



DÉCOUVRIR
DES INNOVATIONS
GÉNIALES

RÉVÉLER
DES DÉCOUVERTES
SCIENTIFIQUES

RACONTER
DES ÉPISODES
MARQUANTS



NATIONAL
GEOGRAPHIC

101 INVENTIONS QUI ONT CHANGÉ LE MONDE



BEL : 8,90 € - CH : 14 CHF - CAN : 13,99 CAD - LUX : 8,90 € - DOM : Bateau : 8,90 € - Zone GFP Bateau : 11,00 XPF.



PM PRISMA MEDIA

L 15607 - 47 H - F - 6,90 € - RD



NOS EXPERTS ANIMALIERS SE METTENT EN QUATRE POUR PRENDRE SOIN
DE TOUS LES ANIMAUX... DU PLUS PETIT AU PLUS GRAND !

RETROUVEZ NOS
**EXPERTS
ANIMALIERS**

L'INCROYABLE DR. POL, SNAKES IN THE CITY,
MICHELLE OU LA VIE SAUVAGE

TOUS LES SOIRS À **20.45**



NATIONAL
GEOGRAPHIC

WILD

ÉDITO



Près de Socorro, au Nouveau-Mexique, des radiotélescopes géants captent des ondes radio cosmiques.

TOUJOURS PLUS LOIN

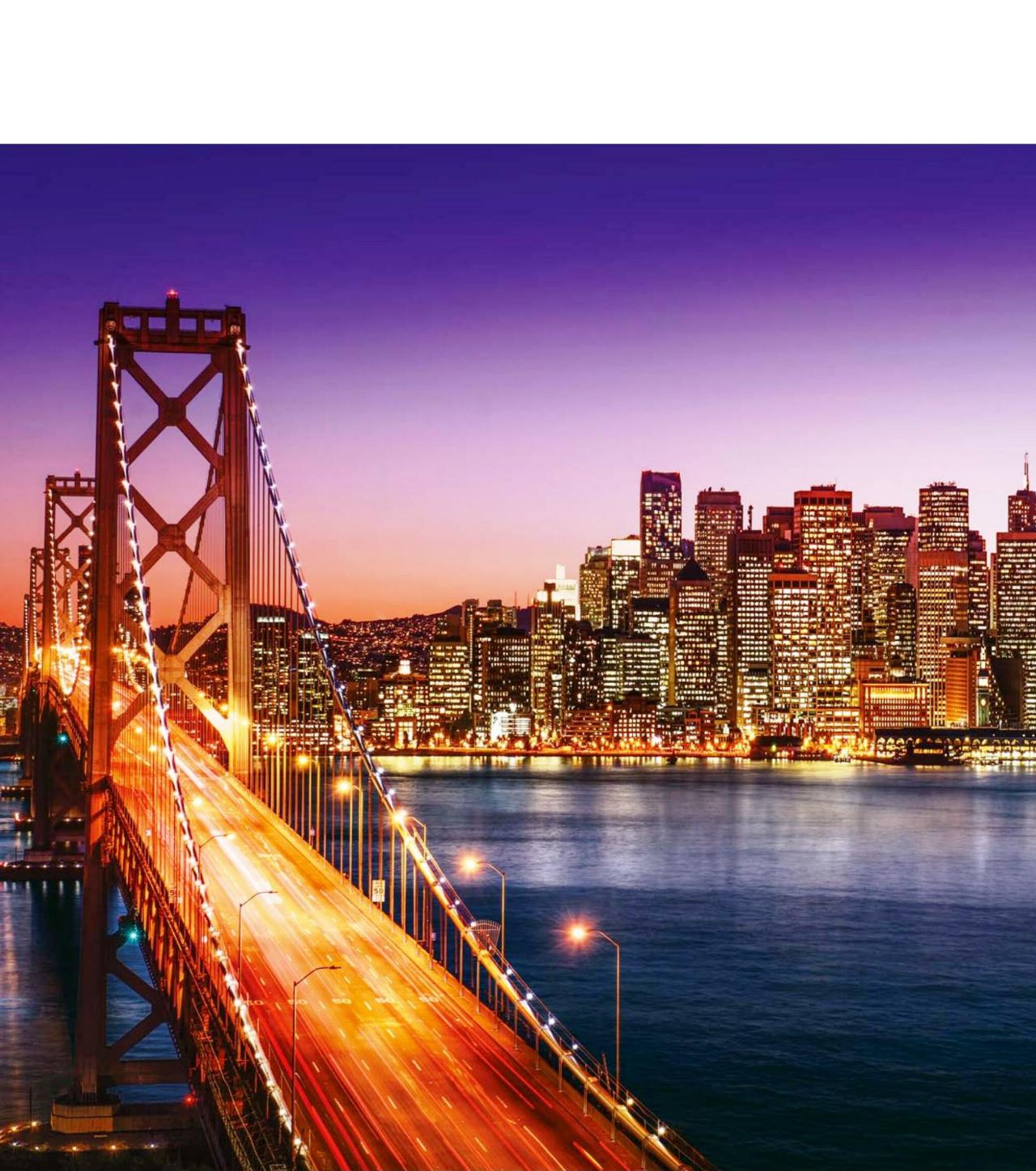
APRÈS LA SECONDE GUERRE MONDIALE, IDENTIFIER la structure de l'acide désoxyribonucléique (ADN), la clé du patrimoine génétique, occupe de nombreux scientifiques. Parmi eux, deux biologistes, l'Américain James Watson et le Britannique Francis Crick. Le 25 avril 1953, les deux hommes mettent en évidence que l'ADN se présente sous la forme d'une spirale à deux brins, enroulée autour d'un axe. Cette découverte révolutionne la biologie et la médecine, ouvrant des possibilités nouvelles dans les domaines des enquêtes criminelles, du dépistage prénatal et des traitements contre les maladies.

L'innovation et l'invention sont sans doute les plus puissants moteurs de l'être humain. Elles lui ont permis de communiquer par-delà les océans, d'atteindre l'espace, de transformer le quotidien, de sauver des vies mais de faire la guerre aussi.

Les 101 technologies, objets et théories présentés dans ce hors-série couvrent des milliers d'années et témoignent de la façon dont ils ont marqué l'Histoire. Des premiers vaccins au poste de télévision en passant par la chaîne de montage ou bien les algorithmes de l'intelligence artificielle, ils ont entraîné des changements sans précédent dans les modes de vie comme dans la longévité des populations. Leurs conséquences sur l'humanité, qu'elles soient bénéfiques ou néfastes, sont inestimables.

Aujourd'hui, alors que seuls 50 % des Français font confiance à la science et à la technologie pour vivre mieux, nous comptons sur la prochaine génération d'inventeurs pour imaginer un monde plus durable.

Catherine Ritchie, rédactrice en chef adjointe





SOMMAIRE

6

28

48

70

92

CHAPITRE 1

LES PROGRÈS DE LA MÉDECINE

Des médecins et des chercheurs combattent la maladie et percent les secrets du corps humain en améliorant les diagnostics, les vaccins et les traitements.

CHAPITRE 2

LES COMMUNICATIONS ET LES TRANSPORTS

Des autoroutes aux réseaux de télécommunications à haut débit, le monde est plus connecté que jamais.

CHAPITRE 3

L'ARMÉE ET L'INDUSTRIE

Les outils et les armes les plus perfectionnés sont souvent nés dans les secteurs hyper-compétitifs que sont l'armée et l'industrie.

CHAPITRE 4

LA SCIENCE ET L'ÉLECTRONIQUE

Dans un monde au rythme effréné, la technologie est en pleine expansion. Les avancées en électronique ont engendré, entre autres, les ordinateurs, le laser et les robots.

CHAPITRE 5

LES OBJETS DU QUOTIDIEN

Les objets qui facilitent et embellissent la vie sont souvent le fruit de gens ordinaires touchés par l'inspiration.

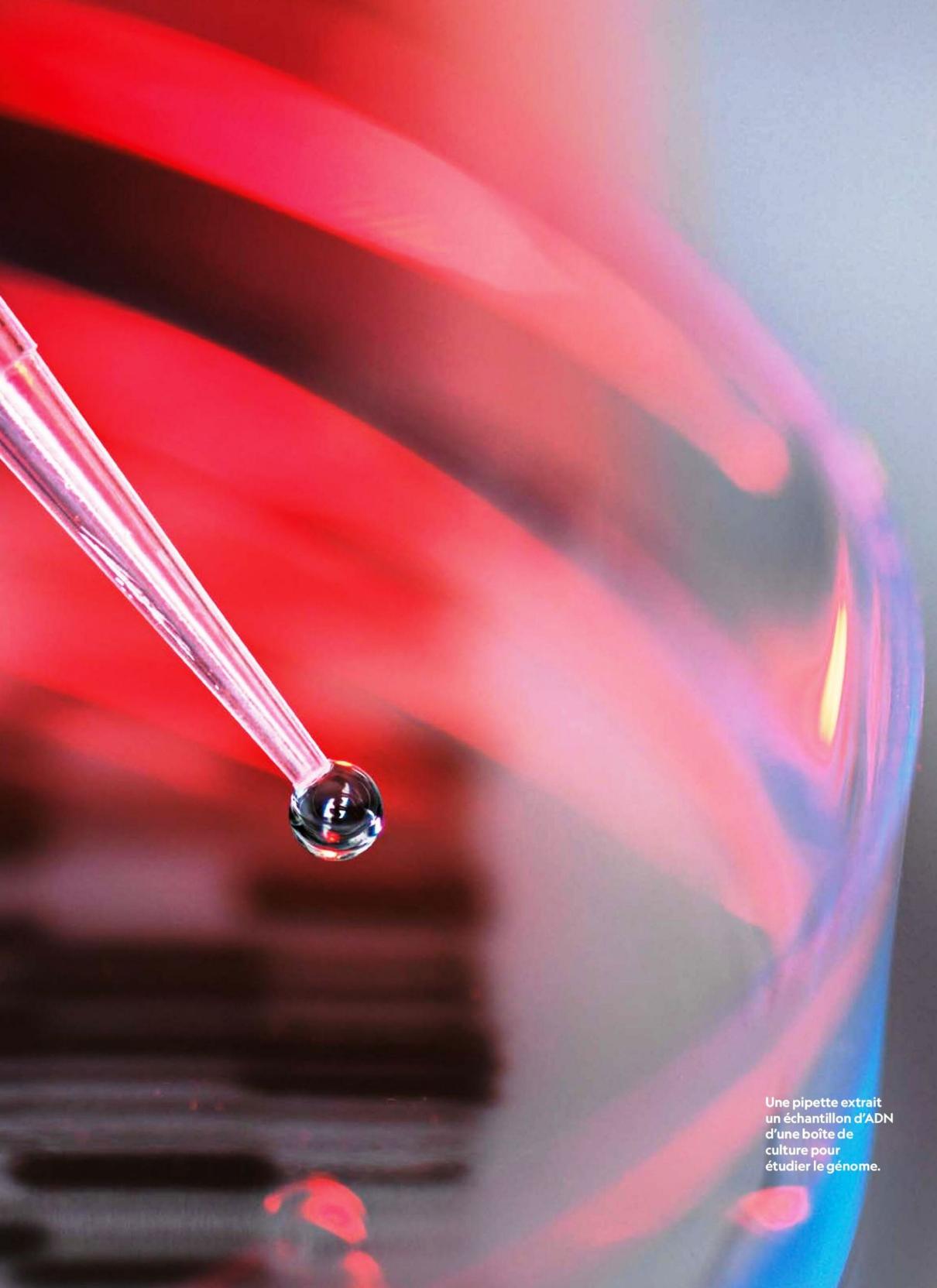
Construit en 1936 en Californie, le Bay Bridge relie Oakland à San Francisco.

LES PROGRÈS DE LA MÉDECINE



ÉLUCIDER LES MYSTÈRES
DU CORPS

Les outils que les médecins ont à leur disposition se sont considérablement étoffés au cours du siècle dernier. Des antibiotiques puissants sont capables de combattre presque toutes les bactéries. Des doses quotidiennes d'insuline permettent de prolonger la vie d'un diabétique. Les vaccins ont éliminé certaines des épidémies les plus mortelles de l'histoire de l'humanité. Presque toutes ces avancées seraient impossibles sans des instruments comme le microscope ou la seringue. Des percées dans les domaines de la recherche en laboratoire et de la biotechnologie sont en train de résoudre les mystères du corps humain et de donner un second souffle aux malades.



Une pipette extrait
un échantillon d'ADN
d'une boîte de
culture pour
étudier le génome.

1

Gloire et controverse du CLONAGE

LA BREBIS DOLLY a fait les gros titres du monde entier en tant que premier mammifère cloné à partir d'une cellule adulte. Elle n'avait qu'un seul parent, une brebis qui a fourni des cellules de glande mammaire. Des scientifiques avaient bien cloné des animaux auparavant, mais uniquement à partir de cellules embryonnaires. Il a fallu 277 essais avant d'obtenir Dolly mais, quand elle naît en 1996, il s'agit d'une première. L'agneau créé possède un ADN identique à celui du parent donneur, une brebis de six ans. L'arrivée de Dolly déclenche presque aussitôt une controverse, un débat public sur l'éthique du clonage.

COMMENT CLONE-T-ON ?

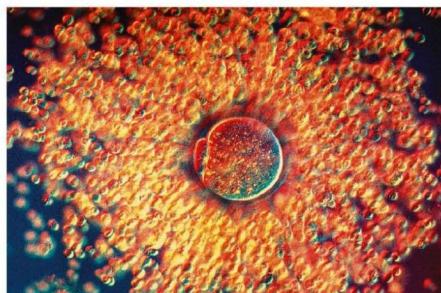
Le clonage est le procédé par lequel une cellule unique peut produire une progéniture à l'ADN identique. Le clonage peut se faire de façon naturelle, comme dans le cas des vrais jumeaux, mais il peut aussi être réalisé dans un laboratoire au moyen du jumelage artificiel d'embryons, qui consiste à diviser l'embryon

dans une boîte de culture, juste après la fécondation. Cette technique est utilisée lors de la fécondation *in vitro* (FIV), pour augmenter le nombre d'embryons disponibles et augmenter les chances des femmes d'avoir un enfant. Les nourrissons ont un ADN identique parce qu'ils viennent du même ovule fécondé.

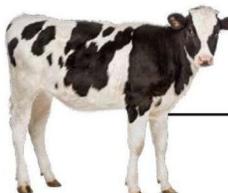
La brebis Dolly a été créée par une technique de clonage plus compliquée appelée transfert nucléaire de cellule somatique. Le procédé consiste à implanter le noyau donneur (dans ce cas, une cellule de la glande mammaire de la mère de Dolly) à l'intérieur d'un ovule sans noyau – la partie de la cellule qui contient le matériel génétique. Après plusieurs divisions, les scientifiques implantent l'embryon viable à une mère porteuse ou à la mère d'origine, aboutissant à un clone doté d'un code génétique identique.

L'AVENIR DU CLONAGE

L'une des applications les plus susceptibles de sauver des vies est le clonage thérapeutique. Cette technique, utilisée pour créer Dolly, reste controversée car elle implique l'utilisation de cellules souches embryonnaires (CSE). Généralement données aux laboratoires de recherche par les cliniques qui pratiquent des FIV, ces cellules CSE peuvent aider les chercheurs à découvrir de nouveaux traitements, à tester de nouveaux médicaments et à identifier les causes moléculaires des pathologies. Les thérapies cellulaires pourraient à terme permettre de remplacer les cellules endommagées par une blessure ou une pathologie. Un traitement applicable à la maladie de Parkinson, à la sclérose en plaques et aux cardiopathies. Les chercheurs espèrent parvenir un jour à utiliser des cellules clonées à partir de tissus sains pour cultiver des organes



Des milliers de cellules entourent un ovocyte en attente d'un transfert de noyau, lors d'une étape du clonage.



L'évolution du clonage

1885

Après avoir été secoués, des embryons d'oursin bicellulaires se séparent mais conservent des composants génétiques identiques.

1902

Une salamandre est le premier embryon de vertébré cloné au moyen du jumelage artificiel d'embryons.

