

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE

DEPARTEMENT D'ELECTRONIQUE

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

PROJET DE FIN D'ETUDES

S U J E T

MISE AU POINT D'UN TEST POUR
LES ACCUMULATEURS AU PLOMB
APPLICATION AU STOKAGE DE
L'ENERGIE PHOTOVOLTAIQUE

Proposé par :

M^r M. Haddadi

Etudié par :

M. Zeaïter

Dirigé par :

M^r M. Haddadi

CH. Ould aoudia

PROMOTION :

JUIN 1986

100

EXTRA ST

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وَقُلْ أَعْمَلُوا فِى سَبِيلِ اللَّهِ

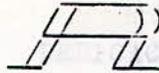
عَمَلَكُمْ وَرَسُولَهُ وَالْمُؤْمِنُونَ

وَسَرُّدُونِ إِلَىٰ عَالَمِ الْغَيْبِ

وَالشَّهَادَةِ فِى نَبِيِّكُمْ بِمَا كُنتُمْ

تَعْمَلُونَ. "التوبة ١٠٥"

صَدَقَ اللَّهُ الْعَظِيمُ

 E M E R C I E M E N T S

(Ce travail a été réalisé sous la direction de monsieur Mourad H A D D A D I , nous le prions de trouver ici l'expression de notre profonde gratitude , pour ses conseils et tout le temps qu'il nous a consacré .

Nous tenons également à remercier monsieur Sid Ali D E R R A D J I pour son aide désintéressée qui nous fut de beaucoup utile .

Nos remerciements vont également à messieurs les membres de notre jury pour avoir bien voulu examiner notre modeste travail .

Que tous ceux qui , de près ou de loin , ont contribué à notre formation veuillent bien accepter notre reconnaissance.

<u>INTRODUCTION GENERALE</u>	1
<u>PARTIE I</u> ETUDE THEORIQUE	
Introduction	2
1. Description	2
1.1 Présentation de la batterie	
1.2 Les électrodes	
1.3 L'électrolyte	
2. Phénomènes électrochimiques	3
3. Définition des paramètres de la batterie	6
3.1 Capacité	
3.2 Energie	
3.3 Rendement	
3.4 Force électro-motrice	
3.5 Tension aux bornes	
3.6 Résistance interne	
4. Facteurs influant sur la capacité	9
4.1 Etat des éléments constitutionnels	
4.2 Température	
4.3 Densité de l'électrolyte	
4.4 Résistance interne	
5. Méthodes de charge	14
5.1 A courant constant	
5.2 A tension constante	
5.3 A tension d'égalisation	
5.4 A coups de fouet	
5.5 Lente	
5.6 Batterie tampon	

PARTIE II ETUDE EXPERIMENTALE

Introduction	16
1. 1 ^o Série d'essais	17
1.1 Matériel utilisé	
1.2 Schéma de montage	
1.3 Résultats	
1.4 Interprétation	
1.5 Conclusion	
2. 2 ^o Série d'essais	29
2.1 Matériel utilisé	
2.2 Schéma de montage	
2.3 Résultat	
2.4 Conclusion et interprétation	

PARTIE III TESTEUR DE CAPACITE DE BATTERIE

1. Présentation de l'appareil	37
2. Synoptique de fonctionnement de l'appareil	37
3. Schéma complet de l'appareil et calculs	41
3.1 Amplificateur différentiel	
3.2 Comparateur	
3.3 Mémorisation	
3.4 Multivibrateur	
3.5 Charge régulée	
4. Possibilités d'utilisation et d'amélioration	49
5. Circuit imprimé et schéma d'implantation	50

PARTIE IV ETUDE COMPARATIVE

1. Microcoulombmètre	51
1.1 Principe	
1.2 Présentation et fonctionnement	

1.3 Montage de principe	
2. Testeur électronique (MOTOROLA)	54
2.1 1° test	
2.2 2° test	
2.3 3° test	
3. Autres méthodes	57
4. Tableau comparatif	57
<u>CONCLUSION GENERALE</u>	59
<u>BIBLIOGRAPHIE</u>	60





INTRODUCTION

Depuis son invention en 1859 par GASTON PLANTE , l'accumulateur au plomb a connu de nombreux perfectionnements et améliorations, qui en font un élément indispensable dans divers domaines d'applications où l'énergie électrique intervient de façon directe ou indirecte : automobile, stockage de l'énergie photovoltaïque etc...

Cependant une question se pose toujours face à une batterie: combien de temps pourra-t-elle alimenter une charge donnée. La méthode la plus sûre pour le savoir est de brancher cette charge et faire l'essai, mais cette méthode ne peut être considérée un test , puisqu'on aura déchargé la batterie . Cette méthode peut aussi être néfaste pour la batterie devant une charge de forte puissance , si elle n'est pas correctement chargée .

La mise au point d'un test s'avère nécessaire, afin de pouvoir prédéterminer la capacité d'une batterie d'une manière efficace et sans risques pour celle-ci . Ce test serait d'une très grande importance surtout dans le domaine de l'énergie photovoltaïque où le stockage de celle-ci est un facteur très important à considérer pour le dimensionnement des installations.

PARTIE : II

(ETUDE EXPERIMENTALE)

GENERALITES SUR L'ACCUMULATEUR AU PLOMB

INTRODUCTION

Dans cette partie , nous nous efforcerons de décrire succinctement les principes généraux régissant le fonctionnement de l'accumulateur au plomb ; en mettant l'accent sur les différents paramètres influant sur sa capacité et tout particulièrement l'intensité de la décharge , cependant , nous n'aborderons pas de manière approfondie la théorie de fonctionnement d'un accumulateur au plomb , cette dernière , complexe , relève de l'électrochimie et reste en dehors du cadre de notre travail ; ainsi notre étude sera axée plus sur l'utilisation que sur le fonctionnement , sans toutefois négliger les phénomènes s'y rapportant .

Les éléments théoriques qui vont suivre nous serviront de repère pour l'étude pratique et nous permettront de dégager un protocole d'expérimentation qui sera développé en seconde partie .

1. DESCRIPTION

1.1. Présentation de la batterie

Du point de vue matériel , une batterie d'accumulateurs au plomb est formée d'un bac (en ébonite ou autre matériau isolant) contenant les électrodes et l'électrolyte , fermé par un couvercle muni d'ouvertures et de bouchons afin de permettre le remplissage de l'électrolyte et l'évacuation des dégagements gazeux (fig.I-1) .

1.2. Les électrodes

Il y a deux genres d'électrodes , la positive et la négative , chaque électrode peut être formée de plusieurs plaques de même polarité alternant avec des plaques de l'autre polarité . Les plaques de polarité inverse sont séparées par des isolateurs poreux (afin de permettre le passage de l'électrolyte) .

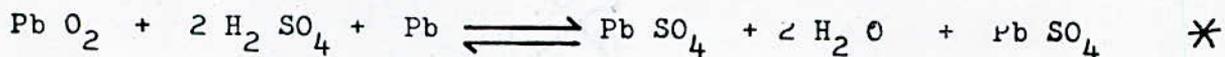
L'électrode positive est constituée de peroxyde de plomb et la négative par du plomb .

1.3. L'électrolyte

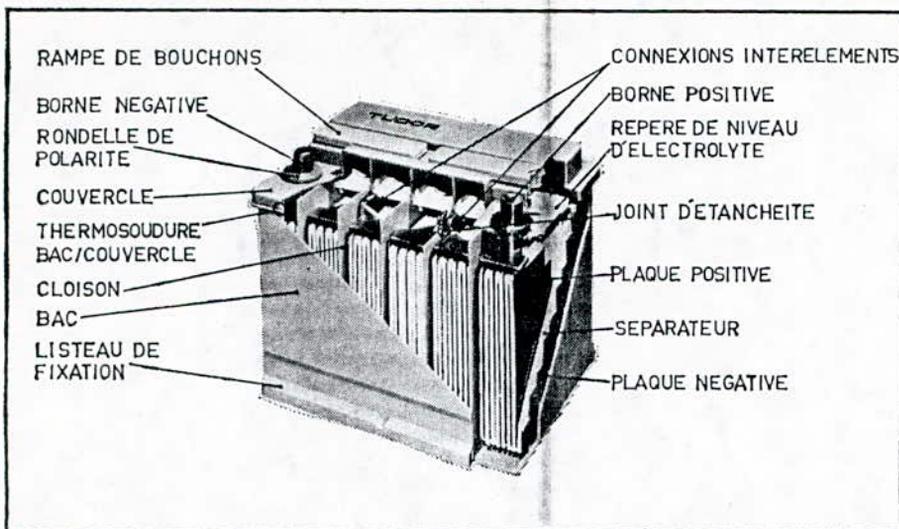
Il s'agit là d'une solution d'acide sulfurique H_2SO_4 dont la densité varie de 1,2 à 1,3 en charge et de 1,1 à 1,2 en décharge complète.

2. PHENOMENES ELECTROCHIMIQUES

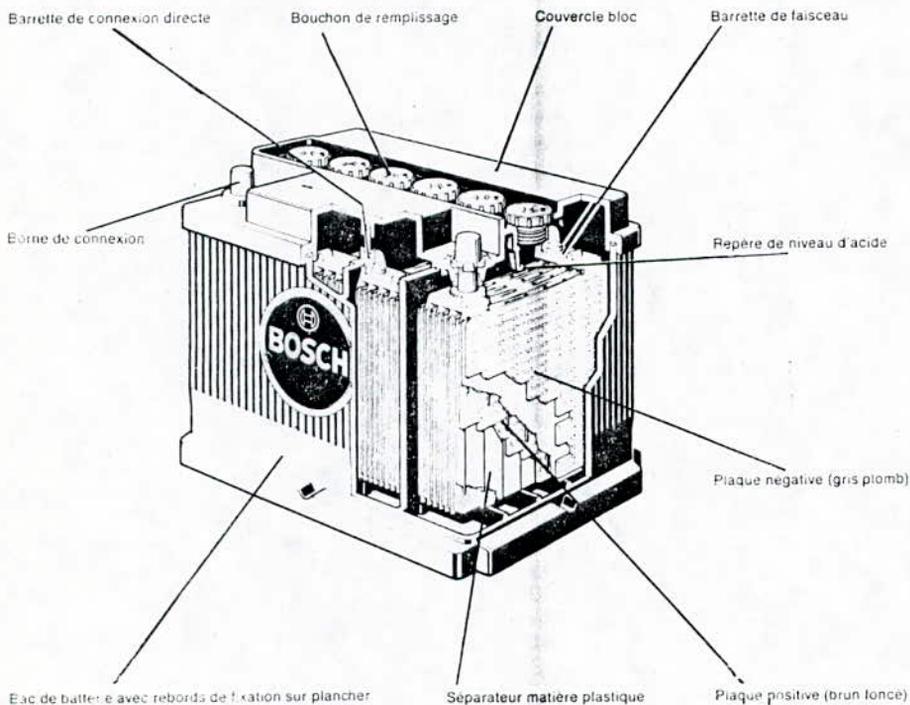
Comme nous l'avons déjà souligné , nous nous en tiendrons à l'essentiel , c'est à dire à un résumé des réactions chimiques de base se déroulant dans l'accumulateur . Tout revient à la formule suivante appelée " double sulfatation " :



La figure (I-2) résume très bien le processus électrochimique inhérent respectivement à la décharge et à la recharge de l'accumulateur / / .



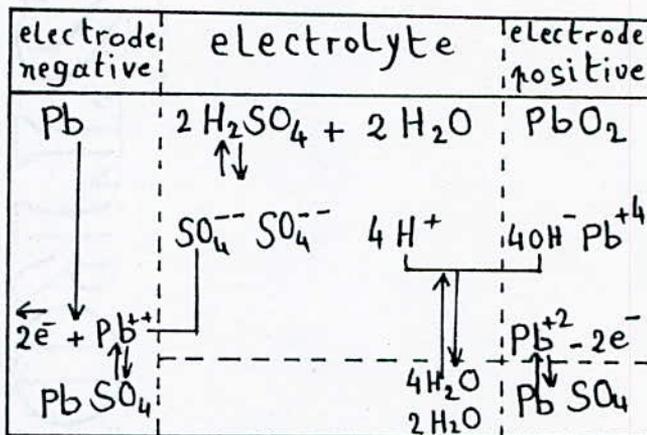
— Batterie Tudor (photo Tudor-Sodacel)



— Batterie Bosch (photo Bosch-Pressbild).

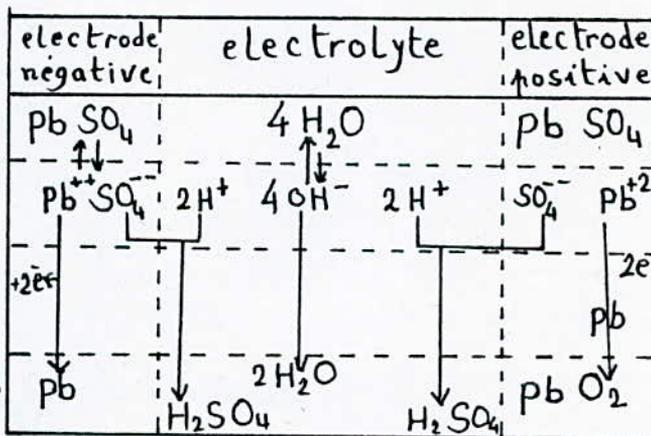
Fig.I-1

matériaux originaux
 processus d'ionisation
 Fin de décharge



reaction de decharge

Fin de décharge
 processus d'ionisation
 matériaux originaux restaurés



reaction de charge

Fig. I-2

3. DEFINITION DES PARAMETRES DE LA BATTERIE

3.1. Capacité

La capacité C d'un élément est la quantité d'électricité , exprimée en Ampère.heure qu'il est capable de restituer , après avoir reçu une charge complète et lorsqu'il est déchargé à un courant d'intensité déterminée maintenue constante .

Pour un courant donné , la tension au bornes décroît constamment (lors de la décharge) en fonction du temps avec une accélération marquée en fin de décharge . Cette décroissance est plus ou moins importante suivant le type d'accumulateur . Elle est causée par l'augmentation progressive des différentes polarisations .

La capacité d'une batterie est due avant tout à la quantité de matière active mise en jeu dans la réaction (*) ; par exemple , pour une capacité donnée C , la quantité de plomb m nécessaire est :

$$m = \frac{C}{2} \cdot \frac{M}{e}$$

où :

M : Masse atomique du plomb .

 : Nombre d'Avogadro .

e : Charge élémentaire .

Ainsi , pour un A.h ; il faut 3,6 grammes environ de plomb , malheureusement , il est impossible d'utiliser toute la matière active de la batterie et dans le meilleur des cas , on arrive qu'aux environs de 25% de degré d'utilisation .

Il faut souligner la différence entre l'énergie et la capacité d'un accumulateur car la charge (ou la décharge) ne s'effectue pas à tension constante .

On appelle capacité nominale , la capacité à courant de décharge donné en précisant la température (25° C en général) .

3.2. Energie

La capacité en énergie d'une batterie présente un intérêt pratique plus grand . Elle est égale au produit de la puissance en Watt et de la durée en heures de la décharge.

3.3. Rendement

C'est le rapport de la quantité totale d'électricité débitée par la batterie sur celle qu'il faut lui fournir pour la recharger , il est de l'ordre de 80 % en général .

3.4. Force électromotrice

La tension à vide , une des caractéristiques principales d'une batterie ne peut dépasser de beaucoup 2 Volt par élément pour les accumulateurs au plomb .

$$E = 1,85 + 0,917.(G - 1) \quad (\quad)$$

où G est la densité de l'électrolyte exprimée en degrés Baumé .

3.5. Tension aux bornes

Elle suit les relations :

$$V = E + r.I \quad \text{pour la charge}$$

$$V = E - r.I \quad \text{pour la décharge}$$

3.6. Résistance interne

Elle dépend de la résistance des électrodes et de celle de l'électrolyte qui les sépare (fig. 1-3) / / . Les courbes de cette dernière figure montrent la variation de la résistance interne en fonction de la densité et de la température de l'électrolyte .

