

<b>Zeitschrift:</b>	Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerische Astronomische Gesellschaft
<b>Band:</b>	42 (1984)
<b>Heft:</b>	200
 <b>Artikel:</b>	Zukunft der Astronomie = L'avenir de l'astronomie
<b>Autor:</b>	Benz, A.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-899254">https://doi.org/10.5169/seals-899254</a>

### **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:** 25.01.2026

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

# Zukunft der Astronomie

A. BENZ

## L'avenir de l'astronomie

Die Astronomie ist gegenwärtig in einem goldenen Zeitalter. Neuartige Technologien eröffnen neue Beobachtungsmöglichkeiten; Objekte und unerforschte Wellenlängen, welche dem irdischen Betrachter bisher verschlossen waren, geben ihre Geheimnisse preis. Die beiden Fenster unserer Atmosphäre in optischen Wellenlängen und im Radiobereich sind klein. Zum ersten Mal steht dem Astronomen das ganze elektromagnetische Spektrum zur Verfügung. Er kann die Wellenlänge seinem zu untersuchenden Problem entsprechend wählen, anstatt aus den erhältlichen Wellenlängen ein Projekt zu formulieren.

Die letzte Lücke im Spektrum wurde kürzlich mit dem heliumgekühlten Infrared Astronomical Satellite (IRAS) in den Submillimeter- und Infrarot-Wellenlängen geschlossen. Seine Beobachtungen sind von ausgezeichneter Qualität und, wie immer, wenn Neuland betreten wird, voller Überraschungen. Wenige Wochen nach dem Erscheinen dieser Zeitschrift wird er eine vollständige Himmelskarte im fernen Infrarot erstellt haben. Es ist beachtenswert, dass IRAS vor allem ein holländisches Projekt ist, in Zusammenarbeit mit USA und England. Bei der extrem kurzweligen Strahlung, im Röntgengebiet, verlief die Entwicklung vor etwa 10 Jahren ähnlich. Nach Versuchen mit Beobachtungen von kurzen Raketenflügen, welche spektakuläre, aber nur punktuelle Ergebnisse brachten, kam mit dem ersten Röntgensatelliten UHURU und anschliessend mit dem Einstein-Teleskop der grosse Durchbruch. EXOSAT, der kürzlich von der europäischen Raumfahrtorganisation (ESA) in Umlauf gebracht wurde, und der noch im Bau befindliche deutsche ROSAT setzen diese Reihe fort. In den interessanten Spektrallinien des Ultravioletts beobachtet seit bald vier Jahren der europäisch-amerikanische IUE, ein Dauerbrenner, der schon von Hunderten von Astronomen aus aller Welt zu Beobachtungen von Planeten bis Quasaren benutzt wurde.

### Zukünftige Instrumente

Im nahen Infrarot, im optischen und UV-Bereich wird mit dem Space Telescope (ST) ein neues Zeitalter beginnen. Sein Abschuss ist auf 1986 geplant (Abb. 1 und 2). Das 2,4 m-Teleskop in Erdumlaufbahn ist ein gemeinsames NASA/ESA-Projekt mit 15% ESA-Beteiligung. Durch den Wegfall der atmosphärischen Störungen wird bei diesem Teleskop nicht nur der Wellenlängenbereich vergrössert, sondern auch die räumliche Auflösung (Faktor 10, d.h. bis 0.01 arcsec) und die Empfindlichkeit (Faktor 100, bis Grössenordnung 28). Zudem arbeitet ST im Dauerbetrieb und nicht nur in klaren, mondlosen Nächten. Man kann von ihm vor allem Fortschritte in der extragalaktischen Astronomie erwarten. Mit den heutigen optischen Teleskopen der 5 m-Klasse lassen sich Galaxien bis zu Entfernungen von etwa 2 Mia. Lichtjahren beobachten. Kosmologisch gesehen ist dies unsere nähre

Umgebung und Neuzeit. Mit dem ST können wir Galaxien in ihrer Frühzeit, d.h. ihre Entwicklung, vielleicht sogar ihre Entstehung beobachten. Ein Institut zur Betreuung der Beobachtungsdaten, der Projekt auswahl und Auswertung von ST-Daten wurde bereits in Baltimore (USA) gegründet. Auch in Europa (am ESO-Hauptquartier in München) wird ein Koordinationszentrum eingerichtet. Wir können also nicht nur neue Astronomie erwarten, sondern auch neue Wege der Zusammenarbeit und Kommunikation.