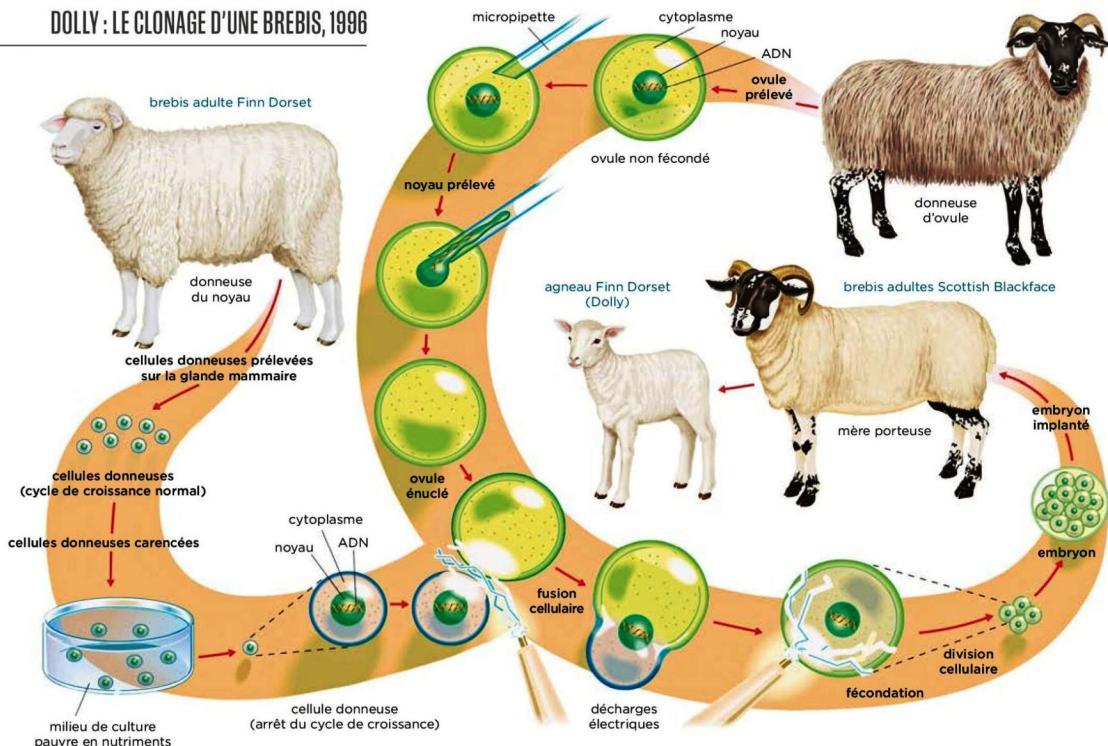
1952

Le premier transfert de noyau est effectué avec un embryon de têtard.

1975

Premier transfert de noyau dans un ovule de mammifère.

DOLLY : LE CLONAGE D'UNE BREBIS, 1996



Dolly, le premier mammifère cloné, contenait l'identité génétique d'une brebis Finn Dorset. Elle n'a hérité ni des gènes de sa mère porteuse ni de ceux de la donneuse d'ovule, qui étaient des Scottish Blackface.

destinés aux greffes. Issus du matériel génétique du patient, ces organes ne présenteront pas de risque de rejet. Mais, comme les cellules proviennent d'embryons fertilisés, la technique pose un dilemme moral aux scientifiques et aux opposants au clonage.

Les chercheurs peuvent également recourir au clonage pour obtenir des qualités recherchées chez certains animaux, comme des vaches produisant plus de lait ou des porcs donnant de la viande plus maigre.

Autorisé depuis 2008 aux Etats-Unis, le recours au clonage d'animaux pour l'alimentation est interdit en France. Par ailleurs, le clonage peut être un moyen de reconstituer une population d'espèce menacée. En 2003, des chercheurs américains ont ainsi cloné le banteng, une espèce de bœuf sauvage. Cependant, il faudra peut-être plusieurs années pour que des applications novatrices se généralisent, car le clonage reste onéreux et pose des problèmes techniques.

1984

Un ovule vidé de son noyau est fusionné avec une cellule provenant d'un embryon d'agneau, donnant naissance à trois agneaux vivants.

1987

Des chercheurs clonent deux veaux, Fusion et Copy, à partir de cellules embryonnaires.

2013

Les scientifiques clonent une cellule prélevée sur un bébé atteint d'une maladie génétique rare. Il s'agit de créer une source de cellules souches embryonnaires pouvant soigner le nourrisson.

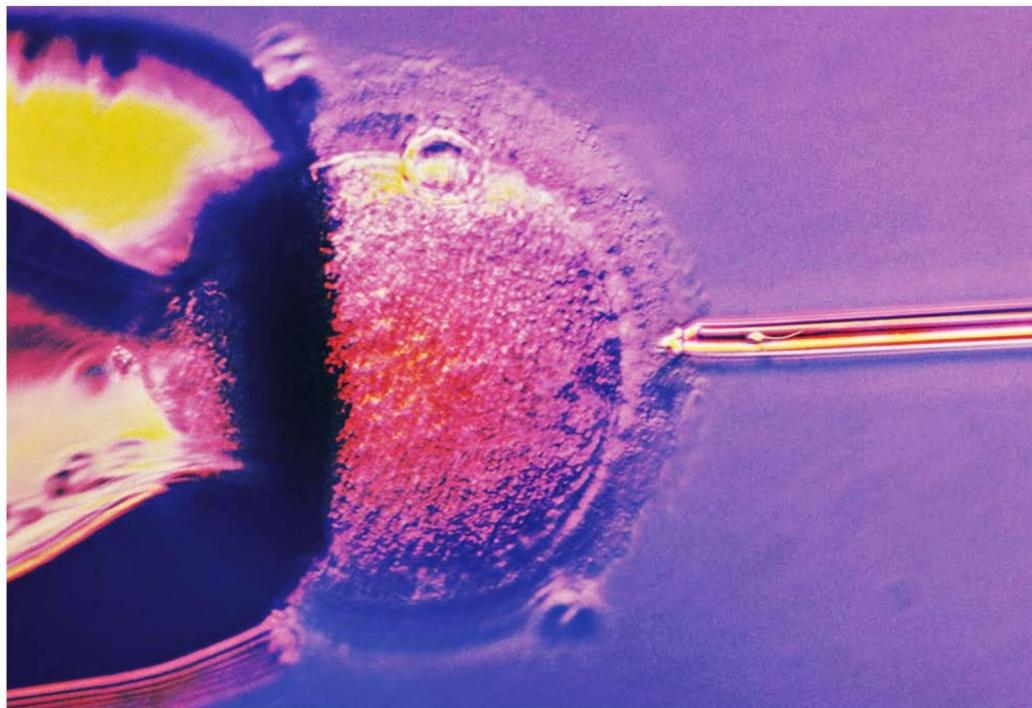
2 Des enfants conçus par FÉCONDATION IN VITRO

AVANT LA FÉCONDATION IN VITRO (FIV), une femme dans l'incapacité de concevoir ne disposait d'aucun recours pour avoir des enfants biologiques. Mais, au début des années 1970, les scientifiques britanniques Robert Edwards et Patrick Steptoe révolutionnent la reproduction humaine en créant un embryon en dehors de l'utérus, en laboratoire.

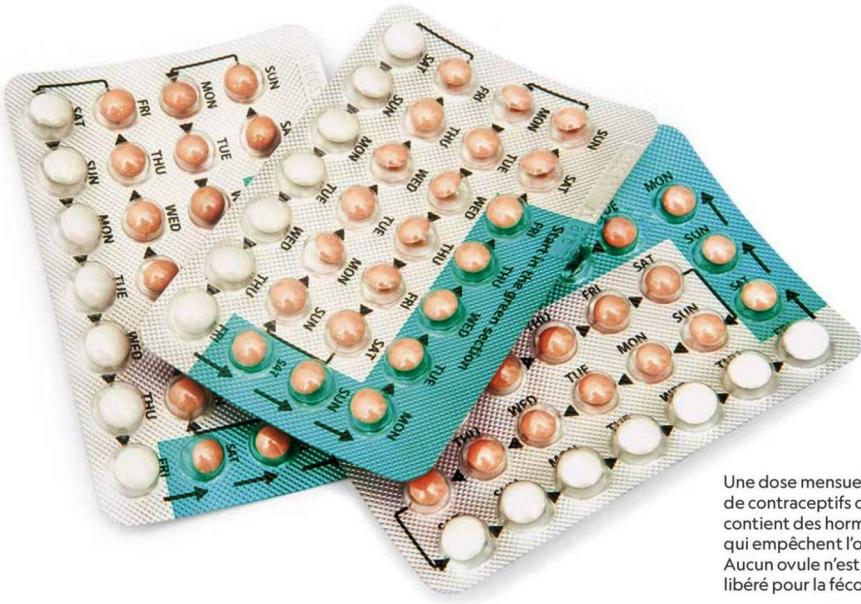
Au début, Edwards et Steptoe sont en butte à des critiques et à des échecs. Des opposants trouvent l'idée d'un « bébé-éprouvette » moralement inacceptable. Les médecins se voient refuser un financement public mais obtiennent des fonds privés. Ils poursuivent leurs recherches loin de l'opprobre. En 1976, Steptoe et Edwards rencontrent John et Lesley Brown, qui essaient

depuis neuf ans d'avoir un enfant. Quelque temps après, lors d'une intervention chirurgicale, Steptoe prélève un ovule à Lesley, puis lui injecte un spermatozoïde de John. Deux jours plus tard, l'ovule fécondé est un embryon au stade de huit cellules. Steptoe l'implante dans l'utérus de Lesley. Louise Brown voit le jour.

Mais la naissance de Louise n'est qu'un début. Depuis, plus de cinq millions de bébés – dont beaucoup ces dix dernières années – sont venus au monde par FIV, car la pratique s'est généralisée. Bien que la réussite ne soit pas garantie et que la technique se révèle souvent chronophage, chère et stressante, la FIV peut changer la vie des femmes qui ne peuvent pas avoir d'enfant naturellement.



À l'aide d'un puissant microscope, un embryologiste utilise une fine seringue de verre pour injecter un spermatozoïde dans un ovule.



Une dose mensuelle de contraceptifs oraux contient des hormones qui empêchent l'ovulation. Aucun ovule n'est ainsi libéré pour la fécondation.

3 La lutte pour LE CONTRÔLE DES NAISSANCES

LES HUMAINS ont toujours eu recours à des méthodes ingénieuses pour se prémunir de grossesses non désirées, allant de préservatifs rudimentaires au coït interrompu. Mais c'est Margaret Sanger, une infirmière et militante américaine, qui invente l'expression « contrôle des naissances ».

En 1916, Margaret Sanger ouvre la première clinique de planning familial aux États-Unis. Une initiative risquée et difficile dans la mesure où des personnalités à la forte influence s'opposent par tradition à la mise à disposition d'une contraception fiable. Ainsi, la loi Comstock, adoptée par le Congrès américain en 1873, permet à la poste de restreindre les informations sur les contraceptifs, même provenant de médecins. Le gouvernement classe tous les documents concernant

la contraception dans la catégorie « littérature obscene » pour un « usage immoral ». Leur distribution est passible d'emprisonnement et d'une lourde amende.

Margaret Sanger demande au biologiste américain Gregory Pincus de faire des recherches sur l'utilisation des hormones à des fins contraceptives. En 1956, Pincus met au point le premier contraceptif oral, l'Enovid, réservé initialement aux couples mariés. En France, en 1967, la loi Neuwirth autorise la contraception qui ne sera cependant remboursée qu'en 1975, avec la loi Veil.

La contraception donne aux femmes la possibilité de choisir quand et si elles veulent devenir mères. La diminution des grossesses involontaires a permis à davantage de femmes de poursuivre leurs études et d'entrer sur le marché du travail.



L'INFO EN PLUS

La limitation volontaire des naissances, grâce à différents procédés, apparaît en Occident aux alentours de la Renaissance et, en France, dès la fin du XVII^e siècle.

4 Les mystères génétiques de l'ADN

APRÈS-GUERRE, IDENTIFIER la structure de l'acide désoxyribonucléique (ADN), la clé du patrimoine génétique, occupe de nombreux scientifiques. Parmi eux, deux biologistes, l'Américain James Watson et le Britannique Francis Crick.

Le 25 avril 1953, les deux hommes mettent en évidence que l'ADN se présente sous la forme d'une spirale à deux brins, dont chacun contient une chaîne de molécules qui jouent le rôle d'unités de base. L'ADN se duplique en se divisant en deux brins, dont chacun forme un brin complémentaire, créant ainsi deux hélices identiques à partir d'une seule. Bien que Watson et Crick s'attirent une grande partie de la renommée et de la reconnaissance pour avoir percé le secret de l'ADN, ils se sont en réalité appuyés sur les travaux de nombreux autres chercheurs. Parmi eux,

la chimiste Rosalind Franklin qui prit des clichés de l'ADN par cristallographie par rayons X et le biochimiste Erwin Chargaff qui découvrit les quatre bases azotées de l'ADN. L'identification du code génétique révolutionne la biologie et la médecine, ouvrant des possibilités dans les domaines des enquêtes criminelles, du dépistage prénatal, des aliments génétiquement modifiés et des traitements contre les maladies.

Les scientifiques savaient que les cellules contenaient des informations génétiques, mais la structure en double hélice de l'ADN a été difficile à découvrir.



5 La mortalité infantile réduite avec le SCORE D'APGAR

MÉDECIN-ANESTHÉSISTE AMÉRICAINNE, Virginia Apgar travaille au sein de maternités dans les années 1950, une époque où les taux de mortalité néonatale sont terriblement élevés. Après avoir observé des accouchements pendant des années, Apgar met au point en 1952 une méthode simple pour décrire la viabilité d'un nourrisson sitôt après la naissance.

Première évaluation clinique de routine de la santé du nouveau-né, le score d'Apgar est encore pratiqué de nos jours. Virginia Apgar sélectionne cinq critères à mesurer : la fréquence cardiaque, la respiration, les réflexes, le tonus musculaire et la coloration de la peau. Une minute après la naissance, une infirmière ou un

médecin attribue une note (0, 1 ou 2) à chacun de ces critères, obtenant un score total compris entre 0 et 10.

Le score aide les médecins à réagir avec rapidité et efficacité. Selon une étude réalisée en 2001 à l'université du Texas, le score d'Apgar, utilisé dans le monde entier, reste un indicateur pertinent pour la survie néonatale. Jusqu'à la fin de sa vie, en 1974, Virginia

Apgar poursuivra son action dans le domaine de la santé publique, se consacrant à l'étude des anomalies congénitales et dirigeant des programmes au sein de l'association March of Dimes.



Un nouveau-né passe le test d'Apgar une minute après sa naissance.

6

Des réponses sur la mort grâce à l'autopsie

DANS LEUR QUÊTE POUR COMPRENDRE le corps humain, les peintres de la Renaissance Léonard de Vinci et Michel-Ange dissèquent des cadavres. À la même époque, le médecin florentin Antonio Benivieni est l'un des premiers à recourir régulièrement aux autopsies pour expliquer les causes de la mort. Plus tard, ses compatriotes anatomistes Mondino de Liucci et Giovanni Morgagni développent la technique de l'autopsie. Souvent menées à l'université dans des « théâtres anatomiques » publics, les dissections attirent les spectateurs. En 1761, Morgagni publie un livre renommé sur l'anatomie. Il y décrit ses observations tirées de l'étude de plus de six cents cadavres. L'importance que Morgagni confère aux informations obtenues lors des autopsies bouleverse la pathologie,

branche de la médecine qui étudie les maladies. Au XIX^e siècle, le pathologiste allemand Rudolf Virchow encourage les médecins à utiliser le microscope pour percer les mystères de la maladie à l'échelle cellulaire.

Les pathologistes commencent à consigner les modifications anatomiques qui se produisent chez les patients après la mort afin d'identifier les causes profondes et les symptômes des affections.

La déroulement de l'autopsie n'a pas beaucoup changé au cours du siècle dernier. Le médecin légiste examine le corps pour relever les éventuels traumatismes externes et les anomalies internes. Cet examen est généralement suivi d'une analyse au microscope. Les organes, le cerveau et la moelle épinière peuvent également être disséqués si nécessaire.