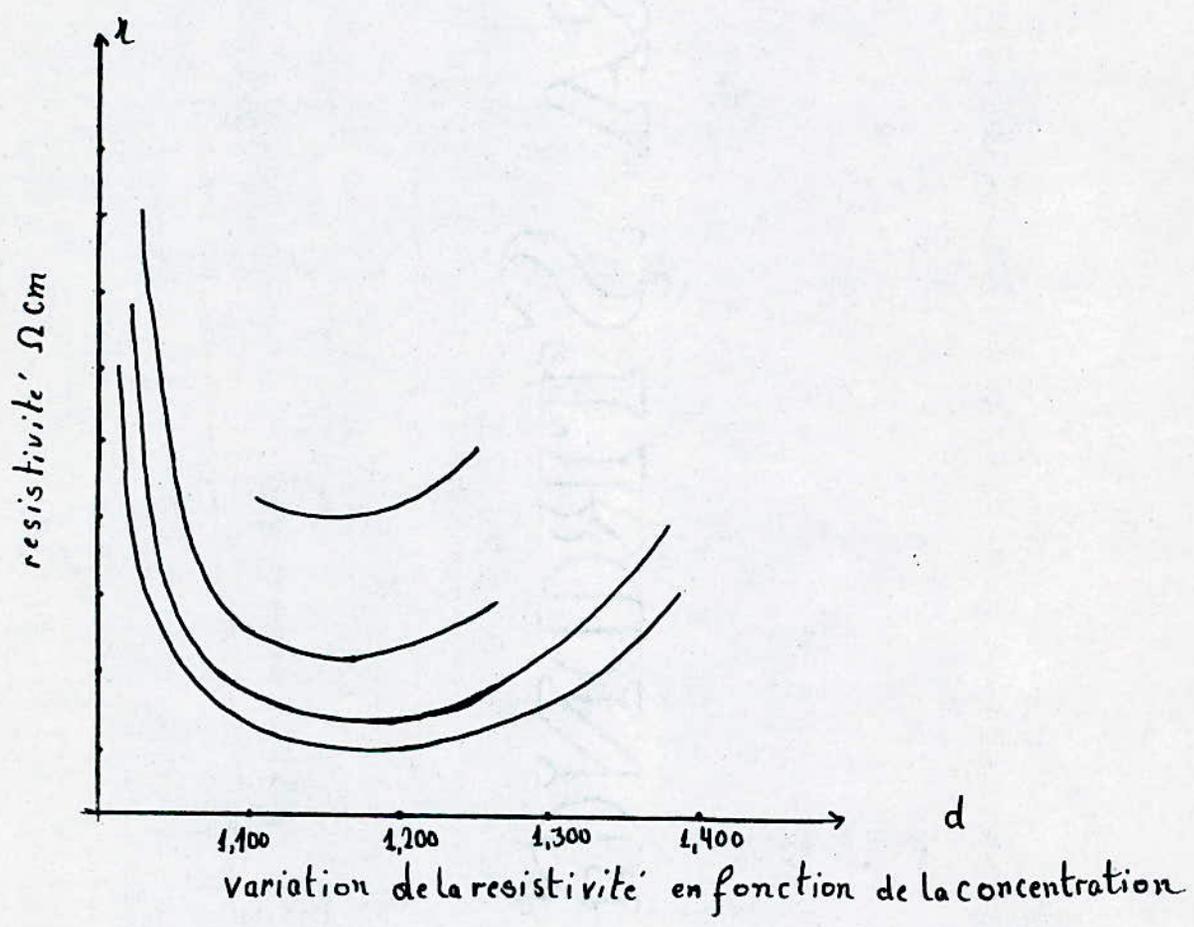


fig. I-3

4. FACTEURS INFLUANT SUR LA CAPACITE

Les paramètres influant sur la capacité sont nombreux :

- L'état des éléments constitutionnels
- La température
- L'intensité de décharge
- La densité de l'électrolyte
- La résistance interne

Ces paramètres sont intimement liés à cause de la complexité des réactions électrochimiques et devront être abordés avec précaution . Nous ne donnerons pas ici de formules analytiques complexes , mais nous nous contenterons d'en décrire les différents effets .

4.1. Etat des éléments constitutionnels

Il s'agira de la quantité et de l'état des matières actives , de leurs formes et de leurs constitutions , en bref , des caractéristiques données par le constructeur .

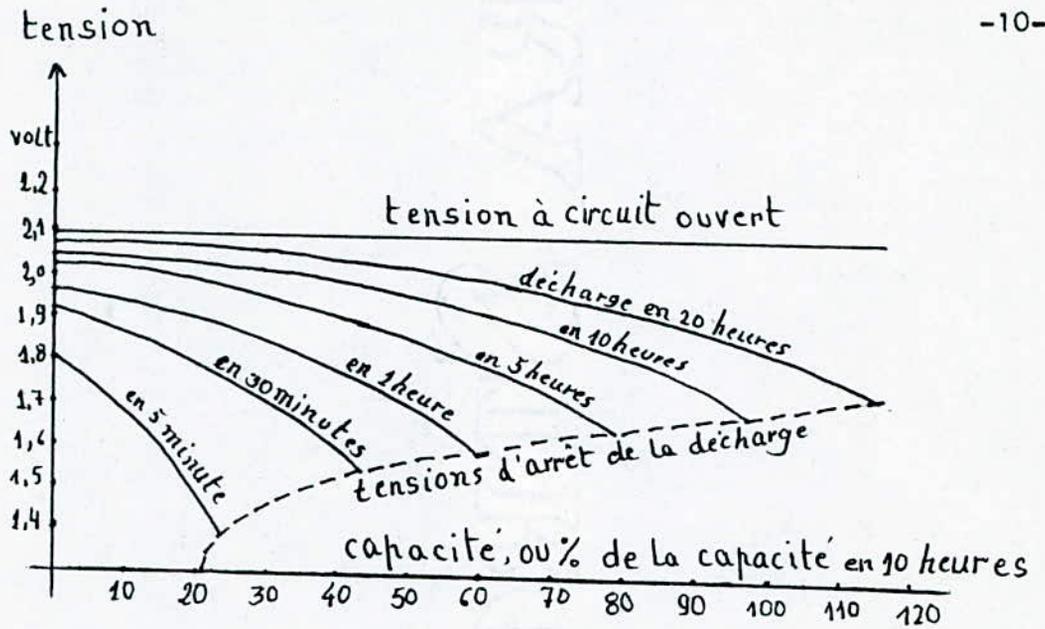
4.2. Température

La température nominale de fonctionnement est comprise entre 20 et 30 degrés Celsius et la vitesse de diffusion de l'acide est alors maximale . Au delà de cette température l'activité de l'acide sulfurique croît , ce qui favorise l'attaque et la désagrégation des plaques . Pour les températures faibles , la diffusion de l'acide devient de plus en plus faible .

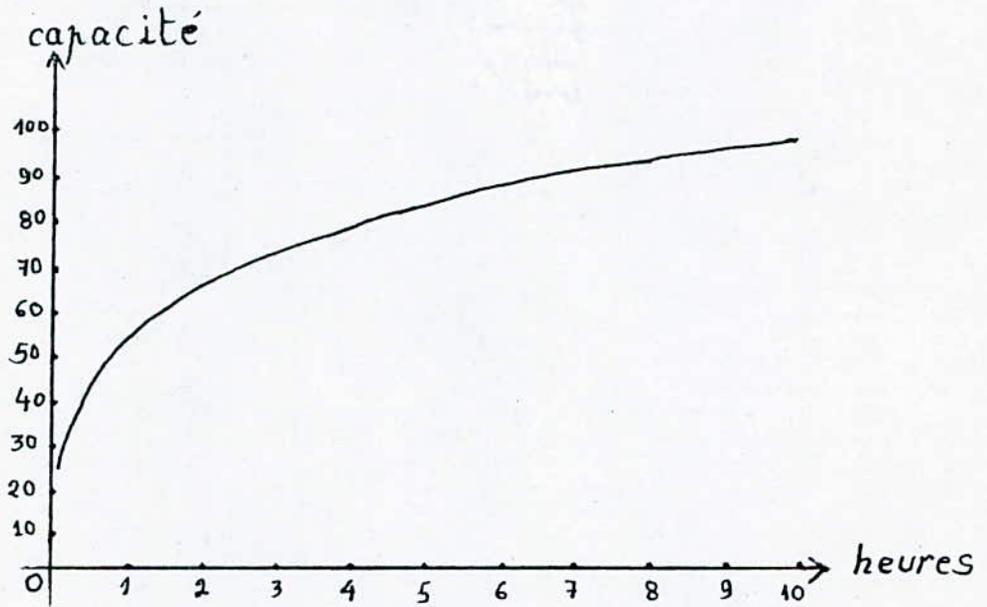
Les courbes des figures (I-4a ; I-4b) montrent l'influence de la température sur la tension à vide et la capacité . / / .

4.3. Densité de l'électrolyte

Elle constitue un excellent indice de l'état de charge (ou de décharge) puisque l'on voit , d'après la réaction (*) , qu'en décharge , il y a formation à partir de l'acide , de sulfate de plomb $Pb SO_4$ et d'eau et l'inverse en charge . Ainsi la quantité d'acide présente



Faisceau des courbes de performance d'une Batterie
fig. I-4a



Variation de la capacité en fonction de la durée de décharge

fig. I-4b

dans l'électrolyte nous donne une idée de la capacité de la batterie sous réserve de connaître les densités initiale et finale . La figure () nous donne l'influence de la concentration de l'électrolyte sur la capacité pour différents courants de décharge / / .

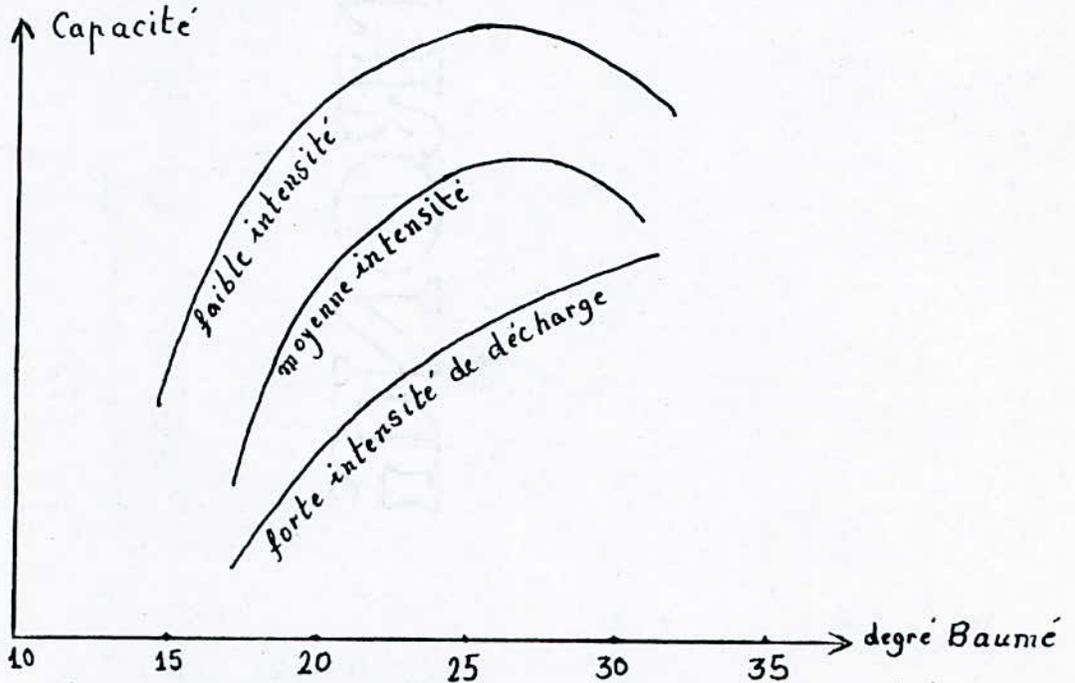


fig. 1-5 . effet de la concentration de l'electrolyte

4.4. Résistance interne

D'après le graphe de la figure (), on remarque qu'à la fin de la décharge , la résistance interne augmente d'une part par le fait qu' il y a dépôt de sulfate de plomb au niveau des électrodes , et d'autre part parcequ'il y a diminution de la quantité d'acide / / .

On remarque que la résistance en fin de charge est plus grande qu'au début de la décharge , car en fin de charge , l'acide est concentré dans les pores et possède ainsi une résistivité plus importante .

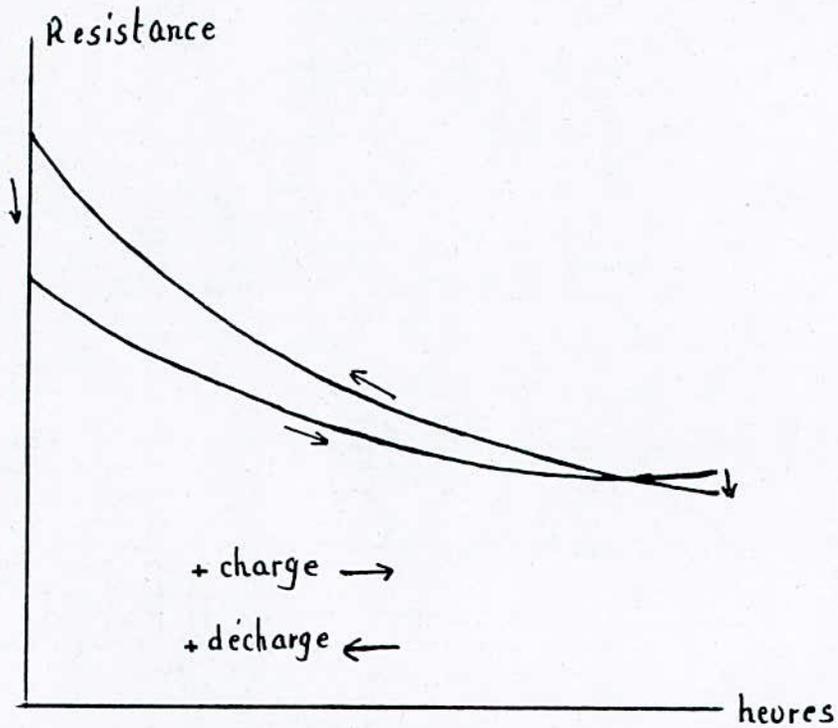
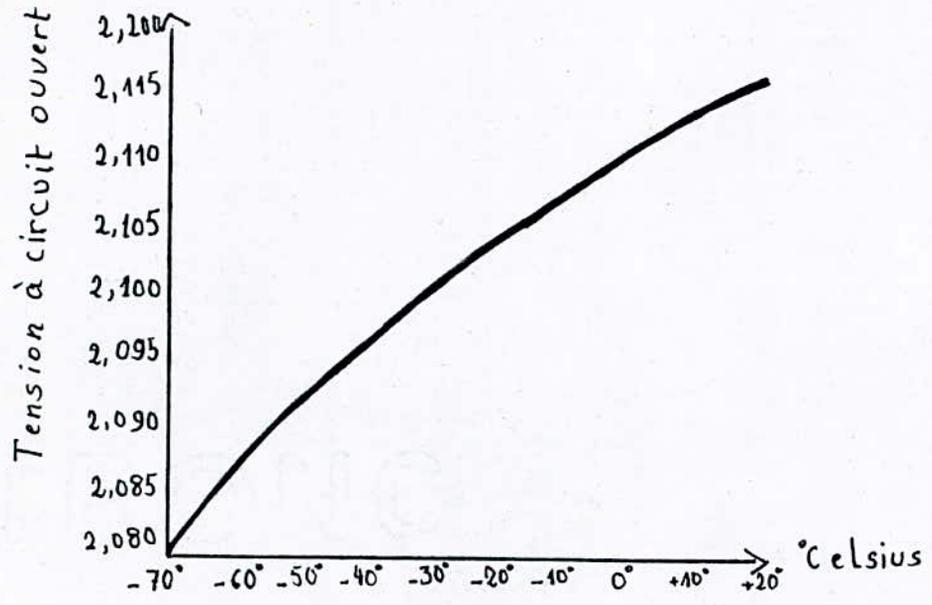


fig.I-6 Variations schématiques de la résistance intérieure pendant la charge et la décharge

4.5. Intensité de décharge

C'est le facteur principal régissant la capacité puisque son influence sur la diffusion est prépondérante .

