

## **Un rougissement Hubble est créé par la thermalisation Raman entre rayonnements cohérents de l'univers.**

Par Jean Moret-Bailly, professeur de physique nucléaire retraité. 2019-01-31.

### Résumé :

Une thermalisation entre rayonnements d'un milieu transparent est due à l'effet Raman cohérent sur les trains courts d'ondes électromagnétiques. Elle n'est pas négligeable dans les fibres optiques et les gaz Raman à basse pression. La thermalisation des rayonnements de l'univers visible se produit, localement, mais aussi à l'échelle de l'univers, entre les rayonnements qui se croisent dans un gaz Raman (comme l'hydrogène excité). Elle aboutit à l'isotropie locale des rayonnements thermiques de basses fréquences, au spectre du corps noir à 2,735 kelvins du fond thermique, et à un rougissement thermique Hubble des spectres des astres chauds, sans utiliser l'expansion de l'univers.

### Abstract : (Google translation)

Hubble's redshift is created by the Raman thermalization between rays of the universe.

A thermalization between radiations of a transparent medium is due to the coherent Raman effect on the short trains of electromagnetic waves. It is not negligible in optical fibers and low pressure Raman gas. The thermalization of the visible universe radiation occurs, locally, but also on a universe scale, between the rays that cross in a Raman gas (like excited hydrogen). It results in the local isotropy of low-frequency thermal radiation, the spectrum of the black body at 2,735 kelvins of the thermal background, and a Hubble thermal redness of the spectra of the hot stars, without using the expansion of the universe.

### Introduction :

L'interprétation majoritaire du rougissement Hubble, proposée actuellement en cosmologie, admet l'expansion de l'univers depuis 1965 environ, après la découverte d'un univers visible thermalisé idéalement dans les basses fréquences. Mais la physique a une solution à proposer depuis que grâce aux lasers, il y a une autre façon de thermaliser l'univers visible : la thermalisation ISRS, entre radiations, qui s'ajouterait à la thermalisation initiale fossile de l'univers primordial devenu transparent en se refroidissant à moins de 3000 kelvins par expansion. Je vais exposer rapidement la thermalisation ordinaire, puis la thermalisation radiante, et passer par la thermalisation radiante ISRS pour établir les endroits Raman de thermalisation radiante dans l'univers, qui sont nécessaires à l'explication thermodynamique du rougissement Hubble des astres chauds lointains.

La thermodynamique explique la thermalisation qui existe dans les milieux denses de la matière. La matière est constituée de molécules qui ont de l'énergie calorifique qui est une forme d'énergie cinétique qui les agite localement de façon presque incohérente. Elles peuvent communiquer à des voisines cette agitation thermique en respectant le premier et le second principe. Il en résulte, à l'échelle des molécules, une tendance à l'isotropie et à l'égalisation rapide des températures locales. Si le milieu est isolé de flux thermiques venant de sources chaudes ou froides, l'égalisation se répand de proche en proche à tout le milieu en diffusant. La température est alors la même dans tout un milieu isolé. Si un apport de chaleur est effectué dans ce milieu, la chaleur se répand jusqu'à l'égalisation des températures. La thermalisation est une dynamique qui conduit à l'équilibre thermique.

La thermalisation ordinaire, dans la matière dense qui nous entoure, résulte de l'existence de sources chaudes et froides variables, localisées dans l'espace, qui déséquilibrent les températures par des flux thermiques variables parcourant la matière et l'espace. Une source de chaleur est créée par la transformation d'une autre énergie en

chaleur. Si le milieu isolé contient des sources de chaleur et de froid, des flux thermiques s'établissent qui peuvent conduire à un équilibre dynamique, mais le régime avec sources est rarement stable. Sans isolation thermique, une température stable est rare près des sources de chaleur. L'échange de chaleur, entre des milieux matériels denses, arrive progressivement à un équilibre thermique quand les sources de chaleur n'interviennent plus pour modifier l'équilibre. Alors, la thermalisation ne s'arrête pas, car elle est dynamique, mais elle ne modifie plus les températures quand les flux thermiques arrivent à s'équilibrer. Par exemple, avec un robinet mélangeur remplissant un récipient de volume isolé, la thermalisation a lieu dans le mélange d'eau froide et d'eau chaude : on obtient de l'eau tiède à une température intermédiaire entre celles de l'eau froide et de l'eau chaude. La thermalisation conduit à l'égalisation des températures quand les sources sont neutralisées dans une zone isolée thermiquement. Sauf exception, la température varie dans l'espace et le temps, mais, à notre échelle, ces variations sont souvent lentes, ce qui permet de remplacer le vecteur température par une température scalaire, car l'agitation thermique est assez rapide pour faire l'approximation de l'isotropie locale. Le thermomètre ordinaire mesure ou repère cette température scalaire.

Il existe trois façons de thermaliser avec de la matière dense : conduction, convection et rayonnement. Un transfert d'énergie calorifique par conduction est une thermalisation, par contacts à travers les matières de proche en proche. Par convection, la chaleur accumulée dans la matière est véhiculée par la matière. On attribue à un endroit de la matière une température locale repérée par un thermomètre qui a mis lui-même le temps nécessaire pour acquérir la température du milieu qui l'environne, par la thermalisation de contact venant de l'agitation thermique et de la convection. La température ordinaire (scalaire) est liée à un point de mesure où l'isotropie est réalisée par l'agitation thermique microscopique, aidée par les autres mouvements de matière (convection libre ou forcée dans les fluides).

Les surfaces des matières plongées dans un milieu transparent s'échangent de l'énergie radiante calorifique. L'échange radiant de chaleur est possible à distance, entre matières, grâce à la propriété de la matière de rayonner et d'absorber réversiblement des ondes électromagnétiques, dans les fréquences thermiques et à certaines fréquences propres. C'est un échange d'énergie à distance entre matières à travers les milieux transparents par l'intermédiaire des ondes électromagnétiques. La température radiante est un vecteur (lié à un point et à la direction d'un chemin optique dont l'origine est un point d'une surface matérielle radiant dans un milieu transparent). La thermalisation radiante transmet la chaleur à distance entre matières, par rayonnement de la chaleur émise et reçue par les surfaces des matières à travers les milieux transparents aux ondes électromagnétiques. La température radiante de la matière, émettant par sa surface dans un milieu transparent, est celle de la température de surface (en principe en un point et à l'équilibre thermique pour la mesurer sans biais, sinon, la température radiante est approximative). Les thermomètres mesurant les radiations sont utilisés pour les mesures à distance sans contact.

Dans le milieu peu dense d'un gaz très raréfié, les molécules sont isolées l'une de l'autre. Dans ce presque vide, la transmission de chaleur par contact est pratiquement nulle : il n'y a pas de thermalisation comme dans les milieux denses. Elle peut cependant se faire par l'intermédiaire des radiations électromagnétiques si le milieu est Raman, ce qui est prouvé par les expériences de thermalisation ISRS. Les gaz raréfiés sont souvent Raman, car ils sont le lieu privilégié des molécules, instables à forte pression et stables à basse pression, qui sont généralement Raman. La thermalisation radiante Raman trouve son lieu de prédilection dans le presque vide de l'univers visible.

La thermalisation est une diffusion dynamique. Elle est toujours active pour équilibrer les températures, dès que la température n'est pas la même partout et qu'il y a une possibilité de transfert de la chaleur. Une matière isolée des sources de chaleur variables

arrive progressivement à l'équilibre thermique, si les échanges de chaleur sont possibles. Elle est alors thermalisée complètement à des températures qui ne varient plus localement, quand les flux thermiques s'équilibrent. La thermalisation complète demande beaucoup de temps si les transferts de chaleur sont lents.

Dans le vide ou dans un milieu transparent ou dans un gaz peu dense, chaque train d'une onde électromagnétique (monochromatique), issue d'un élément (de taille atomique) de surface de matière, se propage, en première approximation, sans perdre sa fréquence le long de son trajet optique. Cette fréquence fait partie du spectre de l'ensemble des trains d'ondes monochromatiques des sources rayonnantes élémentaires de la surface matérielle. Les mesures (ou les repérages) des températures des surfaces se font, à distance, en visant optiquement les surfaces avec un thermomètre à radiations (principe du retour inverse d'un rayon sur le même chemin optique si l'on vise avec un laser pour repérer la surface ; on peut aussi utiliser une lunette de visée ou un télescope). Si le spectre de la surface émettrice n'est pas celui de l'équilibre thermique, la température radiante mesurée est approximative, mais le spectre et son intensité donnent l'énergie radiante transportée à chaque fréquence.

Quand les rayonnements gardent leur cohérence, ils transmettent les images et permettent les interférences. C'est le cas des rayonnements des astres qui nous donnent des images. Leurs rayonnements ne sont pas gênés, dans l'univers visible, par les quelques matières qui n'occulent qu'une petite partie de leurs rayonnements. Les rayonnements non absorbés, réfléchis ou diffusés par les obstacles, les contournent, et les ondes se reforment au loin des obstacles, si elles n'ont pas trop perdu d'énergie sur les obstacles. Quand les objets ou les astres sont vus sous un très petit angle solide et sont peu nombreux, alors, comme dans le vide, ces matières ne gênent pratiquement pas le passage des ondes qui traversent vers un observateur distant. Ainsi, les rayonnements traversent l'univers visible, sans perte importante de cohérence, en donnant des images assez bonnes. Pour voir au loin, on utilise des télescopes de grande ouverture pour compenser la perte d'énergie de dispersion géométrique des rayonnements, et la cohérence constatée reste très bonne : les émetteurs très énergétiques de rayonnements (les astres chauds) sont visibles ponctuellement sur l'image du fond radiant thermique. On observe une source radiante sur le fond radiant avec la température radiante et le spectre en fréquences de son point d'émission, mais seulement si rien ne s'est passé sur le trajet du rayonnement pour perturber le résultat. On constate que les couleurs des images des astres sont troublées par le rougissement (ou bleuissement) Doppler-Fizeau lié aux vitesses relatives (dispersées aussi par les vitesses d'agitation thermique de la source) et par le rougissement Hubble (prépondérant pour les astres lointains). La lumière renvoyée par la matière fait partie ici de la lumière émise par la matière.

