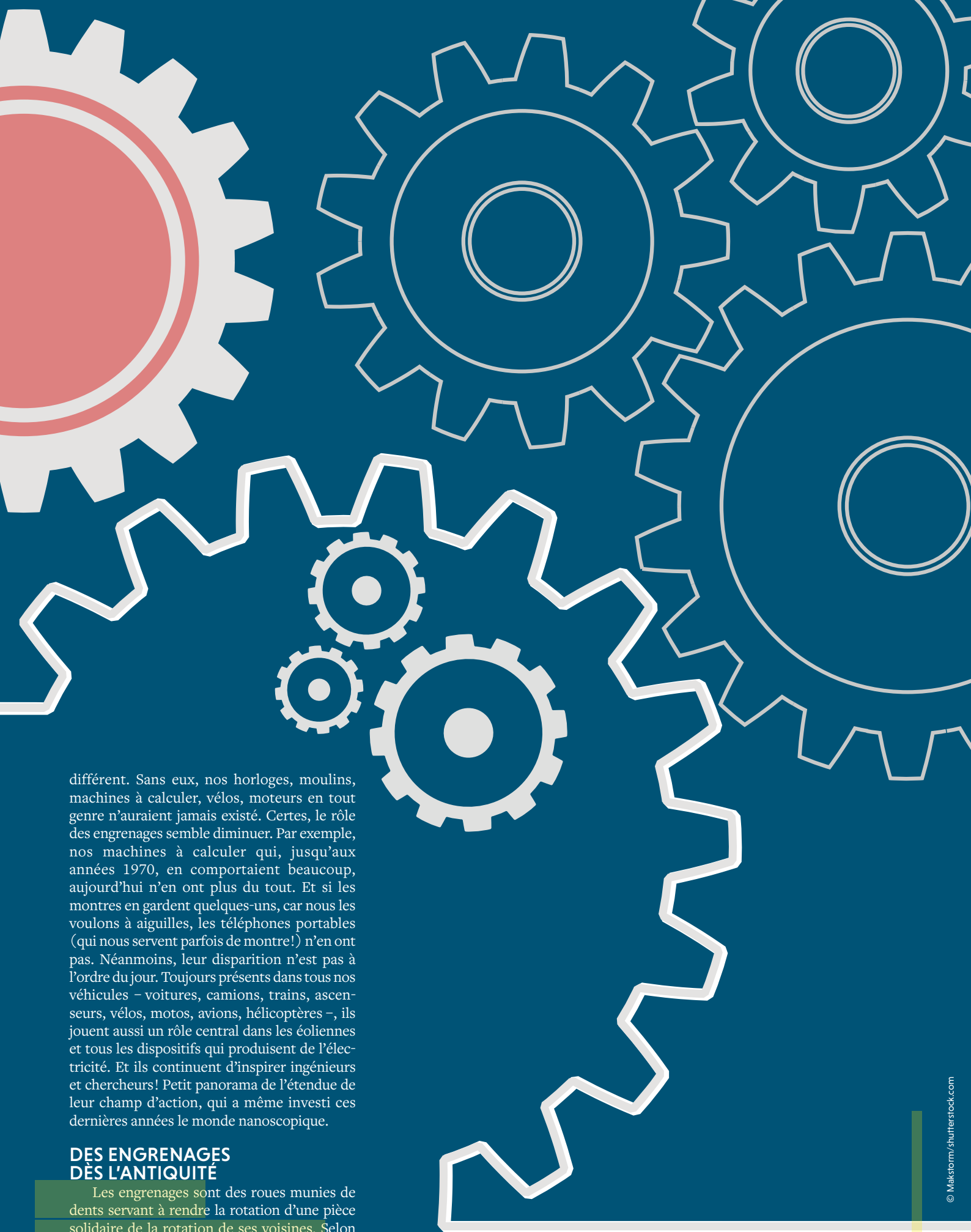




différent. Sans eux, nos horloges, moulins, machines à calculer, vélos, moteurs en tout genre n'auraient jamais existé. Certes, le rôle des engrenages semble diminuer. Par exemple, nos machines à calculer qui, jusqu'aux années 1970, en comportaient beaucoup, aujourd'hui n'en ont plus du tout. Et si les montres en gardent quelques-uns, car nous les voulons à aiguilles, les téléphones portables (qui nous servent parfois de montre!) n'en ont pas. Néanmoins, leur disparition n'est pas à l'ordre du jour. Toujours présents dans tous nos véhicules – voitures, camions, trains, ascenseurs, vélos, motos, avions, hélicoptères –, ils jouent aussi un rôle central dans les éoliennes et tous les dispositifs qui produisent de l'électricité. Et ils continuent d'inspirer ingénieurs et chercheurs! Petit panorama de l'étendue de leur champ d'action, qui a même investi ces dernières années le monde nanoscopique.

