Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 52 (1994)
Heft: 262

Artikel: L'univers, dis-moi ce que c'est? : Planètes : épisode 1
Autor: Barblan, F.
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-898785

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: 04.07.2025

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

L'univers, dis-moi ce que c'est?

Planètes; épisode 1

F. BARBLAN

Introduction

Sous ce titre va désormais paraître, dans chaque numéro d'Orion, pendant un certain temps, une série d'articles constituant un survol de nos connaissances astronomiques actuelles. Des planètes aux galaxies, de la matière interstellaire aux étoiles, nous allons essayer en quelques mots de caractériser et de décrire les différents objets peuplant notre univers. Tout en restant dans un cadre de «rigueur scientifique», les sujets ne seront abordés que d'un côté strictement descriptif, sans entrer dans le développement des théories formelles qui permettent aux scientifiques de modéliser physiquement ces objets. C'est un essai modeste de vulgarisation scientifique, dont le but est de porter à la connaissance de toutes les personnes intéressées, d'une façon systématique, l'énorme masse de connaissances acquises par les astronomes sur notre univers. Une première série (7 à 8 épisodes) sera consacrée aux planètes, astéroïdes et comètes, en commençant par quelques éléments de cosmogonie. Ensuite, chaque planète (sauf la Terre) sera passée à la loupe, à la lumière des informations transmises par les différentes sondes spatiales qui ont exploré notre système planétaire. Le tout se termine avec quelques indications concernant les astéroïdes et les comètes. En espérant vous compter parmi les lecteurs réguliers de cette série, et surtout qu'elle puisse vous intéresser et satisfaire votre curiosité, je vous souhaite une bonne lecture.

Les Planètes

La recherche spatiale a permis de faire des progrès spectaculaires sur la connaissance de notre système planétaire, seul Pluton a échappé pour le moment à la visite d'une sonde. Parmi les découvertes les plus extraordinaires, on peut citer celle d'un volcanisme actif sur Io et l'existence d'anneaux autour de toutes les planètes géantes. Mais ce que cette exploration spatiale ne permet pas de résoudre, aux maximum elle permet d'apporter des éléments de confirmations, par rapport à des spéculations théoriques, c'est le problème de la formation du système planétaire lui-même. Il est donc intéressant de prendre connaissance des différentes argumentations et théories développées, au cours des siècles, par les chercheurs à ce sujet.

1. Les différentes conceptions cosmogoniques

L'origine des planètes a toujours occupé l'esprit humain et les différentes théories se sont succédées, souvent postulées par les autorités les plus éminentes du monde scientifique. L'évolution historique de ces théories, du moment ou elles partent de suppositions initiales différentes et utilisent des effets physiques différents, ne permet pas de se construire une image claire et satisfaisante de l'état de la question. Il est des lors préférable de les subdiviser en différentes catégories ayant un aspect commun, l'évolution des idées étant alors mieux perçue. On peut prendre en considération les trois catégories suivantes:

a) Les théories où la formation des planètes n'est pas reliée à celle du soleil, leur formation intervenant après que le soleil ait atteint le stade d'une étoile normale, avec des matériaux en provenance du soleil ou d'une autre étoile.

b) Même situation qu'en a) mais avec des matériaux en provenance de l'espace interstellaire.

c) Les théories qui regardent la formation des planètes comme une conséquence directe de celle du soleil, les deux phénomènes pouvant être simultanés ou consécutifs.

Il est clair que, quelle que soit la théorie, elle doit pouvoir expliquer les caractéristiques dynamiques observées du système planétaire; résumons-les ici:

1) toutes les planètes tournent dans le même sens autour du soleil,
2) toutes les planètes possèdent une rotation propre,
3) les plans des orbites des planètes autour du soleil sont distribués dans un angle de 7 degrés par rapport à l'écliptique (à l'exception de Pluton 17.2 degrés),
4) la distribution des masses des planètes,
5) la distribution des moments angulaires,
6) la distribution des distances des planètes au soleil (loi de Titius-Bode)[1].