Im fernen Infrarot wird das europäische ISO-Teleskop der ESA den erfolgreichen IRAS ablösen. Die Bundesrepublik Deutschland baut einen eigenen Submillimeter-Satelliten, und die NASA plant längerfristig ein Infrarot-Observatorium, das mit der Raumfähre versorgt werden kann. Sowohl die UdSSR wie NASA haben feste Pläne, mit ungekühlten 5-10 m-Teleskopen im Raum die kosmische Hintergrundstrahlung im Submillimetergebiet auf Anomalien zu untersuchen. Diese würden wichtige Aufschlüsse über den Zustand des Universums ca. 1 Million Jahre nach dem Urknall geben; zu diesem Zeitpunkt begann die Entwicklung der Galaxien. Verschiedene wichtige Röntgenteleskope sind im Bau oder geplant. Japan will, abgesehen von einem Vorbeiflug am Kometen Halley, seine Raumflugkapazitäten der nächsten 10 Jahre ausschliesslich für den Röntgenbereich reservieren. Deutsche und amerikanische Teleskope werden die jetzt noch sehr ungenügende räumliche Auflösung und Empfindlichkeit bei den harten Röntgenstrahlen ( $\geq 10$  keV) erhöhen und den vom europäischen Pioniersatelliten COS-B erst andeutungsweise erschlossenen, extrem kurzweligen Bereich der Gammastrahlen erforschen.

Es wäre falsch zu glauben, dass die Beobachtungen mit Teleskopen vom Erdboden aus je überflüssig werden. Die Faustregel, dass ein Teleskop im Raum zehnmal teurer ist, hat sich mit zunehmender Komplexität der Beobachtungsmethoden eher zuungunsten der Satelliten verschärft. Im April 1984 soll z.B. der Solar Maximum Mission-Satellit (SMM) von der Raumfähre aus repariert werden. Es geht im wesentlichen nur um das Auswechseln defekter Sicherungen der Gyroskop-Motoren. Die Kosten, etwa 100 Mio. Franken, lassen sich überhaupt nur durch die Entwicklung von Weltraumfahrungen, nicht zuletzt für den militärischen Bereich, rechtfertigen. Ein anderer Vergleich: Alle irdischen optischen Teleskope, die je gebaut wurden, haben zusammen nach heutigen Preisen weniger als das ST gekostet. Neben der Kosteneffizienz und Bedienungsfreundlichkeit gibt es noch einen weiteren gewichtigen Grund, warum gerade von optischen und Radioteleskopen auf dem Boden grosse Fortschritte zu erwarten sind: Neuentwicklungen in der rechnergesteuerten Nachführung von optischen Teleskopen und neue Detektoren (anstelle von Photomaterial) mit Quantenausbeute bis 60% rechtfertigen den Bau neuer Teleskope der Grössen-

