation à une variation de volume des cellules 2 durant une exécution du mode de cyclage. Un capteur d'épaisseur, de distance ou de position (non illustré) des cellules 2 peut être opérationnellement associé aux cellules 2 de manière à 25 produire un signal indicatif de leur épaisseur ou d'une variation de leur épaisseur durant le cyclage. Le signal peut être transmis à l'unité de traitement qui peut enregistrer des données représentatives des épaisseurs mesurées par le capteur d'épaisseur. Les épaisseurs mesurées peuvent servir à la régulation de pression dans la boucle d'asservissement, de manière par exemple à ce que la pression 30 appliquée sur les cellules 2 soit maintenue fixe même en présence d'une variation de température ou de volume des cellules 2. Les instructions exécutées par le

processeur 64 peuvent comporter des instructions pour dynamiquement varier la série de pressions à appliquer et à maintenir en fonction de cycles de charge et de décharge des cellules 2, d'appels de puissance, d'un nombre de cycles réalisés, etc. Les instructions peuvent inclure un algorithme de commande d'asservissement de l'actionneur 22 via le module de contrôle 34 et selon une rétroaction de la pression mesurée par le capteur de pression 26. La pression à appliquer peut aussi dépendre d'une pression d'huile ou fluide similaire dans le cas où l'actionneur 22 est un vérin hydraulique ou pneumatique, ou un courant dans le cas où l'organe moteur 46 est électrique.

10

Un capteur de température 70 peut être opérationnellement associé aux cellules 2 de manière à produire un signal indicatif d'une température des cellules 2. L'unité de traitement 38 se connecte au capteur de température 70 et est configurée pour enregistrer des données représentatives de la température des cellules 2 selon le signal indicatif de la température des cellules 2. Le signal de réglage de pression 36 peut alors être ajusté selon la température mesurée par le capteur de température 70. Le système peut comporter un module d'ajustement de température 96 connecté à l'unité de traitement 38 via son interface 40 pour agir sur un élément caloporteur 98 circulant autour des cellules 2 dans l'arrangement de serrage 8 afin par exemple de maintenir une température uniforme d'une cellule 2 à l'autre, en fonction d'un signal de température 100 mesurée par le capteur de température 70 et d'une consigne de température 102 générée par l'unité de traitement 38. L'action de l'élément caloporteur 98 pour contrôler dynamiquement la température des cellules 2 peut se faire sous forme d'aération de l'environnement des supports 4 (illustrés e.g. à la Figure 2) par exemple en disposant le dispositif de serrage 8 ou une partie de celui-ci contenant les cellules 2 dans une étuve (non illustrée) permettant un cyclage à différentes températures. Les valeurs de température à appliquer durant un cyclage peuvent être programmées dans l'unité de traitement 38 et asservies via le module d'ajustement de température 96 durant des essais sur une batterie tout solide. L'action de l'élément caloporteur 98 peut aussi se faire via un réseau de tubulures (non illustrées) parcourant les supports 4 et dans lequel un liquide caloporteur circule

30

pour contrôler la température des cellules 2 de manière dynamique en lien par exemple avec les consignes du protocole d'essai qui peuvent définir des valeurs de pression ou de température à appliquer aux cellules 2 durant une période de temps, en fonction ou non des paramètres de cyclage comme un niveau et un taux de charge et de décharge des cellules 2 et d'un nombre de cycles imposés aux cellules 2. Le module d'ajustement de température 96 peut être réalisé par un dispositif comportant une pompe, des réservoirs, des servovalves, un débitmètre, une tubulure, et un microcontrôleur configuré pour répondre aux consignes de valeurs de température du protocole d'essai et commander les éléments du dispositifs en conséquence.

La programmation du protocole d'essai peut se faire via un logiciel stocké dans la mémoire 66 et exécuté par le processeur 64, afin par exemple d'afficher un interface utilisateur graphique convivial permettant d'entrer des valeurs de pression à appliquer, de température, etc., pouvant varier dans le temps en fonction du niveau de charge/décharge d'une cellule 2 (tension), de taux de charge/décharge (intensité de courant), du nombre de cycles vécus par la batterie tout solide, de la capacité résiduelle de la batterie tout solide, de sa variation d'épaisseur, etc. Le logiciel peut servir à transmettre les consignes au module de contrôle de l'actionneur 34, au module de cyclage de cellule 30 et au module d'ajustement de température 96. L'asservissement pour atteindre les consignes se fait via l'intégration de retour d'information provenant du capteur de pression 26, du capteur de température 70 et de mesures faites via le module de cyclage 30 (tension, courant, temps), par l'unité de traitement 38 via son interface 40 qui l'intègre en boucle de rétroaction au logiciel. Le logiciel peut être à l'origine de la combinaison de consignes liées aux protocoles d'essais dont certains exemples sont illustrés aux Figures 11A, 11B et 11C.

En référence à la Figure 9, selon une réalisation, chaque support 4 comporte une plaque de pression 94 s'étendant au-dessus de la zone active 20 de la cellule 2 et dépassant un contour 72 du logement 6.

En référence à la Figure 3, la surface d'application de pression 18 sur la zone active 20 (illustrée e.g. à la Figure 9) définit une cavité 74 ayant une forme adaptée pour recevoir une partie de la plaque de pression 94 dépassant le contour 72 du logement 6 (illustré e.g. à la Figure 9). Pour une cellule 2 de type pochette, la cavité 74 peut
5 avoir un fond 76 généralement plat.

En référence à nouveau à la Figure 9, le contour 72 du logement 6 peut avoir des ouvertures 78 à travers lesquelles des bornes 80 de la cellule 2 se projettent pour une connexion électrique externe au support 4, par exemple avec des pinces
10 crocodiles (non illustrées). D'autres types de connexions électriques peuvent être utilisées si voulu. Selon une réalisation, chaque support 4 peut aussi comporter une plaque de contact 82 isolante s'étendant contre un fond 84 du logement 6. La plaque de contact 82 peut avoir des languettes 86 se projetant dans les ouvertures 78 du contour 72 du logement 6 et formant des supports mécaniques pour les bornes 80 de
15 la cellule 2 montée sur la plaque de contact 82 dans le logement 6, comme mieux illustré à la Figure 10. Les languettes 86 peuvent aussi servir à isoler électriquement les bornes 80 d'une cellule 2 à une autre. Un espaceur 88 s'étendant au dessus de la cellule 2 peut être utilisé pour un positionnement précis des éléments dans le support 4. L'espaceur 88 peut avoir une partie centrale 90 généralement plate et concordant
20 avec la zone active 20 de la cellule 2. Des bras 92 se projetant en périphérie de la partie centrale 90 viennent s'appuyer contre des faces internes du contour 72 du logement 6 de manière à définir un positionnement de la partie centrale 90 sur la zone active 20 de la cellule 2. La plaque de pression 94 s'étend contre la partie centrale 90 de l'espaceur 88 et est en contact avec la surface d'application de
25 pression 18 (illustrée e.g. à la Figure 3) sur la zone active 20 de la cellule 2 de l'arrangement de serrage 8 lorsque les mâchoires 10, 12 sont dans la position d'application de pression. Une construction du support 4 comme décrit ci-dessus assure une application de pression uniforme sur toutes les surfaces de la cellule 2, et un positionnement précis des cellules 2 et des supports 4 dans le dispositif de
30 serrage 8. Selon le mode de cyclage pratiqué et la pression appliquée sur la cellule 2, un élément élastique comme des ressorts (non illustrés) peut être inséré par exemple

entre la plaque de pression 94 et l'espaceur 88 pour permettre une certaine variation d'épaisseur de la cellule 2 sous l'effet de la pression appliquée, en particulier lorsque la pression est maintenue fixe durant tout le cyclage.