DES ENGRENAGES DÈS L'ANTIQUITÉ

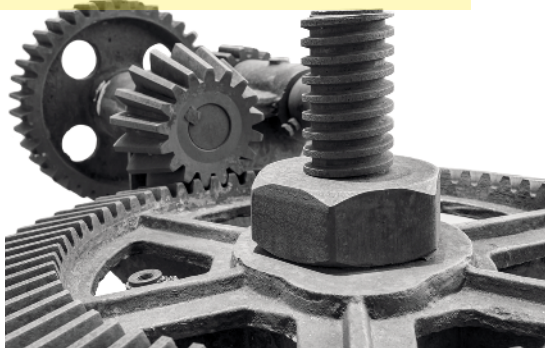
Les engrenages sont des roues munies de dents servant à rendre la rotation d'une pièce solidaire de la rotation de ses voisins. Selon

leur taille, les voisines tournent plus ou moins vite. Le rapport entre les vitesses des unes et des autres est directement et très précisément lié aux nombres de dents de chacune: si une roue de m dents est liée à une roue de n dents, quand la roue de m dents fait un tour, celle de n dents fait exactement m/n tours. Pour faciliter une usure uniforme des dents, il est souhaitable que m et n soient premiers entre eux (c'est-à-dire sans diviseur commun), car cela entraîne que chaque dent d'une roue sera périodiquement en contact avec chaque dent de sa voisine. Le lien par engrenage entre deux roues est équivalent à ce qu'on obtient avec des courroies reliant les roues, mais il est plus compact et permet de transmettre des forces plus grandes sans risque de glissement. De plus, il autorise aisément des changements de direction des axes de rotation: deux roues dentées perpendiculaires peuvent, si les dents sont correctement conçues, se transmettre un mouvement (voir l'encadré ci-dessous). Le rendement énergétique d'une transmission par engrenage est très bon et dépasse souvent 95%.



TRANSMISSION ORTHOGONALE

Certains engrenages permettent de transformer un mouvement de rotation selon un axe en un mouvement selon un axe perpendiculaire. Le savant néerlandais Christiaan Huygens a utilisé cette transmission orthogonale dans son horloge à pendule cycloïdal, qu'il présente en 1673 dans *Horologium Oscillatorium* (ci-contre). Sur son schéma, la figure II montre le guide cycloïdal qui assure un balancement constant du pendule. Sur la figure I, qui montre le mécanisme de côté, on voit que le pendule est relié à la roue des heures C via deux roues dentées perpendiculaires H et I. Une roue à dents de scie K fixée sur le même axe que la roue I entretient le mouvement du pendule grâce à un mécanisme d'échappement: les palettes L s'appuient tour à tour sur les dents de scie, ce qui fait osciller sur son axe l'arbre Q qui les porte. Il existe différentes façons de changer l'axe d'un engrenage, en jouant soit sur la forme de la roue (engrenage conique, en bas), soit sur la forme des dents (engrenage hélicoïdal), soit sur la géométrie de l'ensemble (engrenage à vis sans fin, ci-dessus).



On ignore qui a inventé les engrenages, mais il est probable qu'ils aient été découverts indépendamment plusieurs fois. Les plus anciens mentionnés remonteraient au IV^e siècle avant notre ère en Chine. Les Grecs connaissaient ce type de dispositifs et ils en ont eu une maîtrise exceptionnelle dès le I^{er} siècle avant notre ère, comme en témoigne la fantastique machine d'Anticythère, dont l'étude a été menée avec soin. Grâce en particulier aux textes gravés sur ses différentes pièces, on est certain de sa fonction de machine à calcul astronomique.

Mis au jour en 1901 dans une épave près de l'île d'Anticythère, au nord de la Grèce, cet appareil en bronze est le plus ancien mécanisme à engrenages qui nous soit parvenu. En 1959, en utilisant des radiographies aux rayons gamma, le physicien anglais Derek de Solla Price a mené une première étude de la machine et a commencé à en élucider la fonction. En 2000, grâce à un scanner à rayons X, l'astronome Mike Edmunds, de l'université de Cardiff, au Royaume-Uni, et le mathématicien

