Zeitschrift: Archives des sciences physiques et naturelles

Herausgeber: Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève

Band: 4 (1922)

Artikel: Recherches complémentaires sur le potentiel explosif dans l'anhydride carbonique aux pressions élevées

Autor: Guye, C.-E. / Mercier, P.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-741955

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

RECHERCHES COMPLÉMENTAIRES

SUR LE

Potentiel explosif dans l'anhydride carbonique

AUX PRESSIONS ELEVEES

PAR

C.-E. Guye et P. Mercier.

(Avec 3 fig.)

I. — Introduction

La question de savoir dans quelles limites la loi de Paschen est applicable aux gaz comprimés a fait l'objet d'un certain nombre de travaux effectués au Laboratoire de Physique de l'Université de Genève[1].

Le problème était plus complexe qu'il ne paraissait au premier abord et, comme il arrive souvent, il était difficile de l'aborder directement.

Les expériences effectuées par MM. C.-E. Guye et P. Mercier avaient mis en évidence l'importance du rôle joué par la forme, la dimension et l'écartement des électrodes dans le phénomène de la décharge disruptive. Il était plausible d'admettre que les écarts observés entre les résultats obtenus et des valeurs qui auraient vérifié exactement la loi de Paschen pouvaient tenir à deux causes principales : l'inégale répartition des ions et leur diffusion plus ou moins facile entre les électrodes suivant les conditions expérimentales considérées.

Il nous parut alors indispensable d'étudier systématiquement l'influence de la forme, de la grandeur et de l'écartement des

[1] Guye, C.-E. et Guye, H. *Arch. 1905*, juillet et août.
Guye C.-E. et Stancescu, C. *Arch. 1917*, février.
Guye, C.-E. et Mercier, P. *Arch. 1920*, janvier, février, mars, avril.
Hammershaimb, G. et Mercier, P. *Arch. 1921*, juillet, août, septembre, octobre.

électrodes sur le potentiel disruptif. Ce fut le but du travail exécuté par MM. G. Hammershaimb et P. Mercier[1]. Ces expériences effectuées dans l'azote en utilisant douze paires d'électrodes différentes et en faisant varier la pression et le potentiel dans de très larges limites, sont venu confirmer les hypothèses faites précédemment en leur donnant une base expérimentale plus étendue.

En résumé les divergences observées d'avec la loi de Paschen peuvent s'expliquer d'une part par la non uniformité du champ lorsque l'on emploie des électrodes sphériques de petit diamètre et de grandes distances explosives, d'autre part par l'inégale répartition des ions lorsqu'on travaille aux pressions élevées avec des électrodes planes de grand diamètre très rapprochées.

Les résultats qui vérifient le mieux la loi de Paschen ont été obtenus en employant des électrodes hémisphériques de 15 mm de diamètre. Il était intéressant de voir si en utilisant les mêmes électrodes nous obtiendrions un résultat analogue dans l'acide carbonique. Ce gaz est particulièrement intéressant par le fait qu'il s'écarte notablement de la loi de Mariotte. Il serait donc possible de vérifier, comme l'avaient suggéré MM. Guye et Stancescu[2] dans une étude précédente, si la loi de Paschen mise sous sa forme générale $V = f(md)$ est applicable conformément aux considérations théoriques qui sont à la base de la décharge disruptive.

Tel est le but que nous nous sommes proposés au début de ce travail.

II. — Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est le même que celui utilisé par MM. G. Hammershaimb et P. Mercier dans le travail précédent et nous n'y reviendrons pas. Nous devons remarquer cependant que par suite de la chaleur et de l'humidité nous avons dû renoncer à employer la machine électrostatique de Wommelsdorf. Nous l'avons remplacée par une machine de Whimshurst moins puissante, utilisée déjà précédemment.

L'acide carbonique était fourni en bonbonnes de 20 kilos par

[1] Loc. cit.
[2] Loc. cit.

la Carbonique suisse S. A. et présentait une pureté de 99,5 %.

Les manomètres métalliques ont été étalonnés soigneusement au moyen de manomètres à gaz.

Comme source ionisante extérieure nous avons employé séparément les rayons X, une cellule de radium et une lampe Nernst ; nous y reviendrons un peu plus loin.

La température à laquelle les expériences ont été faites est restée voisine de 24,5 et n'a varié que très peu pendant les mesures, c'était celle de la salle.