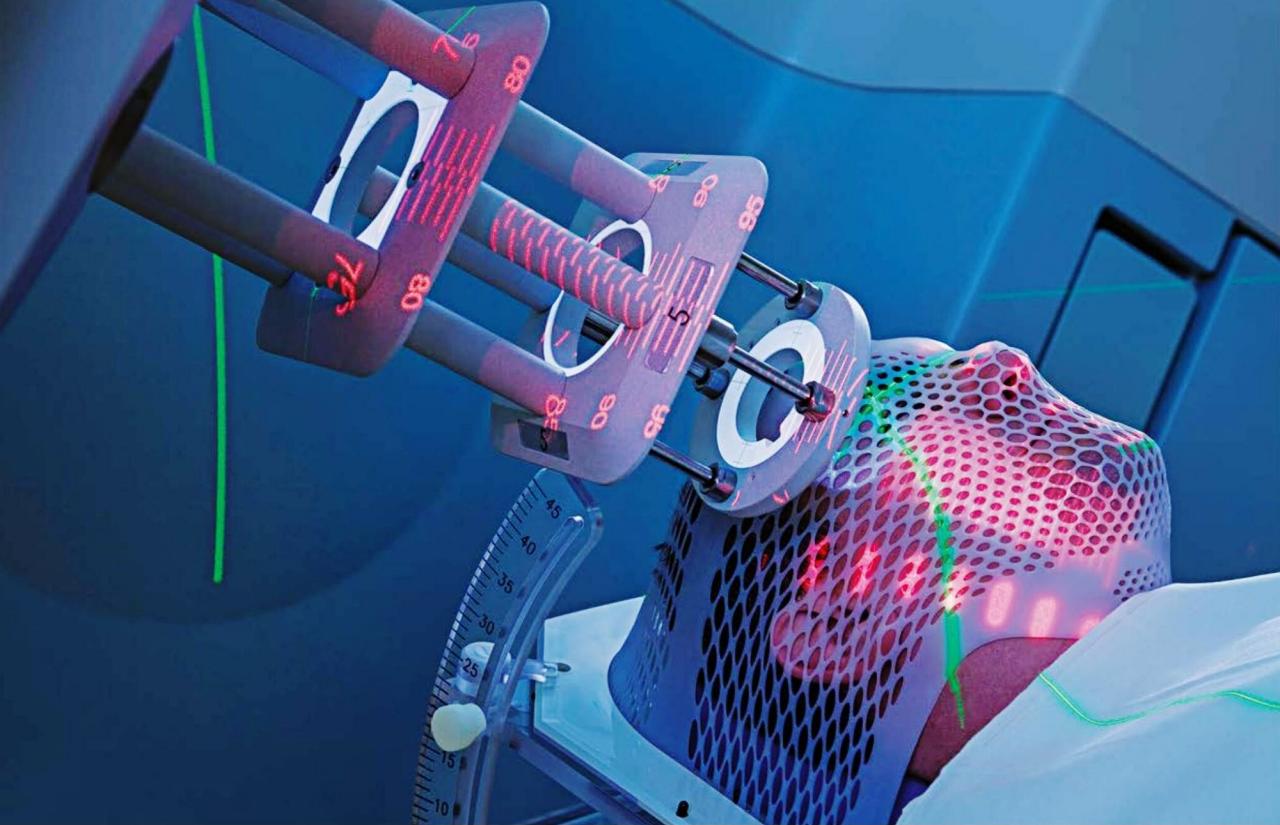


Au début du XVI^e siècle, Léonard de Vinci réalise le croquis anatomique d'un cœur après avoir disséqué de nombreux cadavres.



L'INFO EN PLUS

Selon ses biographes, Michel-Ange avait sa propre salle de dissection dans une église de Florence. Pour preuve, la précision anatomique des personnages peints sur le plafond de la chapelle Sixtine.



La radiothérapie utilise l'exposition partielle (ou localisée) pour éliminer les cellules cancéreuses tout en protégeant les cellules saines.

7 Lutter contre le cancer par la RADIOTHÉRAPIE

LE PROFESSEUR DE PHYSIQUE ALLEMAND Wilhelm Röntgen découvre par accident les rayons X en 1895. Dans le monde entier, inventeurs et scientifiques tentent alors de les exploiter, et la communauté médicale en perçoit presque aussitôt l'intérêt.

Émile Grubbé, un médecin américain, constate une modification importante de l'aspect de sa peau quand un rayon X interagit avec elle. Observant les dégâts des rayonnements sur les cellules normales de ses tissus, il décide d'y exposer des tissus cancéreux. En 1896, il teste les rayons X sur une femme souffrant d'un cancer du sein, mais il attend plusieurs années avant d'en publier les résultats. À cette époque, un grand nombre d'autres médecins mènent aussi des expériences autour de cette thérapie.

Peu après, des scientifiques发现 que les rayons peuvent non seulement rétrécir les tumeurs cancéreuses mais aussi les provoquer. Nombre des radiologues qui ont testé à plusieurs reprises des rayons X sur leurs bras pour trouver le dosage approprié développeront des leucémies. Grubbé lui-même aura un certain nombre de problèmes de santé dus à une exposition excessive et non protégée aux rayons.

Actuellement, les progrès technologiques ont permis d'aboutir à des protocoles de radiothérapie plus précis, qui limitent l'exposition des tissus sains et délivrent des faisceaux de rayonnement qui ciblent l'emplacement exact d'une tumeur. Aux côtés de la chimiothérapie et de la chirurgie, la radiothérapie reste un élément crucial du traitement anticancéreux.

8

Comprendre la maladie grâce à la THÉORIE MICROBIENNE

LA CAUSE BIOLOGIQUE de la maladie est restée un mystère pendant des siècles. À l'époque de la Grèce antique, le médecin Hippocrate émet l'hypothèse selon laquelle une mauvaise santé est causée par un «air impur». Des siècles plus tard, dans un rapport de recherche datant de 1677, le scientifique hollandais Antonie Van Leeuwenhoek remarque de minuscules organismes dans une gouttelette d'eau. Ils seront plus tard identifiés comme des microbes. Bien que des scientifiques notent la présence de microbes spécifiques dans le sang de personnes atteintes de certaines maladies, ils pensent que ces micro-organismes sont le résultat de la maladie plutôt que sa cause.

Au XIX^e siècle, les progrès techniques du microscope permettent aux scientifiques d'approfondir leurs recherches sur ces micro-organismes et leur lien avec

la maladie. Le chimiste français Louis Pasteur découvre que la fermentation du vin est causée par un micro-organisme précis et constate que, lorsqu'il est chauffé, il disparaît et que la fermentation s'arrête.

En appliquant la théorie de la fermentation de Pasteur à la maladie du charbon, le microbiologiste allemand Robert Koch constate que les bactéries de cette pathologie en sont la cause, et non le résultat. Il élabore une méthode. Appelée postulat de Koch, elle détermine si une bactérie en particulier provoque une maladie spécifique. En utilisant cette méthode désormais célèbre, il découvre la bactérie responsable de la tuberculose, une maladie qui fait des ravages à l'époque. Dès 1900, en s'appuyant sur les théories de Koch et Pasteur, les scientifiques ont identifié vingt-et-un micro-organismes responsables de maladies.



Parmi les découvertes de Louis Pasteur en microbiologie figurent l'élaboration de vaccins et la pasteurisation.

9

Des injections vitales D'INSULINE ARTIFICIELLE

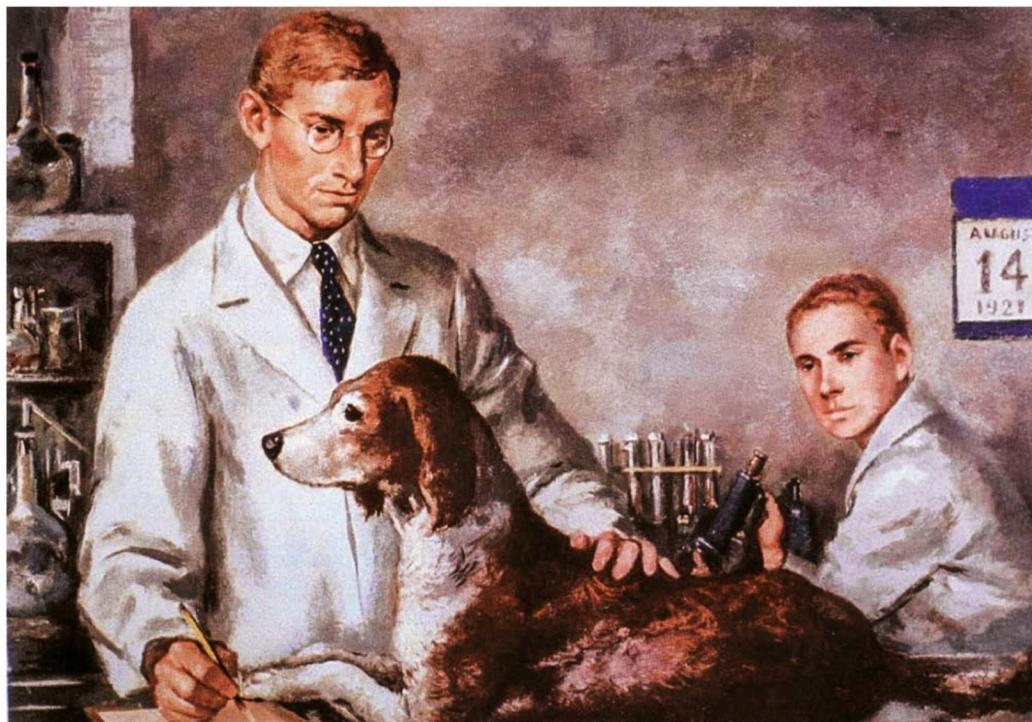
AVANT QUE LES SCIENTIFIQUES ne comprennent le rôle de l'insuline, les diabétiques ne vivaient pas longtemps. Les médecins savaient que le sucre jouait un rôle essentiel mais un régime, même strict, ne prolongeait la vie du patient que de quelques années. Aujourd'hui, les médecins connaissent le rôle de l'insuline. Cette hormone naturelle qui transforme le glucose régule le taux de sucre (ou glycémie) dans l'organisme. Chez les diabétiques, le pancréas ne produit pas d'insuline, ce qui entraîne l'accumulation de sucre dans le système sanguin.

En 1921, le médecin canadien Frederick Banting préleve le pancréas d'un chien. Privé de cet organe, l'animal tombe très malade : il a démesurément soif et urine fréquemment. Son état de santé se dégrade.

Frederick Banting se sert du pancréas pour élaborer une solution qu'il appelle islétine. Quand il l'injecte au chien, la glycémie du sujet diminue et il guérit.

Les pancréas de chiens devenant difficiles à obtenir, Banting et son assistant Charles Best, un étudiant en médecine, se mettent à utiliser des organes de bovins. Ils testent la solution sur eux-mêmes : elle les affaiblit, mais ils sont indemnes. En ajustant le dosage, ils finissent par trouver le bon rapport glucose/insuline.

En 1922, le Canadien Leonard Thompson, âgé de 14 ans, devient le premier diabétique à recevoir de l'insuline artificielle. Proche de la mort avant l'injection, son état de santé s'améliore dès la première dose. L'insuline ne guérit pas le diabète, mais elle permet aux malades de vivre longtemps et en bonne santé.



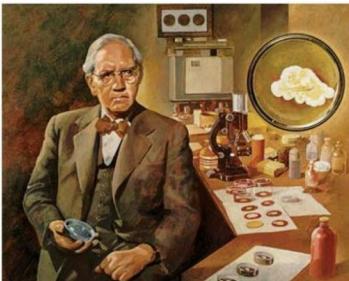
Frederick Banting et Charles Best injectent de l'insuline à un chien pour tester le procédé qui permettra de traiter le diabète.

10

Des bactéries mortelles arrêtées par la PÉNICILLINE

EN 1928, LE SCIENTIFIQUE écossais Alexander Fleming découvre dans son laboratoire qu'une boîte de culture contenant un échantillon de *Staphylococcus* a été contaminée par un champignon. À la grande surprise du chercheur, la moisissure a empêché la bactérie de proliférer et tué les microbes qui s'y étaient formés. Fleming identifie le champignon comme étant *Penicillium notatum*. Pensant qu'il peut combattre d'autres maladies infectieuses, il fait part de sa découverte à Howard Florey, un éminent pathologiste australien.

Il faudra près de quatorze ans pour développer une injection antibactérienne destinée à un usage courant,



notamment parce qu'il faut pas moins de 2000 L de culture fongique pour produire la pénicilline nécessaire au traitement d'un seul malade. Par chance, Florey découvre une autre souche du champignon, *Penicillium chrysogenum*, qui est capable de produire près de mille fois plus de pénicilline. En 1945, les scientifiques rem-

portent le prix Nobel pour leurs travaux. Les médecins ont enfin le moyen de guérir les patients d'infections mortelles comme *E. coli*, l'angine ou la tuberculose.

Alexander Fleming découvre le premier antibiotique.



L'INFO EN PLUS

Lors du discours de réception de son prix Nobel, Alexander Fleming prédit que les bactéries pourront devenir résistantes à la pénicilline. La résistance bactérienne est découverte en 1947, quatre ans seulement après le début de la production de masse du médicament.

11

La biologie sous le MICROSCOPE

SANS LE MICROSCOPE, nombre de découvertes médicales majeures auraient été inconcevables. Cet outil permet aux scientifiques d'observer des choses invisibles à l'œil nu. Dans les années 1590, Zacharias Janssen et son père Hans, des Néerlandais, conçoivent le premier microscope composé en combinant deux types de lentilles à l'intérieur d'un tube. Il a un grossissement de 20 à 30 fois. Mais des difficultés techniques rendent ces premiers instruments difficiles à utiliser. Dans les années 1670, leur compatriote Antonie Van Leeuwenhoek est le premier à employer un microscope à des fins médicales. Une simple lentille, au grossissement supérieur à 200 fois, fixée dans un minuscule orifice percé dans une plaque de cuivre

permet à Leeuwenhoek de comprendre le rôle des bactéries dans le corps humain et l'aide à découvrir les organismes unicellulaires.

Dans les années 1930, le microscope électronique révèle des spécimens plus petits, des structures jusqu'à 100 000 fois inférieures à celles décelées au microscope optique. Le microscope électronique permet aux scientifiques d'observer des détails aussi infimes que la membrane d'une cellule.

Microscope à trois grossissements



12 Des épidémies arrêtées par les VACCINS

LES VACCINS comptent parmi les armes les plus puissantes du monde pour lutter contre les épidémies et les maladies contagieuses. Selon les Centres pour le contrôle et la prévention des maladies des États-Unis (CDC), les vaccins administrés aux nourrissons et jeunes enfants américains dans les vingt dernières années préviendront 322 millions de maladies, 21 millions d'hospitalisations et plus de 700 000 décès.

Les vaccins introduisent dans le corps une forme très affaiblie de la maladie. Celui contre la poliomélyélite, par exemple, contient une souche atténuée du microbe en cause. Le système immunitaire y résiste sans mal, et l'organisme conserve la trace des anticorps mobilisés, protégeant à l'avenir la personne vaccinée.

LES PREMIÈRES PRATIQUES D'INOCULATION

Les premières formes de vaccination sont nées en réaction au virus de la variole, qui tue des populations entières. Pourtant, en Chine, une pratique contre la variole existait depuis le XI^e siècle. Il s'agit de l'inoculation ou « variolisation ». Des médecins chinois avaient découvert que lorsque des personnes saines étaient exposées à des croûtes varioliques, elles étaient moins susceptibles de mourir de la maladie. Aussi répugnant que cela paraisse, les médecins réduisaient des croûtes de variole en poudre et les faisaient renifler aux patients. D'autres variolisations étaient pratiquées en Afrique, au Proche-Orient et en Asie du Sud.

Des siècles plus tard, Lady Mary Wortley Montagu, épouse de l'ambassadeur britannique à Constantinople, est fascinée par la façon dont les Turcs protègent leurs enfants contre la variole. Elles prélèvent du pus de pustule sur une personne atteinte d'une forme bénigne de la maladie puis l'injectent à

leurs enfants au moyen d'une grande aiguille. Les enfants tombent d'abord malades puis résistent à la variole toute leur vie. Quand elle rentre à Londres en 1718, Lady Mary Wortley Montagu encourage les responsables de la santé à adopter cette méthode.

DES MÉTHODES PLUS SÛRES

Les premières pratiques entraînent parfois des décès, mais réduisent le nombre d'infections. À la fin du XVIII^e siècle, le médecin de campagne britannique



L'inventeur Jonas Salk choisit de ne pas breveter le vaccin contre la poliomélyélite afin d'accélérer l'éradication de la maladie.



L'acceptation progressive de la vaccination

V^e siècle

Des médecins grecs établissent un lien entre l'exposition à la maladie et la réinfection.

XI^e siècle

Des médecins chinois élaborent les premières pratiques d'inoculation.