1.2) Théories du type a): les théories des marées

Ces théories sont basées sur l'effet gravitationnel mutuel du soleil avec une autre étoile (ont été considérées dans les toutes premières approches aussi des comètes (Buffon 1745)) et l'éjection de matière qui en découle de la part de ces objets. C'est Jeans (1916,1917) qui le premier démontra mathématiquement que l'action gravitationnelle mutuelle de deux étoiles pouvait produire un effet de marée et l'éjection de matériel de la part des étoiles. Il a aussi montré que cette matière éjectée se désagrège très rapidement en lambeaux isolés qui se condensent vers des densités planétaires. Cette théorie a reçu encore plus de crédibilité lorsque Jeffreys (1918) a montré que la condensation lente d'un nuage de gaz ne pouvait pas rendre compte du système planétaire actuel par sa masse et sa distribution des moments angulaires. Jeans lui-même soulève pourtant le problème majeur de sa théorie, à savoir la rotation individuelle des planètes, qu'elle est incapable d'expliquer.

Jeffreys reprend alors l'idée de collision de Buffon en remplaçant la comète par une autre étoile qui, en frôlant dans son passage le soleil, lui arrache un filament de matière, ayant la forme d'un cigare et qui est situé dans le plan défini par le mouvement relatif des deux étoiles. Cette hypothèse permet

[1] *La loi de Titius-Bode dit que la distance des planètes au soleil suit avec une bonne approximation la règle suivante: $(4+3.2^n)/10$*

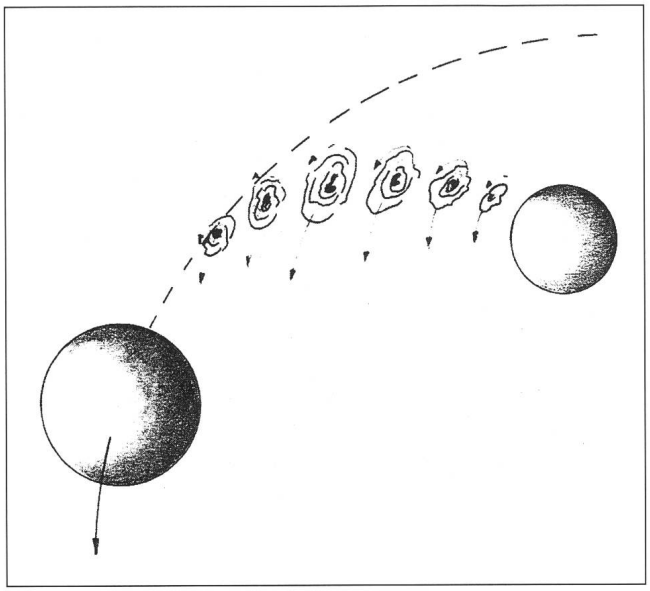


Figure 1. Formation du système planétaire selon la conception de Jeans, par la collision entre le soleil et une autre étoile.

d'expliquer la distribution des masses et la rotation individuelle des planètes. Toutefois de sévères critiques sont émises sur cette théorie, en particulier qu'il n'est pas possible de transmettre un moment angulaire sans transmettre en même temps de l'énergie. Si la matière constituant les planètes avait reçu l'énergie correspondante aux moments angulaires observés maintenant, elle aurait atteint la vitesse de libération et par conséquence n'aurait pas pu donner naissance aux planètes. Pour tenir compte de ces critiques, des variantes de cette théorie ont été proposées, entre autres, celle à étoiles multiples. Le soleil étant une des composantes d'un système binaire, l'autre composante ayant subi une collision avec une troisième étoile. Cette collision a engendré le filament planétaire et a éjecté le compagnon du soleil. Subsiste encore la critique majeure que la collision de deux étoiles reste un événement ayant une probabilité très faible de se réaliser. Pour pallier cet inconvénient on a fait intervenir des étoiles magnétiques pulsantes (Banerji, Sirvastava 1963) ou bien le couple soleil proto-étoile dans un amas en formation (Woolfson 1960).

