Zeitschrift: Archives des sciences physiques et naturelles
Herausgeber: Société de Physique et d'Histoire Naturelle de Genève
Band: 3 (1921)

Artikel: Décharge disruptive dans l'azote aux pressions élevées [suite et fin]
Autor: Hammershaimb, G. / Mercier, P.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-741098

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: 02.07.2025

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

DÉCHARGE DISRUPTIVE

DANS

L'AZOTE AUX PRESSIONS ÉLEVÉES

PAR MM.

G. HAMMERSHAIMB et P. MERCIER

(Suite et fin.)

VI. — Expériences aux pressions élevées.

Les opérations sont identiques à celles décrites dans les chapitres précédents. Le potentiel maximum atteint est 80 000 volts. Les résultats obtenus figurent aux tables suivantes 6, 7 et 8 où d signifie la distance explosive, p la pression du gaz, δ sa densité et V le potentiel disruptif en volts.

TABLE 6.

Electrodes hémisphériques.

Diamètre de courbure 15 mm.

d mm	p at	p m Hg	$p \cdot d$	$\delta \cdot d$	V volts
0,50	1	0,76	0,5	0,50	2750
»	4	3,04	2,0	2,00	9000
»	10	7,60	5,0	5,01	17300
»	15	11,40	7,5	7,53	24000
»	20	15,20	10,0	10,06	29800
»	25	19,00	12,5	12,58	36400
»	30	22,80	15,0	15,12	43200
»	35	26,60	17,5	17,65	49700
»	40	30,40	20,0	20,18	55900
»	45	34,20	22,5	22,72	61200
»	50	38,00	25,0	25,26	67000

TABLE 6. *(Suite).*

d mm	p at	p m Hg	$p \cdot d$	$\delta \cdot d$	U volts
1,00	1	0,76	1,0	1,00	5250
»	4	3,04	4,0	4,00	15400
»	10	7,60	10,0	10,03	31500
»	15	11,40	15,0	15,06	44400
»	20	15,20	20,0	20,11	56500
»	25	19,00	25,0	25,17	67500
»	30	22,80	30,0	30,23	76900
1,50	10	7,60	15,0	15,04	44800
»	15	11,40	22,5	22,59	62500
»	20	15,20	30,0	30,16	77400
2,00	1	0,76	2,0	2,00	8550
»	4	3,04	8,0	8,01	27000
»	10	7,60	20,0	20,06	56600
»	15	11,40	30,0	30,12	77350
2,50	10	7,60	25,0	25,07	68700
3,00	1	0,76	3,0	3,00	11750
»	4	3,04	12,0	12,01	37350
»	7	5,32	21,0	21,04	60200
4,00	1	0,76	4,0	4,00	14800
»	4	3,04	16,0	16,02	48400
»	7	5,32	28,0	28,06	75200
4,50	1	0,76	4,5	4,50	16300
»	4	3,04	18,0	18,02	52200
5,00	1	0,76	5,0	5,00	17750

TABLE 7.

Petites électrodes planes.

Diamètre 10 mm.

d mm	p at	p m Hg	$p \cdot d$	$\delta \cdot d$	V volts
0,50	1	0,76	0,5	0,50	1900
»	4	3,04	2,0	2,00	8750
»	10	7,60	5,0	5,01	16800
»	15	11,40	7,5	7,53	23500
»	20	15,20	10,0	10,06	27750
»	25	19,00	12,5	12,58	31700
»	30	22,80	15,0	15,12	34600
»	35	26,60	17,5	17,65	37400
»	40	30,40	20,0	20,18	39900
»	45	34,20	22,5	22,72	42000
»	50	38,00	25,0	25,26	44100
»	55	41,80	27,5	27,79	46100
1,00	1	0,76	1,0	1,00	4300
»	4	3,04	4,0	4,00	14300
»	10	7,60	10,0	10,03	31000

TABLE 7. *(Suite).*

d mm	p at	p m Hg	$p \cdot d$	$\delta \cdot d$	V volts
1,00	15	11,40	15,0	15,06	42200
»	20	15,20	20,0	20,11	51750
»	25	19,00	25,0	25,17	59050
»	30	22,80	30,0	30,23	66000
»	35	26,60	35,0	35,30	71800
1,50	10	7,60	15,0	15,04	44000
»	15	11,40	22,5	22,59	61600
»	20	15,20	30,0	30,16	73600
2,00	1	0,76	2,0	2,00	8100
»	4	3,04	8,0	8,01	25100
»	10	7,60	20,0	20,06	57300
»	15	11,40	30,0	30,12	75400
2,50	10	7,60	25,0	25,07	69200
3,00	1	0,76	3,0	3,00	11200
»	4	3,04	12,0	12,01	35600
»	7	5,32	21,0	21,04	58600
4,00	1	0,76	4,0	4,00	14380
»	4	3,04	16,0	16,02	45600
»	7	5,32	28,0	28,06	73900
4,50	4	3,04	18,0	18,12	50400
5,00	1	0,76	5,0	5,00	17550

TABLE 8.

