

La magie de la caméra CCD

Une caméra CCD offre bien plus de possibilités qu'une plaque photographique. En haut à gauche (Fig. A), vous voyez une image prise à l'Astrographe Double (l'instrument dans l'autre coupole), au moment du démarrage du projet RUSTICCA. À cause de l'énorme pollution lumineuse de l'agglomération Bruxelloise, on ne pouvait plus observer d'étoiles plus faibles que la magnitude 14 (à peu près 4000 fois moins lumineuses que les étoiles les plus faibles visibles à l'œil nu). Des pauses plus longues que 10 minutes environ n'étaient plus possibles. Au delà, le fond du ciel lui-même aurait surexposé les clichés. Les observations photographiques à Uccle avaient fortement diminué et étaient limitées aux objets les plus brillants, les seuls encore à la portée de nos instruments.

L'image de droite (Fig. B) montre le même champ, observé au cours des tests du projet RUSTICCA effectués en août 1996 à l'aide de la caméra CCD au Télescope. Malgré la forte pollution lumineuse et les imperfections techniques dans la phase de test, les étoiles les plus faibles, visibles, sur l'image sont de magnitude 21, c'est-à-dire 600 fois plus faible que les étoiles les plus faibles de l'image de gauche, ou encore 2 millions de fois moins lumineuses que les étoiles les plus faibles visibles à l'œil nu. Le temps de pose total est d'à peu près deux heures et demie.

Ce résultat remarquable a pu être obtenu grâce à plusieurs avantages de la caméra CCD par rapport à la plaque photographique classique:

- Une puce CCD est beaucoup plus sensible qu'une plaque photographique et réagit donc beaucoup plus vite à la lumière incidente.
- Chaque pixel de la puce peut montrer 30 000 tons de gris différents, tandis qu'un grain photographique ne peut être que blanc ou noir. Ceci compense largement le fait qu'un pixel d'une caméra CCD est plus grand qu'un grain d'une émulsion photographique.
- Un CCD se comporte linéairement, ce qui veut dire que le signal est proportionnel avec la quantité de lumière, tandis qu'un plaque photographique montre bien vite des phénomènes de saturation, et réagira moins fortement à un surplus de lumière.
- L'image d'un CCD est délivré sous forme d'un signal qu'un ordinateur peut lire, interpréter et traiter directement. Le fond du ciel peut ainsi être déduit, et on peut augmenter le contraste. Les étoiles les plus faibles sur ce cliché sont environ 200 fois plus faibles que le fond du ciel lui-même. Sur une plaque photographique, une étoile doit être à peu près aussi brillante que le fond du ciel pour être visible.
- Puisque les images sont mémorisées sur ordinateur, il est possible d'additionner plusieurs images, et par conséquent, il n'y a plus de limite au temps de pose. Bien que le fond du ciel sature une image individuelle en à peu près 15 minutes, l'image montrée ici a été obtenue avec un temps de pose cumulé de plus de 2 heures, en additionnant une vingtaine d'images individuelles.

