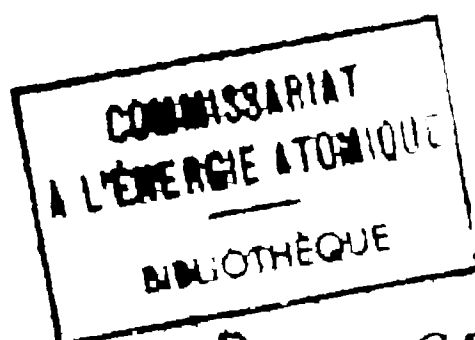


COMMISSARIAT A L'ÉNERGIE ATOMIQUE

**MESURE DE LA RADIOACTIVITE
DE L'ATMOSPHERE ET DE LA POLLUTION
AU VOISINAGE D'UN CENTRE ATOMIQUE**

J. LABEYRIE et J. WEILL



Report C.E.A. n° 442

P. 353 (niveau 23 B)

1955

Rapport C.E.A. n° 442 -

Service des Constructions électriques

MESURE DE LA RADIOACTIVITE DE L'ATMOSPHERE
ET DE LA POLLUTION AU VOISINAGE D'UN CENTRE ATOMIQUE

par

J. LABEYRIE et J. WEILL

Communication du C.E.A. à la Conférence de Genève

- Août 1955 -

Communication de la France

MESURE de la RADIOACTIVITE de l'ATMOSPHERE
et de la POLLUTION au VOISINAGE d'un CENTRE ATOMIQUE

par Jacques LABEYRIE (1) et Jacky WEILL (2)

- 1 . Le C.E.A. est particulièrement intéressé par l'étude de la radioactivité atmosphérique en raison de la nécessité qu'il y a de contrôler la non pollution de l'atmosphère au voisinage de ses installations, en particulier :
 - au voisinage des mines d'uranium où des quantités importantes de radon et poussière de minerai peuvent être mises en suspension dans l'air ;
 - au voisinage des réacteurs atomiques où des gaz de refroidissement plus ou moins pollués par de l'argon 41 et, éventuellement, en cas d'accident par des produits de fission sous forme de fumée, peuvent être projetés dans l'atmosphère ;
 - au voisinage des laboratoires chauds ou des usines de traitements des matériaux fissiles irradiés où peuvent se trouver émises des quantités importantes de gaz radioactifs, xenon, krypton, iode, ou des produits de fission sous forme de fumée ou de brouillard.
- 2 . Le C.E.A. a donc été amené à mettre au point des appareils destinés à fonctionner en permanence et avec un minimum de surveillance, le plus souvent dans des cabanes sommairement équipées et protégées, capables de détecter tous les gaz et toutes les fumées ou brouillards radioactifs indiqués ci-dessus.
3. La sensibilité de ces appareils doit être suffisante pour détecter tous les éléments dangereux, même s'ils ne sont présents qu'à une concentration très inférieure à la dose de tolérance admise.
4. Ces appareils sont actuellement au point et équipent dès maintenant, un certain nombre de stations dans la région parisienne. L'équipement de plusieurs autres stations en province avec ces mêmes appareils est prévu pour le semestre prochain.

(1) Chef de la Section d'Electronique Physique au C.E.A.
(2) Ingénieur au C.E.A.

5 . Ces appareils sont essentiellement de deux types : l'un appelé "Babar" est destiné à compter les fumées, brouillards et poussières [1] (figure 2) ; l'autre type destiné à la mesure des gaz est appelé compteur à dérivation différentielle (figure 3). Sur la figure 1 est indiqué le schéma d'une station équipée de ces deux appareils.

6 . 1) - "BABAR".-

Cet appareil est ainsi constitué :

- un aspirateur d'air à double étage (débit : 50, 100 et 150 litres/minute, sous une pression de 100 cm H₂O),
- une bande de papier filtre spécial en cellulose, type SCHNEIDER vert (pouvoir d'arrêt : 75 % pour les aérosols de bleu de méthylène, de taille moyenne 0,3 μ) ; cette bande est continuellement en déroulement lent (vitesse : 0,20, 1 ou 5 mm/minute) et arrête les poussières contenues dans l'air aspiré ; le magasin contient environ 40 mètres de ce papier filtre ;

L'aspiration à travers le papier se fait par un orifice circulaire de 35 mm de diamètre, placé à faible distance (variable de 0 à 15mm) sous la fenêtre mince (2 mg/cm²) et de même surface que celle de l'orifice d'aspiration, d'un compteur cloche semi-proportionnel (type CEA 8 AP 7). La bande de papier filtre passe ensuite, après un laps de temps variable de 3 à 50 heures sous un second détecteur de rayonnement, constitué par un photomultiplicateur (DUMONT 6.291) habituellement muni d'un scintillateur pour rayons α (couche mince de SZn recouvert de 0,6 mg/cm² d'aluminium).

