

Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: - (1946)
Heft: 10

Artikel: Une nouvelle figure de l'univers : la théorie cinématique de Milne
Autor: Javet, P.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-897019>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 02.02.2025

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

Une nouvelle figure de l'Univers

(La théorie cinématique de Milne)

Par Dr. P. JAVET

Sommaire. La notion de particules équivalentes et le principe cosmologique permettent de construire un système de particules en mouvement (le système cinématique) reproduisant plusieurs des propriétés connues des nébuleuses extragalactiques et conduisant à une vue rationnelle de l'Univers.

Le système statistique (basé sur les mêmes principes que le système cinématique) conduit à des résultats plus précis sur les nébuleuses spirales et suggère une théorie cohérente du rayonnement cosmique ainsi que de l'origine et du développement du nuage cosmique.

* * *

1. Les récents progrès de l'astronomie nous ont révélé quelques uns des caractères fondamentaux de l'Univers:

- a) existence des nébuleuses spirales, objets standards répétés à des millions d'exemplaires et contenant chacune quelques dizaines de milliards d'étoiles;
- b) fuite de ces nébuleuses, suivant la loi de Hubble;
- c) existence de la radiation cosmique;
- d) existence dans chaque spirale du nuage cosmique.

Ces faits étant connus on peut chercher à les rattacher à une théorie générale dont ils seraient les conséquences. La recherche d'une telle théorie donnant une vue rationnelle de l'Univers relève de la cosmogonie.

Plusieurs cosmogonies ont déjà été édifiées (sans parler des cosmogonies restreintes ayant pour but l'explication du système solaire seulement). Les plus connues sont les cosmogonies relativistes. Le but de cet article est de donner une idée de la cosmogonie que propose E. A. Milne dans son ouvrage: *Relativity, Gravitation and World-Structure* (Oxford, Clarendon Press, 1935).

Il nous paraît utile de le faire de la façon suivante: tout d'abord préciser les concepts et les principes fondamentaux que Milne met à la base de sa théorie ainsi que les conséquences mathématiques qui en découlent ¹⁾. Cela étant fait nous pourrions voir alors si, et dans quelle mesure, les résultats obtenus sont susceptibles de fournir des vues intéressantes sur l'Univers découvert par l'astronomie.

¹⁾ Nous avons publié dans le Bull. de la Société vaudoise des sciences naturelles, vol. 62, no. 261, un exposé plus précis des bases mathématiques de la théorie.

2. *Observateurs-particules.*

Milne introduit tout d'abord le concept physique de particule, à chacune desquelles est associé un observateur, ce couple déterminant ce qu'il appelle un observateur-particule. Chaque observateur est supposé doué d'une expérience temporelle continue, de sorte que les événements qui apparaissent à un observateur-particule peuvent être ordonnés suivant la suite des nombres réels. Cette correspondance entre événements et nombres réels constitue une horloge.

Considérons maintenant deux observateurs-particules A et B et demandons-nous quelles expériences ils peuvent faire, munis chacun de leur horloge. A observe (sur son horloge) les instants de certains événements se produisant en A ou en B. Au moyen de ces lectures d'horloge A peut obtenir les deux coordonnées époque et distance d'un événement survenant en B. B qui procède de la même manière avec son horloge détermine lui aussi les deux coordonnées époque et distance d'un événement apparaissant en A. Ces deux coordonnées sont purement conventionnelles et rien ne permet de dire qu'elles ont la même signification que les coordonnées de même nom de la physique. Elles permettent en outre de définir différentes grandeurs dérivées telles que vitesse et accélération.

Avant de poursuivre, remarquons que Milne met à la base de sa théorie de simples nombres, lus par chaque observateur sur sa propre horloge, donc des observables, au sens que Dirac a donné à ce mot. La relativité, au contraire, postule l'existence d'une métrique définie par un ds^2 approprié, et les grandeurs observables n'apparaissent que plus tard. La tentative de Milne pourrait ainsi se comparer à celle de Heisenberg fondant la mécanique des matrices. Mais, tandis que cette mécanique, si différente dans sa forme de la mécanique ondulatoire, lui est cependant entièrement équivalente; il n'en va pas de même pour les deux théories d'Einstein et de Milne, radicalement différentes sur plusieurs points essentiels.

3. *Observateurs-particules équivalents.*

Milne pose ensuite une définition et un postulat qui forment la base de sa théorie cinématique.

La définition: Deux observateurs-particules A et B sont dits équivalents si la totalité des observations que A peut faire sur B est décrite par A de la même manière que B décrit la totalité des observations qu'il peut faire sur A.

Illustrons cette définition par l'exemple suivant:

Supposons que le premier observateur A voie en B une lumière d'intensité variable. A décrira ce phénomène en disant que l'intensité lumineuse observée est une certaine fonction du temps. L'observateur B voit lui aussi une lumière variable en A et il décrit ce qu'il voit en disant que cette intensité est une fonction du temps. La définition de l'équivalence entre A et B revient à dire que ces deux fonctions (celle trouvée par A et celle trouvée

par B) sont identiques. Ainsi A décrit ce qui se passe en B dans les mêmes termes que B décrit ce qui se passe en A.