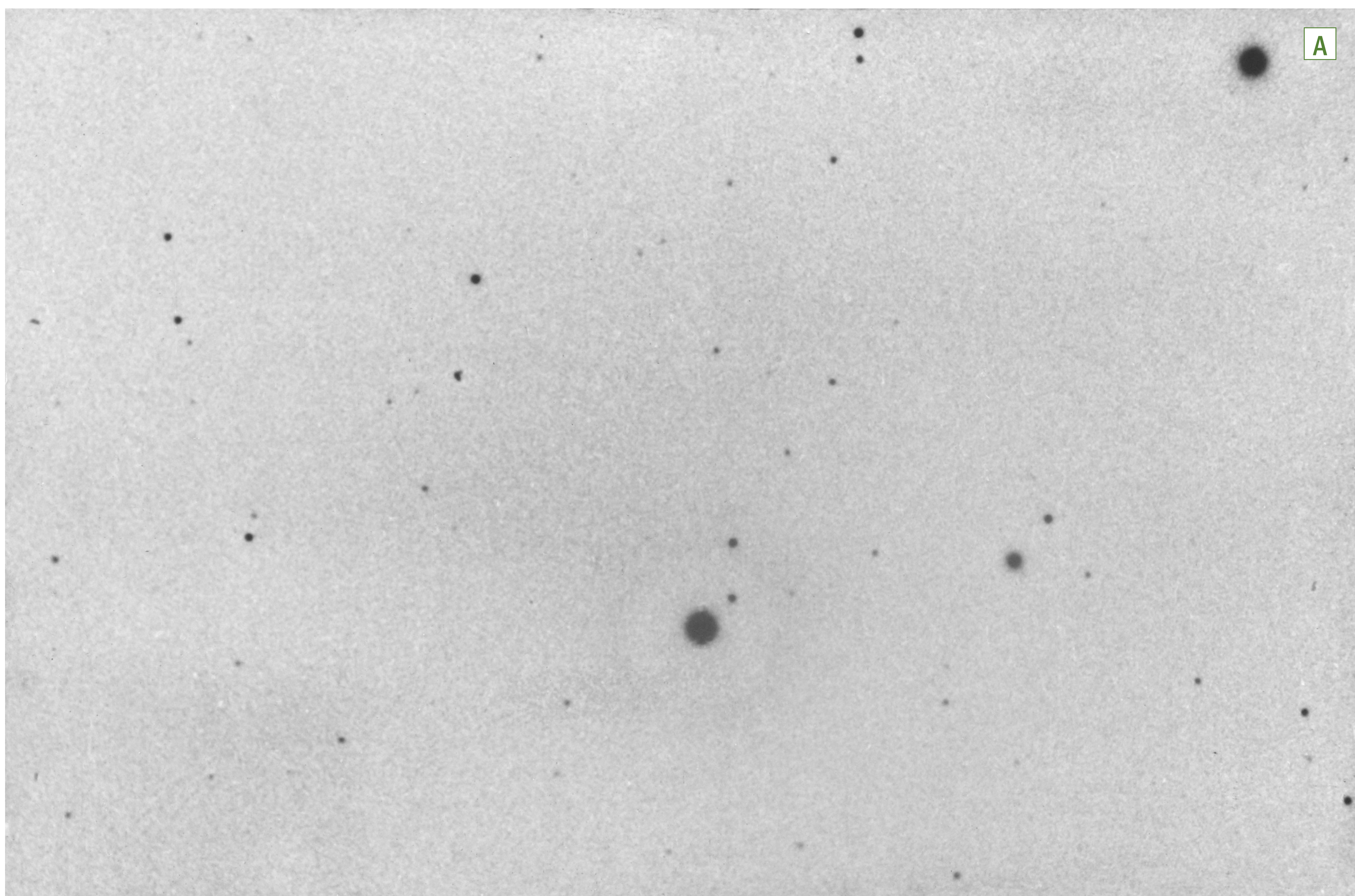
Quelques autres avantages d'une caméra CCD:

- La caméra est fixe dans le télescope et peut être commandée à distance, ce qui est beaucoup plus commode et rapide que la plaque photographique. En effet, celle-ci devait chaque fois être introduite manuellement à une hauteur d'à peu près 4 mètres au dessus du sol.
- La lecture de la puce, et l'enregistrement dans l'ordinateur prend moins d'une demi-minute, tandis que le développement d'une plaque photographique prend typiquement 20 minutes.