5 En référence à nouveau à la Figure 1, le système selon l'invention permet ainsi de tester une réponse d'une batterie tout solide à un mode de cyclage programmé et diverses valeurs de pression et, s'il y a lieu, de température précises et régulées appliquées sur les cellules 2 de la batterie tout solide représentant des conditions
10 possibles d'opération et d'utilisation afin de déterminer une ou des pressions à appliquer sur les cellules 2 de la batterie et d'autres paramètres physiques possibles comme une ou des températures pour obtenir une performance optimale de la batterie selon sa chimie, son architecture et ses conditions d'opération et d'utilisation. Le système permet d'appliquer une plage de pressions diverses et importantes, par exemple, de 0 à 1000 PSI ou plus sur des cellules 2 ayant par exemple une zone
15 active 20 (illustrée à la Figure 9) de 50 mm x 50 mm. Le système, avec son unité de traitement 38 et ses autres composantes forme un ensemble asservi et programmable permettant de maintenir une pression et, s'il y a lieu, une température constante malgré une variation de volume des cellules 2 en phase de charge et de décharge qui peut représenter environ 25% de variation de volume, et permettant de
20 faire varier en temps réel et sans intervention humaine la pression ou la température appliquée sur les cellules 2 en fonction d'un protocole d'essais programmé dans l'unité de traitement 38. Le système permet d'évaluer l'effet de la pression et préférentiellement aussi de la température sur la performance des cellules 2 et leur comportement qui en découle, pour différentes chimies utilisées. Il permet de cycler
25 plusieurs cellules 2 à la fois, à différentes valeurs de pression, et à différentes valeurs de température lorsqu'utilisé dans des étuves ou doté d'un autre moyen de régulation de température. Le système permet ainsi de déterminer un effet de l'ajustement en temps réel de la pression et de préférence aussi de la température sur la performance des cellules 2 pour différentes conditions d'utilisation d'une batterie tout
30 solide (charge, décharge, appel de puissance, conditions propices à une formation de dendrites, utilisation en conditions climatiques extrêmes, nombre de cycles vécus par

les cellules 2, etc.). Une connaissance des paramètres optimaux d'opération des cellules 2 d'une batterie tout solide ayant une chimie particulière permet de coder des algorithmes de commande spécifiques à la batterie.

- 5 En référence à nouveau à la Figure 2, afin de permettre une distribution uniforme de la pression, les cellules 2 sont disposées dans les supports 4 (selon une réalisation illustrée e.g. à la Figure 9) de façon à les positionner précisément sous le piston 48 appliquant la force. Une ou plusieurs cellules 2 peuvent être testées/cyclées en même temps dans le système, où les supports 4 sont disposés en série. Des cellules
- 10 2 de différentes épaisseurs peuvent être cyclées sans modification au système. Le système fonctionne pour différentes géométries de cellules 2, en adaptant les dimensions des différentes composantes. Plusieurs dispositifs de serrage 8 peuvent être utilisés simultanément pour réaliser des essais à diverses pressions et à diverses températures. Le système permet un montage rapide des cellules 2 à être
- 15 testées.

Bien que des réalisations de l'invention aient été illustrées dans les dessins ci-joints et décrites ci-dessus, il apparaîtra évident pour les personnes versées dans l'art que des modifications et ajouts peuvent être apportées à ces réalisations sans s'écarter

20 de l'invention.

REVENDICATIONS:

1. Un système de cyclage de cellules de batterie tout solide, le système comprenant:

5 au moins un support définissant un logement pour recevoir une des cellules de batterie tout solide;

un arrangement de serrage ayant (i) des mâchoires inférieure et supérieure entre lesquelles ledit au moins un support logeant une des cellules de batterie tout solide est insérable, les mâchoires étant mobiles l'une par rapport à l'autre dans un
10 axe d'application de pression, et (ii) des surfaces d'application de pression sur la cellule logée dans chaque support, une des surfaces d'application de pression étant destinée à exercer une pression sur une zone active de la cellule lorsque les mâchoires sont en position d'application de pression;

un actionneur opérationnellement couplé à l'arrangement de serrage de
15 manière à contrôler un serrage des mâchoires selon un signal de contrôle;

un capteur de pression opérationnellement associé à la cellule de manière à produire un signal indicatif d'une pression exercée par les mâchoires sur la cellule;

un module de cyclage de la cellule, le module de cyclage ayant une interface connectable à la cellule pour charger et décharger la cellule selon un mode de
20 cyclage programmé et mesurer un niveau de charge et de décharge de la cellule;

un module de contrôle de l'actionneur produisant le signal de contrôle de serrage des mâchoires selon un signal de réglage de pression; et

une unité de traitement se connectant au module de cyclage, au module de contrôle de l'actionneur et au capteur de pression, l'unité de traitement étant
25 configurée pour programmer le mode de cyclage de la cellule et le transmettre au module de cyclage, programmer une pression à appliquer sur la cellule et générer le signal de réglage de pression selon une pression mesurée par le capteur de pression de manière à former une boucle d'asservissement de la pression appliquée sur la cellule, et enregistrer des données représentatives de la pression appliquée sur la
30 cellule et du niveau de charge et de décharge de la cellule.

2. Le système de cyclage selon la revendication 1, dans lequel:

ledit au moins un support comprend plusieurs supports pour recevoir autant desdites cellules de batterie tout solide; et

les surfaces d'application de pression étant formées par des surfaces des
5 mâchoires et des surfaces d'une plaque de transmission de pression s'étendant entre deux desdits supports, chaque plaque de transmission de pression étant librement mobile dans l'axe d'application de pression.

3. Le système de cyclage selon la revendication 2, dans lequel l'arrangement de
10 serrage comprend un ensemble de tiges de guidage s'étendant entre les mâchoires dans l'axe d'application de pression, les tiges de guidage passant à travers des ouvertures correspondantes dans chaque plaque de transmission de pression de manière que chaque plaque de transmission de pression soit mobile uniquement dans l'axe d'application de pression.

15

4. Le système de cyclage selon la revendication 2, dans lequel chaque plaque de transmission de pression a une surface supérieure définissant une cavité de positionnement dans laquelle une partie inférieure d'un desdits support est engageable.

20

5. Le système de cyclage selon la revendication 2, dans lequel l'arrangement de serrage comporte des ressorts s'étendant entre les mâchoires et chaque plaque de transmission de pression de manière que les mâchoires et chaque plaque de transmission de pression soient écartées l'une de l'autre d'une distance d'au moins
25 une hauteur d'un support logeant une cellule lorsque les mâchoires sont en position de relâche.

6. Le système de cyclage selon la revendication 1, dans lequel la mâchoire inférieure a une surface supérieure définissant une cavité ayant une forme adaptée à
30 recevoir le capteur de pression de manière que le capteur de pression mesure une pression appliquée par les mâchoires sur la cellule dans l'au moins un support.

7. Le système de cyclage selon la revendication 1, dans lequel la mâchoire inférieure forme une base à l'arrangement de serrage.

5 8. Le système de cyclage selon la revendication 1, dans lequel la mâchoire supérieure est formée par une plaque de transmission de pression librement mobile dans l'axe d'application de pression, et l'actionneur comprend un organe moteur, un piston couplé à et déplaçable par l'organe moteur dans l'axe d'application de pression selon le signal de contrôle transmis à l'organe moteur, et une structure de support de
10 l'organe moteur à une distance fixe de la mâchoire inférieure, le piston ayant une extrémité s'appuyant contre la plaque de transmission formant la mâchoire supérieure lorsque les mâchoires sont dans ladite position d'application de pression.

