

FACTEURS ATMOSPHÉRIQUES ASTROPHYSIQUES ET LES GRANDES GERBES D'AUGER

Par A. DAUDIN et J. DAUDIN.

Observatoire du Pic du Midi (Bagnères-de-Bigorre).

Sommaire. — La loi de fréquence des gerbes de l'air fournit un moyen simple de calculer l'effet de la température de l'air sur leur numération; les précédentes évaluations du coefficient barométrique souffraient d'une précision insuffisante et surtout incertaine. A 550 m et à 2860 m d'altitude nous avons enregistré un nombre de coïncidences trois et huit fois supérieur à ceux qui avaient conduit aux précédentes évaluations. Nous n'avons pas trouvé de différence dans l'effet barométrique que les compteurs soient écartés de 55 ou de 75 m. Dans le second cas les fluctuations sont anormales et une variation diurne a pu être attribuée avec vraisemblance à un effet astrophysique.

Les grandes gerbes une fois découvertes, l'on s'est intéressé à leurs fluctuations dans le temps. Auger, Mazé et Robley, puis Cosyns, Daudin, Patane ont étudié les fluctuations avec la pression. Ils ont trouvé les coefficients barométriques indiqués dans le tableau I.

On voit que l'effet barométrique était mal connu. Il ne se distingue pas d'une absorption pure. Monter d'un niveau isobarique H au niveau $H - \Delta H$ équivaut au passage d'une dépression de profondeur ΔH . Au contraire pour les mésons il intervient aussi un fort effet de distance. Ce résultat était en accord avec la théorie des cascades comme l'a souligné encore récemment Cocconi [7] qui a vérifié cette concordance quantitativement.

Puisqu'aujourd'hui on pense généralement que les grandes énergies dans les gerbes d'Auger ne sont pas transportées par des électrons et des pho-

tons, on peut se demander si cet accord résistera à une étude plus poussée.

Avant d'examiner les résultats expérimentaux nous allons montrer qu'en dehors de la pression, la densité de l'air doit intervenir également.

Effet théorique de densité. — En l'absence de toute radioactivité (absorption par le temps) les corpuscules de gerbes se multiplient et meurent à un rythme proportionnel au nombre N de noyaux par cm^3 . Par exemple les trajets que parcourent un électron avant de rayonner, un photon avant de se matérialiser sont inversement proportionnels à N . De même les pertes d'énergie par ionisation, rayonnement, la fréquence de scattering sont proportionnels à N .

Si la densité du milieu est modifiée de $\frac{\Delta d}{d}$, la figure constituée par une gerbe est dilatée ou réduite

dans un rapport de similitude linéaire égal à $\frac{1}{1 + \frac{\Delta d}{d}}$.

Si la figure formée par le dispositif récepteur (compteurs) variait dans la même proportion, le nombre de coïncidences ne varierait pas ou plutôt il varierait sous l'effet d'une seule cause : la densité des particules primaires génératrices de gerbes qui, elle, n'est pas affectée par N .

Ainsi le même dispositif récepteur de surface réduite de $\frac{1}{\left(1 + \frac{\Delta d}{d}\right)^2}$ enregistrerait un nombre de gerbes proportionnel au nombre de primaires sur cette surface réduite, et donc proportionnel à $\frac{1}{\left(1 + \frac{\Delta d}{d}\right)^2}$.

Puisque le dispositif de réception n'est pas modifié en réalité, on doit effectuer deux autres corrections.

1° Par rapport à la figure contractée, la distance fixe entre les compteurs s'est accrue en valeur relative de $1 + \frac{\Delta d}{d}$. Or la fréquence des coïncidences n varie comme la distance d à la puissance β . Les valeurs de β sont assez mal connues. Auger, Maze et Robley [8] ont trouvé 0,47 pour les coïncidences entre deux compteurs de 240 cm². Della Corte [9] entre compteurs de surface voisine de 100 cm² a trouvé $\beta = 0,5$. Entre 4 et 50 m on peut déduire au Pic du Midi des expériences de Loverdo et Daudin [10] pour des compteurs de 1300 cm² : $\beta = 0,4$. Des observations étudiées ici on peut déduire entre 5 et 75 m un $\beta = 0,37$ pour des surfaces de 1950 cm². On voit que β n'est pas une constante mais diminue notablement lorsqu'on augmente la surface des compteurs. Il est plus sage de prendre ici une valeur de β égale à 0,4 puisqu'il s'agira de compteurs de grande surface.

2° La surface des compteurs s'est accrue en valeur relative de $\left(1 + \frac{\Delta d}{d}\right)^2$. Or le nombre des coïncidences n varie comme la surface à une puissance γ .

