



UNE COLLECTION D'ENTRETIENS AUDIO ORIGINAUX À TÉLÉCHARGER



EINSTEIN ET LES RÉVOLUTIONS QUANTIQUES
La révolution quantique du début du 20^{ème} siècle se prolonge de nos jours avec une deuxième révolution qui repose sur le concept étrange d'entrelacement.
Alain Aspect, Professeur à l'Institut d'Optique et membre de l'Académie des sciences.
MP3 - 75 minutes **9,90€**



LE CERVEAU
Une exploration détaillée et fascinante de l'organe le plus complexe du corps humain par un des plus grands neurologues français.
Yves Agid, Neurologue, membre de l'Académie des sciences.
MP3 - 57 minutes **9,90€**

TÉLÉCHARGEZ LES NOUVEAUTÉS DE LA RUBRIQUE SCIENCES SUR DEVIEVOIX.FR

SCIENCES & MUSIQUES D'AVANT-GARDE



QUADRIVUM RADIO

Découvrez le programme de podcasts de la webradio Quadrivum en partenariat avec le magazine Pour la Science. Pénétrez dans les plus grands laboratoires pour écouter la parole des chercheurs.

- Biologie**
Nicolas Gompel
Institut de biologie du développement de Marseille Luminy
L'expression des gènes dans le cadre de l'évolution
- Physique**
Stéphane Mazouffre
Laboratoire laser à Orléans
Au cœur d'un propulseur à plasma
- Physique**
Simone Speziale
Centre de physique théorique de Luminy
Gravité quantique
- Biologie**
Jonathan Ewbank
Centre d'immunologie de Marseille-Luminy
Immunologie

www.quadrivumradio.com

un référentiel hydrographique, qui répertorie les bassins (divisés en unités élémentaires), les rivières et les lacs dans toute l'Europe. Ce référentiel, nommé ECRINS, est disponible gratuitement sur le site de l'AEE et permet des calculs de bilans hydrographiques. On trace ainsi les consommateurs et les quantités d'eau consommées. Sur le plan temporel, l'échelle de référence choisie pour le calcul des flux est le mois. Ce réajustement des échelles devrait permettre de surmonter les erreurs décelées dans certains comptes de l'eau, effectués par pays et par année.

Faire un bilan comptable nécessite d'harmoniser des données de différentes natures (pluie, débits, prélèvements...), fournies par des organismes variés (météo, services hydrographiques, agences de l'eau...). Dans la plupart des cas, on s'en sert pour calculer les écoulements dans les cours d'eau, qu'on prend comme références pour décrire les systèmes hydrographiques de façon quantitative. En effet, ils intègrent les contributions de tous les processus du cycle de l'eau : la pluie, l'évaporation, la fonte des neiges, le stockage dans des lacs artificiels ou naturels, les prélèvements (pour l'agriculture, l'eau potable...), les rejets (égouts...), etc.

On a ainsi réuni plus de 80 millions de débits journaliers, grâce auxquels on a reconstitué les débits mensuels en des milliers de points pour les huit dernières années. Ces points sont situés à divers endroits de cours d'eau dits principaux (ceux dans lesquels se déversent les affluents), qui s'étendent sur plus de 750 000 kilomètres et dans lesquels s'écoule l'eau issue de bassins versants couvrant plus de quatre millions de kilomètres carrés. Les valeurs ont ensuite été extrapolées sur la totalité du réseau hydrographique.

Toutefois, de nombreuses données manquent encore pour certains pays d'Europe – elles devraient être obtenues dans les années à venir. On manque aussi d'information sur l'utilisation de l'eau par certains secteurs, telles l'agriculture et l'industrie, souvent insuffisamment incitées à fournir ces données. Ainsi, les volumes d'eau consommés par le refroidissement des appareils industriels et l'irrigation pourraient être très supé-

rieurs à nos estimations. Les systèmes de collecte d'information doivent donc subir d'importantes révisions – à l'exception de ceux des grandes villes, plus fiables, bien que leurs données soient peu accessibles.