1721

Un enfant de deux ans reçoit la première inoculation en Angleterre.

1800

Aux États-Unis, les premiers vaccins sont administrés aux enfants.



Pour garantir la sécurité et l'efficacité des vaccins, il est essentiel de les conserver à température constante, de préférence au réfrigérateur ou au congélateur.

Edward Jenner ouvre la voie à la vaccination moderne. Le « père de l'immunologie » apprend que des fermières infectées par la variole de la vache - ou vaccine, une maladie de la même famille que la variole mais moins grave - n'ont jamais contracté la variole. En 1796, Edward Jenner teste avec succès un vaccin extrait de la variole de la vache, et l'inoculation devient bientôt une pratique courante.

Le microbiologiste français Louis Pasteur met au point la méthode de culture des vaccins. Durant l'été 1880, il laisse des bactéries du choléra des poules dans son laboratoire pendant les vacances, ignorant qu'elles s'affaibliraient. À la grande surprise de Pasteur, quand il expose les poules à la bactérie, celles-ci tombent malades mais survivent. Puis il leur inocule le choléra des poules, et elles survivent à nouveau. Pasteur vient de trouver un nouveau mode

d'inoculation. Plus sûr, il consiste en une forme volontairement atténuée du virus. Bien que le mérite de cette découverte soit surtout attribué à Pasteur, plus renommé, le vétérinaire français Henry Toussaint a également contribué à ces recherches.

Dès les années 1920, les scientifiques ont les moyens de vacciner contre un grand nombre de pathologies, dont la diphtérie, le tétanos, la coqueluche et la tuberculose. Depuis, les vaccins ont éliminé la variole dans le monde et pratiquement éradiqué la poliomélique, qui paralysait ou tuait les personnes qui en étaient atteintes. Ces dernières années, le scepticisme vis-à-vis de la sécurité des vaccins a réduit le nombre d'enfants vaccinés. Les responsables de la santé publique alertent que, si cette tendance se poursuit, des maladies comme la rougeole et la coqueluche pourraient réapparaître, détricotant des siècles de travail.

1881

Dans une étude capitale, Louis Pasteur (ci-contre) utilise un vaccin tiré des bactéries isolées de la maladie du charbon pour immuniser le bétail.

1801

Le président Thomas Jefferson recommande la vaccination pour éradiquer la variole.

1955

Jonas Salk annonce la mise au point du vaccin contre la poliomélique.

1998

Le scepticisme vis-à-vis des vaccins se fait jour, malgré leur innocuité avérée.

13

Des scientifiques identifient les GROUPES SANGUINS

AU XIX^e SIÈCLE, les médecins font les premiers essais de transfusions sanguines sur des humains. Leurs résultats sont souvent désastreux. James Blundell, un obstétricien britannique, conçoit un système de transfusion avec des entonnoirs et des seringues. Sa patiente montre d'abord des signes d'amélioration, mais meurt deux jours plus tard. Convaincu que les transfusions peuvent sauver des vies, Blundell continue ses expériences, mais le taux de réussite reste faible.

Au début du XX^e siècle, le médecin autrichien Karl Landsteiner se demande pourquoi certaines transfusions sanguines réussissent alors que d'autres entraînent la mort. En mélangeant des échantillons de sang prélevés sur des membres de son équipe, il remarque que certains échantillons de globules

rouges s'agglutinent, contrairement à d'autres. Il ne comprend pas la cause de ce phénomène, mais des chercheurs établiront plus tard qu'il est dû à la présence d'anticorps à la surface des globules rouges. Landsteiner classe arbitrairement le sang en trois types, A, B et C. C sera renommé O, et, peu après, des scientifiques découvrent le type AB. En dehors des quatre groupes principaux, environ une personne sur 1000 possède un groupe sanguin rare.

Cette classification permet au personnel médical de transfuser en toute sécurité les malades qui en ont besoin, allant des nouveau-nés aux victimes de catastrophe en passant par les patients chirurgicaux. Les groupes sanguins servent par ailleurs de preuves scientifiques dans les enquêtes criminelles.



Pour identifier le groupe sanguin, il faut mélanger un échantillon de sang à un anticorps et voir si les cellules s'agglutinent.



Un patient reste allongé, immobile, jusqu'à 60 minutes pendant que l'IRM crée des images de son cerveau ou de ses organes internes.

14 Cartographier le corps avec l'IRM

L'IMAGERIE PAR RÉSONANCE MAGNÉTIQUE (IRM) est une technique non invasive qui permet de visualiser les problèmes corporels internes et d'établir un diagnostic. Cette technologie révolutionnaire a été testée sur l'homme pour la première fois en 1977. L'appareil utilise un champ magnétique et des impulsions d'ondes radio pour former une image des organes et des tissus mous. Les travaux des physiciens américains Felix Bloch et Edward Purcell sont à l'origine de cette invention. Son emploi en médecine vient en revanche plus tard.

Après la Seconde Guerre mondiale, Bloch et Purcell发现 le moyen d'identifier les propriétés des molécules présentes dans les solides et les liquides. Quand un atome est exposé aux ondes radio, il émet de minuscules signaux radio ayant les caractéristiques

de différents éléments. C'est la résonance magnétique nucléaire (RMN). Cette découverte vaudra à Bloch et Purcell le prix Nobel de physique en 1952.

Dans les années 1970, le médecin américain Raymond Damadian fait des expériences sur la spectroscopie RMN quand il constate des différences d'apparence significatives entre des tissus cancéreux et des tissus sains. Il construit alors le premier scanner corporel.

Aujourd'hui, les neurologues et les médecins recourent souvent à l'IRM pour obtenir un diagnostic précis. Les dispositifs mis au point par Damadian assurent plus de 60 millions de nouveaux examens par an. Ils servent à surveiller les hémorragies internes, les tumeurs, les lésions cérébrales et les dommages causés aux vaisseaux sanguins ou aux principaux organes.



Les étapes vers l'IRM

1882

L'inventeur Nikola Tesla (à gauche) découvre que les atomes ont un champ magnétique.

1937

Le physicien américain Isidor Isaac Rabi élabore une méthode pour modifier la rotation magnétique.

1956

L'unité Tesla devient la mesure officielle de l'intensité d'un champ magnétique.

1973

Raymond Damadian construit à la main une machine IRM.
Le chimiste américain Paul Lauterbur réalise la première image par résonance magnétique nucléaire.



Les cachets d'aspirine réduisent l'inflammation et soulagent la douleur.

15 D'anciens remèdes deviennent L'ASPIRINE

PRENDRE DES CACHETS D'ASPIRINE peut soulager la douleur, aider à prévenir les crises cardiaques et même réduire le risque de développer certains cancers. Ce « remède miracle » est utilisé depuis des milliers d'années sous de nombreuses formes. Dans la nature, l'aspirine est présente partout, du jasmin à certains arbres et graminées, en passant par le trèfle.

Toutes ces plantes contiennent de l'acide salicylique. C'est lui qui est à l'origine des bienfaits de l'aspirine, comme la diminution de la température corporelle et de l'inflammation. Mais, pris directement, l'acide provoque des maux d'estomac et peut parfois induire un coma. À la fin du xix^e siècle, les pharmacologues allemands Felix Hoffmann et Arthur Eichengrün, qui

travaillent pour la société de chimie Bayer, ajoutent à l'acide salicylique un composé acétylé, qui en atténue les effets secondaires indésirables. Bayer brevète le procédé, et, dès 1915, l'aspirine est commercialisée sous forme de cachets.

En 1948, Lawrence Craven, un médecin généraliste américain, remarque que l'aspirine réduit le risque d'infarctus et en prescrit une dose quotidienne à ses patients cardiaques. Plus tard, des chercheurs prouvent que l'aspirine inhibe les prostaglandines, des hormones étroitement liées aux crises cardiaques et aux accidents vasculaires cérébraux (AVC). Aujourd'hui, plus d'un tiers de l'ensemble des adultes et quatre cardiaques sur cinq prennent régulièrement de l'aspirine.



L'INFO EN PLUS

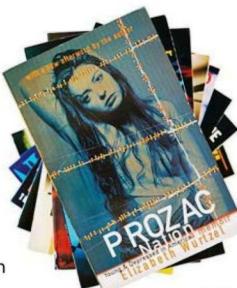
Les anciens Égyptiens utilisaient de l'écorce de saule – qui contient l'équivalent naturel de l'aspirine – comme anti-inflammatoire et antalgique.

16

Mieux soigner la dépression grâce au PROZAC

AVANT LES ANTIDÉPRESSEURS, la dépression était souvent difficile à diagnostiquer ou mal soignée. Les patients étaient généralement traités avec du Valium, un tranquillisant puissant présentant un risque élevé d'addiction. Introduit sur le marché en 1987, le Prozac modifie notre compréhension de la dépression et, selon l'avis de beaucoup, sauve des vies.

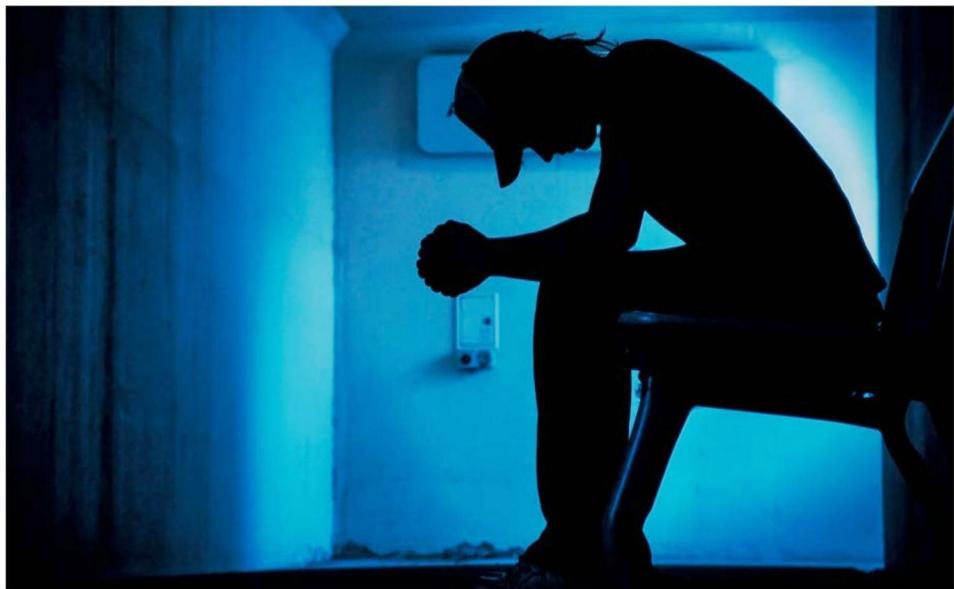
C'est la société pharmaceutique Eli Lilly qui identifie la fluoxétine, la substance chimique active du Prozac. D'abord testée contre l'hypertension et l'obésité, elle est donnée à un panel de personnes souffrant d'une légère dépression. Médecins et patients constatent des bienfaits immédiats. La fluoxétine augmente le taux de sérotonine dans le cerveau. Neurotransmetteur, la sérotonine influe sur d'importantes fonctions comme le sommeil, l'appétit et la libido. Le Prozac et les médicaments de la même famille sont



des inhibiteurs sélectifs de la recapture de la sérotonine (ISRS). Nombre d'ISRS existent, mais le Prozac, qui jouit d'une forte publicité, est le plus prescrit.

Selon une étude de 2015, près de 13,4 % de la population française avait consommé au moins une fois dans l'année un psychotrope. Le Prozac n'est pas efficace sur tout le monde, mais les patients souffrant de grave dépression déclarent avoir moins de symptômes quand ils le prennent. Ce médicament est aussi prescrit pour traiter les troubles obsessionnels compulsifs (TOC) et les troubles alimentaires. Mais les experts s'accordent à dire que les neurosciences et les effets du Prozac sur le cerveau n'ont pas encore livré tous leurs secrets.

Dans son autobiographie *Prozac Nation* (Denoël), Elizabeth Wurtzel évoque sa dépendance au médicament.



En 2015, la France se situait au 28^e rang mondial pour la consommation d'antidépresseurs.

17

Concevoir un CŒUR ARTIFICIEL

L'INSUFFISANCE CARDIAQUE CONGESTIVE se caractérise par l'incapacité du cœur à envoyer le sang vers les organes vitaux. Une défaillance parfois imputable aux dommages issus de crises cardiaques, d'infections virales ou d'hypertension. Selon des estimations, 1,5 million de Français souffrent d'insuffisance cardiaque et 50 % des patients meurent dans les cinq ans qui suivent le diagnostic.

Le seul remède à l'insuffisance cardiaque est le remplacement de l'organe déficient par un nouveau. Au milieu des années 1970, des médecins mettent au point une méthode viable de transplantation cardiaque. Cependant beaucoup de patients en attente de greffe patientent des mois, voire des années pour qu'un cœur de donneur soit disponible – au risque de mourir entretemps. Un cœur artificiel offre non seulement une solution immédiate mais élimine le risque de rejet du greffon par le corps du greffé.

LE GÉNIE BIOMÉDICAL

Dès les années 1940, des ingénieurs biomédicaux cherchent à concevoir un cœur mécanique capable d'assurer les fonctions vitales du cœur naturel. Des remplacements partiels, comme la technique du pontage ou les dispositifs d'assistance ventriculaire implantés, parviennent à allonger la vie des malades. Mais il faut attendre les années 1980 pour qu'un cœur artificiel puisse remplacer un cœur existant dans sa totalité.

L'ingénieur biomédical américain Willem Johan Kolff est un précurseur dans le domaine des organes artificiels. Ses recherches sur le rein artificiel ouvrent la voie à la dialyse, une technique qui remplace la fonction d'un rein défaillant. Le chercheur médical Robert Jarvik rejoint le laboratoire de Kolff en 1971. Ensemble,

ils créent le Jarvik 7 qui s'accompagne malheureusement d'un compresseur d'air de 180 kg et d'une batterie de secours. Un fardeau qui empêche le patient de mener une vie normale.



UNE PERCÉE

Opéré par William C. De Vries en 1982, Barney Clark, un dentiste américain de 61 ans, est le tout premier patient à recevoir un cœur artificiel à titre permanent. Il survivra 112 jours avant de mourir de complications liées au cœur artificiel.

Créer un organe assez petit et léger pour tenir dans la poitrine du patient constitue une difficulté majeure. Une prothèse est en partie composée de tissu bovin afin de réduire le risque de caillots qui ont tendance à se former quand le sang passe à travers des matériaux synthétiques. Le prix d'un tel dispositif peut dépasser les 200 000 dollars (186 000 euros). Le coût élevé et le risque encouru expliquent pourquoi moins de 2000 opérations ont été réalisées depuis 1982.

Remarquable d'innovation, un modèle imagine un cœur artificiel qui ne bat pas. Celui-ci éjecte un flux continu de sang au moyen de turbines au lieu de le pomper et de le renvoyer dans des cavités, comme un cœur naturel. Le patient n'a pas de pouls, mais il est vivant et en bonne santé. À mesure que la technologie s'améliore, l'espoir de voir le cœur artificiel remplacer le don d'organe et sauver des milliers de vies grandit.

Prototype de cœur en plastique avec une alimentation externe (ci-dessus). Jarvik et De Vries examinent le Jarvik 7 avant leur intervention très médiatisée, en 1982 (à droite).