La valeur de γ est aléatoire car elle dépend de la géométrie des compteurs et il n'est pas équivalent de dilater tout le train de compteurs ou d'ajouter un nouveau compteur; γ mesuré en ajoutant de nouveaux compteurs vaut 1,3 au Pic du Midi pour des surfaces de l'ordre de 2000 cm². Cette valeur est certainement trop faible pour l'application que nous faisons ici. Il faudrait prendre $\gamma = 1,35$ au moins.

Au total le nombre des coïncidences va varier comme

$$n = A \left(1 + \frac{\Delta d}{d}\right)^{2\gamma - \beta - 2}$$

$$\frac{\Delta n}{n} = 0,3 \frac{\Delta d}{d} \quad \text{pour} \quad \frac{\Delta d}{d} \text{ petit.}$$

Le facteur 0,3 est si mal connu que l'on peut simplement en donner l'ordre de grandeur.

Conclusion. — La densité de l'air varie avec la pression et avec la température :

a. Avec la pression : une variation de pression de 1 cm Hg doit entraîner une variation de même sens de 0,4 pour 100. Il en résulte que le coefficient barométrique observé est sous évalué. Dans les recherches en très haute altitude on devrait tenir compte de cet effet; à 7000 m par exemple, corriger *en plus* la fréquence observée d'environ 30 pour 100 ce qui n'est pas négligeable.

b. On déduit aisément un facteur de température de -1 pour mille par degré centigrade puisque $\frac{\Delta d}{d}$ est égal à $\frac{\Delta t}{300}$ aux températures ordinaires.

D'autres facteurs peuvent faire varier également la densité de l'air. Il est pour le moment impossible de prévoir la variation de ces effets aux grandes distances. γ augmente (de 0,12 entre 4 et 50 m au Pic du Midi entre 130 et 1300 cm²); β augmente également pour les faibles surfaces à partir de 40 m d'après Auger, Maze et Robley. Mais cette variation de β ne paraît pas exister entre 50 et 75 m pour les grandes surfaces de compteurs, autrement dit le coude de la courbe de décohérence paraît repoussé vers les grandes distances lorsqu'on emploie de grandes surfaces. La valeur de l'effet de densité de l'air est donc imprévisible pour des compteurs très éloignés.

Disposition des expériences. — Les compteurs écartés de leur diamètre ont d'abord été disposés en parallèle comme exposé antérieurement [11]. La distance entre les deux groupes extrêmes de compteurs était de 5,20 m à Bagnères et de 5 m au Pic du Midi.

A Bagnères on a enregistré des coïncidences doubles entre deux bancs de dix compteurs (2,30 mn-1) et mesuré la fréquence des coïncidences fortuites qui doivent être déduites (0,65 ± 0,02 mn-1). Par la suite nous avons étudié les coïncidences fortuites d'une façon systématique et nous les avons trouvées en général stables (1) (une analyse plus détaillée de cette question fera l'objet d'une étude ultérieure). Les coïncidences fortuites sont elles même soumises à un coefficient barométrique qui est au plus égal au double du coefficient mesuré par Dupérier [12] pour les trajectoires isolées (soit 6,9 pour 100 par centimètre Hg). C'est là une limite supérieure car parmi les décharges des compteurs il en est de parasites (dues à des γ , à la radioactivité résiduelle, etc.). Les compteurs étaient protégés de la lumière. Un coefficient de 6,75 pour 100 par centimètre Hg pour le fortuites est également celui que l'on déduit de

(1) Les fluctuations observées durant 3 mois d'observation des fortuites n'ont pas dépassé 7 % et donc n'entraînent pas sur les coïncidences doubles totales un effet supérieur à 2 % à Bagnères.

TABLEAU I. — Coefficients barométriques antérieurs (1).

Auteurs.	Lieu.	Altitude (m).	Nombre de coïncidences.	Dispositifs de compteurs.	Coefficient (cm/%)
Kohlhörster.....	Berlin	—	—	Coïncidences triples	7,7
Auger, Robley, Pluvinage..	Pic du Midi	2 860	70 000 env.	» doubles entre compteurs 220 cm ² à 2 m	11
Cosyns.....	Bruxelles	—	2 500 à 3 000 (?)	Coïncidences triples avec compteurs de 120 cm ² sur 12 m	8 ± 3
Daudin.....	Paris	50	35 000	Coïncidences doubles entre compteurs 220 cm ² à 3 m	9
Patane.....	Messine	35	2 100	Quadruples entre compteurs 160 cm ² à 2 m 50	10 ± 4
»	»	35	1 800	Quadruples entre compteurs 160 cm ² à 5 m	7 ± 4

(1) L'évaluation des erreurs est sujette à caution; dans certains cas, les méthodes d'évaluation n'ont pas été indiquées, dans d'autres cas, l'erreur a été sommairement évaluée.

