HAL open science

Sur le bruit de fond cosmique

Pierre Blanc

To cite this version:

Pierre Blanc. Sur le bruit de fond cosmique . sciencelib, 2013, Sciences fondamentales, Astrophysique, 5 (130711). hal-01418820

HAL Id: hal-01418820

https://hal.science/hal-01418820

Submitted on 17 Dec 2016

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Sur le bruit de fond cosmique

About the cosmic microwave background

Pierre BLANC
Internet : Pierre@Blanc38.fr

Résumé

On propose d'expliquer le rayonnement millimétrique, appelé aussi **rayonnement fossile**, observé par les radio-télescopes, par un décalage spectral du rayonnement visible des étoiles interférant entre elles. Ce décalage pourrait être assuré peut-être par le détecteur lui-même, à cause de son caractère non-linéaire, ou plutôt par les électrons libres de l'espace intersidéral à cause de leur trajectoires courbées par les chocs et par les champs magnétiques.

Mots-clés : astrophysique, finitude de l'Univers, fond diffus, bruit de fond cosmologique, big-bang.

Abstract

This article proposes, for the ***cosmic microwave background*** observed by the radio telescopes, an explanation based on a spectral shift of the visible radiations emitted by stars, scattered by other bodies and interfering between them. The shift could be produced perhaps on the very detector, because of its non-linear properties, or rather on the scattering of the various components by the free intersideral electrons, because of their trajectories bent by shocks or by magnetic fields.

Keywords : astrophysics, finite Universe, cosmic microwave background, relic radiation, big-bang.

Les astrophysiciens Penzias et Wilson ont découvert en 1964 un rayonnement inconnu émis par le ciel de manière quasi uniforme pouvant s'expliquer comme celui d'un corps noir à la température d'environ 3°K. Son spectre culmine autour de 60 Ghz en fréquence ou de 5 mm en longueur d'onde. Il est généralement admis aujourd'hui que ce rayonnement serait celui du plasma initial créé par le *big-bang*, puis refroidi par la dilatation de l'Univers. Aussi est-il appelé *rayonnement fossile*, comme étant un vestige des premiers instants de l'Univers.

Dans un précédent article[1] – qui concernait l'aspect noir du ciel nocturne – on avait émis l'hypothèse que ce bruit de fond millimétrique, détecté par les radiotélescopes, pourrait provenir de la lumière produite par les étoiles dans le spectre visible. Cette lumière, très incohérente et autodestructrice, n'atteint en général pas des niveaux suffisants pour être détectée par les appareils actuels, mais on a remarqué que le ciel paraît de moins en moins noir à mesure qu'on utilise des instruments de plus en plus puissants. Or, c'est dans le domaine millimétrique qu'on trouve les détecteurs les plus sensibles, sans doute parce que leur mécanisme repose sur des transitions atomiques ou moléculaires de faible énergie. Si la lumière des astres non visibles – lumière qu'on a appelée *subliminale* –, pouvait être transposée dans le domaine millimétrique, elle serait bien plus facilement détectable.

Transposition spectrale

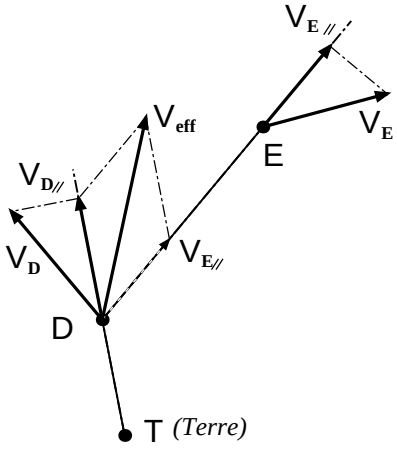
Dans la configuration simple où une étoile E émet une lumière de fréquence f vue par l'observateur O, cette lumière est reçue par O avec un décalage Δf donné par la relation de Doppler-Fizeau :

$$\Delta f = f\, V_{/\!/} / c$$

si c est la vitesse de la lumière et $V_{/\!/}$ la projection, sur la ligne d'observation $\overrightarrow{OE}$, de la vitesse relative V de l'étoile par rapport à l'observateur.
En utilisant la pulsation $\omega = 2\pi f$, la vitesse vectorielle $\boldsymbol{V}$ et le vecteur d'onde $\boldsymbol{k}$ de module ω / c et orienté selon l'axe $\overrightarrow{OE}$, on écrit plus simplement $\Delta\omega = \boldsymbol{kV}$.

Pour fixer un ordre de grandeur de ce décalage, on peut prendre pour vitesse V celle du soleil dans l'Univers, soit 250 km/s.
On obtient alors pour $\Delta f / f$ la valeur 8.3×10^{-4}, c'est à dire une variation de longueur d'onde de 0.3 nm pour une lumière initialement bleu-vert à 500 nm (ou 6×10^{14} Hz). Ce décalage est évidemment trop faible pour que le spectre de l'étoile soit altéré ou sa couleur modifiée (remarque déjà proposée en 1848 par Fizeau).