III. — Expériences préliminaires.

Il y avait un point important à examiner avant de commencer une série d'expériences, c'était d'étudier l'influence de l'altération des électrodes produite par la décharge sur la valeur du potentiel disruptif.

On sait que, toutes conditions égales d'ailleurs, des électrodes usagées donnent des potentiels disruptifs plus élevés que des électrodes neuves. Lorsqu'on utilise des électrodes planes parallèles, cet effet se traduit par le fait que la décharge ne passe jamais deux fois par le même point. Dans le cas d'électrodes sphériques la zone où se produit la décharge est naturellement très limitée, il en résulte que l'élévation du potentiel disruptif après une série de décharges est plus importante que dans le cas des électrodes planes.

L'explication de ce phénoméne paraît être la suivante : autour de chaque cratère produit par la décharge on remarque une petite zone qui doit être recouverte par une pellicule isolante extrêmement mince. Cette pellicule isolante entrave l'ionisation du gaz dans la région qu'elle occupe et, par ce fait, l'étincelle suivante se produit en un point différent ou nécessite une élévation du potentiel disruptif si elle se produit au même endroit. Nous avons remarqué qu'il suffit de nettoyer les électrodes usagées avec de l'alcool sans les repolir, pour ramener le potentiel disruptif à une valeur inférieure. Ce ne sont donc pas simplement les rugosités créées par la décharge sur les électrodes qui élèvent le potentiel disruptif, mais vraisemblablement un dépôt isolant ou une oxydation superficiels.

Nous avons constaté que les écarts observés entre les résultats obtenus avec des électrodes neuves ou usagées sont considérablement diminués lorsqu'on utilise une source ionisante extérieure ; en outre les résultats sont beaucoup plus réguliers. Il y a donc un intérêt évident dans l'étude de la décharge disruptive, à utiliser une source ionisante accessoire et à se rendre aussi indépendant que possible des irrégularités qui sont dues à l'état de la surface des électrodes.

Le tableau suivant permettra de se rendre compte de l'élévation du potentiel disruptif causée par l'altération progressive des électrodes. Ces expériences (table 1) ont été faites dans l'acide

TABLE 1.

Potentiels explosifs pour $\begin{cases} p = 5{,}5 \text{ atm.} \\ d = 3 \text{ mm} \\ \theta = 24°{,}5 \end{cases}$ entre électrodes hémisphériques de 15 mm de diamètre.				
Numéro de l'étincelle	S	N	R	X
1 — 7	40500			
8 — 12			39150	
13 — 16		40150		
17 — 20				38250
25 — 27				38300
28 — 29	41100			
57 — 61			40500	
62 — 64		40900		
65 — 69				39400
70 — 76	44000			

carbonique à pression, température et distance explosive constantes, entre électrodes hémisphériques en cuivre de 15 mm de diamètre. La première colonne donne le numéro d'ordre des étincelles, les suivantes indiquent le potentiel explosif en volts mesuré sous lettre S en l'absence de toute source ionisante extérieure, sous lettre N en faisant usage d'une lampe Nernst, sous

lettre R en employant une cellule de radium et sous lettre X en utilisant une ampoule à rayons X.

On voit que en présence de sources ionisantes le potentiel explosif subit un accroissement beaucoup moins considérable au fur et à mesure de l'altération des électrodes qu'en leur absence complète. Nous avons constaté en outre qu'en remplaçant le gaz usagé par du gaz frais dans l'appareil à décharge après le passage d'un certain nombre d'étincelles, on ne modifiait pas la valeur du potentiel disruptif.

IV. — Expériences aux pressions élevées.

Cette étude préliminaire nous a engagés à adopter le mode opératoire suivant pour les expériences aux différentes distances et pressions. Nous avons fait six séries de mesures correspondant aux distances 0,5 1, 2, 3, 4, 5 mm et avant chaque série nous avons repoli les électrodes.

Comme source ionisante extérieure nous avons employé la lampe Nernst, la cellule de radium et l'ampoule à rayons X que nous avons mentionnées précédemment. Pour chaque pression et distance considérées nous avons noté les valeurs du potentiel explosif obtenues en faisant agir chaque source séparément. Chacune des sources était placée à une distance invariable de la fenêtre de quartz située dans l'appareil à décharge en regard des électrodes. Les rayons X que nous avons employés étaient de faible dureté, leur action était complètement supprimée en interposant sur leur trajet une plaque de zinc de 2 mm d'épaisseur.