1.3) Théories de type b): l'accrétion de matériel interstellaire

Que les étoiles puissent capter du matériel à partir de l'espace interstellaire est évident et les mécanismes impliqués sont décrits par différents auteurs (Hoyle et Lyttleton 1939, Bondi 1952, Cremin 1969).

La Théorie de Schmidt (1944)

Schmidt émet l'hypothèse que le soleil n'est pas la seule étoile passant à travers le nuage de gaz, mais qu'il y en a au moins une autre. La fonction de cette dernière est d'introduire une asymétrie dans le processus d'accrétion pour imprimer aux matériels accrées un moment angulaire suffisant pour créer le système planétaire. D'autre part, Schmidt postule que l'existence du nuage de gaz va engendrer un gradient de température très grand à cause de l'absorption due à ce dernier et que l'effet de ce gradient est double. D'un côté, dans la région à haute température du nuage ne peuvent subsister, dans un état non gazeux, que les éléments hautement non volatiles comme les silicates et les produits de la famille du fer. Ces matériaux sont sous forme de grains et, paradoxalement, la vitesse de croissance de ces grains est plus grande que sous conditions normales puisque la haute température augmente le nombre de collisions entre eux. Ils croissent jusqu'à une taille qui leur permet la capture gravitationnelle et peuvent ainsi constituer des corps de grandes dimensions. D'autre part, le vent solaire éloigne de ces régions intérieures les gaz du nuage; on explique ainsi la formation des planètes du type terrestre constituées principalement de silicates de fer. Dans les parties plus éloignées, là où la température est beaucoup plus basse, des grains de matière croissent d'un façon analogue et, lorsque la capture gravitationnelle peut commencer, la partie gazeuse du nuage peut être accrée et donner ainsi lieu à des objets plus grands: les planètes majeures. Dans les parties encore plus externes, où la température est encore plus basse, a lieu une évaporation continue du nuage de gaz, surtout pour les éléments les plus légers comme l'hydrogène et l'hélium. Ainsi, si des planètes se forment dans cette région elles seront totalement dépourvues de ces deux éléments, ce qui est exactement le cas dans le système solaire.

La Théorie de Alfvén (1942-1954)

La contribution majeure de Alfvén à la théorie cosmogonique est d'avoir montré que les effets électromagnétiques dans un plasma jouent un rôle important, soit comme agent de transfert du moment angulaire à la matière planétaire, soit comme mécanisme de séparation des grains de poussière contenus dans le gaz. Il montre que, pour une particule chargée électriquement qui se déplace dans le champ magnétique du soleil, il existe une distance minimale, au-delà de laquelle la particule ne peut plus se rapprocher du soleil et que cette distance dépend essentiellement du rapport charge sur masse. Ainsi la distance minimale pour les poussières est plus petite que pour les gaz. Alfvén arrive donc à la conclusion que le système planétaire a été engendré par deux nuages de matière interstellaire, un nuage de poussière qui a donné lieu aux planètes de type terrestre et un nuage de gaz avec une distance minimale plus grande qui a donné lieu aux planètes majeures.

La Théorie de Pendred et Williams (1968)

Les auteurs considèrent que la masse de gaz et de poussière, à partir de laquelle se forment les planètes, est la partie finale du processus de formation du soleil. Dans ce sens, cette théorie ne fait pas partie de cette catégorie. Mais, puisqu'elle contient de nombreuses caractéristiques essentielles des théories d'accrétion et que le soleil ne joue aucun rôle particulier, elle a sa place dans ce chapitre. On considère que le soleil a été formé à partir d'un nuage de gaz dans la galaxie. Après cet événement, il reste autour du soleil une quantité importante de gaz qui possède un mouvement de rotation, par rapport auquel le soleil possède une vitesse relative faible. Ce matériel sera accrée par le soleil mais le processus d'accrétion est maintenant singulièrement diffèrent à cause du mouvement de rotation du gaz. On émet l'hypothèse que le moment angulaire est conservé, soit par rapport à l'axe de rotation du soleil, soit par rapport à celle du gaz. Le matériel qui se trouve près du soleil est évidemment capturé par ce dernier, mais le matériel qui se trouve à une certaine distance ne peut pas approcher le soleil au-delà d'une distance minimale à cause du moment angulaire; c'est ce matériel-là qui est intéressant pour la formation des planètes. Pendred et Williams montrent qu'il y a une formation

successive d'anneaux de haute densité au voisinage du soleil, dans le plan équatorial de celui-ci. Ils sont munis d'un mouvement d'expansion vers l'extérieur et par effet de condensation, vont donner lieu aux planètes.