En cosmologie classique actuelle, le fond thermique (fond diffus cosmologique) est vu, entre les astres, à travers un univers parfaitement transparent qui ne thermalise pas : les rayonnements viennent directement du fond cosmologique à 3000 K en gardant leur cohérence. Ils sont observés à 2,735 K à cause du rougissement venant de l'expansion (de caractéristiques Doppler-Fizeau, car il est lié à la vitesse d'expansion) qui s'ajoute aux rougissements Doppler-Fizeau des vitesses radiales relatives. La lumière, reçue d'un astre, est séparée de celle du fond sur l'image, car le fond et les astres envoient directement leurs rayonnements sans changement des cohérences spatiales et temporelles. Les expériences ISRS montrent cependant que tous les rayonnements peuvent se transmettre de l'énergie entre eux en se croisant dans un milieu Raman, sans modification de la matière Raman traversée et des directions : ces perturbations paramétriques, cumulées sur les trajets des rayonnements, génèrent la thermalisation ISRS-CREIL entre les rayonnements ; beaucoup de molécules et d'atomes plus ou moins excités génèrent l'effet Raman cohérent des rayons qui traversent pour aller donner des images uniquement modifiées thermiquement (en gardant les cohérences spatiales et temporelles nécessaires à la formation des images). ISRS-CREIL modifie le spectre du rayonnement d'une source lointaine, d'une façon voisine des effets

Doppler-Fizeau, mais avec des caractéristiques différentes, qui sont celles de la thermalisation, en rougissant ou bleuissant le rayonnement, par des couleurs et des intensités qui se rapprochent de celles du fond thermique local (en chaque point du milieu Raman traversé). L'effet Raman cohérent de thermalisation de l'espace était ignoré à l'époque où l'effet supplémentaire Doppler-Fizeau utilisant la théorie de l'expansion relativiste a été conjecturé en cosmologie pour expliquer le rougissement Hubble. Les propriétés Raman des gaz raréfiés de l'univers étaient alors inconnues des astronomes. Or, presque toutes les matières transparentes sont Raman, et les matières des gaz raréfiés de l'univers ne font pas exception. Nous ne sommes plus en 1965. Il est anormal de ne pas évaluer la thermalisation Raman de l'univers, car les résultats ISRS permettent de le faire. (La diffusion Raman, au spectre très utilisé par les chimistes, ne doit pas être confondue avec l'effet Raman cohérent qui s'applique aux rayons qui suivent un chemin optique traversant un milieu Raman transparent sans être diffusés.)

L'effet Raman impulsionnel stimulé (ISRS = Impulsive Stimulated Raman Scattering) se manifeste en modifiant de façon paramétrique les rayonnements qui traversent les matières transparentes Raman. ISRS est un effet Raman cohérent qui parasite les transmissions numériques de la lumière d'un laser quand cette lumière est hachée en bits courts dans une fibre optique. La fréquence de la lumière du laser est légèrement diminuée par thermalisation avec les rayonnements thermiques du milieu (qui bleuissent), ce qui provoque un glissement de rougissement de la fréquence du laser proportionnel à la quantité Raman traversée. La mesure de cet effet de rougissement parasite est réalisée avec un laser à impulsions courtes. Les lasers permettent d'avoir des impulsions qui sont des trains d'ondes monochromatiques très courts ou très longs. La large gamme des durées des trains d'ondes lasers s'étend, des courtes durées femtosecondes (attosecondes en UV), aux plus longues durées microsecondes, ce qui encadre les durées nanosecondes des trains d'ondes de la lumière naturelle émise par la matière. ISRS produit un glissement de fréquence des courts trains d'ondes des lasers femtosecondes qui traversent la matière Raman ; le glissement de fréquence diminue rapidement avec une plus longue durée des trains d'ondes ; il augmente proportionnellement à la quantité de matière Raman parcourue, par cumul des glissements, mais la longueur utilisable est limitée par l'affaiblissement de l'intensité lumineuse dans les milieux denses.

ISRS est théorisé en optique physique. Il produit une thermalisation qui est une succession de petits transferts énergétiques réversibles tout le long d'un trajet cohérent du rayonnement électromagnétique qui traverse un milieu Raman transparent au profit des autres rayonnements qui traversent aussi, mais en croisant le rayonnement dans d'autres directions. L'effet est paramétrique (non quantifié, comme la réfraction), mais sur le glissement de fréquence (au lieu du glissement de la direction du rayonnement pour la réfraction dans un milieu d'indice variable). Deux effets Raman cohérents se combinent en une interaction paramétrique, l'un excitant un niveau hyperfin, l'autre le désexcitant, de sorte que la matière Raman a un rôle de catalyseur pour un transfert réversible d'énergie entre les ondes qui se croisent. La matière Raman n'est pas modifiée par les rayonnements cohérents qui la traversent. Les rayonnements des trains d'ondes qui se croisent augmentent et diminuent seulement de fréquences en respectant le principe de conservation de l'énergie, et les glissements de fréquences se répètent et se cumulent le long des trajectoires (comme les changements de direction avec la réfraction). Ces transferts d'énergie entre rayonnements rougissent les rayonnements de hautes fréquences et bleuissent les rayonnements de basses fréquences, avec augmentation d'entropie et d'isotropie. C'est une thermalisation entre rayonnements, qui modifie les températures radiantes et transfère des variations des températures aux lieux plus ou moins lointains où les rayonnements retrouvent la surface d'une matière absorbante. On mesure au laboratoire le rougissement ISRS, dans des expériences avec la lumière d'un laser à impulsions femtosecondes, qui donnent un rougissement d'autant plus intense que les trains d'ondes du laser ont une durée courte. Les rayonnements majoritaires sont les rayonnements

thermiques du milieu. Le rayon laser a une haute fréquence qui subit la thermalisation radiante des autres rayonnements : un rougissement ; le rayonnement du laser est refroidi par baisse de sa fréquence. Les rayonnements thermiques sont chauffés par hausse de leurs fréquences.

CREIL de Jacques Moret-Bailly est ISRS appliqué à un gaz Raman à faible pression, avec les trains d'ondes de la lumière naturelle au lieu des courts trains d'ondes des lasers. La lumière naturelle est rougie de façon imperceptible dans les fibres optiques, trop courtes pour obtenir un rougissement du même ordre grandeur qu'avec la lumière d'un laser femtoseconde. Comment obtenir un effet mesurable ? Il faut compenser l'allongement des durées naturelles des trains d'ondes de la lumière ordinaire émise par la matière, par rapport aux durées des trains d'ondes du laser femtoseconde ISRS, en allongeant le trajet des rayonnements. Ce n'est que dans un gaz Raman à basse pression comme l'hydrogène excité que l'effet peut être obtenu, car alors, la propagation a lieu à basse pression, presque comme dans le vide, sans perte importante d'énergie radiante transmise, autre que la dispersion des ondes par éloignement. Le calcul, fondé sur les résultats ISRS, conduit à des distances astronomiques et des temps astronomiques pour obtenir des rougissements de l'ordre de grandeur des rougissements Hubble. Dans le presque vide de l'univers, les ondes électromagnétiques de la lumière naturelle traversent tout l'univers visible de façon encore cohérente, ce qui est prouvé par la lumière des astres lointains qui nous parvient avec d'assez bonnes images. Un gaz très raréfié, presque le vide, a l'avantage de n'affaiblir pratiquement les ondes que par la dispersion géométrique de l'énergie due à la distance à la source. Si le gaz est Raman, la thermalisation ISRS-CREIL a lieu et doit se manifester par une thermalisation plus ou moins avancée : un spectre thermique isotrope si elle est très achevée, un rougissement ou un bleuissement pour une petite thermalisation. Jacques Moret-Bailly a recherché les gaz Raman pouvant convenir. Il a repéré l'hydrogène atomique excité, mais d'autres matières Raman transparentes ne sont pas exclues. L'hydrogène excité est un gaz Raman, stable à basse pression, très répandu dans l'univers, surtout près des astres chauds.

La thermalisation complète ISRS-CREIL par les gaz Raman raréfiés aboutit, en un point d'observation, à l'isotropie et à un spectre thermique, formé par les colonnes de gaz Raman traversés. Le spectre thermique, reçu près de la Terre, est observé, en excluant les rayons des astres visibles, avec une température rayonnante isotrope de 2,735 K. Il est typiquement celui que donne la thermalisation ISRS-CREIL, qui est la plus active à basses fréquences. Cette thermalisation n'est pas achevée sur les rayonnements de hautes fréquences, puisque des spectres des lumières des astres chauds restent en dehors du spectre de fond. Mais elle a commencé par le rougissement Hubble. Le rougissement Hubble est conforme à la déformation du spectre thermique de l'astre observé qui vient de la thermalisation ISRS-CREIL entre les rayonnements, le long des trajets des rayonnements. Des déformations du spectre sont aussi souvent typiques de l'hydrogène. Il devient difficile de garder l'expansion comme origine unique du rougissement Hubble. ISRS-CREIL est un effet thermodynamique classique qui respecte le premier et le second principe, à comparer à un effet cosmologique incertain d'expansion. L'expansion est non prouvée physiquement par des mesures au laboratoire. L'expansion n'explique pas les rougissements considérés anormaux des astres très entourés d'hydrogène excité.

La température radiante observée en basses fréquences par la présence d'un spectre thermique à 2,735 K est celle de l'environnement radiatif terrestre, mais la thermalisation locale des rayonnements n'est pas achevée, puisque les rayonnements des astres ne sont pas intégrés complètement dans le spectre de fond. Cette température locale radiante reçue n'est pas issue d'un parfait équilibre thermique. En chaque point de l'espace-temps, il y a une température radiante locale, avec des gradients de température radiante d'un point à un autre et pour toutes les directions, avec une plus ou moins bonne thermalisation. C'est comme la température ordinaire dans la matière dense, qui varie d'un endroit à l'autre.

L'isotropie radiante, observée ici à basses fréquences, est très bonne, car elle résulte d'une thermalisation, presque achevée localement sur les radiations à basses fréquences (qui sont plus nombreuses que les radiations des astres chauds). Les rayons venant des astres chauds sont déjà partiellement thermalisés, ce qui se constate par le rougissement Hubble.

