

Pour les essais n<sup>os</sup> 1, 2, 3 et 4, le joint entre le masque et la « tête de bois » de l'appareil était parfaitement étanche.

Lors du 5<sup>e</sup> essai, une défécuosité fortuite du joint, trop minime pour être décelable par les moyens ordinaires d'investigation (tels que l'examen visuel ou le souffle) a suffi pour compromettre l'efficacité du masque.

Des épreuves sévères auxquelles nous avons procédé, on peut conclure que le masque est parfaitement efficace, à condition que :

1<sup>o</sup> — la quantité d'air comprimé admise soit assez élevée — une consommation de 60 litres d'air libre par minute, correspondant à une pression de 0,7 K/cm<sup>2</sup> environ en aval du détenteur, nous paraît correspondre au minimum indispensable à cet égard.

2<sup>o</sup> — le couvre-face s'applique de façon parfaitement étanche sur le visage du porteur.

La première condition pourrait être assurée par un dispositif automatique. Quant à la seconde, seuls le fini d'exécution du couvre-face et l'attention du porteur permettent d'y satisfaire.

## ANNEXE II.

# L'inflammation du méthane en milieu ionisé

par M. VAN PEE

*Docteur en sciences, attaché à l'Institut.*

Les ions ont la propriété de provoquer des réactions chimiques en phase gazeuse. L'étude de ce phénomène s'est poursuivie dans deux branches de la chimie : en électro-chimie des gaz où l'ionisation est produite par décharge électrique et en radio-chimie où les ions ont pour origine le rayonnement de corps radio-actifs.

En ce qui concerne le méthane, son oxydation a été observée dans la décharge lumineuse par Brewer et Kueck et sous l'action des particules  $\alpha$  du radon par Lind et Bardwell (1).

Les produits de la réaction étaient CO<sub>2</sub> et H<sub>2</sub>O et le rendement ionique (2) était compris entre 6 et 7 à la température ordinaire.

Généralement, la température a peu d'influence sur le rendement ionique. Mais dans le cas particulier d'un mélange combustible, on

(1) Brewer et Kueck. J. Phys. Chem. 35, 1281 et 1293 (1931). Lind et Bardwell. J. Am. Chem. Soc. 48. 2335 (1926).

(2) On appelle « rendement ionique » d'une réaction électro-chimique ou radio-chimique, le rapport  $\frac{M}{I}$  du nombre (M) de molécules qui ont réagi au nombre total de paires d'ions (I) formés au cours de la réaction. C'est l'existence de ce rapport qui permet d'établir un lien de causalité entre l'effet chimique et l'ionisation.

pouvait néanmoins se demander s'il en était encore ainsi au voisinage de la température d'inflammation.

A ce propos, l'aptitude remarquable de l'étincelle électrique à provoquer la combustion explosive semble suggérer une action directe des ions. Bien qu'on ait coutume d'expliquer cette propriété par l'élévation considérable et instantanée de la température, il ne faut pas perdre de vue que la décharge s'accompagne également d'une très forte ionisation.

Ces quelques considérations nous ont amenés à examiner l'influence que pourrait avoir l'ionisation sur la température d'inflammation et le retard à l'inflammation du méthane.

#### Source d'ionisation

Rappelons que les corps radioactifs émettent trois rayonnements : les rayons  $\alpha$ ,  $\beta$  et  $\gamma$  constitués respectivement par des noyaux d'hélium animés de grande vitesse, par des électrons rapides et par des ondes électro-magnétiques de très haute fréquence.

Tous ionisent les gaz, mais en raison de leur pouvoir pénétrant élevé, l'effet des rayons  $\beta$  et  $\gamma$  est négligeable à côté de celui des particules  $\alpha$ , dont le parcours dans l'air atteint seulement quelques centimètres.

Comme source d'ionisation, nous avons utilisé les particules  $\alpha$  du radon. Ce dernier appartient à la famille du radium dont on reconnaît les premiers membres dans le tableau I.