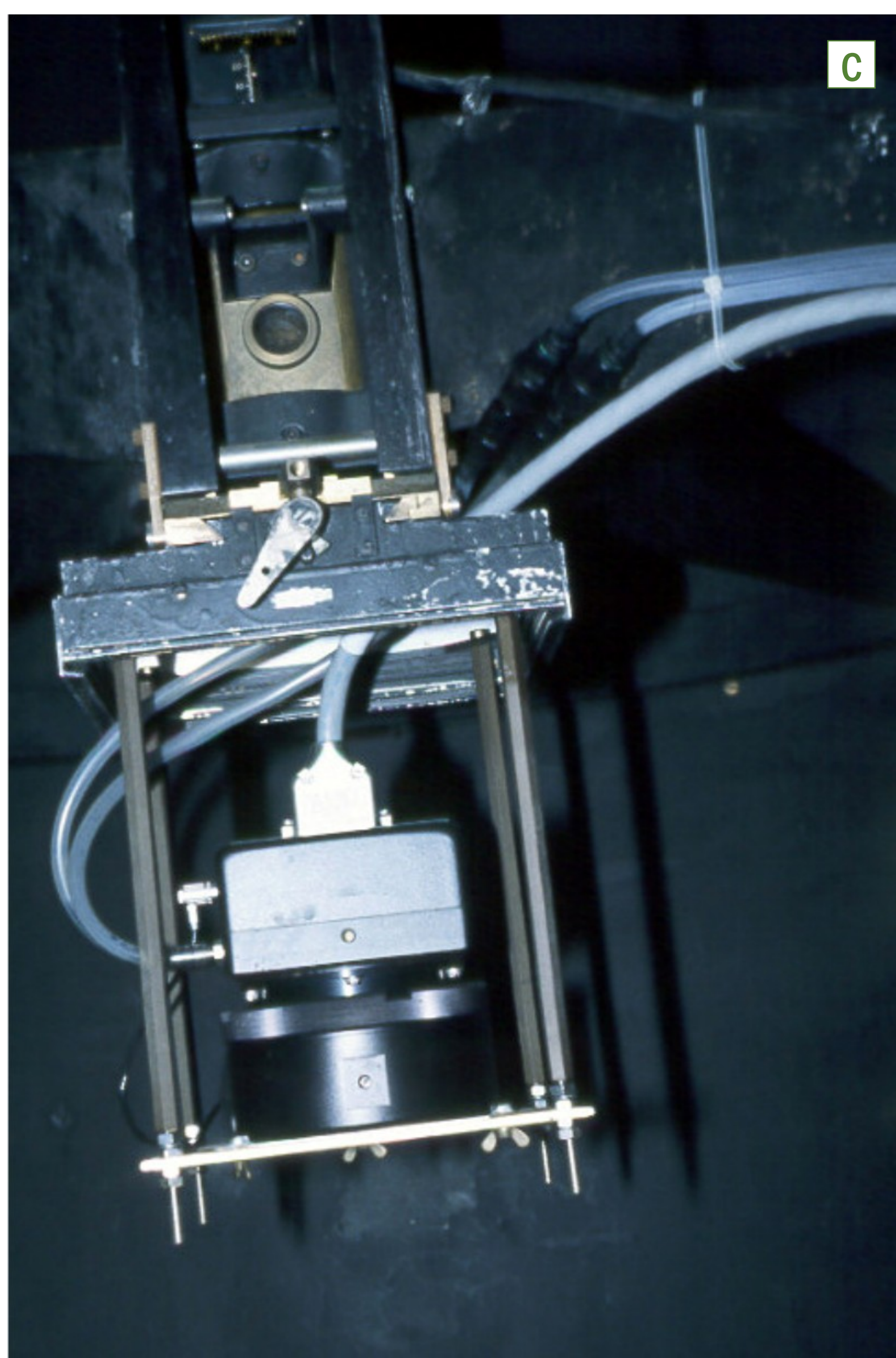
- Les produits chimiques nécessaires pour le développement des plaques photographiques deviennent superflus, ce qui est meilleur pour l'environnement.
- Les mesures peuvent se faire entièrement à l'aide d'un ordinateur et peuvent ainsi être jusqu'à 100 fois aussi précises.

Pourtant, la caméra CCD présente aussi malheureusement un désavantage. Alors qu'une plaque photographique mesure 20 à 30 centimètres, la dimension des puces CCD (c-à-d l'élément sensible)

reste le plus souvent inférieure au centimètre. Même si, avec ses 3 centimètres sur 2, notre puce était un géant parmi les puces CCD, elle est encore toute petite comparée à une plaque photographique. Dans de grands observatoires on utilise des mosaïques de CCD, afin d'obtenir un grand champ, mais de telles mosaïques sont très coûteuses.



(A & B): Une image de 1996 du même champ avec une plaque photographique prise à l'Astrographe Double (à gauche) et avec la caméra CCD au télescope (à droite). Les deux images ont été agrandies 20 fois par rapport à l'image originale, qui mesure 27 mm sur 18 mm. Sur le ciel, cela correspond à 3/4 de degré sur 1/2 degré, de telle sorte que la pleine lune entrerait encore tout juste dans le champ de l'image. (Crédit: ORB)

