

Orientation et structure des différentes composantes dans la queue de la comète West (1975n)

J. Surdej et A. Surdej

Institut d'Astrophysique, Université de Liège, Belgique et European Southern Observatory, La Silla, Casilla 16317, Correo 9, Santiago, Chile

Reçu Septembre 30, 1976

Orientation and Structure of the Different Components in the Tail of Comet West (1975n)

Summary. The study of the plates taken with the "Franco-Liègeois" Schmidt telescope at the observatory of Haute-Provence between March 4th and March 11th, 1976 allows observing the orientation and the structure of the different components in the tail of comet West (1975n).

The dust tail appears as a wide fan opened by 58° from the radius vector in the orbital plane of the comet while the ion tail shows a very strong activity.

The wave-like structure appearing on March 10th and 11th, 1976 in the type I tail is interpreted as magneto-hydrodynamic waves. The mechanism of generation of these waves consists very probably of excitation of surface waves through a Kelvin-Helmholtz instability at the interface between the cometary plasma and the solar wind. In agreement with that model (Ershkovich, 1972b; etc.) the measured wavelengths increase with the distance from the head of the comet. The mean wavelength for the observed waves is $0,009 \pm 0,002$ A.U.

Key words: Comet-West 1975n

Résumé. L'étude des clichés obtenus avec le télescope de Schmidt «Franco-Liègeois» à l'observatoire de Haute-Provence du 4 au 11 mars 1976 permet d'observer l'orientation et la structure des différentes composantes dans la queue de la comète West (1975n).

La structure onduluse apparaissant les 10 et 11 mars 1976 dans la queue de type I est interprétée en termes d'ondes magnétohydrodynamiques. Le mécanisme qui engendre ces ondes consiste très probablement en une excitation d'ondes de surface dans la queue d'ions due à une instabilité de Kelvin-Helmholtz à l'interface entre le plasma cométaire et le vent solaire. En accord avec ce modèle (Ershkovich, 1972b; etc.) les longueurs d'onde mesurées croissent au fur et

à mesure que l'on s'éloigne de la tête de la comète. La longueur moyenne des ondes observées vaut $0,009 \pm 0,002$ U.A.

Mots clés: Comète-West 1975n

A) Introduction

Le matériel d'observation consiste en une série de photographies de la comète West (1975n) prises avec le télescope de Schmidt de 60 cm installé à l'observatoire de Haute-Provence et géré en commun par l'Institut d'Astrophysique de l'Université de Liège et le C.N.R.S. français (Dossin et al., 1974; Dossin, 1971).

Les orientations que l'on mesure sont les directions des différentes composantes apparaissant dans la queue de la comète (queues d'ions et de poussières) rapportées à la direction du nord au moyen d'étoiles connues du champ et comparées finalement par le calcul à la direction du rayon vecteur (direction soleil-comète). Les mesures de longueurs des ondes observées dans certaines composantes de la queue de type I sont aussi rapportées dans le plan de l'orbite de la comète.

B) Méthode de réduction

La table 1 donne pour chaque cliché son numéro, la date et l'heure d'observation (milieu de la pose), le temps de pose, le type d'émulsion et de révélateur, les coordonnées mesurées de la comète et enfin le nom des observateurs.

En premier lieu on a calculé l'orientation des différentes composantes de la queue par rapport au rayon vecteur. Pour ce faire, on émet l'hypothèse que la queue se situe dans le plan de l'orbite. Cette hypothèse est appuyée par des observations faites quand la terre passe dans ce plan (Wurm et Mammano, 1964; Mammano et Wurm, 1965) ou bien quand la comète est assez éloignée du soleil (Osterbrock, 1958).

La figure 1 présente les positions de la comète et de la terre sur leurs orbites respectives pour l'époque des observations.

Les commandes des tirés à part sont à envoyer à: J. et A. Surdej, European Southern Observatory

Table 1.