TABLEAU III. —

	0 ^h .	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	
<i>a. Du 13 août au 2 septembre</i>												
Coïncidences.....	—	2 395	2 314	2 328	2 284	2 253	2 203	2 148	2 172	2 173	2 180	
Nombre d'heures.....	—	17	17	17	17	16	16	16	16	16	16,2	
Corrections de montre.....	—	—2'	—3'	—2'	—3'	—3'	—2'	—6'	—5'	—10'	—8'	
Pressions moyennes en mm Hg...	545,4	5,3	5,2	5,05	4,9	4,9	4,9	4,9	5,1	5,2	5,2	
Moyennes horaires.....	—	141	136,5	137,2	134,7	141,2	138	135,1	136,5	137,2	135,4	
Erreurs.....	—	2,8										
<i>b. Du 7 septembre au 14 septembre</i>												
Coïncidences.....	—	773	785	805	729	731	805	739	734	697	739	
Nombre d'heures.....	—	6	6	6	6	6	6	6	6	5,8	6	
Moyennes horaires.....	—	129	131	134	121,5	122	134	123	122	120	123	
Erreurs.....	—	4,5										
<i>c. Du 27 septembre au 5 octobre</i>												
	0 ^h 30.	1 30.	2 30.	3 30.	4 30.	5 30.	6 30.	7 30.	8 30.	9 30.	10 30.	
Coïncidences.....	—	5 336	5 287	5 403	5 209	5 431	5 449	5 429	5 309	5 195	5 241	
Nombre d'heures.....	—	14	14	14	14	14	14	14	14	14	13,0	
Corrections de montre.....	—	—37"	—23"	—37"	—29"	—37"	—34"	—27"	—24"	+21"	—16"	
Pressions moyennes.....	—	545,2			544,6			544,6			545,1	
Moyennes horaires.....	—	381,4	377,9	386,1	372,3	388,2	389,5	388,0	379,4	370,9	374,5	
<i>d. Du 5 octobre au 28 octobre</i>												
Nuits : de 22 h à 9 h	Matinées : de 9 h à 11 h				Midi : de 11 h à 16 h							
$\frac{70\ 952}{11\ 131} = 6,374 + 0,025\ \text{min}$	$\frac{16\ 939}{2\ 697} = 6,281 \pm 0,09\ \text{min}$				$\frac{23\ 417}{3\ 684} = 6,356 \pm 0,035\ \text{min}$							

Remarques. — Il n'a pas été effectué de correction barométrique, sauf pour la deuxième période (plus troublée). L'heure légale

TABLEAU II. — Évaluation des coefficients barométriques (1) (base 5 mètres).

Lieu.	Altitude (m).	Période.	Montage. Surface (cm²).	Pressions extrêmes. (mm).	Nombre de coïncidences.	Coefficient barométrique (%).	Dispersion minima des résultats groupés par intervalles de pression.	Domaine de dispersion.				Correction de fortuités (%).
								Double.		Triple.		
Bagnères (Base 5 m)	550	5-4 au 24-4	Doubles 1 300	701-715	61 543	=- 8,9	0,9	7	11,5	3	13	+0,6
		24-4 8-5	» 1 300	700-720	41 039	=- 8,5	0,5	6,4	10	5,8	11	+0,6
Pic du Midi (Base 5 m)	2 860	4-7 10-7	» 2 000	540-547	131 785	=-10,3	1,2	5	17,5	2	19	+1
		29-7 11-8	Triples 2 000	537-547	89 821	=- 7,7	1,05	4	11	2,9	12,7	néant
Pic du Midi (Base 75 m)	2 860	18-9 28-10	» 1 800	532-549	344 347	=-10,7	1,5	8,3	12,8	7,2	13,9	»
		13-8 14-9	» 2 000	537-549	76 549	=- 9,9	3,0	2	18	2	22	»

VARIATION DIURNE.

10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	21.	22.	23.	24.
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

(75 mètres). Heures légales.

2 303	2 087	2 097	2 311	2 222	1 813	1 771	2 277	2 273	2 357	2 447	2 160	2 252	2 334
17,6	16,5	16,75	18,05	17,00	13,6	13,75	17	16,95	17	17	16,75	16,95	17,15
+10'	-2'	+3'	+4'	+1'	+1'	+2'	+7'	+6'	+6'	-12'	-20'	+2'	-5'
5,1	5,0	5,0	5,1	5,3	5,3	5,1	5,2	5,1	5,25	5,3	5,35	5,5	5,4
129,7	126,5	124,8	127,7	138,7	132,8	128,4	133,7	132,2	137,8	145,7	131,5	132,5	136,1
				2,8	3,1		2,8						

(75 mètres). Heures légales.