Le *postulat* consiste à admettre que les observateurs-particules dont on va s'occuper sont équivalents. Cela revient donc à faire un choix parmi tous les observateurs-particules possibles, choix motivé par des considérations dans lesquelles nous n'entrerons pas ici, mais choix motivé aussi à posteriori par les conséquences qu'on en déduit.

4. *Premières conséquences.*

En utilisant les coordonnées conventionnelles construites par les deux observateurs et le postulat de Milne, on peut former deux équations (fonctionnelles) simples qui contiennent l'ensemble de la théorie de la relativité restreinte. On déduit en effet immédiatement de ces deux équations:

- a) que si les deux observateurs-particules sont en mouvement relatif, les temps marqués par leurs deux horloges sont différents, et ceci est un des premiers résultats essentiels obtenus par Einstein;
- b) et que si A et B sont en mouvement relatif uniforme les coordonnées relatives à un même événement sont liées par les formules de transformation de Lorentz.

Ces formules, qui constituent la base de la relativité restreinte, apparaissent donc comme une conséquence de l'équivalence supposée des deux observateurs. Pour les établir, on n'a fait aucune hypothèse supplémentaire, ni supposé un transport de règles ou d'horloges, comme en relativité restreinte. Le fameux postulat de la constance de la vitesse de la lumière est aussi une conséquence du postulat de Milne. De plus, puisque les coordonnées conventionnelles introduites sont liées par les formules de Lorentz, c'est que ces coordonnées (et leurs notions dérivées) ont la même signification que les coordonnées de même nom de la physique.

5. Jusqu'ici les deux observateurs n'étaient munis que d'horloges. Si l'on considère maintenant un événement P non aligné sur A et B, nous devons gratifier nos deux observateurs d'un deuxième instrument leur permettant de faire des mesures d'angles (un théodolite par exemple). Chaque observateur peut alors déterminer les trois coordonnées spatiales d'un événement à une particule quelconque P en faisant usage des règles de la géométrie euclidienne. Et quand les deux observateurs voudront comparer leurs coordonnées relatives à un même événement P, ils le feront encore suivant les règles de la géométrie euclidienne. Cette validité de la géométrie euclidienne est en fait une hypothèse de calcul, mais il se trouve qu'elle est parfaitement légitime à condition que les deux observateurs soient en mouvement relatif uniforme.

Remarquons en passant que cette manière de procéder est conforme aux idées de Poincaré disant que la géométrie à employer pour décrire l'espace physique est arbitraire et que le choix peut

être dicté par des raisons de commodité. C'est exactement ce que fait Milne.

6. Le système cinématique.

Considérons maintenant un grand nombre de particules formant un système. Ce système satisfera à ce que Milne appelle le principe cosmologique d'Einstein si deux quelconques de ses observateurs-particules, supposés équivalents, décrivent de la même manière le système entier. Milne donne ainsi un sens précis à l'affirmation d'Einstein: „Alle Stellen des Universums sind gleichwertig“.

La question de savoir s'il est possible de construire un système de particules satisfaisant au principe cosmologique relève des mathématiques. La question de savoir si un tel système, une fois construit, peut être proposé comme modèle de l'Univers découvert par l'astronomie, relève de l'observation.

Milne montre qu'un tel système peut effectivement être construit, et d'une manière simple, en se basant uniquement sur les définitions et postulats cités.

Les propriétés du système de particules ainsi obtenu sont les suivantes:

1. Le système est décrit de la même manière par chaque observateur, employant ses propres coordonnées.
2. Il possède la symétrie sphérique autour de chaque particule.
3. La densité des particules est homogène au voisinage de chacune d'elles.
4. La densité des particules, calculée par un observateur quelconque, croît vers l'extérieur.
5. Près de chaque particule la densité décroît à un taux inversement proportionnel au cube du temps.
6. A une époque donnée t le système est contenu à l'intérieur d'une sphère en expansion, de rayon $R = ct$ ($c =$ vitesse de la lumière). Le rayon de cette sphère croît donc avec la vitesse c de la lumière.
7. Quand la distance tend vers ct la densité des particules tend vers l'infini. Il n'y a pas de particules sur la surface de la sphère.
8. Le nombre total des particules du système est infini.
9. Chaque particule du système est animée d'un mouvement uniforme de récession.
10. Les vitesses des différentes particules sont proportionnelles à leurs distances, et ces vitesses tendent vers celle de la lumière quand les distances tendent vers ct .

C'est ce système de particules que Milne appelle le système cinématique. Il mérite ce qualificatif de cinématique, car il est construit sans aucun appel à des notions dynamiques, telles que masse ou force.

Relativement à la propriété 6 ci-dessus, on peut se demander quelle est la valeur du temps t qui fixe le rayon $R = ct$ de la sphère en expansion? ²⁾)

Les propriétés du système cinématique fournissent la réponse. Si nous remontions le cours du temps, ce système nous apparaîtrait en contraction, et en remontant suffisamment haut dans le passé, nous arriverions à un instant où le système entier se réduirait à un point. C'est cet instant — le zéro naturel du temps — qui doit être pris comme origine du temps.

