

# L'univers vu par les astronomes

Autor(en): **Zwicky, F.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft**

Band (Jahr): **9 (1964)**

Heft 84

PDF erstellt am: **27.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-900223>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# L'UNIVERS VU PAR LES ASTRONOMES \*

par F. ZWICKY

California Institute of Technology, Pasadena

## LES DIFFÉRENTES ÉTAPES DE LA MARCHÉ VERS L'UNIVERS

La marche vers l'univers s'est déroulée et se déroule encore en quatre étapes, c'est-à-dire :

- 1) la reconnaissance de l'espace cosmique et l'exploration de son contenu ;
- 2) l'interprétation des observations faites à la lumière de nos connaissances des lois de la physique et de la chimie, connaissances établies dans les laboratoires terrestres.

Ces deux premières étapes constituent l'astronomie classique. Elles nous ont fourni les vues sur l'univers qui feront l'objet du présent article.

Pour le futur, nous envisageons des observations et des théories qui accompagneront les deux étapes supplémentaires, et qui, d'ailleurs, ont déjà été entamées. Ces étapes sont :

---

\* Exposé présenté à la Conférence des Sommets, Bruxelles, 26 septembre 1961, et publié dans les Annales Guéhard (Neuchâtel, 1963).

- 3) l'expérimentation directe sur la matière et sur les phénomènes extra-terrestres.
- 4) l'adaptation des corps cosmiques extraterrestres, par exemple de la lune et des planètes, au besoin des projets futurs de l'humanité.

#### LA GEOGRAPHIE DE L'UNIVERS

Ce sont quatre hommes qui, au courant de plus de vingt siècles, ont fait des pas décisifs dans la connaissance des dimensions et de l'échelle de l'espace cosmique ARISTARQUE DE SAMOS (320-250 avant J.-C.) et HIPPARQUE (160-125 avant J.-C.) ont reconnu l'existence de l'espace interplanétaire et ils ont montré, les premiers, comment mesurer les distances relatives et absolues d'un corps à un autre, corps faisant partie du système solaire. Leurs méthodes de triangulation ont été remplacées et dépassées seulement en 1963, quand mes collègues du Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, déterminèrent la distance de la Terre à la planète Vénus, et par conséquent l'unité astronomique (distance de la Terre au Soleil) par la méthode du radar avec une précision jusque-là inconnue de plus ou moins mille kilomètres sur 150 millions de kilomètres.

GIORDANO BRUNO (1548-1600) fut le premier à percer la voûte céleste qui, selon les idées des anciens, enclôt l'espace qui contient le Soleil et les planètes. BRUNO identifia donc les étoiles comme des corps très lumineux et extrêmement éloignés dans un espace extraplanétaire qui est pratiquement illimité. D'après lui, la Voie lactée représente un système stellaire énorme qui contient des myriades d'étoiles.

Et finalement, en 1919, le grand astronome suédois, K. LUNDMARK (1889-1958) démontrait qu'il existe des milliards de systèmes stellaires géants, c'est-à-dire des galaxies en dehors de la Voie lactée, dont les dimensions, déterminées par SHAPLEY, sont de l'ordre de cent mille années lumière. LUNDMARK en déduisait, par comparaison, que la distance d'une des plus proches et plus grandes galaxies, celle de la grande nébuleuse spirale d'Andromède, est de 650.000 années lumière.

Depuis LUNDMARK les astronomes ont observé et dénombré des millions de galaxies et des milliers d'amas de galaxies. Les plus éloignés parmi ces amas se trouvent à des distances énormes de la Terre, à plusieurs milliards d'années lumière. Pour le futur, après les trois pas dans l'espace cosmique, qui ont été faits par ARISTARQUE, BRUNO et LUNDMARK, il nous reste à faire le quatrième pas et à découvrir les tests qui nous permettront de décider si l'univers est un espace clos ou s'il est encore beaucoup plus grand que l'espace connu

au moyen du télescope de Hale de cinq mètres d'ouverture. Nous espérons maintenant qu'une solution rapide de ce problème pourra être obtenue par des observations faites avec des télescopes montés sur des fusées lancées à plusieurs centaines de kilomètres au-dessus de la surface de la Terre.

## LE CONTENU DE L'UNIVERS

Ce qui intéresse l'astronome, ce sont surtout les différentes agglomérations que forme la matière dans l'univers, ainsi que les phénomènes qu'elles montrent. Les connaissances de la matière cosmique que nous possédons à présent ont été presque complètement rassemblées par l'interception des messagers arrivant sur terre en provenance des différents corps célestes et par le déchiffrement des messages qu'ils portent. Les plus importants parmi ces messagers sont les différentes radiations électromagnétiques, c'est-à-dire la lumière ordinaire ainsi que la lumière infra-rouge et la lumière ultra-violette, les rayons gamma et les ondes radio. En plus, les rayons cosmiques constitués de corpuscules nous apportent des nouvelles importantes.