Numéro du cliché G.S.	Date	Heure de l'observation (T.U.)	Temps de pose (min, s)	Emulsion et révélateur	Coordonnées mesurées de la comète α/δ	Observateurs
3023	3.03.1976	29 ^h 04 ^m 53 ^s	00,45	IlaO MWP ₂		J. et A. Surdej G. Sause
3024	3.03.1976	29 ^h 06 ^m 10 ^s	00,20	IlaO MWP ₂		J. et A. Surdej G. Sause
3026	9.03.1976	28 ^h 01 ^m 30 ^s	15,00	IlaO MWP ₂	21 ^h 28 ^m 19 ^s 08°35'59"	J. et A. Surdej
3027	9.03.1976	28 ^h 24 ^m 15 ^s	06,30	IlaO MWP ₂	21 ^h 28 ^m 11 ^s 08°36'24"	J. et A. Surdej
3028	9.03.1976	28 ^h 41 ^m 15 ^s	02,30	IlaO MWP ₂	21 ^h 28 ^m 11 ^s 08°38'28"	J. et A. Surdej
3029	9.03.1976	28 ^h 50 ^m 10 ^s	00,20	IlaO MWP ₂	21 ^h 28 ^m 02 ^s 08°37'58"	J. et A. Surdej
3030	9.03.1976	29 ^h 00 ^m 08 ^s	00,15	IlaO MWP ₂	21 ^h 27 ^m 59 ^s 08°38'53"	J. et A. Surdej
3031	10.03.1976	28 ^h 20 ^m 00 ^s	20,00	IlaO MWP ₂	21 ^h 24 ^m 58 ^s 08°59'41"	J. et A. Surdej G. Sause
3032	10.03.1976	28 ^h 44 ^m 45 ^s	10,30	IlaO MWP ₂		J. et A. Surdej G. Sause
3033	10.03.1976	29 ^h 04 ^m 30 ^s	00,60	IlaO MWP ₂		J. et A. Surdej G. Sause
3034	10.03.1976	29 ^h 14 ^m 03 ^s	00,05	IlaO MWP ₂		J. et A. Surdej G. Sause

Table 2. Distances héliocentrique (r) et géocentrique (Δ) de la comète, angle soleil-comète-terre ($S-C-T$), numéro de la composante (voir figures 2 et 3), angle projeté sur le ciel entre la direction du nord et celle de la composante (θ), angle entre la composante et le rayon vecteur (t, r)^a

Numéro du cliché G.S.	r (U.A.)	Δ (U.A.)	Angle $S-C-T$	Numéro de la composante	Angle θ mesuré	Angle (t, r) calculé				
3026	0,5125	0,90	84°39'	1	30°09'	54°08'				
				2	33 09	50 43				
				3	45 23	34 37				
				5	52 06	24 17				
				7	56 36	16 54				
				8	61 45	08 49				
				9	63 30	04 53				
				10	66 27	00 01				
				3028	0,5133	0,90	84°33'	1	30 30	53 41
								2	33 52	49 59
3	45 05	35 08								
4	50 37	26 43								
6	55 48	18 18								
8	61 25	09 10								
9	63 47	04 41								
10	66 19	00 23								
11	71 39	-08 26								
3031	0,5393	0,91	81°55'					1	29 24	57 47
								2	32 50	53 53
				3	46 17	35 55				
				5	49 45	30 35				
				7	60 06	13 26				
				8	62 01	10 10				
				9	65 44	03 50				
				12	54 42	22 34				
				13	72 20	-07 07				
				14	74 06	-09 56				
				15	74 11	-10 04				
				16	77 05	-14 33				
				3032	0,5398	0,92	81°13'	8	62 19	09 29
								17	72 36	-07 44

^a L'angle (t, r) est noté négatif si la queue est située en avant du rayon vecteur par rapport au sens du mouvement de la comète. Le signe est omis dans le cas contraire

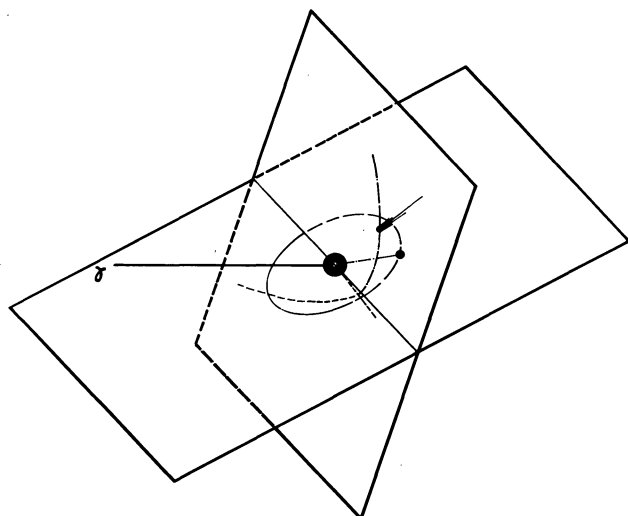


Fig. 1. Positions de la comète et de la terre sur leurs orbites respectives vers le 10 mars 1976

Les éléments de l'orbite sont donnés par Marsden dans la circulaire astronomique de l'U.A.I. No. 2931 du 26 mars 1976.

$$\left. \begin{array}{ll} T=1976 \text{ Fév. } 25,2212 \text{ ET} & \omega=358^{\circ}4186 \\ e=0,999955 & \Omega=118,2332 \\ q=0,196630 \text{ U.A.} & i=43,0710 \end{array} \right\} 1950,0.$$

La méthode de réduction employée est celle qu'utilise Osterbrock (Osterbrock, 1958) pour les comètes Baade et Haro-Chavira; les formules de départ sont tirées de Herget (Herget, 1948).