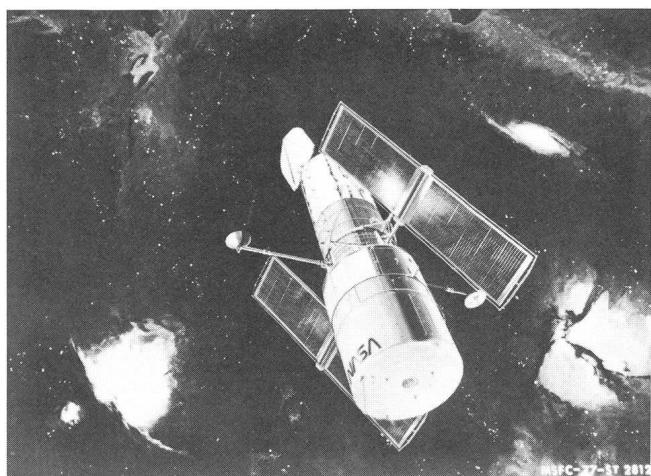
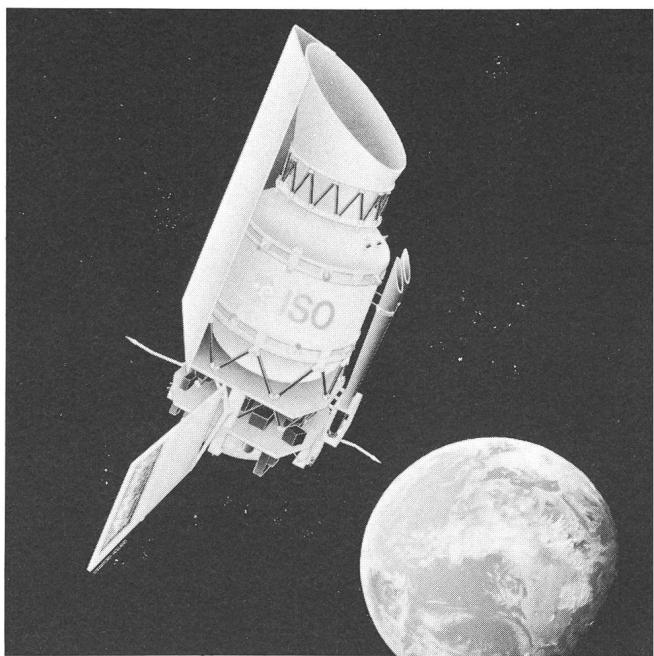


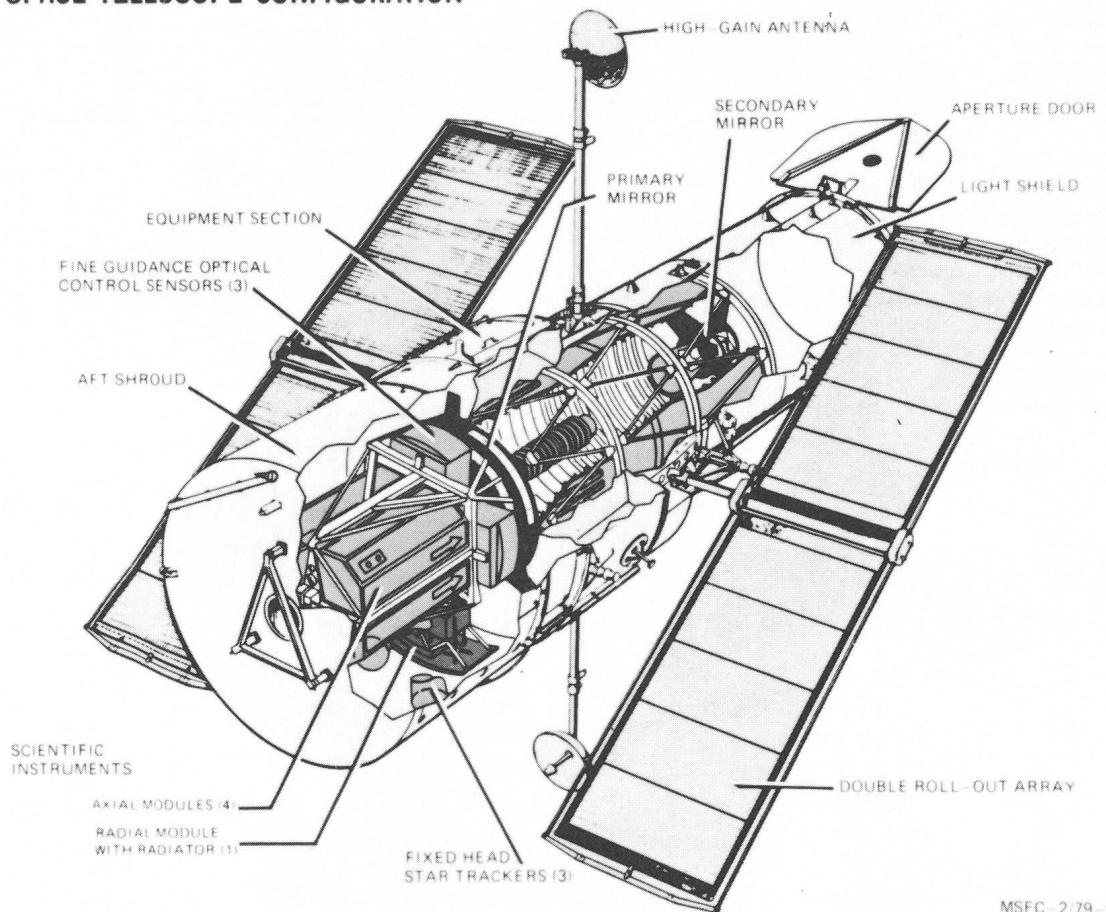
Abb. 1: Die Raumfahrt soll das Space Telescope (ST) 1986 in Erdumlaufbahn bringen.