Les étapes du cœur artificiel

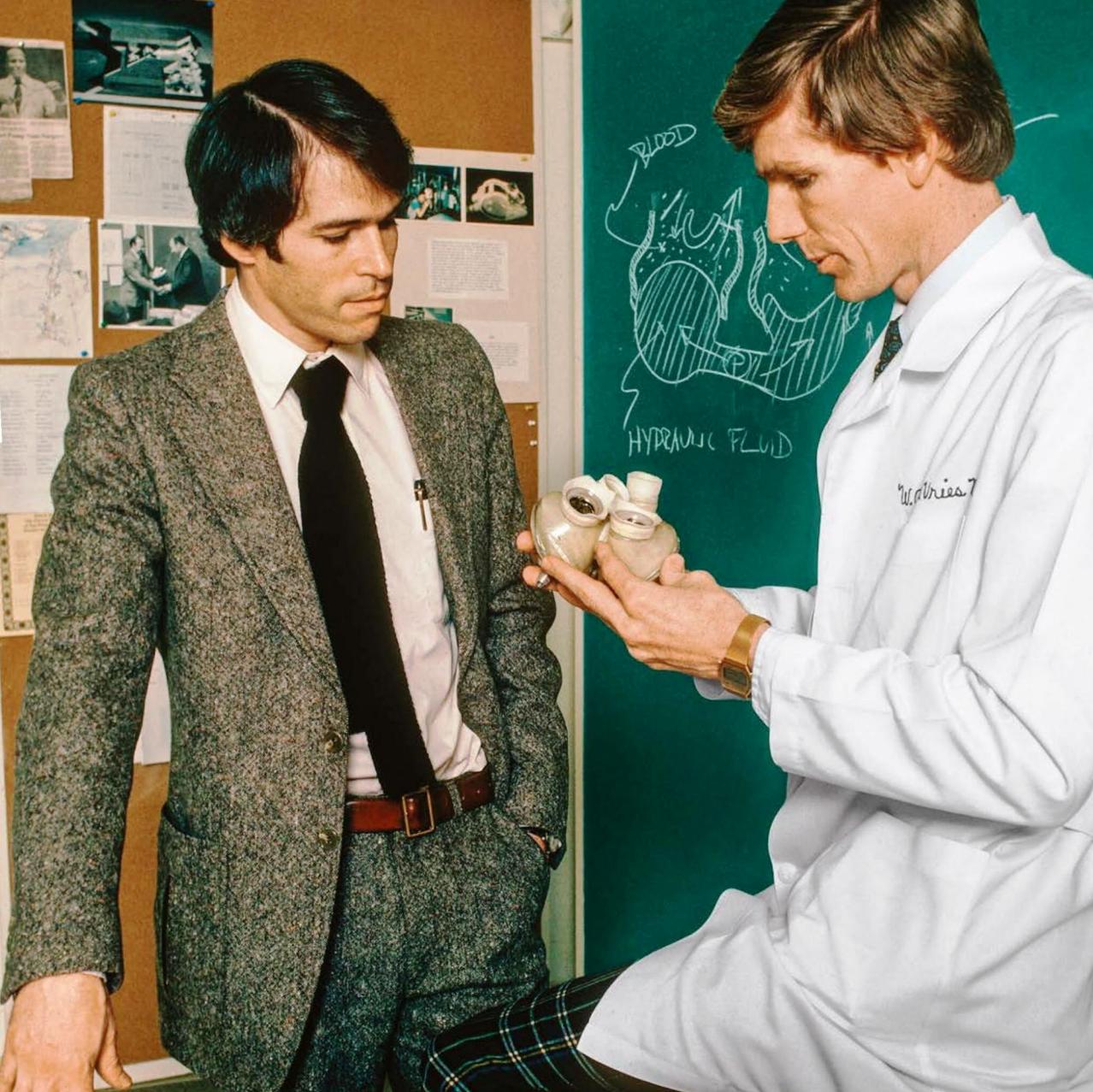
1937
Le premier cœur artificiel est implanté à un chien.

1953
La technique du pontage permet d'opérer à cœur ouvert.

1963
Un cœur artificiel est breveté.

1967
La première greffe de cœur humain est réalisée en Afrique du Sud par le P' Barnard.

1982
William C. De Vries implante un cœur artificiel permanent à Barney Clark.





En 2016, 6 % des Français entre 15 ans et 64 ans portaient des lentilles de contact.

18 Une vision claire et nette grâce aux LENTILLES DE CONTACT

LÉONARD DE VINCI dessine le premier concept de lentille de contact en 1508. Il s'agit d'une lentille en verre, remplie d'eau, qui grossit la vision. L'idée selon laquelle une alternative aux lunettes existe pour corriger la vue est née. En 1636, le philosophe et mathématicien René Descartes construit un long tube de verre rempli d'eau qu'il place en contact direct avec son œil. Le grossissement améliore légèrement la vue, mais le dispositif empêche de cligner des yeux. En 1827, le scientifique britannique John Herschel crée un procédé similaire avec une capsule de verre et de la gelée animale.

En 1888, des améliorations techniques aident l'ophtalmologue allemand Adolf Fick, et d'autres, à utiliser le pouvoir de réfraction pour créer une lentille

sclérale, ancêtre de la lentille moderne mais plus grande, car elle recouvre entièrement l'œil. Le modèle de Fick est en verre marron. Chaque lentille mesure plus de 18 mm de diamètre, ce qui prive l'œil d'oxygène et cause des douleurs insupportables.

Dès les années 1930, il devient possible de créer un moule de la cornée pour un meilleur ajustement. Les polymères permettent d'obtenir une lentille plus légère et plus transparente. Kevin Tuohy, un opticien américain, invente une lentille plus petite qui couvre uniquement la cornée et qui présente donc l'avantage de mieux oxygénier l'œil. Les lentilles modernes sont en silicium hydrogel et sont extrêmement perméables à l'oxygène, ce qui améliore le confort jour et nuit.

19

L'usage pratique de la SERINGUE

INSTRUMENT INDISPENSABLE à la pratique de la médecine, la seringue est formée d'un piston qui s'adapte parfaitement à un tube cylindrique. Lorsqu'on pousse ou tire le piston à l'intérieur du tube, celui-ci fait passer du liquide ou du gaz à travers l'ouverture. Depuis des siècles, l'homme utilise des seringues sommaires, c'est-à-dire un tube de verre creux dont la fonction est d'aspirer, pour retirer une cataracte ou extraire du poison.

En 1853, le médecin français Charles Gabriel Pravaz ajoute une aiguille pointue à l'extrémité de la seringue, créant ainsi la première seringue hypodermique. Le médecin écossais Alexander Wood est le premier à utiliser la nouvelle invention. Les médecins sont désormais en mesure de percer la peau pour injecter des doses précises ou prélever des

échantillons de sang. Des progrès sont réalisés dans l'administration de l'anesthésie locale, l'injection de médicaments comme la morphine et dans la vaccination. Les seringues hypodermiques sont largement disponibles dès le début du XX^e siècle. Des améliorations, comme une aiguille plus fine ou des mesures plus précises, rendent ensuite possibles de nombreuses avancées de la médecine moderne, allant des prises de sang effectuées en toute sécurité à l'injection d'insuline dans le système sanguin des diabétiques.

La seringue hypodermique permet aux médecins d'injecter ou d'extraire des liquides sous la peau.



L'INFO EN PLUS

La réutilisation des seringues peut malheureusement propager la maladie au lieu de l'arrêter. Le pharmacien néo-zélandais Colin Murdoch résout ce problème, en 1956, en inventant la seringue en plastique jetable.

20

Les pansements **BAND-AID**

LA MARQUE AMÉRICAINE, qui est devenue synonyme d'égratignures et de coupures, a cent ans. En 1920, Earle Dickson, un employé du laboratoire Johnson & Johnson, conçoit le premier pansement pour sa femme, qui se coupe et se brûle souvent en cuisinant.

À l'époque, on soigne les blessures avec de la gaze et des bandages. Une méthode fastidieuse et difficilement applicable soi-même. Dickson imagine une bande adhésive assortie d'un petit carré de gaze de coton recouvert de crinoline, un tissu rigide qui lui permet de rester stérile. Recouvrir les blessures n'est certes pas une nouveauté médicale, mais Band-Aid facilite l'auto-application de pansements stériles, ce qui diminue le risque d'infection. Earle Dickson

soumet l'idée à son patron chez Johnson & Johnson. Après des débuts de ventes timides, l'entreprise pharmaceutique distribue un stock illimité de Band-Aid à des troupes de boy-scouts pendant quelques années. En 1924, les ventes grimpent en flèche, et Johnson & Johnson annonce avoir vendu 100 milliards de pansements. Les pansements Band-Aid sont maintenant disponibles en plusieurs tailles et modèles. Ce n'est toutefois que récemment que des entreprises rivales ont conçu des pansements pour toutes les couleurs de peau.

Les pansements Band-Aid sont stériles.



LES COMMUNICATIONS ET LES TRANSPORTS



DES LIENS À TRAVERS
LE TEMPS ET L'ESPACE

Le monde rétrécit d'année en année. Des lumières clignotantes d'un satellite en orbite jusqu'à l'approche bruyante d'un avion à réaction, les êtres humains sont plus que jamais liés les uns aux autres. Cette proximité a modifié l'ordre mondial et le tissu culturel de la vie, formant un réseau qui lie toute l'humanité.

Les satellites en orbite autour de la Terre transmettent les signaux de télévision, les appels téléphoniques et les informations de localisation grâce aux assistants de navigation (GPS).





21

L'invention de la PRESSE À IMPRIMER

AVANT LA PRESSE À IMPRIMER, la plupart des livres sont copiés à la main. Une tâche fastidieuse qui demande parfois plus d'un an de travail pour un seul manuscrit. Les scribes copient avec minutie, à la plume et à l'encre, des pièces de théâtre célèbres, des ouvrages de philosophie et des édits religieux. Comme un tel procédé est coûteux, la plupart des livres appartiennent à de riches érudits ou à l'Église.

GUTENBERG OUvre BOUTIQUE

En Allemagne, l'orfèvre et imprimeur Johannes Gutenberg met au point la première machine capable d'imprimer un texte en peu de temps, au moyen d'une presse où sont placés des lettres et des symboles en alliage de métaux. Bien que des savants chinois utilisent depuis des siècles des techniques de composition, c'est Gutenberg qui introduit cette pratique en Europe.

Il s'agit de disposer des caractères de métal pour former des mots et des phrases, puis de les visser dans la machine dans le bon ordre. On enduit les lettres d'une encre à base d'huile et on presse la page complète sur une feuille de papier.

Manier la presse reste certes

Une presse du XV^e siècle imprime en une seule fois une page entière de caractères encrés sur une feuille de papier.

laborieux (assembler les lettres d'une seule page peut prendre une journée), mais produire des livres en série constitue une première.

Le premier client de Gutenberg est l'Église catholique, pour laquelle il imprime la Bible en latin. Il la termine sans doute en 1455. Chaque page compte quarante-deux lignes de caractères. À peine un demi-siècle plus tard, des millions d'ouvrages sont publiés, surtout des textes religieux, mais aussi de la littérature, des cartes et des ouvrages d'érudition. Sur les quarante-neuf exemplaires de la Bible de Gutenberg conservés, seuls vingt-et-un sont complets. Ils font partie des livres les plus précieux du monde.

LA DIFFUSION DE L'INFORMATION

En quelques décennies seulement, la presse à imprimer élargit l'accès à l'information et à l'instruction, conduisant à un pic d'alphabétisation et à une hausse de la classe moyenne. Ce moyen de communication montre toute son influence quand, en 1517, un autre Allemand, le théologien Martin Luther, affiche sur la porte de son église un document radical intitulé *Les 95 Thèses*. Ce qui n'aurait pu être qu'une controverse locale devient un mouvement international à mesure que le texte est copié, imprimé et distribué jusqu'en France, en Angleterre et en Italie. Il entraînera la Réforme protestante.

La portée sociale de la presse typographique culmine au siècle des Lumières. Cette période, qui se caractérise



Les progrès de l'imprimerie

Vers 100

Le papier est inventé en Chine.

VII^e siècle

La xylographie se généralise en Chine.

1455

La Bible de Gutenberg est achevée.

1309

Le papier est utilisé pour la première fois en Europe.



Vers 1455, Gutenberg examine une page de sa Bible. En latin, imprimée en caractères gothiques, elle est décorée à la main.

par une quête de raison et de connaissance sans précédent, bouleverse l'Europe au XVIII^e siècle. Les découvertes se multiplient car les revues savantes permettent aux philosophes et aux hommes de science de mettre en commun et d'organiser le savoir. Les journaux et les pamphlets échappent à la censure des régimes établis, qu'ils soient ecclésiastiques ou gouvernementaux. Les langues régionales remplacent le latin, la langue de l'Église catholique.

Les historiens considèrent Gutenberg comme l'un des inventeurs les plus influents de tous les temps. Malheureusement, pour finaliser son invention, l'imprimeur emprunte des sommes considérables qu'il ne parvient pas à rembourser. Un financier local le poursuit en justice alors qu'il achève la première Bible. Il perd son matériel d'imprimerie et certains de ses ouvrages terminés. Gutenberg continue d'imprimer jusqu'à la fin de sa vie, mais il meurt ruiné en 1468.

1517

Les 95 Thèses de Martin Luther sont imprimées.

Le premier journal est publié en Allemagne.

1605

La Linotype accélère l'impression.

1886

Les machines xérographiques (Xerox) font des copies sèches.

22

Les messages circulent plus vite avec le TÉLÉGRAPHE



L'INVENTEUR AMÉRICAIN Samuel F. B. Morse inaugure la première « messagerie instantanée » en déployant le télégraphe en 1844. Les opérateurs transmettent des messages par le courant électrique au moyen d'un code fait de points et de tirets correspondant aux lettres de l'alphabet anglais. L'opérateur situé à l'autre extrémité décide le message et le remet au destinataire. Le premier message télégraphique est envoyé de Washington à

La messagerie télégraphique fonctionne à l'électricité.



L'INFO EN PLUS

S.O.S., le signal de détresse en alphabet morse, ne correspond pas à des mots précis. Il a été choisi parce que S et O sont les lettres les plus faciles à transmettre par télégraphe.

Baltimore, dans le Maryland. Les paroles de la Bible « Tout ce que Dieu accomplit » sont transmises le long d'une ligne télégraphique expérimentale. Ensuite, le nombre de lignes croît à travers le pays. Les usagers, habitués à attendre le courrier distribué par voiture à cheval, peuvent maintenant recevoir des nouvelles qui se propagent à la vitesse de l'électricité. En 1866, un câble télégraphique posé au fond de l'océan Atlantique envoie des signaux entre l'Amérique du Nord et l'Europe. À terme, le télégraphe sera supplanté par le téléphone, mais son influence sur le mode de communication et les échanges commerciaux entre les humains reste incommensurable.

23

Des caractères précis grâce à la MACHINE À ÉCRIRE

EN 1874, L'IMPRIMEUR et éditeur de presse américain Christopher Sholes conçoit une machine à écrire pour gagner en efficacité. Bien que des prototypes aient vu le jour dès 1714, la machine à écrire Remington de Sholes est la première à rencontrer un succès commercial. Des caractères métalliques gravés sur des barres frappent le papier à travers un ruban encreur. Le résultat est précis et professionnel. Le nouvel appareil ne tarde pas à remplacer l'éreintante plume chez des géants de la littérature comme Mark Twain, ou Ernest Hemingway, qui l'adore.

Les femmes adoptent vite la dactylographie pour entrer sur le marché du travail. Au tournant du

siècle, elles occupent la majorité des postes de secrétaires. Il devient nécessaire de savoir bien taper. Une compétence encore d'actualité puisque, de nos jours, la communication se fait en grande partie par courriels, textos ou réseaux sociaux. Les claviers des ordinateurs actuels et des fonctions comme la vérification orthographique ou la correction automatique ont rendu obsolète la machine à écrire. Malgré tout, un grand nombre de ses caractéristiques du XIX^e siècle, dont la touche majuscule, ont laissé leur empreinte dans l'histoire.



Avec les anciennes machines à écrire, il fallait positionner les feuilles de papier à la main.

24 LA PHOTOCOPIEUSE multiplie les informations

DEPUIS L'ÉPOQUE de la presse de Gutenberg, nombre d'inventeurs ont cherché à optimiser l'impression. La photographie, les transferts d'encre et même le polygraphe, un dispositif intéressant utilisé par Thomas Jefferson, y échouent. En définitive, en 1959, la société américaine Xerox sort le premier photocopieur fiable, en utilisant un procédé dit « sec », préférable aux systèmes à encre des modèles précédents, fort salissants. La machine effectue des copies rapidement, et trouve bientôt sa place dans tous les bureaux qui ont les moyens de se procurer cet appareil de près de 300 kg.

Les consommateurs se mettent à faire des milliards de photocopies chaque année. La photocopieuse transforme chaque individu en éditeur et permet de répandre les informations à une vitesse inégalée. Tout le monde peut court-circuiter les responsables des magazines et des journaux pour diffuser facilement n'importe quelle publicité, affiche de concert ou tract

politique. C'est une première étape dans l'ère de l'information.

Une évolution qui s'accompagne de conséquences imprévues. Les documents privés ou confidentiels deviennent plus faciles à divulguer ou à égarer. Les écrivains et journalistes craignent des conflits de droit d'auteur. Les mouvements sociaux en lutte contre des régimes totalitaires ou des mesures de censure trouvent un précieux allié en la photocopieuse. Détrônée par l'avènement des ordinateurs et des courriels, cette dernière a cependant établi les bases du partage de l'information, du respect de la législation sur le droit d'auteur et des échanges commerciaux.