C) Orientation des différentes composantes apparaissant dans la queue de la comète

Nous avons porté dans la table 2 les mesures et résultats d'orientation des différentes composantes de la queue de la comète comme elles se présentent sur les clichés reproduits dans les figures 2 et 3.

On trouve successivement dans la table 2 le numéro du cliché, les distances héliocentrique (r) et géocentrique (A) de la comète, l'angle ($S-C-T$) entre les directions soleil-comète et comète-terre, le numéro de la composante considérée (voir figures 2 et 3), l'angle mesuré (θ) entre la direction de cette dernière et celle du nord et enfin l'angle (t, r) calculé entre la direction de la composante en question et le rayon vecteur. Ce dernier angle (t, r) est noté positif si la queue de la comète est située en arrière du rayon vecteur, par rapport au sens du mouvement de la comète, et négatif dans le cas contraire.

La partie gauche des figures 2 et 3 illustre l'aspect des différentes composantes qui apparaissent dans la queue de la comète. Dans la partie droite de ces figures sont matérialisées les directions des différentes composantes que l'on a mesurées.

L'inclinaison du plan de l'orbite de la comète (43°) et la position de la terre au moment des observations (voir figure 1) font que la projection sur le ciel de l'angle de la queue au rayon vecteur est heureusement assez sensible aux variations de l'angle réel par rapport au rayon vecteur. En conséquence, l'erreur sur la mesure ne diminue presque pas la précision du résultat de calcul. La principale source d'erreur en déterminant l'orientation d'une composante réside dans la matérialisation quelque peu arbitraire de la direction de la composante que l'on choisit. Par exemple, la légère courbure des composantes de la queue de type II rend impossible la matérialisation, par un seul segment de droite, de l'orientation d'une quelconque de ces composantes. C'est pourquoi il nous a paru nécessaire de reproduire dans la partie droite des figures 2 et 3 le choix des directions pour les différentes composantes, de telle façon qu'une comparaison objective entre des composantes identiques (désignées par un même numéro) présentes sur les clichés des 10 et 11 mars 1976 reste possible.

Après un bref examen de la table 2 on peut conclure que:

1°) En moyenne la valeur de l'angle calculée entre les directions des composantes de la queue de type II (composantes 1, 2, 3 et 5) et le rayon vecteur est supérieure de $3^{\circ}36' \pm 2^{\circ}03'$ le 11 mars par rapport à celle du 10 mars 1976. Si on suppose que la queue de type II a gardé par rapport aux étoiles fixes une orientation constante du 10 au 11 mars (faible interaction de la queue de type II avec le vent et le rayonnement solaires), on peut rendre compte d'une augmentation de la valeur de l'angle (t, r) de $2^{\circ}13'$, ce qui est dans les limites de la valeur observée.

2°) En moyenne la valeur de l'angle calculée entre les directions des composantes de la queue de type I (composantes 7, 8 et 9) et le rayon vecteur a diminué de $2^{\circ}26' \pm 1^{\circ}09'$, du 10 au 11 mars. Comme la comète s'éloigne du soleil, l'angle solide sous lequel la comète voit le soleil diminue et, vue la grande interaction qui existe entre la queue de type I et le vent solaire, le résultat observé peut être compris qualitativement.

D) Structure ondulée apparaissant pour certaines composantes de la queue de type I

La structure ondulée apparaissant pour certaines composantes de la queue d'ions (composantes 8, 9 et 13) est illustrée dans les figures 2 et 3. Les longueurs des ondes représentées pour certaines composantes dans la partie droite des figures 2 et 3 sont reportées dans la figure 4. La longueur d'onde de ces ondes est comprise entre 0,0044 et 0,0129 U.A. On remarque que la longueur de ces ondes croît au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la tête de la comète. Le rapport de la longueur de l'onde à son amplitude est de l'ordre de 10.