Tableau I

Elément	Isotope du	Période (1)	Rayonnements émis
Radium	—	1590 années	$\alpha$ + faible émission $\gamma$
Radon	—	3,82 jours	$\alpha$
Radium A	Polonium	3,05 minutes	$\alpha$
Radium B	Plomb	26,5 minutes	$\beta$ + faible émission $\gamma$
Radium C	Bismuth	19,7 minutes	$\alpha$ + $\beta$ + forte émission $\gamma$
Radium D	Polonium	22 années	$\beta$ + faible émission $\gamma$

Entre le radium et le radium D, il y a quatre éléments à courte vie. Le premier de ceux-ci, le radon, est gazeux à la température ordinaire. Ses dépôts actifs, les radiums A, B et C évoluent très rapidement et se transmutent finalement en radium D.

Grâce à son état gazeux, le radon est facilement séparé du radium. Monsieur le Professeur MUND a mis au point un procédé permettant de l'extraire quantitativement de la solution de sel de radium où il se forme, puis de le refouler dans de petites aiguilles en verre pouvant être scellées après remplissage.

Dans nos expériences, chacune des petites aiguilles était brisée dans le mélange à étudier qui était ainsi ionisé jusqu'à un degré dépendant de la quantité d'émanation introduite. Le dosage du radon était basé sur la comparaison du rayonnement  $\gamma$  (voir tableau I) émis par le radium C de l'échantillon avec celui d'un tube étalon renfermant du radon et son dépôt actif en équilibre avec une quantité connue de radium.

L'intensité des rayons  $\gamma$  était mesurée par l'ionisation produite dans un électroscope entouré d'un écran protecteur en plomb destiné à éliminer les particules  $\alpha$  et  $\beta$ .

#### Température d'inflammation et retard à l'inflammation.

Pour tout gaz combustible, l'inflammation ne peut se produire par simple effet thermique que si le mélange porté à une température minimum nommée « température d'inflammation », y est maintenu pendant un certain temps appelé « retard à l'inflammation » ou « période de préflamme ».

Ce fait a pu être mis en évidence par la méthode du « pyromètre » qui consiste à introduire brusquement les gaz dans un récipient vidé au préalable et maintenu à une température uniforme ; il a été constaté pour la première fois, par Mallard et Le Chatelier dans le cas du méthane (1883).

Par sa méthode du « tube concentrique » où les gaz sont portés séparément à la température d'expérience, puis mélangés à une distance appréciable des parois, Dixon a montré que cette période de préflamme et la température d'inflammation sont bien deux grandeurs caractéristiques du combustible. En outre, les valeurs qu'il a obtenues pour ces dernières ne diffèrent pas beaucoup de celles déterminées au « pyromètre » dans un récipient en silice ou en porcelaine.

Il n'en va plus de même lorsqu'on opère en présence de surfaces métalliques. On observe alors des écarts considérables qui se manifestent principalement par une élévation importante de la température d'inflammation et qui s'expliquent par une action catalytique des parois.

Dans ces conditions, il se produit une oxydation lente et les gaz sont brûlés avant de donner la combustion vive avec flamme.

La comparaison de ces derniers résultats avec les précédents ayant mis en lumière que le quartz ne possède aucune action catalytique, la chambre à réaction dont nous avons fait usage a été choisie en cette matière.

Pour effectuer nos mesures, nous avons donné notre préférence à la méthode du pyromètre, beaucoup plus précise et plus commode que celle du tube concentrique.

#### Dispositif expérimental

La chambre à réaction (A) (voir fig. 28) était un tube cylindrique en quartz d'une capacité de  $100 \text{ cm}^3$  et d'une longueur de 20 cm. Elle était logée dans un bloc d'acier (F) long de 25 cm. et disposé au centre d'un four tubulaire dont le diamètre intérieur et la longueur étaient respectivement de 8 et 60 cm. De l'amiante en fibre avait été bourrée dans la partie du four restée libre. Grâce à cette précaution, la température était sensiblement constante sur toute la longueur du bloc et l'écart maximum observé entre ses deux extrémités ne dépassait pas  $12^\circ$  pour un régime correspondant à la température moyenne de  $700^\circ \text{C}$ .