1.4) Théories de type c):

Ces théories, comme déjà indiqué précédemment, sont liées à la formation du soleil lui-même, donc à la formation stellaire d'une façon générale. On peut les subdiviser, en fait, en trois courants de pensées qui sont les théories inspirées des idées de Descartes (1644), de Kant (1755) et de Laplace (1796).

Les théories descartiennes

L'idée de base de Descartes était que, à l'origine, l'univers était rempli de matière et que des mouvements tourbillonnaires se sont formés, engendrant ainsi les corps célestes. Donc, ce type de théorie base la formation des étoiles et des planètes sur l'existence de tourbillons dans les nuages de gaz ou de poussière. Sans faire l'historique de tous les perfectionnements successifs de ce type de théorie Weizsäcker (1944), Ter Haar (1948,1950), Kuiper (1949,1951), Whipple (1946,1948), Edgeworth (1946)), résumons en quelques mots celle de McCrea (1960). Il postule que le soleil s'est formé dans un amas. Il prend donc un nuage de gaz interstellaire de 100 masses solaires comme état initial. Il admet que la densité de ce nuage est de 4.10^{-9} kg/m^3 et qu'il est essentiellement constitué d'hydrogène, donc un radiateur d'énergie efficace qui maintient une température de 50 degrés Kelvin dans le nuage. McCrea affirme qu'un tel nuage est supersoniquement turbulent, c'est-à-dire qu'il est, en fait, subdivisé en essaims chaotiques de petits nuages qu'il appelle des 'flocules'. Ces flocules sont continuellement détruits et reformés; ils ne peuvent donc pas être liés gravitationellement. Il admet que leur vitesse moyenne est celle du son et que le libre parcours moyen d'un flocule est de 5.10^{12} mètres, 10^5 flocules se trouvent en moyenne dans une sphère ayant ce rayon. Cette liste d'hypothèses est longue mais à partir de là tout le reste se déduit logiquement. Ces flocules effectuent des collisions qui peuvent donner lieu à des flocules plus grands ou plus petits. Si une succession favorables de collisions amène la masse finale à celle équivalente de 18 flocules, ce flocule 'géant' reste lié gravitationellement et sa masse est d'environ 2.10^{30} kg c'est à dire de une masse solaire; c'est la formation d'une étoile (proto-étoile). McCrea calcule qu'une telle proto-étoile peut capter jusqu'à 1000 flocules qui, en effectuant des collisions mutuelles, augmentent de masse tout comme la proto-étoile. Si la collision de deux flocules produit un flocule de faible moment angulaire, ce flocule sera absorbé par la proto-étoile. On élimine ainsi des flocules rétrogrades et on obtient un produit 'final' correspondant à environ 200 masses-flocules. D'autre part, ce processus a tendance à aplatir le système et, puisque environ 20 flocules forment un noyau stable, McCrea suggère que le système se stabilise sur une masse finale capturée de 10 proto-planètes.