Grandes électrodes planes.

Diamètre total 45 mm, partie plane 30 mm.

d mm	p at	p m Hg	pd	$\delta \cdot d$	V volts
0,50	1	0,76	0,50	0,50	1500
»	4	3,04	2,0	2,00	8100
»	10	7,60	5,0	5,01	15700
»	15	11,40	7,5	7,53	20200
»	20	15,20	10,0	10,06	23000
»	25	19,00	12,5	12,58	25300
»	30	22,80	15,0	15,12	27500
»	35	26,60	17,5	17,65	29500
»	40	30,40	20,0	20,18	30900
»	45	34,20	22,5	22,72	32000
»	50	38,00	25,0	25,26	32800
1,00	1	0,76	1,0	1,00	4000
»	4	3,04	4,0	4,00	14000
»	10	7,60	10,0	10,03	30700
»	15	11,40	15,0	15,06	42000
»	20	15,20	20,0	20,11	50600
»	25	19,00	25,0	25,17	59000
»	30	22,80	30,0	30,23	65000

TABLE 8. *(Suite).*

d mm	p at	p m Hg	pd	$\delta . p$	V volts
1,00	35	26,60	35,0	35,30	69700
»	40	30,40	40,0	40,37	73000
1,50	1	0,76	1,5	1,50	6150
»	4	3,04	6,0	6,00	19600
»	10	7,60	15,0	15,04	43800
»	15	11,40	22,5	22,59	59100
»	20	15,20	30,0	30,16	73900
2,00	1	0,76	2,0	2,00	7950
»	4	3,04	8,0	8,01	25050
»	10	7,60	20,0	20,06	57600
»	15	11,40	30,0	30,12	79800
2,50	10	7,60	25,0	25,07	70000
3,00	1	0,76	3,0	3,00	11100
»	4	3,04	12,0	12,01	35600
»	7	5,32	21,0	21,04	58900
4,00	1	0,76	4,0	4,00	14250
»	4	3,04	16,0	16,02	45600
»	7	5,32	28,0	28,06	77500
4,50	4	3,04	18,0	18,02	50350
5,00	1	0,76	5,0	5,00	17300

La densité d'un gaz parfait croît proportionnellement avec la pression. L'azote s'écarte peu de la loi de Boyle-Mariotte dans les limites des pressions considérées. Il en résulte que la discussion des résultats, en prenant comme variable soit la pression p soit la densité δ du gaz, conduit sensiblement aux mêmes conclusions; en effet la différence maximum des produits $p.\ d$ et $\delta.\ d$ est $1\,^0/_0$ pour les pressions de 50 atmosphères. C'est précisément l'ordre de grandeur des erreurs d'observation. Les valeurs des densités en fonction de la pression sont tirées du Recueil de Constantes physiques[1].

Les courbes des fig. 5 et 6 représentent le potentiel explosif en fonction de la pression pour les différentes distances considérées. La fig. 5 est relative aux petites électrodes hémisphériques, la fig. 6 aux grandes électrodes planes.

Pour les grandes électrodes planes et les grandes distances de 2,0 à 5,0 mm, les courbes sont à peu près des lignes droites,

[1] Recueil de Constantes physiques, *Société française de Physique*, p. 203, 1913.

tandis que pour les petites distances, le potentiel V croît moins rapidement que la pression p.