Lors des expériences, la température était déterminée à l'aide du thermomètre à gaz (T). Celui-ci essentiellement constitué par une cellule en quartz contenait de l'azote dont la pression était enregistrée au manomètre à mercure  $M_2$ . La température ainsi indiquée était pour des raisons de symétrie évidentes (voir fig. 28) la température moyenne de la chambre à réaction.

La chambre (A) prolongée par un tube d'environ 10 mm. de diamètre, était reliée par l'intermédiaire d'un joint quartz-verre à un réservoir (B) d'une capacité d'environ  $200 \text{ cm}^3$ . Ce réservoir était destiné à préparer les mélanges  $\text{CH}_4 + \text{air}$ , avant de les introduire en (A) par le robinet (R). La pression dans (B) était lue au manomètre à mercure  $M_1$ .

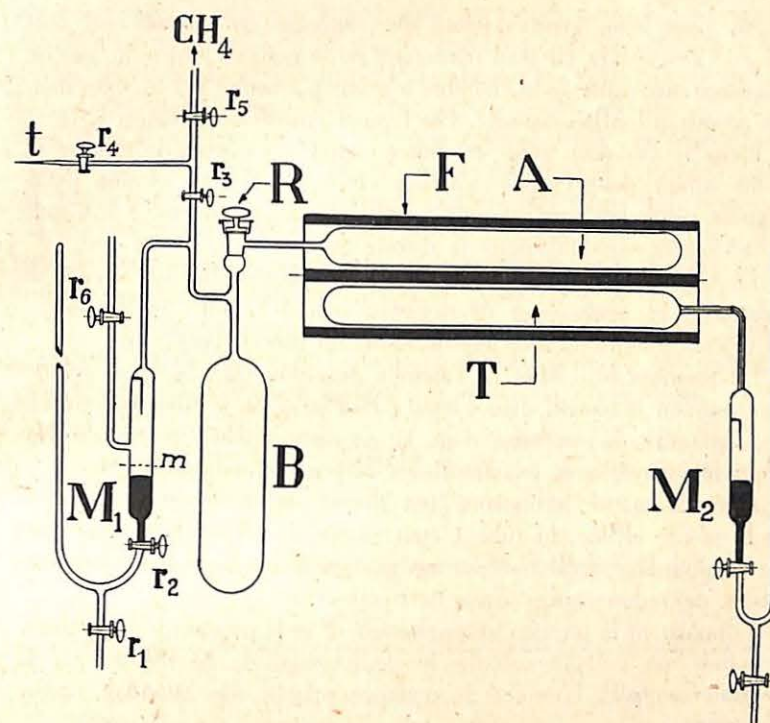


Figure 28

Par le robinet ( $r_6$ ) le réservoir communiquait à une canalisation où un vide poussé (environ  $10^{-3} \text{ mm de Hg}$ ) pouvait être obtenu au moyen d'une pompe à diffusion à vapeur de mercure, précédée d'une pompe rotative ordinaire.

Le robinet ( $r_5$ ) donnait accès à un réservoir contenant du méthane purifié par distillation et le robinet ( $r_4$ ) permettait d'introduire de l'air dans l'appareil. L'utilité de ( $r_3$ ) apparaîtra par la suite.

#### Marche d'une expérience

Le four était d'abord amené à une température déterminée et, par un réglage automatique du courant d'alimentation, y était maintenu à  $1^\circ$  près pendant toute la durée des expériences.

Avant chaque essai, on ouvrait le robinet ( $r_1$ ), on laissait descendre le mercure du manomètre ( $M_1$ ) en-dessous du niveau (m) et on faisait soigneusement le vide dans tout l'appareil.

Au bout d'un quart d'heure de pompage, on obtenait un vide de  $10^{-3}$  cm de Hg (Il était nécessaire de le pousser jusque là, car un dégazage incomplet de la chambre à réaction amenait des troubles dans les retards à l'inflammation). On fermait ensuite les robinets R et  $r_3$ .

Dans le cas d'un essai en milieu ionisé, on ouvrait le robinet  $r_4$ . L'air entraînait dans l'espace compris entre  $r_3$ ,  $r_4$  et  $r_5$  et une petite aiguille contenant une quantité connue de radon, environ 1 à 2 milli curies, était introduite dans la carotte du robinet  $r_4$ .