Ci-dessus : Le procédé consistant à photocopier une image s'appelle xéographie.



Imprimées pour un coût modique, des affiches de spectacles du Fringe Festival d'Édimbourg (Écosse) couvrent tout un mur.



À Bagdad, en Irak, le photographe indépendant Wathiq Khuzaie fait un reportage sur la condition des civils pendant la guerre.

25 Des instants décisifs immortalisés par la PHOTOGRAPHIE

AUJOURD'HUI, CHAQUE MINUTE, des millions de clichés sont téléchargés sur Internet. Tout est pris en photo, et tout le monde peut être photographe. La photographie a immortalisé des moments-clés de l'Histoire, comme le Débarquement sur les plages de Normandie, en 1944, ou les grèves de Mai 1968 à l'usine Renault de Boulogne-Billancourt. Témoin de paysages et de modes de vie révolus, la photographie devient aussi, entre de bonnes mains, un art.

En 1827, l'inventeur français Nicéphore Niépcé réalise la première photographie intitulée *Point de vue du Gras*. Un cliché obtenu grâce à une chambre noire (*camera obscura*), un ancien instrument optique. La lumière provenant d'une image – dans ce cas, une vue de la cour de sa propriété, à Saint-Loup-de-Varennes,

près de Chalon-sur-Saône – passe pendant une journée entière à travers un petit trou percé dans une boîte en bois fermée. À l'intérieur de la chambre, une plaque d'étain s'assombrit en formant un motif qui correspond à la vue. La « gravure solaire » (héliogravure) de la plaque est ensuite rincée dans un bain d'essence de lavande, et l'image est révélée.

Conscient de l'importance de son travail, Niépcé s'associe au peintre Louis Daguerre. Ils perfectionnent le procédé en préférant une plaque de cuivre recouverte d'argent. Le daguerréotype gagne en popularité. Au tournant du XX^e siècle, des améliorations telles que le papier photosensible, des appareils portatifs, les pellicules souples et un temps d'exposition plus court démocratisent l'art de la photographie.



Les instantanés de l'Histoire

1861-1865
Des photographies montrent les ravages de la guerre de Sécession aux États-Unis.

1914

Leica met au point un appareil utilisant le film 35 mm.

Années 1920
Des magazines allemands publient des photographies à côté des textes.

1936

Aux États-Unis, le magazine *Life* popularise le photojournalisme grâce à ses pages d'actualités.

1947

Polaroid lance l'appareil à développement instantané.

26

Les débuts spectaculaires du CINÉMATOGRAphe



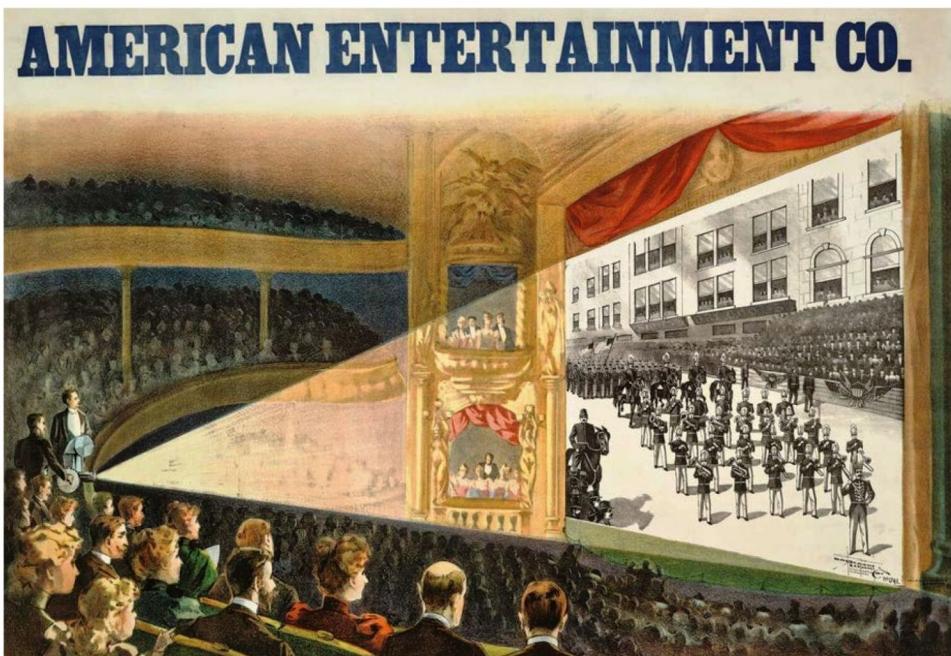
DE MULTIPLES IMAGES FIXES projetées en succession rapide font croire au cerveau qu'il ne voit qu'une seule image animée. Pour créer cette illusion, la caméra doit pouvoir enregistrer des vues très vite, de manière à ce qu'il ne s'écoule pas plus d'une fraction de seconde entre chaque image. En 1878, le photographe britannique Eadweard Muybridge tourne le premier film en prise de vues réelles qui montre un cheval au galop.

En 1894, le célèbre inventeur américain Thomas Edison ouvre le premier « *kinetoscope parlor* ». Cet ancêtre de la salle de cinéma regroupe plusieurs kinétoscopes destinés au visionnage individuel. Conscients qu'un public plus nombreux augmentera leurs bénéfices, les studios de cinéma investissent dans des projecteurs. Les premiers films sont de courtes scènes muettes. Deux d'entre eux, tournés par Louis Lumière

en 1896 et 1897, montrent des hommes en train de jouer aux cartes et l'arrivée d'un train à La Ciotat. Un spectacle fort banal aujourd'hui. Pourtant, dès 1910, le public afflue dans les salles de cinéma pour voir les actualités et découvrir le monde.

Au fil des années, le cinéma est devenu un média influent qui permet aux spectateurs de se projeter dans des mondes imaginaires et des vies différentes des leurs. Les documentaires éclairent sur des questions importantes. Revisités avec talent et imagination par des artistes, les récits culturels et historiques permettent au public d'accéder à tout un éventail d'idées et d'émotions. Enfin, le cinéma a également ouvert la voie à sa plus grande rivale : la télévision.

Ci-dessus : Les films muets projetaient 16 images par seconde.



Dès 1895, la projection d'images animées est intégrée dans des spectacles de variétés comme le vaudeville.

27

L'HEURE DE GREENWICH

devient la référence

JUSQU'AU XIX^e SIÈCLE, les horaires locaux dépendent du lever et du coucher du soleil propres à chaque lieu. Mais l'essor des voyages et des communications à distance complique la donne. Les horaires des trains qui parcourent des centaines de kilomètres sèment la confusion chez les passagers. Les messages télégraphiques transmis par-delà les océans ne comportent pas d'heure de référence.

Trouver un repère universel s'impose.

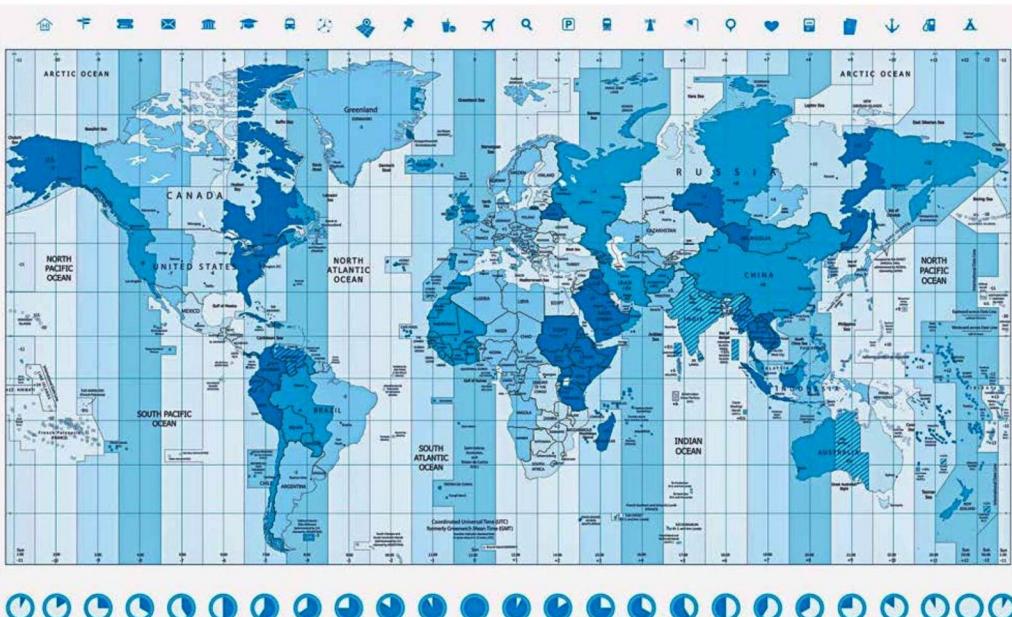
En 1876, en Irlande, l'ingénieur canadien Sandford Fleming rate un train parce que les horaires indiquaient que le train partait à 5 h 35 de l'après-midi et non à 5 h 35 du matin. Huit ans plus tard, il se sert de cet exemple lors de la Conférence internationale de Washington pour souligner l'importance d'un système horaire sur

24 heures. Les participants s'accordent sur le fait que ce système doit commencer à l'observatoire royal de Greenwich, en Angleterre, réputé pour son exactitude. Suivant l'exemple de l'Empire britannique, le monde entier espace les fuseaux horaires de 15 degrés de longitude, Greenwich étant à 0°, ou midi.

Il faudra des décennies pour que les fuseaux horaires soient universellement acceptés. Tous les pays n'utilisent toutefois pas les mêmes normes, souvent pour des raisons d'ordre politique ou géographique. À ces quelques irrégularités près, le temps moyen de Greenwich (*Greenwich Mean Time*, GMT) a ouvert la voie à la mondialisation et à l'ère de la communication.



L'horloge de l'observatoire royal de Greenwich.



Les 24 fuseaux horaires qui divisent le monde suivent souvent des frontières politiques plus que des lignes de longitude exactes.

28 LES PONTS franchissent les obstacles

EN ENJAMBANT DES COURS D'EAU ou des terrains accidentés, les ponts jouent un rôle inestimable. Les premiers exemples sont des ponts suspendus par des plantes grimpantes ou des cordes. Dans l'Antiquité, les Babyloniens élaborent un modèle fait de piliers et de poutres. Des dalles de pierre ou des planches sont posées entre des montants de pierre. Mais impossible de franchir de longues distances ou des cours d'eau larges et profonds.

Les Romains résolvent ce problème avec l'arc semi-circulaire. En répartissant le poids de la charge sur l'arc de pierre, ils rendent les ponts plus sûrs et plus solides.



Une structure idéale pour faire passer des routes au-dessus des cours d'eau et acheminer l'eau sur de longues distances.

La construction des ponts fait un grand bond en avant au XIX^e siècle, avec l'essor de l'acier et du fer. L'ingénieur américain John Augustus Roebling en est

le pionnier. Il crée le câble métallique en 1842. En France, les ponts deviennent le domaine de prédilection de Gustave Eiffel, surnommé le magicien du fer.

L'un des plus anciens ponts en arc se trouve près d'Arkadiko, en Grèce.

29 DES INSTALLATIONS SANITAIRES apportent l'hygiène

LES CIVILISATIONS ANCIENNES ont beau tout ignorer des bactéries et de leurs effets nocifs sur la santé, elles mettent au point des procédés pour se débarrasser de la poussière et des déchets. Le premier système d'évacuation des eaux usées a été découvert à Skara Brae, dans les îles Orcades. Il remonte à environ 3100 av. J.-C. La population se soulage dans des alcôves pratiquées dans les murs des habitations en pierre. Ces alcôves sont reliées à un égout souterrain par des canalisations en pierre. Quand ils sont rincés manuellement à grande eau, les conduits emportent les déchets.

Dans l'actuel Pakistan, à Mohenjo-Daro, là où s'est épanouie vers 2500 av. J.-C. la civilisation de la vallée de l'Indus, des égouts en briques longent les rues. Un caniveau transporte les déchets à partir d'un tuyau

d'évacuation situé dans la maison jusqu'à un égout, qui se vide dans une grande fosse entretenue par des employés municipaux.

L'essor des bains publics sous la Rome antique entraîne la construction de systèmes de drainage des eaux chaudes et de réseaux d'égouts complexes. Au Moyen Age, dans certaines villes, ce degré de sophistication décline. Heureusement, dans le monde développé contemporain, les systèmes d'assainissement sont devenus la norme.



Des toilettes publiques en marbre datant de la Rome antique.



L'INFO EN PLUS

L'écrivain et inventeur britannique John Harington conçoit la chasse d'eau mécanique à la fin du XVI^e siècle. Il la surnomme Ajax, de « jakes » signifiant toilettes en argot anglais ancien.



Un satellite en orbite relaie et reçoit des informations via une antenne.

30 La course mondiale à la COMMUNICATION PAR SATELLITE

DEUX ANS APRÈS LE LANCEMENT par l'Union soviétique du premier satellite en orbite, *Spoutnik*, les États-Unis comblent leur retard sur leur rival de la Guerre froide. En 1958, le président Eisenhower diffuse ses vœux à des millions d'Américains par signal satellite. Le secteur privé investit dans les systèmes de communication.

En 1962, la société américaine AT&T place *Telstar 1* en orbite. Premier satellite à envoyer des signaux fiables vers une grande partie de la surface de la Terre, il transmet le premier journal télévisé en direct entre les États-Unis et l'Europe. Une liaison limitée aux dix-huit minute de présence du satellite au-dessus de la zone.

À la différence de la plus haute des tours de radio-diffusion qui ne peut atteindre l'autre côté de la Terre, et des lignes téléphoniques qui s'arrêtent à l'océan,

les satellites touchent en un instant n'importe quel point du globe. Ils sont aujourd'hui plus de 4000 à tourner autour de la Terre, bien que seul un tiers soit encore opérationnel. Ils répondent aux besoins commerciaux et gouvernementaux de nombreux pays.

Les satellites relient les habitants de la planète par les communications téléphoniques, la diffusion d'émissions télévisées et le trafic Internet. Ils fournissent d'importants services comme le Système de localisation mondial (*Global Positioning System, GPS*) ou des prévisions météorologiques précises. Notre rythme de communication actuel nécessite une bande passante de forte capacité (la plage de fréquences qui peut transmettre un signal). Notre dépendance aux satellites risque d'augmenter encore dans le futur.



31

Surcharge d'informations sur INTERNET

INTERNET EXISTE DEPUIS 1969. Il ne s'agit au départ que d'une série de réseaux isolés au sein d'universités et de laboratoires de recherche. Chaque réseau suit ses règles de codage et de programmation, et les premiers utilisateurs sont des chercheurs et des scientifiques.

En 1989, Timothy Berners-Lee, un informaticien britannique de l'Organisation européenne pour la recherche nucléaire (Cern), présente un projet qui révolutionnera la communication. Il comprend le potentiel d'une base de données centralisée contenant des liens vers d'autres documents, au moyen d'une technologie expérimentale appelée hypertexte, pour créer des pages qui existent en ligne. L'inventeur conçoit la «toile d'informations» à destination de tous.

Il la rend conviviale et riche. Il saisit que si les utilisateurs doivent payer une redevance ou demander une autorisation, ce ne sera pas un espace universel doté des mêmes possibilités. Quelques mois plus tard, Tim Berners-Lee lance le *World Wide Web*. Par le biais de ce réseau gratuit et non censuré, le monde entier peut partager des informations.

Quelques décennies seulement après son lancement, Internet a transformé la façon dont les êtres humains échangent informations et marchandises ou entretiennent des liens sociaux à distance. En décembre 2012, Timothy Berners-Lee crée, avec Nigel Shaldbolt, l'Open Data Institute, qui promeut le libre accès des données aux usagers.



Internet n'a pas de frontières et reste gratuit, conformément au souhait de ses inventeurs.

32 La liberté avec le VÉLO À PÉDALES

AU DÉBUT DU XIX^e SIÈCLE, plusieurs inventeurs européens expérimentent des modèles de bicyclette. Conçus sans pédales, ils sont propulsés par une poussée des pieds ou, dans certains cas, par l'action d'une manivelle. En 1817, le baron allemand Karl von Drais invente la *Laufmaschine* («machine à courir») ou draisienne. Précurseur du vélo, la draisienne peut aller aussi vite qu'un cheval au trot, et devient un loisir apprécié des populations riches. Elle sera interdite à Londres à cause du chaos qu'elle provoque dans les rues déjà très fréquentées par les voitures à cheval.