L'étude de ces messages a fourni cinq résultats très généraux et fort remarquables, c'est-à-dire :

1. La matière cosmique est constituée partout des mêmes atomes que ceux qu'on trouve sur Terre.

2. Aussi loin que l'on puisse voir avec les grands télescopes, les agglomérations de la matière, c'est-à-dire les étoiles, les galaxies et les amas de galaxies présentent les mêmes caractéristiques physiques et chimiques.

3. La distribution des galaxies et des amas de galaxies dans l'espace est une distribution au hasard et les nombres des différentes agglomérations par unité de volume sont les mêmes à toutes distances. S'il y a des hétérogénéités apparentes, elles sont causées par des effets d'obscurcissement qui sont dus à des nuages de poussières interstellaires et à des nuages de poussières intergalactiques récemment découverts.

4. Plus les associations de matière sont massives et concentrées, plus les vitesses des éléments qui constituent ces associations sont grandes. Par exemple, les vitesses des étoiles dans une galaxie sont de l'ordre de dix kilomètres par seconde, tandis que les vitesses des galaxies dans des groupes denses de galaxies sont de l'ordre de cent kilomètres par seconde ou plus, et de l'ordre de mille kilomètres par seconde ou plus dans les plus grands amas de galaxies comme dans celui de Coma (planche 1).

Il est curieux de constater qu'il n'existe pas d'amas d'amas de galaxies. Il est possible, de ce fait, que nous soyons forcés d'en tirer une conclusion absolument révolutionnaire, c'est-à-dire que la portée des forces de gravitation est limitée à des distances de quelques dizaines de millions d'années lumière et que, par conséquent, la théorie de la relativité doit être remplacée par une théorie plus précise. Si ces déductions sont correctes, il s'ensuit automatiquement que l'univers n'est pas en expansion et que le fameux déplacement vers le rouge dans les spectres des galaxies éloignées est dû à un effet autre que l'effet Doppler d'une source de lumière en retraite rapide.

5. Bien que la plupart des galaxies soient d'un type irrégulier ou semi-régulier, il y a, et surtout parmi les plus grandes galaxies, des structures d'une beauté et d'une symétrie surprenantes.

En rassemblant nos connaissances actuelles, nous constatons que la matière se présente dans l'univers sous trois formes définies et caractéristiques, les étoiles, les galaxies et les amas de galaxies. Dans les espaces interstellaires, parmi les millions ou même milliards d'étoiles qui constituent une galaxie, on trouve souvent de vastes nuages irréguliers de gaz et de poussières, dont quelques-uns sont lumineux par fluorescence, ou par réflexion de la lumière provenant des étoiles voisines, tandis que d'autres sont obscurs (planche 2). Selon des observations très récentes, l'espace intergalactique parmi les galaxies est aussi rempli, avec une densité de matière très faible, de gaz et de poussières qui absorbent partiellement les radiations électromagnétiques et corpusculaires qui nous viennent des galaxies extrêmement distantes. De plus, tout l'espace cosmique contient une densité de radiation extrêmement faible, comportant des rayonnements électromagnétiques de toutes longueurs d'ondes. Enfin, il ne faut pas oublier les rayons cosmiques qui consistent principalement en noyaux d'atomes divers ayant d'énormes énergies, les plus grandes énergies se manifestant par les « gerbes Auger ».

Nous voyons déjà que, pour les différents corps célestes, c'est l'origine, l'évolution et l'âge des étoiles, des galaxies et des amas de galaxies qui excitent avant tout la curiosité des astrophysiciens. Puisqu'il n'y a pas encore d'accord général sur ces problèmes parmi les astronomes et les physiciens, permettez-moi, en vous présentant quelques faits sur les étoiles, les galaxies et les amas de galaxies, de peindre en même temps un tableau très personnel de leurs cycles vitaux et de l'état de l'univers dans son ensemble.

Comme je l'ai dit, les étoiles, les galaxies et les amas de galaxies doivent leur existence au fait que les protons, les neutrons, les élec-

trons et toutes les autres particules élémentaires peuvent réagir entre eux et qu'ils peuvent former les noyaux des diverses espèces chimiques et leurs multiples isotopes. Au cours de ces réactions diverses des radiations sont émises. Les particules peuvent même se détruire mutuellement complètement et dans ce processus émettre des rayons gamma, des neutrinos, des mésons et ce qu'on appelle les particules étranges.