711	641	517	640	777	725	725	714	636	636	526	537	492	424
6	5,1	4,1	4,9	6	6	6,1	5,5	5	4,4	4	4,5	4	3,4
118	126	126	131	130	121	122	130	127,5	144,5	131	119	123	125
4,5	5	5,5	5	4,5			4,5	5	5	5,5	5,5	5,5	6

(5 mètres). Heures légales.

10 30.	11 30.	12 30.	13 30.	14 30.	15 30.	16 30.	17 30.	18 30.	19 30.	20 30.	21 30.	22 30.	23 30.	24 30.
5 126	5 297	5 334	5 436	5 371	5 370	5 472	5 504	5 474	5 275	5 103	5 104	5 345	5 342	
13,4	13,8	14	14	14	14	14	14	14	14	13	13,35	14	14	
+47"	+44"	+8"	-13"	+26"	+48"	+39"	+40"	+21"	+28"	+25"	+38"	-16"	-49"	
		545,3			545,0			545			545,2		545,2	
381,1	382,5	380,2	388,3	383,4	383,1	390,6	392,8	390,3	-	-	-	-	-	

Heures légales.

Après-midi : de 16 h à 19 h	Soirées : de 19 h à 22 h	Total
$\frac{20\ 538}{3\ 204} = 6,410 + 0,045 \text{ min}$	$\frac{21\ 061}{3\ 336} = 6\ 313 + 0,045 \text{ min}$	$\frac{152\ 907}{24\ 052} = 6,357$

avance d'une heure sur le temps solaire.

la variation des fortuites en altitude. Sauf du 4 au 10 juillet au Pic du Midi un troisième groupe identique fut disposé au sommet d'un triangle rectangle et l'on a enregistré des coïncidences triples entre groupes de 15 compteurs puis de 14 compteurs (6,42 mn⁻¹). Il n'y avait pas de fortuites. La tension des compteurs était stable à 10 V près et le palier des compteurs Maze est très bon.

Le numérateur était photographié automatiquement toutes les heures ainsi qu'un voltmètre indiquant la tension d'alimentation (à Bagnères).

Études avec des compteurs éloignés de 5 m. Effet barométrique. — Les observations ont été

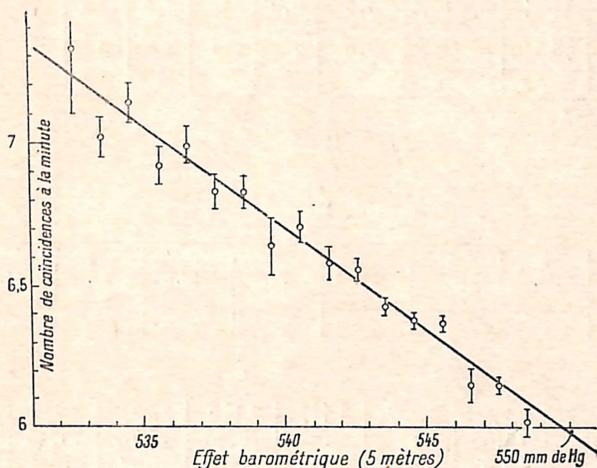


Fig. 1a. — Coefficient barométrique sur base 5 m du 18 septembre au 28 octobre.

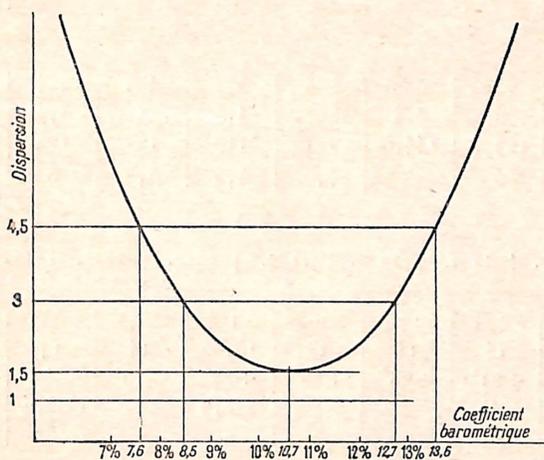


Fig. 1b. — Variation de la dispersion avec la valeur du coefficient barométrique.

groupées d'abord par intervalles de pression de 1 mm ou de 2 mm. Les moyennes ont été calculées pour chacun de ces intervalles, ainsi que les erreurs probables. Sur un graphique (fig. 1a) on a porté en

abscisses les pressions, en ordonnées les fréquences moyennes. La méthode des moindres carrés a fourni la valeur de la pente la plus probable, c'est-à-dire du coefficient barométrique le plus probable. Puis on a calculé la dispersion statistique des observations pour un lot de valeurs arbitraires de la pente (voir Janossy [13]). Cette dispersion suit une loi parabolique en fonction de α .

