

Introduction

Le dossier Ummite contient un nombre de documents élevé, de l'ordre de plusieurs milliers, et dont les « parutions » s'étalent sur de nombreuses décennies.

On peut trouver sur le site ummo-sciences.org une compilation des documents ayant été collectés mais qui ne constituent en fait pas la totalité du « dossier » : certains documents auraient en effet été perdus ou alors sont restés dans la sphère privée.

Personne ne sait dire clairement si ce corpus documentaire est l'œuvre d'un ou plusieurs faussaires, ou si vraiment il s'agit de documents émis par une ethnie extra-terrestre qui nous visiterait depuis plus d'un demi-siècle.

Le seul moyen à notre disposition pour se faire une idée sur tout cela est d'analyser l'ensemble de ces documents très étonnants, et de juger de leur cohérence interne : trop d'incohérences permettrait de pointer du doigt une évidente falsification sur le long terme.

Cet article analyse ce que les Ummites nous disent sur leur étoile loumma, ce qui nous permet d'examiner la cohérence interne de ces informations par rapport à nos propres connaissances des étoiles.

Nous n'évoquerons pas Wolf 424 qui ne peut en aucun cas correspondre à loumma comme nous l'avons déjà publié dans un article dédié.

1) Que disent les textes Ummites sur loumma

Parmi ces textes, si on procède de manière historique, on trouve les premières informations sur loumma dès 1966. J'invite le lecteur à aller sur le site Ummo-sciences.org s'il souhaite vérifier cela.

D74 03/1966

Masse de loumma = $1.48 \cdot 10^{30}$ kg soit en masse réduite par rapport au Soleil
 $M/M_{\text{sol}} = 1.48/1.99 = 0.744$

Magnitude visuelle : $M_v = 7.4$ (qui n'est pas la magnitude bolométrique)

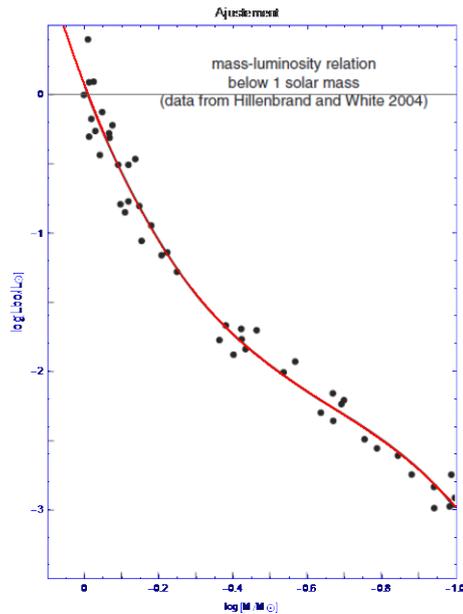
Température de surface de l'étoile : $T_{\text{surf}} = 4580.3$ °K

Que peuvent nous enseigner ces valeurs : sont-elles cohérentes entre elles ? Peut-on en déduire une luminosité absolue?

Si on ne considère que la masse de l'étoile, une publication de 2004 (voir la figure ci-dessous) permet d'obtenir un ajustement qui donne la luminosité en fonction de la masse réduite selon une formule simple :

$$\log L = 4.10 (\log M)^3 + 8.16 (\log M)^2 + 7.11 \log M + 0.065 \quad (1)$$

with L and M in solar units. [In the text that follows we often use $L \sim M^3$, which is a rough fit to



Application numérique de la formule : $M=0.744 \Rightarrow L=0.19 L_{sol}$ mais les dispersions sont assez élevées comme on le voit sur ce graphique en log-log (environ $\pm 30\%$.)

Ensuite, que peut-on faire à partir de la température et de la magnitude visuelle ?

On se reporte comme toujours au diagramme Hertzsprung-Russel ci-après ; on trace une verticale aux environs de 4600 K ; et on applique une correction bolométrique sur M_v comme indiqué sur le tableau qui suit de l'ordre de -0.7 ce qui donne $M_{bol} \sim 6.7$, soit une luminosité aux environs de $0.2 L_{sol}$ en traçant une droite horizontale partant de 6.7 vers la gauche, pour obtenir une luminosité en échelle log, aux environs de 0.2 , mais tout cela reste peu précis car il est très difficile de faire mieux que 20% sur des graphiques de surcroît en échelles logarithmiques.