9. Le système de cyclage selon la revendication 8, dans lequel la structure de
15 support comprend une plaque liée à la mâchoire inférieure par des tiges de guidage, l'organe moteur étant monté sur la plaque, la plaque ayant un trou central à travers lequel le piston passe pour appliquer une pression contre la plaque de transmission formant la mâchoire supérieure.

20 10. Le système de cyclage selon la revendication 1, dans lequel les surfaces d'application de pression sont substantiellement plates et s'étendent perpendiculairement à l'axe d'application de pression.

11. Le système de cyclage selon la revendication 1, dans lequel l'unité de
25 traitement comprend un processeur couplé à une mémoire, la mémoire stockant des instructions exécutables par le processeur et des paramètres d'opération du système de cyclage reçus en input, les paramètres d'opération comprenant un protocole d'essai utilisé par les instructions exécutées par le processeur et définissant la pression à appliquer.

30

12. Le système de cyclage selon la revendication 11, dans lequel le protocole d'essai définit une série de pressions à appliquer et maintenir durant une période de temps, le signal de réglage de pression transmis au module de contrôle de l'actionneur étant régulé par l'unité de traitement en compensation à une variation de
5 volume de la cellule durant une exécution du mode de cyclage.
13. Le système de cyclage selon la revendication 12, dans lequel la série de pressions à appliquer varie de 0 PSI à 1000 PSI.
- 10 14. Le système de cyclage selon la revendication 12, dans lequel les instructions comprennent des instructions pour dynamiquement varier la série de pressions à appliquer et maintenir en fonction de cycles ou d'un taux de charge et de décharge de la cellule.
- 15 15. Le système de cyclage selon la revendication 1, comprenant de plus un capteur de température opérationnellement associé à la cellule de manière à produire un signal indicatif d'une température de la cellule, l'unité de traitement se connectant au capteur de température et étant configurée pour enregistrer des données représentatives de la température de la cellule selon le signal indicatif de la
20 température de la cellule, le signal de réglage de pression étant ajusté selon la température mesurée par le capteur de température.
16. Le système de cyclage selon la revendication 1, comprenant de plus un capteur de température opérationnellement associé à la cellule de manière à produire
25 un signal indicatif d'une température de la cellule, et un module d'ajustement de température agissant sur un élément caloporteur circulant autour de la cellule en fonction du signal indicatif d'une température produit par le capteur de température et une consigne de température générée par l'unité de traitement.
- 30 17. Le système de cyclage selon la revendication 1, dans lequel l'au moins un support comprend une plaque de pression s'étendant au-dessus de la zone active de

la cellule et dépassant un contour du logement, et la surface d'application de pression sur la zone active définit une cavité ayant une forme adaptée pour recevoir une partie de la plaque de pression dépassant le contour du logement.

5 18. Le système de cyclage selon la revendication 17, dans lequel la cavité a un fond substantiellement plat.

19. Le système de cyclage selon la revendication 17, dans lequel l'au moins un support comprend de plus:

10 une plaque de contact isolante s'étendant contre un fond du logement, la plaque de contact ayant des languettes se projetant dans des ouvertures du contour du logement et formant des supports mécaniques pour des bornes de la cellule montée sur la plaque de contact dans le logement qui se projettent à travers les ouvertures; et

15 un espaceur s'étendant au dessus de la cellule, l'espaceur ayant une partie centrale substantiellement plate et concordant avec la zone active de la cellule, et des bras se projetant en périphérie de la partie centrale et s'appuyant contre le contour du logement de manière à définir un positionnement de la partie centrale sur la zone active de la cellule, la plaque de pression s'étendant contre la partie centrale
20 de l'espaceur, la plaque de pression étant en contact avec la surface d'application de pression sur la zone active de la cellule de l'arrangement de serrage lorsque les mâchoires sont dans la position d'application de pression.

20. Le système de cyclage selon la revendication 1, dans lequel le logement a un
25 contour ayant des ouvertures à travers lesquelles des bornes de la cellule se projettent pour une connexion externe au support.