Les températures radiantes locales visées dans l'univers proviennent d'une grande partie de l'univers, puisque les radiations peuvent venir de très loin et dans toutes les directions (pratiquement d'au moins la partie visible de l'univers). Une température radiante visée dans une direction quelconque n'est presque jamais celle d'un astre chaud visible. Si la localisation de mesure est loin d'un astre chaud, la moyenne des températures radiantes reçues de l'espace en un point, est globalement basse, et varie lentement d'un point à l'autre à notre échelle. Les radiations des astres chauds sont globalement minoritaires en énergie reçue. Déjà, près de la Terre, le Soleil ne perturbe pas beaucoup les mesures quand sa lumière n'est pas visée directement ou indirectement. La nuit, sans lumière solaire, les étoiles sont visibles. Leur lumière nous parvient directement, et le noir du ciel de nuit est le fond thermique local (qui se manifeste les nuits claires par un fort refroidissant par rayonnement, accumulé par le sol jusqu'en fin de nuit). L'influence des astres chauds lointains lumineux est négligeable : il fait nuit. Il faut les viser, de façon très sélective, sur la minuscule surface qu'offre leur image, pour obtenir leur température radiante de surface. Leurs rayonnements thermiques à très hautes fréquences sont incomplètement thermalisés par le passage dans l'environnement des rayonnements, mais la thermalisation, qui a commencé, se manifeste sur l'image des astres lointains par le rougissement Hubble.

La thermalisation radiante implique tous les rayonnements qui se traversent dans le milieu Raman de l'univers visible. Elle est observable localement en pointant dans toutes les directions. Elle provoque la progression vers l'isotropie et l'égalisation des températures radiantes par l'accumulation des échanges énergétiques réversibles Raman entre les rayonnements. Dans le presque vide d'un gaz Raman dilué, les rayonnements traversent facilement l'univers visible. Les rayonnements venant de loin mettent beaucoup de temps à nous parvenir. La thermalisation radiante est lente à notre échelle. La quantité des matières de gaz Raman, impliquée par cette thermalisation de l'univers au point de mesure local, est grande, et suivant la direction, il y a beaucoup ou peu de matières Raman. Par les glissements successifs de fréquences inters directionnels ISRS-CREIL, les rayonnements localement majoritaires convergent vers l'isotropie et un spectre thermique prépondérant. Les rayonnements des astres chauds visibles sont émis à des fréquences très éloignées des celles du spectre majoritaire, mais ces rayonnements minoritaires ne sont pas exempts de thermalisation. Elle est inachevée, car comme ils sont créés à température radiante élevée, ils n'ont pas encore assez baissé de température radiante pour avoir rejoint la température radiante de fond. Les couleurs des astres n'ont pas encore rejoint la couleur du fond thermique local, mais les astres plus lointains ou très entourés d'hydrogène excité peuvent l'avoir rejoint. Cependant, en gros, plus on voit loin et plus les couleurs se fondent dans la couleur du spectre thermique local, et plus l'isotropie augmente. La simulation numérique de la thermalisation radiante Raman de l'univers visible est facile à réaliser avec les ordinateurs actuels. Elle donne ce qui est observé ici localement.

Les matières des gaz Raman se comportent comme des lieux de diffusions de fréquences et d'énergie calorifique entre les rayonnements qui se croisent : des lieux de thermalisation radiante. La thermalisation radiante de l'univers peut être comparée à celle d'un très grand four avec des lieux de thermalisation locaux à l'intérieur par des matières denses disséminées, comme des grilles, agissant (comme les parois du four) pour disperser localement les rayonnements avec augmentation d'isotropie et d'entropie. Les parois extérieures de l'univers sont très loin dans le temps et l'espace : elles modifient peu la thermalisation rapide locale des grilles qui est prépondérante localement. Les parois extérieures (le fond thermique) agissent globalement et lentement. Si une lampe est allumée dans le four, elle se comporte comme une étoile, en chauffant localement, gênée

par les grilles pour éclairer au loin. La thermalisation radiante noie progressivement les fréquences de l'image des astres dans celles du fond thermique. Les matières lointaines ont un flux thermique qui arrive lentement et qui est filtré par les gaz dilués : cela crée le fond thermique isotrope et son spectre thermique qui est prépondérant là où le flux thermique local ne l'est pas. Les matières proches ont un flux thermique radiant local, arrivant rapidement et peu filtré, qui se superpose au flux lointain pratiquement invariant à notre échelle.

#### La thermodynamique se fonde sur l'isotropie locale presque complète de la chaleur.

La thermalisation radiante de l'univers, quand elle est arrivée à l'isotropie, a un comportement comparable à la thermalisation ordinaire par conduction dans la matière dense, mais à l'échelle de l'univers. En effet, l'isotropie microscopique de la température ordinaire créée par l'agitation thermique est analogue à l'isotropie radiante créée par les rencontres aléatoires des rayonnements qui se croisent dans les gaz Raman dilués. Les vecteurs de température radiante, devenus presque isotropes en un petit point, se simplifient en température radiante scalaire locale attachée à ce point, avec les mêmes propriétés que la température scalaire ordinaire, qui peut avoir un spectre propre et un gradient près des sources actives de chaleur. L'isotropie de la thermalisation par conduction est réalisée au niveau des molécules par l'agitation thermique. Elle est locale et nécessaire pour disperser la chaleur dans la matière dense. Elle se produit sur les distances très courtes d'un point microscopique. L'isotropie radiante, nécessaire pour disperser la chaleur dans l'univers visible, est réalisée par les gaz dilués de matière Raman. Elle est locale à l'échelle de l'univers. Par contre, elle ne l'est pas à notre échelle qui inclut des sources proches de chaleur : elle se produit sur des distances astronomiques (des milliards d'années-lumière). Nous sommes à l'intérieur du point mégascopique de thermalisation presque complète ; la thermalisation radiante est très incomplète pour les sources proches qui sont encore visibles. Elle est complète pour les sources lointaines complètement thermalisées, dont la chaleur est bien dispersée et forme une partie du fond thermique uniforme où sont noyées les sources lointaines. Notre fond thermique a la température locale de notre coin d'univers, qui est stable à notre échelle. C'est le fond diffus de la cosmologie actuelle, qui lui a donné une autre origine : l'isotropie de l'univers primordial, conjecture peu crédible quand on examine les détails des spectres.

La température locale radiante n'est pas issue d'un parfait équilibre thermique, quand il y a des sources actives proches de chaleur qui rayonnent jusqu'au point local d'observation. La température locale radiante observée ici en basses fréquences par la présence d'un spectre thermique à 2,735 K est celle de l'environnement radiatif terrestre majoritaire, mais cette thermalisation locale des rayonnements n'est pas achevée, puisque les rayonnements du Soleil et des astres proches ne sont pas tous intégrés dans le spectre de fond. En chaque endroit et chaque direction de l'espace dans l'univers visible, il y a une température radiante locale qui varie d'un endroit et d'une direction à l'autre. L'isotropie est imparfaite dans les directions des sources environnantes proches de chaleur et de froid. L'isotropie radiante, observée ici à basses fréquences (qui exclut sources proches et astres visibles), est très bonne, car elle résulte d'une thermalisation radiante, préférentielle sur les radiations à basses fréquences qui sont plus nombreuses que les radiations des astres chauds. Les rayonnements venant des astres lointains sont déjà un peu thermalisés, ce qui se constate par le rougissement Hubble. Leurs rayonnements incomplètement thermalisés permettent de les voir en surimpression sur l'isotropie (modifiée dans la direction d'un astre visible) et avec un reste de couleur propre d'origine et un reste de température radiante différente de celle du fond.

Ici, le fond thermique local de l'univers est pratiquement thermalisé complètement en basses fréquences à 2,735 kelvins. Plus un astre observable est loin, et plus son spectre se rapproche du spectre en basses fréquences, car la probabilité de thermalisation complète d'un rayon augmente avec la distance parcourue dans le milieu Raman. À la limite, la lumière

de l'astre est thermalisée avec la même forme de spectre et la même intensité que le spectre thermique local. Quand la lumière de l'astre est arrivée aux fréquences thermiques majoritaires, elle a des caractéristiques noyées dans celles du rayonnement du fond thermique local. Le rayonnement propre de l'astre est encore cohérent spatialement et temporellement, mais il ne se distingue plus du fond ; il en fait partie, avec les mêmes caractéristiques. L'astre a ainsi une température radiante qui a varié le long de son trajet (qui peut avoir une origine au-delà de la limite de visibilité). Les astres occupent peu de surface sur le fond thermique de la sphère céleste. Un astre visible est un point d'anisotropie sur l'image quasi isotrope du fond thermique. Les sources très chaudes en évolution de l'univers sont les astres chauds à température radiante élevée. Les sources très froides sont les trous noirs à 0 kelvin de température radiante. (La loi de Planck montre qu'il y a possibilité d'un petit rayonnement amplifiable. Que l'énergie radiante venue du trou noir soit nulle ou faible, l'environnement du trou noir rayonne devant le trou.) Le rayonnement thermalisé du trou nous arrive à une température radiante supérieure à 0 K (proche de 2,735 K si le trou est lointain). Le fond thermique local (fond diffus en cosmologie) est très étudié actuellement, car il fournirait la liaison avec l'univers primordial en expansion au moment où cet univers est devenu transparent. Avec la thermalisation radiante, il y a peu d'espoir de tirer des renseignements du fond thermique, puisque la thermalisation est très achevée en basses fréquences quand sa lumière nous en parvient. Les matières proches ont un spectre non noyé dans celui du fond thermique isotrope à 2,735 kelvins. La thermalisation radiante est assez active pour nous cacher presque tout du lointain. Les manques d'isotropie du fond thermique sont surtout causés par des thermalisations inachevées d'astres placés devant le fond.

La thermalisation radiante Raman, à travers l'univers en excluant les astres visibles, donne un spectre de corps noir à 2,735 K et l'isotropie. Son temps de thermalisation est très grand : des milliards d'années. Son évolution est très lente à notre échelle. Des thermalisations radiantées, rapides ou lentes, complètes ou incomplètes, peuvent se superposer localement, comme, par exemple, quand on se chauffe avec un radiateur électrique, ou au soleil (, ou s'il n'y a pas exclusion des astres visibles sur le fond thermique). Loin des sources locales (ou protégé localement de ces sources), il ne reste que les sources lointaines : le fond thermique et les astres qui arrivent encore à percer l'isotropie et l'uniformité spectrale du fond. Le fond thermique est créé par la couche de thermalisation locale sur des distances de l'ordre de grandeur de l'univers visible en un temps très long : une couche dont le comportement est très voisin de celui d'une couche d'isolant thermique dans la matière dense : mauvaise conductivité imposant un temps de passage lent de la chaleur, et isolant dispersif de la chaleur. Le résultat obtenu est le même que celui de la couche d'isolant : le fond thermique est isolé de ce qui se passe localement. Il n'intervient que lentement, quand les sources locales n'agissent plus, sont trop loin ou sont exclues. La couche isolante laisse alors passer lentement la température isotrope et le spectre lié à cette température. Ainsi, une maison bien calorifugée peut geler à l'intérieur quand il gèle à l'extérieur et qu'elle est abandonnée longtemps sans source de chaleur interne. Ici, c'est le Soleil qui nous garde au chaud sous la serre de l'atmosphère. Loin de lui, il fait froid.