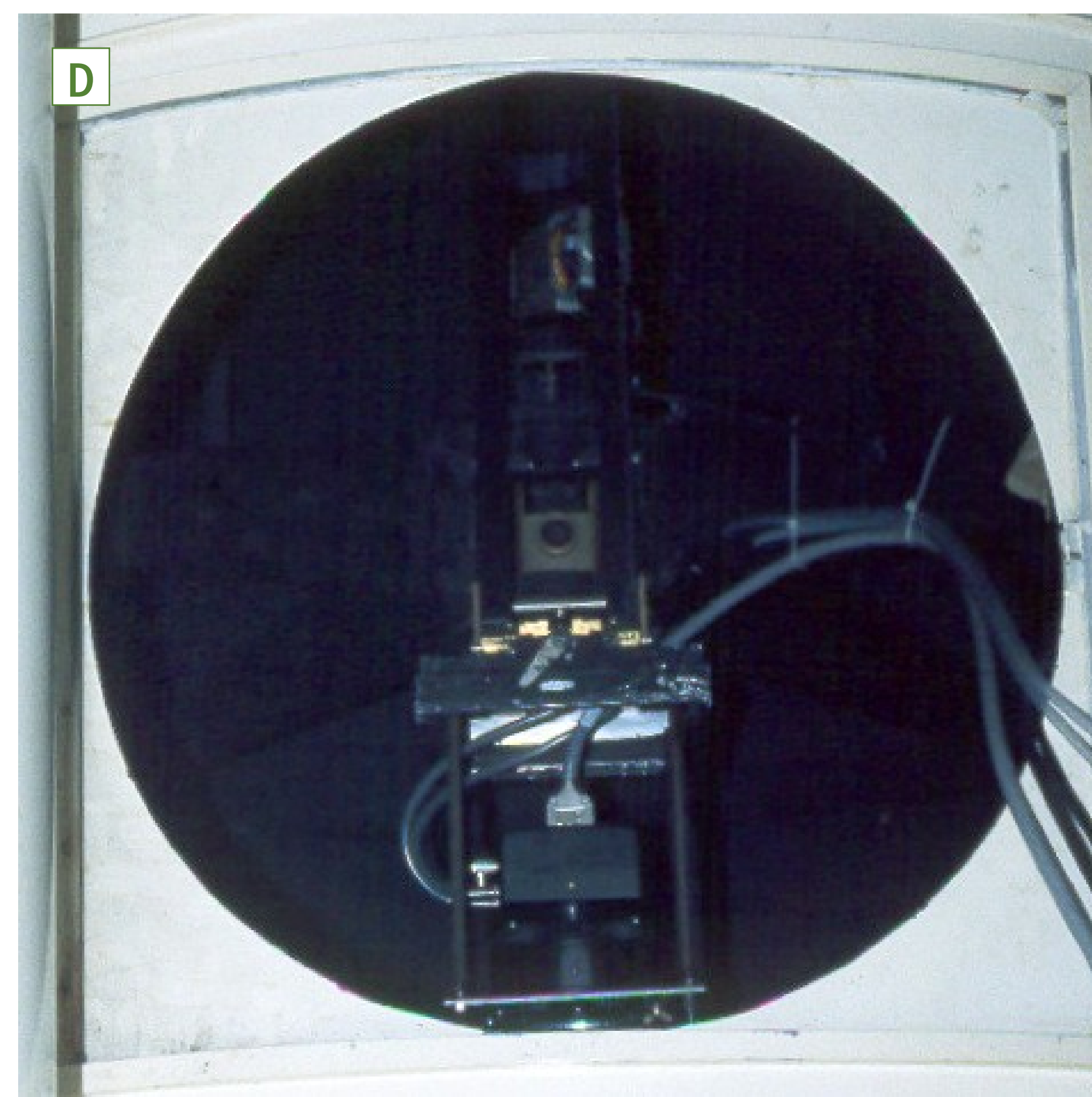


La caméra CCD

Fig. C & D: Photos de la caméra CCD montée dans le télescope. Les photos ont été prises à hauteur de l'ouverture circulaire à mi-hauteur du télescope. (Crédit: ORB)

Fig. E: Photo de la caméra hors du télescope. (Crédit: ORB)

Fig. F: Photo de la puce dans la caméra. La surface photosensible mesure 2,7 sur 1,8 centimètres, et contient 3072 sur 2048 éléments sensibles (pixels) de 9 micromètres chacun. (Crédit: ORB)