7. Le premier détecteur, qui peut fonctionner soit en régime semi-proportionnel (comptage des rayons α seuls), soit en régime Geiger (comptage des rayons α + β + γ), sert à examiner l'activité du dépôt sur le filtre des poussières, fumées, brouillards immédiatement après leur capture. Ses indications sont transmises à un enregistreur (MECI, micromax) de 25 cm de largeur de bande, à travers un préamplificateur et un intégrateur ; on peut, en outre, lorsque l'importance des taux de comptage l'exige, y ajouter deux décades (ensembles standard à tiroirs, du C.E.A.).

8 . Le second détecteur est destiné à mesurer l'activité résiduelle au bout du laps de temps indiqué ci-dessus, lorsque le peu d'activité de l'élément recherché oblige à le différencier de l'activité plus importante d'un autre élément qui a une courte période. C'est le cas, par exemple, lorsqu'il s'agit de mesurer la concentration de l'air en aérosols de plutonium, dont la dose de tolérance (2.10⁻¹² curie par m³ d'air) produit dans cet appareil environ 4 impulsions par minute. Cette faible activité est masquée par la radioactivité spontanée de l'atmosphère, due aux dérivés du radon qui y sont toujours présents en concentration plus ou moins forte ; la valeur moyenne de cette concentration, dans la région parisienne produit dans le premier détecteur environ 200 impulsions par minute ;

la période des dérivés du radon étant de 1/2 heure environ, cette activité naturelle de la poussière sera devenue négligeable au bout de 6 heures devant l'activité due au plutonium, si celui-ci est présent dans l'air à une concentration égale à la dose de tolérance. De la même façon on peut mesurer les concentrations en uranium, radium, polonium, thoron ou, en changeant le scintillateur, en strontium, etc... Les indications du second détecteur sont enregistrées au moyen d'un dispositif spécial d'intégration sur le même enregistreur que celles du premier détecteur. Une épaisseur de plomb de 5 cm protège celui-ci des rayonnements parasites γ .

9. L'appareil marche continuellement sans surveillance, consomme environ 400 watts (115 à 250 volts, 50 cycles/sec) et pèse environ 60 kilogs.
10. L'aspiration de l'air aux endroits suspects peut se faire jusqu'à 100 mètres de distance de l'appareil au moyen de tuyaux métalliques souples de 40 mm de diamètre.
11. L'étalonnage est réalisé par aspiration d'aérosols standard marqués par les dérivés du radon. Ces aérosols standard sont formés par fixation de dérivés du radon sur des fumées d'oxyde de fer, ou sur les poussières atmosphériques locales. Des études préalables ont permis de déterminer la proportion du dépôt actif qui se fixe sur les aérosols en fonction de divers paramètres : concentration et dimensions des aérosols, dimensions de la chambre où se fait la fixation [2].
12. La sensibilité de l'appareil pour différents aérosols radioactifs est indiquée dans le tableau I.

13. 2) CHAMBRES D'IONISATION DIFFERENTIELLES.-

Cet appareil est destiné à mesurer la concentration dans l'air de gaz actifs tels que $C^{14}O_2$, A^{41} , Rn^{222} etc... L'air, après filtration (c'est ordinairement l'air sortant du Babar que l'on utilise) est envoyé continuellement dans une chambre d'ionisation métallique de grand volume, de forme parallélépipédique (2m40x1m10x0m40). Le volume utile est de 850 litres environ. Une seconde chambre, identique à celle-ci, mais sans circulation d'air est placée à proximité immédiate. Après amplification au moyen d'un amplificateur symétrique on enregistre les courants donnés par chacune des deux chambres, et leur différence.

14. Dans un endroit non contaminé, et sous un toit léger, le courant de bruit de fond de la chambre fermée (dû aux rayons cosmiques et aux rayons γ locaux) est de l'ordre de $2 \cdot 10^{-12}$ ampère ; celui de la chambre ouverte est le même habituellement ; cependant il peut lui être supérieur, certains jours, de quelques dizaines de % à cause de la présence du radon naturel, dont la concentration dans l'air augmente parfois d'un facteur supérieur à 10.

15. Une concentration de radon de 10^{-8} curie par m^3 d'air produit une augmentation de $6.10^{-12}A$ environ compte-tenu de la formation du dépôt actif (voir figure 4).
16. Une concentration d'argon 41 de 10^{-6} curie par m^3 d'air produit une augmentation de courant de $8.10^{-12}A$. On peut en déduire que 35 cm environ de parcours des rayons β de l'argon 41 est utilisé en moyenne dans la chambre.
17. Sur la figure 5 on a indiqué l'activité mesurée simultanément dans trois chambres parcourues successivement par le même courant gazeux, après qu'on a introduit dans l'une d'elles, à l'instant zéro un litre d'air contenant 10^{-6} curie d'argon.
18. Sur la figure 6 est indiqué un exemple du triple enregistrement dont on a parlé ci-dessus, obtenu par une nuit typique où il y avait inversion de température dans la région parisienne. L'activité est due au radon exhalé en permanence du sol.
19. Sur la figure 7 est indiqué un autre enregistrement d'accroissement d'activité (s'élevant jusqu'à $8,5.10^{-10}$ curie de radon par mètre cube) dû lui aussi à une inversion. Les valeurs indiquées sont celles de la différence des courants dans deux chambres, du premier détecteur du Babar, mesurant ici l'activité due aux dérivés du radon et du 2ème. détecteur du Babar, mesurant l'activité due aux dérivés du thoron. (Ces derniers qui sont environ cent fois moins abondants que ceux du radon nécessitent une détection différée). Le débit d'air étant d'environ 60 litres par minute, la sensibilité indiquée pour la voie I sur la figure 7 est environ les $2/3$ de celle qui est indiquée dans le tableau I.
20. L'examen des enregistrements donnés au cours de l'année 1954 par deux de ces stations situées à 20 km l'une de l'autre dans la région parisienne montre que l'activité due au radon varie dans le même sens, en même temps, et à peu près avec la même amplitude dans les deux stations.