On remarquera que pour les électrodes hémisphériques, les

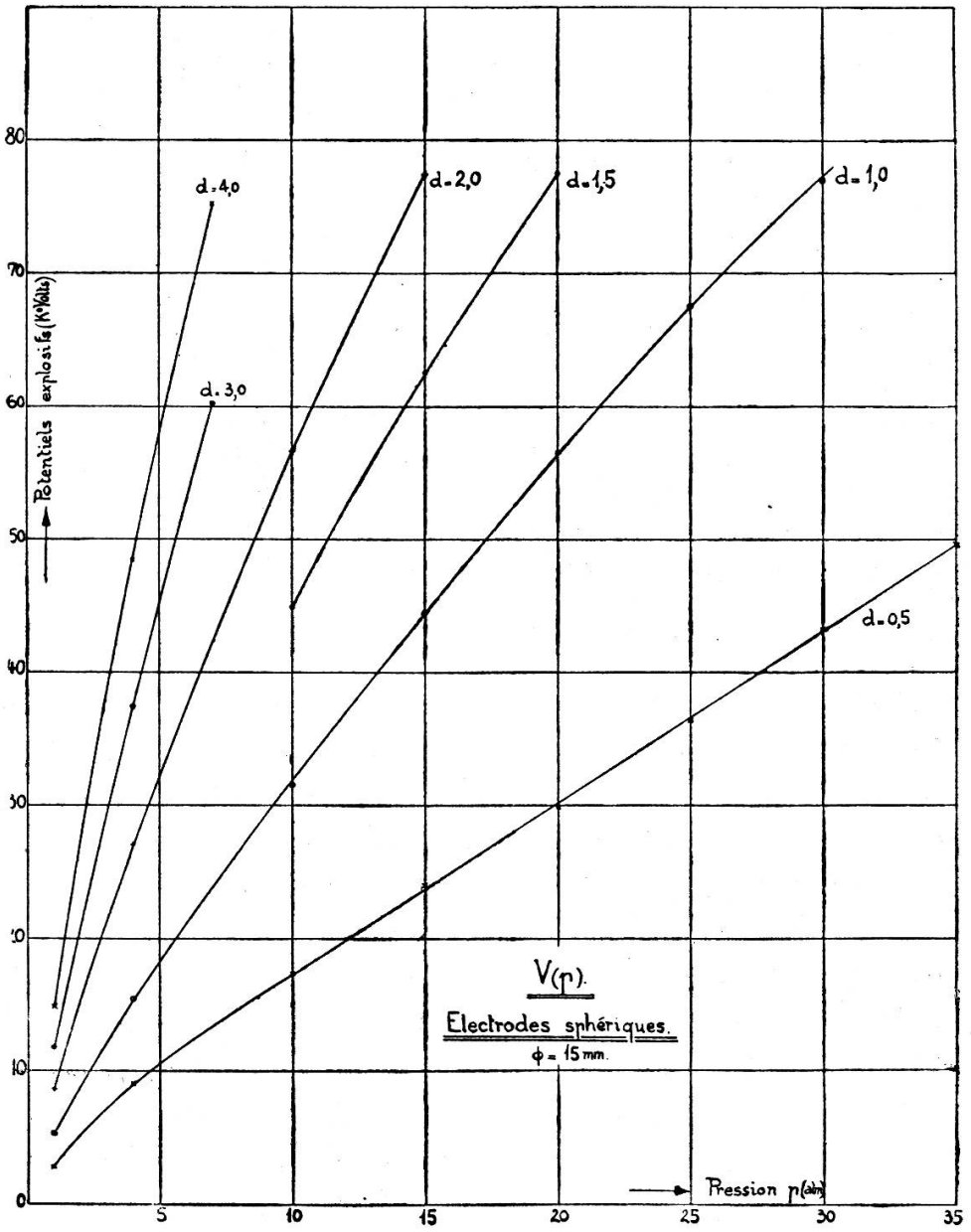

Fig. 5. — V (p) (électrodes hémisphériques $\Phi = 15$ mm).

courbes relatives aux petites distances sont moins incurvées vers l'axe des pressions que dans le cas des électrodes planes. Par contre pour les grandes distances explosives, les courbes sont plus droites et montent plus rapidement dans le cas des

grandes électrodes planes que dans le cas des petites électrodes sphériques.