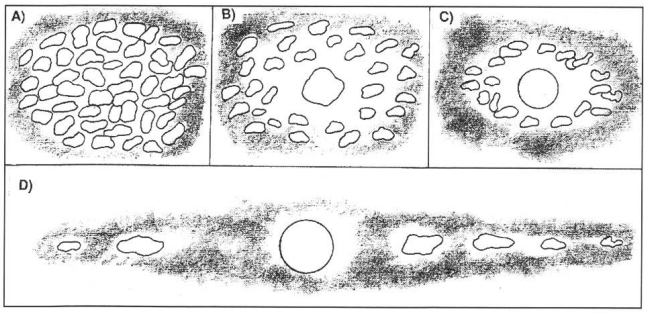
Les théories kantiennes

L'idée de Kant est la suivante: au départ, l'univers est rempli avec un gaz distribué pratiquement uniformément, mais avec de faibles variations de densité. Il postule que ces régions à densité plus haute agissent comme des centres de condensation qui finissent par se contracter gravitationnellement avec un mouvement de rotation et en formant des disques. Des centres de condensations secondaires se forment dans le disque. La condensation centrale donne lieu au soleil et les autres aux planètes. On peut facilement montrer que plus un nuage est dense plus le temps de contraction est faible. Ce qui permet d'affirmer que le centre d'un nuage en contraction peut devenir suffisamment dense pour former une proto-étoile pendant que le reste du nuage se trouve encore à un stade primitif de concentration avec une faible densité. S'il existe, au départ, un mouvement de rotation dans le nuage, la force centrifuge l'empêche de se contracter davantage dans le plan de rotation. Il y aura la formation d'un disque avec au centre une jeune étoile. L'existence d'un gradient de température permet d'expliquer la condensation des éléments non volatiles dans le voisinage du soleil avec formation des planètes telluriques, par contre, plus éloignée du soleil, la condensation des éléments solides permet aussi la capture de la partie gazeuse du nuage avec formation des planètes majeures[2].

Les théories laplaciennes

Pour Laplace (1796), le soleil s'est formé à partir d'un large nuage de gaz avec un moment angulaire faible. Lorsque le nuage se contracte, sa rotation augmente jusqu'au moment ou la force centrifuge équilibre la force gravitationnelle. La contraction ne peut continuer que si il y a éjection d'un anneau de matériel. Selon Laplace il y a eu éjections successives de différents anneaux jusqu'à obtention de la dimension actuelle du soleil, chaque anneau éjecté ayant donné naissance à une planète.

Hoyle (1955-1960) propose une théorie qui part du point de vue de Laplace. Il suppose donc que le soleil se forme à partir d'un nuage en rotation ayant un moment angulaire par unité de masse de 2.10^{15} m^{2}s^{-1}. Avec cette valeur, l'instabilité rotationnelle du soleil a lieu pour un rayon de 3.10^{10} mètres, ce qui correspond à l'orbite de Mercure. Un anneau de matière est éjecté. A partir de là, Hoyle introduit un fait nouveau. Il affirme que le champ magnétique du soleil joue un rôle important; si l'anneau de matière est conducteur, alors il est couplé au champ magnétique et il y a transfert de moment angulaire du soleil à



◀ *Figure 2. Représentation schématique de la formation du système solaire selon la conception de MacCrea. A) Nuage initial, subdivisé en essaims chaotiques de petits nuages, les «flocules». B) Formation de la proto-étoile «soleil» par liaison gravitationnelle d'un certain nombre de flocules. C) Captage gravitationnel par le «soleil» de flocules, les futures planètes. D) Stabilisation, par collision, du nombre de flocules captés et aplatissement sous forme d'un disque de tout le système.*

[2] *Ceci est à mettre en relation avec l'hypothèse sur l'existence d'un noyau solide dans les planètes majeures.*

l'anneau. Si un tel couplage peut exister, son effet est alors évident. En effet, le transfert du moment angulaire oblige l'anneau à s'éloigner du soleil et, conséquence immédiate, le soleil doit se contracter. Il est aussi clair que c'est le gaz ionisé de l'anneau qui est couplé au champ magnétique et que c'est ce gaz là qui s'éloigne du soleil. Hoyle montre que ce gaz en mouvement est capable d'entraîner avec lui des grains solides jusqu'à une distance correspondante à l'orbite terrestre. Il en conclut que ce mécanisme a formé une ceinture de grains à une distance correspondante aux planètes telluriques. Plus loin du soleil, une condensation analogue a lieu, mais avec une enveloppe de gaz.