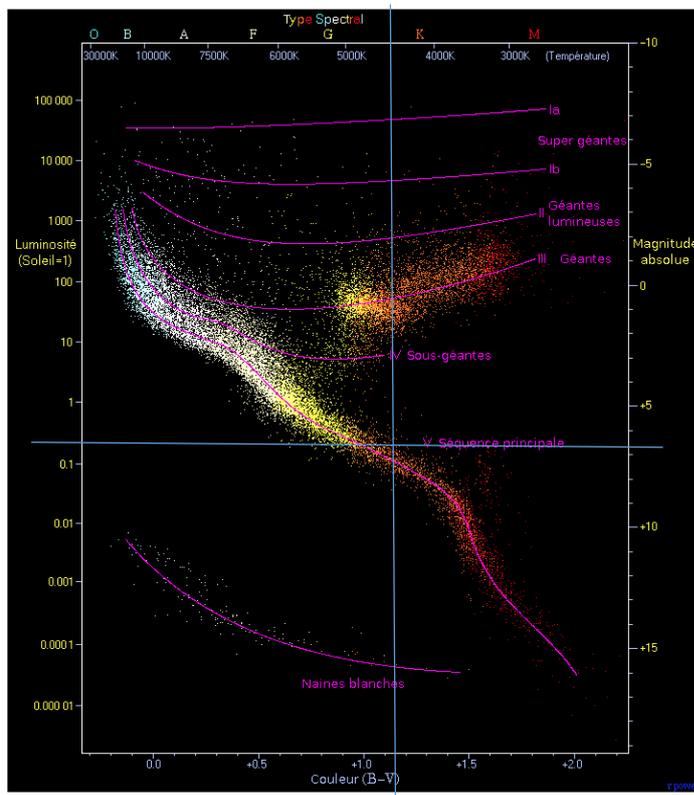


Tableau de calibration selon les types spectraux

On utilise la ligne K5 qui correspond à $M_V=7.35$ proche de $M_V=7.4$

Stars

105

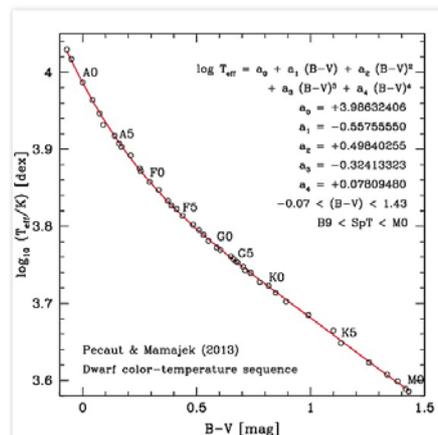
Calibration of MK spectral types

Sp	$M(V)$	$B - V$	$U - B$	$V - R$	$R - I$	T_{eff}	BC
MAIN SEQUENCE, V							
O5	-5.7	-0.33	-1.19	-0.15	-0.32	42 000	-4.40
O9	-4.5	-0.31	-1.12	-0.15	-0.32	34 000	-3.33
B0	-4.0	-0.30	-1.08	-0.13	-0.29	30 000	-3.16
B2	-2.45	-0.24	-0.84	-0.10	-0.22	20 900	-2.35
B5	-1.2	-0.17	-0.58	-0.06	-0.16	15 200	-1.46
B8	-0.25	-0.11	-0.34	-0.02	-0.10	11 400	-0.80
A0	+0.65	-0.02	-0.02	0.02	-0.02	9 790	-0.30
A2	+1.3	+0.05	+0.05	0.08	0.01	9 000	-0.20
A5	+1.95	+0.15	+0.10	0.16	0.06	8 180	-0.15
F0	+2.7	+0.30	+0.03	0.30	0.17	7 300	-0.09
F2	+3.6	+0.35	0.00	0.35	0.20	7 000	-0.11
F5	+3.5	+0.44	-0.02	0.40	0.24	6 650	-0.14
F8	+4.0	+0.52	+0.02	0.47	0.29	6 250	-0.16
G0	+4.4	+0.58	+0.06	0.50	0.31	5 940	-0.18
G2	+4.7	+0.63	+0.12	0.53	0.33	5 790	-0.20
G5	+5.1	+0.68	+0.20	0.54	0.35	5 560	-0.21
G8	+5.5	+0.74	+0.30	0.58	0.38	5 310	-0.40
K0	+5.9	+0.81	+0.45	0.64	0.42	5 150	-0.31
K2	+6.4	+0.91	+0.64	0.71	0.48	4 830	-0.42
K5	+7.35	+1.15	+1.08	0.99	0.63	4 410	-0.72
M0	+8.8	+1.40	+1.22	1.28	0.91	3 840	-1.38
M2	+9.9	+1.49	+1.18	1.50	1.19	3 520	-1.89
M5	+12.3	+1.64	+1.24	1.80	1.67	3 170	-2.73
GIANTS, III							
G5	+0.9	+0.86	+0.56	0.69	0.48	5 050	-0.34
G8	+0.8	+0.94	+0.70	0.70	0.48	4 800	-0.42
K0	+0.7	+1.00	+0.84	0.77	0.53	4 660	-0.50
K2	+0.5	+1.16	+1.16	0.84	0.58	4 390	-0.61
K5	-0.2	+1.50	+1.81	1.20	0.90	4 050	-1.02
M0	-0.4	+1.56	+1.87	1.23	0.94	3 690	-1.25
M2	-0.6	+1.60	+1.89	1.34	1.10	3 540	-1.62
M5	-0.3	+1.63	+1.58	2.18	1.96	3 380	-2.48

Absolute magnitude, colors, effective surface temperatures, and bolometric corrections for various spectral types and luminosity classes. (From Drilling, J.S. and Landolt, A.U. in *Allen's Astrophysical Quantities*, Cox, A.N., ed., Springer-Verlag, 2000, with permission.)

Donc, dès 1966, on a des informations comme quoi **loulma est une étoile de type K5, de luminosité située vers 0.2 Lsol mais ceci avec de l'ordre de +/- 30 % d'incertitude.**

Les années suivantes n'apportent guère plus d'informations et il faut attendre la **NR 21 de 03/2009** pour avoir les indices $B-V=1.15$ et $U-B=1.15$ de loulma, qui se révèlent très cohérents de ce que l'on sait déjà si on se reporte au tableau de calibration ci-dessus et sur le graphique ci-après, sachant que $\log[4580.3]=3.66$: l'illustration donne une correspondance claire « indice BV/ Température », selon le type spectral de l'étoile, le tout pour des étoiles jeunes mais l'idée générale est correcte. On se situe sans ambiguïté dans le domaine des étoiles de type K, autour de K4/K5 selon la classification actuelle.