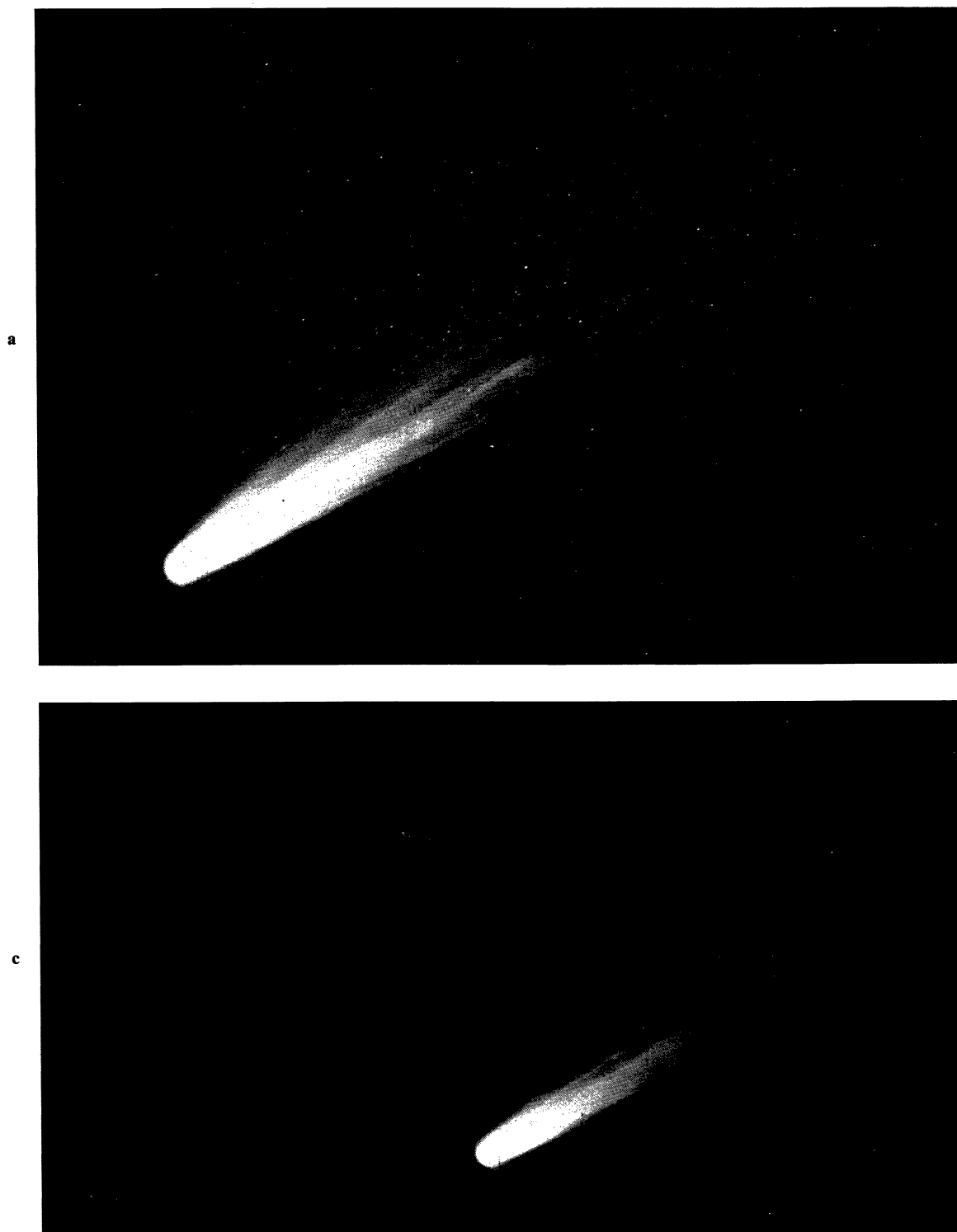
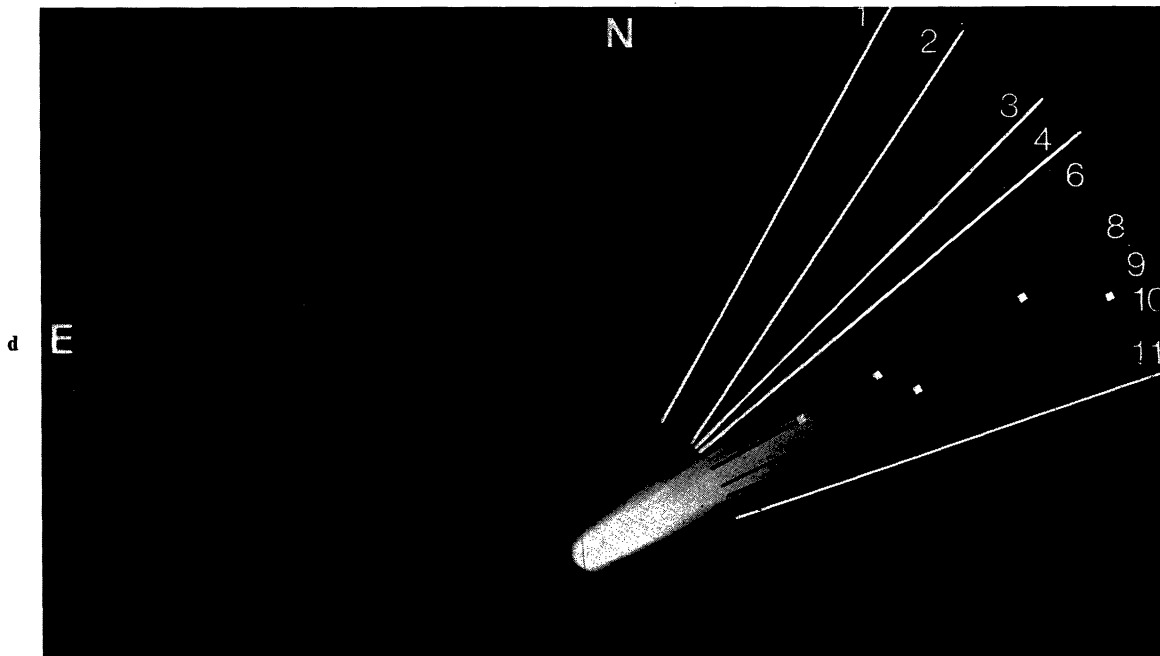