Das europäische Infrarot-Teleskop ISO wird das gegenwärtig in der Erdumlaufbahn befindliche Infrarot-Auge IRAS in den kommenden Jahren ablösen. Es wird unser Wissen über die Vorgänge im Weltall bedeutend erweitern.

Bild: ESA/Archiv Schmidt



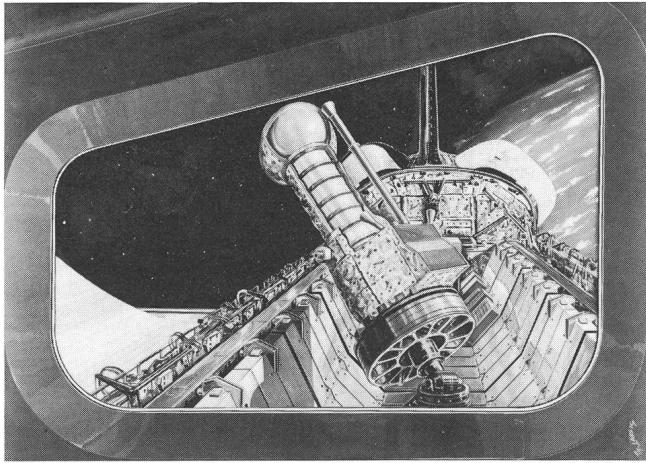
## SPACE TELESCOPE CONFIGURATION



MSFC-2/79-ST 2821

Abb. 2: ST im Beobachtungsbetrieb. Im (aufgeschnittenen) Rumpf ist der Hauptspiegel von 2,4 m Durchmesser gezeigt.

ordnung von 3.5 m. Ein solches Teleskop des Europäischen Südobservatoriums (ESO) wird 1986 für weniger als 20 Mio. Franken den Betrieb aufnehmen. Mit dieser Grössenklasse (und kleineren!) können noch viele wichtige Beobachtungen gemacht werden (z.B. Großstrukturen der Verteilung von Galaxien im Raum) und sie entlasten damit die teuren Gross- teleskope. Schon sehr konkret zeichnen sich neue Technologien ab, welche die Konstruktion von Teleskopen von mehr



Anfang 1986 soll mit der amerikanischen Raumfahrt Space Shuttle das wiederverwendbare deutsche Infrarot-Teleskop GIRL (German Infrared Laboratory) in die Erdumlaufbahn gebracht werden. Während der gesamten Mission bleibt das Teleskop im Laderraum der Fähre montiert. Eine spezielle Stabilisierungs- und Ausrichtplattform ermöglicht es den Wissenschaftlern, das GIRL genau auf das zu beobachtende Objekt auszurichten.