Le tube t prolongeant ce dernier était alors scellé. On ouvrait le robinet  $r_3$  et après avoir de nouveau réalisé le vide, on fermait  $r_5$  et faisait remonter le mercure au-dessus du niveau (m).

En tournant le robinet  $r_4$ , l'aiguille de radon était brisée et celui-ci se répandait librement dans l'espace B. Par  $r_5$ , on y admettait ensuite une quantité de méthane dont la pression, environ 7 cm de Hg, était déterminée avec exactitude au moyen du manomètre  $M_1$ .

Après la lecture, le mercure était bloqué par fermeture du robinet  $r_2$  et la pointe effilée du tube t était cassée. L'air pénétrait ainsi dans la chambre B et il chassait sur son passage le méthane et les dernières traces de radon restées dans la canalisation.

Connaissant la pression atmosphérique P et la pression p de méthane introduit, on pouvait calculer le pourcentage de ce dernier par la formule  $100 p/P$ . Une fois le mélange préparé, on attendait encore 10 minutes.

L'expérience, en elle-même, consistait à ouvrir rapidement le robinet R. Le mélange se détendait brusquement dans la chambre à réaction et l'intervalle de temps écoulé jusqu'au moment où apparaissait la flamme était noté comme retard à l'inflammation.

La pression d'expérience étant celle réalisée immédiatement après la détente, on la déterminait par un essai à blanc où le mélange combustible était remplacé par de l'air; elle était d'environ 60 cm de Hg.

#### Résultats expérimentaux

Afin de vérifier si le retard à l'inflammation ne s'identifiait pas simplement avec le temps nécessité par l'échauffement des gaz jusqu'à la température de la chambre à réaction, nous avons opéré comme suit: Le récipient A ayant été vidé, on ferme le robinet R et par  $r_4$  on laisse entrer l'air dans le réservoir B. Le manomètre  $M_1$  est ensuite équilibré à la pression atmosphérique et le mercure amené

très exactement à la pointe p est bloqué au moyen de  $r_2$ . On ouvre R et immédiatement après on referme  $r_4$ , on ouvre  $r_2$  et on examine si le niveau du mercure a subi quelque modification. Jamais le moindre mouvement du mercure, indice d'un réchauffement ultérieur de l'air dans A n'a pu être décelé. Les gaz prennent par conséquent la température du four en un laps de temps inférieur à celui séparant les moments où l'on a tourné pour la dernière fois les robinets R et  $r_4$ .

Dans les manœuvres les plus rapides, ce temps était de  $5/5$  de seconde. Les retards observés étant couramment de l'ordre de 6 à 7 secondes, doivent donc être attribués à une autre cause.

Au cours des premières mesures, nous avons recherché un mode opératoire conduisant à des résultats reproductibles. Ces mesures groupées dans le tableau II étaient peu satisfaisantes au début.

Tableau II

Pression de l'expérience: entre 60 et 62 cm Hg  
Concentration en  $CH_4$ : 8,7 %

N°	c	r	t
7	677,2°	6"8	plus de 8', non contrôlé
8	677,2°	7"0	idem
9	677,4°	7"8	idem
10	677,6°	7"6	idem
11	677,7°	7"6	idem
12	677,7°	6"4	idem
15	678,0°	6"4	idem
14	677,9°	6"4	idem
15	677,9°	5"8	4'
16	677,8°	6"6	7'
17	677,7°	6"9	8'
18	677,8°	5"6	1'
19	677,9°	7"	10'
20	677,6°	5"	1'
21	677,4°	8"2	20'
22	677,5°	8"2	20'
23	677,5°	8"4	20'
24	677,5°	8"4	20'

N° : numéro de l'essai.

C : température de l'expérience en degrés centigrades.

r : retard à l'inflammation.

t : temps pendant lequel on fait le vide dans la chambre à réaction avant chaque essai.