Quand on indique la capacité d'une batterie , par exemple 100 A.h il faut préciser le régime , car cette expression ne signifie rien toute seule (Une batterie de 200 A.h peut fournir 20 A pendant 10 h , alors qu'elle ne peut donner un courant de 100 A qu'une heure au maximum). Il faut noter que plus le régime de décharge augmente , plus la capacité diminue (fig.I-7) / / .



variation de la tension en fonction de la température

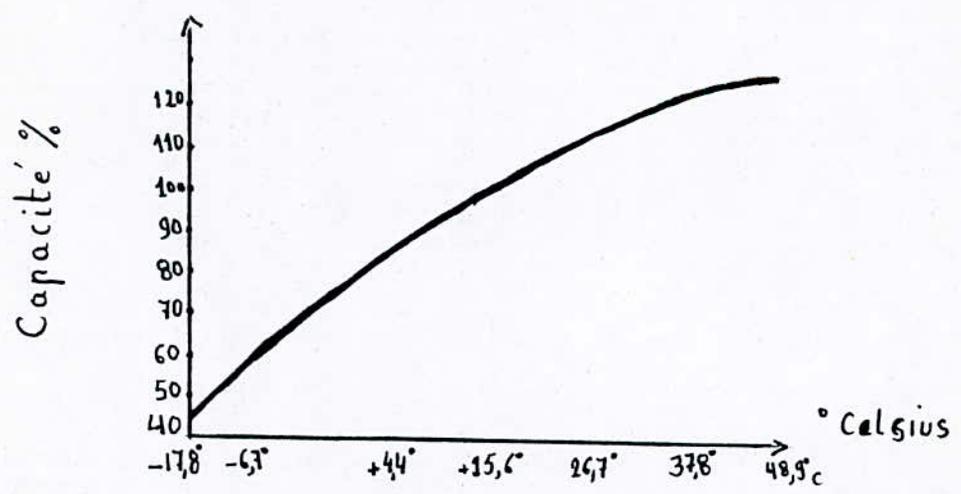


fig. I-7. effet de la température sur la capacité

5. METHODES DE CHARGE DES BATTERIES

5.1. Charge à courant constant

Durant la charge par cette méthode , le courant est maintenu constant jusqu'à ce que la batterie soit chargée à environ 90 % de sa capacité , puis ce courant est réduit à près de 40 % de sa valeur initiale . Il est à noter que la température ne doit pas dépasser 43 °C.

5.2. Charge à tension constante

La batterie est soumise à une tension maintenue constante durant toute la charge .

La tension minimale nécessaire est environ de 2,2 V par élément pour l'accumulateur au plomb . La charge débute avec une intensité relativement élevée , cette dernière tombe rapidement en même temps que monte la f.é.m de la batterie. Si la tension choisie est convenablement choisie , il y a peu de risques de voir des dégagements de gaz abondants ou une surchauffe en fin de charge . Afin de palier à la pointe de courant au début de la charge , on insère en série avec la batterie une résistance qui en outre en effet de faire monter l'intensité en fin de charge . Cette dernière méthode que l'on peut appeler la méthode à tension constante modifiée est très répandue .

5.3. Charge d'égalisation

Les accumulateurs utilisés en traction doivent périodiquement être soumis à une charge d'égalisation ; une batterie assurant un service normal doit recevoir une telle charge une fois par semaine . La batterie est chargée jusqu'à la fin de sa charge normale comme à l'habitude après quoi le courant est réduit à la moitié de sa valeur initiale , et ce jusqu'au moment où tous les éléments ont un dégagement de gaz uniforme on continue alors la charge pendant une heure et demi à partir du moment où la tension et la densité se sont stabilisées .

5.4. Charge en coup de fouet

Si la capacité d'une batterie est insuffisante pour assurer son

service entre les charges normales , on peut lui donner une charge intensive de courte durée , la seule chose à surveiller étant la température de l'électrolyte qui ne doit pas dépasser les limites autorisées.

5.5. Charge lente

Dans cette charge , que l'on appelle aussi "goutte à goutte" , la batterie est chargée très lentement pendant une longue période , ou même continuellement pendant le service . L'intensité est réglée de telle sorte qu'elle contrebalance exactement les actions locales à l'intérieur des éléments et maintienne constantes la tension des éléments et la densité de leur électrolyte .

5.6. Batterie tampon

On peut relier une batterie à une ligne de courant continu de telle sorte que la tension de la batterie à circuit ouvert soit légèrement inférieure à celle de la ligne . La batterie se chargera ou se déchargera suivant les fluctuations de la tension qui sont fonction de la charge sur la ligne . De cette façon , la batterie suivra automatiquement les variations de charge du réseau tout en restant chargée .

CONCLUSION

Notre objectif étant de déterminer la capacité d'une batterie donnée , cette étude théorique nous montre qu'à première vue , l'idéal serait de trouver une relation empirique ou analytique , entre la capacité d'une part et la température , la densité de l'électrolyte , l'intensité de décharge et la tension d'autre part .

Nous nous heurtons ici à une difficulté majeure qui est liée à la précision des mesures , et la modélisation à partir des données expérimentales (Les différences de tension à exploiter risquent d'être de l'ordre du μV , les différences de température non uniformes , etc...)

Dans la seconde partie de ce travail , nous tenterons de trouver une méthode de mesure qui , pour être simple , ne sera pas moins rigoureuse . (l'appareil que nous avons conçu fait d'ailleurs l'objet d'une demande de brevet).

PARTIE : III

(TESTEUR DE CAPACITE
DE BATTERIE)

ETUDE EXPERIMENTALE

INTRODUCTION

Notre étude expérimentale a eu pour but la recherche d'une méthode permettant de prédeterminer la capacité d'une batterie .

Nous avons dans un premier temps enregistré le courant de charge et de décharge d'éléments neufs en notant l'évolution de la densité de l'électrolyte .

Cette méthode fait appel aux éléments constitutionnels de la batterie (densité , résistance interne) ; elle n'a pu porter les fruits escomptés du fait que :

- La température ne peut nous renseigner à cause , d'une part , de ses faibles (ou quasiment nulles) variations durant un test et d' autre part , du fait qu'elle ne soit qu'un paramètre à combiner avec les éléments constitutionnels .

- Les mesures de la résistance interne et de la densité de l' électrolyte sont caractérisées par une faible précision , toutefois cette étude préliminaire nous a permis d'approfondir notre connaissance de l'accumulateur et nous a amenés à rechercher une autre voie nous permettant d'arriver à nos fins , c'est à dire à des résultats susceptibles d'être exploités en vue de la mise au point d'un appareil de test de capacités .

La seconde série d'essais s'est basée sur l'étude des éléments fonctionnels (tension , intensité) pour cela , nous nous sommes inspirés du principe de fonctionnement d'un chargeur automatique de batterie / / . En effet , les temps de décharges internes et externes successives nous donnent une idée assez précise de la capacité .

Les essais effectués , l'ont été dans le but de renforcer cette assertion et les résultats qui en découlent la confirment .

Ceci est d'autant plus intéressant que cela nous offre une possibilité , qui sera exploitée en troisième partie , de réaliser notre testeur de capacité .

1. PREMIERE PARTIE D'ESSAIS

Comme il a été dit dans l'introduction ci-dessus , cette série d'essais a eu pour but de relever les caractéristiques d'une batterie lors de la charge et de la décharge complète .

La méthode de charge à courant constant a été retenue car la puissance de la source est bien utilisée et l'énergie emmagasinée se déduit directement de la courbe $U = f(t)$.

1.1. Matériel utilisé

- Enregistreur PHILIPS PM 7236
- Batteries FULMAN : 200 A.h S.2200 ; 5,65 l
CHLORIDE : 75 A.h
- Ampèremètre METRIX
- Voltmètre METRIX
- Alimentation stabilisée
- Rhéostat 2 , 12,5 A max
- Rhéostat 2 , 5 A max

1.2. Schéma de montage : Voir figure (II - 1) .

Calibres utilisés pour l'enregistreur :

- Calibre 5 V : 5V ----- 253 mm
1 mm ----- 0,02 V
- Calibre 2 V : 2 V ----- 253 mm
1 mm ----- 0,008 V
- Vitesse de balayage : 3 cm / heure
1 cm ----- 20 mn

1.3. Résultats : Voir Tableaux (II-1 ; II-2 ; II-3 ; II-4) Courbes (II-2 ; II-3 ; II-4)

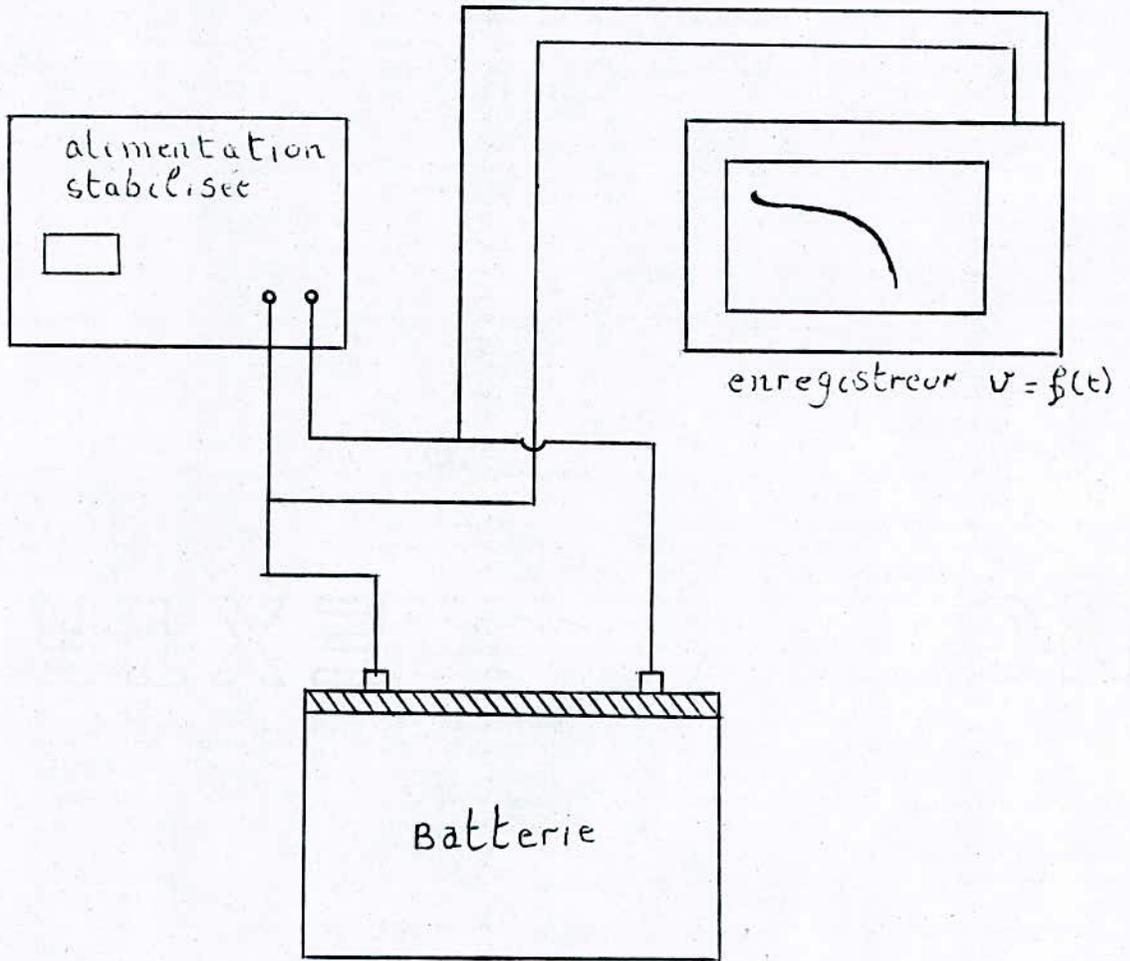


fig. II-1

Tableau II-1

t (heures)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
V _(m.m)	120	120,5	121	121,5	122	122,5	123	123,5	124	124,5	125
V _(volts)	2,4	2,41	2,42	2,43	2,44	2,45	2,46	2,47	2,48	2,49	2,50

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
125,5	126	126,5	126,8	127	127	127,5	128	128,5	129	129,5	130
2,51	2,52	2,53	2,53	2,54	2,54	2,55	2,56	2,57	2,58	2,59	2,6

t (heures)	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
V (m.m)	117,50	117,65	117,85	118,05	118,25	118,40	118,60	118,80	118,95	119,15
V (volt)	2,350	2,353	2,357	2,361	2,365	2,368	2,372	2,376	2,379	2,383

t (heure)	33	34	35	36	37	38	39	41	42	43
V (mm)	119,55	119,75	119,90	120,10	120,25	120,45	120,65	120,85	121,00	121,20
V (volt)	2,391	2,395	2,398	2,400	2,405	2,410	2,415	2,418	2,420	2,425

t (heure)	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53
V (m.m)	121,40	121,75	121,95	122,10	122,30	122,50	122,55	123,00	123,50	124
V (volt)	2,428	2,430	2,435	2,440	2,445	2,450	2,451	2,460	2,470	2,480

	← calibre 50				→ calibre 20				
$t_{(minute)}$	20	40	100	170	320	140	60	200	140
$V_{(m.m)}$	103,73	102,72	102,20	101,70	248,90	247,94	246,93	245,90	245,40
$V_{(volt)}$	2,030	2,020	2,010	2,000	2,489	1,960	1,952	1,944	1,940

$t_{(minute)}$	80	80	80	60	60	120	60	40	240
$V_{(m.m)}$	244,9	243,90	243,40	242,90	242,40	240,86	240,35	239,35	225
$V_{(volt)}$	1,936	1,928	1,924	1,920	1,916	1,904	1,900	1,892	1,820

tableau II-2

← calibre 5V

$t_{(minute)}$	0	30	30	120	40	40	40	100
$V_{(mm)}$	106	102	101,5	101	100,5	100	99,8	249
$V_{(volt)}$	2,120	2,040	2,030	2,020	2,010	2,000	1,995	1,992

calibre 2V →

$t_{(minute)}$	20	20	20	20	20	60	60	60
$V_{(m.m)}$	248,5	247,5	247	246,5	246	245	244	225
$V_{(volt)}$	1,990	1,985	1,980	1,975	1,972	1,97	1,960	1,800

$E_{\text{(volt)}}$	1,95	1,96	2,00	2,02	2,05	2,10	2,13	2,2
$V_{\text{(volt)}}$	2,05	2,15	2,25	2,17	2,20	2,23	2,25	2,35
$Z_{10^{-2}\Omega}$	2,10	2,00	2,00	19,00	19,00	18,00	16,00	13,00

$E_{\text{(volt)}}$	2,15	2,10	2,05	2,02	2,00	1,98	1,96	1,93
$V_{\text{(volt)}}$	2,07	2,00	1,92	1,89	1,85	1,83	1,81	1,75
$Z_{10^{-2}\Omega}$	1,00	1,30	1,70	1,70	2,00	2,00	2,10	2,50

