

<b>Zeitschrift:</b>	Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerische Astronomische Gesellschaft
<b>Band:</b>	47 (1989)
<b>Heft:</b>	232
<b>Rubrik:</b>	Quasar 3c 273 : 10 millions de nouveaux soleils chaque seconde

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 23.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Quasar 3c 273 - 10 millions de nouveaux soleils chaque seconde

## Introduction

Le 11 février 1988 au matin, l'observateur de la station suisse à La Silla au Chili, expédia un télex avec ses dernières mesures du quasar 3C 273. L'après midi du même jour on recevait à Genève le message contenant quelques chiffres et ses salutations. Ces chiffres représentaient les mesures obtenues avec le photomètre en sept couleurs de l'Observatoire de Genève. Après un premier examen et des vérifications de routine, elles furent introduites dans l'ordinateur, étalonnées et converties en grandeurs physiques standards. On avait ainsi tenu compte de l'atténuation de la lumière au passage de l'atmosphère terrestre, de la qualité du télescope, du rendement de la cellule photoélectrique du récepteur et d'autres variations de la sensibilité du système de mesure. Nous avions alors obtenu des flux de lumière aux longueurs d'onde 0.3459 microns (rayonnement ultraviolet proche), 0.4213 microns (rayonnement visible bleu) et 0.5479 microns (rayonnement visible jaune). Notre observateur avait mesuré l'objet deux fois à 30 minutes d'intervalle et les deux séries de mesures concordaient. Elles indiquaient une augmentation du flux du quasar de 10% aux trois longueurs d'onde par rapport aux mesures effectuées deux semaines auparavant. Nous avons vérifié toutes les sources d'erreurs possibles, mais les résultats ont résisté à l'examen: l'atténuation atmosphérique était faible, la lune était couchée lors de l'observation et l'instrumentation fonctionnait normalement.

Ces variations indiquent que le quasar était devenu beaucoup plus actif qu'il ne l'avait été depuis le début de notre campagne de surveillance. L'augmentation était importante non seulement parce qu'elle était grande et rapide, mais encore car elle pouvait indiquer un événement plus important dans d'autres domaines du spectre électromagnétique.

En effet, pour la première fois des variations du flux infrarouge de 50% en 24 heures furent découvertes dans les semaines qui suivirent. Le comportement de la source était passé d'un état calme, caractérisé par des variations lentes, à un état actif, caractérisé par des sursauts répétés toutes les deux semaines environ. Pendant ces sursauts le flux optique variait de plusieurs pourcent par jour et la lumière reçue devenait partiellement polarisée (Courvoisier et al. 1988).

## La surveillance du quasar

Depuis le début de 1985, les astronomes de la station de l'Observatoire de Genève au Chili effectuent régulièrement trois fois par mois des mesures du quasar 3C 273 (figure 1). La partie visible du rayonnement, que nous mesurons à l'aide du photomètre genevois, ne représente toutefois qu'une fraction de quelques pourcent de l'énergie totale émise et n'est porteuse que d'une petite partie de l'information contenue dans le rayonnement électromagnétique: La figure 2 montre la distribution spectrale de l'énergie émise par le quasar 3C 273. Pour

## Qu'est ce qu'un QUASAR?

Le terme provient de la contraction anglaise Quasi Stellar presque stellaire. A l'origine, une définition purement observationnelle désigne les objets du ciel d'apparence stellaire et dont le spectre est fortement décalé vers le rouge. Par la suite, et lorsque le décalage vers le rouge fut interprété comme une mesure de distance, une description plus détaillée a pu être donnée pour les quasars. Ce sont les objets de loin les plus lumineux connus et ils sont fréquemment aussi des sources de rayonnement radio. Ils sont repartis régulièrement dans le ciel et sont toujours situés à des distances considérables (le plus proche étant à un milliard d'années-lumière approximativement).

obtenir ces informations nous avons eu recours à des techniques très variées. Pas moins de deux satellites (rayons X et UV), des télescopes optique, infrarouge et submillimétrique ainsi qu'un radiotélescope ont été mis à contribution. Notons l'absence de mesures dans le domaine UV lointain qui n'est pas accessible avec l'instrumentation actuelle.