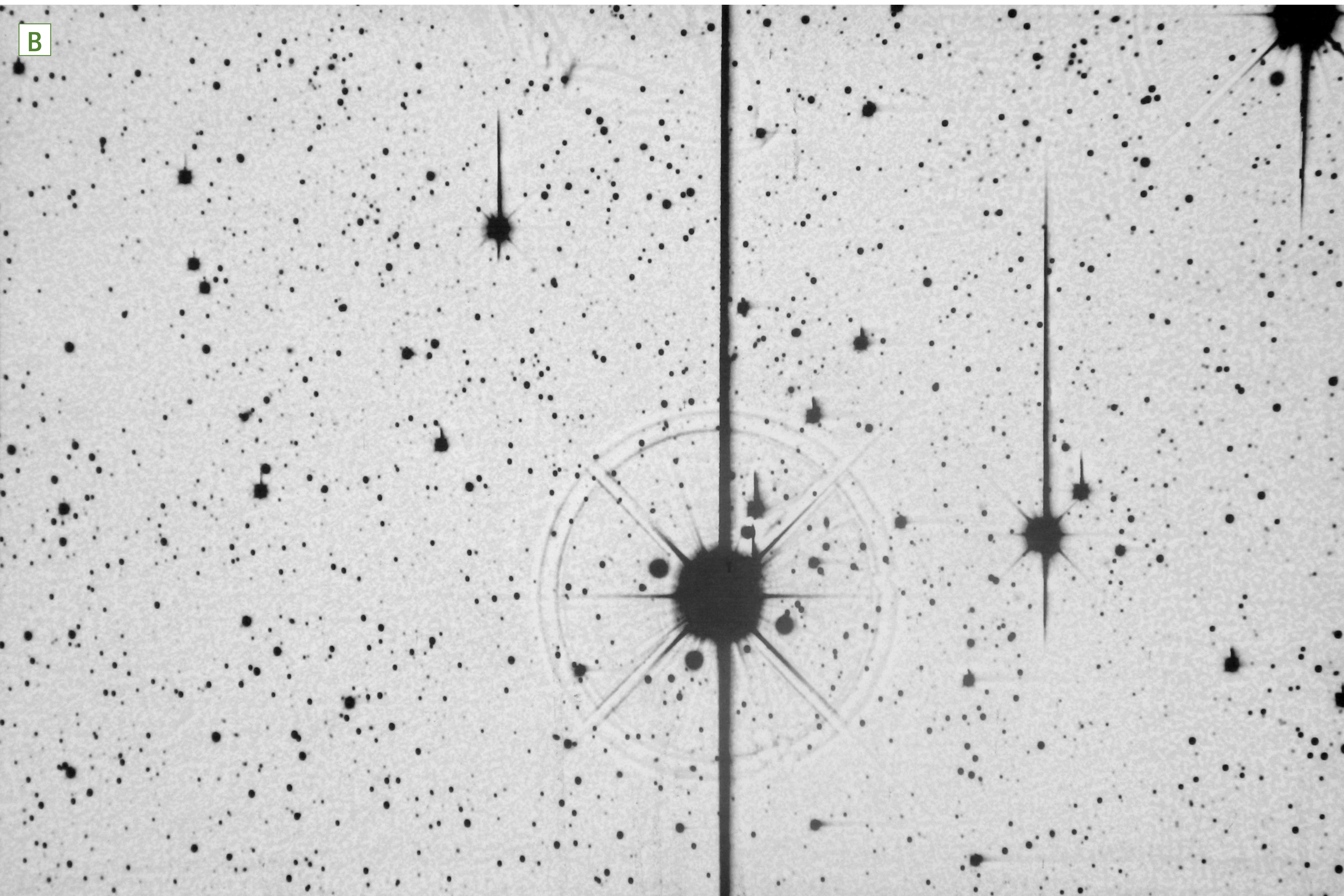


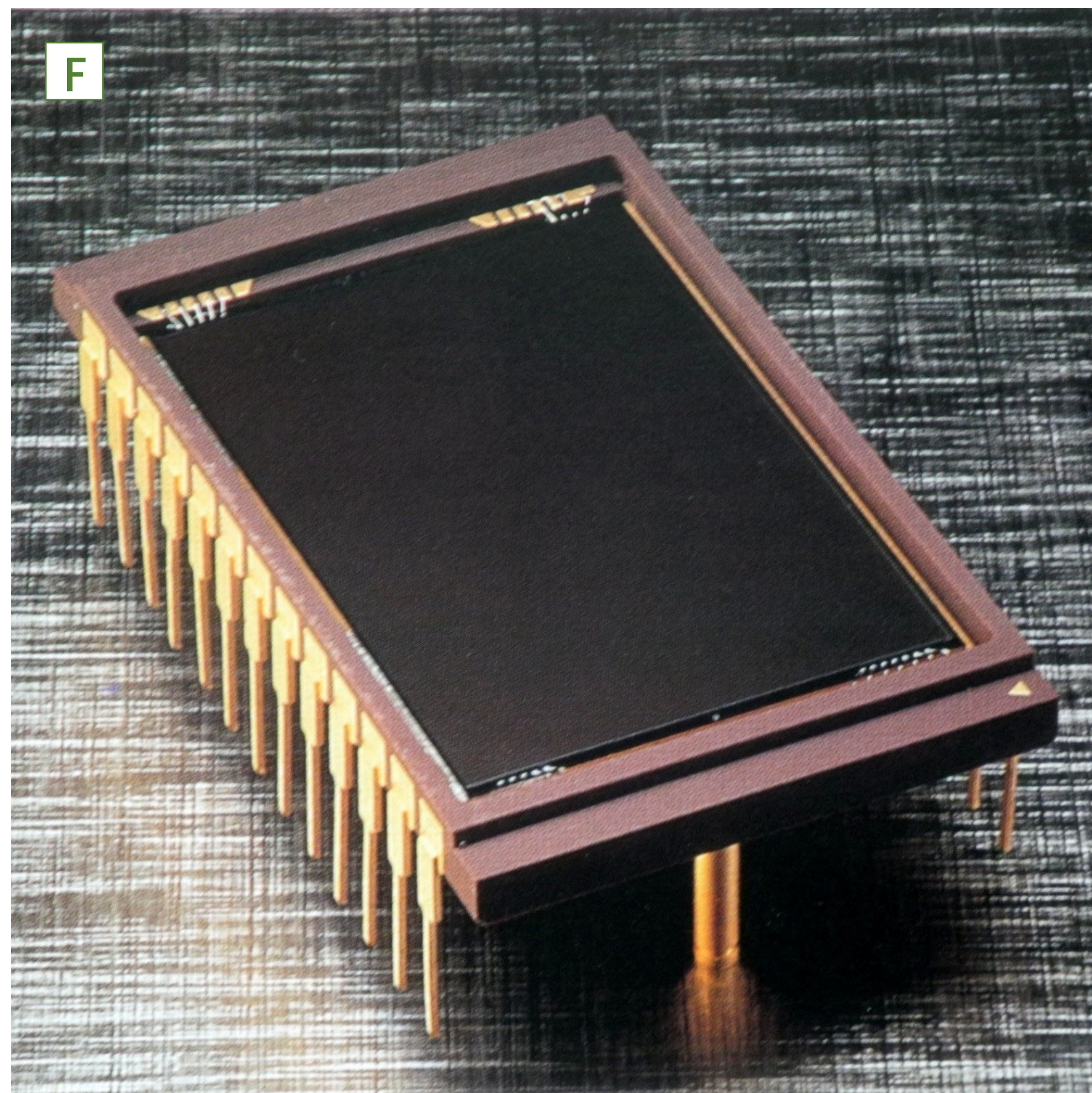
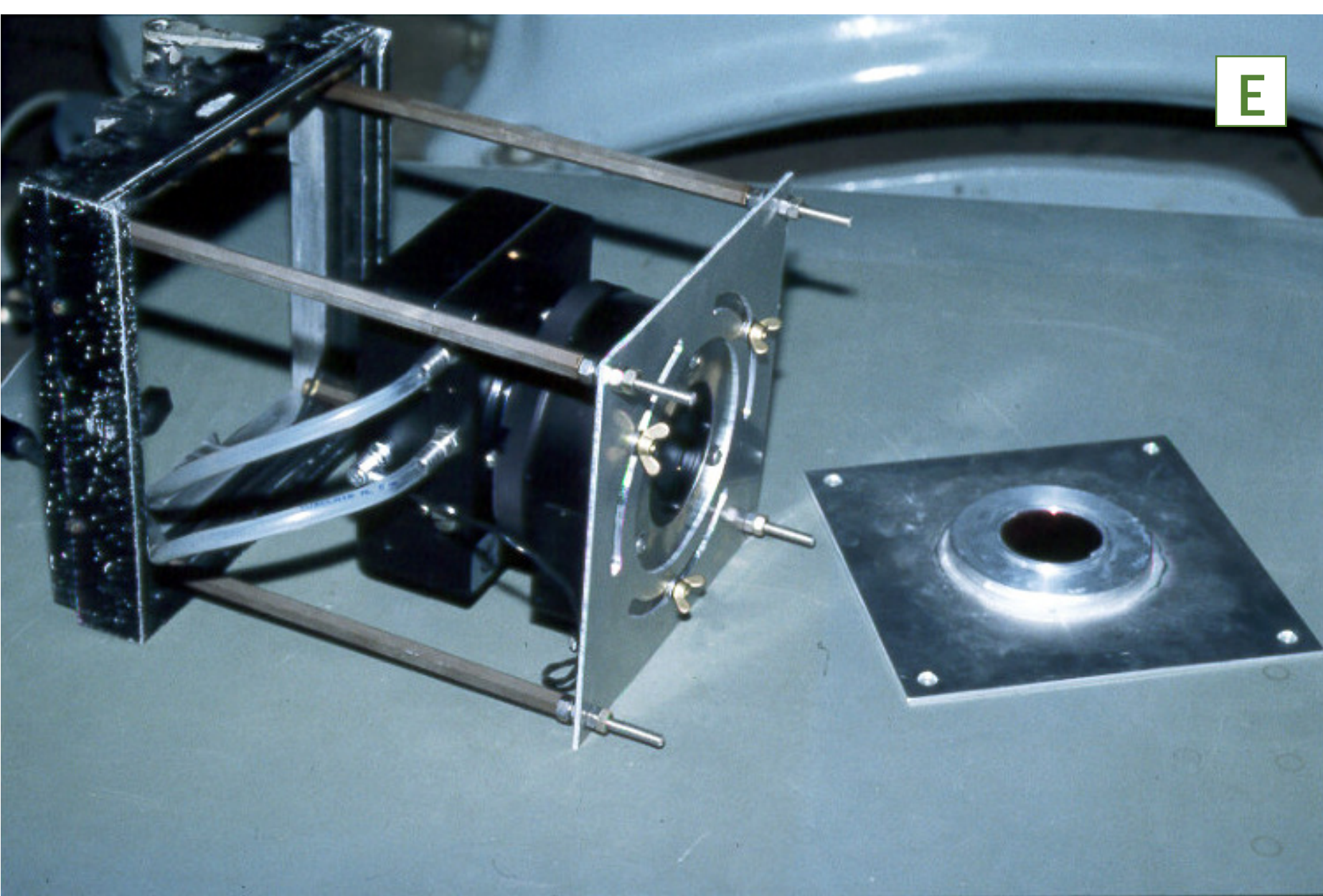
Fig. A & B: Een opname uit 1996 van hetzelfde beeldveld met een klassieke fotografische plaat met de Dubbele Astrograaf (links) en met de CCD-camera aan de Telescoop (rechts). Beide beelden zijn 20 maal vergroot ten opzichte van het originele beeld, dat 27 mm bij 18 mm meet. Dit komt overeen met een veld aan de hemel van 3/4 graad bij 1/2 graad, zodat de volle maan nog net volledig op het beeld zou passen. *(Bron: KSB)*