A partir de l'essai 15, nous avons contrôlé la période de vidange et nous avons constaté que les irrégularités provenaient d'un pompage incomplet. Pour les expériences 18 et 20 où ce dernier était inférieur à 1 minute, les retards diminuaient, en effet, de 30 % et pour les quatre dernières où il était de 20 minutes, ceux-ci restaient constants à 2 % près. Par la suite, nous avons donc pris soin de dégazer la chambre à réaction pendant 20 minutes entre chaque essai.

Dans le tableau III nous relatons les résultats obtenus pour une série de mesures où les expériences se succédant immédiatement une fois en présence de radon puis en absence de radon, étaient par ailleurs effectuées dans des conditions tout à fait identiques.

Tableau III

Pression de l'expérience : entre 60 et 62 cm Hg

Concentration en CH<sub>4</sub> : 8,7 %

N°	C	r	t	m
30	678,0°	7"	20'	—
31*	677,9°	6"8	20'	2,16
32	678,0°	7"4	20'	—
33*	677,8°	7"2	20'	1,73
34	677,5°	7"4	20'	—
37*	677,7°	6"8	20'	1,92
38	677,6°	7"	20'	—

m : quantité d'émanation introduite exprimée en milli-curie\*

On constate que la moyenne des retards est de 6"9 en présence d'émanation et de 7"1 en milieu normal. L'influence de l'ionisation est donc pratiquement nulle.

Dans une seconde partie, nous avons principalement porté notre attention sur la température d'inflammation.

Nous reproduisons ici un tableau extrait du Paper n° 9 du « Safety in Mines Research Board » où cette température est donnée en fonction du pourcentage en CH<sub>4</sub>.

% de CH <sub>4</sub>	2,45	4,05	6,00	8,00	10,15	11,40	12,80
Température d'inflammation en °C	690	684	685	692	705	711	720

Comme nous ne prétendons pas obtenir une précision supérieure à 13°, nous avons opéré à deux températures seulement, distantes de 12° en moyenne et gravitant à 1° près autour de 690° et de 678°. Quant aux concentrations en méthane, elles étaient comprises entre 8 et 10,3 %, ce qui, d'après le tableau ci-dessus, correspond à une différence de 13° environ pour les températures d'inflammation.

Tous nos essais étaient donc répartis au hasard à l'intérieur du domaine limité par le rectangle représenté à la figure 29. Comme ils ont donné lieu à 21 inflammations sur un total de 40 expériences, on peut estimer que la diagonale tracée dans le rectangle appartient à la courbe limitant le domaine d'inflammation au voisinage du point choisi pour effectuer nos mesures.

Les résultats obtenus sont reportés au tableau IV dans lequel les essais en milieu ionisé sont repérés par un astérisque.

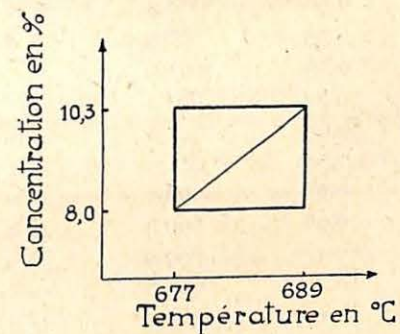


Figure 29

Tableau IV

Pression de l'expérience entre 60 et 62 cm de Hg

N <sup>o</sup>	% CH <sub>4</sub>	°C	r	m
45 +	8,15	677,7	7"	—
46 +	8,07	678,1	7"4	—
47 +	8,21	677,6	7"4	—
48 —	9,77	677,8	—	—
49 —	9,78	677,8	—	—
50 —	9,79	677,8	—	—
51 —	9,77	677,8	—	—
52 +	8,92	678,9	8"2	—
55 +	8,96	679,2	8"2	—
54 +	8,89	680,0	7"4	—
55 +	8,95	680,0	7"6	—
56 —	9,52	679,5	—	—
57 —	9,54	679,2	—	—
58 —	9,45	680,0	—	—
*81 —	9,48	676,6	—	2,51
*82 —	9,67	679,5	—	1,65
*83 —	9,60	679,1	—	1,87
*84 +	8,85	677,7	7"4	2,01
*85 +	8,84	679,6	6"4	2,05
*86 +	8,84	679,6	6"4	2,05
61 +	9,50	688,9	6"	—
*62 +	9,55	688,9	6"2	1,79
*63 +	9,65	691,6	6"	—
*64 +	9,74	691,1	6"	1,44
65 —	9,95	691,0	—	—
*66 +	9,94	691,5	6"2	1,90
67 +	9,95	692,5	6"0	—
*68 +	9,96	690,4	6"2	1,82
69 +	10,11	690,4	6"2	—
*70 —	10,19	689,8	—	2,14
71 +	10,12	689,5	6"2	—
*72 —	10,15	689,4	—	2,52
73 —	10,25	689,5	—	—

