

Comptes rendus des séances
de l'Académie des sciences.
Vie académique

Académie des sciences (France). Auteur du texte. Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences. Vie académique. 1981-07.

1/ Les contenus accessibles sur le site Gallica sont pour la plupart des reproductions numériques d'oeuvres tombées dans le domaine public provenant des collections de la BnF. Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n°78-753 du 17 juillet 1978 :

- La réutilisation non commerciale de ces contenus ou dans le cadre d'une publication académique ou scientifique est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur et notamment du maintien de la mention de source des contenus telle que précisée ci-après : « Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France » ou « Source gallica.bnf.fr / BnF ».

- La réutilisation commerciale de ces contenus est payante et fait l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service ou toute autre réutilisation des contenus générant directement des revenus : publication vendue (à l'exception des ouvrages académiques ou scientifiques), une exposition, une production audiovisuelle, un service ou un produit payant, un support à vocation promotionnelle etc.

[CLIQUER ICI POUR ACCÉDER AUX TARIFS ET À LA LICENCE](#)

2/ Les contenus de Gallica sont la propriété de la BnF au sens de l'article L.2112-1 du code général de la propriété des personnes publiques.

3/ Quelques contenus sont soumis à un régime de réutilisation particulier. Il s'agit :

- des reproductions de documents protégés par un droit d'auteur appartenant à un tiers. Ces documents ne peuvent être réutilisés, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.

- des reproductions de documents conservés dans les bibliothèques ou autres institutions partenaires. Ceux-ci sont signalés par la mention Source gallica.BnF.fr / Bibliothèque municipale de ... (ou autre partenaire). L'utilisateur est invité à s'informer auprès de ces bibliothèques de leurs conditions de réutilisation.

4/ Gallica constitue une base de données, dont la BnF est le producteur, protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle.

5/ Les présentes conditions d'utilisation des contenus de Gallica sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

6/ L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur, notamment en matière de propriété intellectuelle. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

7/ Pour obtenir un document de Gallica en haute définition, contacter utilisation.commerciale@bnf.fr.

INSTITUT DE FRANCE

ACADÉMIE DES SCIENCES

ASTRONOMIE

OSCILLATIONS
ET SISMOLOGIE SOLAIRE

PAR

P. LEDOUX

en la séance du 28 avril 1981

Résumé

La première indication de phénomènes récurrents de faibles périodes à la surface du Soleil, sans connexion apparente avec l'activité magnétique, remonte aux observations par Leighton en 1960 de champs de vitesses radiales de quelques centaines de mètres par seconde oscillant avec des périodes de l'ordre de 5 mn, en cohérence de phase sur des régions de quelques milliers de kilomètres (quelques secondes d'arc) de diamètre et persistant pendant quelques cycles. Les nombreuses investigations subséquentes (notamment Leighton et son groupe, Michard et Evans, Mein, plus récemment Musman et Rust) ont souvent cherché à dégager des corrélations entre propriétés cinématiques et thermiques et à établir leurs variations avec la profondeur en fonction des raies observées.

Les premières tentatives d'interprétation (voir par exemple Schatzman et Souffrin, *Ann. Rev. Astron. Astrophys.*, 5, 1967, p. 67 et Stein et Leibacher, *ibid.*, 12, 1974, p. 407) faisaient appel à des ondes de faibles longueurs d'onde horizontales dans une atmosphère plane. Ces ondes peuvent éventuellement être trappées entre les fréquences de Lamb et de Brunt-Väisälä, dans les couches extérieures : sommet de la zone de convection de l'hydrogène et basse photosphère pour les ondes acoustiques ou ondes de pression : p ; zone de minimum de température entre photosphère et chromosphère pour les ondes de gravité : g .

Une meilleure résolution spatiale et temporelle (Frazier 1968, surtout Deubner 1977) permet de dresser des diagrammes diagnostiques (fréquence ou période, nombre d'onde

horizontal $k_H = 1/\lambda_H$) qui montrèrent définitivement qu'il s'agissait de modes p , se disposant dans ce diagramme suivant des arêtes bien distinctes. Ce sont les lieux des points suivant lesquels s'alignent les fréquences des modes p d'oscillations non-radiales globales du soleil d'un ordre donné (nombre de nœuds le long de r fixé : 0, mode f , 1, 2, 3... modes p , p_2 , p_3 ...) lorsque le degré (correspondant au degré l de l'harmonique sphérique représentant la dépendance angulaire) varie entre des valeurs forcément très élevées (petits λ_H) : $l \simeq 200$ à 1 000.