La distribution d'énergie normale étant connue, il est intéressant d'observer le quasar lors de sursauts d'activité. Afin de détecter ces sursauts nous avons mis sur pied une campagne de surveillance, action d'effectuer des mesures précises et régulières, réalisées à l'aide de la photométrie optique à bande passante large (technique de mesure du flux à travers des filtres prédéfinis). Les mesures optiques représentent un excellent moyen de détection de variations car la précision des mesures est très bonne et elles sont relativement faciles à obtenir.

Tenant compte de propriétés déjà connues de la variabilité de 3C 273, nous avions décidé de faire une observation optique par semaine. Nous devions toutefois faire une pause forcée de deux semaines autour de la pleine lune, la lumière diffusée de la lune rendant alors une mesure photométrique trop imprécise (3C 273 étant de magnitude visuelle 13, approximativement 1000 fois plus faible que ce que nous pouvons observer à l'oeil nu). La figure 3 montre que fin 1987, après 3 ans de surveillance, nous n'avions pas encore détecté de changement brusque. Les observations optiques étaient complétées par des observations dans d'autres longueurs d'ondes. L'ensemble de nos observations montrait des variations complexes dans les différentes parties du spectre électromagnétique (Courvoisier et al. 1987), mais ne permettait pas de déceler de corrélation directe entre les composantes de la source. Les échelles de temps caractérisant les variations étaient de l'ordre du mois. L'absence de corrélation nous a permis de distinguer au moins 4 composantes de la source chacune contribuant au rayonnement de l'ensemble. Nos observations illustraient la nature