2) Approche avec nos propres données astronomiques

Ces informations sont intéressantes, quoique peu précises concernant la luminosité. Peut-on identifier des étoiles analogues à Ioumma histoire de renforcer notre conviction ? Oui bien sûr : pour cela, on s'intéresse à un échantillon d'étoiles dans la constellation de la Vierge, pourquoi pas ?

En cherchant bien, on peut finir par trouver l'étoile HIP 63257 qui est située dans la constellation de la Vierge, mais ni à la bonne distance, ni aux bonnes coordonnées fournies dès 1966 pour Ioumma, qui ne peut donc être Ioumma.

En revanche, voici ce qui est intéressant dans cette étoile « référente » et qui est résumé dans le tableau suivant :

	HIP 63257	Ioumma
Masse (kg)	1,4 E+30	1,48E+30
Température de surface °K	4,60E+03	4,58E+03
Indice B-V	1,12	1,15
Luminosité (W)	8 E+25	à préciser
Rayon (km)	0,5 E+6	à préciser
Type de l'étoile	K4V	K4/K5

Ainsi, cette étoile de caractéristiques initiales très proches de Ioumma en masse et température superficielle aurait une luminosité de $0.8 \cdot 10^{26}$ W soit 0.21 Lsol, et un rayon de l'ordre de 500000 km. Cette valeur de luminosité est très cohérente de nos propres estimations pour Ioumma et elle se situe bien dans nos barres d'incertitudes. Et cerise sur le gâteau, cette analogie permet d'obtenir une valeur non fournie jusqu'alors du rayon possible de Ioumma : 500000 km.

Cette analogie ne vaut pas démonstration, mais elle montre qu'il existe sans un doute un peu partout des étoiles comme HIP63257, et cette dernière nous servira un peu de référence dans la suite.

3) Approche par la simulation numérique

Il existe sur Internet des « simulateurs d'étoiles » simples d'utilisation pour peu que l'on possède le jeu de paramètres nécessaire pour alimenter ladite simulation.

Le site de l'université de Pise donne accès à un tel simulateur en ligne dont l'objectif premier est d'estimer la zone d'habitabilité d'une planète en fonction de différents paramètres ; pour cela, il évalue d'abord des données concernant l'étoile, en constituant un tableau annexe très utile. C'est ce tableau qui nous intéresse.

<http://astro.df.unipi.it/stellar-models/HZ/>

La référence à citer est la suivante :

Valle G., Dell'Omodarme M., Prada Moroni P.G., Degl'Innocenti S. (2013). *Evolution of the habitable zone of low-mass stars. Detailed stellar models and analytical relationships for different mass and chemical compositions.*

Ce simulateur nécessite peu de données en entrée : la masse de l'étoile, sa métallicité Z, et le taux Y d'Hélium entrant dans la composition de l'étoile (sachant que $X+Y+Z=1$, X étant le taux d'hydrogène de l'étoile).

Il restitue différentes informations en sortie comme on le verra, et notamment, il devra restituer correctement la température de l'étoile avec une bonne précision.

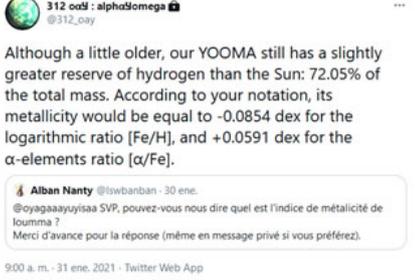
Nous avons déjà la masse de l'étoile, mais nous n'avons ni la métallicité Z, ni le taux d'hélium Y, ou ce qui revient au même le taux d'hydrogène X.

La donnée de métallicité de Ioumma a été fournie début 2021 par OAY.



Cette valeur de $Fe/H=-0.0854$ est très plausible si on tient compte du fait que Ioumma est proche du Soleil et provient probablement du même nuage de gaz initial que le Soleil. La publication suivante (The Astronomical Journal 129 : 1063-1083, 2005 February) confirme d'ailleurs cet aspect et donne une métallicité moyenne $[Fe/H] = -0.07$ pour les étoiles dans un rayon de 15 parsecs du Soleil. On peut donc faire confiance à cette donnée.

Mais ce qui est assez intrigant, c'est que le même jour, une autre source donne exactement les mêmes valeurs de métallicité, mais avec en plus une information très utile dont nous avons besoin sur le taux d'hydrogène X constituant Ioumma ! $X_i=0.7205$: étonnant, non ?

<p>312-33</p>	<p>@oyagaayuyisaa SVP, pouvez-vous nous dire quel est l'indice de métallicité de Ioumma ? Merci d'avance pour la réponse (même en message privé si vous préférez).</p>	<p>@312_oay 31 ene 2021 - 09:00 Although a little older, our YOOMA still has a slightly greater reserve of hydrogen than the Sun: 72.05% of the total mass. According to your notation, its metallicity would be equal to -0.0854 dex for the logarithmic ratio [Fe/H], and +0.0591 dex for the alpha-elements ratio [alpha/Fe].</p>  <p>9:00 a. m. - 31 ene. 2021 - Twitter Web App</p>	<p><i>@oyagaayuyisaa Por favor, ¿puede decirnos cuál es el índice de metalicidad de Ioumma? Gracias de antemano por la respuesta (incluso en mensaje privado si lo prefiere).</i></p> <p><i>Aunque es un poco más viejo, nuestro YOOMA sigue contando con una reserva de hidrógeno ligeramente superior a la del Sol: 72,05% de la masa total. Según su notación, su metalicidad sería igual a -0,0854 dex para la relación logarítmica [Fe/H], y +0,0591 dex para la relación de los elementos α [alpha/Fe].</i></p> <p><i>Esta pregunta de @lwsbanban estaba dirigida a @oyagaayuyisaa. Ese mismo día, 31 de enero 2021, hacia eso de las 12:00 (la primera persona que lo vio fue a las 12:15 aprox.) OAY contestó con un cambio de estatus y enviando estas mismas cifras de metalicidad de IUMMA. Dado que este tweet de 312 se produjo a las 9:00, esto es 3 horas antes, esto no deja dudas de que la cuenta de 312 es del mismo origen que la de OAY.</i></p>
---------------	--	--	---