Dans le cas de la cellule de radium l'ionisation était due presque exclusivement aux rayons γ. Nous avons constaté qu'en plaçant la cellule à une distance constante de la fenêtre de quartz, il fallait interposer sur le trajet des rayons un écran de plomb de plusieurs millimètres pour diminuer leur action ionisante de façon appréciable. Par contre il est évident qu'en éloignant la préparation on diminue son action suivant la loi du carré de la distance. Nous avons toujours opéré sans écran et à distance constante.

Les résultats des expériences sont donnés dans la table 2. La première colonne de chaque tableau indique la pression en atmosphères, la seconde les produits pd, la troisième la densité

TABLE 2.

Potentiel explosif en volts dans CO_2 . $\Theta = 24,5°$
Electrodes hémisphériques de 15 mm de diamètre
d = distance explosive en mm .

$d = 0,5$ mm

p atm	pd	δ	δd	V_N	V_R	V_X
3,61	1,80	3,4	1,7	5700	5700	5700
5,50	2,75	5,25	2,62	8500	8500	8500
10,16	5,08	9,8	4,9	14500	13950	13950
15,10	7,55	15,1	7,55	19900	19500	19200
20,10	10,05	20,6	10,3	25250	24950	24250
25,0	12,5	26,6	13,3	30200	29800	29900
30,1	15,05	33,2	16,6	33650	33400	33200
34,8	17,4	40,1	20,05	38200	38800	37650
39,8	19,9	48,0	24,0	43350	42100	42800
44,75	22,37	57,0	28,5	49150	47600	49600
51,15	25,57	—	—	56400	54900	55800

$d = 1$ mm

p atm	pd	δ	δd	V_N	V_R	V_X
2,29	2,29	2,15	2,15	7700	7100	7100
5,50	5,50	5,25	5,25	15750	14900	14900
10,16	10,16	9,8	9,8	26850	26300	25700
15,10	15,10	15,1	15,1	37550	37000	36100
20,10	20,10	20,6	20,6	46530	45900	46400
25,0	25,0	26,6	26,6	—	—	57000

$d = 2$ mm

p atm	pd	δ	δd	V_N	V_R	V_X
1,00	2,00	0,92	1,84	7500	7500	7100
2,29	4,58	2,15	4,3	13650	13200	12900
3,61	7,22	3,4	6,8	19300	18650	18500
5,50	11,00	5,25	10,5	27500	27000	26300
7,75	15,50	7,5	15,0	37050	36200	36000
10,16	20,32	9,8	19,6	47700	46500	46350
12,15	24,30	11,9	23,8	56500	55200	54900

du gaz (la densité à 0° et 1 atm étant prise pour unité) la quatrième les produits δd et les trois dernières les potentiels explosifs mesurés en employant respectivement comme source ionisante, la lampe Nernst, la cellule de radium et les rayons X.

$d = 3$ mm

p atm	pd	δ	δd	V_N	V_R	V_X
1,00	3,00	0,92	2,76	10300	9800	10000
2,29	6,87	2,15	6,45	19200	18750	18400
3,61	10,83	3,4	10,2	27900	26800	26400
5,50	16,50	5,25	15,75	40050	39050	38300
6,40	19,20	6,15	18,45	45700	45100	44350
8,22	24,66	7,9	23,7	57000	55800	55200

$d = 4$ mm

p atm	pd	δ	δd	V_N	V_R	V_X
1,00	4,00	0,92	3,7	12500	12500	12500
2,29	9,16	2,15	8,6	24200	23900	23700
3,61	14,44	3,4	13,6	35500	34900	34550
4,53	18,12	4,3	17,2	43200	42100	41900
5,50	22,00	5,25	21,0	51350	50600	50150
6,40	25,60	6,15	24,6	60000	59050	58425

$d = 5$ mm

p atm	pd	δ	δd	V_N	V_R	V_X
1,00	5,00	0,92	4,6	14500	14500	14500
2,29	11,45	2,15	10,75	29200	28250	28350
3,61	18,05	3,4	17,0	42400	41900	40900
4,53	22,65	4,3	21,5	52000	50700	50450
5,5	27,50	5,25	26,25	63200	61600	61900

Les courbes de la figure 1 représentent la variation du potentiel explosif en fonction de la pression p exprimée en atmosphères pour les différentes distances considérées. Pour ne pas compliquer le dessin, nous avons simplement porté les valeurs de Vx qui se rapportent au cas où l'ionisation accessoire est

produite par les rayons X. Ce mode d'ionisation ainsi que l'emploi du radium donnent des résultats très réguliers.