Tableau II-4

-24-

charge 250 FH

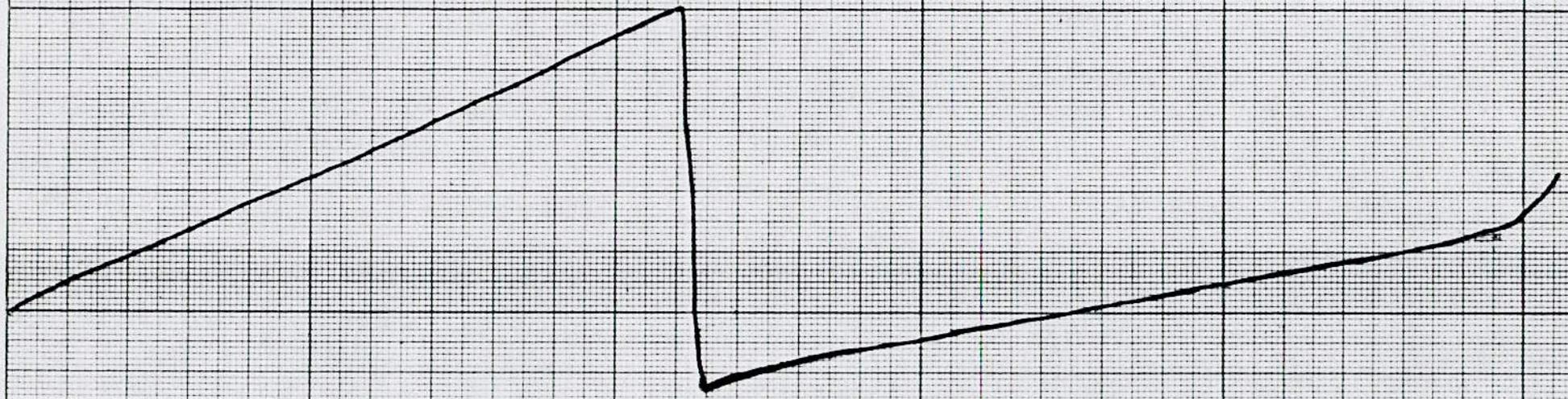


fig II 2

decharge 20Ah

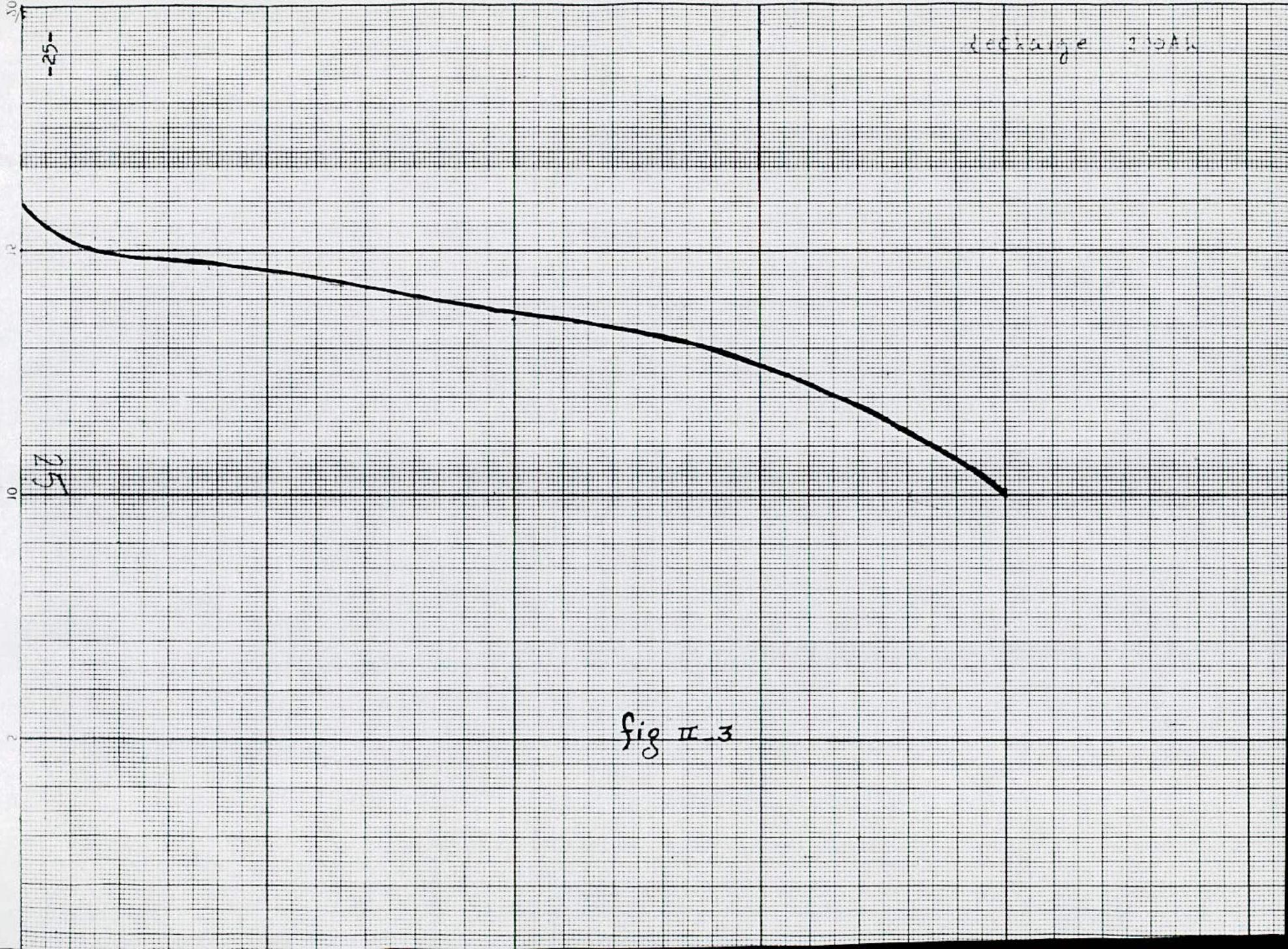


fig II 3

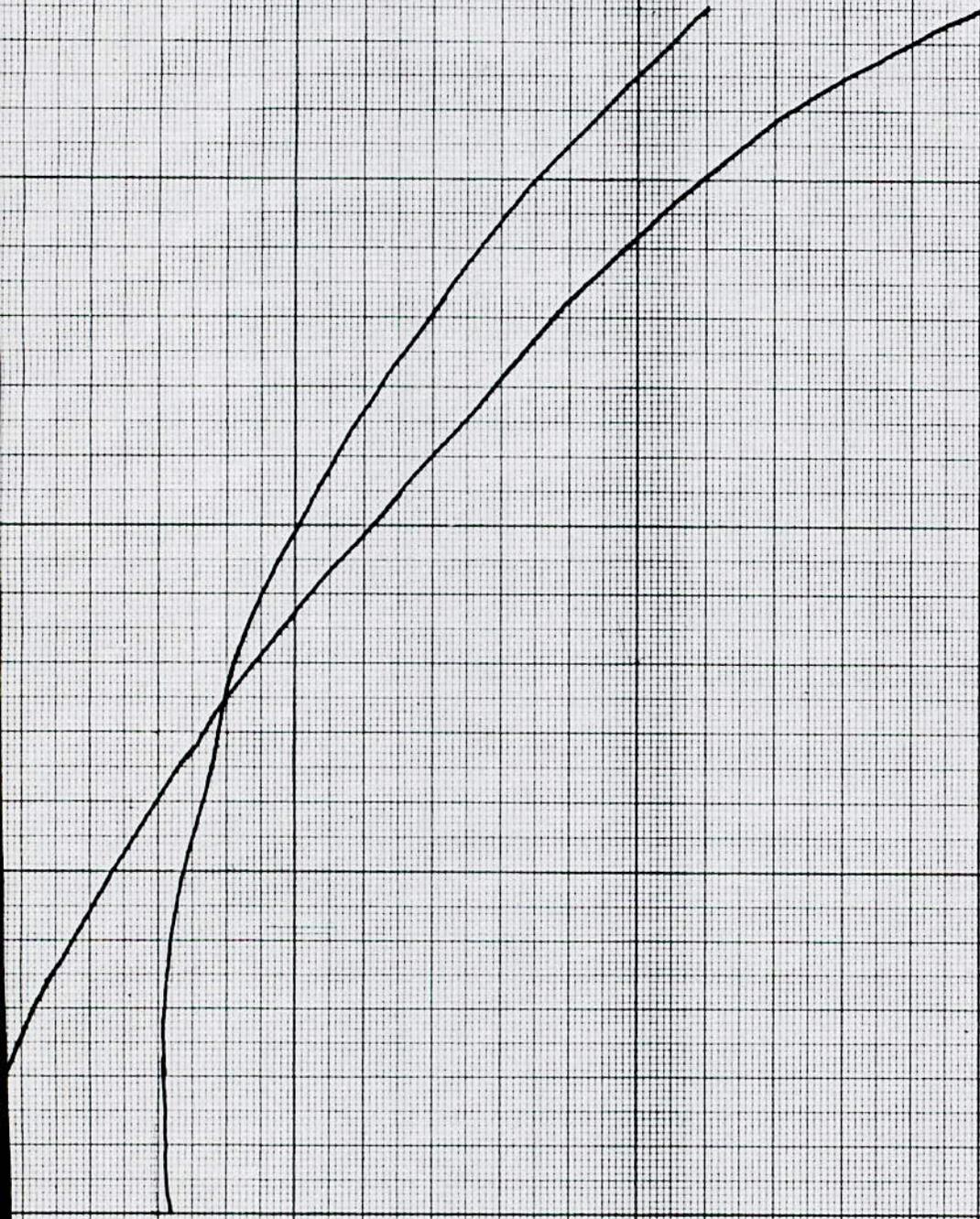


fig-III 4

1.4. Interprétation des résultats

- Tableau de charge:

Comme la batterie est chargée pour la première fois, nous procédons à des charges à courants constants à deux régimes différents. La première à un courant de C/20 Ampères, la seconde à C/40 A. La tension augmente avec le temps avec la première charge et rechute dès que l'on passe au deuxième courant et augmente ensuite jusqu'à apparition des indices de fin de charge (fig. II.2).

La relation suivante justifie la chute de tension lorsque l'on passe au second régime :

$$V = E + r.I \quad ; \quad E \text{ et } r \text{ restent constantes} \\ \text{et } I \text{ diminue .}$$

Des calculs, nous remarquons que la batterie a été chargée à 350 A.h, alors que sa capacité nominale est de 200 A.h, ceci est dû au rendement de la batterie qui est faible pour la première charge. Nous remarquons aussi que la température de l'électrolyte augmente en fin de charge.

- Courbes de décharge:

Nous remarquons pour les deux exemples traités (200 A.h et 75 A.h) que la tension aux bornes de la batterie diminue rapidement puis se maintient autour de 2 V pour rechuter rapidement en fin de décharge. Le début de cette baisse rapide qui est le crochet, nous permet de connaître la capacité de la batterie en faisant le produit de l'intensité de décharge par le temps écoulé et ce, jusqu'à l'apparition de ce crochet.

- Variations de la résistance interne:

La résistance interne est calculée à partir de la formule suivante:

$$V = E \pm r.I \quad ; \quad (+) \text{ pour la charge} \\ (-) \text{ pour la décharge}$$

d'où :

$$r = \frac{V - E}{I} \quad \text{pour la charge}$$

$$r = \frac{E - V}{I} \quad \text{pour la décharge}$$

La résistance interne de tout générateur d'électricité est toujours intéressante à considérer , puisqu'elle représente un goulot d'étranglement dans le débit du générateur . Elle dépend de la résistance des électrodes et de celle de l'électrolyte qui les sépare . Elle est influencée d'une part , par la formation de sulfate non conducteur en décharge , et par son élimination en charge et d'autre part par la variation de la concentration de l'électrolyte . A la fin de la décharge , la résistance est plus élevée qu'au début de la charge , mais en fin de charge , plus élevée qu'au début de la décharge . Cette dissymétrie entre les pentes des deux courbes (fig. II - 4) est due au fait qu'il n'y a pas de symétrie de fonctionnement entre les électrodes négatives et positives .

Nous remarquons par ailleurs que les variations de la résistance interne sont très faibles .

1.5 Conclusion

Cette première méthode ne peut nous apporter satisfaction quant au but que nous nous sommes assignés .

En effet et cette dernière fait appel aux éléments constitutionnels qui sont : la densité de l'électrolyte , sa température et la résistance interne ; de ce fait comme nous l'avions exprimé en première partie , ces paramètres sont intimement liés et que l'on ne peut alors considérer un paramètre donné sans tenir compte de toutes ses interactions avec les deux autres , chose difficile à déterminer dans notre cas .

De plus ; après quelques essais , il nous est apparu les faits suivants :

- La température de l'électrolyte seule ne peut en aucun cas nous renseigner sur l'état de la batterie , ceci d'une part et d'autre part elle serait égale à celle du milieu ambiant pour une décharge nominale ou lors d'un test de courte durée .

- La densité caractérisée par une mesure très imprécise et par ailleurs son exploitation nécessite la connaissance des densités en début et en fin de décharge de la batterie .

- Du fait que la dissymétrie entre les pentes de charge et de décharge et de la très faible variation de la résistance interne , il est difficile de pouvoir conclure sur l'état de charge de la batterie , surtout que la résistance interne dépend beaucoup de la densité de l'électrolyte .

Par ailleurs , il serait nécessaire de multiplier les essais dont certains s'échelonnent sur quatre jours d'où le temps requis .

Il est aussi indispensable , en abordant la batterie de l'intérieur , de procéder à une étude électrochimique approfondie , ce qui n'est ni de notre ressort ni de nos possibilités .

2. SECONDE SERIE D'ESSAIS

Cette méthode est basée sur le principe du régulateur de charge de batteries . La batterie est chargée à courant constant égal au dixième de sa capacité (C/10) , jusqu'à ce que sa tension atteigne une valeur qui arrête automatiquement la charge , et cette tension rechute jusqu'à atteindre un seuil de réenclenchement du chargeur . Ce temps d'arrêt de charge est d'autant plus grand que la batterie est chargée . Mais ce temps devient trop lent pour faire une mesure de l'état de charge de la batterie, en classant ces durées de temps en fonction de la capacité .

On a préféré donc fixer le temps de mesure et comparer les variations de tension de la batterie en fonction de sa capacité. On injecte dans la batterie un courant représentant un dixième de sa capacité pendant environ une minute et on la décharge ensuite à 1,5 A durant une seconde , on relève alors la variation de la tension à ses bornes .

2.1. Matériel utilisé

- Enregistreur PHILIPS PM 7236
- Batteries FULMAN : 200 A.h S.2200 , 5,65 l
CHLORIDE : 75 A.h
- Amperemètre METRIX
- Voltmètre METRIX
- Chargeur de batterie type GS

- Rhéostat 2Ω , 12,5 A max
- Rhéostat 2Ω , 5 A max
- Commutateur

2.2. Schéma de montage

Voir figure ($\Pi - 5$).

2.3. Résultats

Voir tableaux ($\Pi - 5$; $\Pi - 6$)
courbes ($\Pi - 6$)

2.4. Conclusions et interprétation des résultats

D'après les résultats obtenus et les courbes tracées , nous concluons que cette pente peut donner l'état de charge de la batterie .

On remarque une certaine symétrie de la courbe donnant la capacité en fonction de la pente $\Delta V / \Delta t$. On observe une grande pente quand la batterie est à un faible état de charge , puis cette pente diminue quand on arrive au palier jusqu'à une valeur minimale au milieu du palier ce qui correspond à la moitié de la capacité nominale . On continue de charger la batterie et la pente réaugmente pour atteindre de grandes valeurs vers la fin de charge . On obtient ainsi une symétrie par rapport à l'état de charge moyenne ($C_n/2$) ; on obtient par exemple la même pente pour $C/4$ et $3.C/4$. Pour savoir quelle est la valeur exacte , on se reporte à la courbe donnant V au repos en fonction de C .

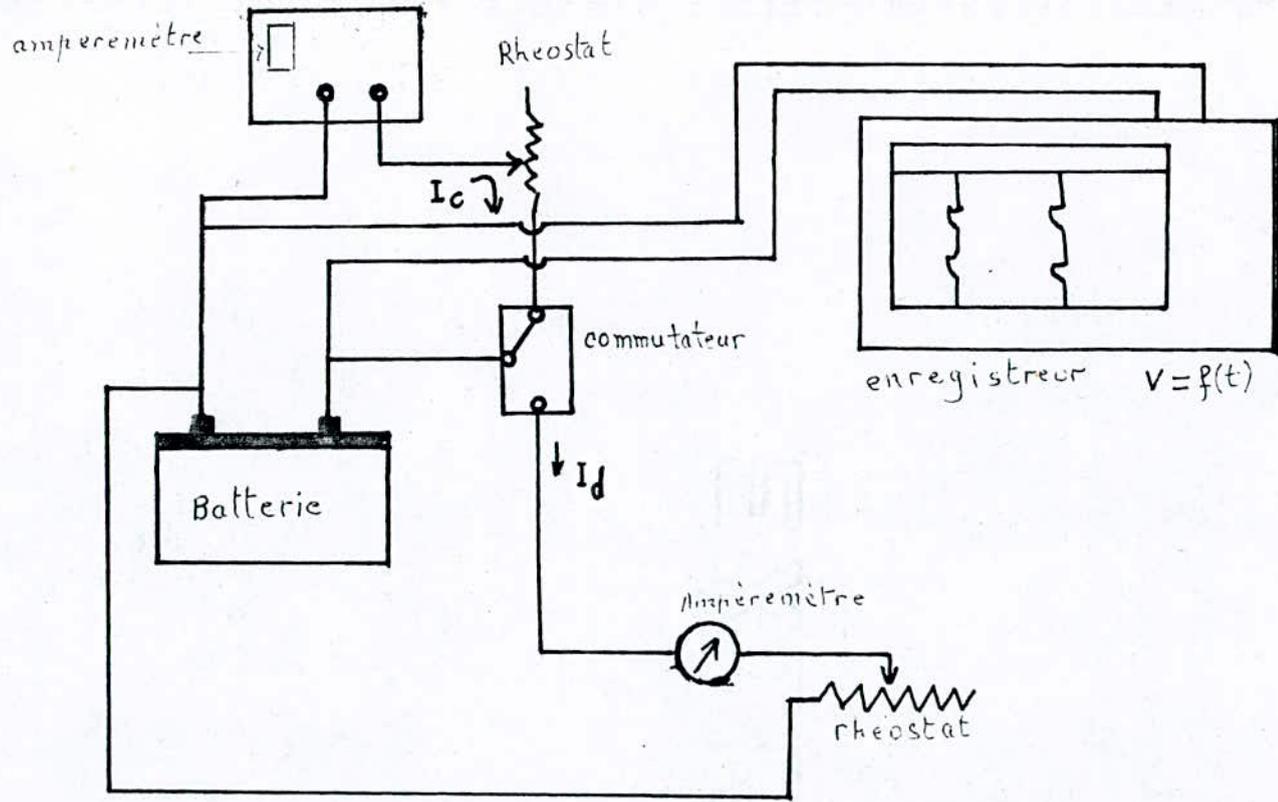


fig. II-5

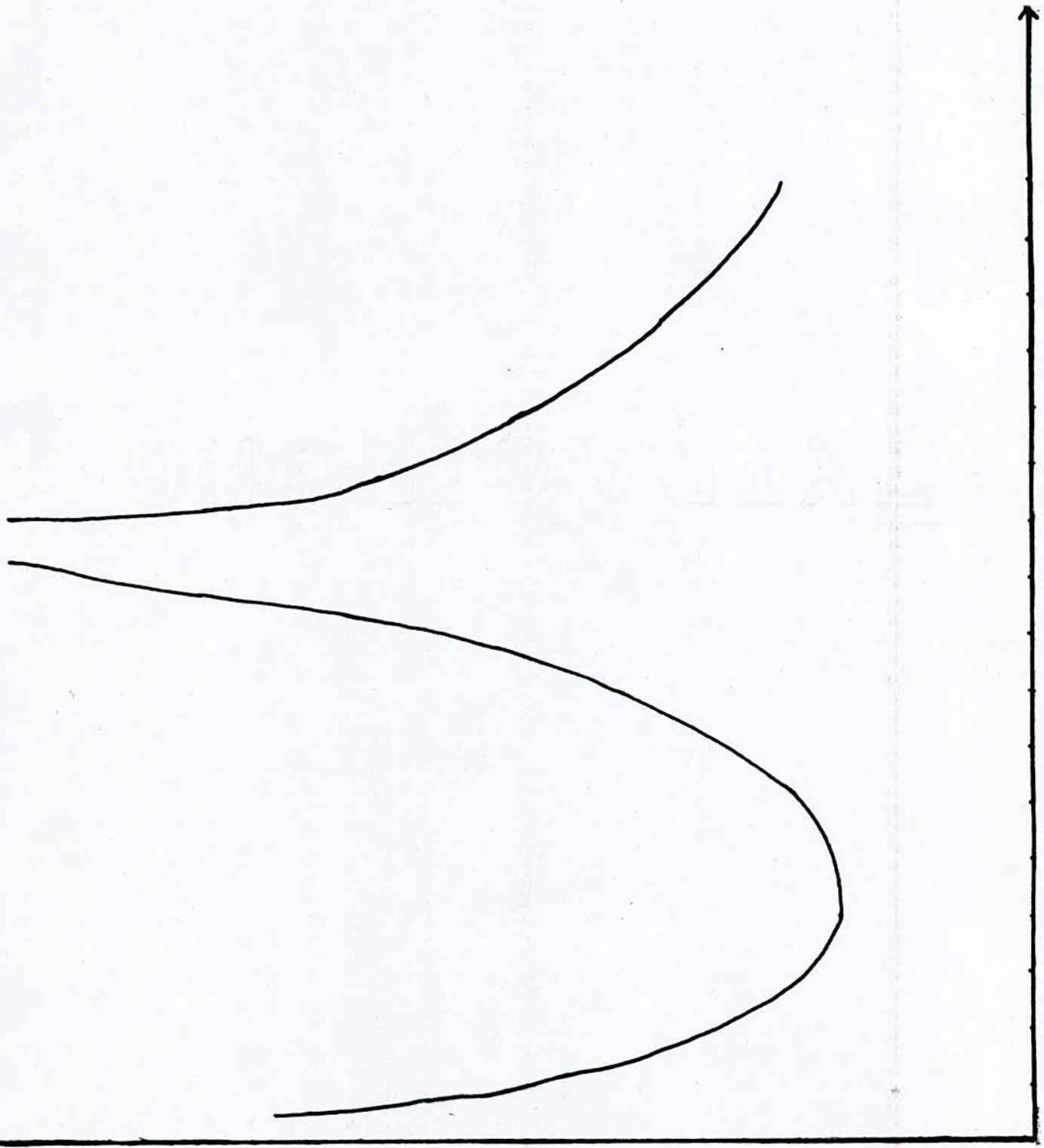
V_{charge} (volt)	1,98	2,00	2,05	2,06	2,07	2,08	2,09	2,10	2,14	2,14	2,17
V_{decharge} (volt)	1,82	1,86	1,97	2,00	2,02	2,03	2,05	2,06	2,10	2,11	2,12
ΔV (volt)	0,16	0,14	0,13	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05
$\frac{\Delta V}{\Delta t}$	0,133	0,116	0,108	0,050	0,041	0,041	0,033	0,033	0,033	0,033	0,041

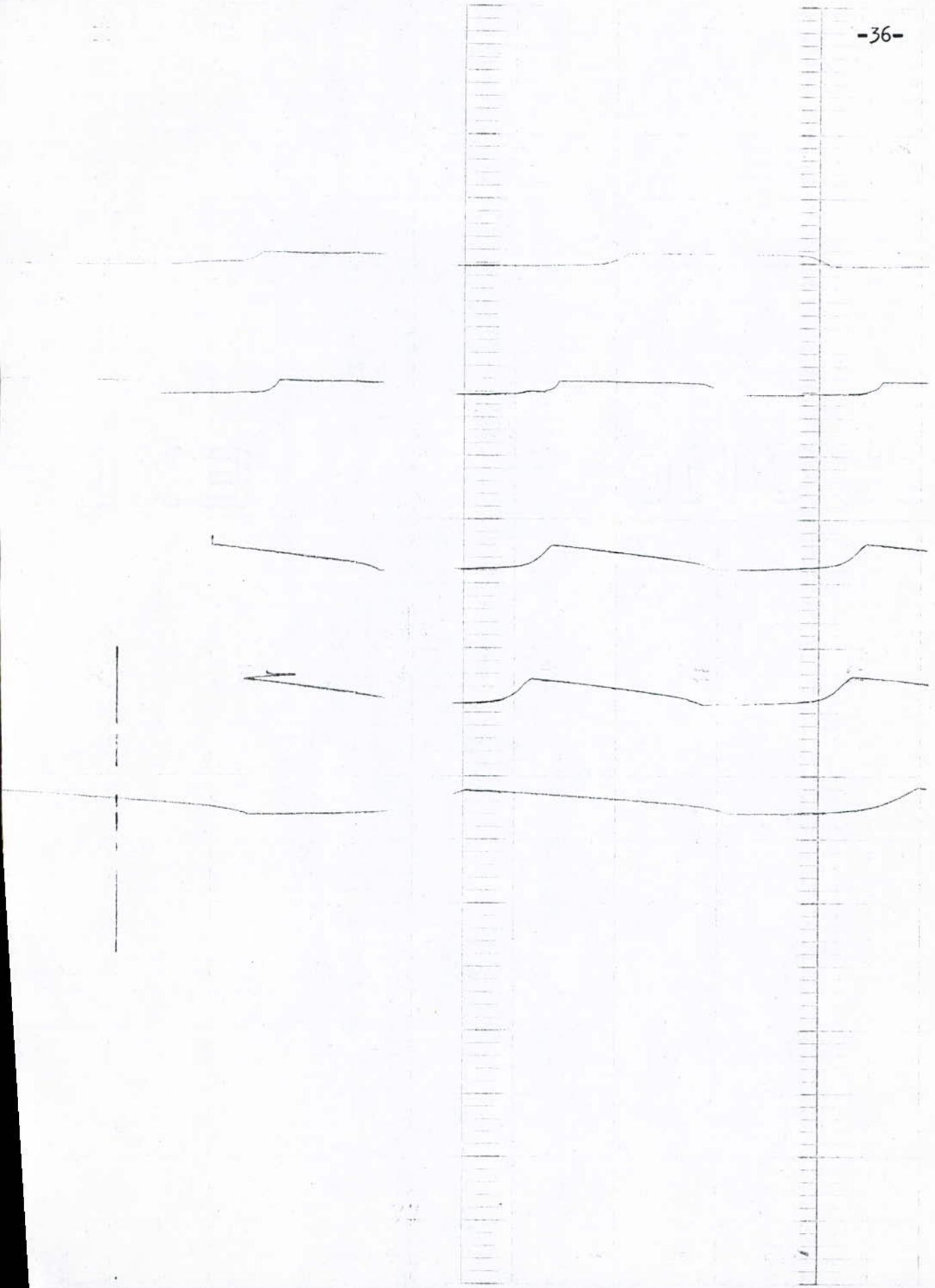
V_{charge} (volt)	2,19	2,20	2,22	2,23	2,25	2,28	2,30	2,37	2,42	2,45	2,50
V_{decharge} (volt)	2,13	2,13	2,14	2,15	2,16	2,18	2,18	2,19	2,22	2,23	2,28
ΔV (volt)	0,05	0,06	0,08	0,09	0,10	0,11	0,18	0,20	0,20	0,22	0,22
$\frac{\Delta V}{\Delta t}$	0,041	0,050	0,067	0,075	0,080	0,090	0,150	0,167	0,167	0,180	0,180

tableau II - 5

V_{decharge} (volt)	2,18	2,16	2,14	2,1	2,08	2,05
V_{charge} (volt)	2,32	2,28	2,25	2,20	2,14	2,09
ΔV (volt)	0,14	0,12	0,11	0,10	0,06	0,04
$\frac{\Delta V}{\Delta t}$	0,12.	0,10	0,09	0,08	0,05	0,033

tableau II-6





PARTIE: III

(TESTEUR DE CAPACITE
DE BATTERIE)

TESTEUR DE CAPACITE DE BATTERIE
=====

1. PRESENTATION DE L'APPAREIL

Cet appareil sert à donner l'état de charge d'une batterie standard de 12 V et ce , à partir d'une courbe d'étalonnage représentant la pente en fonction de la capacité .

A chaque valeur de la pente de décharge extérieure , à courant constant de la batterie , correspond une fraction de la capacité nominale de celle-ci .

Cette courbe a été obtenue au chapitre précédent (fig II-6) , dans cet appareil , nous distinguons les fonctions électroniques suivantes :

- * Comparaison et amplification différentielle.
- * Commutation .
- * Régulation de courant .
- * Affichage .

2. SYNOPTIQUE DE L'APPAREIL ET FONCTIONNEMENT

2.1 Synoptique de l'appareil : Voir figure (III-1)

2.2 Fonctionnement

La batterie est mise en charge , durant une minute environ , à un courant constant représentant un dixième de sa capacité nominale (4,5 Ampères pour une batterie de 45 A.h) .

Les interrupteurs (K_1 , K_2) sont maintenus fermés et (K_3 , K_4) ouverts pendant ce temps . La tension après cette charge , ainsi que sa tension au repos sont mémorisées dans deux capacités différentes .

On ouvre (K_1 , K_2) et ferme (K_3 , K_4) , le multivibrateur passe à l'état instable pendant une seconde , durant laquelle la batterie se décharge à travers une charge réglée à 1,5 A . Pendant ce temps , l'amplificateur différentiel reçoit à ses entrées , la tension de la batterie mémorisée au début de la décharge et sa variation lors de la décharge .

A la sortie de cet étage , on a $K \cdot \Delta V(t)$ qui sera dirigé vers l'affichage suivant le signe de la tension $V_{ref} - V_0$ (V_0 : tension au repos de la batterie ; V_{ref} : tension que l'on fixera aux environs de 12 V) .

Un dispositif est prévu pour décharger les capacités de mémorisation , ceci en vue de procéder à d'autres mesures .