Ces insuffisances compliquent l'évaluation des politiques gouvernementales. Cependant, des enseignements peuvent déjà être tirés. Ainsi, les précipitations représentent

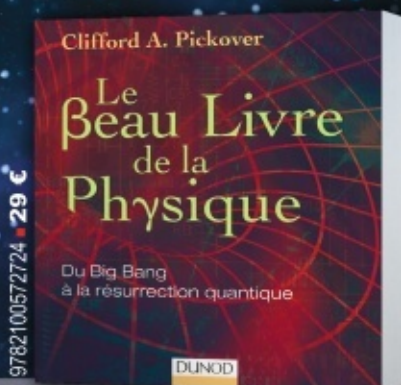
NOS MODÈLES MÉTÉOROLOGIQUES surestiment systématiquement l'évaporation, d'environ six pour cent en moyenne.

un apport d'eau moyen de 750 millimètres par an (un millimètre équivaut à un litre d'eau par mètre carré), soit 24 000 kilomètres cubes d'eau pour les huit années et le territoire évalués. Plus des deux tiers retournent dans l'atmosphère par évapotranspiration (terme qui regroupe l'évaporation et la transpiration des plantes). En comparant les écoulements de surface mesurés et les données fournies par nos modèles météorologiques, nous avons montré que ces derniers surestiment systématiquement l'évaporation, d'environ six pour cent en moyenne, conduisant à une sous-estimation de la quantité d'eau disponible de 45 millimètres par an. Cette erreur confirme la nécessité de prendre l'écoulement mesuré comme référence.

En outre, on dispose désormais d'un instrument harmonisé – même si les données restent à compléter –, commun à toute l'Europe. On peut décrire précisément la demande en eau et en tirer des leçons, tout en prenant en compte les besoins de l'écosystème : effectue-t-on trop de prélèvements par rapport à la ressource ? Faut-il restreindre la consommation lors des saisons sèches ? Doit-on construire des réservoirs supplémentaires, au risque de nuire à l'environnement ? Etc. Pour y répondre, les experts pourront se pencher sur les données collectées, qui seront publiées fin 2012. ■

Philippe CROUZET travaille pour le programme Systèmes naturels et vulnérabilités, à l'Agence européenne pour l'environnement (AEE ; www.eea.europa.eu/fr).

VARIEZ LE PLAISIR DES SCIENCES



9782100572724 • 29 €

250 théories physiques pour découvrir les clés de notre univers



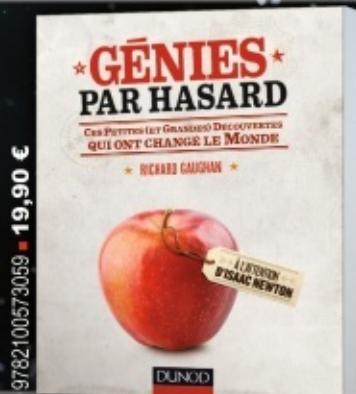
9782100576388 • 27,50 €

Plongez dans l'énigmatique concept de Multivers : l'Univers de tous les univers possibles



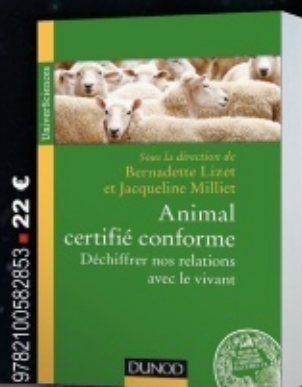
9782100582376 • 16,90 €

Un recueil d'énigmes stimulantes et ludiques écrit avec humour et fantaisie



9782100573059 • 19,90 €

Une cinquantaine de découvertes et de savants qui ont révolutionné la science (presque) par hasard



9782100582853 • 22 €

Protéger la Nature ne suffit plus, il faut la conserver et la gérer



9782100573042 • 22 €

Un voyage au microscope qui nous dévoile l'extraordinaire diversité du monde

Tous nos ouvrages sont disponibles en librairie

www.dunod.com

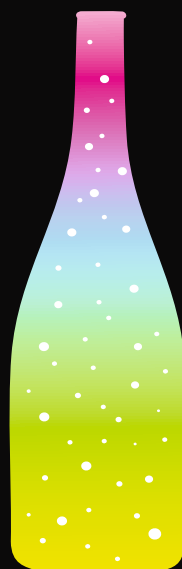
DUNOD
ÉDITEUR DE SAVOIRS

Soif de
connaissances
scientifiques ?