Des progrès ultérieurs aboutiront au vélocipède, qui ajoute des pédales à la roue avant de la draisienne, et au grand bi, qui se dote, lui, d'une roue avant de grand diamètre pour rouler de façon plus régulière et sûre.



La draisienne sans pédales est l'un des ancêtres de la bicyclette.

Dès le tournant du siècle, la production en série rend les bicyclettes abordables. Les femmes soulèvent une controverse en troquant leurs jupes longues et sous-vêtements ajustés contre le pantalon. Cette liberté de mouvement et cette mobilité marquent une étape décisive dans la libération des femmes et le mouvement des suffragettes. Aujourd'hui, le vélo est à la fois un loisir et une alternative écologique à l'automobile. En Chine, 60 % des habitants de Shanghai se rendent au travail en pédalant. Les Européens du Nord circulent également beaucoup à bicyclette.



Des variantes dans les modèles, tels des pneus plus épais, permettent aux cycles de s'adapter à des besoins ou à des terrains précis.



L'INFO EN PLUS

Aux États-Unis, les frères Wright, des fabricants de bicyclettes, ont inventé le premier avion capable de planer et la première automobile à essence.

33 LA CHARETTE À DEUX ROUES favorise le commerce mondial

DÈS 3 500 AV. J.-C., des véhicules à roues circulent à travers l'Eurasie et la Mésopotamie. Pourtant, la roue ne révolutionne pas tout de suite les déplacements. En l'absence de routes, les encombrantes charrettes s'embourbent. Les bateaux constituent le mode de



Il fallait des bœufs pour tirer les charrettes à roues.

transport privilégié, et les cours d'eau sont les autoroutes de l'époque. Ce n'est que lorsque des voyageurs attellent une charrette à des animaux de trait (chevaux ou bœufs) que ce véhicule démontre son utilité. Les Mésopotamiens inventent un chariot tiré par des chevaux pour les processions funéraires et le transport de lourdes charges. Plus tard, l'armée adapte des charrettes tirées par des animaux pour la guerre. Leur usage se répand dans toute l'Asie et l'Europe.

Le développement des routes facilite encore le déplacement en charrette. Il est possible d'aller plus loin, chargé d'aliments, de produits à troquer, d'armes et d'outils. Les contacts humains et les échanges d'idées se multiplient. La route de la Soie, la plus longue route de l'Antiquité, relie ainsi les commerçants de la Chine orientale à l'Europe occidentale. Cette célèbre voie commerciale, encombrée de charrettes à deux roues, sert également à diffuser les religions, les idées et la technologie... mais aussi des épidémies comme celle de la peste.

34 Feu vert aux FEUX DE SIGNALISATION

L'ARRIVÉE DES AUTOMOBILES sur les routes a provoqué le chaos. Les « voitures sans chevaux » se heurtent aux piétons, aux chevaux et aux bicyclettes. Les accidents se multiplient. Dans les années 1860, des feux de circulation à commande manuelle apparaissent le long des voies ferrées et en ville. En 1920, aux États-Unis, William Potts, officier de police à Detroit (Michigan), installe le premier feu orange pour réduire les collisions qui se produisent quand le feu passe sans transition du vert au rouge. Mais il s'active lui aussi manuellement.

Le brevet du premier feu tricolore électrique automatique aux États-Unis est attribué à Garrett Morgan en 1923. Ce mécanicien afro-américain de Cleveland a toute une série d'inventions à son actif, dont un fer à

lisser et une sorte de masque à gaz. Morgan revend son brevet à l'entreprise américaine General Electric qui équipe tout le pays.

En France, le 5 mai 1923, un feu de signalisation est posé au croisement des boulevards Saint-Denis et Sébastopol, à Paris. Uniquement rouge, il se double d'une sonnerie. Il faudra attendre 1934 pour qu'apparaisse le premier feu tricolore dans l'Hexagone.

L'invention du feu tricolore a permis de sauver des vies.





L'astrolabe nautique mesurait la hauteur du Soleil pour déterminer la position d'un navire en mer.

35 L'ASTROLABE guide les marins

INSTRUMENT INGÉNIUEUX, l'astrolabe sert aux marins et aux astronomes amateurs depuis des millénaires. Certains de ses éléments peuvent être réglés sur une date précise de façon à dresser la carte du ciel correspondant au jour donné. L'appareil, qui est portable, prévoit l'heure du lever et du coucher du Soleil et identifie d'importants indicateurs célestes, ainsi que l'altitude, la latitude et la direction.

Dès l'an 800 de notre ère, les astrolabes sont couramment utilisés dans l'ensemble du monde musulman, notamment dans l'Irak et l'Iran actuels, pour mesurer de précieuses données astronomiques. Complexes et objets sacrés, les astrolabes perses servent à déterminer les heures de prières ainsi que la direction de La Mecque. Des voyageurs importent

l'appareil en Europe au V^e siècle, où il est vite adopté par les scientifiques et les mathématiciens afin de suivre la trajectoire des corps célestes.

L'astrolabe nautique est développé par les Portugais et utilisé pendant la Renaissance, du XIV^e au XVII^e siècle. À la différence des modèles antérieurs destinés à l'astronomie, il sert à franchir les océans. Grâce à lui, les marins peuvent trouver leur latitude, même depuis le pont d'un navire en proie à une mer agitée. Avec la boussole, l'astrolabe permet aux Européens de faire reculer les frontières de l'exploration et d'atteindre les rivages du Nouveau Monde. Avec l'ouverture de ces routes commerciales, les idées, les matières premières mais aussi les maladies mortelles circulent. Les contours du monde impérialiste se dessinent.



ESSOR ET DÉCLIN DE L'ASTROLABE

Vers l'an 1000
Les Chinois utilisent la boussole en mer.

1481
Les marins portugais adaptent l'astrolabe à la navigation.

1757
John Bird construit le sextant pour mesurer la hauteur angulaire d'un astre au-dessus de l'horizon.

1904
Les bateaux naviguent au moyen de signaux radio.

36

Léonard de Vinci imagine l'hélicoptère

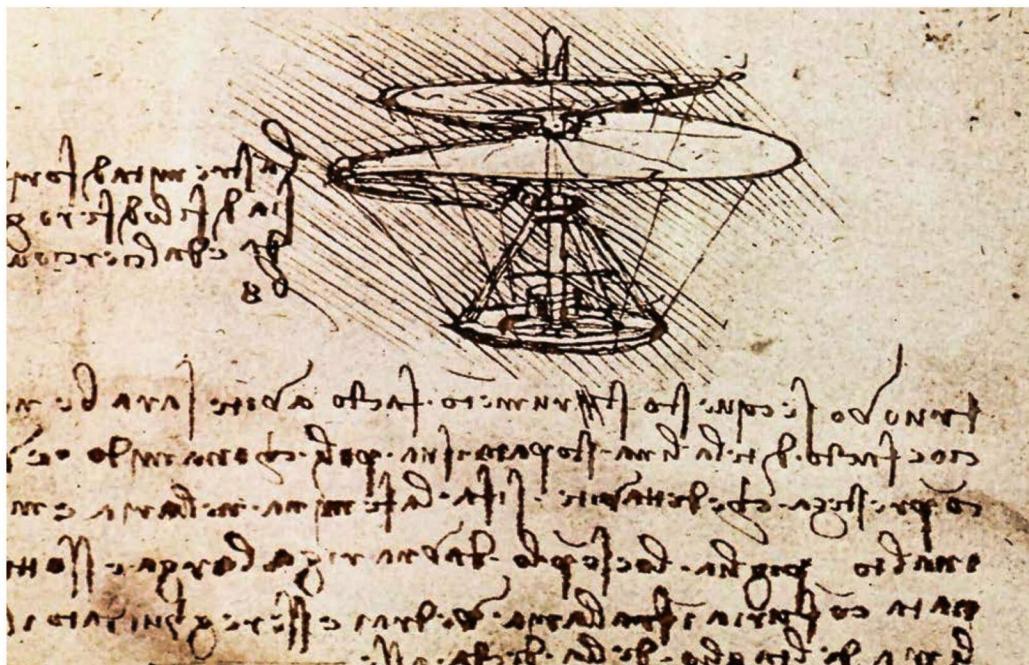
VERS 1493, LE PEINTRE ET INVENTEUR italien Léonard de Vinci imagine pour la première fois un engin capable de s'élever du sol à la verticale au moyen de pales rotatives. Ce modèle ne sera jamais construit, et sa concrétisation prendra plus de quatre siècles.

Ayant eu connaissance des accomplissements des frères Wright en matière d'aéronef piloté, l'ingénieur russe Igor Sikorsky décide que l'avenir du vol est « vertical », exactement comme de Vinci l'a décrit. Né à Kiev, Sikorsky étudie ensuite l'aviation à Paris. Il dessine des bombardiers pendant la Première Guerre mondiale mais continue de rêver à l'hélicoptère. Il émigre aux États-Unis en 1919, et développe de premières versions avec un seul rotor de sustentation en haut de l'appareil et un plus petit rotor sur la queue. Sikorsky perfectionne son hélicoptère en 1939 et

supervise la construction de plus de quatre cents appareils avant la fin de la Seconde Guerre mondiale. Sa société, Sikorsky Aircraft Corporation, reste l'un des principaux fabricants d'hélicoptères du monde.

Essentiellement utilisé dans le domaine militaire, l'hélicoptère a de multiples usages. Sa capacité à rester longtemps en vol stationnaire lui permet d'accomplir des missions de surveillance ou de protection au-dessus d'un lieu précis. Il joue également un rôle inestimable dans le transport des patients en cas d'urgence médicale, dans la lutte contre les incendies et lors d'opérations de recherche et de sauvetage. Il se révèle enfin utile en matière de collecte d'informations, comme les conditions de circulation.

Ci-dessus: Un hélicoptère militaire.



Le croquis de la « vis aérienne » de Léonard de Vinci est le premier concept de vol vertical. L'inventeur ne l'a jamais testé.



Des automobilistes empruntent le Mini Stack, un vaste échangeur autoroutier à Phoenix, en Arizona (États-Unis).

37 La culture de l'automobile inspirée par l'autoroute

QUAND LE PRÉSIDENT Dwight Eisenhower signe le Federal Aid Highway Act, en 1956, il imagine un réseau de transport de meilleure qualité pour acheminer les personnes et les marchandises à travers les États-Unis. Selon lui, un tel maillage améliorerait la sécurité, réduirait la circulation et accroîtrait l'efficacité économique. En plus de couvrir ces besoins civils, le président fait valoir que le réseau fournirait des voies de communication essentielles pour l'armée en cas d'invasion.

L'ambitieux projet s'inspire du système des *Autobahnen* allemand construit pendant les années 1930. Il comprend plus de 66 000 km de routes, dont seuls 50 % sont achevés dix ans plus tard. Des limitations de vitesse sont établies, culminant à 113 km/h. Depuis la création des autoroutes, la culture automobile règne

en maître aux États-Unis. La circulation des personnes comme l'approvisionnement du pays en dépendent. Cet essor s'accompagne de conséquences imprévues telles que l'étalement urbain, la pollution de l'air, l'isolement de certaines populations ou la dépendance aux combustibles fossiles. La « liberté de la route » a permis la traversée du pays, la croissance commerciale et le développement urbain le long des autoroutes.

En France, les autoroutes apparaissent dans la première moitié du XX^e siècle, le pays disposant déjà d'un important parc d'automobiles. La première sera ouverte le 9 juin 1946, entre Saint-Cloud et Orgeval, en banlieue parisienne, soit une vingtaine de kilomètres. Aujourd'hui, le réseau compte près de 9200 km d'autoroutes en France métropolitaine.



L'INFO EN PLUS

En 1955, afin de moderniser le réseau routier du pays, l'État français confie la construction, l'extension, l'entretien et l'exploitation des autoroutes à des sociétés d'économie mixte, qui mettent en place des péages.

38 LES PARCMÈTRES, toujours impopulaires

EN 1927, QUAND LE JOURNALISTE Carl C. Magee déménage à Oklahoma City, il remarque que la ville manque de places de stationnement disponibles alors que le nombre d'automobiles en ville croît. Doté de l'esprit d'entreprise, Magee imagine le Park-O-Meter, un appareil qui réserve des espaces de stationnement en échange de pièces de monnaie. Le tollé est immédiat. Ses opposants considèrent qu'il s'agit d'une taxe sur leur droit de posséder un véhicule.

Pourtant, dès juillet 1935, les parcmètres bordent les trottoirs d'Oklahoma City. Les petits commerçants s'en réjouissent parce que les appareils améliorent les taux de rotation. Les places auparavant occupées par les

banlieusards venus travailler en ville se libèrent pour d'éventuels clients. Notoirement impopulaires, les contractuelles patrouillent près des places de stationnement et dressent des contraventions en cas de dépassement du temps autorisé, augmentant les recettes de la ville. Moins d'une décennie plus tard, plus de 100 000 parcmètres répartis dans tout le pays généraient quelque 10 millions de dollars par an.

Un parcmètre indique que la durée de stationnement est dépassée.



39 LA CEINTURE DE SÉCURITÉ sauve des vies

DANS LES ANNÉES 1950, l'automobile se démocratise. Des milliers de conducteurs se lancent sur les routes sans mesures de sécurité appropriées, et les accidents se multiplient. Des sangles ventrales équipent certes les véhicules, mais elles causent souvent des blessures à l'abdomen en cas de collision.



Une ceinture de sécurité à trois points réduit le risque de blessure de 50 %.

En 1958, la Volvo Car Corporation fait appel à Nils Bohlin, un ingénieur suédois qui a conçu des sièges éjectables pour les avions. Une décision prise suite au décès d'un parent du P.-D.G. de Volvo dans un accident de voiture. La société espère ainsi trouver le moyen de sauver des vies. Bohlin crée un dispositif de retenue facile à utiliser. Son système à trois points en « V », avec un point d'ancre près de la hanche, est un succès.

Volvo le met gratuitement à la disposition de tous les constructeurs automobiles. En 1973, une loi fédérale américaine exige que les sièges avant de tous les véhicules, à l'exception des bus, en soient équipés. Aujourd'hui, le conducteur est tenu par la loi de porter une ceinture de sécurité dans 49 États ainsi que dans le District de Columbia. En revanche, la règle pour les passagers et les enfants varie selon les États.

En France, le port de la ceinture de sécurité devient obligatoire en juillet 1973 mais uniquement pour les passagers avant lors de la circulation hors agglomération. Il faudra attendre 1979 pour qu'un arrêté le généralise à l'avant en toutes circonstances, et 1990 pour une obligation à l'avant comme à l'arrière.

40

Pas de gratte-ciel sans ASCENSEUR

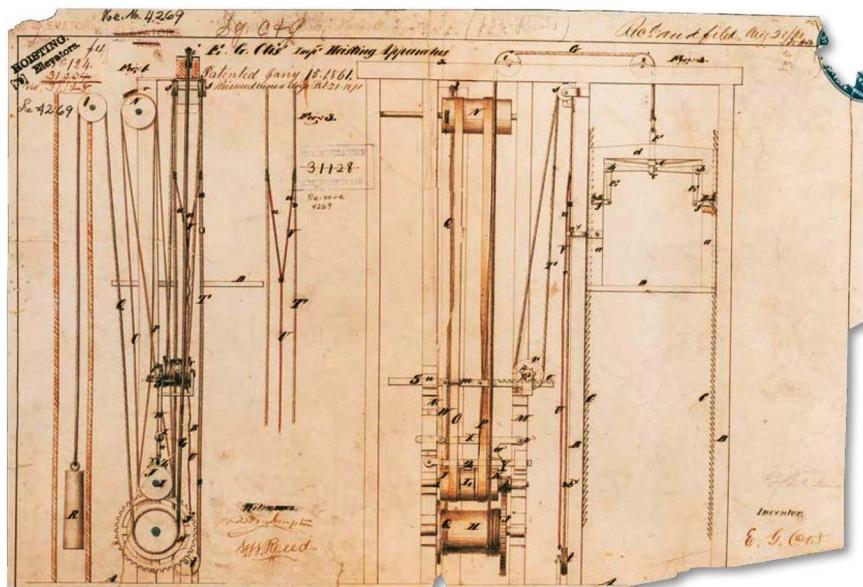
DEPUIS DES SIÈCLES, DES SYSTÈMES de poules et des câbles de levage déplacent des objets lourds. Dès la moitié du XIX^e siècle, des monte-chargé à vapeur soulevént des marchandises. En revanche, leurs cordes, sujettes à l'usure, excluent leur utilisation pour l'homme. À l'exposition universelle de New York, en 1854, l'industriel américain Elisha Otis présente un ascenseur capable de transporter des passagers. Sa démonstration impressionne le public. Debout sur une plate-forme de levage suspendue par des poules, il fait couper la corde. Le système de sécurité retient la plateforme et l'empêche de s'écraser au sol.