La première remarque qui s'impose est l'allure nettement rectiligne de la fonction $V = f(p)$ pour les distances explosives

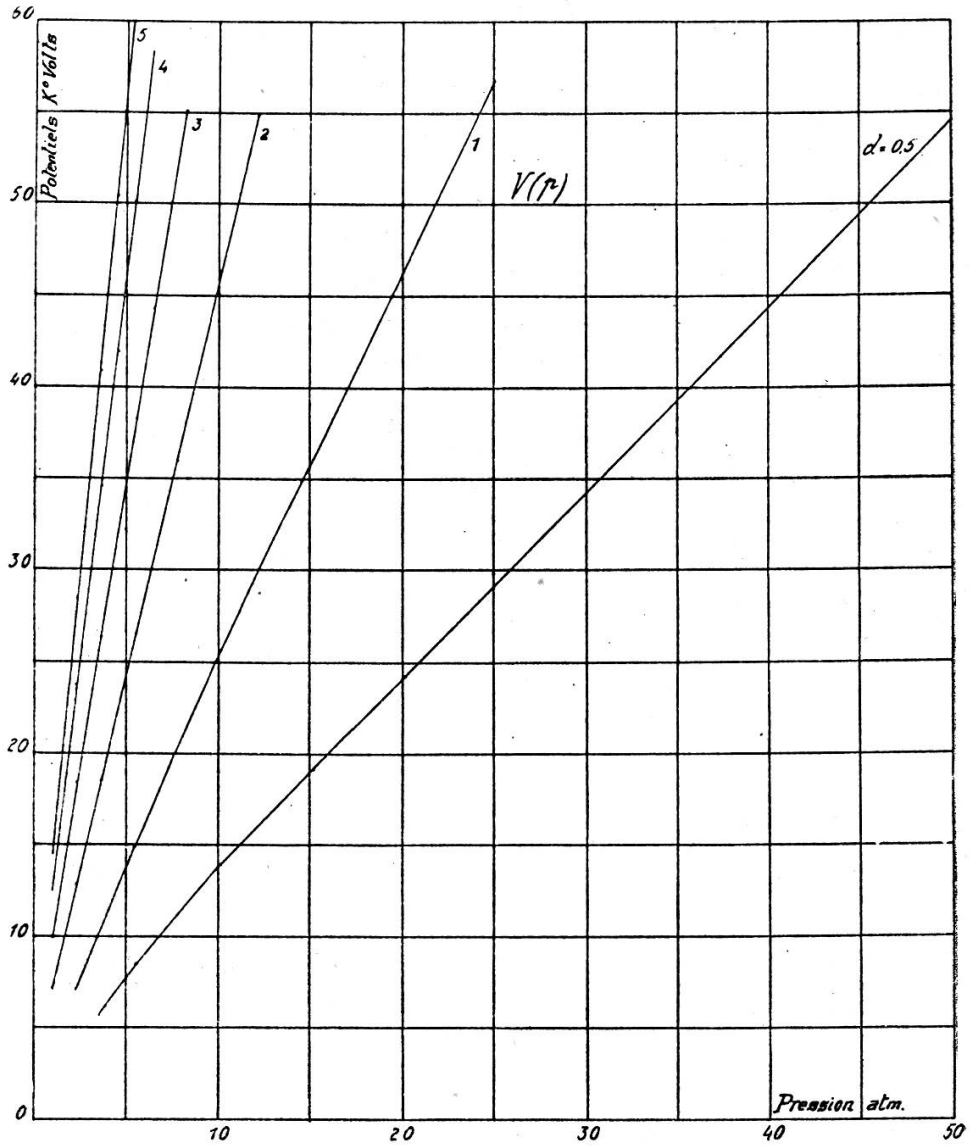

Fig. 1.