Si nous admettons pour un instant que la matière est constituée de particules *immuables*, dont les mouvements sont exclusivement déterminés par la gravitation universelle et les lois de la mécanique, il n'existerait point de molécules, ni de corps solides et liquides, ni d'étoiles, ni de galaxies ou d'amas de galaxies. L'univers, dans ce triste cas, serait sans vie; il serait constitué uniquement de nuages de gaz ayant une grande variété de dimensions et de densités, et tout l'espace cosmique serait presque uniformément rempli d'une lueur diffuse, diaphane, fantomatique sans qu'apparaissent des objets lumineux comme les étoiles et les nuages de gaz fluorescents.

Dans notre univers, au contraire, les particules élémentaires, c'est-à-dire les protons et les électrons forment d'abord des molécules, puis des corps liquides et enfin des solides, les cristaux qui les constituent présentant un arrangement géométrique parfait des atomes. Mais aucune de ces unités de la matière ne peut croître indéfiniment. Leurs dimensions sont automatiquement limitées par l'apparition de certains effets fondamentaux, inévitables et destructifs.

Les arbres ne peuvent pas croître jusqu'au ciel. En effet, si un corps grandit trop, les éléments matériels qui le constituent seront écrasés par la force gravitationnelle. A la fin ils ne seront plus ni des cristaux, ni même des molécules, mais seulement des agrégats amorphes d'atomes. Ces agrégats, toutefois, peuvent grandir et former des corps partiellement solides, liquides à l'intérieur, comme la Terre et les planètes. En grandissant, un tel agrégat peut aussi former un mélange gazeux et aboutir, à la fin, à une boule gazeuse en équilibre thermique et gravitationnel (appelée une sphère de Emden, d'après l'astrophysicien suisse R. EMDEN), qui ressemble bien à une étoile. Et, en vérité, ces boules gazeuses, solides ou liquides, deviendront à la fin des étoiles, parce que, sous l'action de la pression gravitationnelle, les noyaux des atomes commencent à subir des réactions nucléaires. Certaines réactions sont des réactions de fusion quand il s'agit des noyaux plus légers que le fer, d'autres sont des fissions, quand il s'agit des atomes plus lourds. Le résultat final, dans tous les cas, est le même, parce que des quantités énormes d'énergie sont produites, qui provoquent l'échauffement de l'intérieur des étoiles jusqu'à des températures de plusieurs millions de degrés Kelvin. Cette haute température accélère encore les réactions nucléaires, et l'étoile, si elle est trop massive et dense à son centre

commence à perdre ses couches superficielles par éjection. Ou même, dans des cas extrêmes, l'étoile explose et produit une nova ou une supernova (planche 3) qui présente pendant quelques jours une brillance égale, l'une à cent mille soleils et l'autre à un milliard de soleils ou plus. A cause de cette perte de masse causée par cet échauffement excessif et finalement destructif, il n'existe point d'étoiles de masse plus grande que cent fois la masse du soleil environ.

#### REMARQUE

Les spécialistes parmi mes lecteurs se demanderont sans doute ce qui arrive à une étoile de fer pur, c'est-à-dire à une étoile composée d'atomes qui sont stables et qui ne peuvent plus subir des réactions nucléaires dans des circonstances ordinaires comme on les trouve sur Terre. J'indiquerai seulement qu'une étoile de fer qui est trop grande, à cause de la pression gravitationnelle énorme dans son centre, sera obligée de se transformer précipitamment, par suite de cette pression, en une étoile de «neutrons», qui possède une densité de quelques millions de tonnes par centimètre cube et qui a un diamètre de quelques kilomètres seulement. Une transformation cataclysmique de cette sorte est accompagnée par un éclat incroyable et par une éjection de masse formidable vers l'espace interstellaire, ce qui peut bien nous fournir l'explication de quelques-uns des événements que nous avons observés dans les supernovae.

#### LES NOYAUX DES GALAXIES SONT DES CORPS CARACTERISTIQUES DE DIMENSIONS LIMITEES

Quoique les étoiles ne puissent pas grandir indéfiniment et que leurs masses soient limitées, la matière cosmique cherche des détours pour former des systèmes encore beaucoup plus massifs que les étoiles. Les étoiles se rassemblent dans des systèmes stellaires ou des galaxies qui prennent des structures variées, par exemple des spirales normales, des spirales barrées et des galaxies globulaires, elliptiques et irrégulières. Avec notre grand télescope de cinq mètres d'ouverture nous pourrions photographier environ un milliard de galaxies. Avec les plaques photographiques que nous employons couramment, cette tâche nous occupera d'ailleurs pendant plusieurs milliers d'années, parce que le champ de vision du grand télescope est très petit, comparable à celui d'un tireur visant, d'une distance de trois cents mètres, une cible standard d'un mètre carré telle qu'on en utilise au cours des matchs de tir internationaux.