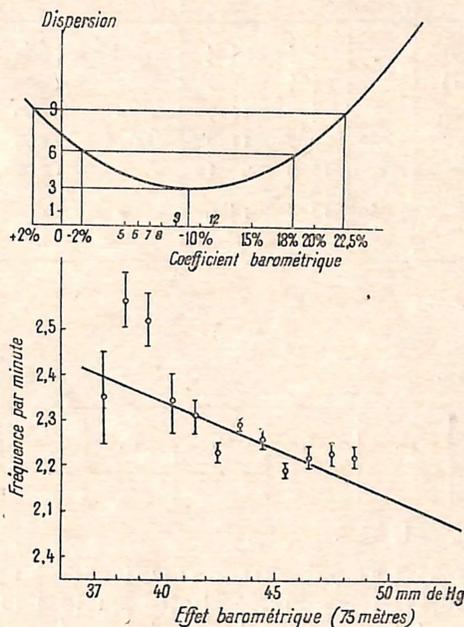


Fig. 2. — Variation de la dispersion avec le choix du coefficient barométrique sur base 75 m.

Le tableau donne les principales caractéristiques des diverses séries d'observations. La précision est commandée à la fois par l'ampleur de la variation barométrique ΔH durant la période considérée et par le nombre de coïncidences. On a donné deux erreurs : la première est la variation $\Delta \alpha$ du coefficient telle que pour $\alpha = \alpha_0 \pm \Delta \alpha$ la dispersion soit double de la dispersion minima. La deuxième erreur indiquée est la variation $\Delta \alpha$ qui donnerait une dispersion triple.

La figure 1a reproduit le diagramme tiré de la plus longue période (du 18 septembre au 29 octobre). La parabole représente la dispersion en fonction de α . Cette mesure est à notre connaissance la plus précise jusqu'à ce jour.

Au total à Bagnères (550 m) les mesures donnent un coefficient barométrique pondéré de 9,5 pour 100 par cm Hg ± 2 pour 100.

Au Pic du Midi le coefficient barométrique pondéré est 10,2 pour 100 ± 2 pour 100.

Les dispersions résiduelles sont faibles et voisines de un. Ainsi l'effet barométrique est le plus gros de ceux qui agissent sur les gerbes d'Auger.

Température. — Il est impossible de déduire l'effet de température d'une courte série de mesures parce qu'il existe une corrélation saisonnière entre la pression et la température. Par exemple du 18 septembre au 28 octobre il suffit d'adopter un coefficient barométrique de 9,5 pour 100 au lieu de 10,7 pour 100 pour mettre en évidence un effet de température de l'ordre de grandeur prévu. Des séries de mesures plus longues seront nécessaires qui porteront sur l'été et l'hiver saisons durant lesquelles la corrélation pression température s'inverse.

La variation diurne ne peut pas davantage mettre cet effet en évidence. Pour la période considérée on trouve dans la journée une moyenne de $6,349 \pm 0,016$ et dans la nuit $6,336 \pm 0,016$ à 545 mm Hg. L'absence de tout effet se comprend si l'on songe que la température varie très peu dans la journée au Pic du Midi et sans doute encore moins dans les couches d'air surmontant les appareils et dans lesquelles les gerbes se développent. (En fait entre les nuits et les jours la différence de température moyenne atteint 1° à peine durant la période considérée).

Variations irrégulières. — Durant les observations se sont produites des fluctuations d'origine inconnue. Par exemple du 16 mai 1948 au 19 mai 1948 (le matin vers 6 h Solaires) et du 29 octobre 1948 au 2 novembre 1948. On n'a pu attribuer ces perturbations à aucune cause expérimentale vérifiable. Elles avaient un caractère nettement récurrent. Dans le deuxième cas il s'agit de fluctuations considérables de part et d'autre de la moyenne.

Observations à 75 m de distance. — Nous avons écarté de 75 m un des trois bancs de compteurs afin de contrôler les résultats antérieurs contradictoires. Cosyns [3] avait signalé le premier des coefficients barométriques très élevés (18 pour 100 à 16 m). Daudin [4] également sur 13 m seulement (23 pour 100 à 13 m). En revanche Patane [6] n'avait observé aucune différence entre les effets barométriques sur 2,5 et 5 m et Fréon et Daudin [14] n'avaient même pas pu mettre en évidence un effet barométrique sur 40 m au niveau de la mer.

D'un autre côté Fréon et Daudin [14] avaient montré que l'envergure des gerbes ne changeait pas sensiblement lorsqu'on passe de 0 à 3 000 m. Donc les coïncidences entre compteurs éloignés ne devaient pas obéir à un effet barométrique différent. Ces auteurs avaient suggéré que les contradictions mentionnées avaient leur origine dans des fluctuations plus considérables.

L'effet de température et de densité est, nous l'avons vu, imprévisible à ces grandes distances. En outre il est possible que des failles apparaissent dans la théorie à ces grandes distances par exemple si des particules instables sont émises sous des

angles notables et contribuent à l'envergure des gerbes (Oppenheimer) [15] (également Auger et Daudin [16]).