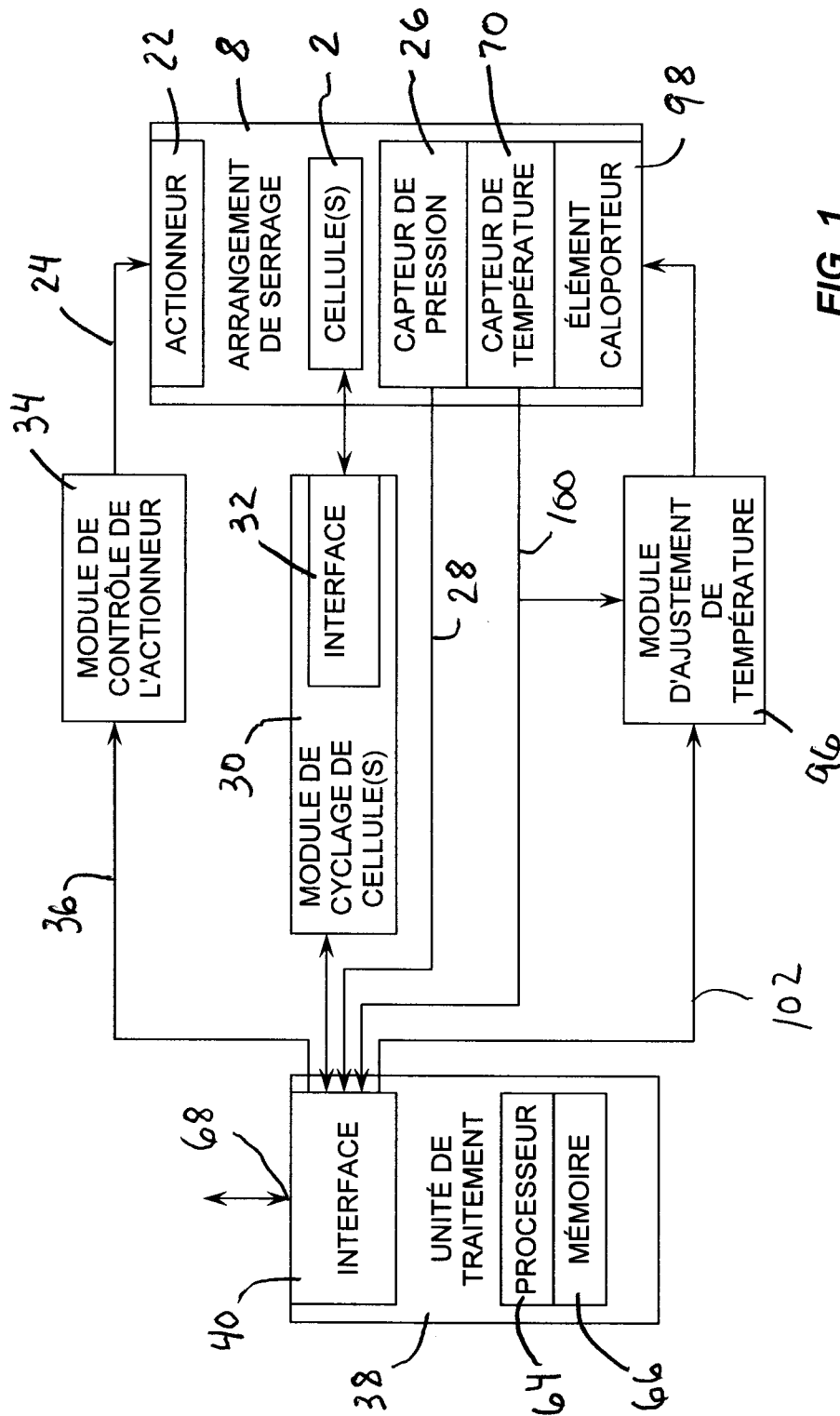


FIG. 1

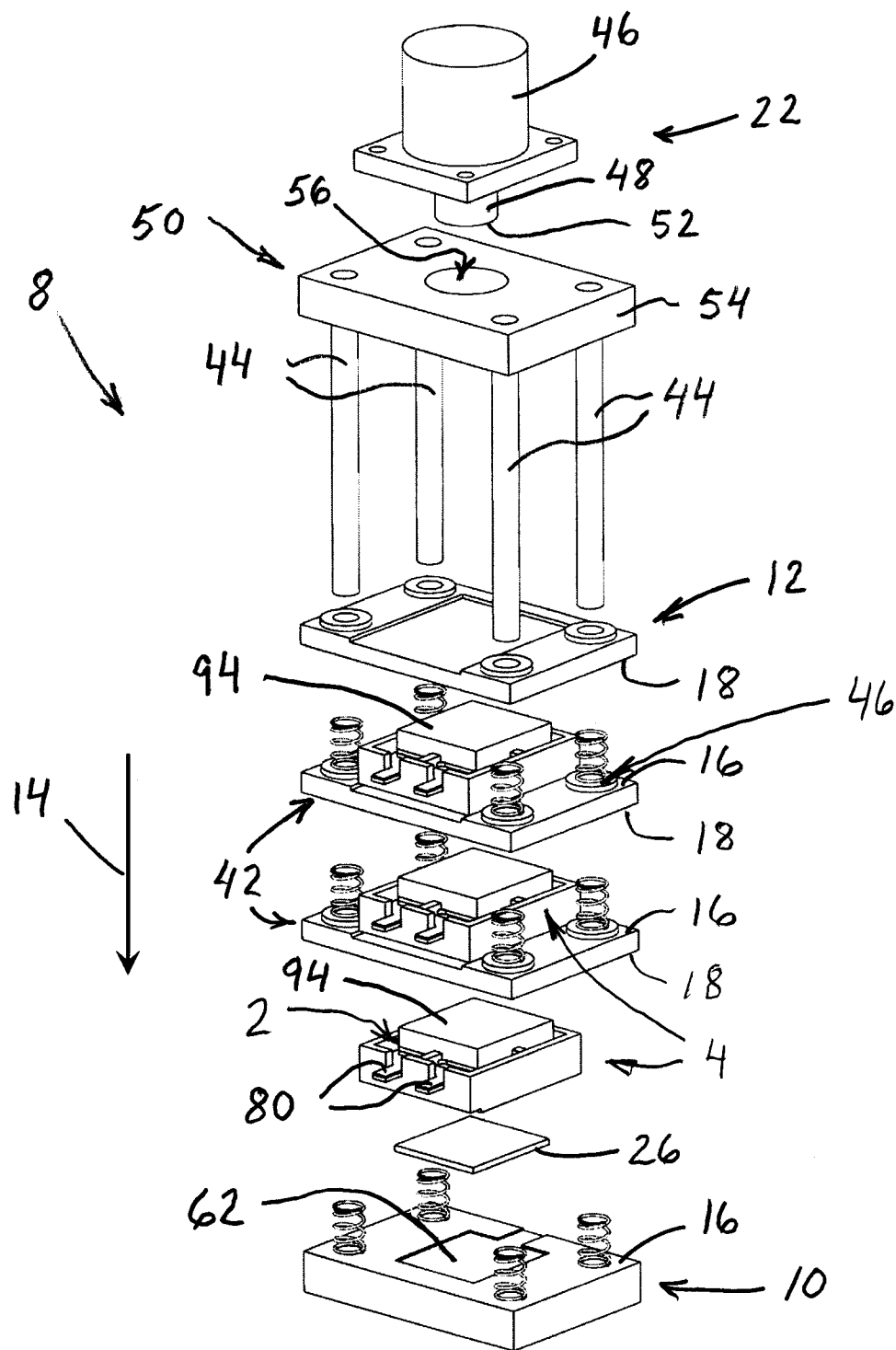


FIG. 2

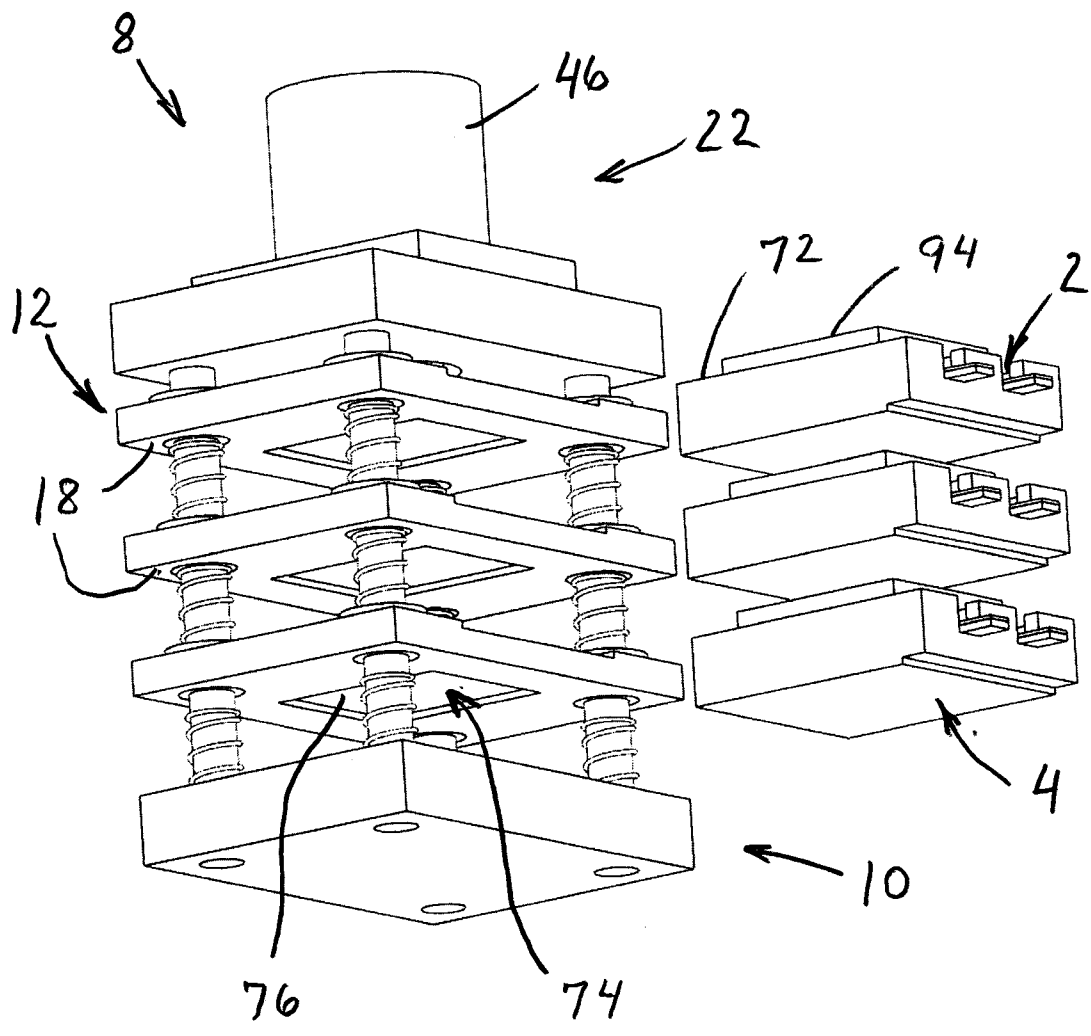