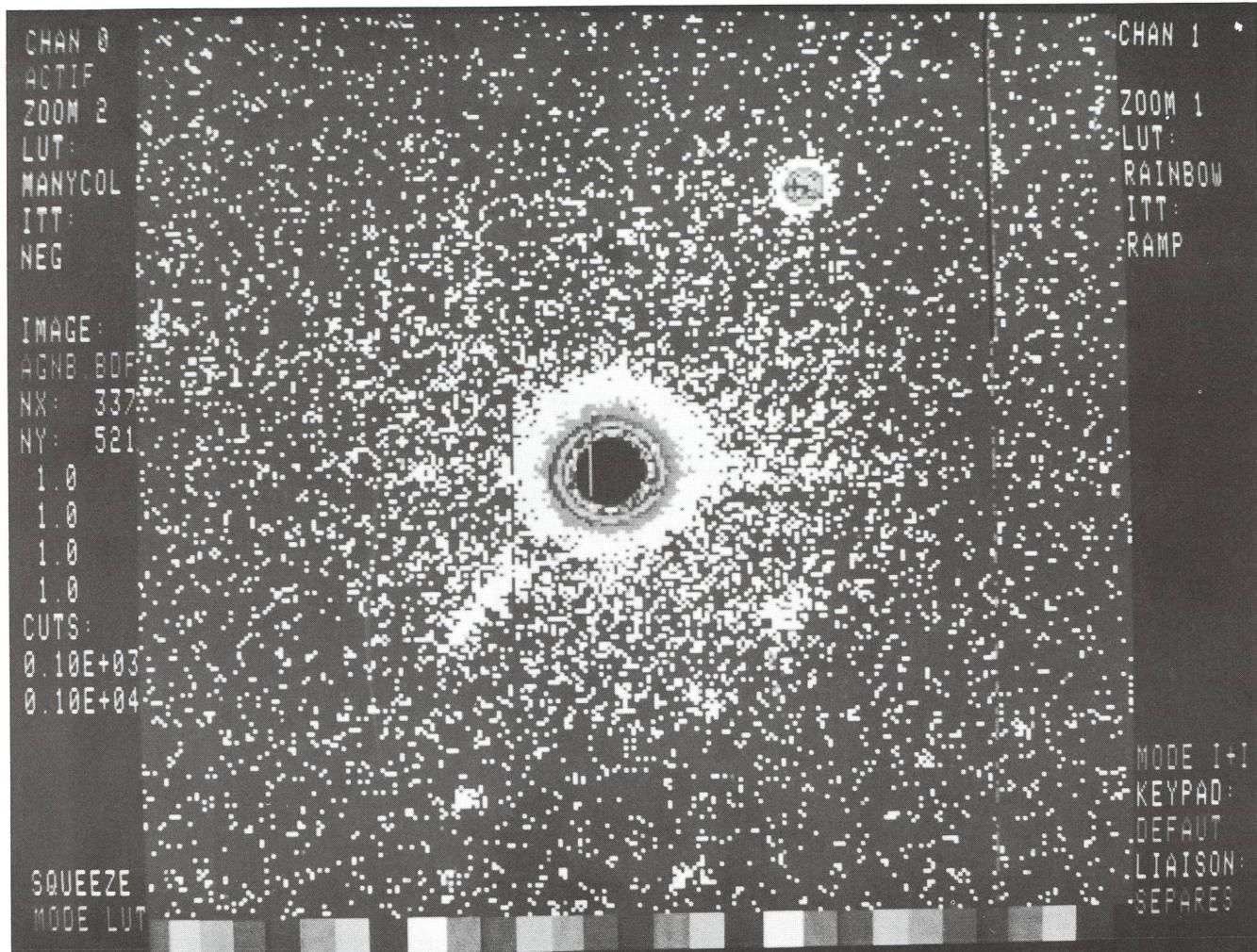


Fig. 1. Image du quasar 3C 273 obtenue avec le télescope 2.2 m et la caméra CCD-RCA à l'ESO par un des auteurs (filtre bleu, exposition 20 minutes). Les deux autres objets sont des étoiles. On distingue bien une sorte de filament en bas à gauche du quasar. La matière qui émet ce rayonnement a été éjectée du quasar. La direction du nord est vers la haut, et celle de l'est vers la droite de la figure.

complexe des quasars, mais ne nous donnaient pas la possibilité de proposer une explication cohérente de l'ensemble.

L'événement de février-avril 1988 (figure 4) est survenu à un moment opportun, car nous connaissions bien notre instrumentation, la collaboration internationale était rodée et nous avions déjà accumulé suffisamment de mesures, prises lors d'une période d'activité normale de 3C 273, pour reconnaître le caractère tout à fait exceptionnel de l'événement. Nous avons pu obtenir simultanément des mesures infrarouges et sub-millimétriques à Mauna Kea (UKIRT) et à La Silla (ESO) ainsi que quelques mesures UV avec le satellite IUE et enfin des mesures X avec la station orbitale soviétique MIR/KVANT et le satellite japonais GINGA.

#### Le quasar 3C 273 interprétation des observations

L'objet 3C 273 fait partie de la catégorie des quasars, noyaux de galaxie extrêmement actifs. Les quasars sont caractérisés par une très grande luminosité (le rayonnement du noyau domine celui de toute la galaxie), des raies d'émission larges dans le spectre indiquant un haut degré d'ionisation et des

mouvements très violents et enfin une émission continue s'étendant sur tout le spectre électromagnétique, de l'infrarouge lointain aux rayons X et gamma. L'émission est sujette à une variabilité importante. C'est une image en fort contraste avec celle d'une galaxie ordinaire (sans noyau actif), comme la nôtre. Dans ce cas, le noyau ne représente qu'une petite fraction du rayonnement total; la majeure partie du rayonnement provient des étoiles et le flux reste stable.

Malgré un intérêt croissant de la communauté scientifique pour les noyaux actifs, notre connaissance des mécanismes physiques d'émission du rayonnement et de sa variabilité reste très fragmentaire. Une des difficultés réside dans la nécessité d'obtenir des observations couvrant tout le spectre électromagnétique. En effet, si le rayonnement provenant d'une étoile (la source du rayonnement d'une galaxie ordinaire) peut être en grande partie attribué à une seule source thermique (atmosphère stellaire), celui des noyaux actifs provient de plusieurs composantes, variables, dont certaines non-thermiques. L'observation de variations est alors un moyen d'investigation puissant, car les contributions respectives des compo-