5, 4, 3 et 2 mm. La pression maximum dans le cas de cette dernière était de 12 atmosphères. Nous avons déjà fait une remarque analogue dans une étude précédente[1] effectuée avec de grandes électrodes planes. Les courbes qui se rapportent aux distances $d = 1$ mm $d = 0{,}5$ mm sont légèrement incurvées mais d'une façon peu marquée.

[1] Loc. cit.

Il nous reste à voir si les valeurs obtenues vérifient la loi de Paschen mise sous la forme $V = f(pd)$ ou la forme[1] $V = f(\delta d)$. Nous rappelons ici qu'à chaque valeur de la pression et pour la température de 24,5° qui était celle des expériences, correspond

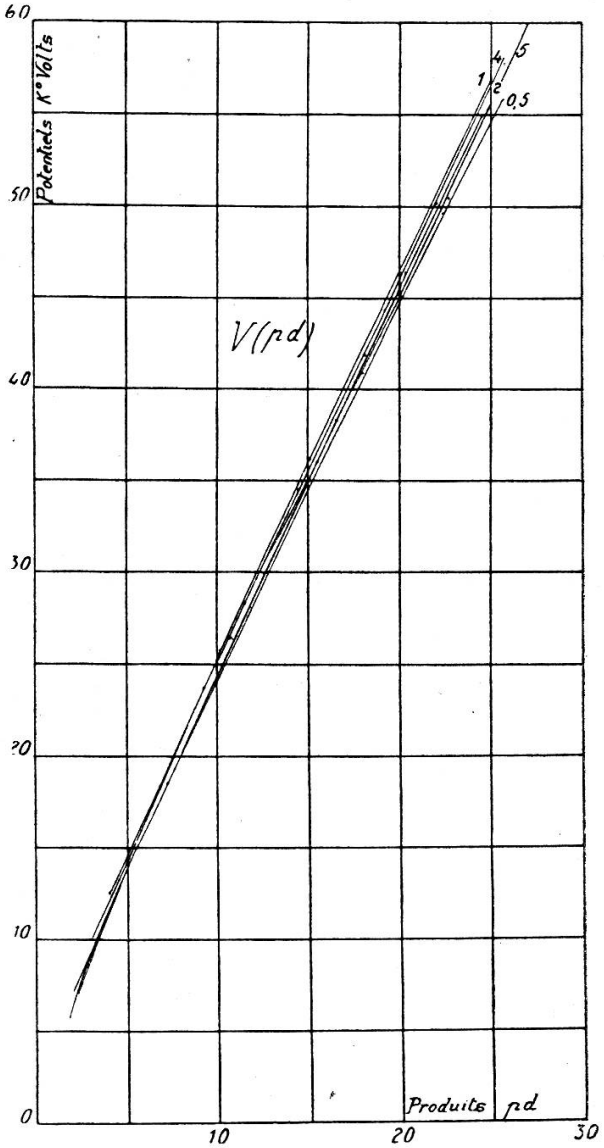

Fig. 2.

une valeur de la densité δ du gaz que nous avons exprimée en prenant pour unité la densité de l'acide carbonique à 0° et à la pression de 760 mm de mercure. Les valeurs de δ qui sont indiquées dans la table 3 ont été déduites par interpolation et

[1] La forme $V = f(\delta d)$ est équivalente à la forme $V = f(md)$ où m représente la densité absolue du gaz. Le facteur δ est proportionnel à m.

calcul des courbes d'Amagat figurant dans le Recueil de Constantes de la Société française de Physique.

La figure 2 nous montre que la loi de Paschen sous sa forme habituelle $V = f(pd)$ est assez bien vérifiée par nos expé-