On pourrait penser que les galaxies peuvent croître indéfiniment en attirant et en captant de plus en plus d'étoiles, ou même par fusion de plusieurs galaxies. Mais hélas, comme dans le cas des molécules, des cristaux et des étoiles, il y a un ennemi qui attend et dont la force destructive devient toute-puissante au moment où les parties centrales, c'est-à-dire les noyaux des galaxies deviennent trop massifs et trop denses, ce qui est un résultat inévitable de la croissance de la galaxie. Tout d'abord, si le noyau est trop massif, la radiation dans l'espace interstellaire devient si intense que les étoiles commencent à s'évaporer. Par conséquent l'espace interstellaire se remplit de gaz chauds. Ces gaz s'échauffent encore plus parce qu'ils absorbent le rayonnement des étoiles et ils tendent à être éjectés du noyau. Dans le cas du noyau de notre propre galaxie, on a démontré, par les méthodes de la radio-astronomie, que la masse d'hydrogène atomique qui s'échappe de ce noyau est de l'ordre d'une masse solaire par an. Il existe encore d'autres phénomènes<sup>1</sup> qui détruisent les étoiles et qui éjectent hors des noyaux des galaxies ces débris, quelquefois avec de grandes vitesses. De cette manière, les masses des noyaux demeurent toujours au-dessous d'une valeur définie, dont la limite, de l'ordre de  $10^9$  masses solaires, est la même pour toutes les galaxies. Ce fait peut être utilisé pour établir l'échelle de l'univers. Une fois interrompu son processus d'agglomération en étoiles et en galaxies, la matière cosmique cherche encore désespérément à satisfaire son désir de croître. Elle essaye d'atteindre son but par le rassemblement de galaxies en amas de galaxies. Et elle réussit dans cet effort, au moins partiellement. Les plus grands amas de galaxies sont en effet des structures formidables, dont les dimensions sont de l'ordre de dizaines de millions d'années lumière et dont le contenu matériel compte plus de dix mille galaxies, représentant une masse totale égale à celle de cent mille milliards de soleils. La masse et les dimensions des agrégats organisés de la matière ont alors atteint leurs limites absolues. Tout d'abord, la masse du plus grand amas de galaxies, comme la masse des plus grandes étoiles et des plus grandes galaxies est une fois de plus déterminée par l'entrée en action d'effets destructifs. Dans le cas des amas de galaxies, cet effet est dû à la destruction mutuelle par collision et à la déformation gravitationnelle, ou marée, induite par l'action des galaxies les unes sur les autres dans les régions centrales d'un amas où elles sont excessivement rapprochées. A la suite de la rupture totale ou partielle de quelques-unes des galaxies, les débris sont constamment éjectés de l'amas. Comme l'amas attire et capture de temps en temps des galaxies du voisinage, sa masse reste constante.

---

<sup>1</sup> F. ZWICKY, *Morphological Astronomy*, Springer Verlag 1959.  
G. GAMOW, *Naissance et mort du Soleil*, Dunod, Paris 1960.



On pourrait maintenant penser que la matière cosmique réussirait encore une fois à nous tromper en produisant des unités encore plus grandes que les amas de galaxies par l'agglomération de beaucoup d'amas de galaxies dans des amas d'amas de galaxies. Mais, aussi surprenant que ce soit, cela ne se produit pas. Il n'existe pas d'amas d'amas de galaxies définis et bien organisés. Notre étonnement, il y a quelques années, quand nous fîmes cette découverte, était si grand que nous avons été réduit à douter de l'universalité de la loi newtonienne de la gravitation, ainsi que de la validité de la théorie de la relativité générale et de l'idée de l'expansion de l'univers, telle qu'elle avait été originalement proposée par l'abbé LEMAITRE et d'autres savants.