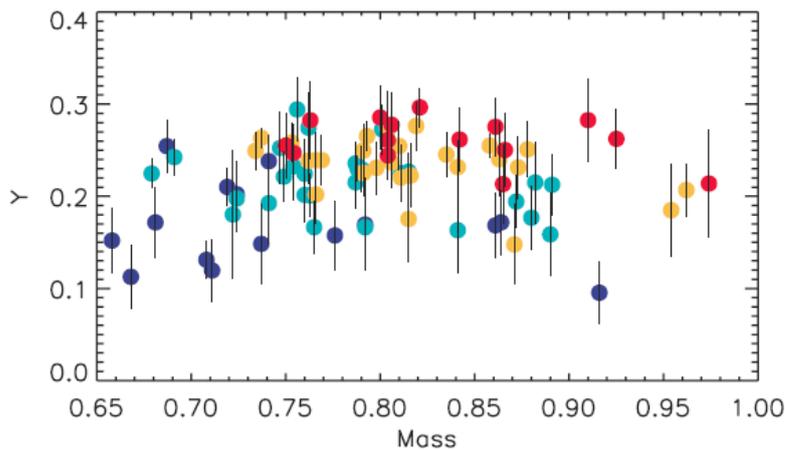
En annexe 1, on déduit de tout cela que $Y_i=0.2645$ et $Z_i=0.015$ pour Ioumma.

Sans cette information supplémentaire de 312_oay, aurait-on pu faire la simulation numérique quand même ?

Oui, car il existe des publications scientifiques sur ces questions et de surcroit pour les étoiles de type K.

The helium abundance and $\Delta Y/\Delta Z$ in lower main-sequence stars

Luca Casagrande,^{1*} Chris Flynn,¹ Laura Portinari,¹ Leo Girardi² and Raul Jimenez³



Les points jaunes/oranges donnent des valeurs de Y (le taux d'hélium) en fonction de la masse de l'étoile, et de sa métallicité selon un code couleur dans une fourchette donnée : pour l'oumma, on lit $Y \sim 0.26$. Les points jaunes représentent la fourchette Z entre 0.014 et 0.022, valeurs typiques de métallicité pour le Soleil et les étoiles environnantes. On aurait donc pu faire des simulations, et sans doute tâtonner un peu afin d'ajuster la température finale de la simulation qui est une donnée de sortie, répétons-le : pourquoi ne pas prendre directement cette valeur de 0.2645 compatible de ce que l'on connaît ? (Surtout qu'elle donne une température plus que correcte comme on le verra)

Le paramètre Y est lui-aussi recalculé dans la simulation, et il doit être très proche au final du paramètre initial $Y_i = 0.2645$. Le seul paramètre qui ne change pas est la masse de l'étoile.

La ligne suivante #222 est extraite du tableau complet et donne le résultat de la simulation pour un âge de 6.3 Gyears. Pourquoi 6.3 Gyears ? : parce que comme le montre l'Annexe 2, l'information donnant le ratio $[\alpha/Fe]$ nous conduit à cette estimation pour l'âge de l'oumma. Et de toute manière, les paramètres du calcul varient peu avec l'âge à partir de 4.62 Gyears jusqu'à 8 Gyears.

nmd	age	logL	logT	M	Y	Z	R	logg	DYDZ
222	6,306	-0,712	3,6612	0,744	0,2667	0,0181	0,698	2,98	1

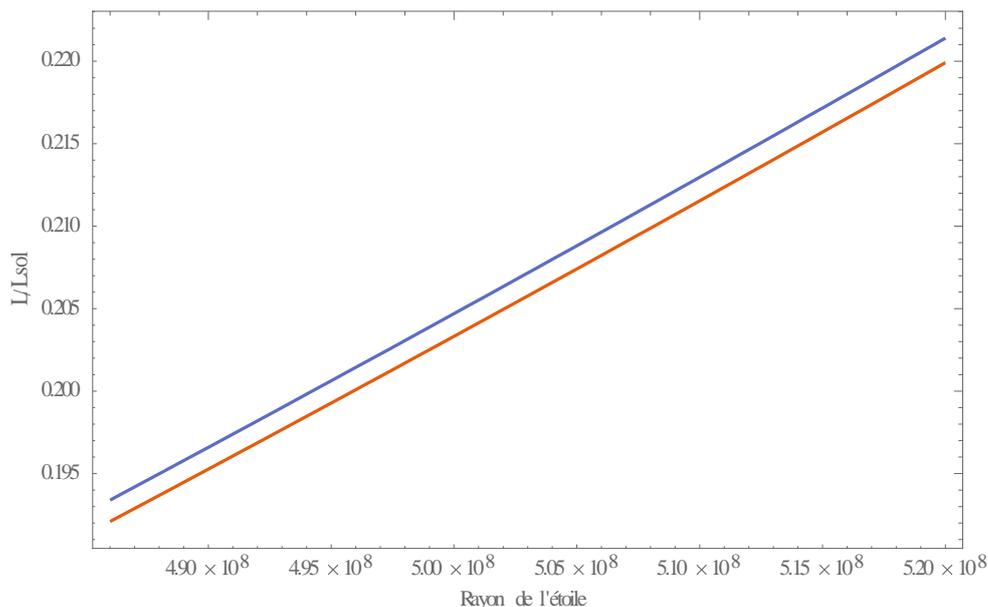
Quelques commentaires sur ces résultats de simulation:

- Le très faible écart obtenu sur Y se retrouve sur Z, forcément : mais je n'ai pas pu faire mieux pour l'instant.
- On obtient une température de 4584 °K.
- La luminosité L obtenue est de **19.4 %** de celle du Soleil soit $0.75 \cdot 10^{26}$ W.

- Nous obtenons également dans la simulation une estimation du rayon de l'étoile rapporté au rayon du soleil R : la valeur absolue obtenue est de $4.86 \cdot 10^5$ km. Cette valeur est à comparer tout d'abord à celle de l'étoile type de la Vierge décrite ci-dessus : $5 \cdot 10^5$ km. Puis à celle qui découle d'un autre tweet du dénommé 312_oay, à savoir $R \sim 5.17 \cdot 10^5$ km. Cette dernière valeur fournie par le « dossier » est plus élevée de seulement 6% par rapport à celle de la simulation et de 3 % seulement par rapport à celle de l'étoile typique. Tout cela semble plutôt cohérent.

On peut aussi utiliser ces différentes valeurs du rayon de l'étoile obtenu pour faire deux calculs de luminosité avec deux méthodes différentes (les résultats sont portés sur le graphe suivant) :

- En utilisant la loi de Stefan (en rouge)
- En effectuant une correction bolométrique comme décrit en Annexe 3 (en bleu)



Voici quelques valeurs déduites de ce graphique en fonction du rayon de l'étoile :

- Etoile « référente » de la Vierge de rayon 500000 km : $L/L_{sol} = 0.203$ soit un peu moins que mesuré (0.209)
- Etoile « numérique » de rayon 486000 km : $L/L_{sol} = 0.193$
- Etoile de 312_OAY avec un rayon de 517000 km : $L/L_{sol} = 0.220$

Je n'ai pas les barres d'incertitude de la simulation d'une part, ni la certitude que les informations fournies par 312 sont correctes d'autre part ; mais dire en conclusion de cette partie que la luminosité relative de Loumma est de $0.21 \pm 5\%$ près me paraît plutôt un meilleur résultat que $0.2 \pm 30\%$!

La luminosité absolue correspondante de $0.8 \cdot 10^{26}$ W est finalement celle de notre étoile de référence.

CONCLUSION

A partir de données anciennes du dossier (1966), on peut estimer une luminosité de Ioumma aux environs de 0.2 Lsol +/-30 %.

Puis à l'aide de nos outils de simulation et d'observation, nous confirmons cette valeur et nous pouvons même resserrer les barres d'incertitudes pour arriver à une luminosité de 0.21 Lsol +/- 5 %.

Le tableau suivant synthétise ainsi les différentes données fournies pour Ioumma par les auteurs du « dossier » (dont la luminosité et le rayon fournis par 312_oay) et les données issues de la simulation numérique, ainsi que les incertitudes entre la simulation et les données fournies par le dossier.

	Soleil	Ioumma	Simulation Ioumma	Incertitude
Masse (kg)	1,99E+30	1,48E+30	1,48E+30	
Rayon (km)	6,96E+05	5,17E+05	4,86E+05	6,00%
Température de surface °K	5780	4580	4584	-0,09%
Luminosité absolue (10²⁶ W)	3,83	0,83	0,74	10,84%
Indice BV	0,65	1,15	1,15	
Type Spectral	G2		K4,K5	
Age (Gyears)	4,6		6,3	
Métallicité Z	0,0179	0,015	0,018	-20,00%
Taux hydrogène X	0,7048	0,7205	0,7153	0,72%
Taux Hélium Y	0,2773	0,2645	0,2667	-0,83%

Ces résultats ne montrent pas d'incohérences concernant les propriétés annoncées de l'étoile Ioumma et on a bien affaire à une étoile de type K, probablement K5.

Cette étude aboutit donc à une estimation de la luminosité de Ioumma de 0.21 Lsol +/- 5%, ou encore de $8 \cdot 10^{25}$ W +/- 5% : encore une fois, cette valeur et ses barres d'incertitude s'avèrent compatibles à la fois de celle obtenue par la simulation et de celle annoncée par 312_oay et s'avère classique pour ce type d'étoiles (HIP 63257 par exemple).

Mais une nouvelle interrogation surgit suite à ce travail : la luminosité de Ioumma s'avèrerait plus faible de l'ordre de 20 % de ce que nous pensions en première approche dans l'article 36, ce qui tendrait à orienter le climat de Ummo vers un climat glaciaire.

L'annexe 4 explique le pourquoi de cette interrogation plus en détail, tout en proposant des pistes pour mieux comprendre le climat réel de la planète Ummo.

Annexe 1 Estimation des paramètres {Xi,Yi,Zi} pour la simulation numérique

Il faut pour cela partir de la composition du Soleil {X0, Y0, Z0}, sachant ces indices font référence à la composition du protosoleil.