Les fig. N° 7, 8 et 9 représentent les potentiels explosifs en

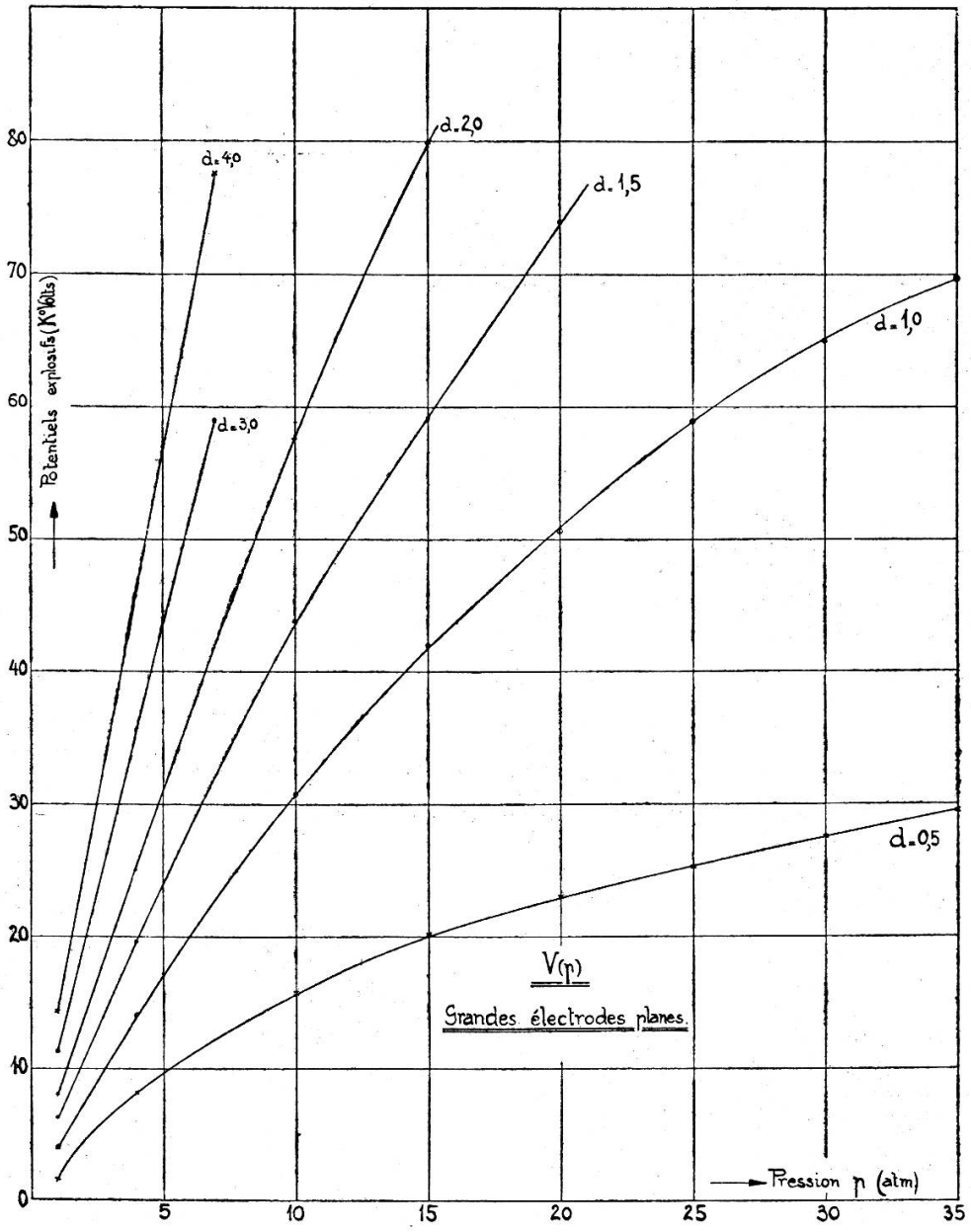

Fig. 6. — V (p) (électrodes planes $\Phi = 45$ mm).

fonction du produit $p.\ d.$ pour les trois paires d'électrodes considérées. Tandis que les courbes 8 et 9 relatives aux deux sortes d'électrodes planes présentent à peu près le même carac-

tère, il n'en est pas ainsi pour les courbes 7 qui se rapportent aux petites électrodes hémisphériques.