- BIBLIOGRAPHIE -

- [1] Labeyrie J, Pellé M. Enregistreur pour aérosols radioactifs, J. Phys. Rad. 14 : 477 (1953)
- [2] Labeyrie J, Thèse, Mesure des concentrations des aérosols radioactifs α , PARIS (1953).

TABLEAU I (sensibilité du Babar (a))

Aérosols	Dose de tolérance (en curie/m ³)	Indication du Babar pour une dose de tolérance (en impulsions par minute)	Limite pratique de sensibilité (en dose de tolérance)
U naturel	2.10 ⁻¹¹	35	1/20 (b)
Pu (soluble insoluble)	3.10 ⁻¹³	0,3	5 "
	2.10 ⁻¹²	2	8/10 "
Rn (dérivés)	10 ⁻⁸	10 ⁻⁴	1/100
Ra	2.10 ⁻¹²	2	8/10
Sr ⁹⁰ Y ⁹⁰	10 ⁻¹⁰	2.10 ²	{ 1 1/100 (b)
Na ²⁴	2.10 ⁻⁶	2.10 ⁶	1/10.000

(a) Vitesse de déroulement du filtre 1 mm/minute
débit : 100 litres/minute

(b) en différé (de 10 heures)

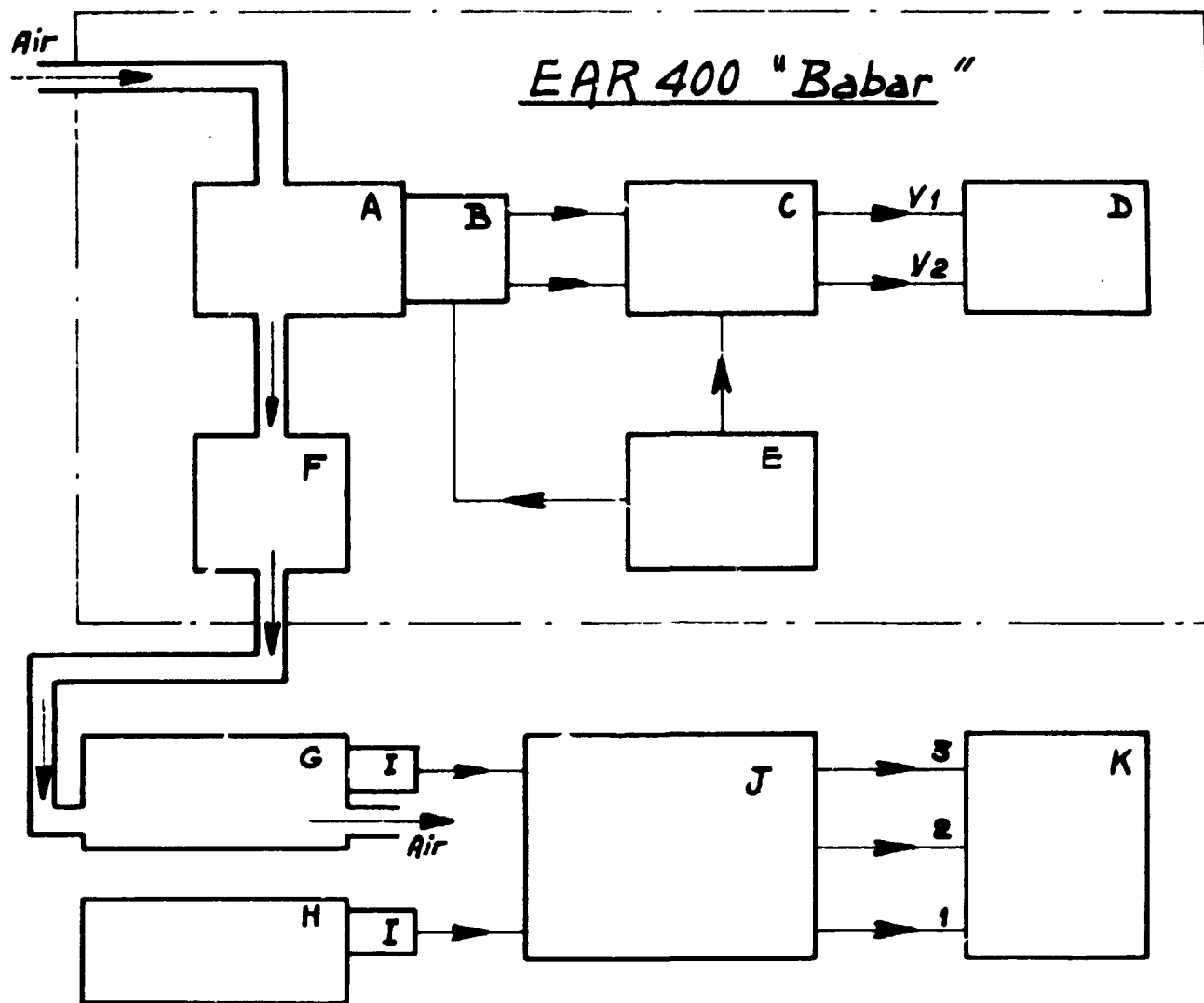
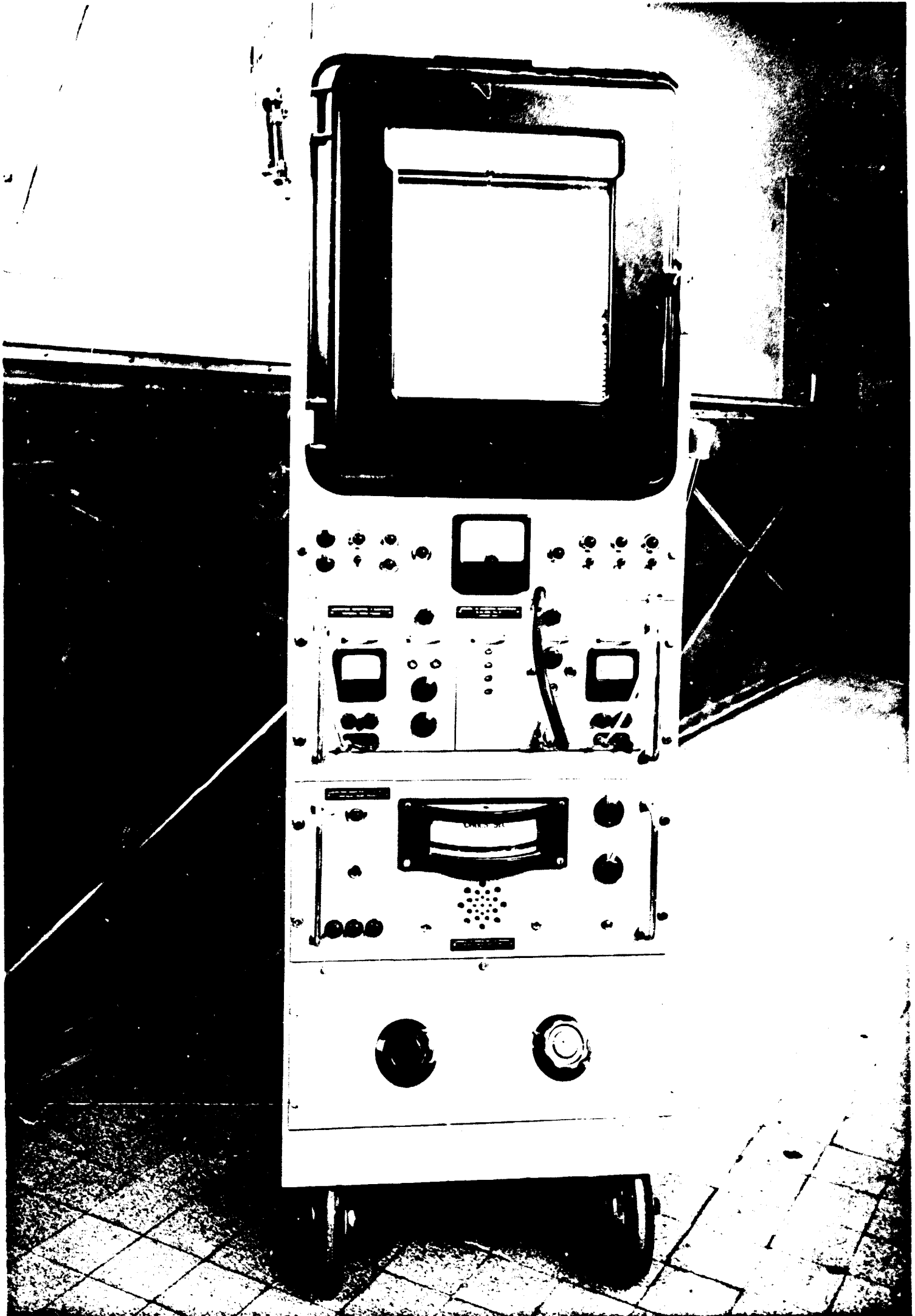


Schéma de la station - Fig.1

- A - Filtre et aspirateur
- B - Compteur GM (V1) - Photomultiplicateur muni d'un scintillateur (V2)
- C - Amplificateurs et intégrateurs
- D - Enregistreur à 2 voies
- E - Alimentations H.T. et T.H.T.
- F - Filtre éliminant les poussières dues au collecteur de l'aspirateur
- G - Chambre d'ionisation ouverte
- H - " " " fermée
- I - Préamplis à couran. continu
- J - Ampli à courant continu symétrique
- K - Enregistreur à 3 voies