Le tableau suivant extrait de Solar Elemental Abundances illustre cela, et ce tableau fait lui-même référence à des publications scientifiques dont certaines très récentes de 2019.

Table 7. Mass Fractions of Hydrogen (X), Helium (Y) and All Other Heavier Elements (Z) in the Solar System

	X	Y	Z	Z/X	Y/X	Xo	Yo	Zo
<i>Solar System based on:</i>								
Photosphere (3D) and CI-chondrites	≅0.7389	0.2463	0.0148	0.0200	0.3334	0.7061	0.2766	0.0173
Photosphere (3D)	≅0.7389	0.2462	0.0149	0.0201	0.3333	0.7061	0.2765	0.0174
Photosphere (1D)	≅0.7389	0.2458	0.0153	0.0207	0.3327	0.7061	0.2760	0.0179
<i>Helioseismic Measurements, Convection Zone Sun (Photosphere)</i>								
Basu & Antia 2004,	0.7389±0.0035	0.2485±0.0035	0.0126	≅0.0171	0.3318	...	...	...
Basu & Antia 2004	0.7389±0.0035	0.2450±0.0035	0.0161	≅0.0218	0.3316	...	...	...
Bahcall et al. 2006	...	0.249±0.003	...	...	...	...	...	...
<i>Asplund et al. 2009 (AGSS09) composition</i>								
Asplund et al. 2009 (AGSS09) composition	0.7381	≅0.2485	0.0134	0.0181	0.3367	0.7154	0.2703	0.0142
<i>Standard Solar Models based on Z/X by AGSS09:</i>								
Zhang et al. 2019	0.7484	0.2381	0.0135	≅0.0181	0.3182	0.7190	0.2662	0.0148
Yang 2016	0.7507	0.2351	0.0142	≅0.0189	0.3131	0.7177	0.2664	0.0159
Basu et al. 2015	0.7513	0.2352	0.0135	≅0.0180	0.3131	...	0.2650	...
Serenelli et al. 2011	0.7547	0.2319	0.0134	≅0.0178	0.3073	0.7231	0.2620	0.0149
<i>Asplund et al. 2005 (A05) composition</i>								
Asplund et al. 2005 (A05) composition	0.7392	≅0.2486	0.0122	0.0165	0.3363	0.7135	0.2735	0.0132
<i>Standard Solar Models based on Z/X by A05</i>								
Basu et al. 2015	0.7589	0.2286	0.0125	≅0.0165	0.3012	...	0.2586	...
Castro et al. 2007	0.7644	0.2330	0.0125	≅0.0164	0.2917	0.7304	0.2562	0.0134
Bahcall et al. 2006	0.7583	0.2291	0.0126	≅0.0166	0.3021	0.7259	0.2600	0.0141
Turck-Cheize et al. 2004	0.7518	0.2353	0.0129	≅0.0172	0.3130	0.7195	0.2664	0.0141
<i>Grevesse & Sauval 1998 (GS98) composition</i>								
Grevesse & Sauval 1998 (GS98) composition	0.7347	≅0.2483	0.0169	0.0231	0.3380	0.7086	≅0.275	0.0163
<i>Standard Solar Models based on Z/X by GS98</i>								
Zhang et al. 2019	0.7378	0.2453	0.0169	≅0.0229	0.03325	0.7089	0.2727	0.01837
Yang 2019	0.7364	0.2461	0.0175	≅0.0238	0.3342	0.7038	0.2767	0.195
Basu et al. 2015	0.7374	0.2456	0.0170	≅0.0230	0.3338	...	0.2755	...
Serenelli et al. 2011	0.7401	0.2429	0.0170	≅0.0229	0.3282	0.7089	0.2724	0.0187
Bahcall et al. 2006	0.7404	0.2426	0.0170	≅0.02292	0.3276	0.7087	0.2725	0.01884

Une fois le soleil formé à partir de ces éléments issus du protosoleil, il y a un effet de sédimentation gravitationnelle, qui dépeuple un peu les couches périphériques du soleil de son hélium Y plus lourd que l'hydrogène. Les indices utilisés {X, Y, Z} par nos astrophysiciens sont ceux des couches périphériques observables pour le soleil, et d'ailleurs aussi pour les autres étoiles, permettant des comparaisons aisées.

Mais en réalité, pour l'ensemble de l'étoile, ce sont bien les indices {X0, Y0, Z0} qui comptent.

Les valeurs choisies sont : {X0, Y0, Z0} = {0.7048, 0.2773, 0.0179}

Ensuite, concernant Ioumma, on effectue un calcul en supposant que la répartition des éléments autres que X et Y suit la même distribution en forme que celle du Soleil : cette hypothèse est très plausible si on tient compte du fait que Ioumma est proche du Soleil et provient probablement du même nuage de gaz initial.

On s'appuie alors sur l'article de Bertelli 1994 et le livre de Salaris et Cassisi Evolution of Stars page 239 pour les formules permettant de remonter à la métallicité Zi de Ioumma.

Avec les valeurs Xi=0.7205 et Fe/H=-0.0854 fournies, on trouve :

$$Z_i[X_i, FeH_i] = 10^{(\text{Log}_{10}[X_i/0.7048] + \text{Log}_{10}[0.0179] + FeH)}$$

$$\text{Soit } Z_i[0.7205, -0.0854] = 0.0150$$

Pour la simulation, les paramètres seront donc :

$$\{X_i, Y_i, Z_i\} = \{0.7205, 0.2645, 0.015\}$$

Annexe 2 Ce que nous enseigne l'indice $[\alpha/\text{Fe}]$.

