

attaché à une masse qui ne s'écarte pas trop de la position d'équilibre.

Au cours du choc, l'oscillateur harmonique équivalent aux déformations verticales vibre d'une demi-période (balle incidente non déformée à pleine vitesse, compression maximale et arrêt, rebond à pleine vitesse, voir la figure page précédente, en bas) et, idéalement, la balle retrouve l'intégralité de son énergie cinétique « verticale » incidente.

Dans le même temps, l'oscillateur harmonique équivalent aux déformations horizontales vibre... mais pas forcément avec la même période. Par conséquent, au moment du rebond, l'état de déformation de ce ressort peut être quelconque et une partie de l'énergie cinétique « horizontale » incidente peut rester stockée sous forme élastique. Relâchée d'un coup au décollage, cette énergie provoquera des vibrations de la balle en vol.

Ainsi, en règle générale, l'origine des pertes d'énergie pour le mouvement horizontal est double : frottement et transfert partiel d'énergie sous forme élastique. Il se trouve que dans une superballe, les deux périodes de vibration (horizontale et verticale) coïncident, par un heureux hasard. Il s'ensuit que la superballe rebondit sans emporter d'énergie élastique.

Pour une superballe creuse ou un ballon de basket, pourtant très élastiques, les deux périodes de vibration différent, ce qui fait qu'une partie de l'énergie cinétique reste stockée sous forme élastique lors du rebond. Il en résulte un coefficient de restitution horizontale réduit, si bien qu'il devient très difficile d'obtenir tous les étonnants rebonds de la superballe. Heureusement, en un sens : un superballon de basket serait probablement dangereux !

■ BIBLIOGRAPHIE

R. Cross, **Impact behavior of a superball**, *American Journal of Physics*, vol. 83, pp. 238-248, 2015.

R. Cross, **Behaviour of a bouncing ball**, *Physics Education*, vol. 50, pp. 335-341, 2015.

R. L. Garwin, **Kinematics of an ultraelastic rough ball**, *American Journal of Physics*, vol. 37, pp. 88-92, 1969.

Dans l'intérêt de la science

mathieu vidard | **la tête au carré 14:05-15:00**

France Intervenez
franceinter.fr

QUESTION AUX EXPERTS

La radioactivité naturelle est-elle dangereuse ?

Non, sauf en certains endroits ou si des activités humaines ont conduit à sa concentration.

Jean-François LECOMTE



Mine d'uranium en Australie

La radioactivité naturelle n'est ni plus ni moins dangereuse que la radioactivité artificielle. Comme son nom l'indique, elle fait partie de notre environnement depuis toujours. Les animaux et les végétaux ont appris à vivre avec elle, du moins quand elle n'est pas trop intense.

D'où vient-elle ? Des radionucléides naturels. On nomme ainsi les atomes aux noyaux instables présents dans la nature. Ces radionucléides se désintègrent spontanément à des instants aléatoires, chacun étant caractérisé par une « période radioactive », à savoir le temps au bout duquel la moitié des atomes radioactifs initialement présents se sont désintégrés.

Pour l'essentiel, les radionucléides présents dans la nature sont les produits directs ou indirects de la désintégration de trois radionucléides primordiaux, c'est-à-dire présents lors de la formation de la Terre, parmi la vingtaine qui subsistent : l'uranium 238, le thorium 232 et l'uranium 235. En se désintégrant, ces radionucléides primordiaux émettent des particules – c'est-à-dire de la radioactivité – et se transforment en atomes aux noyaux plus légers : les radionucléides secondaires. Ces derniers se désintègrent à leur tour et ainsi de suite jusqu'à formation d'atomes stables. Les périodes radioactives des radionucléides secondaires sont nettement plus courtes que celles des radionucléides primordiaux, mais il arrive qu'elles soient longues, telle celle du radium 226, qui est de 1 620 ans.

La radioactivité naturelle est présente dans les sols à des degrés variables, qui culminent dans les terrains granitiques, nombreux en France dans le Massif central, en Franche-Comté, en Bretagne ou en Corse. Dans la plupart des cas, elle n'est pas dangereuse. Mais il arrive que les activités minières la concentrent, en particulier quand on extrait de l'uranium. Il est alors nécessaire d'y protéger les mineurs et tous les travailleurs manipulant les substances extraites puis retravaillées. Des mesures sont aussi prises pour protéger la population des expositions liées aux résidus miniers de sites actifs ou déjà fermés.

L'exposition au radon, un risque potentiel

Un autre risque lié à la radioactivité naturelle à prendre au sérieux est le radon, un gaz qui émane du sol et qui est donc susceptible de se retrouver piégé dans les bâtiments dont l'air intérieur est mal renouvelé. Le radon inhalé est exhalé, mais ses radionucléides secondaires métalliques se collent aux poussières ou sur les parois respiratoires jusqu'aux poumons. Le radon gazeux et ses formes solides secondaires constituent la principale source d'exposition de la population à la radioactivité naturelle. L'inhalation prolongée du gaz radon peut provoquer des cancers du poumon, d'où l'importance de surveiller ses concentrations et d'intervenir lorsqu'elles sont élevées.

En France, la radioactivité due au radon varie beaucoup selon les endroits, entre

quelques dizaines et plusieurs milliers de becquerels par mètre cube, sachant qu'il est recommandé de ne pas dépasser 300 becquerels par mètre cube.

À partir du sol, les radionucléides se propagent aussi dans les chaînes alimentaires terrestres, mais en général sans s'accumuler dans le corps humain. Ils se concentrent davantage dans les chaînes alimentaires marines. On retrouve ainsi dans les algues, les crustacés, les mollusques et les poissons des concentrations en radionucléides qui varient selon l'époque de l'année. Toutefois, même si l'exposition par cette voie peut être non négligeable, elle n'est jamais préoccupante.

Une autre forme de radioactivité naturelle est le rayonnement cosmique. Sa première composante, des ions ultraénergétiques, est due aux rayonnements provenant de notre galaxie ou d'autres. La seconde, surtout des protons d'énergie plus faible, provient du Soleil et fluctue avec les éruptions solaires. Au niveau du sol, le rayonnement cosmique est inoffensif, mais les personnes qui prennent souvent l'avion ou font des missions spatiales augmentent notablement leur exposition. C'est pourquoi l'exposition des personnels navigants des compagnies aériennes est contrôlée. Du reste, il existe des outils en ligne permettant à chacun de calculer son exposition après un vol.

Jean-François LECOMTE est expert en radioprotection à l'IRSN (Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire).