

# POUR LA SCIENCE

Édition française de Scientific American

**COMPLÉTEZ VOTRE COLLECTION  
DÈS MAINTENANT !**



N° 505 (nov. 19)  
réf. PL505



N° 504 (oct. 19)  
réf. PL504



N° 503 (sept. 19)  
réf. PL503



N° 502 (août 19)  
réf. PL502



N° 501 (juillet 19)  
réf. PL501



N° 500 (juin 19)  
réf. PL500



N° 499 (mai. 19)  
réf. PL499



N° 498 (avr. 19)  
réf. PL498



N° 497 (mar. 19)  
réf. PL497



N° 496 (févr. 19)  
réf. PL496



N° 495 (jan. 19)  
réf. PL495



N° 494 (déc. 18)  
réf. PL494

À retourner accompagné de votre règlement à :

Pour la Science – Service VPC – 19 rue de l'Industrie – BP 90053 – 67402 Illkirch Cedex – email : [pourlascience@abopress.fr](mailto:pourlascience@abopress.fr)



**OUI, je commande des numéros de Pour la Science,**  
au tarif unitaire de 9,90 €.

**1 / JE REPORTE CI-DESSOUS LES RÉFÉRENCES** à 5 chiffres  
correspondant aux numéros commandés :

1<sup>re</sup> réf. \_\_\_\_\_ 01 x 9,90 € = 9,90 €  
2<sup>e</sup> réf. \_\_\_\_\_ x 9,90 € = \_\_\_\_\_ €  
3<sup>e</sup> réf. \_\_\_\_\_ x 9,90 € = \_\_\_\_\_ €  
4<sup>e</sup> réf. \_\_\_\_\_ x 9,90 € = \_\_\_\_\_ €  
5<sup>e</sup> réf. \_\_\_\_\_ x 9,90 € = \_\_\_\_\_ €  
6<sup>e</sup> réf. \_\_\_\_\_ x 9,90 € = \_\_\_\_\_ €

**TOTAL À RÉGLER** \_\_\_\_\_ €

Groupe Pour la Science – Siège social : 170 bis, boulevard du Montparnasse, CS20012, 75680 Paris  
Cedex 14 – Sarl au capital de 32000 € – RCS Paris B 311 797 393 – Siret : 311 797 393 000 23 – APE 5814 Z

Offre valable jusqu'au 31/07/2020 en France Métropolitaine uniquement. Pour l'export, rendez-vous sur notre site internet [boutique.pourlascience.fr](http://boutique.pourlascience.fr). Les prix affichés incluent les frais de port et les frais logistiques.

Les informations que nous collectons dans ce bulletin d'abonnement nous aident à personnaliser et à améliorer les services que nous vous proposons. Nous les utiliserons pour gérer votre accès à l'intégralité de nos services, traiter vos commandes et paiements, et vous faire part notamment par newsletters de nos offres commerciales moyennant le respect de vos choix en la matière. Le responsable du traitement est la société Pour la Science. Vos données personnelles ne seront pas conservées au-delà de la durée nécessaire à la finalité de leur traitement. Pour la Science ne commercialise ni ne loue vos données à caractère personnel à des tiers. Les données collectées sont exclusivement destinées à Pour la Science. Nous vous invitons à prendre connaissance de notre charte de protection des données personnelles à l'adresse suivante : <https://rebrand.ly/charte-donnees-pls>. Conformément à la réglementation applicable (et notamment au Règlement 2016/679/UE dit « RGPD ») vous disposez des droits d'accès, de rectification, d'opposition, d'effacement, à la portabilité et à la limitation de vos données personnelles. Pour exercer ces droits (ou nous poser toute question concernant le traitement de vos données personnelles), vous pouvez nous contacter par courriel à l'adresse [protection-donnees@pourlascience.fr](mailto:protection-donnees@pourlascience.fr).