LES GRANDS PROBLEMES DE L'AGE ET DE L'EVOLUTION  
DE L'UNIVERS ET CE QUE PEUT FAIRE L'ASTRONOMIE FUTURE  
POUR LES RESOUDRE

Nous sommes donc arrivés, par le chemin très indirect de l'étude des unités matérielles cosmiques, au même problème que nous avait posé déjà il y a longtemps l'analyse des spectres de galaxies. Ces spectres montrent un déplacement vers le rouge des raies spectrales de divers atomes, le déplacement augmentant avec la distance des galaxies. Ce déplacement a été interprété comme étant causé par l'effet Doppler dû à une vitesse de fuite générale des galaxies, c'est-à-dire à une expansion de l'univers. En conséquence de quoi on en déduisit un âge de l'univers de l'ordre de dix à vingt milliards d'années, résultat qui est encore corroboré par le fait que les plus vieilles roches de la Terre ont un âge de six milliards d'années et que les plus vieilles étoiles, d'après les théories courantes concernant la production de leurs énergies par réactions nucléaires, ont vécu dix à vingt milliards d'années.

Par contre il existe des raisons qui nous font douter d'un âge si « court » de l'univers. Par exemple, on ne peut pas expliquer comment les grands amas de galaxies qui possèdent une symétrie sphérique parfaite et dans lesquels les vitesses des galaxies sont distribuées comme dans une structure en équilibre statique ont pu être formés en moins d'un million de milliards d'années. La théorie d'un univers de plus courte durée présente maintes autres difficultés. Mais il est aussi difficile d'admettre l'hypothèse que l'âge des étoiles est du même énorme ordre de grandeur que celui des amas de galaxies, c'est-à-dire de plus d'un million de milliards d'années, au lieu de dix milliards d'années seulement. Cette difficulté est quand même éliminée si on accepte le tableau de l'univers et de son contenu matériel que je vous ai présenté

dans cet article. En effet, l'existence des étoiles peut être prolongée indéfiniment par la succession des événements suivants.

Les étoiles sont originellement formées par condensation de nuages de gaz et de poussières. Des réactions nucléaires dans les étoiles produisent l'énergie pour leur échauffement et pour leurs radiations. Ces étoiles, au cours des âges, plongent l'une après l'autre dans les noyaux des galaxies où leurs masses sont diminuées par évaporation. Ensuite, après avoir été éjectées des noyaux des galaxies, elles capturent des gaz interstellaires ou intergalactiques et elles recommencent une vie nouvelle jusqu'à ce qu'elles soient saisies de nouveau par un noyau d'une galaxie, et ainsi de suite. En même temps, les gaz d'atomes lourds qui s'évaporent de la surface des étoiles dans le chaudron qu'est le noyau d'une galaxie sont également repoussés au dehors où ils sont exposés à des radiations cosmiques très énergétiques. Il en résulte la dissociation nucléaire des atomes lourds et un enrichissement continu des gaz interstellaires en hydrogène. Cet hydrogène, qui est capturé par les étoiles pelées, est donc prêt à entrer dans les réactions de fusion de l'intérieur des étoiles et à recommencer la libération d'énergie.

Au lieu d'une évolution monotone et irréversible nous envisageons, d'après cette hypothèse, un univers dans un état d'équilibre statique et, à vrai dire, même une sorte d'équilibre thermodynamique. Il nous reste seulement, pour lever tous les obstacles, à trouver une explication pour le déplacement universel vers le rouge des spectres des galaxies et une alternative pour la théorie de l'expansion de l'univers. Pour les spécialistes, j'indique qu'il existe la possibilité d'expliquer la fuite apparente des galaxies par un rougissement des quanta de la lumière par l'action du retardement de ces quanta dû à toute la matière de l'univers. Il découle de cette théorie que les *gravitons*<sup>1</sup>, dont les échanges perpétuels d'une masse à l'autre causent l'attraction newtonienne mutuelle de tous les objets matériels, ont une masse au repos qui est de l'ordre de  $5 \times 10^{-64}$  grammes, au lieu d'être égale à zéro, comme le demande la théorie des quanta appliquée à la loi de Newton et à la théorie de la relativité générale. En opposition avec ces théories classiques, la théorie des gravitons de masse au repos finie explique aussi quantitativement la proportionnalité des masses inertes et pesantes; elle est en accord également quantitatif avec les récentes observations, montrant l'absence d'amas d'amas de galaxies et elle indique une portée finie des forces de gravitation, la limite étant de l'ordre de 50 millions d'années lumière.