FIG. 3

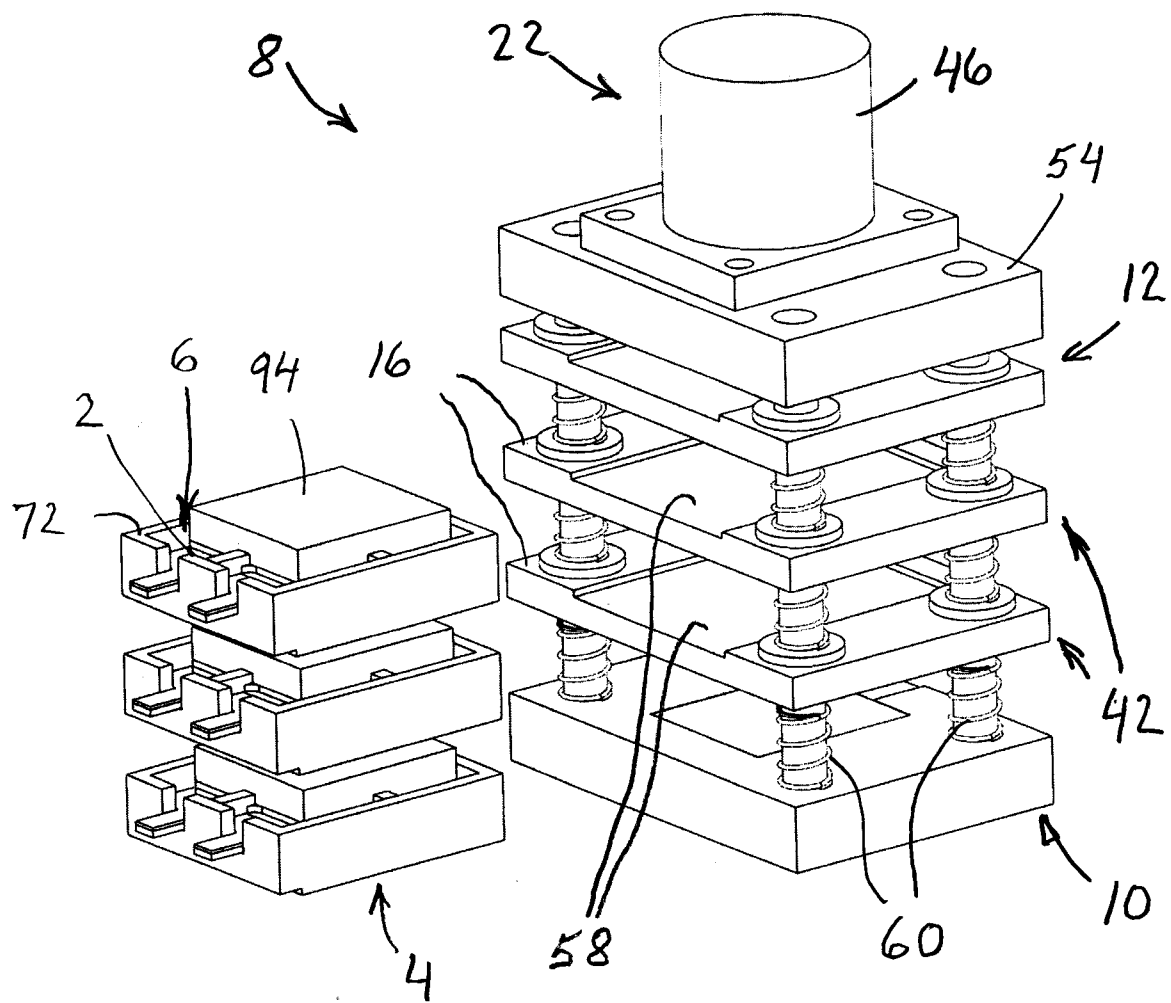


FIG. 4

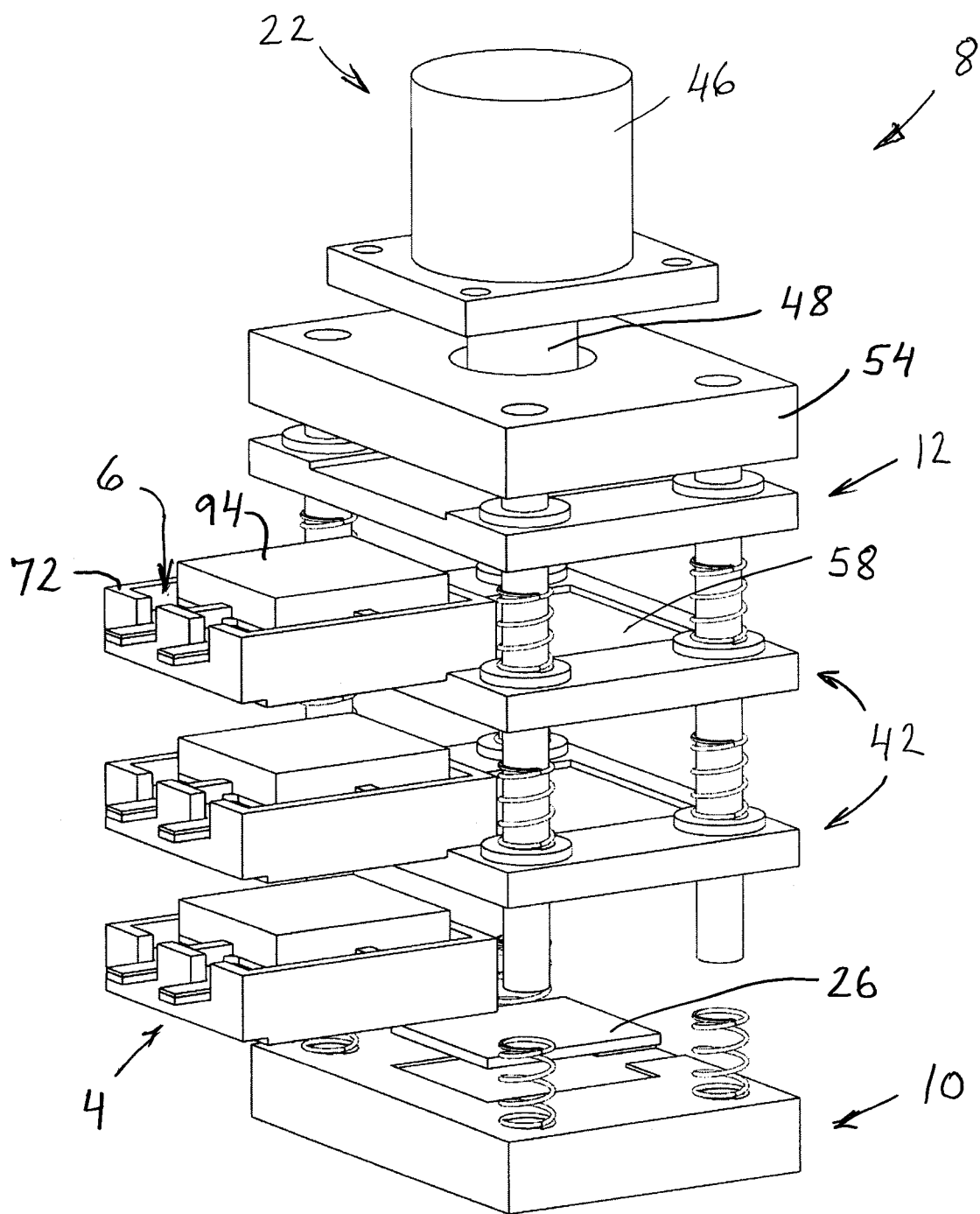


FIG. 5