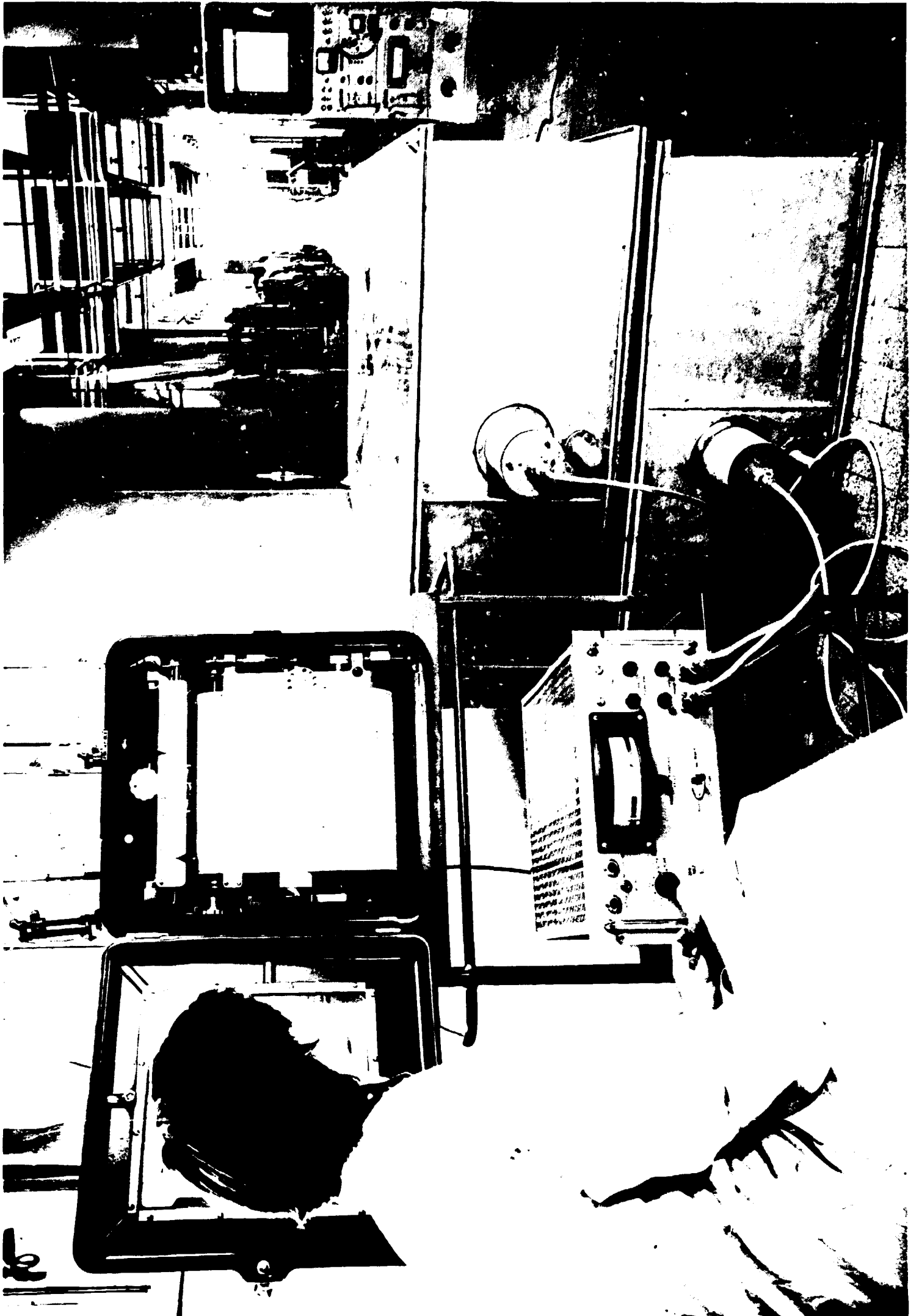


Fig. 4

Chambre à mouvement propre volume 1 m^3

Introduction en A de 20^{-6} curies de Radon curies

