

L'ESSENTIEL

> Les plus anciens engrenages mentionnés remonteraient au IV^e siècle avant notre ère en Chine, mais ils ont sans doute été inventés plusieurs fois indépendamment.

> Horloges, moulins, machines à calculer, vélos, moteurs... nombre de machines n'auraient jamais vu le jour sans eux.

> Aujourd'hui encore, ils restent indispensables dans de nombreux domaines comme l'automobile, l'aviation et la production d'électricité.

> Depuis quelques dizaines d'années, ils ont aussi investi le domaine micrométrique et sont partis à l'assaut de l'échelle nanométrique.

L'AUTEUR



Jean-Paul DELAHAYE
professeur émérite
à l'université de Lille
et chercheur au laboratoire
Cristal (Centre de recherche
en informatique, signal
et automatique de Lille)

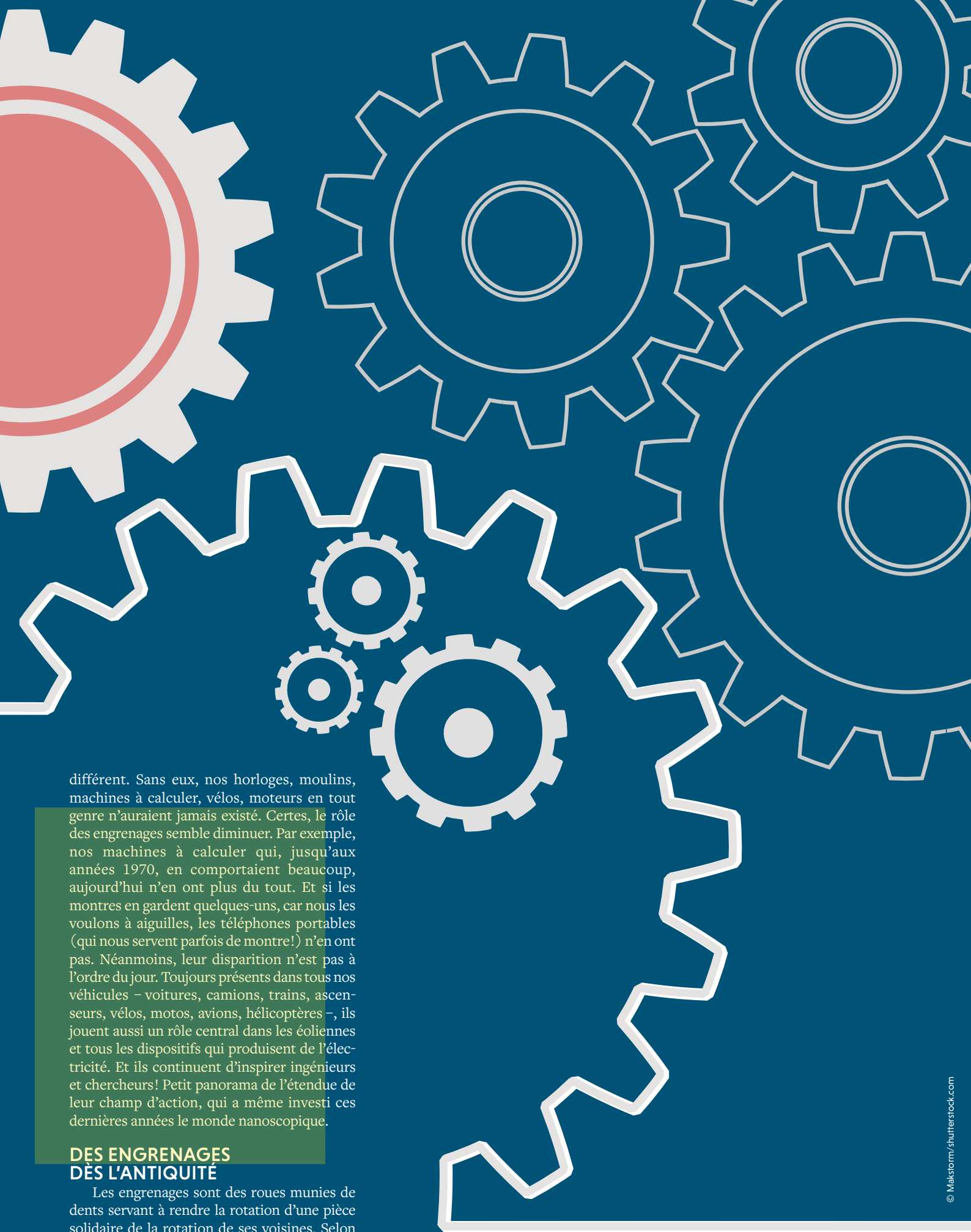
2000 ans et toutes leurs dents

De la machine d'Anticythère aux moteurs des voitures électriques, l'ingénieuse mécanique des engrenages, toujours plus élaborée, est au cœur de bien des technologies essentielles... jusqu'à l'échelle moléculaire.

L'évolution a doté la cigale bossue, *Issus coleoptratus*, d'un outil étonnamment rare dans le monde vivant : des engrenages. Contrairement à nombre de ses congénères, cet hémiptère de quelques millimètres de long ne vole pas. En revanche, sa détente est remarquable, et ce dès le stade larvaire. De fait, les nymphes présentent une rangée de dents sur chaque surface courbe de leurs deux trochanters postérieurs – les parties des pattes proches de la hanche. Pendant la phase préparatoire du saut, les dents de droite s'engagent dans celles de gauche. La complémentarité parfaite entre les parties droite et gauche assure que les deux pattes arrière se déplacent à des vitesses angulaires identiques lors du saut, ce qui propulse le corps sans le faire pivoter.

La découverte de ce mécanisme est récente. C'est seulement en 2013 que les biologistes Malcolm Burrows et Gregory Sutton, de l'université de Cambridge, au Royaume-Uni, ont présenté ce système d'engrenages partiels chez cet insecte. C'était la première fois que l'on décrivait un tel mécanisme chez un organisme vivant. Dans le monde vivant, on n'a d'ailleurs jamais trouvé de roues complètes – dentées ou non – qui tourneraient autour d'un axe, comme le font les pièces des horloges mécaniques. Cette absence est assez étonnante vu le rôle central que ce type de systèmes rotatifs a joué et joue toujours dans les technologies humaines. Pourquoi ce qui, pour nous, a été déterminant dans notre évolution technique ne l'a-t-il pas été pour la vie, qui semble être passée à côté de ce mécanisme élémentaire ? L'explication est peut-être liée à la difficulté d'imaginer un processus morphogénétique produisant de manière progressive un objet ajusté – la roue –, mais non connecté à son support – l'axe de la roue.

Le fait est que pour nous, humains, les engrenages constituent une invention remarquable sans laquelle le monde serait bien



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