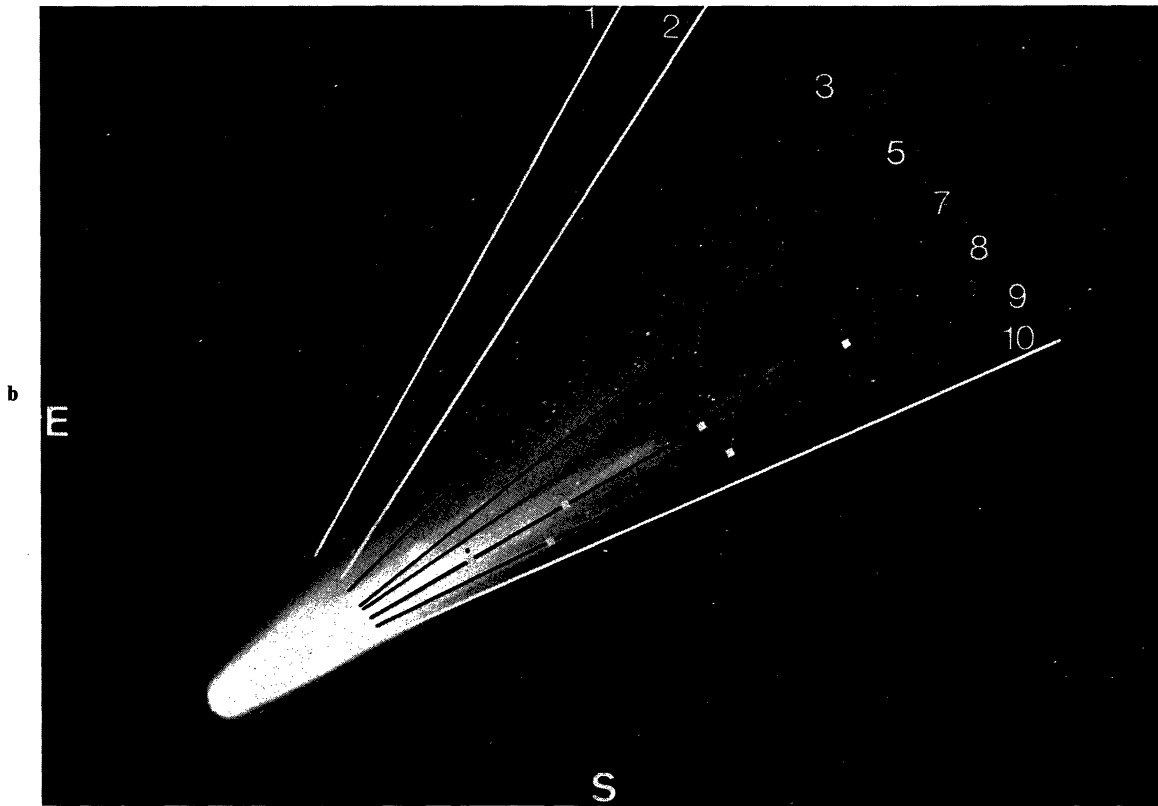