Bild: Messerschmitt-Bölkow-Blohm/Archiv Schmidt

als 15 m Durchmesser erlauben. Eine der Möglichkeiten ist, die elastische Verformung des Hauptspiegels bei seiner Bewegung durch computergesteuerte Gegenkräfte zu kompensieren. Eine bereits realisierte Möglichkeit ist der Aufbau eines optischen Teleskops auf mehreren Segmenten, welche mit einem Laser dauernd genau vermessen und justiert werden (Multiple Mirror Telescope). Die Tabelle gibt eine Zusammenstellung der Grosssteleskope im Projektionsstadium. Grosse zukünftige optische Teleskope in Projektierung (von *Europysics News 14*, 11 (1983))

Organisation	Durchm. in m	Eigenschaften
Universität Texas	7.6	Sehr dünner Einzelspiegel
Universität Kalifornien	10	Segmentierter Spiegel mit Laser-Positionierung
Kitt Peak	15	Super MMT
National Obs. (USA)	16	4 unabhängige 8 m-Teleskope
Europäische Südsternwarte	17	Super MMT

Sie werden kaum alle realisiert werden, zeigen aber den Weg ins nächste Jahrhundert optischer Astronomie. Grosssteleskope sind vielseitig verwendbare Instrumente. Für gewisse

Aufgaben sind kleinere Spezialteleskope vorteilhafter. So werden auch neue Sonnenteleskope geplant (Large European Solar Telescope), grosse Schmidt-Spiegel für grossflächige Aufnahmen etc.

Radioteleskope haben eine tausendfach bessere Ausbeute an Photonen pro investierte Geldeinheit als jede andere Wellenlänge des elektromagnetischen Spektrums. Dies liegt am billigen Bau grosser Kollektoren (Antennen) und dem grossen spektralen Bereich der Radioastronomie (14 Oktaven). Extreme Anforderungen wie z.B. hohe Dynamik (Sonne), sehr kurze Wellenlängen (z.B. deutsches mm-Teleskop, IRAM etc.) oder sehr lange Wellenlängen verlangen wiederum Spezialteleskope. Umwälzende Neuentwicklungen sind im Bereich der räumlichen Auflösung vorauszusehen. Während heute mit grossen Interferometern (z.B. Very Large Array) eine Auflösung von wenigen Bogensekunden Routine ist, sind die höchsten räumlichen Auflösungen der Astronomie von Millibogensekunden durch VLBI (Very Long Baseline Interferometric) noch sehr selten. Bei dieser Methode wird von zwei weit entfernten Radioteleskopen die empfangene Strahlung vollständig (d.h. inklusive Phase) samt Zeit- signal auf Magnetband aufgezeichnet. Die anschliessende Digitalisierung (mehrere Mio. Bit pro Beobachtungssekunde) und der Vergleich der Messungen beider Antennen im Computer ist sehr zeitraubend. In zukünftigen VLBI-Systemen wird diese Verarbeitung on-line geschehen, indem die Messungen mehrerer Antennen via Kommunikationssatellit in ein Verarbeitungs- und Steuerzentrum geleitet werden. Dann werden räumlich hochstaufgelöste Bilder im 24-Stundenbetrieb routinemässig erhältlich werden. Ein kleineres System dieser Art mit Mikrowellen-Verbindungen ist auf dem australischen Kontinent im Bau. Satellitensysteme sind in Europa, Kanada und USA geplant. Durch Plazierung einer Antenne auf dem Mond (bzw. in Mondentfernung) könnten Auflösungen bis in die Gegend von Mikrobogensekunden (entspricht 50 km in 1 Lichtjahr Entfernung) erreicht werden.