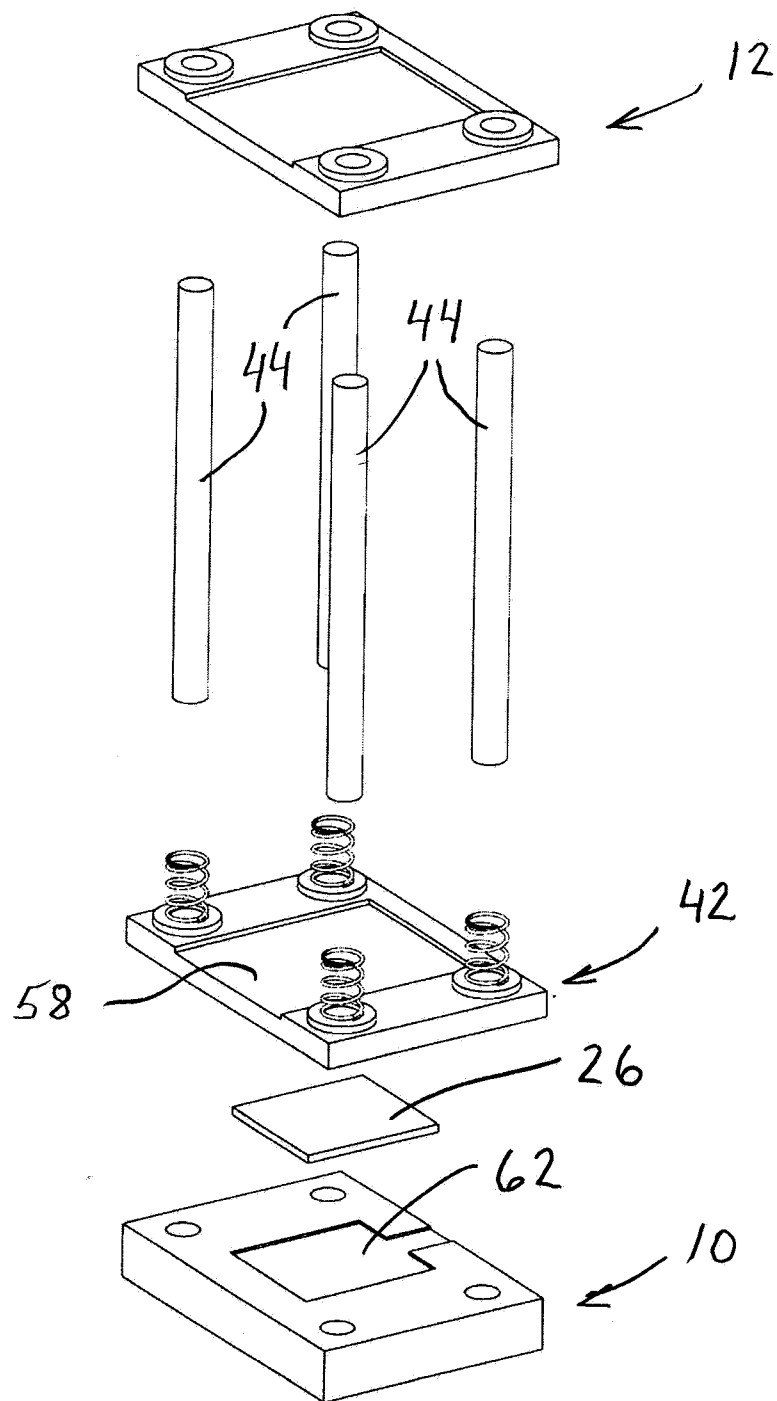


FIG. 6

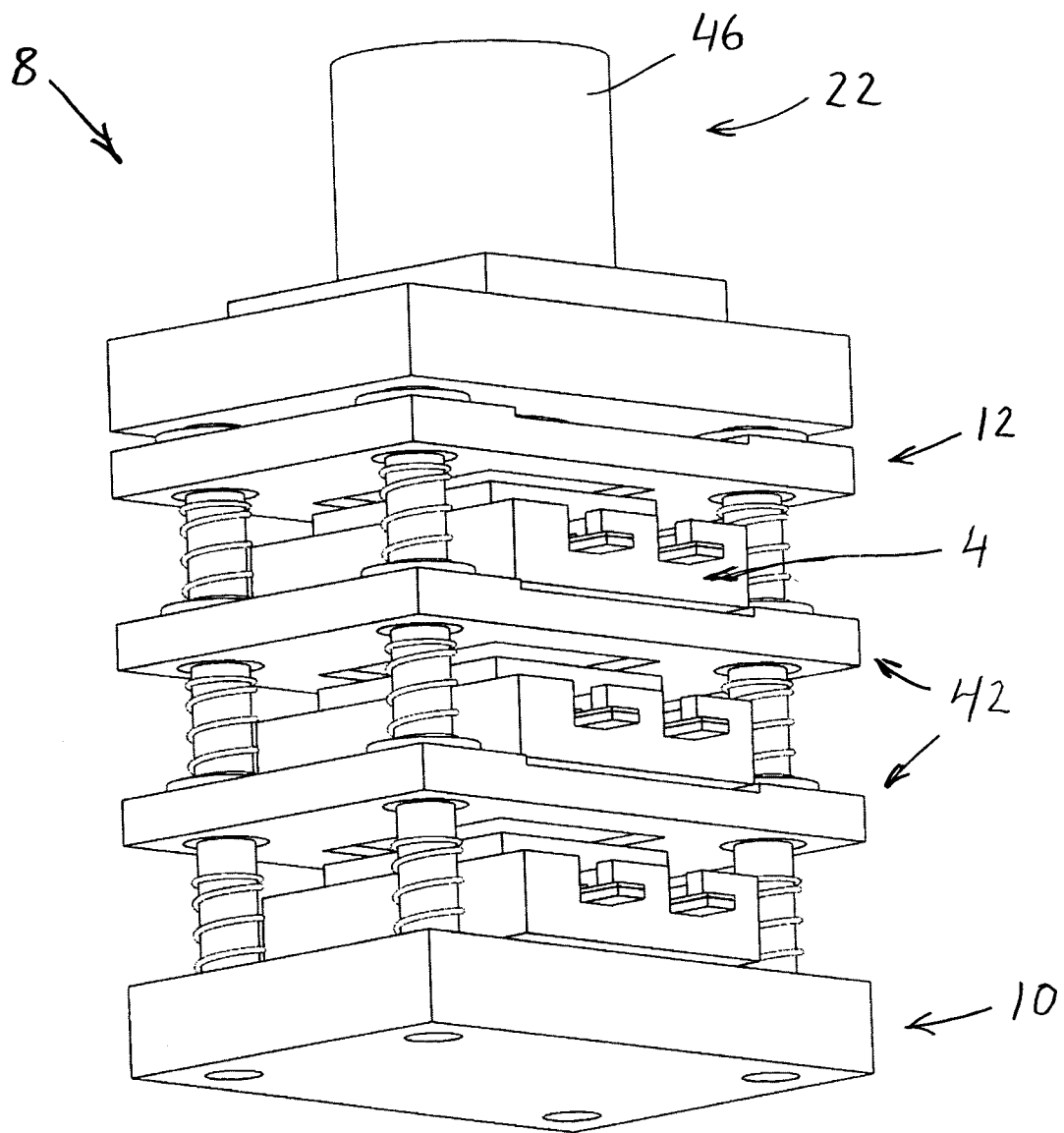


FIG. 7

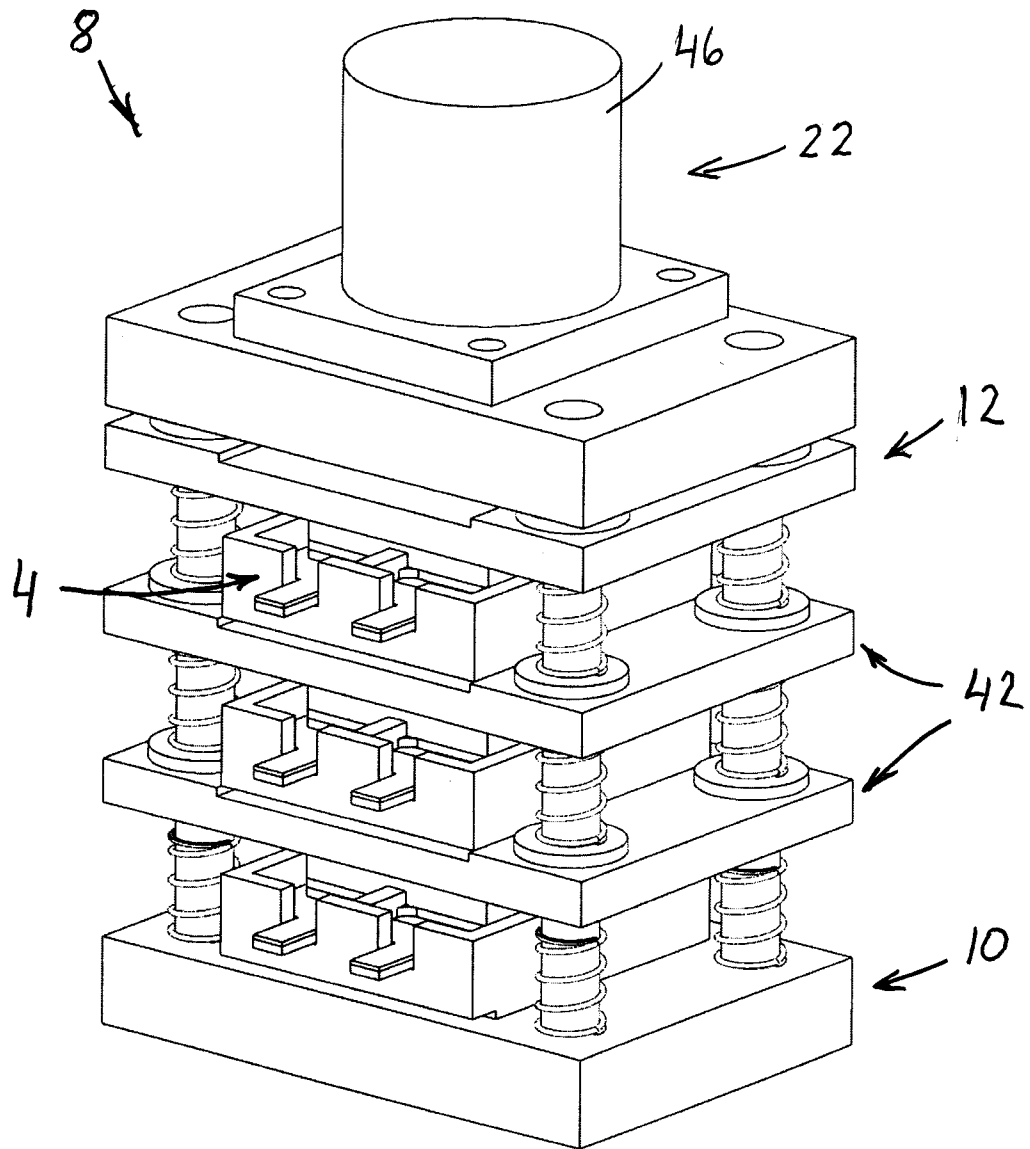