La thermalisation Raman dans les gaz raréfiés est à l'origine d'un rougissement Hubble des astres lointains et d'un fond thermique isotrope observé localement ici entre les astres visibles. Le fond thermique complet (sans exclure les astres et les matières proches) local de l'univers est observé avec des températures radiantées locales issues de l'ensemble des rayons des objets des matières denses, filtrés ou non par les thermalisations locales des radiations, et qui suivent les chemins optiques directs se terminant par les images des objets au point d'observation. (Les rayons cohérents reçus convergent indépendamment les uns des autres vers le point d'observation sans se modifier entre eux.) Cela forme la partie, non cachée par la matière, de la surface du volume local de thermalisation incomplète. Le fond thermique, en excluant les rayons des matières denses placés devant le fond, laisse passer les radiations de l'extérieur qui convergent directement vers nous, où sont déjà noyées, par



thermalisation pratiquement complète, toutes les informations de ce qui est derrière par une température de surface radiante virtuelle presque isotrope (ayant le spectre du corps noir à 2,735 kelvins). Les astres ou les matières se trouvant moins loin que le fond sont soumis au rougissement Hubble créé par une thermalisation Raman incomplète ou quasi nulle. Les matières proches qui rayonnent (à l'intérieur du volume fermé virtuel de la surface fermée virtuelle) sont vues incomplètement thermalisées en surimpression contrastée sur le fond thermique quasi isotrope. Ce volume de thermalisation locale est analogue au volume de thermalisation de l'agitation thermique de la matière dense dans lequel se produit l'isotropie locale de la chaleur. La température radiante du fond, débarrassée des thermalisations trop locales qui la perturbent, est équivalente à la température radiante de notre coin d'univers pour le reste de l'univers. Les autres coins d'univers peuvent avoir une autre température radiante presque isotrope, qui diffuse thermiquement et lentement, entre les coins (comparables aux lieux microscopiques d'agitation thermique).

L'univers a une limite de visibilité créée par le flou uniforme issu du brouillard de la diffusion thermique locale qui brouille le lointain : le fond thermique isotrope de spectre du corps noir à 2,735 K, qui mesure la température radiante thermique de notre coin d'univers. Cette limite virtuelle de visibilité est une limite du contraste du fond thermique par rapport aux matières visibles placées devant le fond, mais n'est pas une limite de transfert énergétique radian : de l'énergie radiante est reçue à travers cette limite, en particulier dans les directions des chemins optiques qui convergent vers nous. Comme l'énergie reçue est constatée être la même dans toutes les directions du fond thermique, le gradient de température radiante est très faible dans notre coin d'univers visible et dans son voisinage. L'extension de l'univers visible de comportement voisin du nôtre est probablement beaucoup plus grande que ce que nous voyons rempli avec des astres rougis. Il n'y a pas d'écart important dans les températures de thermalisation des parties de cet univers voisin. Il faut sans doute revenir à l'univers quasi statique d'Einstein, au moins pour l'univers proche que nous ne voyons pas contrasté, bien au-delà de l'univers à rougissement Hubble.

Le rougissement Hubble est mesuré par la constante de Hubble, qui a de grosses incertitudes, mais qui, globalement, est assez constante pour montrer que la thermalisation locale existe pratiquement dans toutes les directions de l'univers visible. Dans les directions sans aucune source thermique, sans rayon, la thermalisation locale est inactive : il en résulte des trous du fond thermique ouverts à des sources plus lointaines (ce qui a été exploité et généralisé en cosmologie qui néglige la thermalisation locale). La particularité de l'univers visible entre les astres est que les rayonnements le traversent facilement en gardant leur cohérence, car l'ensemble des paquets d'ondes émis par la matière se superposent sans se gêner dans les matières très diluées ; les images sont possibles, car chaque paquet donne la même image que les autres, et ainsi elles se superposent. L'effet Raman cohérent garde les possibilités de l'optique géométrique du vide : un objet lumineux lointain donne une image au foyer d'un télescope. Mais le rayonnement est filtré thermiquement par les gaz Raman rencontrés sur son chemin optique qui changent sa température radiante tout le long des segments Raman de la trajectoire. Les trajectoires optiques arrivant au point d'observation sont indépendantes l'une de l'autre. La répartition des gaz Raman n'étant pas homogène à notre échelle, certaines trajectoires sont pratiquement sans thermalisation Raman ajoutée (c'est le cas des objets proches sans rougissement Hubble perceptible) : elles ont la température de leur point d'émission. Pourtant, la température du fond est uniforme dans les basses fréquences, avec quelques fluctuations angulaires mineures. Cela s'explique par la sélectivité angulaire des télescopes qui s'améliorent progressivement, mais ils sont loin d'obtenir toutes les images d'astres qui ont des surfaces trop petites pour ne pas être noyées dans l'image du fond. Le fond semble être à température uniforme, mais il ne l'est qu'en moyenne. Il recule avec de meilleurs télescopes en découvrant des détails invisibles avec de moins bons. Il peut être très loin dans certaines directions (et très près dans d'autres), mais les directions du fond ont de moins en moins d'importance sur l'énergie reçue : elles ne changent pas la température moyenne de thermalisation observée

pratiquement isotrope. Dans certaines directions, il peut ne pas y avoir de surface de matière source rayonnante fournissant une image. Les gaz Raman traversés n'ont rien à modifier en thermalisant pour former cette image, car, sans matière au départ, la température du rayonnement source (virtuel) d'origine est indéterminée. Mais une trace de matière émettrice peut déclencher une thermalisation qui mène à la température du fond isotrope pour le rayon sans source. Sinon, la source est à placer plus loin, comme l'ont fait les cosmologistes, en attribuant la thermalisation à la thermalisation fossile source de la fin de l'univers primordial, mais en ignorant que la thermalisation locale est manifestement prépondérante. Il peut exister des trous de thermalisation locale provoquant quelques fluctuations angulaires du fond thermique, où la limite de visibilité par contraste sur le fond est repoussée très loin, mais une limite de visibilité moyenne (et virtuelle) peut être définie comme étant celle de la limite du rougissement Hubble, quand il se fond dans le fond thermique observé isotrope. Les trous du fond n'en sont plus si la matière émet par une surface thermalisée ; pour cela, les trous doivent avoir une surface matérielle ; elle existe presque toujours si on réunit les matières qui sont dans le cône formé par les directions des trajets optiques aboutissant à la surface image d'observation ; ce cône contient de la matière diluée Raman et non Raman qui est vue comme la surface virtuelle thermique émettrice. La partie de cône concernée a un volume si important qu'il est difficile de le vider complètement de matière ; la température moyenne radiante est pratiquement reçue dans toutes les directions.

L'effet Doppler-Fizeau classique conduit au rougissement ou au bleuissement de l'image des astres dès que les points d'émission des matières des astres ne sont pas à la vitesse de notre point d'observation. La cosmologie actuelle ajoute, aux vitesses relatives radiales, la vitesse d'expansion ou de contraction de l'espace-temps dans l'univers visible. L'effet Doppler-Fizeau total (classique + cosmologique) dilate ou comprime les ondes électromagnétiques reçues. Il décale en bloc les fréquences d'émission des ondes pour chaque vitesse relative radiale. La thermalisation ISRS-CREIL ne décale pas les fréquences en bloc. Elle les rapproche des fréquences du spectre thermique majoritaire local, tout le long du trajet des rayons dans les milieux thermalisant localement. Les rayons thermalisés gardent leurs directions, leurs cohérences spatiales et temporelles, la possibilité de donner des images de plus en plus noyées dans le fond, en perdant leurs spectres propres. Les détails du spectre d'un astre incomplètement thermalisé permettent de faire la distinction entre Doppler-Fizeau et thermalisation ISRS-CREIL. Jacques Moret-Bailly a relevé plusieurs de ces détails dans les spectres observés. Ils conduisent à l'hydrogène excité pour de nombreuses observations manifestement ISRS-CREIL et non d'origine expansion.

La carte actuelle à trois dimensions des positions des astres de l'univers visible est fondée sur les distances calculées par l'expansion. Avec ISRS-CREIL, le rougissement des astres donne une indication de la présence de thermalisations locales dans la direction de l'astre. Les astres chauds, entourés de beaucoup d'hydrogène, sont trop éloignés avec cette carte. Les distances sont mal évaluées. Sans expansion, il est normal que la constante de Hubble puisse un peu varier en fonction de la direction, la thermalisation étant locale et non complète.

Les distances, parcourues par la lumière dans l'univers visible sans perte notable de cohérence, sont si grandes, que la vitesse de la lumière est trop petite pour empêcher que la thermalisation radiante à grande distance soit lente à notre échelle. La température radiante du fond n'évolue que lentement. Pour nous, celle du fond est pratiquement invariable à 2,735 K (et isotrope). Les seules variations notables viennent des matières proches comme le Soleil ou la Lune et de ce qui nous entoure de près, là où nous sommes.

Conclusion. Les rayonnements qui traversent l'univers donnent les images des astres, car ils gardent leurs cohérences spatiales et temporelles d'origine, ce qui avait été bien compris par les cosmologistes, mais ils ont ignoré que la thermalisation locale de l'univers visible modifie les fréquences avec augmentation locale d'entropie et d'isotropie.

Les fréquences convergent vers le spectre thermique local des fréquences sans avoir besoin d'une thermalisation initiale fossile à 3000 K à la fin de l'univers primordial qui persisterait jusqu'à nous en se refroidissant par l'expansion.

La thermalisation locale incomplète des rayonnements de l'univers est à l'origine des spectres de thermalisations observés près de la Terre : le fond thermique à basses fréquences isotrope à 2,735 kelvins et le rougissement Hubble des astres. Les spectres des astres et du fond s'expliquent par la thermalisation locale. La température radiante du fond thermique est d'origine locale, réalisée le long des trajets lumineux qui nous parviennent. La thermalisation ISRS-CREIL complète donnerait un spectre aux astres qui serait le spectre du fond thermique local de l'univers et son isotropie. Il n'est pas indispensable de conjecturer une expansion cosmologique de l'espace-temps quand on dispose d'une explication physique du rougissement qui correspond à ce qui a été observé par Hubble et qui explique pourquoi la constante de Hubble, que l'on n'arrive pas à bien mesurer, est en réalité une variable liée à l'inhomogénéité des thermalisations locales de l'univers (ce qui n'est pas prévu par l'expansion). Avec la thermalisation locale de l'univers (comme la thermalisation Raman cohérente), il n'est pas indispensable d'exclure le traitement des sources proches de celui du fond cosmologique. Si le fond cosmologique existe, il est repoussé bien plus loin que ce qui est visible.