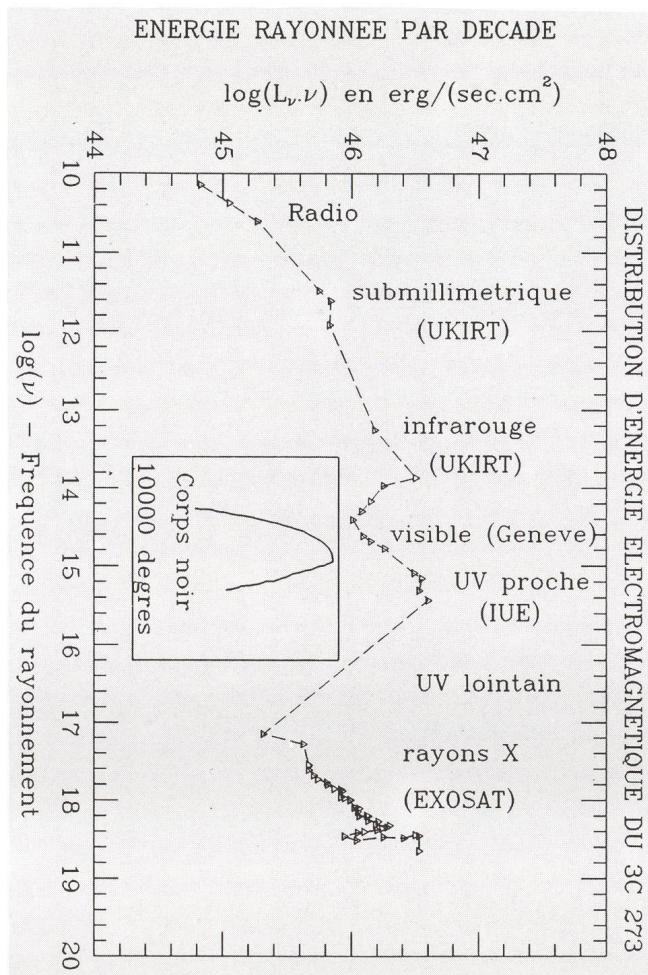


Fig. 2.

Spectre électromagnétique complet de 3C 273. L'échelle verticale adoptée représente l'énergie émise dans chaque décade de fréquence. Remarquons que la distribution est relativement plate, bien que les rayons ultraviolets et le rayonnement gamma contribuent plus fortement à l'énergie totale. Par comparaison, la distribution d'énergie d'un corps noir à 10000 K est montré (l'échelle verticale ne s'applique pas à celui-ci).

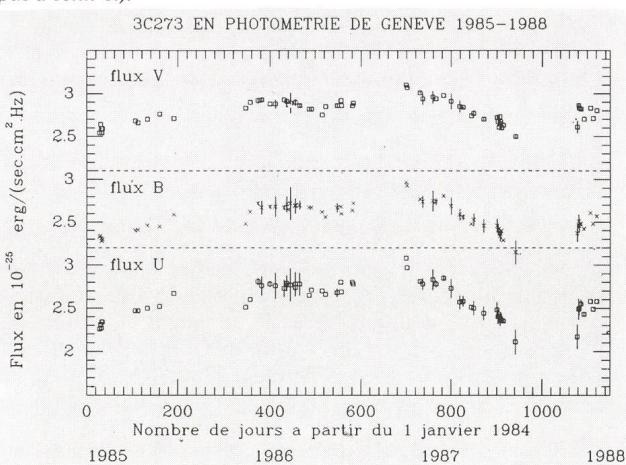


Fig. 3.

La courbe de lumière du quasar 3C 273 de 1985 à 1988, montrent les variations du flux ultraviolet proche et visible (en lumière bleue et jaune).

