

## **Petits riens sur le vide**

### **Le vide qui nous entoure**

Aux basses altitudes de notre biosphère, nous sommes plongés dans une couche d'air qui conditionne toute la vie sur la Terre. Elle nous permet de respirer, mais aussi, par exemple, elle empêche les océans de s'évaporer. Les molécules d'eau qui tendraient à s'échapper dans l'espace butent contre les molécules de l'air, qui constitue un écran protecteur. Quand on va en altitude, cette couche s'amenuise, il y a moins d'air autour de nous: les sons changent, l'eau s'évapore plus facilement et sa température d'ébullition s'abaisse. Les images des astronautes en mission nous ont familiarisés avec la notion du vide spatial. A 100 kilomètres d'altitude (deux heures de voiture disait le malicieux astrophysicien Fred Hoyle) l'air est tellement raréfié qu'il ne transmet plus les sons. Si la combinaison protectrice d'un astronaute se déchirait, son sang se mettrait à bouillir, entraînant une mort quasi instantanée. A 350 km d'altitude, les occupants des navettes spatiales peuvent observer le feu de Saint-Elme, qui est causé par l'ionisation de l'air environnant encore leur véhicule. Cet air raréfié freine d'ailleurs légèrement les satellites artificiels. Après six années de service, la station Skylab avait ainsi perdu suffisamment de vitesse pour qu'elle descende dans l'atmosphère où elle se consuma. En fait, le vide obtenu couramment en laboratoire est supérieur à celui qui règne à cette altitude. Plutôt que de parler de pressions, nous prendrons comme mesure du vide la distance séparant les molécules ou les atomes se trouvant dans l'espace. Plus la distance qui les sépare est grande, plus le vide est prononcé. Au niveau de la mer, les molécules d'air sont à une distance moyenne d'un millionième de millimètre l'une de l'autre. C'est deux ou trois fois la dimension des molécules elles-mêmes. Autour du télescope Hubble, la distance séparant ces molécules n'est que d'un centième de mm. Il faut dire tout de même qu'elles le frappent à 28000 kilomètres à l'heure. En laboratoire, avec les meilleures pompes à vide, on arrive à une distance d'un dixième de millimètre environ. Le record du monde (humain) du vide a été obtenu à l'aide d'un satellite appelé Wake Shield. C'était un disque bombé d'acier inoxydable d'environ quatre mètres de diamètre, se déplaçant à quelques kilomètres de la navette Columbia. Derrière ce disque, sous son vent si l'on veut, la distance entre les molécules restantes était de l'ordre d'un millimètre! Quittant les environs de la Terre, nous entrons dans le vent solaire. La couche extérieure du Soleil, la corona, s'évapore constamment, nous aspergeant de particules ionisées que nous pouvons percevoir sous la forme d'aurores boréales. Dans le vent solaire, les atomes se trouvent à une distance moyenne d'un centimètre environ! Bien loin de nous, plus loin que Pluton, le vent solaire s'est tellement dilué que l'on entre dans le domaine du vide interstellaire.

### **Le vide sidéral**

Nous avons tous observé l'Anneau de la Lyre, la Nébuleuse d'Orion ou les Dentelles du Cygne. Quelques veinards ont même vu la Tête de Cheval, qui est formée par un nuage opaque passant devant un gaz lumineux. Nous savons donc que, même entre les étoiles ou les galaxies, il existe des nuages de matière s'étendant sur des années-lumière de distance. Dans d'autres régions, nous n'apercevons plus rien. L'espace interstellaire n'est donc pas homogène. Les spectaculaires piliers qui se détachent devant les gaz lumineux de la Nébuleuse de l'Aigle sont formés par des particules aussi fines que celles de la fumée de cigarettes...séparées par plusieurs centaines de mètres. Mais l'espace est si grand qu'elles nous semblent former un brouillard épais. Si moitié des gaz englobant notre galaxie est contenue dans de tels nuages, l'autre moitié est formée d'hydrogène atomique. Celui-ci n'est pas observable avec les télescopes optiques, mais peut être décelé à l'aide de radiotélescopes opérant à la longueur d'onde de 21 cm. Dans certaines régions de l'espace, on trouvera un atome d'hydrogène par centimètre, dans d'autres la distance les séparant peut être dix fois plus grande. On peut s'en rendre compte en observant en détails les ondes de choc formées par les gaz expulsés lors de l'explosion de supernovae. Celles-ci ne se propagent pas à la même vitesse dans toutes les directions: elles sont freinées plus ou

moins fortement selon la densité des gaz rencontrés. Ces gaz peuvent atteindre des températures énormes, de l'ordre du million de degrés. La température d'un gaz dépend de la vitesse à laquelle les particules dont il est composé se déplacent. Il serait cependant vain de vouloir s'y réchauffer. Ils sont trop ténus. La distance séparant les ions est de l'ordre de dix centimètres.

### **Le vide intergalactique**

En général, les galaxies sont groupées en de gigantesques agglomérats dispersés dans l'espace comme de la mousse. Entre ces amas de galaxies, il y a aussi de l'hydrogène, mais combien? La seule manière connue de le détecter est de mesurer l'absorption de la lumière provenant de très loin derrière: celle des quasars. Les atomes d'hydrogène ont la propriété d'absorber certaines longueurs d'ondes dans le spectre électromagnétique et de former des bandes sombres dont l'une est appelée Lyman-alpha. En analysant en détail le spectre de la lumière provenant de quasars, on observe une forêt de lignes Lyman-alpha, plus ou moins décalées vers le rouge suivant la distance à laquelle se trouve un nuage absorbant, et plus ou moins intenses suivant sa densité. Dans ces régions, les ions peuvent être à ...un mètre l'un de l'autre. Près du fond de l'univers, en observant le spectre du quasar HE2347-4342, qui se trouve à quelque dix milliards d'années-lumière, on a observé un nuage de 20 millions d'années-lumière d'épaisseur, où les ions sont distants de 10 mètres, record absolu en ce moment.

### **Que se trouve-t-il dans le vide absolu?**

La physique moderne est pleine de bizarreries. Par exemple, le principe d'indétermination d'Eisenberg permet de prédire que le vide absolu fourmille de particules dites "virtuelles" qui sortent du néant et y retournent avant d'être observables. Ces particules évanescentes ont même une certaine quantité d'énergie...qui pourrait servir à propulser des vaisseaux spatiaux. Science-fiction? Probablement, mais l'existence de ces particules a été prouvée en mesurant ce qu'on appelle l'effet de Casimir, du nom du physicien hollandais qui l'a découvert. D'après la théorie des quanta, chaque particule virtuelle a une longueur d'onde dépendante de son énergie. Hendrik Casimir postula que si l'on approche suffisamment deux plaques conductrices, seules les particules ayant la longueur d'onde correspondant à la distance qui les sépare pourront se loger dans l'interstice. De l'autre côté de chaque plaque, il n'y a aucune restriction de ce genre et il y aura donc plus de particules virtuelles que dans la fente. Ainsi, elles seront poussées l'une contre l'autre. La pression engendrée a effectivement été mesurée en 1995 par le physicien Steven Lamoreaux au Los Alamos Physical Laboratory. La force mesurée était bien faible: un milliardième de Newton, soit le poids d'un fragment d'une fourmi découpée en 30 000 pièces. L'énergie tirée du vide: on croit rêver.

Traduction et adaptation d'articles parus dans NewScientist du 25 avril 1998.

Fernand Zuber