Abonnez-vous 1 an à

■ POUR LA
SCIENCE

1 an ■ 12 numéros
56€ seulement !
(au lieu de ~~74,90€~~)



Plus de
25%
de réduction !



BULLETIN D'ABONNEMENT

à retourner accompagné de votre règlement à : Service Abonnements • Pour la Science • 8, rue Férou • 75278 Paris Cedex 06

■ POUR LA
SCIENCE

☐ Oui, je m'abonne et reçois **12 numéros de Pour la Science** pendant **1 an** au prix de **56€*** (au lieu de ~~74,90€~~, prix de vente au numéro). Je bénéficie également de leur version numérique sur www.pourlascience.fr

* Tarif valable uniquement en France métropolitaine et France d'Outre-Mer. Pour l'étranger, participation aux frais de port à ajouter au prix de l'abonnement : Europe 12€ - autres pays 25€.

☐ Je préfère m'abonner uniquement à la **version numérique de Pour la Science** pendant **1 an** au prix de **45€** (au lieu de ~~62,40€~~, prix de vente en ligne par numéro), soit 12 numéros consultables et téléchargeables en créant mon compte sur www.pourlascience.fr.

Mon e-mail (à remplir en majuscule – Obligatoire pour activer mon abonnement numérique)

_____ @ _____
À réception de ce bulletin, comptez un délai de 4 semaines maximum pour recevoir votre numéro d'abonné. Passé ce délai, merci de contacter le service abonnements à abonnements@pourlascience.fr

J'indique mes coordonnées :

Nom : _____

Prénom : _____

Adresse : _____

CP : _____ Ville : _____

Pays : _____ Tél. (facultatif) : _____

Je choisis mon mode de règlement :

☐ Par chèque à l'ordre de *Pour la Science*

☐ Par carte bancaire

Numéro de carte _____

Date d'expiration _____ Signature obligatoire

Clé _____

(les 3 chiffres au dos de votre CB)

En application de l'article 27 de la loi du 6 janvier 1978, les informations ci-dessus sont indispensables au traitement de votre commande. Elles peuvent donner lieu à l'exercice du droit d'accès et de rectification auprès du groupe Pour la Science. **Par notre intermédiaire, vous pouvez être amené à recevoir des propositions d'organismes partenaires. En cas de refus de votre part, merci de cocher cette case** ☐

VRAI OU FAUX

Les Mac résistent-ils mieux aux virus que les PC ?

Non, ou à peine mieux. Les Mac étaient moins victimes de virus, car leur nombre assez faible en faisait des cibles moins intéressantes pour les pirates informatiques, mais la situation commence à changer...

Jean-Yves Marion

Récemment, plusieurs virus ont attaqué les Mac. Le virus *Flashback*, démasqué en mars de cette année, aurait contaminé environ 600 000 de ces ordinateurs. Dès lors, on s'interroge : les Mac sont-ils aussi résistants aux virus qu'on le dit parfois ?

On désigne souvent les programmes malveillants (cheval de Troie, vers...) par le terme générique de virus. Les virus infectent les ordinateurs à des fins variées : voler des informations, envoyer des spams, récolter de l'argent par des mécanismes divers... Ainsi, *Flashback* envoie les internautes vers des sites « pirates », dont les propriétaires paient 0,65 centime d'euro aux concepteurs du virus chaque fois qu'un internaute arrive sur leur site. De tels virus ont donc intérêt à contaminer le plus d'ordinateurs possible.

Pour infecter un système informatique (navigateur Internet, système d'exploitation...), un virus utilise deux méthodes, souvent combinées. La première consiste à inciter l'internaute à cliquer sur un fichier contenant un programme caché, qui s'exécute alors. Le fichier peut être un lien Internet (prétendument destiné à télécharger une mise à jour, par exemple), une image, un document PDF ou *Word*...

La seconde méthode exploite les failles – ou bugs – d'un logiciel. L'utilisateur est vulnérable dès qu'il est connecté à Internet. Par exemple, une faille de *Word*, aujourd'hui corrigée, « ouvrait une porte » lorsque le logiciel chargeait des polices ; un programme

malveillant pouvait alors s'infiltrer dans l'ordinateur et dicter ses instructions.

Les Mac sont-ils moins vulnérables face à ces deux méthodes ? Leurs utilisateurs risquent moins de cliquer sur des liens frauduleux, car ils passent le plus souvent par l'*Appstore* (une plateforme de téléchargement contrôlée par *Apple*), mais le risque n'est pas nul. Quant à la seconde méthode, l'exploitation des failles, il est difficile de se prononcer. À l'origine, *Mac OS*, le système d'exploitation des Mac, a été élaboré à partir d'un système *Unix*, qui contient *a priori* moins de failles que les autres : en effet, c'est un logiciel libre (son programme est public), de sorte qu'il est en permanence analysé et corrigé par une vaste communauté d'utilisateurs. Cependant, depuis, *Mac OS* a évolué de façon notable et plus ou moins opaque, perdant probablement cet avantage, tandis que la sécurité de *Windows* a progressé.

Pas de système infaillible

Plus généralement, il est impossible de garantir qu'un programme n'a pas de faille et Fred Cohen, de l'Université de Californie, a montré dans les années 1980 qu'il ne peut exister d'antivirus infaillible. Ces résultats sont liés à l'indécidabilité algorithmique, découverte par le père de l'informatique, Alan Turing, qui aurait eu 100 ans en 2012. Dès lors, tous les systèmes informatiques sont vulnérables : les ordinateurs, les tablettes, les smartphones, les imprimantes... C'est

aussi le cas des systèmes industriels, qui sont connectés aux réseaux informatiques et pilotés par des programmes. Ainsi, le virus *Stuxnet* s'est attaqué aux centrifugeuses des centrales nucléaires iraniennes.

La rareté des virus pour Mac résulte donc plus de raisons économiques – les Mac étant environ 13 fois moins nombreux que les PC en 2012, les virus rapportent moins – que d'une solidité informatique intrinsèque. Les Mac sont peut-être un peu plus résistants, notamment grâce à leur système d'exploitation fondé sur *Unix*. Toutefois, si elle existe, cette supériorité est faible et ne résistera pas longtemps lorsque les enjeux économiques justifieront des attaques massives. C'est ce qui commence à se produire. Selon l'entreprise de sécurité informatique *Symantec*, *Flashback* aurait rapporté plus de 8 000 euros par jour à ses concepteurs !

Un moyen simple de limiter les risques d'infection est d'avoir un comportement « raisonnable » sur Internet. Un antivirus est-il utile ? Un PC sans antivirus est vite envahi par les codes malveillants. Ce n'est pas le cas des Mac pour l'instant, mais, nous l'avons vu, c'est surtout en raison d'un relatif désintérêt des concepteurs de virus. Si les Mac acquièrent des parts de marché comparables aux PC, les antivirus deviendront nécessaires...

Jean-Yves MARION dirige le Laboratoire de haute sécurité (LHS) et est codirecteur du Laboratoire lorrain de recherche en informatique et ses applications (LORIA), à l'Université de Nancy.





Astrophysique

Les bienfaits des trous noirs

Caleb Scharf

Le monstre supermassif qui engloutit de la matière
au centre de la Voie lactée a peut-être joué
un rôle clef dans l'apparition de conditions propices
à la vie dans notre région de la Galaxie.

Dans quelle mesure l'apparition de la vie sur notre planète est-elle liée à l'état actuel et à l'évolution passée de ce vaste agencement d'étoiles qu'est notre Galaxie ? De nombreux phénomènes cosmiques sont susceptibles d'influer sur l'existence de la vie, mais certains comptent un peu plus que d'autres. Les trous noirs supermassifs – des monstres de millions, voire de milliards de masses solaires tapis au cœur de certaines galaxies – en font partie. Aucun autre objet dans l'Univers ne convertit avec autant d'efficacité la matière en énergie. Aucun n'est capable d'expulser de la matière à une vitesse proche de celle de la lumière, sur des dizaines de milliers d'années-lumière. Et aucun n'engloutit avec autant de voracité la matière environnante, dans de ponctuels, mais pantagruéliques repas, plutôt que par un grignotage continu.

Le gaz qui tombe sur un trou noir n'a pas une fin tranquille. Il tourne en spirale à très haute vitesse en s'approchant de l'horizon des événements du trou noir (la frontière en deçà de laquelle même la lumière ne peut échapper à l'attraction gravitationnelle de l'astre), et décrit des boucles hyper-rapides si le trou noir est lui-même en rotation. Lorsque le matériau qui tourne rencontre autre chose en chemin, la collision libère une énorme énergie cinétique, convertie en particules accélérées et en rayonnement énergétique. S'ils sont engendrés bien avant l'horizon des événements, ces particules et ces photons peuvent échapper au trou noir et déferlent alors dans l'Univers. C'est un peu comme le bruit d'une baignoire qui se vide : une partie de l'énergie cinétique de rotation de l'eau qui s'engouffre dans la bonde est convertie en ondes sonores à cause des frottements. Ces ondes sonores, plus rapides que l'eau, s'échappent. Dans le cas d'un trou noir, l'énergie expulsée au cours de ces festins de gaz peut avoir des effets à l'échelle de la galaxie tout entière.

Les astronomes qualifient de « cycle d'activité » l'enchaînement des périodes d'activité et des plages de repos d'un trou noir, par analogie avec les cycles d'une machine à laver. La durée du cycle d'activité d'un trou noir décrit la vitesse à laquelle il passe d'une phase d'accrétion

intense de matière à une phase de disette, où il n'a rien à engloutir, et inversement. Le trou noir supermassif au centre de la Voie lactée est aujourd'hui au repos, mais on sait désormais qu'il se réveille de temps en temps. Son cycle serait corrélé à l'évolution globale de la Galaxie. L'histoire du trou noir central éclaire également celle du Système solaire et des conditions propices à la vie qui y règnent.

L'étude des grands relevés de galaxies indique que le cycle d'activité d'un trou noir supermassif est lié au profil de population stellaire de la galaxie qui l'abrite. Les processus qui alimentent en matière le trou noir central influent vraisemblablement sur le type d'étoiles qui peuplent la galaxie, et l'énergie dégagée par un trou noir durant son pic d'activité stimule l'évolution du contenu en étoiles de la galaxie. La population d'étoiles est un indicateur clef pour déterminer la nature d'un système galactique. Les étoiles peuvent être plus ou moins rouges ou bleues. Les étoiles bleues sont les étoiles les plus massives ; elles consomment leur combustible nucléaire à un rythme effréné dans une débauche d'énergie et meurent après quelques millions d'années seulement. Les étoiles rouges, à l'inverse, sont plus petites, moins lumineuses, et vivent au bas mot plusieurs milliards d'années.

Trou noir et vieilles étoiles

Si on additionne la lumière issue de toutes les étoiles d'une galaxie, la couleur globale tend soit vers le rouge, soit vers le bleu. Les galaxies rouges sont généralement des galaxies elliptiques, vieilles et massives, tandis que les galaxies plus bleues sont souvent des galaxies spirales, plus actives et plus modestes. Entre ces deux extrêmes, il existe une plage de transition, regroupant peut-être les galaxies dont les étoiles jeunes et bleues meurent et ne sont plus remplacées, entraînant ainsi un rougissement général de la population stellaire. De façon un peu ironique, les astronomes nomment cette zone intermédiaire la « vallée verte ».

Durant le dernier milliard d'années, ce sont les trous noirs centraux des plus grandes galaxies spirales de la vallée verte qui ont eu les cycles d'activité les plus intenses. Dans ces galaxies se trouvent les trous noirs géants qui grossissent et rayonnent de la façon la plus

L'ESSENTIEL

- **Les trous noirs supermassifs situés au cœur des galaxies ne font pas qu'engloutir la matière environnante. Ils rayonnent aussi une grande énergie et expulsent de la matière à vitesse très élevée.**
- **L'activité d'un trou noir central a une influence directe sur sa galaxie hôte. L'énergie libérée agit sur la formation stellaire et régule ainsi le vieillissement de la population d'étoiles.**
- **La Voie lactée abrite un trou noir de quatre millions de masses solaires, assez actif pour modérer la formation d'étoiles, mais pas assez pour l'étouffer complètement. Un juste milieu sans lequel la vie n'aurait probablement pas pu se développer.**

1. LA MATIÈRE QUI TOMBE en tourbillonnant sur un trou noir supermassif rayonne de façon intense. Une partie est expulsée à très grande vitesse dans la galaxie.