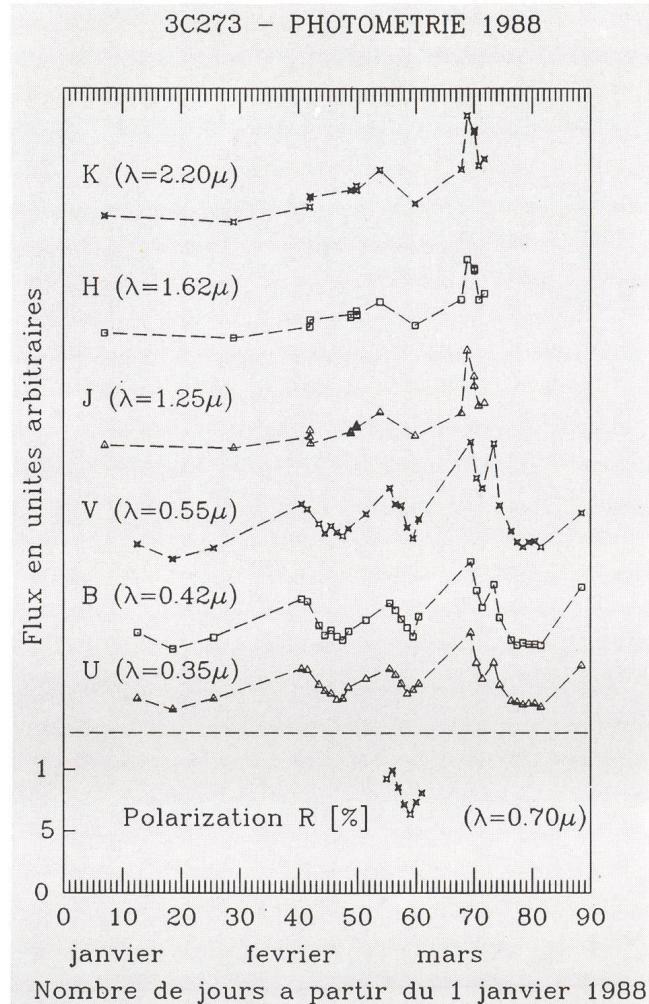


Fig. 4.

Courbes de lumière et de polarisation lors des sursauts février-avril 1988. REMARQUE: Les points sont reliés par un trait interrompu afin de rendre le graphique plus clair. Nous n'avons aucune indication quant au comportement réel de la source en dehors des points individuels.

santes changent au cours d'un sursaut permettant ainsi de détecter la signature du mécanisme physique particulier responsable du surplus d'énergie.

L'activité du quasar 3C 273 que nous avons observée (figure 3) ce printemps était caractérisée par cinq maxima dans la courbe de lumière optique, d'amplitude 30 - 40 %, et par deux maxima infrarouge d'amplitude 100 % par rapport à l'état calme.

Les spectres infrarouge et optique ont pu être observés régulièrement après le maximum le plus élevé en mars. Quelques mesures faites dans le proche ultraviolet que nous avons pu obtenir montrent une décroissance alors plus rapide que celle de l'émission infrarouge. Pendant la période active, la lumière de 3C 273 devenait beaucoup plus polarisée qu'en était calme. Le temps caractéristique de décroissance du flux infrarouge était de deux jours approximativement. Ce temps peut être associé au refroidissement d'une des composantes de la source.

Ces caractéristiques peuvent être utilisées pour déduire des paramètres du processus d'émission. Tout d'abord, l'évolution du spectre et sa polarisation suggèrent que l'émission est d'origine synchrotron, c'est-à-dire causée par les mouvements d'électrons relativistes (vitesse proche de celle de la lumière) dans un champ magnétique. En utilisant alors la théorie du mécanisme synchrotron, il est possible de déduire l'énergie des électrons et l'intensité du champ magnétique dans lequel ils évoluent. A partir de nos observations nous obtenons les valeurs approximatives cinq GeV pour l'énergie des électrons et un Gauss pour le champ magnétique (une valeur proche de celle du champ magnétique terrestre). L'originalité de notre résultat réside dans le fait que nous obtenons la valeur du champ magnétique directement alors que les estimations précédentes étaient basées sur la forme générale du spectre et entachées d'incertitudes importantes.