Fig. 2. Illustration des différentes composantes apparaissant dans la queue de la comète West 1975n (côté gauche) le 10 mars 1976 et matérialisation de leurs différentes directions (côté droit). Les photos du haut correspondent au cliché GS 3026, celles du bas au cliché GS 3028

Certaines structures onduleuses enregistrées le 10 mars peuvent être identifiées sur les plaques prises le 11 mars (voir figures 2 et 3, composante 8). Cependant, la forme de ces structures ayant changé quelque peu du jour au lendemain, il s'avère impossible de calculer

leur vitesse de propagation. Nous pouvons seulement affirmer que la durée de vie de ces structures onduleuses est de l'ordre de 24 h.

De telles structures ainsi qu'une croissance de la longueur d'onde au fur et à mesure que l'on s'éloigne



de la tête ont été observées indépendamment pour d'autres comètes. Notamment pour les comètes Morehouse 1908 III (Wolf, 1909; Brandt et al., 1964; Ioffe, 1970) Arend-Roland 1957 III (Miller, 1969), Mrkos 1957 V (Lüst, 1959; Biermann, 1963; Tarashchuk, 1967),

Ikeya-Seki 1965 VIII (Konopleva et al., 1970), Tago-Sato-Kosaka 1969 IX (Jockers et al., 1972), Bennett 1970 II (Ershkovich et al., 1972b) et Kohoutek 1973f (Hyder et al., 1974). Ces structures ondulées sont interprétées en termes d'ondes magnétohydrodynamiques.