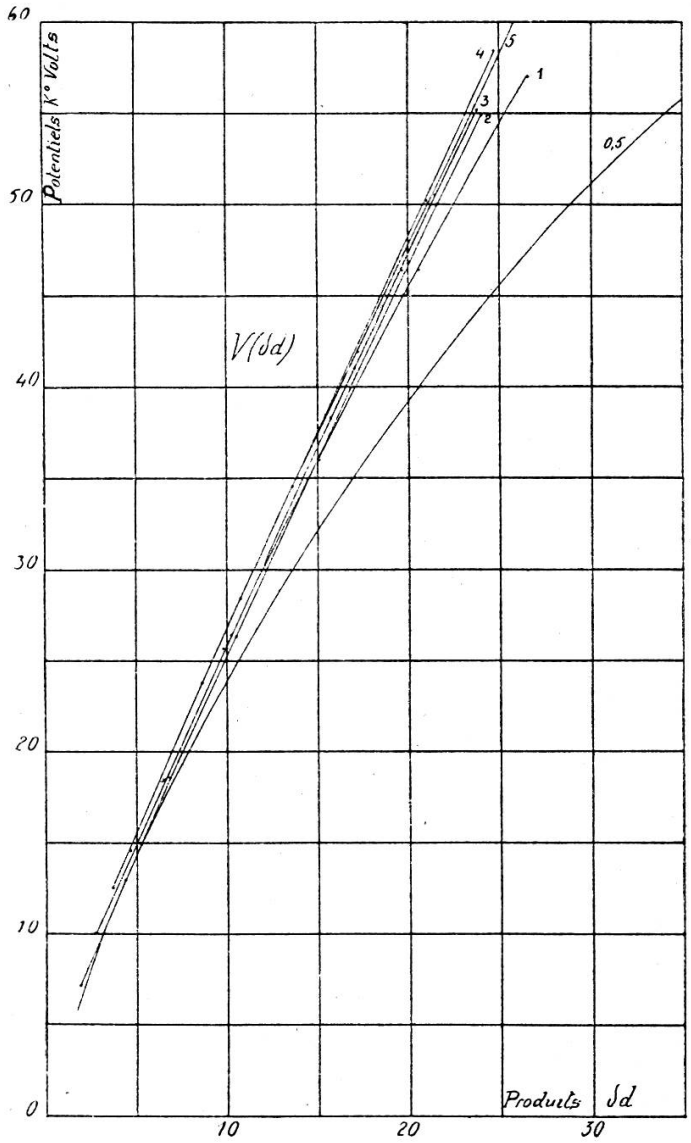

Fig. 3.

riences surtout si l'on se borne à considérer les courbes relatives aux distances 1, 2, 3, 4 et 5 mm. Ces 5 courbes forment un faisceau très serré et si l'on représentait la loi de Paschen par une courbe moyenne passant au milieu du faisceau, les écarts mesurés entre les courbes extrêmes et la courbe médiane seraient inférieurs à 2 % de l'ordonnée moyenne.

Remarquons que dans cette figure les courbes ne sont pas disposées suivant un ordre régulier ; elles se présentent de gauche à droite dans l'ordre suivant : 1, 4, 3, 2, 5 et 0,5.

Dans la figure 3 qui représente la fonction $V = f(\delta d)$ les courbes sont disposées suivant l'ordre : 4, 5, 3, 2, 1 et 0,5.

Si nous laissons de côté la courbe relative à la distance d 0,5 mm, nous remarquons que le faisceau des courbes 5, 4, 3, 2, 1, est très serré et que les écarts mesurés entre les courbes extrêmes et une courbe médiane sont inférieurs à 3 % de l'ordonnée moyenne tant que l'on ne dépasse pas 20 atmosphères.

V. — Conclusions.

1. L'étude précédente effectuée dans l'acide carbonique avec des électrodes hémisphériques de 15 mm de diamètre aboutit à des résultats analogues à ceux obtenus dans l'azote en utilisant les mêmes électrodes.

2. Si l'on fait abstraction de la plus petite distance considérée soit $d = 0{,}5$ mm la loi de Paschen sous sa forme $V = f(pd)$ se trouve vérifiée avec une approximation de 2 % environ, la pression maximum étant 25 atm.

3. En faisant la même réserve, la loi de Paschen, sous sa forme $V = f(md)$, se trouve vérifiée avec une approximation de 3 %, la pression maximum étant 20 atmosphères.

4. Il y a cependant de fortes raisons de croire que c'est la forme $V = f(md)$ qui est la plus exacte et que les écarts observés entre les résultats obtenus et des valeurs qui vérifieraient exactement la loi de Paschen sont dus soit à la non uniformité du champ lorsqu'on expérimente aux grandes distances, soit à l'inégale répartition des ions qui paraît jouer un rôle important lorsqu'on étudie les petites distances explosives.

5. Les inconvénients résultant de l'altération des électrodes et se traduisant par une élévation du potentiel disruptif, sont considérablement atténués lorsqu'on emploie une source ionisante accessoire.

Genève, Laboratoire de Physique de l'Université.