De CCD-camera

Fig. C & D: Foto's van de CCD-camera in de telescoop. De foto's zijn genomen ter hoogte van de cirkelvormige opening in het midden van de buis van de telescoop. *(Bron: KSB)*

Fig. E: Foto van de camera buiten de telescoop. *(Bron: KSB)*

Fig. F: Afbeelding van de chip die in de camera ingebouwd is. Het lichtgevoelige oppervlak meet 2,7 bij 1,8 centimeter, en bevat 3072 bij 2048 lichtgevoelige elementen (pixels) van elk 9 micrometer groot. *(Bron: KSB)*



konden toen nog slechts sterren van magnitude 14 waargenomen worden (ongeveer 4000 maal zwakker dan de zwakste sterren die met het blote oog te zien zijn). Belichtingen van langer dan ongeveer 10 minuten waren niet meer mogelijk omdat anders de hemelachtergrond zelf de plaat volledig zou overbelichten. De fotografische waarnemingen in Ukkel waren toen reeds op een laag pitje gevallen, en bleven beperkt tot de helderste objecten, die nog wel in het bereik van de instrumenten lagen.

De opname rechts (**Fig. B**) toont hetzelfde beeldveld, in de testfase van het project RUSTICCA (augustus 1996) genomen met de CCD-camera aan de Telescoop. Ondanks de sterke lichthinder en nog technische onvolmaaktheden in de testfase, zijn de

zwakste sterren die hierop te zien zijn ongeveer van magnitude 21, dit is 600 maal zwakker dan de zwakste sterren op de linkse opname, of 2 miljoen maal zwakker dan de zwakste ster die met het blote oog te zien is. In totaal werd ongeveer twee en een half uur belicht.

Dit opmerkelijk resultaat kon verkregen worden dankzij een aantal voordelen van een CCD-camera ten opzichte van de klassieke fotografische plaat:

- Een CCD-chip is gevoeliger dan een fotografische plaat, en reageert dus veel sneller op het invallende licht.
- Elke pixel van een CCD-chip kan zowat 30 000 verschillende grijs tinten aan, terwijl een korrel van de fotografische emulsie slechts wit of zwart kan zijn. Dit compenseert ruimschoots het feit dat een pixel van een CCD-camera groter is dan een korrel van een fotografische emulsie.
- Een CCD gedraagt zich lineair, wat betekent dat het signaal evenredig is met het ingevallen licht, terwijl een fotografische emulsie al gauw verzadigingsverschijnselen vertoont, en dus minder gaat reageren op extra licht.
- Het beeld van een CCD wordt afgeleverd als een signaal dat door een computer kan gelezen, geïnterpreteerd en bewerkt worden. De hemelachtergrond kan ervan afgetrokken worden, en het contrast kan verhoogd worden. De zwakste sterren op deze opname zijn ongeveer 200 maal zwakker dan de hemelachtergrond zelf. Op een fotografische plaat daarentegen moet een ster ongeveer zo helder zijn als de hemelachtergrond om zichtbaar te worden.
- Aangezien het signaal in een computer opgeslagen zit, kunnen verschillende beeldjes bij elkaar opgeteld worden. Hierdoor is er geen limiet meer voor de belichtingstijd. Hoewel de hemelachtergrond op één enkele opname al na ongeveer 15 minuten het beeld compleet zou verzadigen, bedraagt de totale belichtingstijd van het hier getoonde beeld ruim 2 uur, en werd verkregen door een 20-tal individuele beelden bij elkaar op te tellen.

Enkele andere voordelen van een CCD-camera zijn:

- De camera bevindt zich vast in de telescoop en kan vanop afstand bediend worden, wat veel handiger en sneller is dan de fotografische plaat die telkens manueel moet ingebracht worden op een hoogte van ongeveer 4 meter boven de grond.
- Het uitlezen van de chip en het inladen van het beeld in de computer duren samen nog geen halve minuut, terwijl de ontwikkeling van een fotografische plaat al gauw 20 minuten in beslag neemt.
- Er is geen gebruik van chemische producten meer nodig voor de ontwikkeling, wat dus milieuvriendelijker is.
- De metingen kunnen volledig met de computer gebeuren, en zijn aldus tot 100 maal zo nauwkeurig.

Er is helaas ook een nadeel verbonden aan een CCD-camera. Terwijl een fotografische plaat 20 tot 30 centimeter groot kan zijn, zijn de meeste CCD-chips (het gevoelige element) kleiner dan 1 centimeter. Met zijn 3 op 2 centimeter was onze chip weliswaar een reus onder de CCD-chips, maar toch nog heel klein vergeleken met een fotografische plaat. Op grote sterrenwachten worden zogenaamde mozaïeken van CCD's gebruikt, om alzo toch nog een groot beeldveld te krijgen, maar die dingen zijn heel erg duur.

De magie van de CCD-camera

Een CCD-camera kan verrassend meer aan dan de klassieke fotografische plaat. Links (**Fig. A**) staat een beeldje genomen aan de Dubbele Astrograaf (de kijker in de koepel naast deze koepel) ten tijde van het opstarten van het project RUSTICCA. Door de enorme lichthinder van de Brusselse agglomeratie

Contact:
Peter De Cat (Peter.DeCat@oma.be)
Thierry Pauwels (Thierry.Pauwels@oma.be)
<https://aa.oma.be/>



Observatoire royal de Belgique
Koninklijke Sterrenwacht van België