### Zukünftige Astrophysik

Mit dem rasanten Fortschritt der Teleskope und Raumsonden wird das astronomische Wissen auf breiter Front von Planetologie bis Kosmologie zunehmen. Es ist zu hoffen, dass die in letzter Zeit immer gravierender gewordene Fragmentierung der Astronomie in kleinste Subdisziplinen nicht weitere Blüten treibt. Es liegt im Interesse jedes Astronomen, sein Wissen in ein weites Publikum hinauszutragen. Künftige Hauptgebiete werden sich weniger an den Objekten (z.B. Sonne, Pulsare etc.) als an der Physik (z.B. Plasmaphysik, Elementarteilchenphysik usw.) orientieren. Einige solcher möglicher Abgrenzungen und ihre Zukunftsperspektiven werden im folgenden vorgestellt:

**Feste Körper:** Die Verallgemeinerung der Geophysik zur Planetologie und Astronomie der (kalten) festen Körper hat als Ziel, die Entstehung und Entwicklung von Planeten, Monden, Kometen usw. zu erklären. Ihr Ausgangspunkt ist die Chemie des interstellaren Staubes, die durch Molekülinnen der mm-Radioastronomie zugänglich ist. Die kürzlich erfolgte Entdeckung einer Staubhülle um Wega durch den Infrarotsatelliten IRAS zeigt den Weg zum Verständnis der frühesten Geschichte von Planetensystemen.

**Plasmen:** Praktisch alle Gase des Universums (mit Ausnahme der Atmosphären von Planeten) sind teilweise ionisiert und verhalten sich nach den noch wenig bekannten Gesetzen der Plasmaphysik. Magnetosphären von Planeten, ganze Sterne und das interstellare Medium sind z.T. entscheidend

vom lokalen Magnetfeld geprägt, was unter Umständen zu ganz unerwarteten Prozessen führt. Das Studium der Sternentstehung, Eruptionen in Sternatmosphären (Flares) und Akkretionsscheiben, Pulsare, Entwicklung von Sternen und Galaxien usw. wird immer komplexer, aber physikalisch nicht unattraktive Theorien verlangen.

**Kernfusion:** Mit der Entdeckung der solaren Neutrinostrahlung sind mehr Fragen der Energieumsetzung im Sterninnern aufgebrochen als beantwortet werden. Mit modernen Grosscomputern können aber schon gute Modelle von Sternentwicklungen gerechnet werden. Hier werden Leistungssteigerungen dieser Maschinen zu entscheidenden Verbesserungen führen, nicht zuletzt bei den wichtigen, aber komplizierteren Doppelsternsystemen mit Massenaustausch.

**Elementarteilchen:** Das früheste Universum (d.h. die Zeit bis etwa eine Mikrosekunde nach dem Urknall) ist heute ein Tummelfeld der theoretischen Teilchenphysik geworden. Expansionsrate und Homogenität des Universums sind wichtige Beobachtungsparameter geworden zum Studium der Materie bei höchsten Energien, wie sie in irdischen Beschleunigern nie erreicht werden können.

Es macht heute den Anschein, dass die Reihe der Entdeckungen in der Astronomie noch längere Zeit nicht abbrechen wird. Unter vielen möchte ich drei wichtige Fragen herausgreifen, die vielleicht noch in diesem Jahrhundert zur Beantwortung reif sind:

- Ist das Universum offen (d.h. expandiert es in alle Zukunft)?
- Wie entstanden Galaxien?
- Wie bilden sich Planeten, und wie häufig kommt dies vor?

Weitere Probleme hängen damit zusammen, und schon oft hat ein Durchbruch in einem Gebiet der Astrophysik an einem anderen Ort zu tieferem Verständnis geführt. Die Zukunft der Astronomie liegt nicht in den Sternen, sondern am Interesse der Gesellschaft, dynamische Gruppen von Forschern zu fördern, welche die Herausforderung angenommen haben, die Weiten des Universums zu überwinden und die kosmischen Vorgänge zu verstehen.