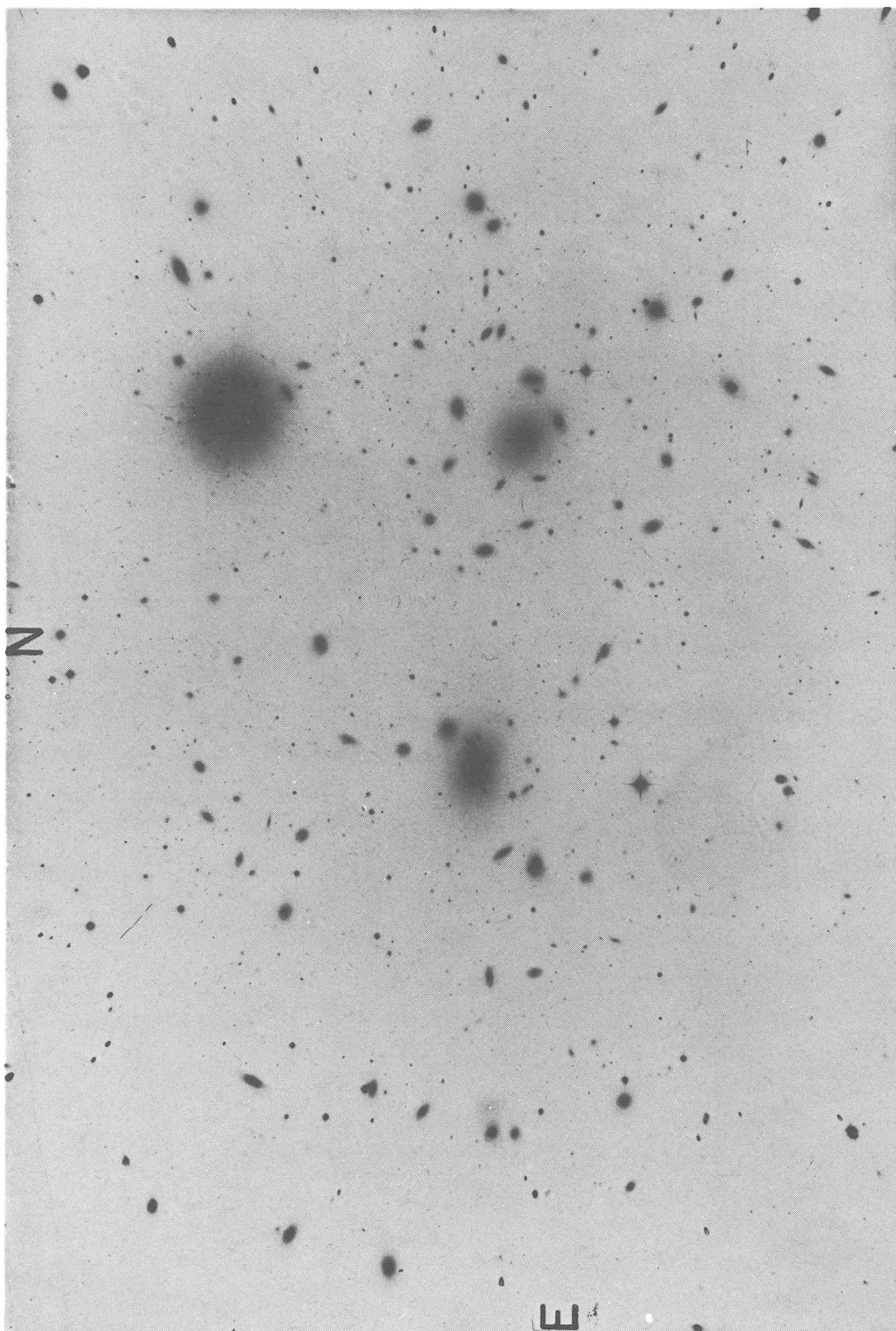
---

<sup>1</sup>F. ZWICKY, Cosmic and Terrestrial Tests for the Rest Mass of Gravitons. *Publ. Astrn. Soc. of the Pacific*, vol. 73, 314-317 (1961).