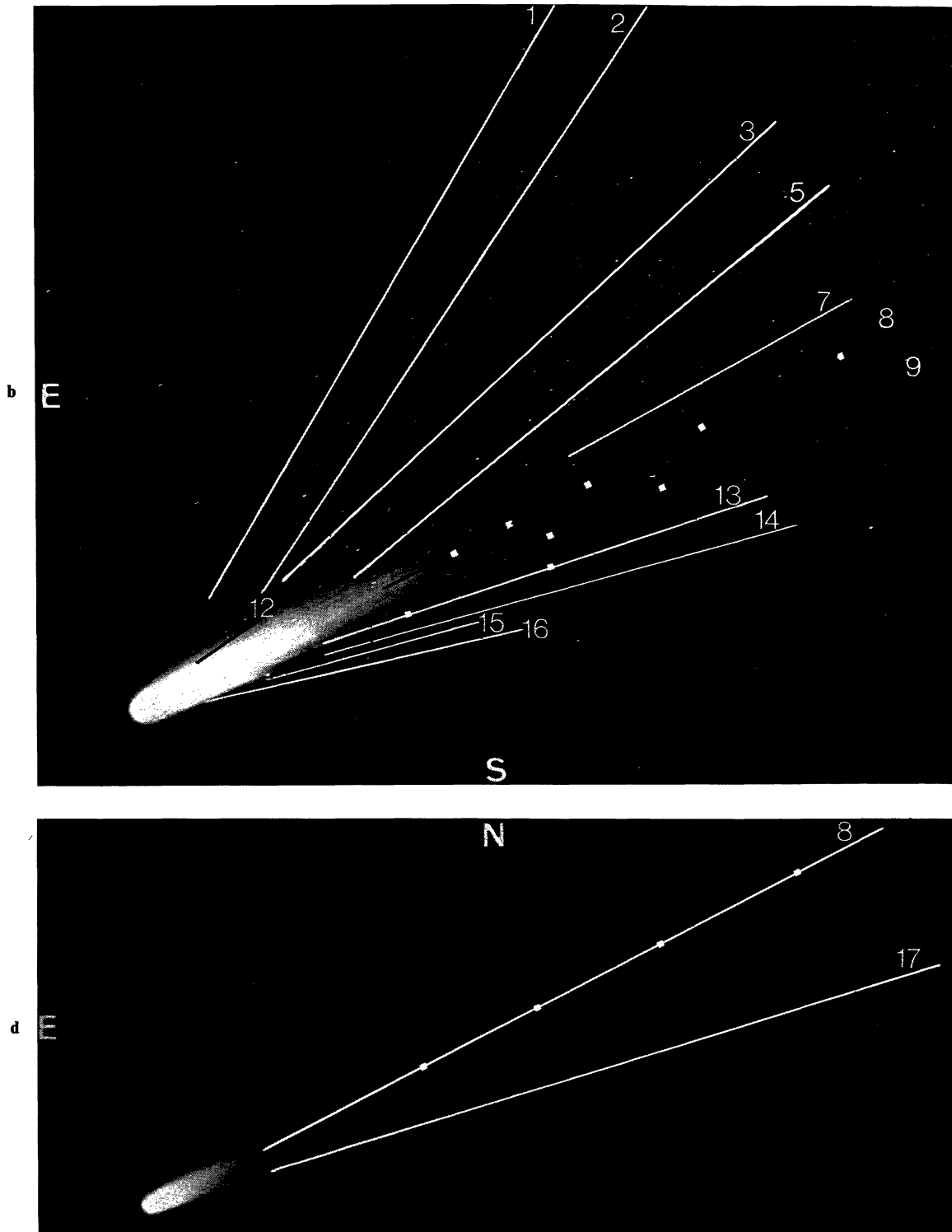


Fig. 3. Illustration des différentes composantes apparaissant dans la queue de la comète West 1975n (côté gauche) le 11 mars 1976 et matérialisation de leurs différentes directions (côté droit). Les photos du haut correspondent au cliché GS 3031, celles du bas au cliché GS 3032

miques créés à la suite d'instabilités de type Kelvin-Helmholtz.

La théorie magnétohydrodynamique élaborée entre autres par Spitzer (1962), Marochnik (1964), Smith et Von Goeler (1968), Ioffe (1970), Dobrovolny et D'Angelo

(1971) et Ershkovich et al. (1971, 1972a, 1972b, 1973) permet de rendre compte des observations ainsi que l'ont montré notamment Ioffe (1970) pour la comète Morehouse 1908 III, Ershkovich et al. (1972b) pour les comètes Arend-Roland 1957 III, Mrkos 1957 V et

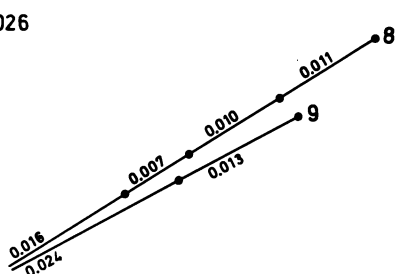


Bennett 1970 II et Hyder et al. (1974) pour la comète Kohoutek 1973f.

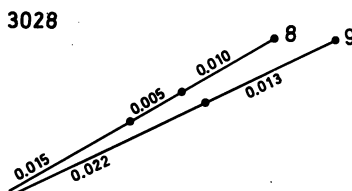
La structure ondulée apparaissant les 10 et 11 mars 1976 dans la queue de type I de la comète West 1975n est interprétée de la même manière. La théorie

montre que le mécanisme qui engendre ces ondes consiste en une excitation d'ondes de surface dans la queue d'ions due à une instabilité de Kelvin-Helmholtz à l'interface entre le plasma cométaire et le vent solaire (discontinuité de la composante tangentielle de vitesse).

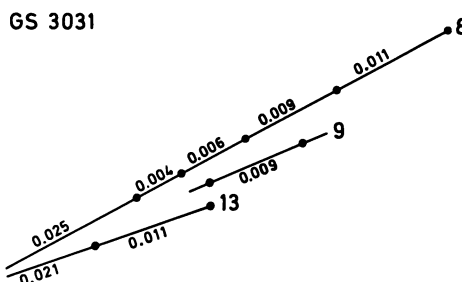
GS 3026



GS 3028



GS 3031



GS 3032

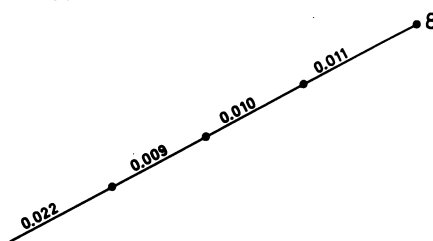


Fig. 4. Longueurs des ondes représentées pour certaines composantes dans les figures 2 et 3. L'unité de mesure est l'U.A.