**Références : Jacques Moret-Bailly. Ses travaux sont archivés sur arXiv ou Hal**

<https://arxiv.org/>     <https://hal.archives-ouvertes.fr/>

<http://cosmosgate.free.fr/index.php?page=creil3>

<http://cosmosgate.free.fr/index.php?page=creil4>

**D'après : Théorie simplifiée des rougissements stellaires.**

Par Jacques Moret-Bailly     (25 novembre 2017)

Hypothèses : Voici une alternative physique du big bang, qui suppose seulement que la plus grande partie de l'univers est constituée d'hydrogène atomique presque pur, froid ( $T < 50\,000$  K) donc non excité et à très basse pression.

Suivant le fameux article publié par Einstein en 1917, la lumière interagit avec ce gaz d'une façon spatialement cohérente et efficace, comme dans un laser, contrairement à l'affirmation publiée par Menzel en 1931 « It is easily proved that so-called coherent interactions of light with matter are negligible in nebulae. », affirmation cependant respectée par la plupart des astrophysiciens.

Les étoiles sont des corps très chauds quasi noirs, émettant des vents stellaires composés de protons et d'électrons trop chauds pour se combiner dans une « sphère de Strömgen » transparente, formant (au-delà de  $\sim 10$  AU pour le Soleil) une « coquille épaisse de Strömgen (de  $\sim 5$  AU) » d'atomes excités.

Observations utilisées : G. Burbidge et K. G. Karlsson ont remarqué qu'une statistique des rougissements des astres (et avec plus de précision, les spectres des quasars), font apparaître deux valeurs remarquables des rougissements : 3K et 4K, où K est la « constante de Karlsson » déterminée expérimentalement. Mais ils n'ont apparemment pas vu que ces rougissements amènent une raie spectrale absorbée Lyman bêta ou gamma de l'atome H, à la fréquence Lyman alpha. Cette propriété est confirmée avec précision par l'absence apparente de raies Lyman, gamma et bêta, rougies dans les spectres des quasars ( P. Petitjean, "Le contenu baryonique de l'univers révélé par les raies d'absorption dans le spectre des quasars", Ann. Physique, 24, 1-126, 1999.). Comment cette coïncidence produit-elle un arrêt du rougissement qui permet d'absorber visiblement les raies spectrales fines du

gaz local ? Cette coïncidence arrête la production d'atomes H excités dans le niveau 2P par pompage Lyman alpha : ces atomes 2P produisent le rougissement.

Mécanisme des rougissements : Les règles d'interaction quadrupolaires d'impulsions lumineuses avec la matière ont été énoncées par G. L. Lamb Jr. [« Analytical description of ultra-short optical pulse propagation in a resonant medium », Rev. Mod. Phys., 43, 99-124, 1971.] : Une émission Raman (Impulsive Stimulated Raman Scattering : ISRS) interfère avec des impulsions de lumière excitatrices en modifiant leurs fréquences « si ces impulsions sont plus courtes que toutes les constantes de temps impliquées ». La durée des impulsions formant la lumière d'origine thermique est environ une nanoseconde, de sorte que la fréquence Raman doit être inférieure à 1 GHz : seules les fréquences hyperfines dans les états excités de l'atome H conviennent. Mais les impulsions nanoseconde sont beaucoup plus longues que les impulsions femtoseconde utilisées pour observer l'ISRS en labo. L'ordre de grandeur du glissement de fréquence étant inversement proportionnel au cube de la durée des impulsions, le glissement de fréquence de la lumière naturelle est si faible qu'il ne peut être observé que sur des parcours astronomiques.

Conséquences :

- Ainsi, la loi de Hubble n'évalue pas les distances, mais la « densité de colonne » d'hydrogène atomique excité.
- Les distances sont surévaluées à proximité des astres chauds :
- Rapprochées, les galaxies spirales sont assez petites pour être stables sans « matière noire » (d'ailleurs non détectée par de belles expériences souterraines !).
- Les astres chauds créent des bulles dans les cartes de galaxies.
- Comme la réfraction, l'ISRS est une interaction de la lumière avec la matière qui dépend de la fréquence (dispersion). Il est donc inutile de faire varier la constante de structure fine pour interpréter les multiplets d'atomes alcalino-terreux observés dans des étoiles lointaines.

Dans la coquille de Strömgren, l'interaction dipolaire cohérente de la lumière est superradiante, donc, l'amplification est limitée aux rayons ayant le plus long chemin d'interaction, qui illuminent ainsi le limbe de la sphère. La grande densité d'énergie reçue d'une supernova produit des effets multiphotoniques complexes comme dans un laser à rubis, ou à colorant. Les limbes rayonnent quasiment toute l'énergie reçue de l'étoile, car une conséquence est une « compétition des modes » produisant une très forte absorption de la lumière reçue de toutes les étoiles hors du limbe. Ainsi, on a vu disparaître SN1987A quand ses anneaux sont apparus. Les trous noirs optiques ainsi formés sont moins improbables que les trous noirs gravitationnels : on observe de nombreux anneaux souvent incomplets, généralement ponctués, parfois réduits en quelques points ou détectés par l'amplification de la lumière émise par des étoiles de l'arrière-plan.

Conclusion : la spectroscopie cohérente est ainsi, en astrophysique, plus simple, puissante et sûre que le big bang.

**Extraits de :**

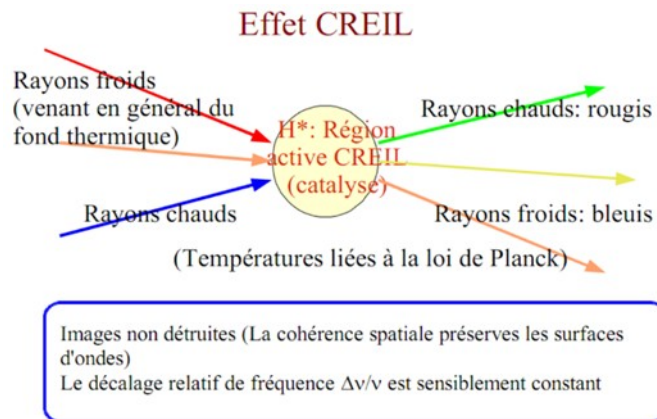
**Questions-Réponses sur l'effet CREIL et le décalage vers le rouge du spectre des astres lointains.**

Recueilli par Jean Moret-Bailly en juin 2006 (et un ajout en 2018).

À partir des travaux et commentaires de Jacques Moret-Bailly

## La théorie de l'effet CREIL est-elle sûre ?

En 1968 ont été faites les premières expériences (sans le nom CREIL qui est de 2002), et la théorie qui a suivi a été enseignée quelques années plus tard. La théorie, commune à ISRS (faisceaux intenses, d'où non-linéarité) et CREIL, fait partie de la spectroscopie cohérente, comme les multiplications, combinaisons de fréquence, etc. Dès le départ, on a utilisé des impulsions courtes (ISRS), mais la théorie et des expériences permettant d'extrapoler aux impulsions longues et aux basses énergies sont bien vérifiées. Presque toutes les matières transparentes font apparaître expérimentalement l'effet de fort décalage spectral en impulsions courtes. Il est difficile de nier l'existence de cet effet.



## Peut-t-on extrapoler l'effet ISRS à l'effet CREIL ?

Les conditions pour que l'effet CREIL se manifeste sont plus pointues que pour l'effet ISRS. Les impulsions plus longues d'un facteur supérieur à 1000 de la lumière naturelle par rapport aux impulsions femtosecondes des lasers réclament des propriétés adaptées de la matière utilisée, qui doit impérativement respecter les conditions de G. L. Lamb (impulsions plus courtes que toutes les constantes de temps impliquées) : libres parcours plus longs ; densité plus faible et molécules ayant des niveaux énergétiques plus rapprochés. Cela exclut la matière dense utilisée en ISRS. Il faut un gaz en CREIL.

## Quels sont les gaz convenant à l'effet CREIL ?

Les gaz qui conviennent sont des gaz assez instables. On a repéré H\*, l'hydrogène atomique excité en état 2S ou 2P, dont les résonances sont connues et qu'on trouve près des quasars. D'autres molécules, comme l'hydrogène moléculaire excité dans un état convenable, permettent l'effet, mais on connaît mal les propriétés des molécules instables, qui souvent n'existent qu'à l'état de traces au sein d'un autre gaz très dilué, à partir duquel elles sont générées. Les molécules concernées étant en petit nombre dans un gaz dilué, l'effet CREIL est donc généralement faible.

## L'effet CREIL étant faible, comment peut-il décaler beaucoup les fréquences ?

Il est faible, mais il est cumulatif. Sur de longs parcours de la lumière, avec des distances astronomiques, il peut devenir important. Il se compare à la réfraction, qui est aussi cumulative, et qui agit en changeant l'indice alors que l'effet CREIL décale les fréquences vers le rouge.

## L'effet CREIL est rejeté par une majorité de cosmologistes. Pourquoi ?

Les cosmologies actuelles les plus connues utilisent la théorie de l'expansion de l'univers, à laquelle l'effet CREIL se substitue. Rejeter d'un seul coup tous les travaux qui s'y rattachent est difficile à admettre. L'expansion s'est imposée depuis plus de cinquante ans comme la seule explication possible aux forts décalages vers le rouge des spectres. L'explication du rougissement par l'expansion s'est incrustée dans les esprits, et se retrouve dans les ouvrages les plus sérieux comme incontestable, et le rougissement  $z$  sert de mesure de distance. Cependant, il ne faut pas oublier que l'expansion s'est imposée, faute de mieux. Le mieux est arrivé avec l'effet CREIL, mais ce mieux a du

mal à s'installer, les astronomes ne faisant pas confiance rapidement à des physiciens peu habitués à l'astronomie, et qui n'en connaissent pas tous les détails.