Les éléments alpha sont appelés ainsi car leurs isotopes les plus abondants sont des multiples entiers de quatre, c'est-à-dire ceux de la particule alpha (noyau d'He). Les éléments alpha stables sont: [C](#), [O](#), [Ne](#), [Mg](#), [Si](#) et [S](#).

Si on exploite l'information supplémentaire obtenue sur $[\alpha/\text{Fe}]$, on obtient une indication intéressante sur l'âge possible de l'oumma qui serait de 6.3 milliards d'années comme montré ci-après, grâce à la publication suivante de 2019.

MNRAS 489, 1742–1752 (2019)
Advance Access publication 2019 August 17

doi:10.1093/mnras/stz2221

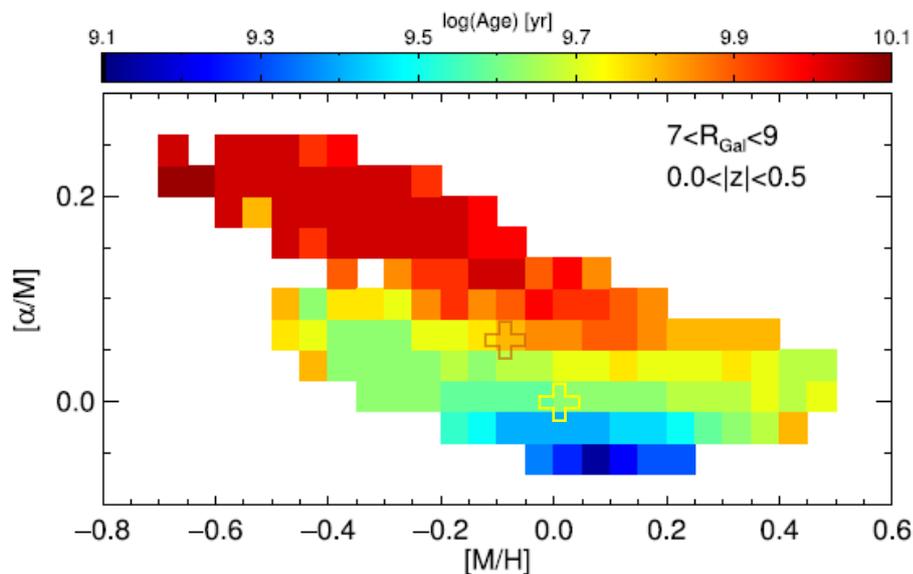
Spatial variations in the Milky Way disc metallicity–age relation

Diane K. Feuillet^{1,★}, Neige Frankel,¹ Karin Lind,^{1,2} Peter M. Frinchaboy,³
D. A. García-Hernández,^{4,5} Richard R. Lane,^{6,7} Christian Nitschelm⁸
and Alexandre Roman-Lopes⁹

En identifiant la métallicité $[M]$ de la publication à celle du Fe (c'est le cas en général), alors le graphique suivant donne un indice sur l'âge possible de l'oumma.

La croix marron est positionnée sur les valeurs

$$[\text{Fe}/\text{H}] = -0.0854 \text{ dex}; [\alpha/\text{Fe}] = +0.0591 \text{ dex}$$



La couleur du graphique au niveau de la croix marron donne une idée de l'âge de l'oumma : on lit environ 9.8 sur l'échelle des couleurs soit 6.3 milliards d'années.

Pour le soleil, les valeurs étant $\{0,0\}$ par définition, on a bien au niveau de la croix jaune une couleur conduisant vers 9.65 soit 4.5 milliards d'années.

Annexe 3 Magnitude bolométrique et magnitude visuelle.

Cette annexe se base sur la référence suivante de 1998.

Astron. Astrophys. 333, 231-250 (1998)

ASTRONOMY
AND
ASTROPHYSICS

Model atmospheres broad-band colors, bolometric corrections and temperature calibrations for O - M stars*

M.S. Bessell¹, F. Castell², and B. Plez^{3,4}

Il me semble très intéressant de reproduire l'extrait suivant :

The solar constant is $f_{\odot, tot} = 1.371 \times 10^6 \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ or $1371 \text{ W m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (Duncan et al. 1982), therefore the total radiation from the sun $L_{\odot} = 3.855(6) \times 10^{33} \text{ erg s}^{-1}$ and the radiation emittance at the sun's surface $F_{\odot} = 6.334 \times 10^{10} \text{ erg cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$. The effective temperature is $T_{eff} = (F_{\odot}/\sigma)^{1/4} = 5781 \text{ K}$.

Let us define the absolute bolometric magnitude of the sun $M_{bol\odot} = 4.74$.

By adopting the *measured* apparent V magnitude of the Sun $V_{\odot} = -26.76$, the absolute M_V magnitude of the sun is thus 4.81 and the V bolometric correction for the sun is then $BC_V = 4.74 - 4.81 = -0.07$.