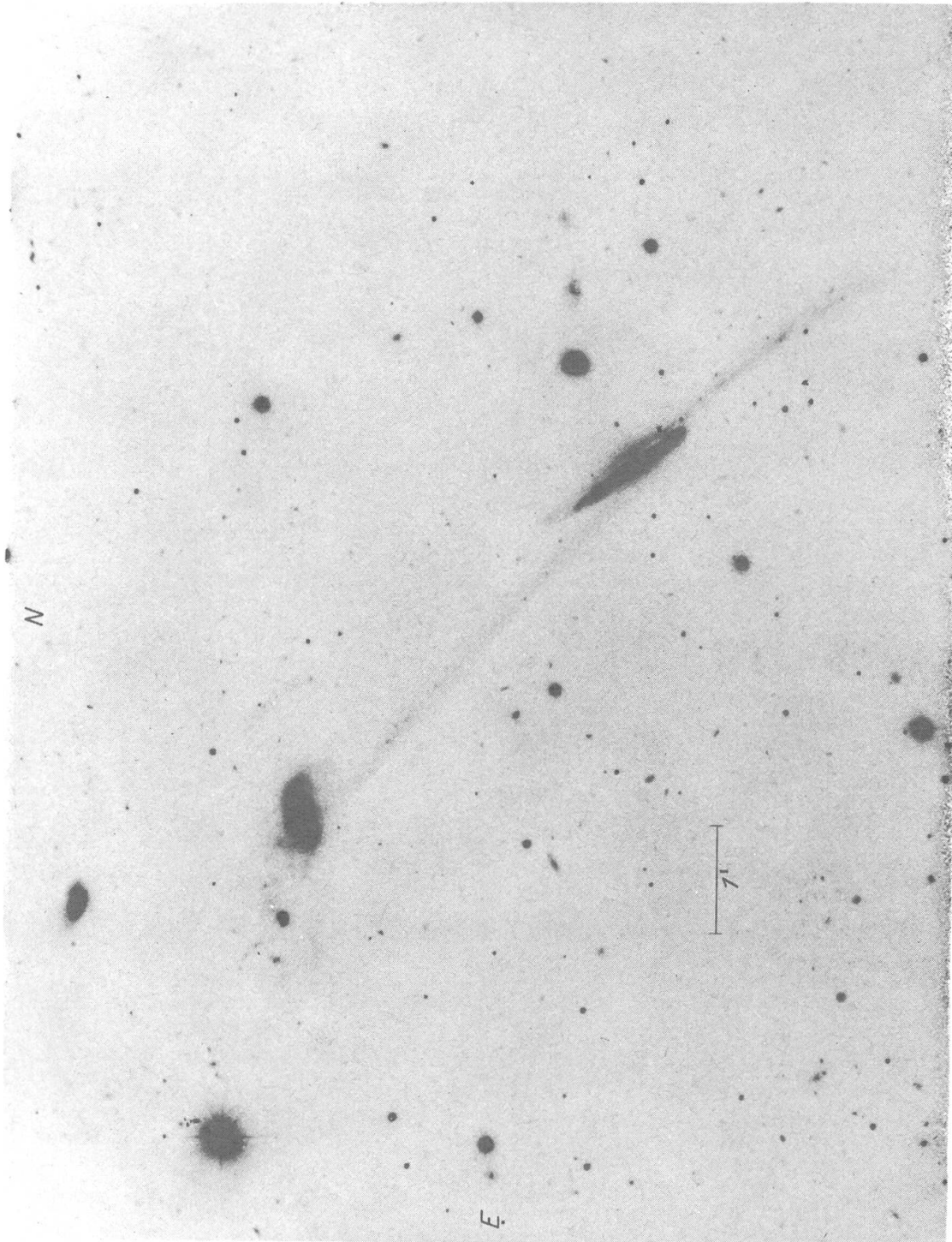
Il reste pour l'astronomie du futur immédiat ou plus tardif, à poursuivre des observations ou des expériences pour lever l'alternative: ou la théorie de la relativité générale et l'hypothèse de l'univers en expansion est valable, ou l'hypothèse contraire expliquant la fuite apparente des galaxies par une interaction des quanta de la lumière avec des gravitons de masse finie est valable.

Pour terminer, je tiens à vous présenter un fait fort curieux qui obligera, entre autres, les astronomes à devenir très modernes et à placer leurs observatoires dans l'espace extraterrestre. En effet, pour obtenir des données décisives sur le déplacement vers le rouge des raies spectrales des galaxies éloignées de plus de quelques milliards d'années lumière, il est absolument nécessaire de faire des observations sur des raies d'émission de l'hydrogène et d'autres atomes dans l'ultraviolet. Ces raies nous sont cachées sur Terre, car elles sont absorbées en traversant l'atmosphère terrestre.