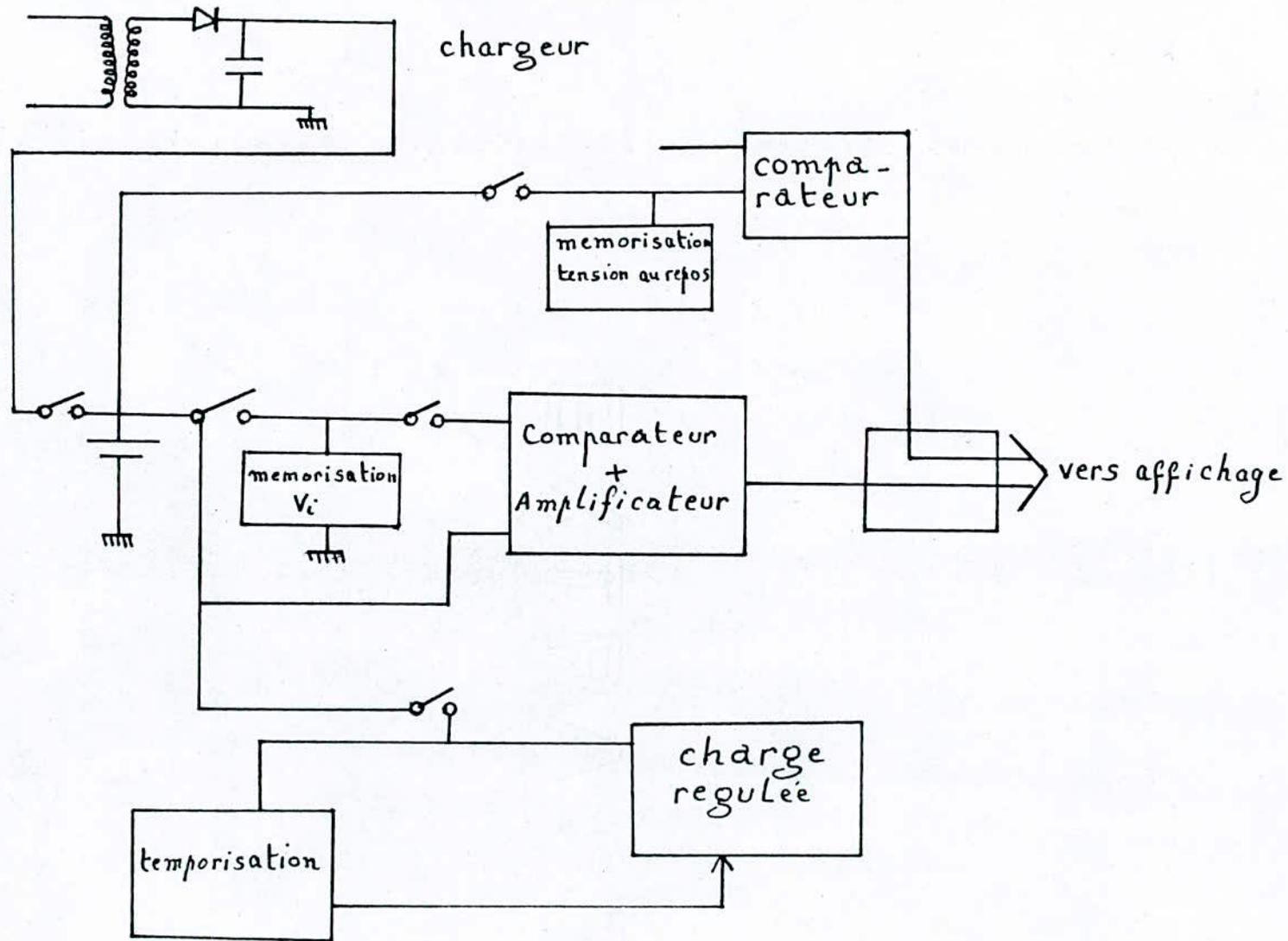


fig III - 1

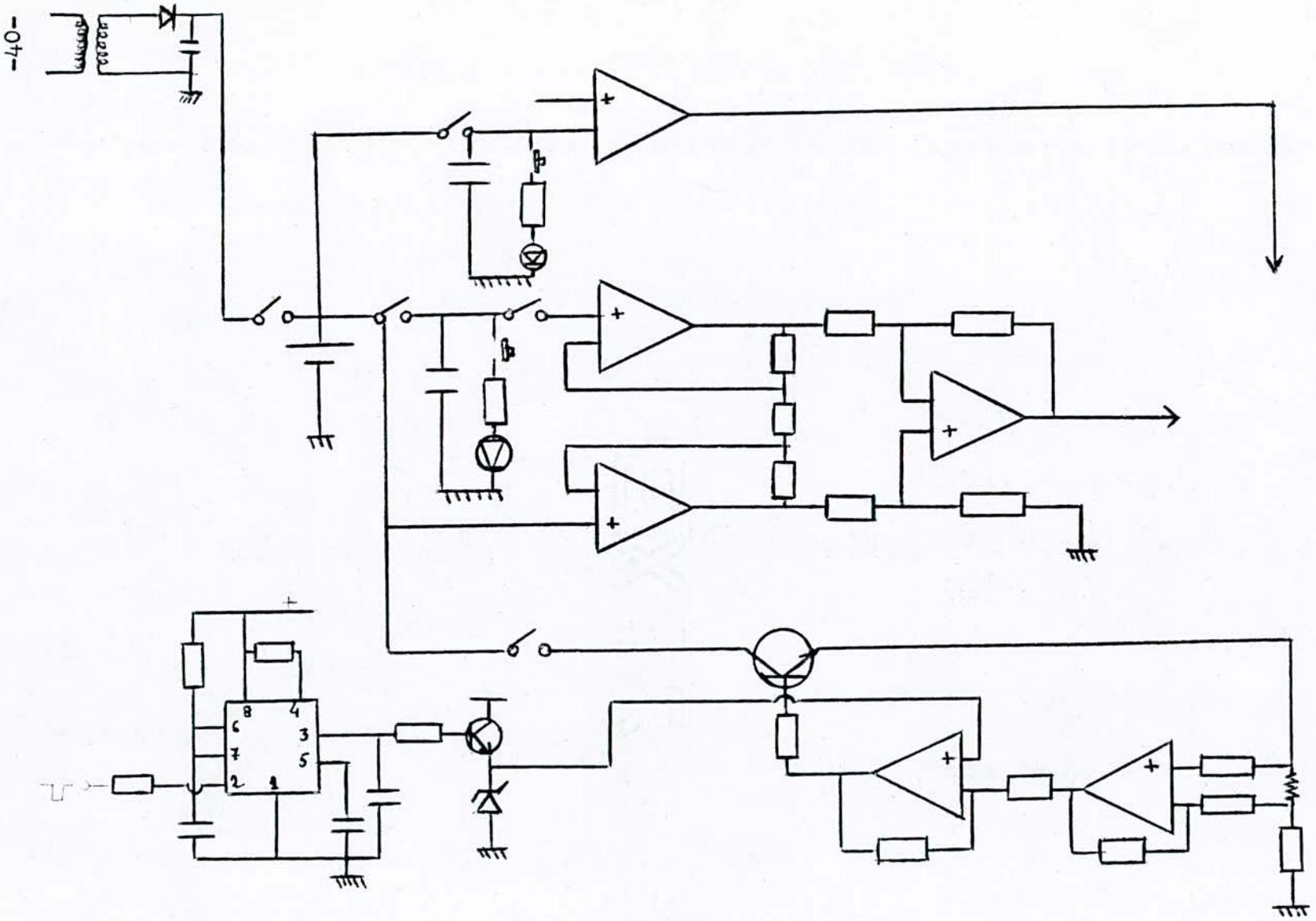


fig III - 2

3. SCHEMA COMPLET DE L'APPAREIL ET CALCULS

Le schéma complet de notre appareil est établi à la figure (III-2) , nous nous proposons de décrire , dans ce qui suit , les étages le composant ainsi que les calculs y inhérents .

3.1 Etage amplificateur différentiel:fig.(III-3)

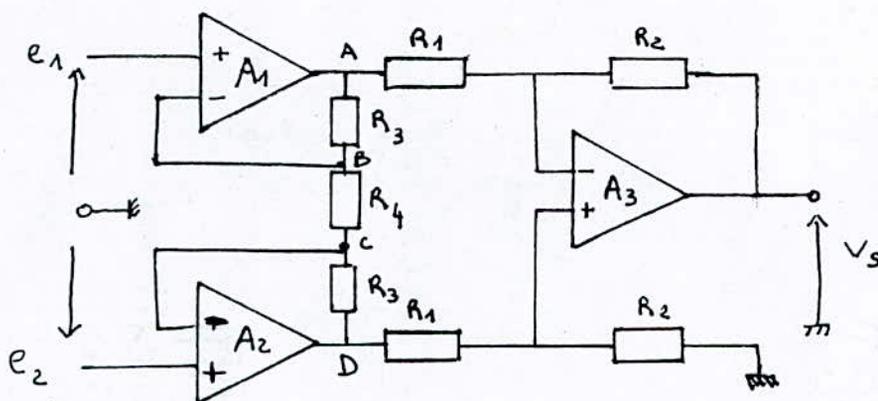


fig III -3

La différence $(e_1(t) - e_2(t))$ est de l'ordre du millivolt . Le gain de cet étage devra donc être assez élevé . Si le test est fait pour un élément , sera moins élevé que pour une batterie de 3 éléments ou 6 ; on agit sur le gain pour avoir $K \cdot \Delta V(t)$ toujours compris dans une même plage de valeurs .

Il doit aussi avoir une haute impédance d'entrée , de façon à avoir une bonne adaptation en tension . On pourrait utiliser un étage différentiel à deux transistors F.E.T , mais ces derniers ne seront pas rigoureusement identiques , entraînant une dérive de tension à l'entrée de l'étage .

Il est donc préférable , plus facile et moins coûteux d'utiliser des circuits intégrés .

Calculs

Les tensions aux points B et C sont respectivement e_1 et e_2 , le courant I , passant par la branche AD est donc :

$$I = \frac{e_2 - e_1}{R_4}$$

I est très grand devant les courants entrants dans A_1 et A_2 , d'où :

$$\begin{aligned} V_D - V_A &= I (R_3 + R_3 + R_4) = I (2R_3 + R_4) \\ &= (2R_3 + R_4) \frac{e_2 - e_1}{R_4} \end{aligned}$$

Cette tension est amplifiée par A_3 avec le gain R_2/R_1 , on obtient alors à la sortie :

$$V_S = \left(1 + \frac{2R_3}{4}\right) \frac{R_2}{R_1} (e_2 - e_1)$$

Comme $(e_1(t) - e_2(t))$ est comprise en général entre 50 et 180 mV pour un élément , on peut fixer le gain de ce montage suivant le nombre d'éléments de la batterie à tester , afin que la tension de sortie de cet étage soit toujours comprise entre les mêmes valeurs .

$$V_S(t) = \underbrace{\left(1 + \frac{2R_3}{4}\right) \frac{R_2}{R_1}}_G (e_2 - e_1(t))$$

$$V_S = G [e_2 - e_1(t)] \simeq 100 [e_2 - e_1(t)]$$

G est de l'ordre de 100 pour un élément , alors V_s est comprise entre 3 et 18 V .

$$G = \left(1 + \frac{2R_3}{R_4}\right) \frac{R_2}{R_1} = G_1 \cdot G_2$$

avec $G_1 = 1 + \frac{2R_3}{R_4}$

$$G_2 = \frac{R_2}{R_1}$$

On laisse G_1 fixe quelque soit la batterie considérée , on agit sur G_2 seulement .

$$G_1 = 10 \quad \text{====} \quad \left(1 + 2 \cdot \frac{R_3}{R_4}\right) = 10$$

d'où :

$$2 \cdot \frac{R_3}{R_4} = 9$$

ce qui donne :

$$R_3 = 4,5 \cdot R_4$$

Valeur normalisées :

$$R_3 = 47 \text{ k} ; R_4 = 10 \text{ k}$$

G_2 varie en fonction de la batterie à tester .

3.2 Comparateur (fig III-4)

La comparaison dont nous avons besoin ici concerne deux signaux analogiques . On utilise un Amplificateur Opérationnel . Sur une entrée , on applique une tension de référence avec laquelle on compare la tension au repos de la batterie (fig III-4) . On pourrait prévoir une tension de référence variable avec la température , mais ne serait pas d'une grande utilité du moment que la tension de la batterie au repos ne varie que de $0,2 \text{ mV}/^\circ\text{C}$.

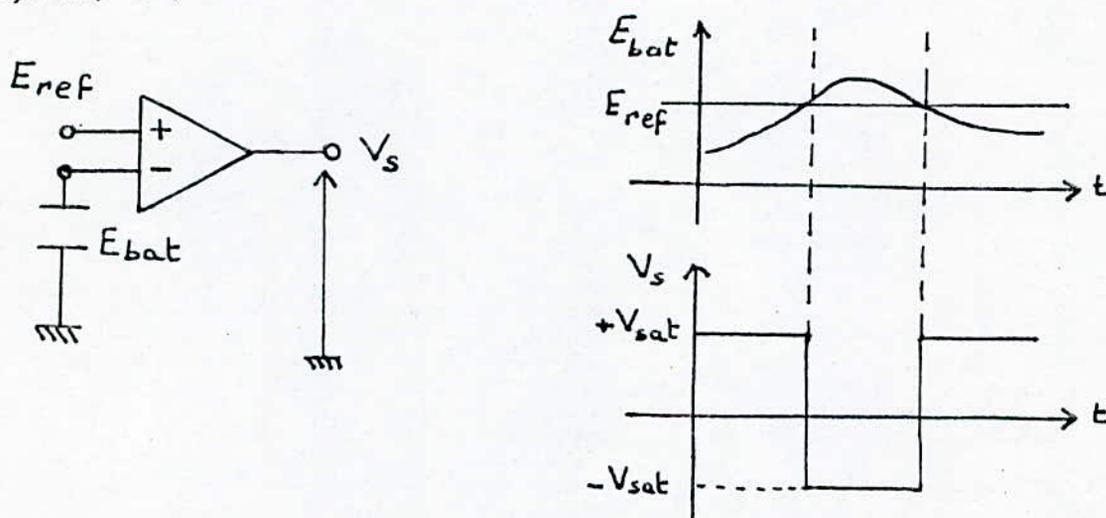


fig III-4

On utilise le circuit intégré LM 3900 qui comporte 4 Amplificateurs Opérationnels où 3 seront utilisés pour l'amplificateur différentiel décrit cidessus et le 4^o étant notre comparateur .

3.3 Mémorisation des signaux

Dans notre cas , on utilise ce testeur sur des batteries de 6 éléments . Comme la tension aux bornes de ces batteries peut atteindre les 14,5 Volt , nous avons choisi des capacités de mémorisation de 16 V , 1000 uF;

Il est prévu un dispositif de décharge pour chaque capacité , à savoir une résistance , L.E.D et un interrupteur .

3.4 Multivibrateur (fig III-5)

Nous utilisons ici , un multivibrateur à base du circuit intégré NE 555 .

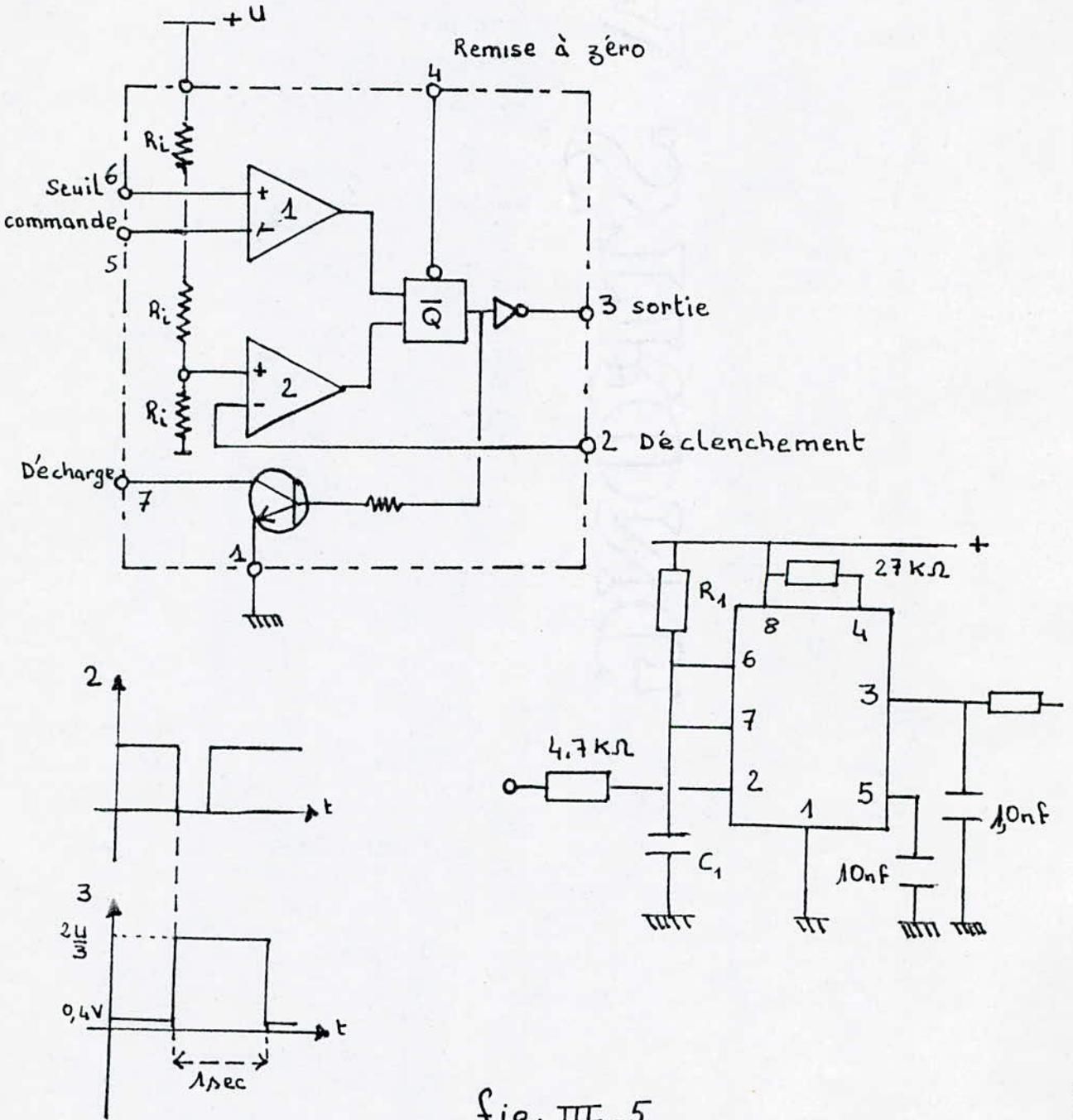


fig. III-5

La durée de l'impulsion du monostable est déterminée par les valeurs de la résistance R_1 et du condensateur C_1 branchés en série entre + U et la masse .

$$t = 1,1.R_1.C_1$$

Cette impulsion est disponible sur la résistance de charge connectée à la sortie 3 ; les sorties 6 et 7 sont reliées ensemble ; la sortie 4 de remise à 0 est active lorsqu'elle est portée à un potentiel négatif , elle est reliée à +U .