FIG. 8

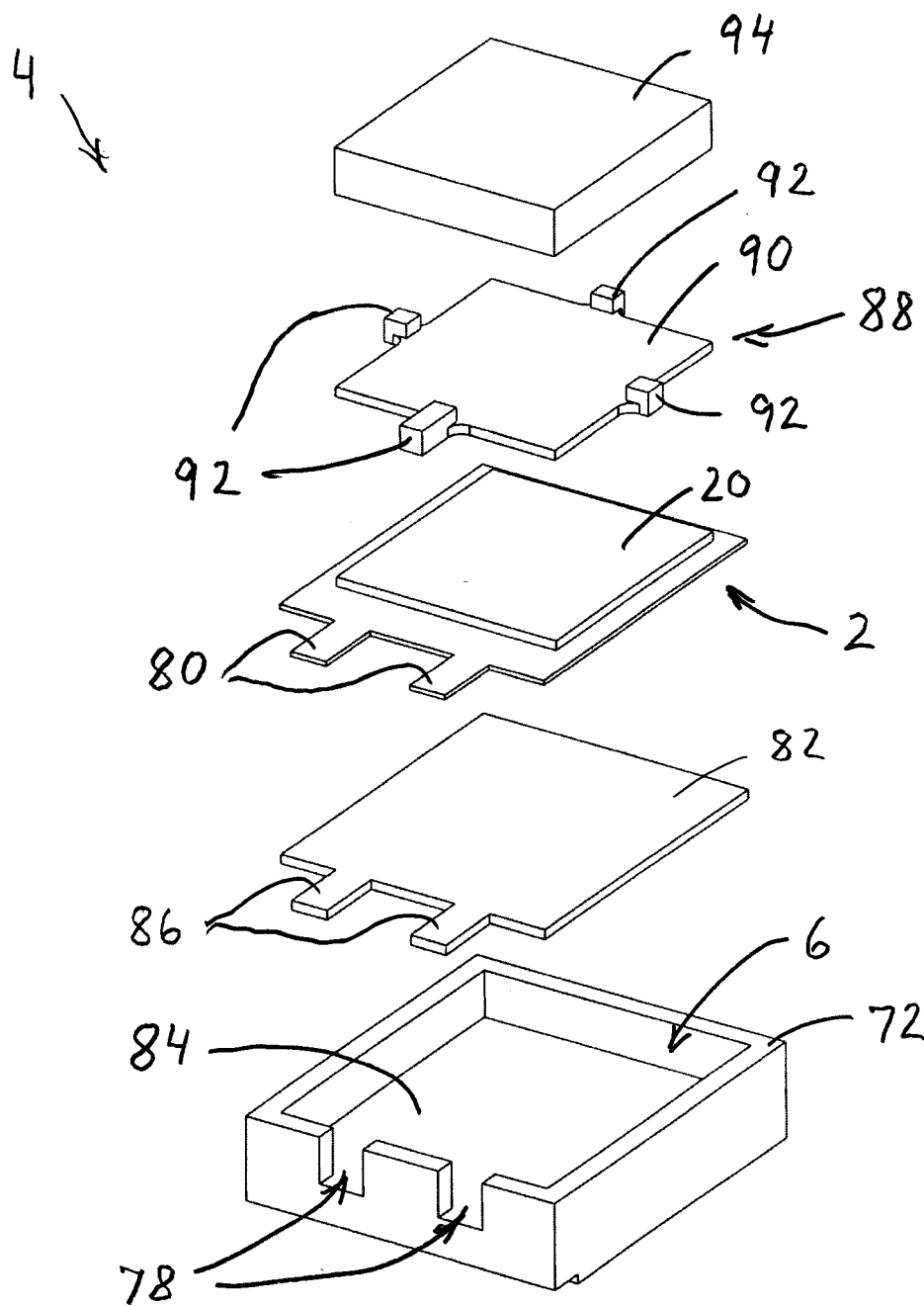


FIG. 9

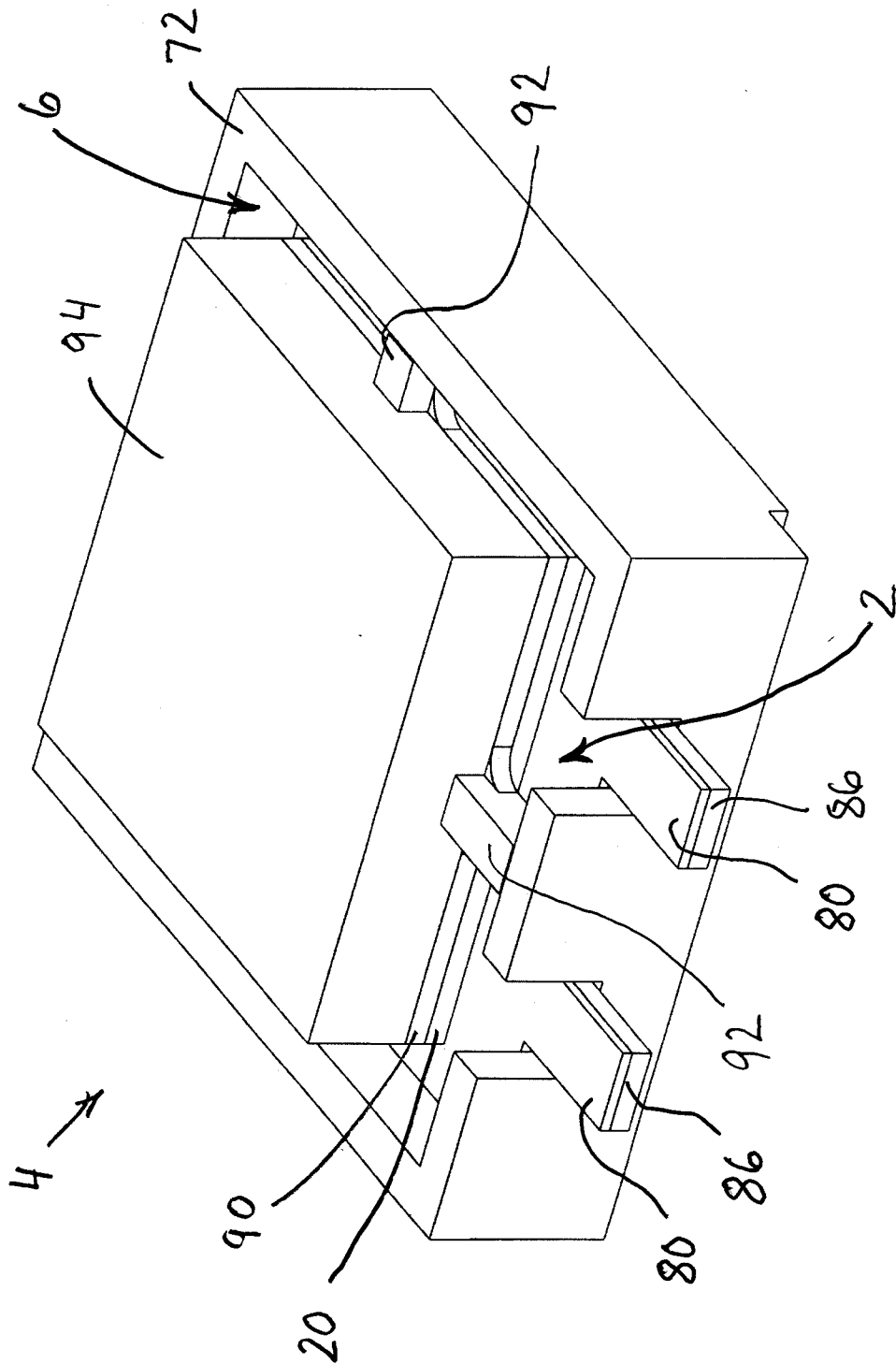


FIG. 10

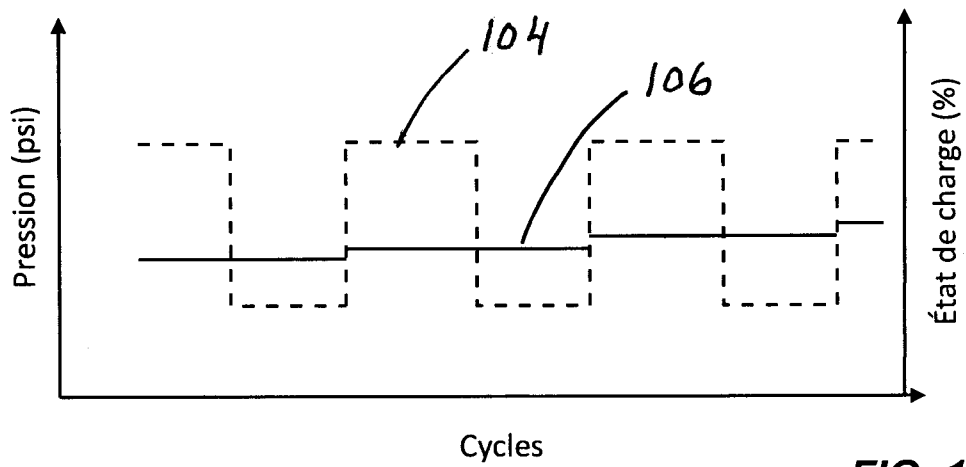