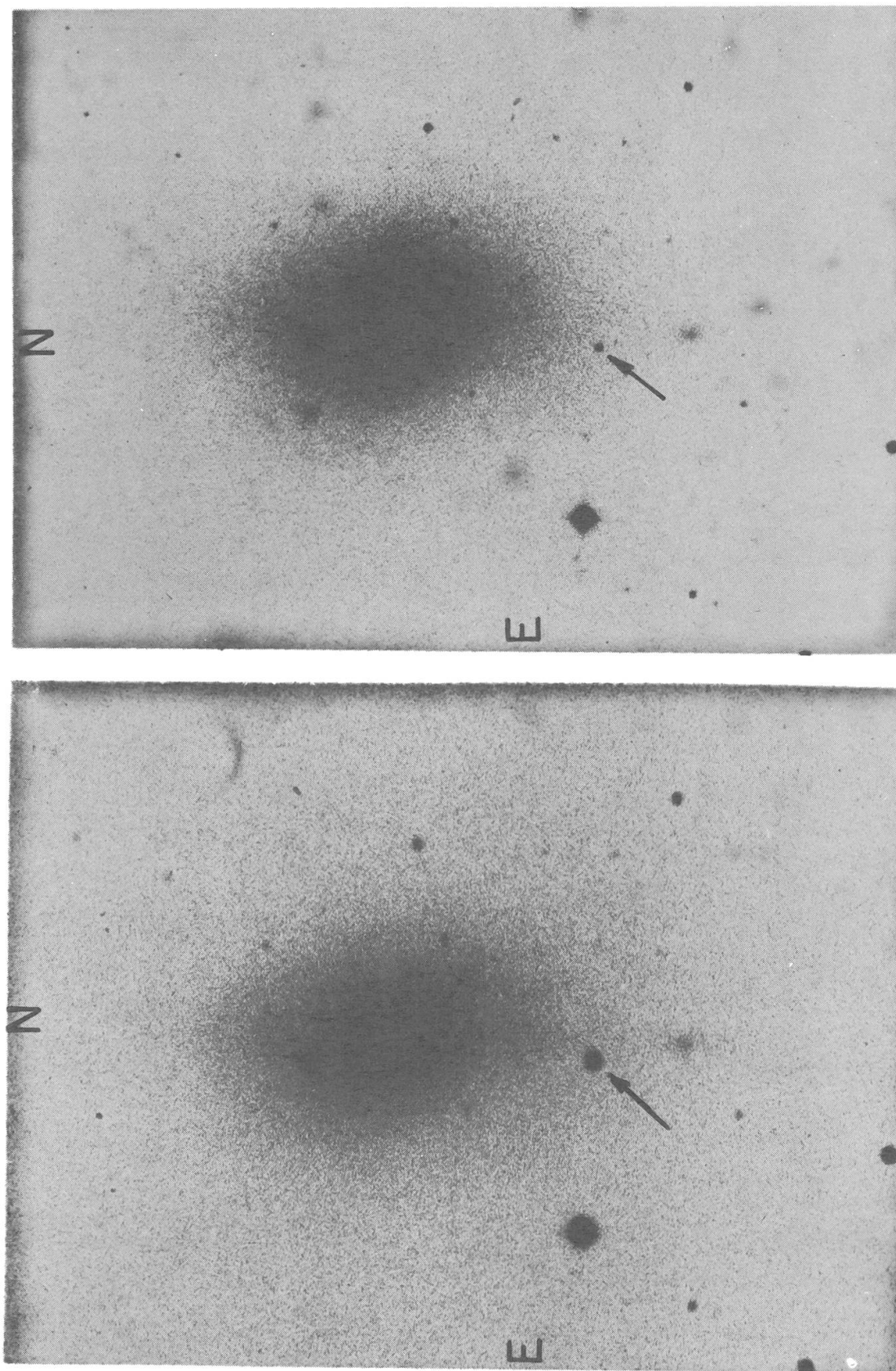
De même, des expériences de laboratoire pour la détermination directe des masses des gravitons ne paraissent guère possibles sur Terre, mais elles seront réalisables avec des appareils placés sur la Lune ou dans l'espace interplanétaire, parce que, en ces endroits, nous disposerons d'un vide presque absolu que nous ne pourrions jamais atteindre sur Terre.



Pl. 1 (Télescope de 5 mètres d'ouverture). L'amas de galaxies dans la Constellation de Coma  
à  $12^{\text{h}} 57^{\text{m}} 27^{\text{s}}$  d'ascension droite et  $+28^{\circ} 14' 45''$  de déclinaison (époque 1950).



Pl. 2 (Télescope de 5 mètres d'ouverture). Pont lumineux d'étoiles et de gaz reliant deux galaxies situées à  $23^{\text{h}} 39^{\text{m}} 22^{\text{s}}$  d'ascension droite et  $-3^{\circ} 45' 42''$  de déclinaison (époque 1950).



Pl. 3 (Télescope de 120 cm d'ouverture). Supernova dans la Galaxie elliptique Messier 85 (NGC 4382) située à  $12^{\text{h}} 22^{\text{m}} 48^{\text{s}}$  d'ascension droite et  $+18^{\circ} 28'$  de déclinaison.

Cliché de gauche fait le 15 janvier 1961: Supernova brillante.

Cliché de droite fait le 6 juin 1961: Supernova beaucoup moins lumineuse.