Pour ces grandes valeurs de l , les modes p n'ont une amplitude appréciable que dans les couches très extérieures dont le cas plan constitue une bonne approximation. Ces modes fournissent donc uniquement des renseignements sur cette zone extérieure notamment en ce qui concerne le libre parcours moyen des éléments turbulents dans la zone de convection de l'hydrogène. En utilisant des raies différentes on pourra également atteindre les variations avec la profondeur de certains paramètres, telle la vitesse de rotation du soleil, les premières indications étant que cette dernière augmente avec la profondeur, circonstance favorable aux théories dynamo des champs magnétiques solaires.

Un autre groupe de modes p avec les périodes d'à peu près 5 mn également, suggéré déjà par des observations de Ricort et Fossat et Grec il y a quelques années, a été remarquablement mis en évidence par le groupe d'Isaac et Claverie en 1979. Ceci a été confirmé et précisé magistralement par Grec, Fossat et Pomerantz par leurs observations dans l'antarctique durant l'été austral 79-80 dont le spectre de puissance met particulièrement en évidence un groupe d'une trentaine de pics doubles entre 2,5 et 4,5 mHz séparés les uns des autres d'à peu près 68 μ Hz. Mais cette fois, ces modes $-p$ doivent correspondre à des valeurs très petites de l (0 à 4) sinon ils ne pourraient se manifester en lumière intégrée sur tout le disque ou sur des fractions appréciables de celui-ci. Ils doivent par contre être d'ordre élevé ($\simeq 20$, λ_r , relativement petite) pour donner lieu à des périodes aussi courtes et leur amplitude reste appréciable en profondeur ce qui peut nous renseigner sur les conditions qui y règnent.

Comme Scuflaire, Noels et Gabriel l'ont montré, une zone de convection de l'hydrogène s'étendant jusqu'à $r = 0,66 R_\odot$ peut encore reproduire l'écart entre les fréquences mais, par contre, il semble que seules des modifications de l'équation d'état puissent permettre de retrouver la position absolue des fréquences.

Une autre ligne d'évidence en faveur des oscillations globales du soleil s'est dégagée des observations de Hill et de son groupe sur le diamètre apparent du Soleil et ses variations. Étant donné la persistance des fréquences au cours de plusieurs années et la cohérence de phase pour chacun des modes principaux sur plusieurs jours (jusqu'à 18) ces données méritent notre attention. Les périodes de ces modes s'échelonnent entre quelque 10 et 70 mn et ils sont difficiles à interpréter car nous n'avons guère d'indications quant à leurs λ_H . Cependant des études récentes de Hill et de Caudell sur les fonctions de filtrage spatial montre que le maximum de sensibilité doit se placer à des l assez élevés de 15 à 30. Ainsi il s'agirait, au moins pour les périodes < 50 mn, d'une famille de modes p , caractérisés par des λ_r grands, significatifs à plus grande profondeur que les modes de Leighton.

Enfin, en 1976, les astronomes de Crimée (Severny, Kotov, Tsap) ont découvert, à partir d'observations différentielles entre centre et bord du Soleil, une période beaucoup plus longue d'à peu près 160 mn qui ne peut guère correspondre qu'à un mode g d'ordre assez élevé et naturellement de degré l faible. Cette découverte a été confirmée en collaboration avec des astronomes de Stanford (Sherer, Wilcox) mettant en évidence une remarquable

cohérence de phase sur plusieurs années d'observation ainsi que par le groupe d'Isaac à Birmingham et elles sont compatibles avec les observations de Grec et Fossat dans l'antarctique. L'amplitude qui est faible (2 m/s) montre des variations qui pourraient être dues à un phénomène de battement entre les composantes de fréquences voisines ($-l < m < l$) résultant de la levée de la dégénérescence par la rotation. Mode g probablement très pur, de degré peu élevé ($l = 2$?) et d'ordre relativement faible (10 à 12), il doit nous fournir des indications intéressantes sur l'intérieur du Soleil et sur le mécanisme d'excitation qui doit être extrêmement sélectif. Ceci n'est pas incompatible avec une étude récente de Saio qui a révélé que l'instabilité vibrationnelle prévue qualitativement par plusieurs groupes de recherche (Cambridge, U.K. : Gough, Christensen-Dalsgaard; Liège; Japon) pour ce type de mode g , peut affecter très spécifiquement l'un ou l'autre de ces modes ou un couple d'entre eux ce qui est encourageant même en l'absence d'accord pour les périodes.

DISCUSSION