Pour terminer, indiquons, que pour la majorité des astronomes et astrophysiciens actuels, il ne fait plus aucun doute, que la naissance d'un système planétaire est intimement liée à celle d'une étoile. Il existe donc probablement, dans notre galaxie et dans l'univers, des millions voir des milliards de systèmes planétaires. Dans la mesure où la composition chimique de l'univers semble avoir une certaine homogénéité, on peut même émettre l'hypothèse que les systèmes planétaires engendrés par la formation d'une étoile de la même génération et du même type que le soleil peuvent manifester une certaine ressemblance avec notre propre système planétaire. Pour cette raison, une importance non négligeable est consacrée, les performances des instruments modernes aidant, à la recherche de planètes extra-système solaire.

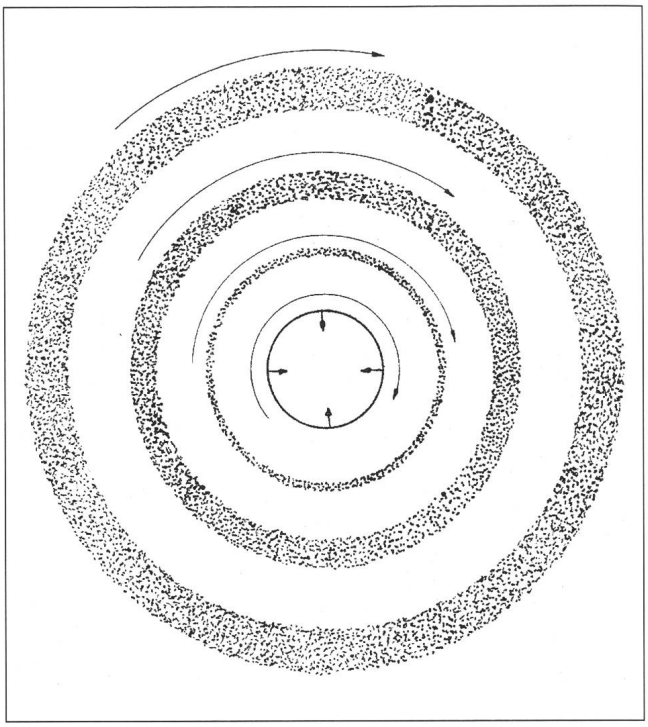


Figure 3. Formation du système solaire selon la conception de Laplace, par formation d'anneaux concentriques autour du soleil en phase de contraction.

Bibliographie:

On the Origin of the Solar System, H. Alfven, At the Claredon Press Oxford, 1954.

The Origin of the Solar System, P. Thorton P. L. Williams, Vol. 3 Sky and Telescope Library of Astronomy, The MacMillan Comp. NY, 1966.

The Origin of the Solar System, H. P. Berlage, Pergamon Press, 1968.

Structure and Evolutionary History of the Solar System, H. Alfven, G. Arrhenius, D. Reidel Publishing Company, 1975.

The Origin of the Planets, I. P. Williams, Monographs on Astronomical Subjects 1, Adams Hilger Ltd Bristol, 1975.

The Cosmogony of the Solar System, F. Hoyle, University College Cardiff Press, 1978.

Formation des systèmes planétaires, Edited by A. Brahic, Centre National d'Études Spatiales, 1982.

Le système solaire, Bibliothèque Pour la Science, Edition Pour la Science S.A.R.L., 1982.

La naissance du système solaire, L. Romani, Librairie Albert Blanchard Paris, 1983.

FABIO BARBLAN
Ch. Mouille-Galand 2a, CH-1214 Vernier/GE

Zürcher Sonnenfleckenrelativzahlen

Februar 1994 (Mittelwert 37,0)

Tag	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R	33	26	37	48	32	29	35	38	48	33
Tag	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
R	34	34	49	41	37	46	44	48	38	20
Tag	21	22	23	24	25	26	27	28		
R	30	41	39	39	27	29	32	48		

Nombres de Wolf

HANS BODMER, Schlottenbüelstrasse 9b, CH-8625 Gossau

März 1994 (Mittelwert 32,7)

Tag	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
R	51	54	59	54	52	64	64	46	40	30	
Tag	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
R	38	36	33	21	25	20	24	17	15	8	
Tag	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
R	16	24	26	33	35	23	19	21	15	26	25