*74 +	10,25	689,5	6"4	—
*75 +	10,52	690,6	6"0	1,85
*76 —	10,28	691,2	—	1,91
77 —	10,48	691,4	—	—
*78 —	10,45	691,0	—	2,17
79 —	10,45	691,5	—	—
*80 —	10,50	—	—	1,70

Ils peuvent se résumer schématiquement comme suit :

	+	—
En présence de radon	8	8
Sans radon	15	11

(+) nombre d'expériences donnant lieu à l'inflammation ;

(—) nombre d'expériences ne donnant pas l'inflammation.

On voit que le rectangle de la figure 29 reste bien centré autour d'un point d'inflammation qu'il y ait ou non du radon dans la cellule de combustion. Ce point a comme abscisse 685° et comme ordonnée 9,1 %.

Mason et Wheeler trouvent pour cette concentration 697° ; la différence provient sans doute de la dimension différente de notre cellule de quartz (1). Taffanel et Le Floch ont montré, en effet, que la température varie quelque peu avec le volume de la chambre à réaction (2). Dans un récipient de 15 cm<sup>3</sup>, elle est, par exemple, de 736° pour le mélange à 8 % de méthane, tandis que dans un récipient de 275 cm<sup>3</sup>, elle est de 684°.

Le tableau V donne encore la moyenne des retards aux deux températures d'expériences avec ou sans radon.

Tableau V  
Retard à l'inflammation

	678°	692°
Avec radon	7"	6"1
Sans radon	7"6	6"1

(1) Mason et Wheeler (Journ. Chem. Soc. 1922 — 121 — 2079).

(2) Faffanel et Le Floch (Compt. rend. 1913 — 156 — 1544 — 155 — 469 — 595 — 714).

En résumé, l'ionisation a peut-être bien une légère tendance à diminuer le retard et à baisser la température d'inflammation, mais ces effets, s'ils existent, sont inférieurs à 5 % et à 5°.

*Calcul de l'ionisation et conclusions (1).*

En raison de leurs charges de signes opposés, les ions se recombinaient très facilement et si aucune cause ionisante n'agissait sur le milieu, ils disparaîtraient tous au bout de quelques fractions de seconde.

Lorsqu'un gaz contient du radon et est par conséquent soumis à l'action des particules  $\alpha$ , il y a production d'ions en même temps que recombinaison. Dans ces conditions, il s'établira un régime stationnaire où le calcul de la concentration atteinte présentera toutefois quelques difficultés, du fait que les ions fraîchement produits restent dans le sillon de la trajectoire où, en raison de leur concentration élevée, ils se recombinaient en majeure partie avant d'avoir eu le temps de se diffuser dans la masse gazeuse. Dans l'air, à la pression atmosphérique, le volume à l'intérieur duquel les ions restent compris, serait de  $2 \times 10^{-5} \text{ cm}^3$  et contiendrait initialement 400.000 ions. Ces valeurs ne changent pas beaucoup pour les mélanges que nous avons étudiés.

Il n'y a donc aucune homogénéité dans la distribution des ions et, pour calculer leur concentration moyenne, nous devons connaître leur nombre à l'intérieur de chaque colonne.

A cette fin, nous supposons que les particules sont émises à des intervalles de temps réguliers. Sachant que 1 milli-curie de radon rayonne par seconde  $3,7 \times 10^7$  particules, il y aura dans la cellule de réaction contenant environ 0,4 milli-curie de radon au moment de l'expérience, une particule émise toutes les  $6,4 \times 10^{-8}$  secondes.