### **Ne faut-il pas rejeter l'effet CREIL, comme d'autres effets ?**

Tous les effets avancés jusque-là, pour expliquer autrement que par l'expansion les forts rougissements, ont buté sur des impossibilités, et ils ont été rejetés pour des raisons physiques comme étant moins bons que l'expansion. Les effets, qui ont été rejetés, sont inappropriés, car souvent l'effet proposé (comme l'effet Compton et d'une façon général les effets provoquant des excitations permanentes de la matière, donc quantifiées) détruit les images et les spectres, ce qui est contraire à l'observation. D'autres effets n'ont qu'une action mineure de rougissement. D'autres encore sont carrément contraires aux lois de la physique. L'effet CREIL et l'effet d'expansion sont les seuls à permettre d'expliquer physiquement d'importants rougissements. L'effet d'expansion a une bonne base mathématique et serait tolérable par la physique s'il fournissait des spectres correspondant rigoureusement à l'observation, mais il ne le fait que grossièrement. L'expansion n'explique pas les décalages périodiques, et elle conduit à l'interprétation par des variations de constantes inacceptables pour s'adapter aux observations. L'effet CREIL colle avec la réalité des spectres observés.

### **Pourquoi ne pas admettre des variations de constantes, comme le font, par exemple, certains partisans de la lumière fatiguée ?**

Faire varier les constantes fait sortir du cadre de la physique, dont les lois doivent nous guider. On peut tout obtenir en faisant varier ce qui gêne, mais ce n'est pas sérieux. L'effet CREIL respecte les lois et constantes de la physique, alors que l'expansion de l'espace conduit à prendre des libertés avec elles. Les tenants de la lumière fatiguée ont constaté qu'en fatiguant la lumière, ils obtenaient des résultats souvent conformes avec l'observation, d'où leur tentative de fatiguer la lumière en agissant sur une constante. Alors, on explique beaucoup d'anomalies. Ils étaient sur une bonne voie, mais ils n'avaient pas trouvé autre chose qu'une variation de constante, ce qui est facile, mais contraire à la physique connue. L'effet CREIL donne un support physique non critiquable à la lumière fatiguée sans agir sur une constante physique, et en prime, il explique des observations en microondes ! Ne pas sortir du cadre de la physique classique telle qu'on la connaît sur Terre est satisfaisant, car on reste rigoureux. La lumière se fatigue en traversant les matières qui génèrent l'effet CREIL, et non par la variation d'une constante.

### **Pourquoi l'effet CREIL n'a-t-il pas été découvert plus tôt ?**

La physique de l'effet CREIL est ancienne, non critiquable. La théorie pouvait être découverte depuis longtemps, mais les effets paramétriques de l'optique sont peu connus, car le seul effet paramétrique d'observation simple et courante est la réfraction dont la théorie est vite oubliée. La lumière et les ondes électromagnétiques sont représentées de plusieurs façons, mais la représentation photonique brouille les idées, car elle fait oublier que les échanges d'énergie entre lumière et matière ne sont quantifiés que si la matière passe d'un état STATIONNAIRE à un autre état stationnaire. La spectroscopie laser a précisé les clefs des interactions entre matière et lumière, en montrant ce qui est physique et ce qui ne l'est pas, avec contrôle par l'expérience.

### **Pourquoi l'effet CREIL n'est-il pas possible sur Terre ?**

L'effet CREIL existe sur Terre, mais une expérience terrestre montrant directement son existence en lumière naturelle serait beaucoup plus coûteuse qu'une expérience ISRS. La durée des impulsions lumineuses ISRS étant 1000 fois plus faible, le transfert d'énergie Raman est 1 000 000 de fois plus faible avec la lumière naturelle, et en plus la matière utilisable est moins dense. De plus si l'ISRS est observable avec de faibles intensités, il est beaucoup plus simple d'utiliser de fortes intensités, ce qui conduit à un régime non linéaire où l'effet devient très intense, observable sur quelques millimètres. La recherche de la matière, ayant les résonances Raman adaptées, conduit à choisir des gaz très instables dans les conditions terrestres ordinaires. La stabilité n'est obtenue que dans un gaz à très faible pression, avec des molécules qui ne s'entrechoquent pas beaucoup (presque le vide). Expérimenter sur des traces est difficile. Il faut des distances énormes pour obtenir un effet tangible.

On a longtemps ignoré l'effet CREIL, car on ne l'observe pas naturellement sur Terre. Par contre, les conditions rencontrées dans l'espace sont favorables à l'effet CREIL, et on peut l'observer depuis la Terre.

### **On va dans l'espace avec les satellites. Peut-on les utiliser pour montrer l'effet CREIL ?**

Oui. Cela a déjà été réalisé involontairement en étudiant les fréquences envoyées par les sondes Pioneer 10 et 11 qui étaient bleues. Sans effet CREIL, on ne comprend pas l'anomalie sans modifier la mécanique céleste qui s'applique sans problème aux autres objets qui circulent comme ces sondes dans le système solaire.

### **Pourquoi les astronomes boudent-ils l'effet CREIL ?**

La domination des cosmologistes et des partisans du big-bang ne facilite pas l'évolution, car ils sont persuadés d'avoir raison, ayant une majorité confortable. Abandonner un thème dont le développement a nécessité des décennies d'efforts n'est pas agréable. L'expansion s'est implantée depuis des dizaines d'années sans concurrence notable. Pour un opticien ayant compris les théories CREIL et ISRS, admises depuis une quarantaine d'années, il n'y a pas d'hésitation à les utiliser, et il est persuadé qu'une lumière d'astre chaud traversant un gaz comme  $H^*$  est décalée vers le rouge. Les physiciens qui connaissent la spectroscopie paramétrique (pratiquée presque uniquement avec des lasers) sont rares. Les astrophysiciens au courant sont encore plus rares. Il en résulte que ceux qui peuvent juger scientifiquement ne sont pas nombreux. On réclame des expertises. Elles ont été faites en optique, et sont positives depuis longtemps, mais pas encore en astronomie. Le passage d'une discipline à l'autre est lent. Quel astronome de renom va se mouiller et faire confiance à la physique ? Les applications de l'effet CREIL se multiplient, sous l'impulsion de physiciens que les astronomes n'aident pas beaucoup. L'effet CREIL s'imposera à la longue, si personne ne trouve de faille dans sa théorie, ce qui n'est pas encore arrivé, car il faudrait réfuter la physique usuelle. Les anomalies liées à l'expansion vont apparaître de plus en plus, à mesure que les observations s'améliorent. Alors, les astronomes cesseront de boudier.

### **L'effet CREIL explique-t-il les rougissements importants des quasars et des galaxies ?**

Ces rougissements importants s'expliquent par l'effet CREIL qui remplace l'effet d'expansion. Ils nécessitent une source d'UV pour créer les molécules qui catalysent l'effet CREIL. Le rougissement est dit intrinsèque, quand il se produit dans le proche environnement de la source. Près des quasars, l'hydrogène atomique excité  $H^*$  crée le rougissement, car on observe sa signature sous la forme de périodicités. Près de certaines galaxies très rougies, la signature est différente de celle de  $H^*$ , et l'effet CREIL est produit dans des gaz plus froids, par l'hydrogène moléculaire excité par des radiations. Plus la lumière passe près d'une source d'UV, et plus le rougissement est fort, les molécules actives y étant plus nombreuses. (La suite du paragraphe est **ajoutée en 2018.**) L'hydrogène sous très basse pression est atomique si  $T > 3000K$  et  $< 40\ 000K$ .- La lumière des étoiles est brillante aux fréquences Lyman alpha (transitions du niveau de base  $1S$  aux niveaux excités  $2P_{1/2}$  et  $2P_{3/2}$  dans l'UV lointain.  $1/2$  et  $3/2$  sont les moments angulaires totaux (spin+orbital). La différence d'énergie entre ces niveaux ( $45\ \mu eV$  est si faible qu'on ne distingue pas les raies d'un spectre ordinaire).- Un effet Raman cohérent permet de passer d'un état à l'autre, ce qui produit une variation infinitésimale de la fréquence du rayon excitateur qui peut être le rayon émis par un quasar ou un rayon du background. Un quantum peut ainsi passer de l'énergie du rayon stellaire au background thermique (l'entropie croît). On a un rougissement de la lumière des étoiles à condition qu'elle passe dans  $H_{2p}$ .- Lorsque  $H_{1s}$  est assez pompé en  $H_{2p}$ , une impulsion super radiante émet un éclair (observé près des quasars) et simultanément absorbe le rayon observé (super absorption: on monte les lasers avec des rubis roses qui absorbent toute la lumière du flash quand le rayon super radiant s'allume). Près du quasar, la lumière observée écrit une raie noire dans le spectre. Cette oscillation de relaxation pompage-éclair absorbe les raies qui forment la "forêt Lyman" des quasars et accroît le rougissement. Un dessin avec niveaux d'énergie est mieux pour expliquer.

## **Avec l'effet CREIL, quelle est la distance des quasars et des galaxies ?**

L'effet CREIL ne donne pas la réponse, mais quand le rougissement  $z$  est intrinsèque (donc produit par la présence d'une source UV locale agissant dans l'hydrogène), il désactive la mesure de distance que fournissait l'expansion et qui est alors fort surestimée. Un quasar ayant un rougissement intrinsèque peut donner le même spectre, qu'il soit près ou loin. Il faut s'adresser à une autre méthode pour obtenir la distance. Celle de Bell propose que les radiosources se comportent comme des étalons de distance. On constate alors que les distances des objets très rouges sont beaucoup plus faibles que celles attribuées par le rougissement  $z$ . On ne flirte plus avec des vitesses subluminiques, et les corrections relativistes ne sont plus à faire. L'espace est quasi statique, avec de petites vitesses locales générant un petit effet Doppler-Fizeau qui s'ajoute à l'effet CREIL.

### **L'étude des supernovas SN1a montre qu'il y a expansion.**

Cela est contesté. Jerry Jensen montre que cette étude est biaisée par le choix de certaines supernovas et quand le mode de calcul présuppose l'expansion. Il est conduit, en rectifiant, à un univers statique.

### **Le big-bang se fonde sur l'expansion.**

Il se fonde plutôt sur la suite des réactions primordiales, et accessoirement sur l'expansion. La théorie du big-bang est si compliquée, et a fait l'objet de tellement d'ajouts ad hoc qu'il est difficile de lui accorder une grande crédibilité, même si elle est populaire. Il serait correct de parler DES théories du big-bang, tant il en existe de versions contradictoires. Un effet bien physique, comme l'effet CREIL a le mérite de la simplicité. Il est beaucoup plus difficile à contester, se fondant sur la physique ordinaire, enseignée partout.