Étalonnage par le Radon des chambres différentielles

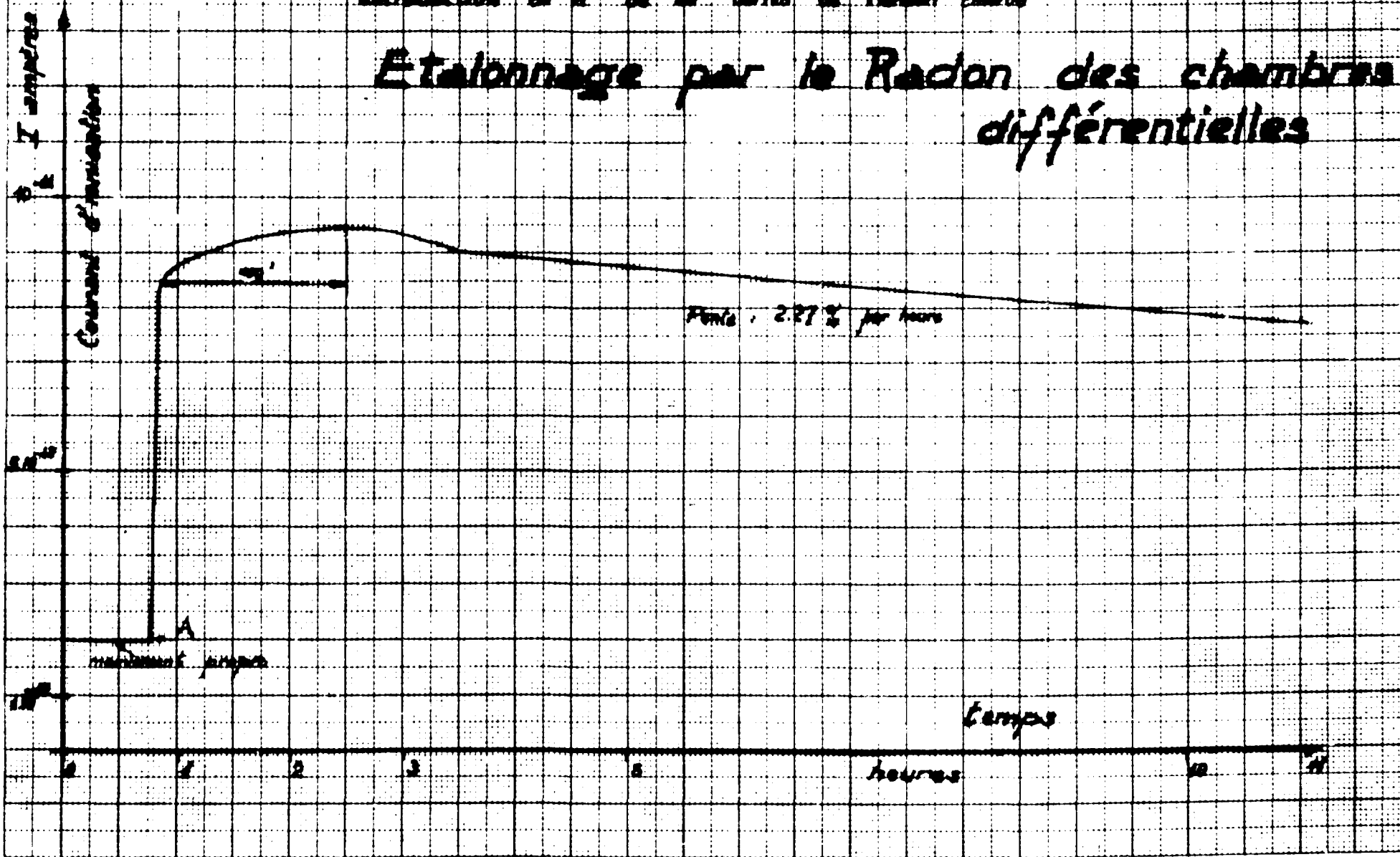
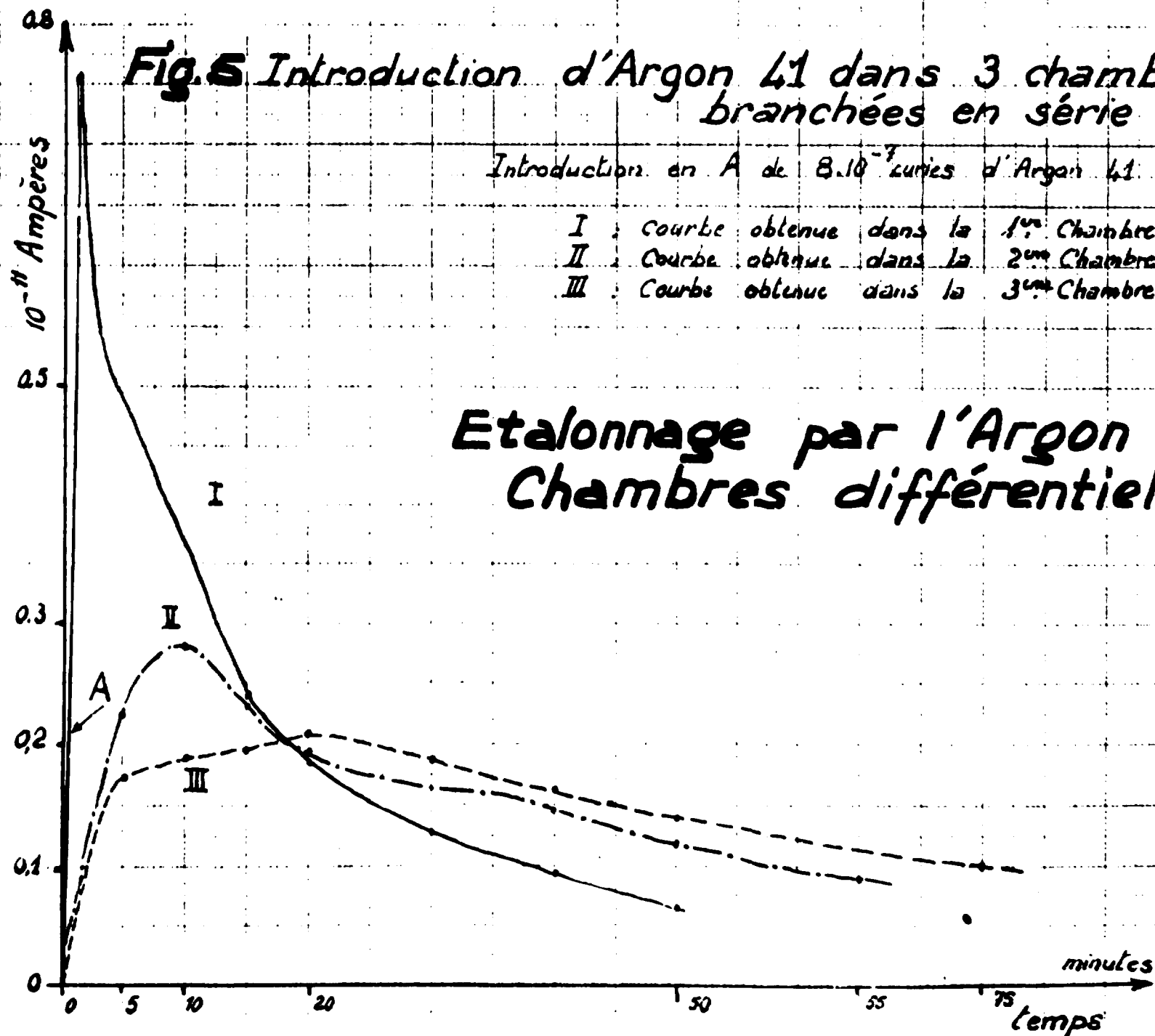


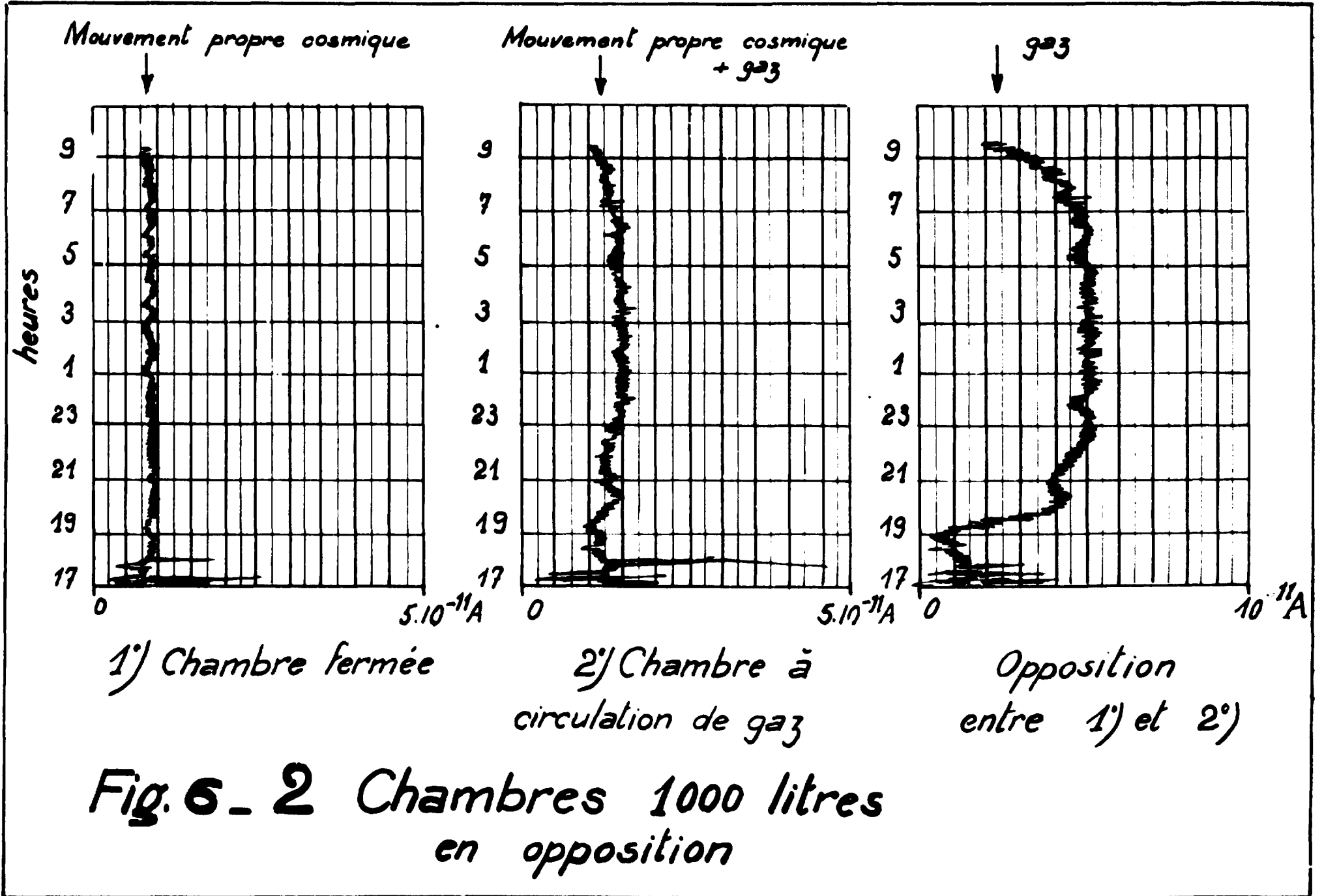
Fig. 5 Introduction d'Argon 41 dans 3 chambres branchées en série