Dans le cas des électrodes planes, les courbes relatives aux

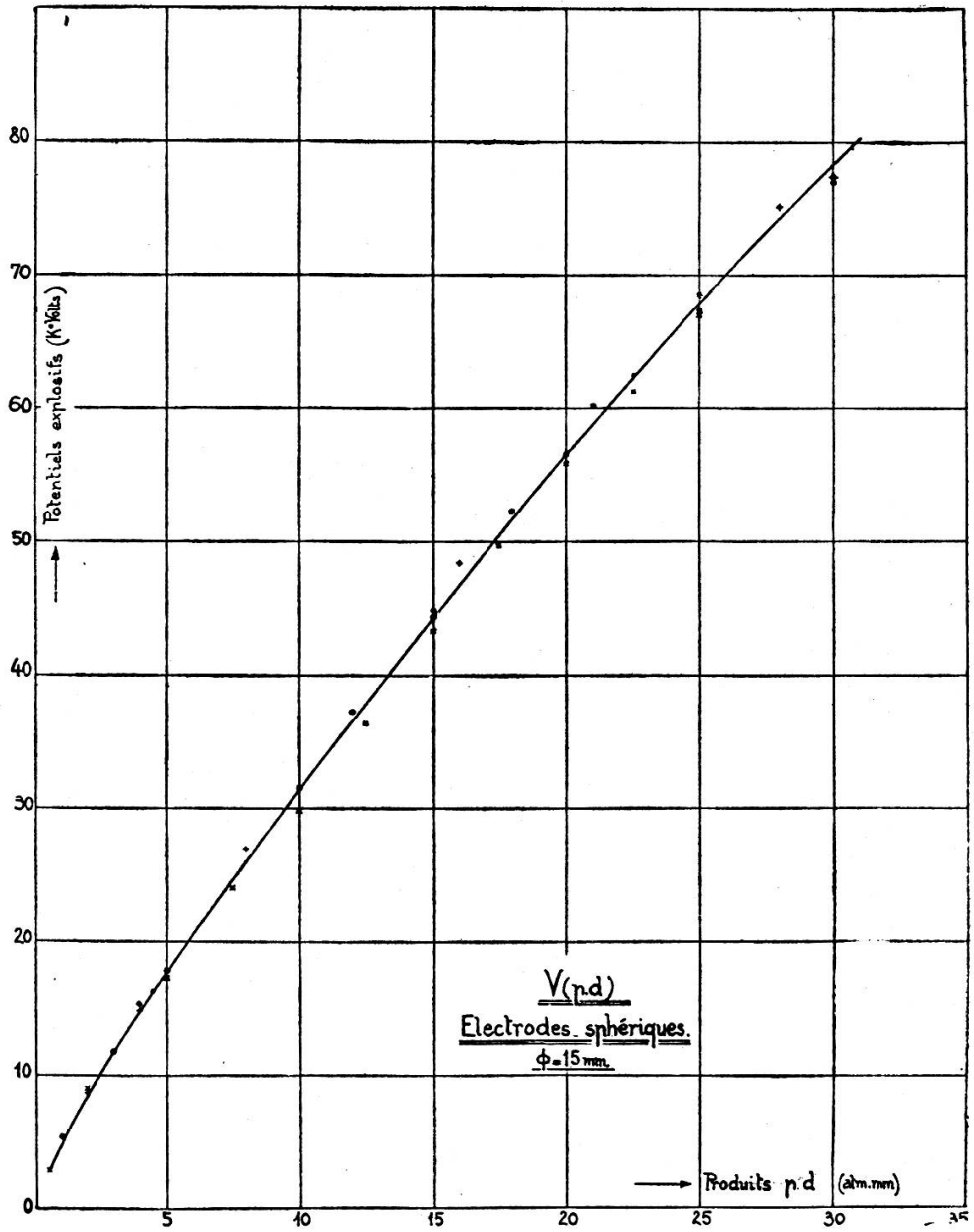

Fig. 7. — V (*pd*) (électrodes hémisphériques $\Phi = 15$ mm).

petites distances s'écartent beaucoup des courbes qui se rapportent aux grandes distances. L'écart maximum se produit pour les grandes électrodes planes. Par exemple, si nous considérons les potentiels explosifs correspondant à un même produit

$pd = 25$, nous voyons que pour la distance de 0,5 mm la valeur du potentiel explosif est inférieure à la moitié de celle atteinte pour les autres distances considérées. La différence est moins

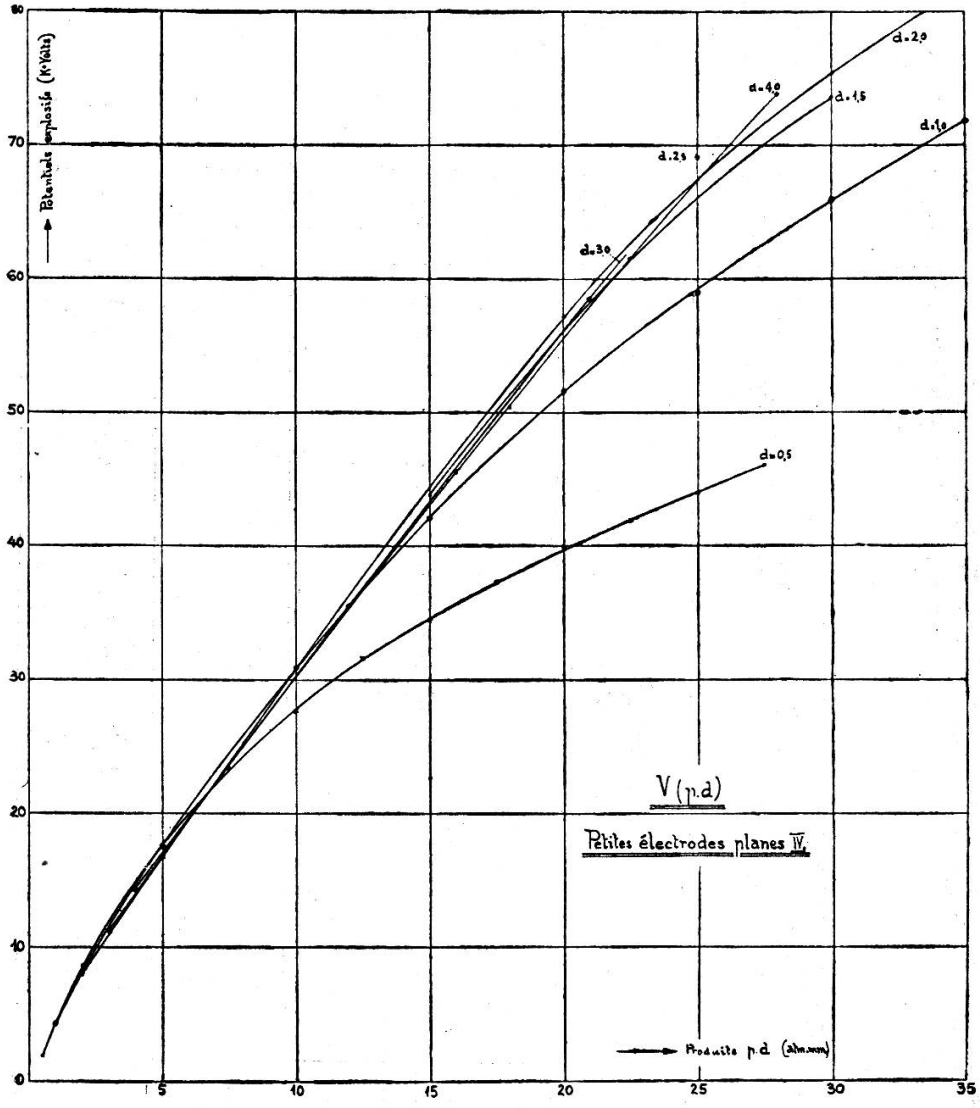

Fig. 8. — V (pd) (électrodes planes $\Phi = 10$ mm).

grande pour les petites électrodes planes où le faisceau des courbes pour les grandes distances est aussi plus serré que dans le cas des grandes électrodes planes.

Pour les électrodes hémisphériques, l'aspect des courbes change beaucoup. Elles forment un faisceau très serré. On ne peut pas dire que tous les points se trouvent sur une même courbe comme le voudrait la loi de Paschen, mais les différences

sont très petites. L'écart maximum a lieu pour un produit $p.d$ égal à 10 (atm) mm et atteint la valeur de 3,2 % par rapport à la courbe moyenne. Pour les valeurs les plus grandes du pro-

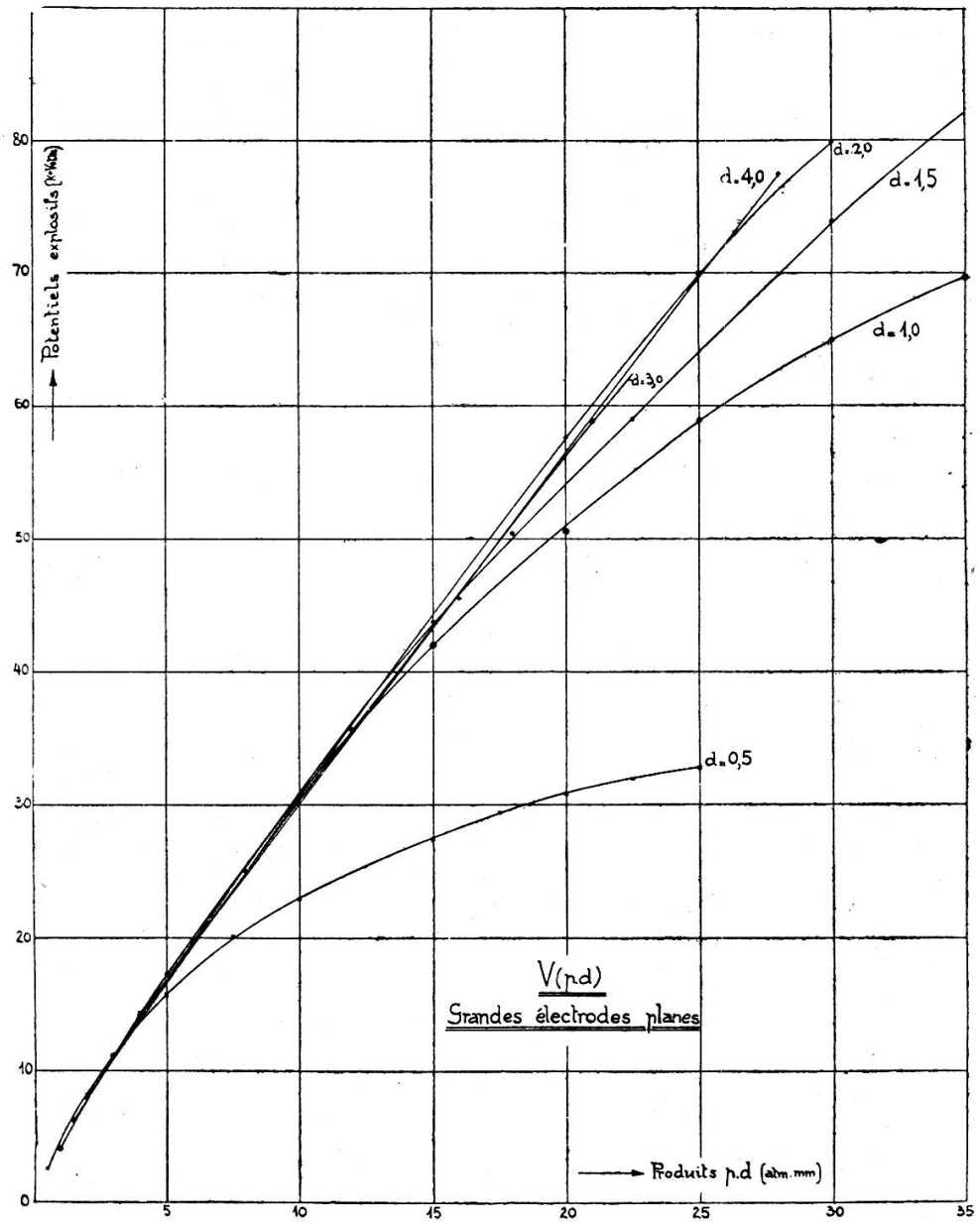

Fig. 9. — V (pd) (électrodes planes $\Phi = 45$ mm).