A la mise sous tension , la bascule est à l'état repos ($Q = 0$ et $\bar{Q} = 1$) . La base du transistor NPN étant polarisée par une tension positive ($\bar{Q} = 1$) , il est donc saturé , sa résistance de sortie étant faible , il court-circuite le condensateur C_1 . La sortie 3 est donc à l'état bas .

Dés que l'on applique une tension négative sur la broche 2 , la sortie du comparateur 2 est positive et met la bascule RS à l'état travail ($\bar{Q} = 0$) . Le transistor est bloqué , et la sortie 3 est à l'état haut (+ U) . La tension V_{C_1} augmente de façon exponentielle et atteint $2/3$ de U , le comparateur 1 sort alors une tension positive qui remet la bascule à l'état repos , entraînant la saturation du transistor et la décharge de C_1 . La tension de sortie retombe alors à 0 .

3.4 Etage charge régulée (fig III-6)

Nous avons besoin d'une charge qui prend un courant constant de 1,5 A et ce , même après la baisse de la tension de la batterie .

Comme le test ne dure qu'une seule seconde , la tension de la batterie ne change pas tellement , toutefois une régulation s'avère nécessaire pour une meilleur précision .

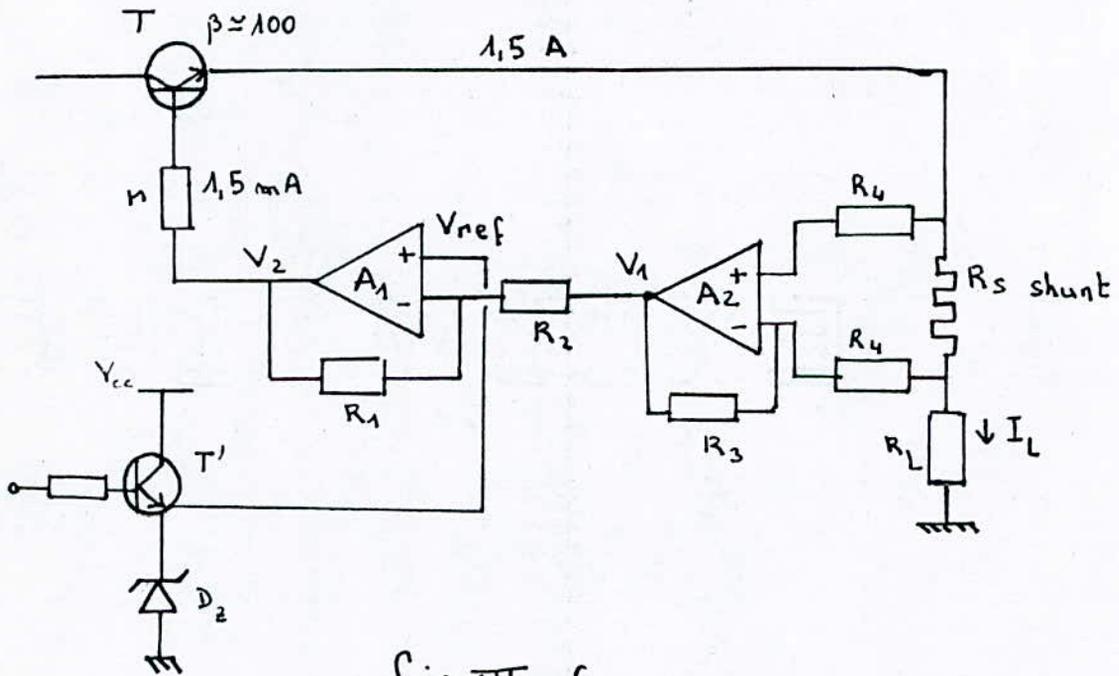
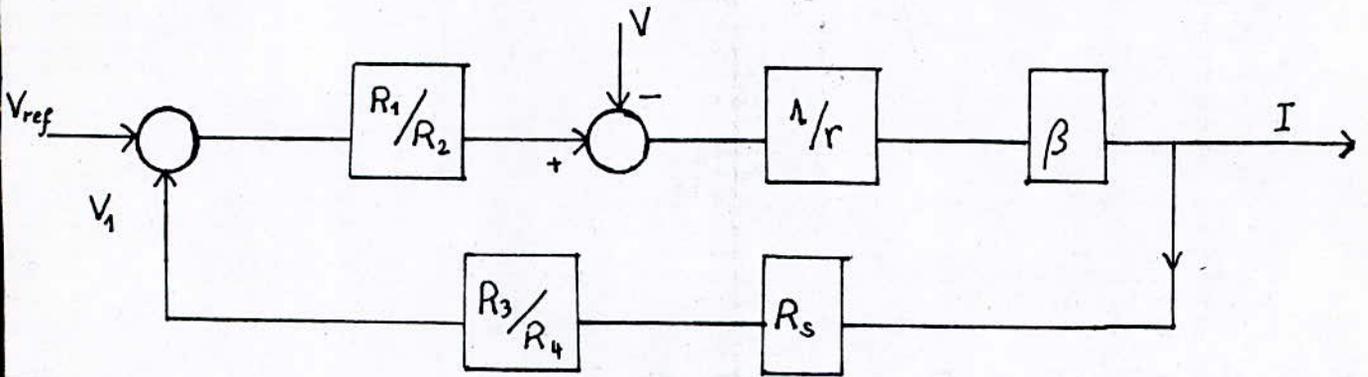


fig III - 6

Ce montage fonctionne de la manière suivante; quand le multivibrateur est à l'état haut (instable 1,1 sec) ,sa tension de sortie est appliquée sur la base de T et la tension zener est appliquée sur l'entrée positive de A_1 , alors V_{ref} existe d'où V_2 existe , le transistor T conduit , quand il passe à l'état bas (état stable) alors $V_{ref}=0$ D'où $V_2=0$ et T bloqué .

L'amplificateur A2 amplifie la tension shunt et A1 la tension d'erreur on règle R3 et R4 pour avoir $I_L = 1,5$ A.



$$V_1 = -\frac{R_3}{R_4} R_s I_L$$

$$\text{or } V_1 = V_{ref} = \left| \frac{R_3 R_s}{R_4} \right| I_L$$

$$\text{alors } I_L = \frac{R_4}{R_s R_3} V_{ref} = \text{constante}$$

4. POSSIBILITES D'UTILISATION ET D'AMELIORATION

Cet appareil est destiné principalement à être utilisé en testeur de batterie , c'est à dire à donner la quantité d'électricité disponible dans une batterie donnée dans des conditions nominales de fonctionnement.

On peut envisager , par introduction d'un chargeur de batterie dans ce montage , en faire un chargeur automatique (la charge est automatiquement arrêtée lorsque la batterie est à pleine charge) .

Un temporisateur , qui sera ajusté en fonction de la capacité de la batterie (donnée par le testeur) , pourra arrêter la décharge de cette dernière dans un circuit d'utilisation de puissance connue .

L'affichage peut être à déviation ou à base de L.E.D selon la précision requise ; après conversion du signal utile , l'affichage peut être digital .

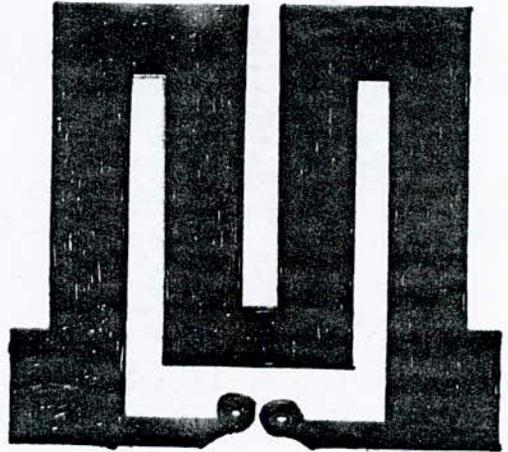
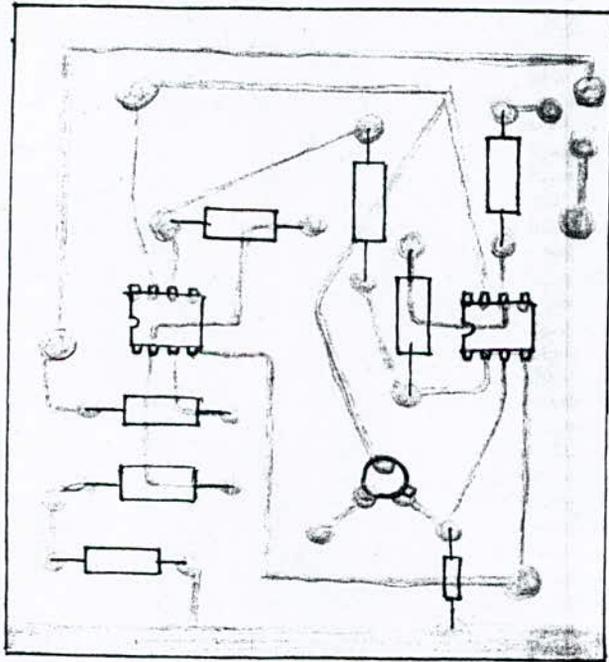
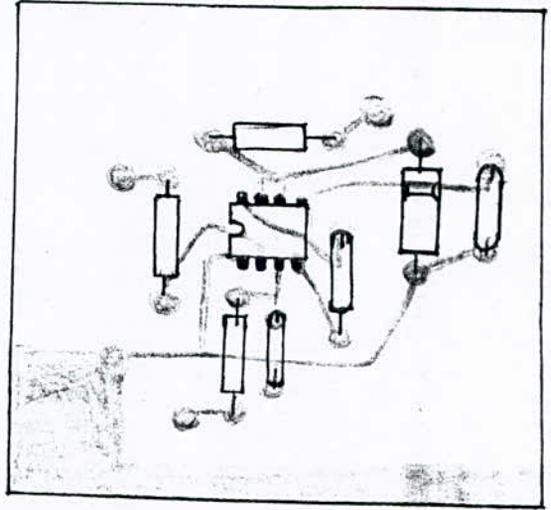
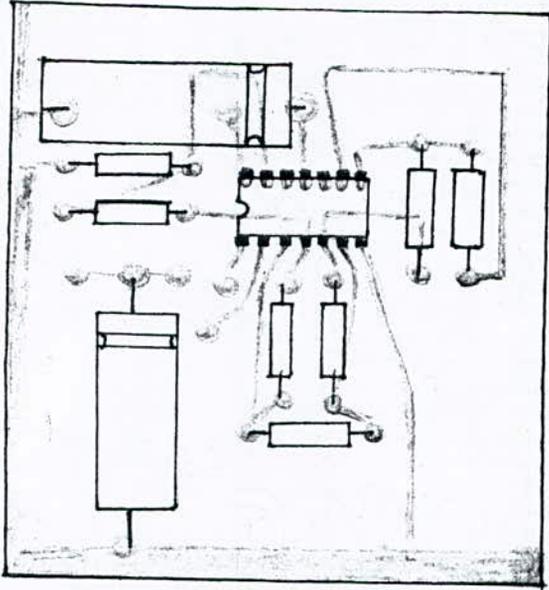


fig III-7

PARTIE : IV

(E T U D E C O M P A R A T I V E)

ETUDE COMPARATIVE

INTRODUCTION

L'étude et la réalisation d'un appareil , nouveau à notre connaissance , ne sauraient être entièrement satisfaisantes sans une étude comparative avec ce qui existe déjà sur le marché .

C'est à cet effet que nous nous proposons , dans cette dernière partie , de décrire les différentes méthodes de test de batterie , autres que la notre , et ce , afin de mener une étude comparative qui cloturera ce chapitre .

Ces méthodes sont :

- Le microcoulombmètre (Breveté Curtiss 926)
- Test électronique de MOTOROLA
- Tension aux bornes
- Densité de l'électrolyte .

1. MICROCOULOMBMETRE

C'est un appareil qui totalise dans un sens ou dans l'autre (charge , décharge) les quantités d'électricité qui passent et donne par suite , l'état de charge de la batterie à chaque instant .

1.1 Principe

Il se trouve directement dans le phénomène de l'électrolyse , lorsque le dispositif comprend 2 électrodes du même métal en présence d'un électrolyte composé de la solution d'un sel de ce même métal dans l'eau .

Les variations de poids de l'anode (ou de la cathode) constituent un renseignement exact sur la quantité d'électricité qui est passée dans

le sens indiqué . Si le poids des électrodes sont ceux de départ , cela veut dire qu'il est passé autant d'électricité dans un sens que dans l'autre . La mesure de cette quantité d'électricité se fait en Coulomb ou en A.h . Cependant , la variation de poids est imprécise et on ne peut réaliser un affichage permanent qui exprimerait la quantité d'électricité en fonction du poids .

Le microcoulombmètre traduit les variations de poids en variations de surface , de capacité , d'intensité avant que cela soit par l'indication de l'afficheur dans un appareil de mesure .

1.2 Présentation et fonctionnement fig (IV-1)

C'est un tube capillaire de verre contenant deux colonnes de mercure rempli d'un électrolyte . Deux électrodes avec lesquelles sont en contact les deux colonnes de mercure font fonction d'anode et de cathode alternativement suivant le sens du courant correspondant à la charge et à la décharge . L'extérieur du tube capillaire est recouvert d'une gaine métallique . Le passage du courant fait passer le mercure d'une électrode à l'autre sans que la composition de l'électrolyte ne soit changée .