La théorie de l'émission synchrotron prédit que si la source d'émission est très petite, une fraction considérable de l'émission doit provenir de photons ayant été diffusés par les électrons. Dans ce cas, les photons gagnent de l'énergie lors de la collision (effet Compton inverse) et apparaissent dans le domaine X. Comme le flux des rayons X est approximativement connu, il est possible de déduire une dimension minimale de la source, indépendamment de celles déterminées à partir de la mesure de la rapidité des variations (l'échelle de temps). De telles études ont été faites pour plusieurs quasars et ont donné des résultats contradictoires: le flux radio observé s'est révélé trop grand par rapport à la dimension de la source. Ces contradictions peuvent être expliquées si l'on admet que la source de l'émission se déplace à une vitesse relativiste vers l'observateur. Dans le cas de 3C 273, nos observations ne sont pas en contradiction avec une émission isotrope. Toutefois, quelques mesures dans le domaine sub-millimétrique que nous avons pu effectuer suggèrent que cette géométrie pourrait ne pas être juste. Une telle conclusion serait importante, car elle nous permettrait alors d'associer l'émission synchrotron en période d'activité du quasar avec la zone produisant le jet observé dans l'émission radio (figure 5.).

### Conclusions

Avant que nous ne commencions nos observations systématiques et bien que 3C 273 soit un quasar très observé (un des premiers découvert et un des plus brillants), très peu était connu sur ses variations à l'échelle de semaines et de jours. On savait que son flux change lentement et d'une manière peu systématique et que de temps à autre il est secoué de sursauts. Mais aucune information n'était disponible quant à l'importance de ces sursauts par rapport à l'énergie totale rayonnée. On ne possédait que des indications très sommaires quant aux temps caractéristiques qui les régissent (durée de la montée, durée de la descente). Nos observations ont démontré pour la première fois que le quasar 3C 273 possède deux états clairement distincts: l'état calme et l'état actif. Les processus physiques produisant le surplus du rayonnement observé lors de la phase active se déroulent dans un espace très limité de dimension de l'ordre d'un jour-lumière. Si la détermination de la distance de l'objet (basée sur les mesures de décalage vers le rouge) est juste, lors d'un sursaut la luminosité augmente ou diminue chaque seconde d'une quantité équivalente ou supérieure au rayonnement de  $10^7$  soleils. Les variations observées sont tellement rapides qu'afin de décrire le phénomène com-

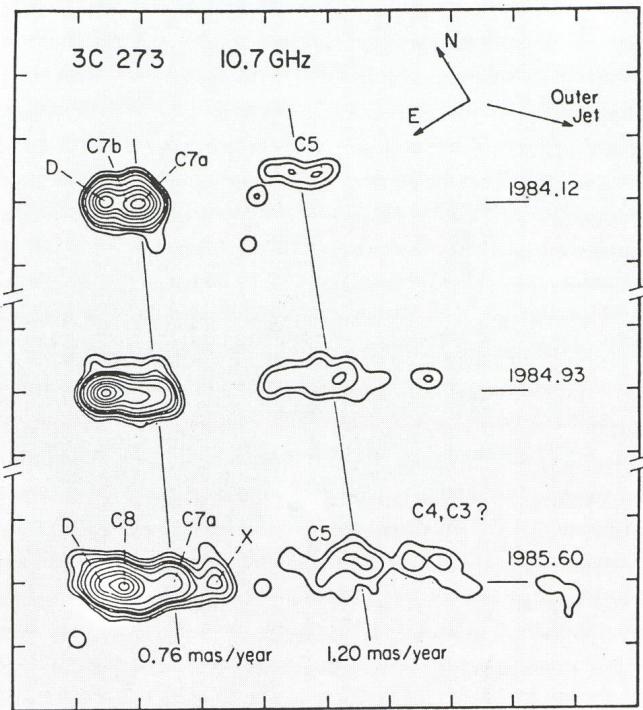


Fig. 5.

*Les mesures du flux radio obtenues avec la technique VLBI (interférométrie intercontinentale avec les télescopes placés en Europe, aux Etats-Unis et au Brésil) montrent les variations de la géométrie de la source centrale accompagnées par l'éjection de matière en direction ouest-sud-ouest, approximativement la même que celle du filament optique. Il est possible que les variations enregistrées par notre groupe soient reliées à l'apparition de centres d'émission nouveaux comme le C8 en bas à gauche de la figure. Une division des axes représente une distance angulaire de 2 millisecondes d'arc (approximativement 30 années-lumière). Les vitesses apparentes transversales des centres C5 et C7a sont de 8 respectivement 5 fois supérieures à la vitesse de lumière (constante de Hubble  $H_0 = 100 \text{ km/Mpc}$ ). La figure est reprise de l'article de Cohen et al. (1987).*

plètement, plusieurs observations par nuit devraient être effectuées, en particulier en période de montée, et ceci dans tous les domaines accessibles du spectre.