Fig.1. Décalage multiple Doppler-Fizeau



La situation est plus complexe s'il intervient des corps diffusants, tel que D dans la figure ci-contre, entre l'étoile et l'observateur terrestre T. Dans le référentiel de **T**, l'étoile **E** est animée d'une vitesse $\boldsymbol{V_E}$, l'astre diffuseur **D** d'une vitesse $\boldsymbol{V_D}$. Le décalage Δf sera, au premier ordre, la somme algébrique des projections $V_{/\!/}$ des vitesses sur l'axe de propagation (on néglige un terme $f\, V_E\, V_D / c^2$ très faible devant f). Si on étend la question à N diffuseurs, on peut écrire, avec $1 \le i \le N$:

$$\Delta\omega = \Sigma\, \boldsymbol{k_i V_i} \approx \Sigma\, k\, \boldsymbol{u_i V_i} = k \Sigma\, \boldsymbol{u_i V_i} = k V_{\mathbf{eff}}$$

les vecteurs unitaires $\boldsymbol{u_i}$ sur les axes de propagation étant aléatoires et non corrélés aux vitesses $\boldsymbol{V_i}$. Le décalage s'exprime donc de la même façon que dans la situation simple, en remplaçant la vitesse V par une vitesse efficace $V_{\mathbf{eff}}$ qui ne peut être que du même ordre de grandeur.

Vitesse efficace

On peut préciser un peu la valeur de cette vitesse efficace, qui est égale à $\Sigma\, \boldsymbol{u_i V_i}$ ($1 \le i \le N$), i étant l'indice des diffusions successives et $\boldsymbol{u_i}$ étant le vecteur unitaire des axes de propagation. On pourrait penser que si N est infini, cette somme est nulle. Mais, comme souvent en physique, on observera en réalité la fluctuation de la valeur recherchée $V_{\mathbf{eff}}$. Les vitesses des astres sont largement dispersées (on mentionne par exemple des vitesses s'échelonnant de 10 à 1000 km/s pour des étoiles selon qu'elles sont loin ou près du centre de leur galaxie). La statistique précise n'en a sans doute pas été faite. En première approximation, pour fixer les ordres de grandeur, on peut admettre que distribution est une gaussienne centrée sur la vitesse V_S du Soleil avec un écart-type voisin de $V_S/2$, soit 125 km/s. L'allure possible de cette distribution est représentée figure 2. La valeur de $\Delta f / f$ qui en résulte est de 4.2×10^{-4}.

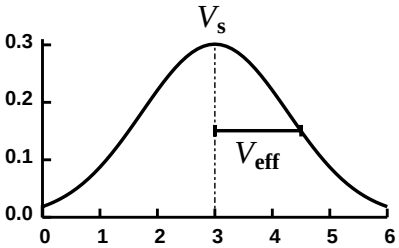


Fig.2 : Distribution possible des vitesses des astres
(unités arbitraires)

Battement

Si l'observateur reçoit la lumière de l'étoile par différents trajets, les rayonnements résultants vont interférer sur le détecteur situé en T. Les écarts de fréquence entre les différents spectres sont toujours du même ordre de grandeur $\Delta f = f\, V_{\mathbf{eff}} / c$.

Si un mécanisme s'avère être sensible à l'écart entre ces ondes, il produira un spectre de même forme que celle du spectre moyen des étoiles, mais comprimé par le facteur $V_{\mathbf{eff}}/c$ autour d'une valeur typique $F = f_0 V_{\mathbf{eff}}/c$, où f_0 est la fréquence correspondant à la couleur bleu-vert (6×10^{14} Hz).
Avec $V_{\mathbf{eff}}$ = 125 km/s, la fréquence *centrale* du spectre sera $\boldsymbol{F}$ **= 250 Ghz**,
correspondant à une longueur d'onde Λ **= 1.2 mm**.
ou bien, selon la loi de Wien, $kT = hc/(4.97\,\Lambda)$, à une température de corps noir de **2.4°K**.

On détecte cet écart grâce à un mécanisme non linéaire, qui, sous l'effet de la somme de deux ou de plusieurs ondes, produit un résultat du type

$$i = \eta_0 + \eta_1 S + \eta_2 S^2 + \eta_3 S^3 + \ldots$$

où S est la somme des champs vibratoires $a_i \cos\omega_i t$ de pulsation $\omega_i = 2\pi f_i$ et d'amplitude a_i, (i = 1, 2, ...).

$$S = a_1 \cos\omega_1 t + a_2 \cos\omega_2 t + \ldots$$

Si le coefficient η_2 est très supérieur aux autres, on pourra écrire, avec deux ondes :

$$i \approx \eta\,[a_1 \cos\omega_1 t + a_2 \cos\omega_2 t]^2 + \ldots \quad = i_0 + \eta\, a_1 a_2 \cos(\omega_1 - \omega_2)t + \text{ termes HF}$$

où i_0 est un terme constant (ou quasi-constant) et les termes HF des termes facilement éliminés par des filtres parce que de fréquences très supérieures à $(\omega_1 - \omega_2)$ appelée **fréquence de battement**.

Le raisonnement peut s'étendre à un nombre quelconque d'ondes, sans beaucoup modifier la valeur de $V_{\mathbf{eff}}$. On étudiera ci-après deux mécanismes non-linéaires qui pourraient permettre cette détection.

1. Artefact de détection

Les détecteurs placés au foyer des radiotélescopes sont de type non-linéaire ; en particulier, ils sont souvent utilisés en mode hétérodyne, ce qui exige leur non-linéarité. Mais il faudrait, pour cela, que le détecteur soit également sensible au rayonnement primaire, c'est-à-dire au spectre visible, ce qui n'est probablement pas le cas, et pour deux raisons. L'absorption dans les matériaux varie grossièrement comme le cube de la longueur d'onde, donc serait de plusieurs ordres de grandeur plus faible dans le visible que dans le domaine millimétrique ; d'autre part, il est en général facile de s'affranchir du rayonnement visible par des écrans appropriés. Ce mécanisme est donc très peu probable.

2. Electrons intersidéraux

On peut imaginer un autre mécanisme capable de *comprimer* le spectre résiduel des étoiles jusqu'aux très faibles températures observées. Ce mécanisme repose sur une triple diffusion, tout d'abord celle de deux astres comme on l'a admis dans la section 1. On obtient alors des spectres de corps noir à haute température faiblement décalés en longueur d'onde. On fait intervenir ensuite un troisième type de diffusion, celle due aux électrons libres intersidéraux.

Ces électrons, de densité non négligeable, subissent des chocs (lointains) entre eux et sont sensibles aux champs électriques et magnétiques des astres voisins. Leur trajectoire est donc souvent incurvée. Cette particularité provoque l'émission d'un rayonnement dit *de freinage* (RF), bien connu des astrophysiciens, et dont le spectre est relativement continu.

L'accélération de ces électrons comporte donc des termes en V^2/R si V est leur vitesse et R le rayon de courbure local de ces trajectoires au cours d'un choc ou sous l'influence d'un champ. Or, cette vitesse V est modulée – faiblement bien sûr – par le rayonnement des étoiles et ceci dans toutes les directions. Deux ondes de même fréquence initiale, ayant subi un décalage DF sur deux astres de vitesses différentes vont moduler l'accélération et la vitesse de ces électrons. Chaque électron va réémettre des ondes à toutes les fréquences composant son accélération, donc, entre autres, à cause du terme en V^2, à une fréquence égale à la différence des ondes incidentes.

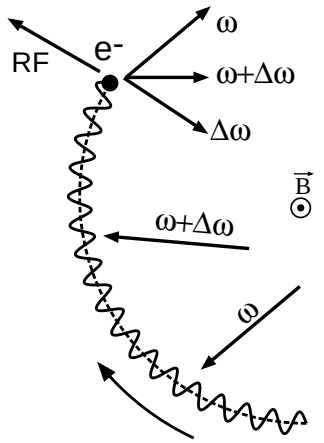


Fig. 3

Ce mécanisme, lui aussi, comprime le spectre des étoiles du même facteur $V_{\mathbf{eff}}/c$, où $V_{\mathbf{eff}}$ est une estimation des écarts entre les vitesses des astres dans l'Univers.

Dans cette étude, il n'est pas nécessaire que la lumière soit fortement cohérente. Il suffit qu'on ait affaire à des fréquences temporairement très voisines. Leur faible cohérence provoquera des battements de courte durée et accentuera encore l'aspect bruyant du signal détecté.

Cet article voudrait montrer que le bruit de fond cosmique paraissant émaner d'un corps noir à 2.7 K, pourrait provenir de la lumière *subliminale* émise par les étoiles, après diffusion avec effet Doppler-Fizeau sur les astres de l'Univers animés en moyenne d'une vitesse $V_{\mathbf{eff}}$ puis rediffusion par les électrons intersidéraux, diffusion non-linéaire à cause de leurs trajectoires courbes. La vitesse moyenne des astres n'est pas connue avec précision ; il suffit, dans cette hypothèse, de l'ajuster à 140 km/s pour obtenir une température équivalente de 2.7°K.

Conflit d'intérêt : aucun.

1. Le fond du ciel nocturne, ScienceLib, sciences fondamentales, astrophysique, vol. 3.