**2 / J'INDIQUE MES COORDONNÉES**

☐ M. ☐ Mme

Nom : \_\_\_\_\_

Prénom : \_\_\_\_\_

Adresse : \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Code postal \_\_\_\_\_ Ville : \_\_\_\_\_

Téléphone \_\_\_\_\_

J'accepte de recevoir les offres de Pour la Science ☐ OUI ☐ NON

**3 / JE CHOISIS MON MODE DE RÈGLEMENT**

☐ Par chèque à l'ordre de Pour la Science

☐ Carte bancaire

N° \_\_\_\_\_

Date d'expiration \_\_\_\_\_

Clé (les 3 chiffres au dos de votre CB) \_\_\_\_\_

**Signature obligatoire :** \_\_\_\_\_



**RETROUVEZ TOUS LES ANCIENS NUMÉROS SUR**  
**BOUTIQUE.POURLASCIENCE.FR**

# R

## ENDEZ-VOUS

P.80 Logique &amp; calcul

P.86 Art &amp; science

P.88 Idées de physique

P.92 Chroniques de l'évolution

P.96 Science &amp; gastronomie

P.98 À picorer

# LA PHYSIQUE A-T-ELLE BESOIN DES NOMBRES RÉELS?

L'usage des nombres réels pour représenter des grandeurs physiques semble aller de soi. Pourtant, ces nombres ne sont pas aussi réels que le suggère leur nom, et ils engendrent parfois illusions et faux espoirs.

## 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)



Jean-Paul Delahaye a notamment publié : **Les mathématiciens se plient au jeu**, une sélection de ses chroniques parues dans *Pour la Science* (Belin, 2017).

L'usage des nombres réels en physique et plus généralement dans les sciences a pour origine la géométrie, avec sa conception idéalisée des points d'une droite, d'un plan ou de l'espace. Les nombres réels, dont la structure constitue ce qu'on dénomme «le continu», possèdent de formidables propriétés. En voici quatre.

– Entre deux nombres réels  $x$  et  $y$  tels que  $x < y$ , il y a toujours le nombre réel  $(x + y)/2$  et une infinité d'autres, dont tous ceux donnés par la formule  $(nx + my)/(n + m)$  où  $n$  et  $m$  sont deux entiers positifs :

$$x = (nx + mx)/(n + m) \\ < (nx + my)/(n + m) < (ny + my)/(n + m) = y.$$

– Si une suite de nombres réels  $x_1, x_2, x_3, \dots$  est croissante et majorée (tous les  $x_i$  sont inférieurs à un nombre fixé  $M$ ), alors elle converge vers une limite qui est un nombre réel. Cette propriété permet de savoir qu'il existe un nombre réel  $x$  dont le carré est 2; on le note  $\sqrt{2}$ . Cette seconde propriété est importante, car la première propriété qu'ont aussi les nombres rationnels (les quotients de deux entiers) ne permet pas de démontrer qu'un tel nombre existe; d'ailleurs,  $\sqrt{2}$  n'est pas un nombre rationnel.

– Les opérations d'addition et de multiplication entre nombres réels ont des propriétés simples et bien commodes, qui en font ce que les mathématiciens nomment un «corps». On a ainsi  $x + y = y + x$ ,  $x(y + z) = xy + xz$  et bien d'autres égalités utiles.

– La relation d'ordre sur les nombres réels est totale, c'est-à-dire que deux nombres

distincts  $x$  et  $y$  étant donnés, l'un domine l'autre: on a soit  $x < y$ , soit  $y < x$ .

Ces propriétés ont servi de base pour le calcul différentiel et les réels constituent un outil commode pour représenter l'espace physique (chaque point est déterminé par trois nombres réels), pour décrire le temps, les masses, les vitesses, et plus généralement les grandeurs physiques: on formule les lois de la nature en utilisant les nombres réels. La plupart des physiciens utilisent ces nombres sans se poser de question. Pourtant, ils créent une situation insatisfaisante sous plusieurs aspects.

## LES UNITÉS IGNORÉES ET LA PRÉCISION LIMITÉE

David Ruelle, membre de l'Académie des sciences, dit que les réels du physicien sont différents de ceux du mathématicien à cause de deux points de divergence grave:

«(a) Les nombres utilisés en physique ont une dimension. Cela signifie qu'ils correspondent à une mesure faite en une unité donnée, par exemple le centimètre pour une longueur, le degré Celsius ou le kelvin pour une température, le centimètre par seconde pour une vitesse, etc. [...] Une formule physique qu'un mathématicien considérerait convenable pourrait être fermement rejetée par un physicien pour une incorrection concernant les unités. (b) Les nombres utilisés en physique ne peuvent être définis qu'avec une précision limitée, car ils proviennent de mesures opérées en utilisant une unité qui n'est définie qu'avec une précision limitée et dans le cadre de théories à l'applicabilité