FIG. 11A

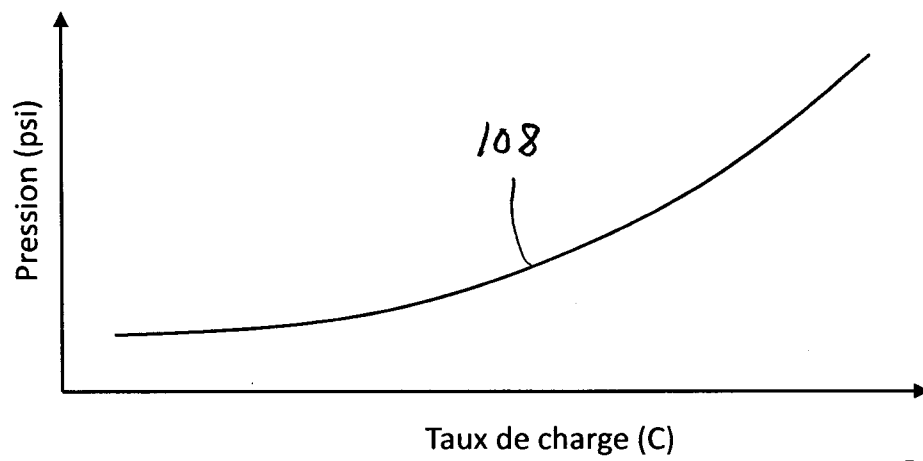


FIG. 11B

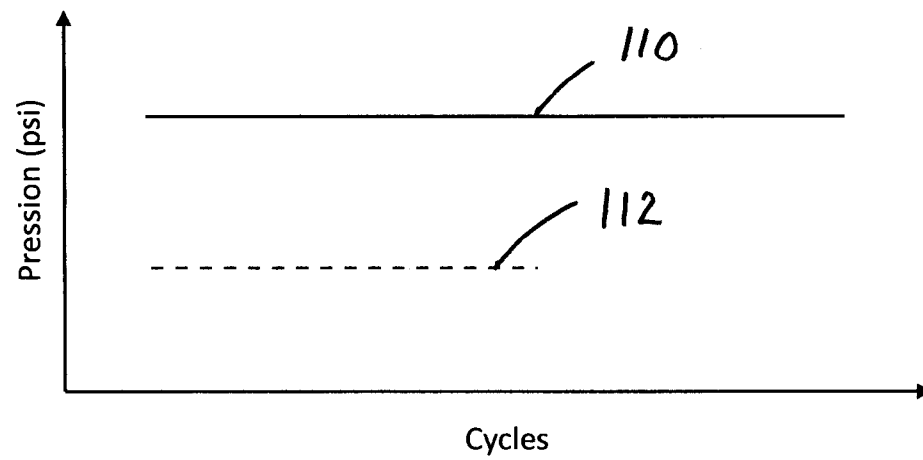


FIG. 11C