*Adresse des Autors:*

Dr. A. Benz, PD, Institut für Astronomie, ETH, Zürich.

## Résumé

*L'époque actuelle est pour l'astronomie un âge d'or. De nouvelles technologies offrent de nouvelles possibilités d'observation; des objets et des longueurs d'onde encore inexplorées, qui jusqu'ici étaient inaccessibles à l'observateur terrestre, révèlent leurs secrets. Les deux fenêtres de notre atmosphère dans les longueurs d'ondes optique et de radio sont petites. Pour la première fois, l'astronome a la totalité du spectre électromagnétique à disposition.*

*Avec le «Space Telescope» (ST), dans le domaine du proche infra-rouge, du spectre visible et de l'ultra-violet, commencera une ère nouvelle. Son lancement est prévu pour 1986 (Fig. 1 et 2). Ce télescope de 2,4 m sur orbite terrestre est un projet commun de la NASA et de l'ESA avec une participation de 15% de l'ESA. De par la disparition des perturbations atmosphériques, ce télescope permettra non seulement l'élargissement des bandes de fréquences mais aussi de la résolution spatiale (facteur 10, soit jusqu'à 0,01 arcsec) et de la sensibilité (facteur 100, soit jusqu'à un ordre de grandeur 28). On peut en attendre avant tout des progrès dans l'astronomie extragalactique. Avec le ST nous pourrons observer des galaxies dans leur jeunesse, c'est-à-dire leur développement, peut-être même pourrons-nous observer leur formation.*

*Aussi bien l'URSS que la NASA ont des projets fermes: explorer les anomalies du rayonnement spatial dans le domaine sous-millimétrique. Ceci donnerait des informations importantes sur l'état de l'Univers environ 1 million d'années après l'explosion initiale; à cette époque commença le développement des galaxies.*

*Il serait faux de croire que les observations au moyen des télescopes terrestres deviennent superflues.*

*La règle qui admet qu'un télescope dans l'espace est dix fois plus cher s'est plutôt renforcée au détriment des satellites avec la complexité croissante des méthodes d'observation.*

*Tous les télescopes terrestres qui ont été construits ont, aux prix actuels, coûté ensemble moins que le ST. De nouveaux développements dans le guidage par ordinateur des télescopes terrestres et de nouveaux détecteurs (au lieu de matériel photographique) permettant un rendement de quants jusqu'à 60%, justifient la construction de télescopes de 3,5 m. Avec cette grandeur (et aussi plus petits) peuvent s'effectuer encore de nombreuses observations importantes (p.ex. les grandes structures de la répartition des galaxies dans l'espace) et déchargent ainsi les grands télescopes coûteux.*

*Avec le progrès rapide du développement des télescopes et sondes spatiales, la connaissance astronomique augmentera sur un large front, de la planétologie à la cosmologie. Les domaines principaux futurs s'orienteront moins sur les objets (p.ex. le Soleil, les pulsars, etc.) que sur la physique (p.ex. la physique des plasmas, des particules élémentaires, etc.).*

*Il apparaît aujourd'hui que la série des découvertes dans l'astronomie n'est, pour longtemps, pas encore rompue. Entre beaucoup d'autres, nous voudrions choisir trois questions importantes auxquelles il sera peut-être répondu encore dans ce siècle:*

- *l'Univers est-il ouvert (c.-à-d. est-il en expansion perpétuelle)?*
- *comment les galaxies se sont-elles formées?*
- *comment les planètes se forment-elles, et cela se produit-il souvent?*

*L'avenir de l'astronomie ne se trouve pas dans les étoiles, mais dans l'intérêt que la société apporte à la formation de groupes de chercheurs qui ont accepté le défi de triompher de la grandeur de l'Univers et de chercher à comprendre le cours des événements cosmiques.*