### **Le big-bang se fonde aussi sur l'existence du fond cosmologique (CMB).**

Les tenants du big-bang l'affirment, mais sans preuve. Leur argument majeur est que les effets concurrents pour expliquer le rougissement et le CMB ont le défaut de beaucoup plus absorber la lumière que ce qui est observé, car l'espace est très transparent. On élimine ainsi pratiquement tous les concurrents, mais pas l'effet CREIL qui reste compatible avec l'observation. Le rayonnement de fond est celui d'un corps noir de 2,7 K. Il est très isotrope avec de maigres fluctuations de 1/100 000 en fonction de la direction. On ne peut trouver de rayonnement plus thermique, en équilibre thermodynamique avec les autres rayonnements de l'espace. Avec des lumières traversant la matière, il faut bien sûr une interaction pour tendre vers l'équilibre thermique, mais l'effet CREIL, particulièrement résonant, donc intense entre basses fréquences, est là pour en assurer au moins une partie. L'effet CREIL est un effet de thermalisation, qui rend en particulier le rayonnement microonde isotrope. Contrairement à d'autres effets avancés et rejetés, l'effet CREIL n'atténue pas les rayonnements même s'il en change les longueurs d'onde, et garde la transparence aussi bien que l'expansion. Le rayonnement de fond n'est pas fossile : il évolue vers l'équilibre et l'entropie de l'ensemble augmente, comme le veut la thermodynamique. L'espace étant très transparent, l'équilibre et l'isotropie sont réalisés sur de très grandes distances. Les petits écarts sont des phénomènes d'évolution surtout locale. Une petite composante est liée au Soleil, donc à l'écliptique.

### **Comment expliquer le rougissement fonction de la distance qu'on observe et qui se traduit par la loi de Hubble ?**

Ce rougissement  $z$  fonction de la distance se distingue des rougissements intrinsèques, comme ceux des quasars et de certaines galaxies qui sont systématiquement intrinsèques et qui sont dus à des gaz locaux entourant les astres. Ce rougissement, non intrinsèque, est en gros proportionnel à la distance si l'on fait abstraction de la gravitation et des mouvements locaux ajoutant leur effet Doppler-Fizeau. L'effet CREIL peut aussi bien convenir que l'expansion pour expliquer ce rougissement. Il suffit d'admettre qu'il existe, assez bien réparti dans l'espace, et hors des galaxies, des traces de gaz créant l'effet CREIL. On constate que la loi de Hubble est grossière ce qui peut



s'expliquer par une réparation non homogène des gaz actifs. La présence d'hydrogène loin des galaxies expliquerait bien la loi de Hubble.

### **Le modèle CREIL remplace-t-il le modèle standard ?**

L'effet CREIL est un effet d'interaction entre la matière et les lumières. Il n'explique pas tous les mystères de l'astronomie, mais il explique suffisamment d'observations astronomiques pour être pris en compte. Il se substitue à l'expansion. Il est moins ambitieux que le modèle standard.

### **Que pensez-vous des effets voulant, comme l'effet CREIL, se substituer à l'expansion ?**

Il existe effectivement plusieurs concurrents de l'effet CREIL. Nous les estimons moins bons que l'effet CREIL, car ils pêchent d'avoir des fondements contestables ou de s'attaquer aux lois de la physique (ce que fait aussi l'expansion de façon plus subtile). Il ne faut pas dénigrer ces concurrents. Ils existent, car il y avait un besoin net d'expliquer les anomalies introduites par l'expansion. On trouve chez les auteurs de ces théories concurrentes, tout ce qui a amené à rechercher une autre explication que l'expansion. Ils ont fait du bon travail dans ce sens, en relevant les défauts de l'expansion. Beaucoup de ces théories concurrentes sont aussi bonnes (ou mauvaises) que l'expansion. L'effet CREIL a l'avantage incontestable d'être le seul à bien respecter les lois de la physique. Il bénéficie des travaux antérieurs. Les contributions de P. Marmet, Arp, Pecker, Bell et d'autres chercheurs, sont importantes. Ils ont bien vu les défauts de l'expansion. L'utilisation de l'effet CREIL est un aboutissement de leurs recherches.

### **Quelle différence entre un spectre CREIL et un spectre d'expansion ?**

Un spectre d'expansion répond à une loi rigide de décalage régulier des raies qui s'applique à toute l'étendue du spectre. C'est la même loi que pour l'effet Doppler-Fizeau, à l'inflation près. Sans effet CREIL, ce spectre d'expansion n'est pas fondamentalement modifié en traversant des gaz de matière transparente, et le décalage spectral qu'il engendre est décrit rigoureusement par le nombre  $z$ . Il est décalé en bloc. Le spectre CREIL résulte du spectre d'une source qui envoie sa lumière à travers de la matière, cette matière pouvant émettre, absorber de la lumière, la filtrer, et être active CREIL, ce qui peut être complexe, car le spectre évolue ainsi le long de la trajectoire de la lumière. L'effet CREIL, se bornant à des décalages de fréquence de la lumière, l'observation reste possible, même s'il se produit sur une bonne partie de la trajectoire. En première approximation, la loi de rougissement CREIL est la même que la loi Doppler-Fizeau pour les lumières de fréquences élevées. Vers les basses fréquences, le rougissement s'arrête, puis est remplacé par un bleuissement, en fonction des radiations que la trajectoire de la lumière traverse. Dans certains cas, la lumière peut être rougie sur une partie de la trajectoire et bleuie sur d'autres parties. Enfin, de même que l'indice est sujet à dispersion en réfraction, une dispersion est possible avec l'effet CREIL. La loi de rougissement CREIL est donc plus complexe que celle de l'effet Doppler-Fizeau. La petite différence entre le spectre d'expansion et le spectre CREIL permet de discriminer entre les deux spectres quand sa précision est suffisante et que les conditions s'y prêtent.

### **La quantification des quasars et des galaxies est-elle compatible avec l'effet CREIL ?**

Cette quantification est en réalité l'apparition de périodicités dans les spectres observés, obtenue par une étude statistique avec analyse de Fourier dans le cas des galaxies. Ce phénomène ne s'explique pas par l'expansion, et il fait partie des petites différences entre CREIL et expansion. Dans le cas des quasars, les périodicités sont des multiples entiers de  $z=0,062$ . C'est la signature de l'hydrogène atomique excité  $H^*$  qui est la source de l'effet CREIL des quasars. Cette quantification conforte l'effet CREIL. Pour les galaxies, les périodicités sont différentes. Les conditions physicochimiques et d'irradiation (UV en particulier) dans et autour des galaxies diffèrent de celles qui existent près des quasars. L'environnement est froid. Ce n'est plus  $H^*$  qui crée l'effet CREIL, mais une autre molécule peu stable : l'hydrogène moléculaire excité par les UV (ou une autre molécule) dans un état donnant des résonances Raman adaptées.

### **Quelles sont les molécules générant l'effet CREIL ?**

Les caractéristiques de ces molécules concernent les résonances Raman, qui doivent exister avec les impulsions de la lumière ordinaire. Avec l'effet ISRS, les résonances pullulent. Pratiquement, toutes les matières conviennent dans les conditions courantes obtenues sur Terre, en utilisant les impulsions très courtes ISRS. Les molécules pour l'effet CREIL doivent avoir des niveaux énergétiques actifs plus rapprochés que pour l'effet ISRS. Ces molécules existent, mais sont des molécules instables dans les conditions de densité terrestres ordinaires, car elles subissent les chocs de voisines qui les font retomber dans un état plus stable. Pour obtenir un peu de stabilité, il faut diminuer les chocs en éloignant les molécules l'une de l'autre, et donc les maintenir dans un gaz très peu dense, presque le vide. On rencontre ces conditions dans l'espace. Une molécule connue convenant bien est  $H^*$ , l'hydrogène atomique excité en état 2S ou 2P. Il en existe d'autres, mais on ne connaît pas toujours bien leurs résonances. L'hydrogène moléculaire, excité par une absorption Lyman, a des états qui conviennent. Pour obtenir  $H^*$ , l'irradiation UV de l'hydrogène atomique est efficace. Les autres molécules actives CREIL sont produites de façon analogue. Les molécules générant l'effet CREIL existent, mais à l'état de traces, et ont besoin d'un renouvellement par irradiation.

### **Que pensez-vous du big-bang ?**

La théorie du big-bang est une tentative pour expliquer le passé, à l'aide de nos connaissances actuelles. Elle a évolué, en fonction de l'évolution de nos connaissances, avec de nombreux ajouts, pour arriver maintenant à une grande complexité et confusion, qui lui a fait perdre sa crédibilité. Les détracteurs du big-bang sont nombreux. Mais beaucoup ont trop peur d'affirmer leurs critiques que l'on trouvera ailleurs (par exemple : arXiv: ph/0310214). En ce qui concerne l'effet CREIL, il explique bon nombre de phénomènes, s'oppose à l'expansion en prenant sa place, conduit à un fond de radiations non fossile. La théorie du big-bang serait à revoir sur l'expansion et le fond de radiation.

### **L'expansion et le fond cosmologique ne sont-ils pas fondamentaux ?**

Non. Il y a seulement du travail pour adapter la théorie du big-bang à la réalité. On peut continuer à essayer de comprendre le passé en se passant de l'expansion et de radiations fossiles. Il existe des cosmologies avec univers statique. Ce qui est fondamental est que l'effet CREIL est physiquement incontestable. On peut s'appuyer dessus, alors que l'expansion n'a aucune bonne base physique. Sa seule base était le rougissement qu'on ne savait pas expliquer autrement. L'effet CREIL coupe l'herbe sous le pied à l'expansion.

### **Rejetez-vous tout le travail de nombreux cosmologistes ?**

Non. C'est un travail d'essai, qui reste valable même sur la base d'hypothèses non réelles, comme on le fait souvent en mathématique. Ce n'est pas complètement inutile d'exercer son imagination, mais pour coller à la réalité, les fondements doivent être incontestables. La physique est un bon guide. C'est le juge de paix.

**Vous vous réclamez de la physique, mais les cosmologistes aussi. Ils mettent en avant la relativité.**

Il est regrettable que certains cosmologistes soutiennent que l'expansion a des bases incontestables. De nombreux savants (comme Hubble et Einstein) en ont douté, même sans connaître l'alternative de l'effet CREIL. L'expansion a une bonne base mathématique, mais en lui enlevant le rougissement qu'elle n'explique pas dans le détail, elle n'est plus crédible. On a besoin de la relativité avec l'expansion, mais on ne conteste pas la relativité en contestant l'expansion. Comme toute la spectroscopie, l'effet CREIL est conforme à la relativité, mais cette dernière n'intervient qu'au départ, en donnant les invariances des équations de Maxwell.