Du 13 août au 13 septembre nous avons poursuivi ces observations. Les orages et les tempêtes de neige nous ont valu de sévères expériences pratiques que nous espérons profitables. Les périodes les plus troublées ne sont donc pas utilisables. L'emploi d'un pouvoir séparateur trop serré a constitué la principale cause d'instabilité. Heureusement M. Lefebvre qui a surveillé les appareils durant la plus grande partie de cette période, a bénéficié de trois semaines de beau temps qui ont permis de calculer un coefficient barométrique provisoire mais tout de même plus précis que les précédents puisqu'il porte sur 76 324 coïncidences triples. Malheureusement le baromètre a peu varié (1 cm en tout).

La figure 3 donne le graphique et le résultat. On voit que les coefficients barométriques sont identiques sur 5 et 75 m mais sur 75 m la dispersion résiduelle est très forte. Il est donc clair que les contradictions antérieures provenaient de cette dispersion.

Les observations ayant duré trop peu de temps nous n'avons pu assigner à ces fortes fluctuations de causes physiques certaines. Ces fortes variations affectant des phénomènes de grande énergie doivent être rapprochées des travaux de Broxon, de Wahley et Long (23, 24). Ceux-ci ont noté de très fortes ondes périodiques pour les bursts (période de 27 jours, de 1 jour et de 1 an).

Variation diurne. — Nous n'avons trouvé d'interprétation plausible que pour la variation diurne. Cette interprétation a été élaborée en commun par le professeur Auger, F. Denisse et nous-même et a fait l'objet d'une note [17]. Nous nous contenterons ici de reproduire en l'améliorant légèrement la figure qu'ils ont publiée et qui met en évidence les discordances solaires, les concordances sidérales des diverses observations entre elles, et en particulier la concordance du minimum avec celui de Dupérier [18, 19] et avec le passage au méridien de la région du ciel la plus pauvre en étoiles et la moins émissive (radio).

Sur le tableau III on voit également que du 5 au 28 octobre des observations moins détaillées conduisent à une variation analogue.

Discussion expérimentale. — Nous devons ici exposer brièvement les contrôles qui nous ont permis d'écartier toutes les influences instrumentales auxquelles nous avons pensé. Il est d'abord clair que la cause instrumentale possible est en relation avec le compteur éloigné de 75 m puisque sur 5 m ces fluctuations sont à peine supérieures à la moyenne.

En premier lieu considérons l'effet de température

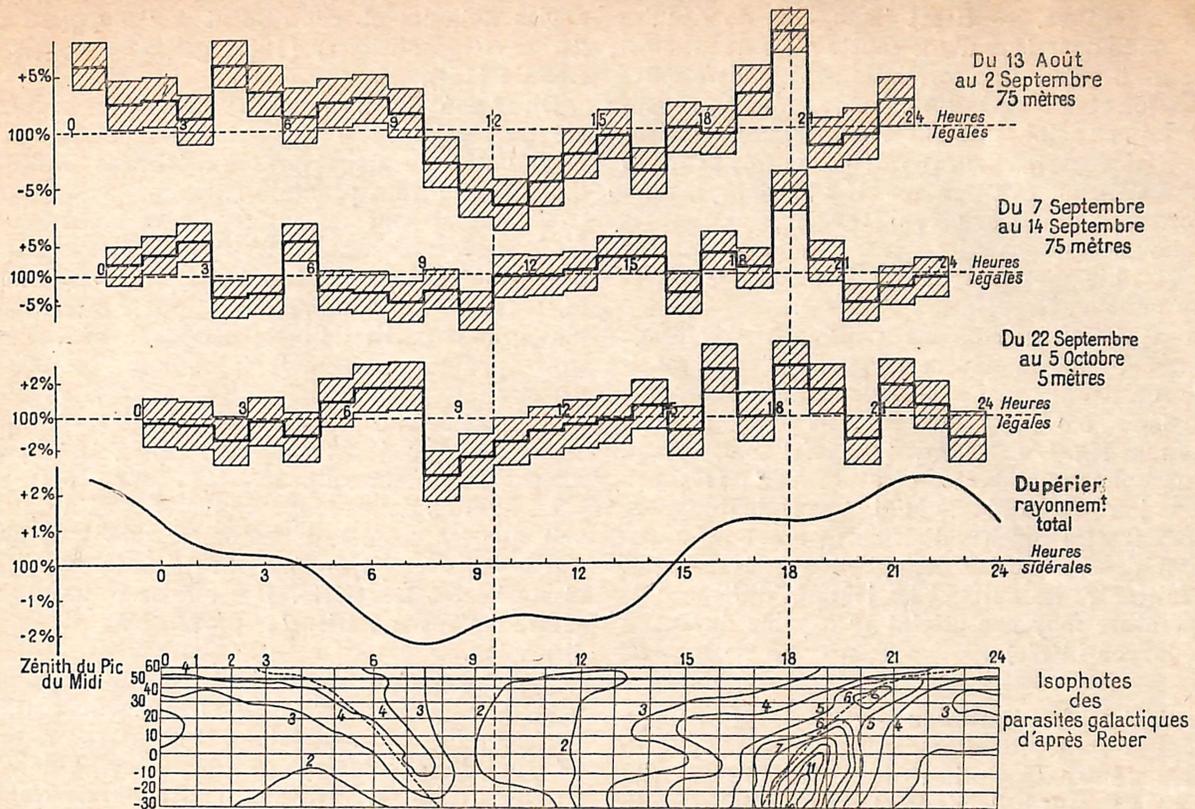


Fig. 3.

des compteurs éloignés qui se trouvaient sur la terrasse. Mais nos compteurs (à coque externe, Maze) sont remplis au méthylal et ne montrent pas d'effet de ce genre. Nous avons cet hiver à Bagnères laissé un télescope de trois compteurs en marche dehors jour et nuit. La nuit la plus froide a atteint -6° . La journée la plus chaude $+25^{\circ}$. La différence moyenne entre le jour et la nuit s'est établie de 17 à 0° et elle encadre complètement les variations de température au Pic en août 1948. Nous n'avons observé entre le jour et la nuit aucune différence, la précision était de 6 pour 1000 pour 100 000 coïncidences et l'écart ne peut donc guère dépasser 1 pour 100. De plus nous avons remplacé les trois compteurs par trois autres sans résultat. En outre nous avons porté six compteurs à -1° — 1.3° pendant un quart d'heure à une demi-heure sans observer une variation du palier supérieure à 5 V. D'après Joyet et Simon [20] la température agit en faisant varier l'adsorption et donc la composition de mélange gaz vapeur. Avec des parois de verre l'adsorption n'intervient pas. Le méthylal paraît particulièrement inapte à former comme l'alcool des agglomérations moléculaires à basse température.

La marche de la montre et de la pendule commandant l'enregistrement a également été contrôlée.

La variation diurne systématique atteint au maximum une amplitude de 3 pour 1000, 6 à 20 fois inférieure aux effets observés. Cependant quelques réglages horaires ont modifié certaines durées d'observations de 1 pour 100 dans la première série. Ces corrections sont sans effet sur le graphique pour lequel on n'en a pas tenu compte alors qu'elles sont intervenues dans le calcul des moyennes du tableau.

Les appareils étaient contrôlés à l'oscillographe et la tension surveillée au voltmètre électrostatique. Une chute de tension sur les compteurs est donc improbable. Si elle restait petite elle serait d'ailleurs sans effet comme le prouve le fait qu'une fréquence anormalement forte a été observée pendant une chute de pluie qui avait fait tomber légèrement cette tension.

Les chocs des compteurs éloignés auraient-ils subi à la transmission un retard variable? Pendant 3 semaines, nous avons enregistré des mésons ordinaires avec trois bancs de compteurs superposés; les chocs provenant d'un banc de compteurs revenaient au sélecteur voisin, après avoir parcouru une ligne téléphonique fermée de 150 m environ de longueur. Une ligne parallèle portait la tension de 1000 volts pour les compteurs, afin de se placer dans des conditions aussi voisines que possible de celles du Pic. Sur 170 000 coïncidences, enregistrées

en 532 heures, nous n'avons observée qu'une dispersion horaire normale égale à 1,15. Les variations de tension sur les compteurs, plus fortes qu'au Pic, n'ont entraîné que des fluctuations de $0,7\% \pm 0,3\%$ pour 10 V, fluctuations très insuffisantes pour expliquer les variations diurnes observées au Pic. D'ailleurs quelle pourrait être la cause instrumentale capable de produire les fluctuations considérables entre 19 et 22 h légales (vers 19 h sidérales)? Enfin tout effet de température serait solaire et sur les deux dernières courbes le décalage du minimum par rapport au soleil devient considérable.

La variation diurne de pression a une période principale de 12 h. Son amplitude est de l'ordre de 0,3 mm pendant les observations (Tableau III). Elle n'entraînerait qu'un effet de 3 pour 1000 en appliquant le coefficient classique établi sur de longues durées. L'effet qui en résulterait serait stable en heure solaire avec un minimum à midi mais aussi un deuxième un peu plus fort à minuit, un maximum principal le matin et un maximum secondaire le soir.