7. *Quelques faits astronomiques.*

Avant de voir si ce système cinématique convient comme modèle de l'Univers découvert par l'astronomie, jetons un coup d'oeil général sur celui-ci pour en marquer les caractères principaux.

Les nébuleuses spirales (ou nébuleuses extragalactiques) en sont les éléments essentiels. Hubble estime que le nombre total de ces nébuleuses susceptibles d'être photographiées au grand télescope du Mont Wilson est de 75 millions, et comme un grand nombre d'entre elles sont à la limite de visibilité on peut être certain qu'un instrument plus puissant en révélerait davantage. Sur 76 000 spirales cataloguées par Shapley en 1933 le plus grand nombre est situé à des distances de 30 à 100 millions d'année-lumière. Il estime aussi qu'on trouve en moyenne 1 spirale par cube mesurant 1,3 million d'années-lumière de côté. Et cette répartition paraît approximativement homogène, du moins au „voisinage“ de notre Galaxie... en entendant par „voisinage“ l'espace qui nous entoure jusqu'à une distance de 100 millions d'années-lumière. Pour les distances plus grandes encore, Hubble trouve que le nombre des spirales par unité de volume tend à augmenter; mais ce dernier fait paraît encore incertain, cette incertitude étant liée aux difficultés rencontrées dans la détermination des distances des spirales les plus éloignées.

Toutes ces nébuleuses s'éloignent de notre Galaxie, en supposant qu'il soit légitime d'interpréter comme vitesses de récession les déplacements vers le rouge des raies spectrales, ce qui est jusqu'ici la seule interprétation possible. Hubble étudiant ces mouvements de fuite a pu établir expérimentalement, c'est-à-dire à partir des données d'observation seulement, que la vitesse de récession d'une spirale est proportionnelle à la distance qui nous en sépare. Cette loi de Hubble s'exprime numériquement comme suit: une spirale situé à 1 mégaparsec (3,3 millions d'années-lumière) a une vitesse de 500 km/sec., à une distance de 2 mégaparsecs la vitesse est doublée... et ainsi de suite.

Notre Galaxie n'est qu'une spirale parmi des millions d'autres et sa position ni ses propriétés ne sont remarquables. Si donc le sort avait fait naître l'humanité sur une autre planète d'une autre nébuleuse nous y aurions aussi découvert la loi de Hubble. Ce qui

²⁾ A ce propos, voir le chap. VII de Milne: Création.

revient à dire que ce n'est pas la Galaxie seule qui est un objet de répulsion pour le reste de l'Univers, mais que chaque spirale l'est aussi. En d'autres termes ce ne sont pas seulement les distances Galaxie-spirales qui croissent, mais les distances mutuelles de toutes les spirales.

8. *Identification du système cinématique à l'Univers.*

On voit que les nébuleuses spirales possèdent plusieurs des propriétés des particules du système cinématique, en particulier les propriétés nos. 2, 3, 9 et 10. Aussi Milne propose-t-il d'assimiler les particules de ce système aux nébuleuses spirales de l'Univers matériel et d'identifier le système cinématique lui-même à l'Univers découvert par l'astronomie. Les propriétés du système cinématique traduiraient ainsi celles de l'Univers des nébuleuses.

Cet Univers est décrit dans l'espace euclidien, avec un temps newtonien, par un observateur situé sur une particule (nébuleuse) quelconque du système. Ainsi se trouve résolu le problème de donner une vue rationnelle de l'Univers, problème qui n'avait pu être résolu que par l'emploi d'espaces courbes ou en expansion.

Un autre avantage de ce modèle d'Univers, c'est qu'il reste valable quelles que soient les théories ou lois de gravitation adoptées, puisque ses propriétés sont des conséquences purement cinématiques de l'équivalence des observateurs.

Ce modèle du monde diffère essentiellement, sur plusieurs points, des modèles proposés par les théories relativistes courantes. En particulier le nombre des nébuleuses est infini, et si nous voulions employer un langage dynamique, nous dirions donc que la masse de l'Univers est infinie.

A ce propos on peut faire un petit calcul, faux, mais intéressant tout de même. Un observateur quelconque trouve donc que la densité des nébuleuses est homogène dans son voisinage. La théorie permet de calculer cette densité à un instant t . Au même instant t l'Univers est une sphère de rayon $R = ct$. Supposons alors que l'observateur croie que la densité soit partout dans l'Univers égale à celle qu'il découvre autour de lui. Il croira déterminer la masse totale de l'Univers en multipliant son volume par cette densité, et il trouvera naturellement une masse finie... mais fautive. Cette masse serait de $2,4 \times 10^{55}$ g. Or c'est justement cette masse que la plupart des théories relativistes déterminent comme devant être la masse de l'Univers. Pour Milne, cette masse est privée de toute signification physique profonde, puisque dans la théorie cinématique, le nombre des nébuleuses est infini. (A suivre.)