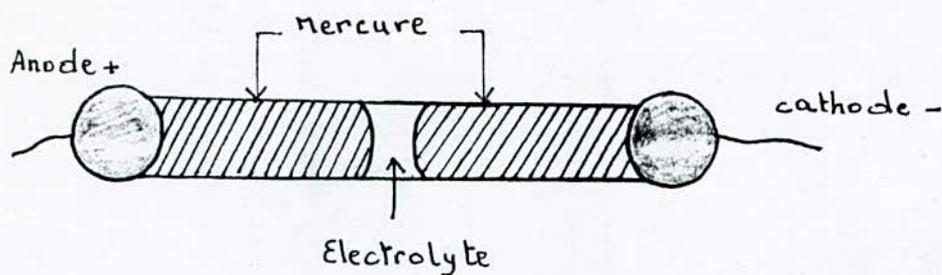
Par le poids de mercure déplacé , le système fait l'intégration par rapport au temps des quantités d'électricité qui passent . La capacité du condensateur formé par la gaine métallique , le tube de verre , et chaque colonne de mercure varie avec la position de l'électrolyte , sa variation donne donc la quantité d'électricité passée donc sa mesure .

1.3 Montage de principe fig (IV-2)

Le microcoulombmètre ne peut être placé dans le circuit principal , mais en dérivation , compte tenu du fait qu'il soit conçu pour les faibles intensités . Un shunt est donc placé à cet effet dans le circuit principal . De la fraction du courant qui passe dans le microcoulombmètre permet à ce dernier d'effectuer la mesure .

Pour mesurer la capacité formée lors du passage du courant par la gaine de le mercure , on a recours à un courant alternatif émis par un oscillateur pilote lui même branché dans le circuit principal par l'inter-

- coupe longitudinale -



Nouvement de l'electrolyte →
" " ←

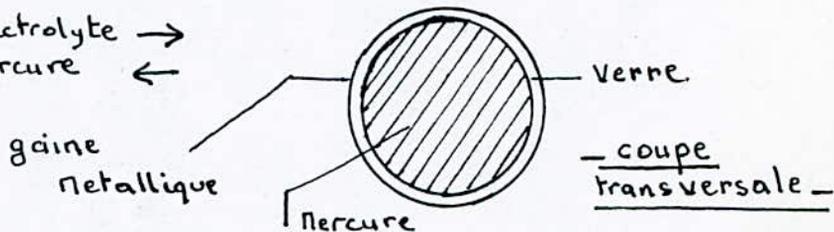
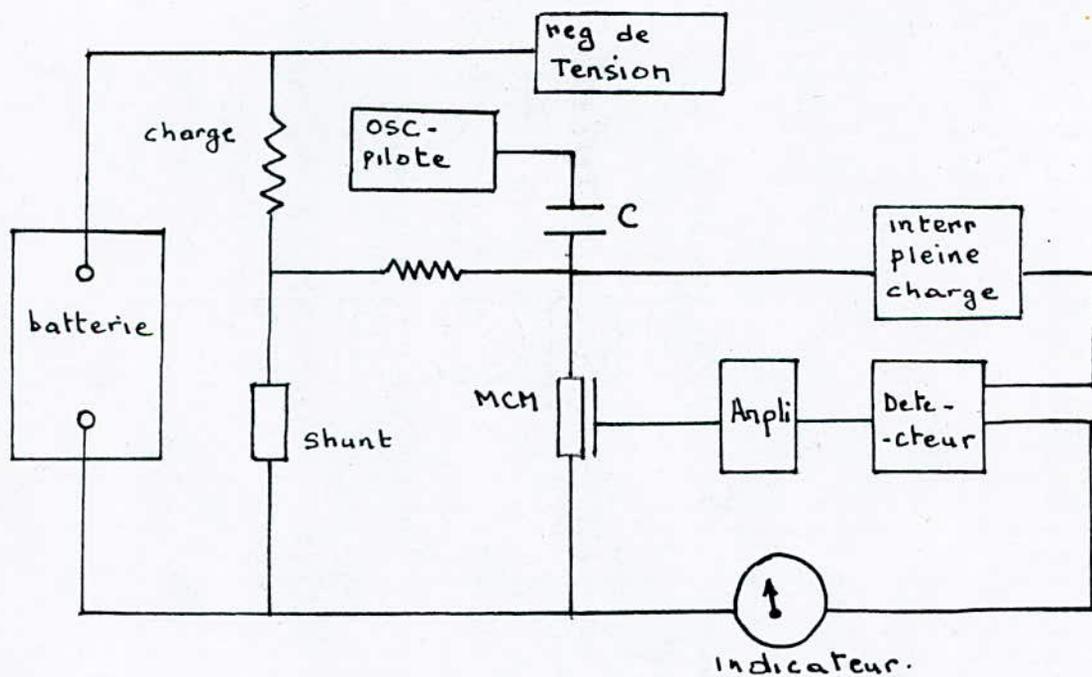


fig IV-1



- Montage de Principe -

fig IV-2

médiaire d'un régulateur de tension . Le courant alternatif traversant ce condensateur et dont la valeur dépendra de C , est détecté puis amplifié en vue d'actionner l'appareil de mesure . L'interrupteur de pleine charge limite le comtage à 100 % de la capacité de la batterie à tester pendant un cycle de recharge .

2. TEST ELECTRONIQUE MOTOROLA

Cette méthode est basée sur une série de trois tests sur lesquels l'utilisateur fera son jugement sur l'état de sa batterie .

- 1 . Test de la puissance maximale instantannée disponible .
- 2 . Test de l'état de la batterie .
- 3 . Test de la tension .

2.1 Premier test

Il est à lire sur l'échelle supérieure de l'appareil en kW ; la mesure , ici sans débit , est basée sur le principe (mathématique) suivant: Un générateur de f.e.m E et de résistance interne r_1 données fournit à un circuit extérieur le maximum de puissance possible quand la résistance extérieure de ce circuit est égale à r_1 , cette puissance est:

$$P = k \frac{E^2}{r_1}$$

P : Puissance ; E : f.e.m ; r_1 : résistance interne
 k : Coefficient .

Notons que dans ce test , on ne s'intéresse autres paramètre ni aux dimensions ou à la nature de la batterie .

2.2 Second test

Dans ce test on compare le test précédent à celui effectué sur une batterie type , dont celle qui a été testée n'est qu'un exemplaire ou

à défaut avec l'hypothèse sur la puissance à demander à la batterie . Ce test nous permet de savoir si la puissance disponible dans la batterie est suffisante dans l'immédiat et aussi si son état lui donne par rapport à la norme une fiabilité convenable .

Pour ce test on fait intervenir deux facteurs : la caractéristique de la batterie type ou la performance nécessaire et la température réelle dont on connaît l'influence sur la capacité . Ce qui est lu sur l'appareil pour ce test n'est pas une grandeur exprimée avec une unité mais on constate la position d'une aiguille dans un secteur coloré "BON-MAUVAIS"

2.3 Troisième test

On mesure la tension à circuit fermé à de faibles intensités , on lit la tension sur une échelle dilatée et graduée de 11 à 12,4 V pour une batterie de six éléments .

Présentation de l'appareil :

Présentation externe :

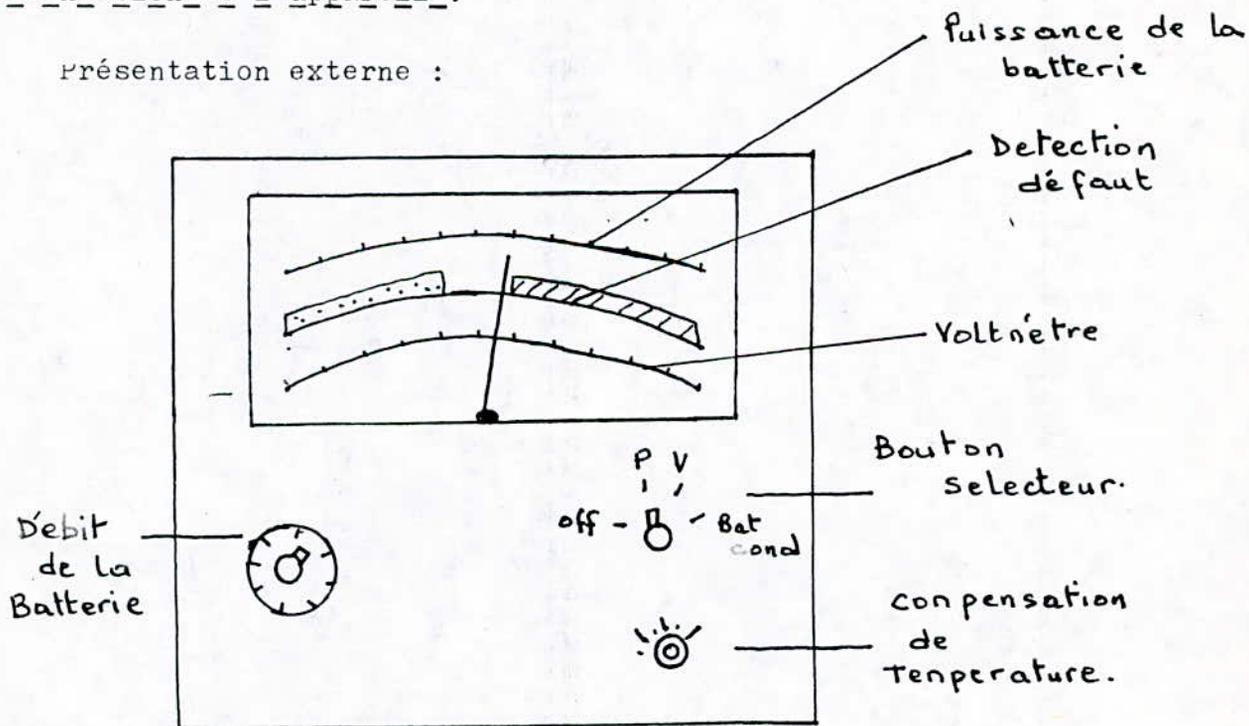
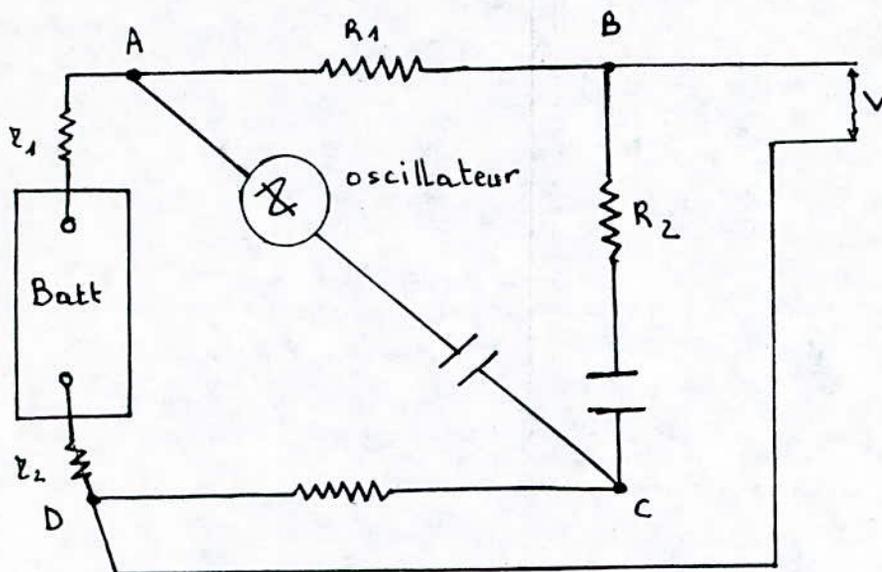
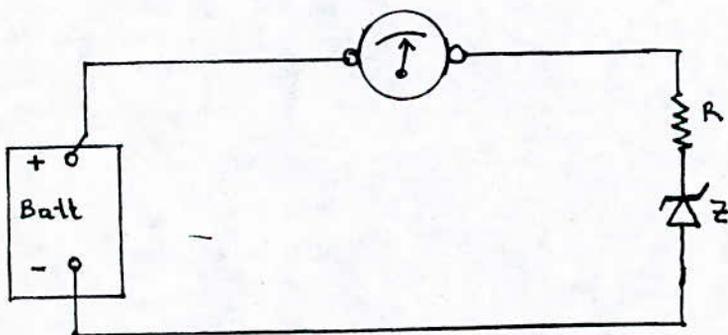


Schéma interne :



Pour la mesure de r et P .



mesure de la tension

Ainsi on a testé la batterie , du point de vue possibilité dans l'immédiat par un jugement de qualité par rapport à une batterie type et à l'ambi-
ance , appréciation de l'état de charge de la batterie même .

A. M.	<ul style="list-style-type: none">- Facilité d'utilisation- Prix modique	<ul style="list-style-type: none">- Ne donnent qu'une idée très approximative sur l'état de charge .- Dépend beaucoup des conditions d'entretien de la batterie .
M.P.	<ul style="list-style-type: none">- Donne l'état de charge de la batterie avec une bonne estimation .- Ne nécessite d'être branché dans le circuit que durant le temps du test (une minute)- Peut être adaptée sur n'importe quel type de batterie au plomb .- Possibilité d'incorporation à d'autres appareils pour d'autres fonctions .	<ul style="list-style-type: none">- La mesure se base sur un signal analogique de faible valeur .- La mesure nécessite un chargeur annexe (s'il n'est pas incorporé).

Mcm : Microcoulombmètre
T E M : Test Electronique de MOTOROLA
A.M. : Autres méthodes
M.P. : Méthode proposée

3. AUTRES METHODES

Ces méthodes pour la majorité sont basées soit sur la mesure de la tension aux bornes de la batterie (à circuit ouvert ou fermé) ou bien par la mesure de la densité de l'électrolyte .

Les seuls renseignements que peuvent apporter ces méthodes sont une approximation (bonne , moyenne , mauvaise chargé de la batterie) , à condition de tenir compte des conditions d'utilisation de ces testeurs (exemple : 20°C sont requis pour l'utilisation du pèse-acide) fixées par le constructeur .

Ces tests dépendent par ailleurs des conditions d'entretien de la batterie (ex.: si on a ajouté de l'eau distillée ou de l'acide à l'électrolyte) .

4. TABLEAU COMPARATIF

Méthode	A v a n t a g e s	I n c o n v é n i e n t s .
Mcm	Donne à chaque instant l'état de charge exacte de la batterie .	-doit être constamment branché dans le circuit d'utilisation -Il faut faire un test d'étalonnage pour chaque type de batterie .
T E M	- Peut être utilisé pour n'importe quel type de batterie . - Tient compte de plusieurs paramètres en même temps - N'est pas constamment branché dans le circuit d'utilisation .	- Ne donne qu'une estimation de la capacité de la batterie. - Imprécision sur la compensation en température . - L'utilisateur doit conclure sur les résultats des trois tests .
		.../...

CONCLUSION



CONCLUSION

Cette étude nous a permis de mettre au point une méthode de test pour les accumulateurs au plomb, qui est le but principal de ce projet .

Cette méthode pourrait avoir un impact sérieux à la condition que chaque constructeur donne la caractéristique pente de décharge en fonction de la capacité, cette dernière serait fixée sur la batterie, ou de faire un étalonnage pour les différents types de batteries qui existent sur le marché (suivant les capacités standards connus).

On a proposé enfin un appareil basé sur le principe de cette méthode, aussi simple que possible d'assez bonne précision. Toutefois, ce travail n'est pour autant terminé, d'autres améliorations devront suivre. Nous espérons qu'ainsi une nouvelle porte est ouverte à l'étude des accumulateurs au plomb .

/ B I B L I O G R A P H I E /

- 1.G -Gory.Accumulateurs au plomb et générateurs électrochimiques
Coll.Auto-Volt. / 1 / (1979)
- 2.G .W.Vinal . Les piles électriques. Dunod . /2/ (1950)
- 3.W.A.Koehler.Application de l'électrochimie .Dunod./3/ (1953)
- 4.M.Barak.Eléctrochemical Power Sources.Peter' Peregrinus LTD . /4/(1979)
- 5.R.A.Harvey.Emplol et charge des accumulateurs électriques.
Dunod ./5/ (1943)
- 6.Rēvue RADIO PLANS . N° 434 Janvier (1984) /6/ .
- 7.Revue LE HAUT -PARLEUR .N° 1716 Mai(1985) /7/ .
- 8.J .Mornand . Schémas D 'électronique . /8/ (1979).