**En dehors de l'effet CREIL, d'autres effets optiques modifient-ils la lumière en traversant la matière ?**

Oui. La lumière peut être absorbée ou filtrée, mais on constate que très souvent, la lumière qui nous parvient des astres restitue leur image et leur spectre, malgré les perturbations qu'elle subit.

Peu d'effets optiques en sont capables, car les effets qui impliquent des échanges incohérents d'énergie détruisent les images. La réfraction existe à côté de l'effet CREIL. Ces deux effets ont des théories voisines. La réfraction change l'indice, donc, la vitesse de la lumière, mais sans modifier notablement les images et les spectres. L'effet CREIL décale en fréquence le spectre à la traversée de la matière, tout en permettant aussi l'observation.

### **L'effet CREIL décale-t-il toutes les fréquences comme l'expansion ?**

Non. L'effet d'expansion décale toutes les fréquences vers le rouge. L'effet CREIL décale les hautes fréquences, comme celles qui sont émises par les astres chauds, sensiblement de la même façon. Il a besoin de radiations de basses fréquences, l'énergie étant échangée avec d'autres radiations. Les radiations thermiques existant partout, au voisinage des fréquences thermiques, le rougissement s'arrête et les lumières de plus basses fréquences (ondes radio) sont bleues, la limite étant habituellement voisine de la fréquence 1420 MHz d'une raie de l'hydrogène. La loi de décalage n'est donc pas la même que celle de l'expansion. Sur le trajet d'une lumière, il peut y avoir des zones de rougissement et des zones de bleuissement, suivant l'environnement radiatif. L'effet CREIL est un effet de thermalisation des rayonnements par la matière.

### **Pourquoi considérez-vous que l'expansion n'est pas physique ?**

C'est un raccourci de langage. L'expansion est physique si elle existe, mais existe-t-elle réellement ? L'effet Doppler-Fizeau est physique. Il se manifeste toujours de la même façon. Il est lié aux vitesses radiales relatives. Dans un espace en expansion, il y a un effet physique de décalage spectral. Par contre, un décalage spectral constaté n'est pas nécessairement dû à l'expansion. Il peut être dû à un autre effet, comme la gravitation, l'effet Doppler-Fizeau ou l'effet CREIL, ou encore une combinaison de plusieurs de ces effets. L'effet que l'on choisit ne doit pas induire de contradiction avec les lois de la physique. En première approximation, l'expansion n'en induit pas. Avec les progrès de l'observation, la réalité est mieux connue. Alors, on constate des anomalies inexplicables par l'expansion, et qu'on ne peut expliquer que par des phénomènes supplémentaires (ad hoc) non physiques : variation de la constante de structure fine ou du rapport des masses du proton et de l'électron entre autres, donc impossibles. Ces anomalies non physiques, liées à l'expansion, conduisent à rejeter l'expansion. La physique est la science du réel. Quand on dévie de la physique en modifiant ses lois, on peut sortir du réel et tout obtenir, mais ce n'est plus réel. Évidemment, les lois de la physique peuvent être modifiées, mais il faut que le jeu en vaille la chandelle, comme ce fut le cas pour la relativité. La loi de Hubble est une loi expérimentale physique, bien qu'imprécise et souffrant d'imperfections liées aux effets intrinsèques, mais elle n'introduit pas automatiquement l'expansion, qui devrait être cohérente avec tout ce qu'on observe. L'interprétation par l'expansion est mauvaise. L'effet CREIL n'introduit aucune anomalie non physique. Il s'impose naturellement.

### **L'effet CREIL est-il un modèle qui remplacerait ceux qu'on utilise actuellement ?**

Non. L'effet CREIL n'a pas le pouvoir de résoudre globalement tous les problèmes comme le fait un modèle. Il s'ajoute aux effets existant pour rectifier notre compréhension de l'univers. Un modèle est ambitieux, et, par là même, plus difficile à mettre sur pied.

### **L'effet CREIL peut-il coexister avec l'expansion ?**

Oui. L'expansion n'est pas à rejeter a priori. Elle reste un effet possible que la physique n'élimine pas directement. C'est par l'observation qu'elle est devenue douteuse, puis bonne à rejeter comme effet principal, par les effets secondaires qu'elle induit. Comme l'effet CREIL prend bien en compte les effets secondaires, il s'impose comme effet principal. L'effet Doppler-Fizeau a été un temps utilisé comme effet principal, puis rejeté comme incompatible, à cause des grandes vitesses nécessaires, mais l'effet d'expansion et l'effet Doppler-Fizeau peuvent s'ajouter à l'effet CREIL, comme effets secondaires d'importance marginale pour les astres lointains. Tous ces effets se cumulent.

**En dehors de l'expansion, tous les effets pour expliquer les forts rougissemments ne sont pas sérieux.**

Les astronomes ont raison de rejeter ce qui n'est pas sérieux, c'est-à-dire, ce qui n'est pas scientifiquement établi. L'effet CREIL donne une explication du rougissemment des astres et de la loi expérimentale de Hubble. Que propose-t-on à la place ?

- Un effet physique, comme l'effet Doppler-Fizeau, utilisable pour les vitesses faibles, mais qui pêche quand les vitesses augmentent.

- Un effet physique ad hoc comme l'expansion, dérivé de l'effet Doppler-Fizeau pour occulter les problèmes de grandes vitesses, obtenu à grand renfort de mathématiques pour qu'il reste compatible avec la physique. Souvent, comme l'autruche, on met la tête dans le sable pour ne pas voir qu'on a encore l'effet Doppler-Fizeau présenté autrement.

- Des effets ad hoc qui améliorent certains points, mais qui modifient la physique ou en ignorent les lois et les constantes (lumière fatiguée, etc...).

- Des effets seulement capables de créer de très faibles rougissemments.

- L'effet de gravitation. (Effet réel, mais généralement marginal.)

L'effet CREIL est un effet physique connu préalablement à son application à l'astronomie, tout comme l'effet Doppler-Fizeau. Il n'a rien d'ad hoc. Il existe et est sérieux. Il n'était pas évident de l'utiliser, ce qui explique son arrivée tardive et les réticences qu'il engendre, mais il s'impose, car il colle avec la réalité.

**La plupart des astronomes sont contre l'effet CREIL.**

Par indifférence, ne voulant pas se mêler à des querelles. Le rougissemment  $z$  n'est qu'un paramètre qui caractérise un astre. L'interprétation n'intéresse qu'une minorité de curieux. Le rougissemment n'intéresse qu'une minorité d'astronomes. Les cosmologistes se sentent plus concernés. L'effet CREIL sera leur poil à gratter tant qu'ils s'accrocheront à l'expansion. L'effet CREIL ne pourrait être enterré que si sa théorie était fausse. Personne n'est encore parvenu à y trouver une faille.

**Quelle conclusion donnez-vous ?**

L'effet CREIL vient perturber les tenants du big-bang et de l'expansion. Il y a un choix à faire, car il est difficile de retenir les deux en même temps. Tranchons avec le maximum d'objectivité. Le big-bang fait rêver, mais c'est une théorie compliquée qui demande des hypothèses nombreuses. Certains de ses enchaînements sont souvent rectifiés, ce qui montre qu'il ne faut pas trop s'y fier ; laquelle des versions du Big Bang faudrait-il choisir ? Une bonne partie de la théorie est incontrôlable et les renseignements qu'elle donne sur ce qu'on observe sont minces. Pourquoi aller chercher un fond radiatif fossile ou une théorie fumeuse de l'expansion ? L'accumulation d'explications ad hoc nuit au big-bang. À l'inverse, l'effet CREIL a des bases physiques solides, et explique directement nombre de phénomènes réels jusque-là incompris. Il a le mérite de la simplicité et de l'efficacité.

Pour un vrai physicien non rêveur, le choix est évident. L'effet CREIL s'impose.

[Annexe](#)

**La recherche de Jean Moret-Bailly**

Jean Moret-Bailly est professeur de physique nucléaire, retraité de l'université depuis 1995. Sa thèse, portant sur le calcul des réacteurs à neutrons rapides, est restée propriété du CEA, comme la plupart de ses logiciels utilisés au CEA. Il y a travaillé une dizaine d'années, à partir de 1961, à Saclay, en réalisant des logiciels réclamés par le CEA, en particulier des logiciels calculant la criticité

des installations nucléaires pour en assurer la sûreté, tout en maîtrisant les incertitudes de calcul. Le code de sûreté MORET utilise les sections efficaces générées par d'autres codes et il s'adapte à la géométrie des appareils les plus variés. Le Service des Expériences Critiques du CEA a utilisé MORET (<http://moret.irsln.fr/>) de façon intensive, pour la sûreté sous-critique de la totalité des installations nucléaires françaises civiles et militaires. Devant les bons résultats de MORET, pour éviter l'introduction d'erreurs, son cœur de calcul a été protégé. MORET est désormais utilisé par plusieurs autres pays. Jean Moret-Bailly a longtemps assuré, à la demande du CEA, le suivi de MORET en supervisant les améliorations possibles proposées et en reportant ce qui n'était pas sûr sur des codes annexes. L'avenir dira si les nouvelles équipes qui s'en occupent préserveront sa fiabilité. Ce logiciel de simulation, très utilisé depuis plus de 40 ans sans modification majeure, a été diffusé par le CEA, et il est devenu une référence internationale dans le calcul de la sûreté des installations nucléaires de tous types, au milieu d'autres codes internationaux qui ne l'ont pas éliminé. Le code MORET est aidé par des logiciels annexes, créés par d'autres auteurs, qui améliorent par exemple la sûreté d'introduction des données par un opérateur, en visualisant les données géométriques fournies à MORET. MORET est toujours utilisé, malgré son âge, car il est toujours aussi fiable, rapide et pratique en criticité. MORET est testé périodiquement sur des expériences critiques variées. Il permet aussi de valider les sections efficaces utilisées.

Jean Moret-Bailly s'intéresse à la recherche sur l'effet Raman cohérent de son frère Jacques, professeur d'optique, qui réclame des expertises sur son travail. Il a mis plusieurs mois pour assimiler ce gros travail, et il n'y a pas trouvé d'erreur importante ; c'est de la bonne physique classique. Il pense donc que c'est un travail de valeur, et que la thermalisation locale de l'univers est plus probable que l'expansion pour expliquer le rougissement Hubble. Le rougissement Hubble expliqué par la thermalisation locale est un effet physique qui peut être approuvé par des physiciens qui connaissent bien l'optique des lasers et la thermodynamique. La simulation numérique peut convaincre les plus réticents.