### Epilogue - projets

Le travail d'analyse de données se poursuit, alors que la surveillance optique doit s'arrêter pendant quatre mois (le soleil s'est trop rapproché de 3C 273 sur la sphère céleste). Les observations millimétriques et infrarouges doivent être soigneusement re-étalonnées, et après la première publication des observations par plusieurs groupes nous pourrons essayer de donner une explication plus quantitative de l'ensemble (modèle physique de la source) et, si possible, de proposer des observations spécifiques pour clarifier, confirmer ou infirmer des points précis du modèle. L'événement de février-avril 1988 nous a aussi appris qu'il est impératif d'être à même de continuer les observations du sursaut sans interruption. Avec une instrumentation plus moderne, que nous sommes en train de mettre en service (caméra photométrique CCD), nous serons en mesure de poursuivre nos observations même en période de pleine lune et d'étendre notre programme à plusieurs objets. Il reste à vérifier que le cas du 3C 273 n'est pas unique et que d'autres quasars connaissent également des périodes d'activité

et de calme relatif comme celles que nous avons mises en évidence. On pourra alors explorer le domaine des paramètres physiques des noyaux actifs, grâce justement à leur variabilité rapide.

#### Bibliographie:

Cohen M.H., Zensus J.A., Biretta J.A., Comoretto G., Kauffmann P., Abraham Z., 1987, *Astrophysical Journal*, 315, L89-L92.

Courvoisier T. J.L., Turner M., Robson E.I., Gear W.K., Staubert R., Blecha A., Bouchet P., Falomo P., Valtonen M., Teraesranta H., 1987, *The Radio to XRay Continuum Emission from the Quasar 3C 273 and its Temporal Variation*, *Astron. Astrophys.*, 176, 197-209

Courvoisier Th. J.L., Robson J., Blecha A., Hughes D.H. et al., 1988, *Nature*, Rapid infrared and optical variability in the bright quasar 3C 273, *Nature*, 335, 333-336

#### Abréviations:

ESO - Observatoire européen dans l'hémisphère sud. Organisation internationale gérant les télescopes à la Silla (Chili). Le siège principal est situé à Munich (RFA).

UKIRT - United Kingdom InfraRed Telescope. Télescope infrarouge britannique de quatre mètres de diamètre installé à 4800 mètres d'altitude à Mauna Kea (Hawaii).

IUE - International Ultraviolet Explorer. Observatoire spatial pour le domaine du rayonnement ultraviolet exploité par l'Agence spatiale Européenne (ESA). Il fonctionne depuis 10 ans déjà.

ANDRÉ BLECHA et THIERRY J.-L. COURVOISIER  
Observatoire de Genève, Chemin des Maillettes 51, CH-1290 Sauverny

# Sternzeituhren im Einsatz

LUKAS HOWALD

#### Weshalb Sternzeituhren?

Eine Sternzeituhr erspart dem Astronomen manche Rechnerei!

Obwohl die Sternzeit, welche direkt von der geogr. Länge des Beobachters abhängt, ein Grundbedürfnis des beobachtenden Astronomen ist, gibt es noch sehr wenig handelsübliche Sternzeituhren.

Und da sie meist in Kleinserie gebaut werden, ist der Preis auch recht hoch. Ich habe meinen eigenen Weg zur Sternzeituhr gefunden.

#### Wie werden Sternzeituhren gebaut?

Seit vier Jahren baue ich neben dem Physikstudium normale elektronische Uhren um. Die ersten elektronischen Zusatzschaltungen waren recht kompliziert. Mit steigender Erfahrung wurden sie einfacher, und inzwischen ist der Umbau sogar sehr elegant: in normalen Uhren aus Grosserie ersetze ich nur noch den Schwingquarz durch einen speziellen Sternzeitquarz und gleiche dann die Ganggeschwindigkeit sehr exakt ab. Die Abweichung von der exakten Gangart liegt meist unter 2 Sek. pro Woche! Für die meisten Anwendungen genügt also