The absolute bolometric magnitude for any star with luminosity L, effective temperature T_{eff} , and radius R is then

$$M_{bol} = 4.74 - 2.5 \log(L/L_{\odot})$$

$$M_{bol} = 4.74 - 2.5 \log(T_{eff}^4 R^2 / (T_{eff\odot}^4 R_{\odot}^2))$$

The computed V magnitude, whose expression was given in A1, transforms to M_V through:

$$M_V = V - 2.5 \log(R^2/D_{10}^2),$$

where D_{10} is 10 parsecs. The bolometric correction follows:

$$BC_V = 4.74 - V - 2.5 \log(T_{eff}^4) + 2.5 \log(D_{10}^2) + 2.5 \log(T_{eff\odot}^4 R_{\odot}^2).$$

And finally:

$$BC_V = -V - 2.5 \log(T_{eff}^4) - 0.8737.$$

A l'aide de ces formules, on peut facilement calculer la correction bolométrique si on connaît la magnitude visuelle, la température effective et le rayon de l'étoile.

M_V représente la magnitude visuelle de l'étoile. (7.4 pour Ioumma).

r_s et t_s sont le rayon et la température de l'étoile ($0.74 \cdot r_{sol}$ et 4581 pour Ioumma).

$\text{parsec} = 3.08567758 \cdot 10^{16} \text{ m}$; $D_{10} = 10 \cdot \text{parsec}$;

$$BCV[M_V, r_s, t_s] = 86.5731 - M_V - 1.08574 \log[r_s^2] - 1.08574 \log[t_s^4]$$

Si on utilise par exemple la valeur donnée par 312_oay, voici les corrections calculées :

$BCV [4.81, 6.96 \cdot 10^8, 5781] = -0.070$ pour le soleil. Cohérent de la référence ci-dessus.

$BCV [7.4, 0.74 \cdot 6.96 \cdot 10^8, 4581] = -0.996$ pour Ioumma.

La correction pour Ioumma est importante et conduit aux valeurs suivantes :

$M_{bol_Ioumma} = 7.4 + (-0.996) = 6.40$ et $L_{Ioumma} = 0.217 \cdot L_{sol}$.

Annexe 4 Retour sur le climat de Ummo

L'article 36 du site Ummo-Sciences estimait une valeur de luminosité de l'oumma aux environs de $1 \cdot 10^{26}$ W, ce qui fait 20 % en plus par rapport à la luminosité annoncée dans ce présent article dont l'effet principal a été de resserrer les barres d'incertitude sur la valeur de la luminosité de l'oumma.

Autrement dit, en s'appuyant sur l'article 36, on s'orienterait vers une planète au climat quasi polaire, comme je le citais d'ailleurs dans la conclusion dudit l'article que je reproduis ci-après :

« Tout cela signifie qu'un écart de moins de 10 % sur l'estimation de la luminosité de l'oumma conduit à des résultats tels que l'on resterait certes dans la zone d'habitabilité de l'oumma, mais avec une planète Ummo dont le climat peut varier du type glaciaire au type terrestre. Nous sommes peut-être aux limites des barres d'incertitudes combinées des différents paramètres utilisés pour cette étude, dont celles engendrées par le code GCM1D. L'estimation des différentes barres d'incertitudes (autre que celle sur la correction de la magnitude en fonction de la métallicité) n'a pas été faite. »

Les estimations de l'article 36 ont été faites avec le code GCM-1D, dont l'auteur est le docteur Martin Turbet, et auteur notamment de l'excellent article de vulgarisation suivant que j'invite le lecteur à découvrir au passage :

<https://lastronomieafrique.com/du-climat-de-la-terre-a-celui-des-exoplanetes-et-vice-versa/>

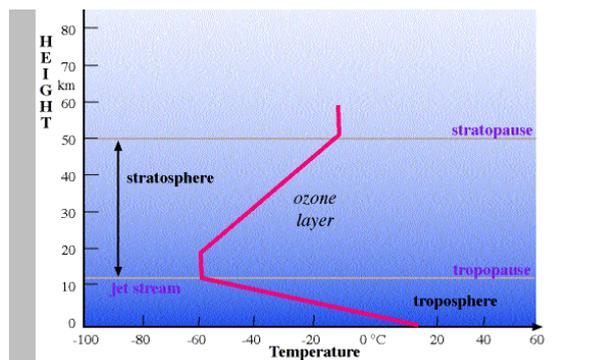
Le docteur Turbet m'a permis de le citer, car j'ai eu de nombreux échanges avec ce scientifique ; **il m'a notamment indiqué que le code GCM-1D ne prenait pas en compte l'effet des nuages, ce qui peut induire des erreurs importantes dans les résultats affichés, car l'opacité des nuages joue un rôle primordial dans le transport radiatif de la chaleur vers la haute atmosphère.**

Il faudrait alors se tourner vers des modèles de circulation atmosphérique 3D plus complets mais très difficiles à mettre en œuvre et à exploiter. Aussi, en attendant de trouver un meilleur modèle prenant en compte l'effet des nuages, il est difficile de statuer sur le climat de Ummo à ce stade, et il serait prudent d'en rester aux conclusions de l'article 36.

En attendant des outils numériques à notre portée, il reste la possibilité de poser des questions sur l'atmosphère d'Ummo.

En effet, si on prend l'atmosphère Terrestre, on peut la décrire sommairement de la manière suivante, et à l'aide du petit graphique ci-après :

- Température moyenne au sol : 15 °C
- Température, altitude, et épaisseur de l'isotherme marquant le début de la tropopause : { -56.5 °C , 11km, 10km}
- Température et altitude de la stratopause { -2.5 °C , 47km}



Concernant Ummo, un petit graphique équivalent à celui-ci-dessus serait très apprécié pour mieux comprendre ce qui se passe.

A minima, connaître la température moyenne au sol de la planète Ummo serait déjà une avancée très importante.