duit $p.d$ les écarts rapportés à la courbe moyenne sont inférieurs ou égaux à 1,5 %. Nous pouvons donc admettre que pour les petites électrodes sphériques les résultats se groupent autour d'une seule courbe avec une assez grande approximation. Pour une même valeur du produit $p.d$ les potentiels explosifs relatifs

aux petites distances sont cependant toujours un peu plus petits que dans le cas des grandes distances.

L'exemple suivant montre nettement comment diffèrent les résultats obtenus avec ces trois paires d'électrodes : à 50 atmosphères et pour une distance $d = 0{,}5$ mm, les électrodes hémisphériques donnent un potentiel explosif de 67 000 volts, les petites électrodes planes 44 100 volts et les grandes électrodes planes 32 800 volts. Cette énorme différence, qui est particulièrement élevée aux hautes pressions et aux faibles distances explosives, est due semble-t-il à la forme géométrique des électrodes, qui favorise plus ou moins la diffusion latérale des ions. Dans le cas des électrodes planes, il doit se produire une accumulation des ions dans le diélectrique au voisinage des électrodes, qui diminue le potentiel disruptif. Pour les petits boutons sphériques, ce phénomène ne doit pas se produire. L'inégale répartition des ions joue un rôle important dans le phénomène de la décharge disruptive, car elle modifie le champ électrique. Il résulte des considérations théoriques émises par M. Langevin[1] dans sa thèse que cette action est d'autant plus importante que l'ionisation est plus forte et que la vitesse des ions est plus petite.

Pour les grandes distances et aux pressions élevées, les potentiels explosifs relatifs aux calottes sphériques sont inférieurs aux potentiels fournis par les grandes électrodes planes. Les courbes relatives aux petites électrodes planes ont une allure qui se modifie à mesure que la distance explosive augmente; en effet, pour les grandes distances, le champ n'est plus uniforme, et les courbes du potentiel explosif en fonction de la pression se mettent à ressembler, toutes proportions gardées, à celles que l'on obtient dans le cas d'électrodes en forme de pointes.

VII. — Remarques diverses.

Nous avons observé, comme dans le travail précédent sur l'acide carbonique, qu'aux courtes distances et aux pressions

[1] Voir à ce sujet : C.-E. Guye, *Arch. 1920,* p. 419, sept.-oct.

élevées dans le cas des deux sortes d'électrodes planes, l'étincelle était plus lumineuse et produisait un bruit sec. Ce phénomène est conforme à l'hypothèse émise par M. le Prof. C. E. Guye[1] d'une accumulation d'ions au voisinage des électrodes pendant la période qui précède l'étincelle. Elle doit avoir pour effet, d'une part d'augmenter l'énergie de chaque étincelle comme le ferait une augmentation de capacité, d'autre part de diminuer le potentiel explosif.

Nous avons fait varier systématiquement la capacité des condensateurs en ajoutant des condensateurs sous pression et des bouteilles de Leyde, mais dans les limites de 0,0005, à 0,0061 microfarad, nous n'avons pas observé de différence des potentiels explosifs.

Les traces laissées sur les électrodes nous ont permis de repérer le passage des étincelles entre les électrodes. Pour les électrodes planes, l'étincelle n'a pas passé deux fois à la même place, toute la surface étant criblée de petites piqûres, entourées d'un petit cercle de 1 mm de diamètre environ. L'étincelle a donc une tendance marquée à se produire à une place nouvelle, souvent très éloignée de l'étincelle précédente. Dans le cas d'une succession rapide d'étincelles, deux étincelles successives sont voisines l'une de l'autre ; on peut expliquer ce fait en observant que le gaz sur le trajet de la première étincelle est ionisé et que s'il s'en produit une seconde très vite après, elle suivra naturellement ce chemin de moindre résistance qui correspond à un potentiel disruptif moins élevé. Les potentiels explosifs sont plus bas pour les électrodes neuves et polies que pour les électrodes usées.

L'étanchéité de l'appareil joue un grand rôle pour les mesures du potentiel disruptif. Les fuites de gaz peuvent produire une diffusion artificielle des ions entre les électrodes, et le potentiel explosif est profondément modifié. Notre appareil est très étanche, nous avons observé à 10 atmosphères un abaissement de 0,14 atm par heure, l'appareil étant relié seulement avec les deux manomètres métalliques.