À l'instant considéré, il vient de passer une particule  $\alpha$ . Elle a produit 400.000 ions. A ceux-ci, il faut ajouter ceux provenant des particules émises antérieurement. Or, d'après la loi bimoléculaire de recombinaison des ions  $dn/dt = -kn^2$ , où  $n$  est la concentration des ions et  $k$  la constante de recombinaison, la concentration au temps  $t$  sera :

$$n = \frac{1}{kt + \frac{1}{n_0}}$$

où  $n_0$  est la concentration initiale.

Soit  $t'$  l'intervalle de temps séparant l'émission de deux particules successives, le nombre  $N_1$  d'ions encore présents dans la trajectoire qui a précédé immédiatement la dernière, sera :

$$N_1 = \frac{v}{kt' + \frac{1}{n_0}}$$

où  $v$  est le volume d'un sillon.

Pour la précédente, on aura :

$$N_2 = \frac{v}{2kt' + \frac{1}{n_0}}$$

et en général, pour celle de rang  $i$  :

$$N_i = \frac{v}{ikt' + \frac{1}{n_0}}$$

En remplaçant les constantes par leur valeur :

$$v = 2 \times 10^{-5} \text{ cm}^3$$

$$n_0 = 2 \times 10^{10} \text{ ion/cm}^3$$

$$k = 1,5 \times 10^{-6} \text{ cm}^3/\text{ion.sec.}$$

$$t' = 6,4 \times 10^{-8} \text{ sec.}$$

il vient :

$$N_i = \frac{2,1 \times 10^8}{i + 521}$$

et le nombre total d'ions présents à l'instant considéré sera :

$$N = \sum_{i=0}^{i=h} N_i = 2,1 \times 10^8 \sum_{i=0}^{i=h} \frac{1}{i + 521}$$

en remarquant que :

$$\sum_{i=0}^{i=h-1} \frac{1}{i+a} = \sum_{i=a}^{i=h+a-1} \frac{1}{i}$$

$$\text{on aura : } N = 2,1 \times 10^8 \sum_{i=521}^{i=h+521} \frac{1}{i}$$

$$\text{ou encore : } N = 2,1 \times 10^8 \left( \sum_{i=1}^{i=h} \frac{1}{i} - \sum_{i=1}^{i=521} \frac{1}{i} \right)$$

Or, la somme des termes de la série harmonique  $1/i$  est donnée approximativement par la formule :

$$\sum_{i=1}^{i=h} \frac{1}{i} = c + \ln h$$

où  $c$  est la constante d'Euler. Cette formule s'applique déjà avec une précision supérieure au  $1/2$  pour cent lorsque  $h = 20$ .

Comme ici  $h$  a une valeur beaucoup plus grande, il est légitime d'écrire :

$$N = 2,1 \times 10^8 (c + \ln h - c - \ln 521) = 2,1 \times 10^8 \ln h/521$$

Les particules effaçant sur leur passage l'ionisation produite par les particules antérieures,  $h$  sera du même ordre de grandeur que le rapport  $V/v = 5 \times 10^6$  du volume de la chambre à réaction au volume d'une colonne ionisée et par suite :

$$N = 2,1 \times 10^8 \ln \frac{5 \times 10^6}{521} = 2,26 \times 10^9$$

Les ions étant contenus dans un volume de  $100 \text{ cm}^3$ , la concentration sera de  $2,26 \times 10^7$  ions par  $\text{cm}^3$ . Si l'on avait pris pour  $h$  une valeur 100 fois plus grande, on aurait trouvé  $3,85 \times 10^7$  ions par  $\text{cm}^3$ , c'est-à-dire moins du double de la valeur précédente.

On voit donc que les variations de  $N$  provenant du choix de  $k$  sont petites et nous estimons que la concentration en ions sera en tout cas comprise entre  $10^7$  et  $10^8$  ions par  $\text{cm}^3$ .

Cette valeur est 1.000 à 10.000 fois supérieure à celles trouvées jusqu'ici dans les mines.

Je remercie vivement M. le Professeur Mund de l'intérêt qu'il a pris à ce travail et des conseils qu'il n'a cessé de me prodiguer.