Discussion physique. — Examinons plus en détail l'hypothèse d'une variation sidérale. La répartition des gerbes est très serrée autour de la verticale puisque le nombre des gerbes de direction θ par unité d'angle solide $d\Omega$ est de la forme $\cos^8\theta d\Omega$ [21, 22]. En conséquence seuls les primaires faisant un angle de moins de 30° sur la verticale sont observés. L'appareil vise donc bien dans un angle restreint ce qui est nécessaire pour observer l'effet du passage de certains objets célestes.

Il nous faut cependant signaler en corrigeant les épreuves de ce travail qu'une première revue des enregistrements repris cette année semble montrer des variations diurnes durant certaines périodes

mais instables et non en phase avec celles observées l'an passé. Il est difficile que ces variations correspondent au passage d'objets célestes fixes tels que des étoiles. Le caractère transitoire de ces fluctuations n'est pas en contradiction avec les théories actuelles sur la génération spatiale des rayons cosmiques. Seules des observations plus longues peuvent éclairer la question.

Conclusion. — 1° Nous avons établi théoriquement l'influence de la densité de l'air (et donc de la température) sur la numération des gerbes d'Auger.

2° Nous avons mesuré le coefficient barométrique au niveau de la mer $9,2 \pm 2$ pour 100 avec une précision environ deux fois supérieure à la précision antérieure.

3° Nous avons mesuré le coefficient barométrique au Pic du Midi avec un demi million de coïncidences et une précision environ deux fois supérieure à la précision antérieure : $10,2 \pm 2$ pour 100.

4° Contrairement aux observations précédentes nous avons trouvé le même effet barométrique avec des compteurs éloignés de 75 m :

$$9,9 \text{ pour } 100 \pm 6 \text{ pour } 100.$$

5° En éloignant ainsi les compteurs nous avons enregistré des fluctuations très supérieures ce qui paraît prouver que de nouveaux facteurs physiques interviennent dans ce cas.

6° La variation diurne a été discutée. Les perturbations instrumentales auxquelles nous avons pensé, ne fournissent pas d'explication plausible. La meilleure interprétation physique est celle d'une variation astrophysique. Si elle était confirmée, la galaxie contiendrait des objets sources des rayons cosmiques primaires allant jusqu'aux énergies maximas.

Manuscrit reçu le 9-mai 1949.

BIBLIOGRAPHIE.

- | | |
|--|---|
| [1] KOHLHÖRSTER MATTHES et WEBER. — <i>Naturwiss</i> , 1938, 26 , 576. | [12] DUPÉRIER. — <i>Proc. Phys. Soc.</i> , 1945, 57 , 464. |
| [2] AUGER, ROBLEY et PLUVINAGE. — <i>C. R. Acad. Sc.</i> , 1939, 209 , 536. | [13] JANOSSY. — <i>Cosmic Rays</i> , 1948, 385. |
| [3] COSYNS. — <i>Nature</i> , 668, 145 , 1940. | [14] FRÉON et DAUDIN. — <i>C. R. Acad. Sc.</i> , 1942, 214 , 662. |
| [4] DAUDIN. — <i>Thèses</i> , Paris, 1942, p. 51 et suiv. | [15] OPPENHEIMER. |
| [5] AUGER et DAUDIN. — <i>Phys. Rev.</i> , 1942, 61 , 91 et 95. | [16] AUGER et DAUDIN. — <i>J. Phys. Rad.</i> , 1945, 60 , 233. |
| [6] PATANE. — <i>Nuovo Cimento</i> , 1942, 169. | [17] P. AUGER, J. DAUDIN, J. DENISSE, A. DAUDIN. — <i>C. R. Acad., Sc.</i> , 1949, 228 , 1116. |
| [7] COCCONI. — <i>Phys. Rev.</i> , 1947, 72 , 964. | [18] DUPÉRIER. — <i>Nature</i> , 1946, 158 , 196. |
| [8] AUGER, MAZE et ROBLEY. — <i>C. R. Acad. Sc.</i> , 1939, 208 , 1641. | [19] DUPÉRIER. — <i>Nature</i> , 1946, 158 , 944. |
| [9] DELLA CORTE. — <i>Nuovo Cimento</i> , 1948, 92. | [20] JOYET et SIMON. — <i>Helv. Phys. Acta</i> , 21 , 1948, 150. |
| [10] LOVERDO et DAUDIN. — <i>J. Phys. Rad.</i> , 1948, 9 , 134. | [21] DAUDIN. — <i>J. Phys. Rad.</i> , 1945, 7 , 302. |
| [11] DAUDIN. — <i>J. Phys. Rad.</i> , 1949, 10 , 65. | [22] WILLIAMS. — 1948, 74 , 1689. |
| | [23] BROXON. — <i>Phys. Rev.</i> , 1946, 70 , 494. |
| | [24] WHALEY et LONG. — <i>Bull. Am. Phys. Soc.</i> , 1948, 23 , 21. |