Table 3. Date, distance au soleil de la structure ondulée observée (d) et longueur d'onde moyenne des ondes observées (λ) pour les comètes Kohoutek 1973f et West 1975n

	Date	d (U.A.)	λ (U.A.)
Comète Kohoutek 1973f	13 janvier 1974	0,68	0,0093
Comète West 1975n	10–11 mars 1976	0,53	$0,0092 \pm 0,0025$

Vu l'impossibilité d'obtenir plusieurs clichés espacés pendant un intervalle de temps qui auraient permis la mesure de la vitesse de phase des ondes magnétohydrodynamiques, nous ne pouvons pas rendre compte d'une image physique quantitative. Notons cependant l'analogie frappante entre nos résultats et ceux obtenus pour la comète Kohoutek 1973f (Hyder et al., 1974) reportés dans la table 3.

E) Conclusions

Les bonnes conditions d'observation (voir figure 1) pendant le début du mois de mars ont permis d'atteindre une grande précision dans les mesures d'orientation et de longueurs d'onde (angle $S-C-T \sim 83^\circ$) des différentes composantes apparues dans la queue de la comète West 1975n.

Malheureusement les conditions météorologiques ainsi que le trop petit intervalle de temps séparant les levers de la comète et du soleil ont empêché d'amasser des données qui auraient permis l'élaboration d'un modèle quantitatif. La grande analogie entre les structures ondulées dans la queue de type I caractérisant les comètes West 1975n, Kohoutek 1973f, Bennett 1970 II, etc. suggère la systématisation d'études quantitatives pour toutes les comètes à grande activité qui apparaîtront dans le futur.

Remerciements. Nous remercions Mrs. P. Swings, L. Woltjer, H. Debehogne et J.-P. Swings pour les encouragements et l'aide matérielle apportés à la réalisation de ce travail.

Merci à M. Klutz pour nous avoir aidé à nous servir du programme de calcul d'orbites cométaires.

Bibliographie

- Biermann, L., Lüst, R.: 1963, *The Solar System*, Vol. IV, 618, ed. B. M. Middlehurst and G. P. Kuiper
- Brandt, J. C.: 1968, *Ann. Rev. Astron. Astrophys.* **6**, 267
- Dobrovolny, M., D'Angelo, N.: 1971, *Wave Motion in Type-1 Comet Tails*, preprint N163, ESRIN
- Dossin, F.: 1971, *Bull. Soc. Roy. Sci. Liège* **40**, 66
- Dossin, F., Heck, A., Klutz, M., Manfroid, J., Sause, G., Swings, J.-P., Vreux, J. M.: 1974, *Ciel et Terre* **5**, 384
- Ershkovich, A. I., Nusinov, A. A., Chernikov, A. A.: 1971, *Oscillations of type-1 comet tails*, Report at XV General Assembly IUGG, Moscow, USSR, preprint D-86, Space Research Institute, Moscow
- Ershkovich, A. I., Nusinov, A. A.: 1972, *Cosmic Electrodynamics* **2**, 471
- Ershkovich, A. I., Nusinov, A. A., Chernikov, A. A.: 1972, *Planetary Space Sci.* **20**, 1235
- Ershkovich, A. I., Chernikov, A. A.: 1973, *Planetary Space Sci.* **21**, 663
- Herget, P.: 1948, *The Computation of Orbits* (publication privée)
- Hyder, Ch. L., Brandt, J. C., Roosen, R. G.: 1974, *Icarus* **23**, 601
- Ioffe, Z. M.: 1970, *Soviet Astron.* **13**, 1042
- Jockers, K., Lüst, R., Nowak, T.: 1972, *Astron. Astrophys.* **21**, 199
- Konopleva, V. P., Gorazdo-Lesnykh, G. A., Stupin, V. J., Tarashchuk, V. P.: 1970, compilers of album, *Photographic Observations of Comet Ikeya-Seki 1965f in USSR*, Naukova Dumka, Kiev
- Lüst, R.: 1959, *Z. Astrophys.* **47**, 205
- Mammano, A., Wurm, K.: 1965, *Icarus* **4**, 1
- Marochnick, L.: 1964, *Soviet Phys. Usp.* **7**, 70
- Miller, F.: 1969, *Astron. J.* **74**, 248
- Osterbrock, D. E.: 1958, *Astrophys. J.* **128**, 95
- Smith, C. G., von Goeler, S.: 1968, *Phys. Fluids* **11**, 2665
- Spitzer, L.: 1962, *Physics of Fully Ionized Gases*, 2nd ed., p.114, Interscience, New York
- Tarashchuk, V. P.: 1967, *Active Processes in Comets*, p. 75, Naukova Dumka, Kiev
- Wolf, M.: 1909, *Astron. Nachr.* **180**, 1
- Wurm, K., Mammano, A.: 1964, *Icarus* **3**, 1