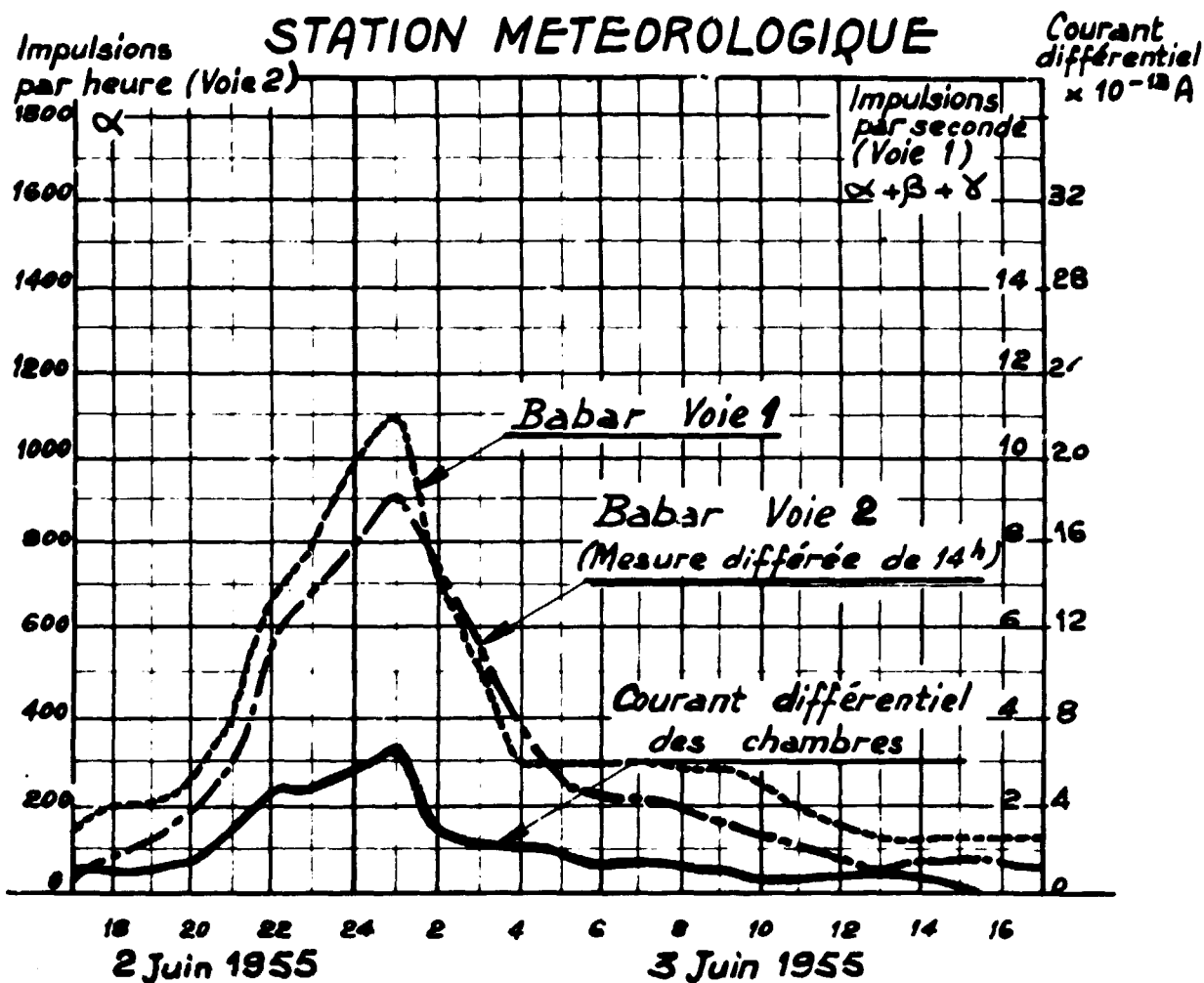
Introduction en A de $8 \cdot 10^{-7}$ curies d'Argon 41

- I : Courbe obtenue dans la 1^{re} Chambre
- II : Courbe obtenue dans la 2^{me} Chambre
- III : Courbe obtenue dans la 3^{me} Chambre

Etalonnage par l'Argon des
Chambres différentielles







Enregistrement simultané du courant différentiel et des voies instantanée (1) et différée (2) du "Babar"

Fig. 7

FIN