[1] Loc. cit.

Expériences avec deux électrodes de formes différentes.

Baille[1] a trouvé, en employant différentes électrodes sphériques de rayons de courbure différents, l'une électrisée et l'autre à la terre, les lois suivantes:

1. Pour une même longueur d'étincelle, le potentiel explosif de la sphère électrisée est maximum lorsque les deux électrodes ont les mêmes rayons de courbure.

2. Le potentiel s'éloigne d'autant plus du maximum que la différence entre les rayons de courbure est plus grande et que le potentiel est plus élevé.

3. Il ne paraît y avoir aucune différence entre les potentiels lorsque l'étincelle jaillit de la plus grande courbure à la plus petite ou inversement, c'est-à-dire en inversant les pôles.

Nous avons effectué quelques expériences avec deux électrodes de formes différentes. Les potentiels explosifs mesurés ont alors une valeur intermédiaire entre celles trouvées pour chaque paire montée symétriquement. Les résultats suivants ont été obtenus en utilisant une grande électrode plane et une calotte sphérique de 60 mm de diamètre.

La différence de nos résultats et des lois 1 et 3 de Baille est causée vraisemblablement par les conditions expérimentales différentes. Il faut noter en particulier qu'il expérimentait à l'air

TABLE 9.

Electrode plane et calotte sphérique de 60 mm de diamètre.

Potentiels en volts.

	$p = 1$ atmosphère		$p = 10$ atmosphères	
	d=0,5 mm	d=4,0 mm	d=0,5 mm	d=2,5 mm
Electrodes planes seules	1500	14250	15700	70000
Electrodes sphériques seules	2400	14350	16500	70100
Electrode plane chargée et électrode sphérique à la terre	1900	14300	16000	70000
Electrode sphérique chargée et électrode plane à la terre	2100	14300	16300	70100

[1] BAILLE, J.-B., *loc. cit.*

libre et non pas dans un récipient fermé et qu'il utilisait un matériel d'électrodes assez différent du nôtre.

VIII. — Conclusions.

1° Aux faibles pressions de 1 et 4 atmosphères et pour une même distance explosive jusqu'à 5 mm, le potentiel disruptif diminue et tend vers une limite, à mesure que le rayon de courbure des électrodes augmente. Le maximum des courbes représentant la variation du potentiel explosif en fonction du diamètre de courbure paraît devoir être atteint pour des électrodes possédant un diamètre égal ou inférieur à 15 mm. Pour les pressions de 10 atm. et au-dessus et à distance explosive égale, les grandes électrodes planes et les calottes sphériques de grand rayon donnent, pour les grandes distances, un potentiel disruptif plus grand que, les petites électrodes planes et sphériques, tandis que, pour les petites distances explosives jusqu'à 1 mm, les électrodes hémisphériques de petit diamètre présentent des potentiels disruptifs plus élevés que les électrodes planes et les calottes sphériques de grand diamètre.

2° La loi de Paschen se trouve vérifiée dans le cas des petites électrodes hémisphériques de 15 mm de diamètre avec une approximation de 3 $^0/_0$ environ. Dans le cas des électrodes planes, cette loi est vérifiée jusqu'à 10 atmosphères environ pour les distances au-dessus de 1 mm. Pour des pressions plus élevées, la loi est d'autant moins bien vérifiée que le diamètre des électrodes est plus grand, la distance explosive plus faible et la pression plus forte.

3. Les différences observées dans les résultats obtenus avec les différentes électrodes s'expliquent de la manière suivante : D'une part dans le cas des petites électrodes le champ électrique se modifie et devient de moins en moins uniforme à mesure que la distance explosive augmente, par contre, la diffusion latérale des ions se fait alors plus aisément. D'autre part le rôle de l'inégale répartition des ions aux pressions élevées et aux petites distances devient prépondérant dans le cas des grandes

électrodes planes, où la diffusion latérale est gênée, et le potentiel explosif est alors abaissé considérablement. Les résultats obtenus s'écartent moins de la loi de Paschen dans le cas des petites électrodes planes que dans celui des électrodes planes de grand diamètre.

4. Les potentiels explosifs entre deux électrodes de forme différente ont une valeur intermédiaire entre celles trouvées pour chaque paire montée symétriquement.

En résumé l'ensemble des résultats obtenus dans l'azote confirme l'hypothèse que les différences observées entre nos mesures et des valeurs qui vérifieraient exactement la loi de Paschen résultent d'une part de la non uniformité du champ lorsqu'il s'agit d'électrodes sphériques de petit diamètre et d'autre part de l'inégale répartition des ions qui tend à diminuer le potentiel explosif, particulièrement lorsque on expérimente avec de larges électrodes planes très rapprochées et à des pressions élevées.