L'ascenseur d'Elisha Otis est inauguré dans un grand magasin new-yorkais en 1857. Il s'élève de cinq étages en moins d'une minute. L'invention modifie rapidement la silhouette des villes et donne à la Grosse Pomme ses célèbres gratte-ciel. Les ascenseurs donnent aux architectes la possibilité de dépasser

la limite de quatre ou cinq étages qui était jusqu'ici en vigueur. En 1880, l'expérimentation réussie d'un ascenseur électrique ouvre la voie aux cages plus hautes et aux vitesses supérieures.

Dans les villes denses, la raréfaction des terrains constructibles impose de bâtir de plus en plus haut. En outre, les ascenseurs améliorent l'accessibilité pour les personnes handicapées. Courants dans les immeubles, ils apparaissent aussi sur les bateaux, les barrages et les lance-fusées. Une entreprise de construction japonaise, qui utilise une technologie à base de nanotubes de carbone, a même l'ambition de construire un ascenseur pour aller dans l'espace.

Ci-dessus: Une démonstration de sécurité d'un ascenseur en 1857.



Le projet que Elisha Otis a présenté au bureau des brevets pour son ascenseur électrique. Il sera inauguré à New York.



En 1959, à Pigeon Cove, dans le Massachusetts (États-Unis), des plongeurs utilisent les nouveaux équipements de plongée que sont les combinaisons et le scaphandre autonome.

41 La plongée sous-marine avec L'AQUA-LUNG

L'Océanographe français Jacques-Yves Cousteau se passionne pour la plongée dès 1936. Il est cependant freiné dans sa pratique par une technologie et un matériel centenaires. Attachés à un compresseur installé à terre ou sur un bateau, les combinaisons et les casques de plongée limitent le périmètre à explorer.

Cousteau s'associe à l'ingénieur français Émile Gagnan pour améliorer la respiration sous-marine. Ils créent le détendeur. Ce mécanisme permet au plongeur de respirer à travers un embout relié à un compresseur, cette fois fixé à un gilet stabilisateur. En 1943, ils testent l'Aqua-Lung, aussi appelé Scuba (acronyme de *self-contained underwater breathing apparatus*). Il permet d'atteindre de plus grandes profondeurs. Désormais autonome, Cousteau passera le

restant de sa vie à explorer les mers, à écrire des livres et à révéler les mystères des fonds marins aux téléspectateurs du monde entier.

La plongée sous-marine devient un loisir exaltant et un précieux outil de recherche. Les scientifiques peuvent observer la diversité de la vie aquatique, découvrir des épaves et évaluer la santé des récifs coralliens. Ils peuvent aussi surveiller les eaux de crue et construire des ponts perfectionnés et des plateformes pétrolières offshore. Des améliorations (soufflages de réserve, combinaisons de plongée de haute qualité, communication vocale ou systèmes de propulsion) permettent de plonger à plus de 30 m et de faire de nouvelles découvertes dans des mers couvrant près des trois-quarts de la surface du globe.



L'INFO EN PLUS

Jacques-Yves Cousteau, commandant de la *Calypso*, a réalisé un grand nombre de ses photographies et de films célèbres au moyen d'appareils de prises de vues sous-marines mis au point par son équipe.

L'ARMÉE ET L'INDUSTRIE



GAGNER EN VITESSE,
EN EFFICACITÉ ET EN PUISSANCE

Un grand nombre d'avancées faites dans le domaine militaro-industriel ont vu le jour lors d'une guerre, au cœur du combat pour la survie. Nées dans le giron de l'armée ou des usines à l'image des efficaces chaînes de montage, elles ont investi la vie civile sous forme de drones, de sonars et même d'ordinateurs. Il est indéniable que de brillants scientifiques, mathématiciens et chefs d'entreprise ont façonné les orientations de l'époque contemporaine.

Sur un chantier de construction, un soudeur projette des étincelles en travaillant sur une poutre.







La ville japonaise d'Hiroshima, détruite après le largage de la première bombe nucléaire, surnommée « Little Boy ».

42 La puissance suprême de la BOMBE ATOMIQUE

EN 1939, ALORS QUE PLANE LA MENACE de la Seconde Guerre mondiale, des scientifiques allemands et américains commencent à percer le secret de l'uranium, reconnu comme l'élément-clé d'une arme de destruction massive. Aux États-Unis, le physicien italien Enrico Fermi conduit les recherches dans le cadre du Projet Manhattan, nom de code d'un programme secret lancé par le président Franklin D. Roosevelt.

En 1942, Fermi parvient à maîtriser la puissance de l'isotope de l'uranium en créant la première réaction nucléaire contrôlée, composant indispensable de la bombe atomique. C'est au laboratoire national de Los Alamos, au Nouveau-Mexique, que sont menées les

premières expériences sur les armes nucléaires. Alors que la plupart des 120 000 ouvriers du site ignorent le but du projet, l'équipe dirigée par le physicien américain J. Robert Oppenheimer construit une bombe d'une puissance sans précédent en vingt-sept mois.

UN ESSAI RÉUSSI

En juillet 1945, le premier essai de bombe nucléaire a lieu dans le désert du Nouveau-Mexique. Juste avant le lever du soleil, un champignon atomique s'élève jusqu'à 12 000 m dans l'atmosphère, et un éclair aveuglant illumine le ciel à 320 km à la ronde. L'explosion souffle des fenêtres d'habitations civiles dans un rayon



L'armement atomique

1934

Dépot d'un brevet décrivant le concept de base de la bombe atomique.

1945

Les États-Unis achèvent la première bombe nucléaire prête à être utilisée.

1946

Les Nations unies réclament le contrôle de l'énergie atomique et l'élimination des armes nucléaires.

de plus de 160 km, et le cratère creusé par la bombe mesure 600 m de diamètre. On racontera aux témoins inquiets qu'un vaste entrepôt de munitions a accidentellement explosé.

L'occasion d'utiliser la nouvelle technologie ne tarde pas à se présenter. L'Allemagne a certes déjà perdu la guerre en Europe, mais les États-Unis combattent encore le Japon dans le Pacifique. En août 1945, le président Harry Truman décide que la bombe nucléaire est le seul moyen de mettre un terme au conflit sans entraîner de pertes massives du côté américain.

DÉTONATION ET DÉVASTATION

Le matin du 6 août 1945, le bombardier *Enola Gay* largue donc une bombe atomique sur la ville japonaise d'Hiroshima, déclenchant une explosion équivalant à plus de 13 600 t de TNT. Dans un rayon de 7 km, tout est détruit par le souffle, qui tue instantanément près de 80 000 personnes. Les retombées radioactives feront 60 000 autres victimes au cours de l'année suivante. Quelques jours plus tard, les États-Unis larguent une seconde bombe, cette fois sur Nagasaki, tuant plus de 60 000 personnes dans l'explosion et la tempête de feu consécutive. Le Japon annonce sans tarder sa capitulation.

Au total, les États-Unis auront dépensé près de 2 milliards de dollars pour mettre au point la bombe atomique. Ils auront réussi à garder le projet secret malgré la vaste alliance formée par le gouvernement, les industriels, les scientifiques et les universitaires. La détonation des bombes atomiques marque un tournant dans la guerre et la politique modernes. Les bombardements, en plus d'assurer la victoire des États-Unis contre le Japon, sont aussi pour eux l'occasion d'envoyer un message stratégique au monde entier, et en particulier à l'URSS, leur rivale : ils ont la puissance nucléaire et sont prêts à l'employer. Un explosif d'une telle puissance signifie que toutes les guerres pourraient se terminer par une catastrophe nucléaire. L'ère nucléaire et la guerre froide commencent.



Après avoir largué une bombe atomique sur Nagasaki, l'armée de l'air américaine observe de la fumée et des débris s'élevant jusqu'à plus de 18 000 m.

1949

L'Union soviétique teste sa première bombe nucléaire.

1996

Le Traité d'interdiction complète des essais nucléaires (TICE), ouvert à la signature le 24 septembre, interdit toute explosion nucléaire

1960

La France réalise son premier essai de bombe atomique à fission (bombe A)

2006

La Corée du Nord, non signataire du TICE, devient le huitième pays à effectuer un essai nucléaire réussi.

43

La guerre attisée par la POUDRE À CANON

ALORS QU'ILS FONT DES EXPÉRIENCES avec le nitrate de potassium, le soufre et le charbon de bois, des alchimistes chinois découvrent accidentellement la poudre à canon, vers 850. La matière explosive est étrennée pour divertir l'empereur chinois, lors du premier feu d'artifice du monde. Un manuel militaire rédigé en 1044 mentionne que la poudre sert à tirer des flèches enflammées sur un champ de bataille.

Sous la dynastie Song (960-1279), les soldats l'utilisent pour repousser les envahisseurs mongols. Lorsque ces derniers s'emparent de la nouvelle technique et s'en servent à leur tour pour constituer l'un des plus vastes empires de l'histoire, le gouvernement chinois réagit. Il interdit bientôt la vente de la précieuse matière aux étrangers, craignant que ceux-ci

ne l'utilisent contre le pays. Pourtant, la poudre parvient en Europe, au XIII^e siècle, via les échanges commerciaux de la route de la Soie.

La France et l'Angleterre en remplissent leurs canons pendant la guerre de Cent Ans (1337-1453), et les armées du monde entier l'utilisent depuis. De nouvelles armes, tels les fusils, les canons et les bombes, voient le jour. La guerre entre dans une nouvelle ère.

Du XVII^e au XIX^e siècle, la poudre à canon confère aux Européens un net avantage dans les conquêtes de l'Afrique et du continent américain. Elle augmente aussi de façon considérable le nombre de victimes par rapport au combat au corps à corps. Cet explosif millénaire reste un élément de base d'armes modernes comme les grenades, les fusées et les armes de poing.



Dans la Chine ancienne, un guerrier allume la mèche d'un petit canon rempli de poudre.

44

La précision du FUSIL



LE FUSIL S'EST MODERNISÉ au fil du temps, mais le principe de base de sa conception reste le même qu'à ses débuts. Le mot anglais «rifle» décrit la forme du canon du fusil. Celui-ci comporte à l'intérieur des rayures en spirales, peu profondes, qui font tourner la balle sur elle-même. Cela a pour effet de stabiliser la trajectoire, et d'obtenir un tir plus précis. Inventé au XV^e siècle, le canon rayé est une amélioration par rapport au mousquet, qui tirait des balles de fer rondes avec une grande force mais peu de précision. Des ajustements apportés à la forme de la balle – prolongation du projectile par une tête conique, base creuse – lui permettent de bien s'adapter aux rainures du fusil.

Pendant la guerre d'Indépendance des États-Unis, les colons américains ont besoin de fusils perfectionnés comme le Kentucky long rifle, une carabine à canon long d'une portée allant jusqu'à 275 m. En effet, les tireurs embusqués visent les officiers britanniques plutôt que l'infanterie, une tactique qui contribuera à renverser le cours de la guerre. La technologie continue d'améliorer l'apparence, la fiabilité et la précision des fusils, aboutissant au déploiement de tireurs embusqués spécialisés dans le tir longue distance.

La carabine 22 long rifle est appréciée pour la chasse au petit gibier.

45

LA MITRAILLEUSE à tir rapide

LES ARMES AUTOMATIQUES ont changé la vie des soldats. Avant leur invention, ils passaient de précieuses minutes à nettoyer leur fusil et à recharger entre les tirs. Les premières mitrailleuses à tir rapide sont placées en haut des murs des forteresses. Alimentées par une source extérieure, elles ne sont pas adaptées aux champs de bataille. En 1718, l'avocat britannique James Puckle conçoit une mitrailleuse primitive dont le canon est chargé par un barillet rotatif capable de tirer jusqu'à neuf cartouches à la minute. En 1884, Hiram Maxim, un Américain qui a déjà plusieurs inventions à son actif, découvre un moyen d'utiliser le recul après chaque tir pour préparer automatiquement le suivant.



Pendant la Première Guerre mondiale, le modèle de Hiram Maxim prédomine, faisant des millions de victimes. Les armes automatiques modernes peuvent tirer jusqu'à 1000 cartouches à la minute, mais une arme électronique peut en tirer plus d'un million. Aujourd'hui, un soldat est muni d'une puissance de feu supérieure à celle d'armées entières pendant la guerre de Sécession. Les mitrailleuses n'ont pas seulement

modifié la guerre moderne. Devenues disponibles pour les civils, elles sont à l'origine de nombreuses morts en dehors du champ de bataille.

Un soldat américain tire avec une mitrailleuse M240B pendant un exercice d'entraînement sur une base militaire, en Alaska.



L'INFO EN PLUS

Dans les Années folles, les gangsters ont exporté les mitrailleuses des tranchées de la Première Guerre mondiale dans les rues de Chicago. Armés de leur pistolet automatique préféré, surnommé «Tommy gun», ils tirent mieux que leurs adversaires, bandes rivales comme agents du FBI.



Un drone Raven est lancé d'une base américaine en Irak. Il effectue des missions de surveillance, et s'oriente par GPS.

46 Un nouveau point de vue avec les DRONES

LES AÉRONEFS SANS PILOTE, plus connus sous le nom de drones, sont des appareils télécommandés à longue portée. Dès 1896, l'astronome américain Samuel Langley lance un avion de recherche non habité en Virginie. Le premier vol pratique de drone a lieu pendant la Première Guerre mondiale. Il est guidé par un signal radio AM. Au cours du second conflit mondial, les drones effectuent des missions de surveillance et larguent des bombes radioguidées. En 1995, l'armée américaine équipe un drone avec une arme. Un nouvel appareil est né : le Predator.

La première frappe mortelle par Predator se produit peu après les attentats du World Trade Center, perpétrés le 11 septembre 2001. À l'heure actuelle, le Pentagone utilise des drones pour surveiller et frapper

les organisations terroristes sans recourir à des troupes au sol. Plusieurs pays, dont le Yémen, le Pakistan et la Somalie, ont été la cible de frappes. Bien que les données sur les drones soient rares, les États-Unis ont reconnu jusqu'à 2 500 combattants tués par des drones entre 2009 et 2016, ainsi que des morts civils.

Accessibles à tous, de plus petits drones servent à la surveillance antibracognage dans les réserves naturelles ou à distribuer des médicaments dans les zones pauvres. Ils sont aussi devenus une activité de loisir. Certains États dont la France ont voté des lois limitant l'usage de drones pour des questions de protection de la vie privée. Si les applications et l'éthique liées à l'utilisation des drones ne sont pas encore claires, il est certain que les drones ont le vent en poupe.



Les drones prennent leur envol

1944

Des missiles V1 allemands ciblent des civils par radiocommande.

Années 1960

Des drones de surveillance sont utilisés pendant la guerre du Viêt Nam.

2001

Un Predator (à gauche) tire le premier missile de drone au combat.

1995

Le drone Predator est mis en service pour des missions de reconnaissance.

47

La destruction massive avec la **CATAPULTE**

SELON LES ÉCRITS de l'historien grec Diodore de Sicile, les premières catapultes, construites en 399 av. J.-C., ressemblent à de lourdes arbalètes. Les armées d'invasion grecques s'en servent pour lancer des flèches, des fléchettes et des pierres sur de longues distances. Au Moyen Âge (du v^e au xv^e siècle), la catapulte se fait plus imposante. Munie d'un seul bras, elle peut lancer de lourdes pierres, des projectiles incendiaires, voire des cadavres de malades par-dessus des murailles ou à travers les champs de bataille. L'opérateur coupe les cordes, faites de crins ou d'autres fibres, pour relâcher la tension exercée sur le bras et projeter les charges.

Les catapultes représentent une prouesse technique qui donne aux armées un avantage considérable. Les projectiles volants peuvent réduire en

gravats les murailles des forteresses. Première arme de destruction massive, la catapulte reste, jusqu'à l'arrivée de la poudre à canon, l'armement le plus puissant du champ de bataille.

Pour certains historiens militaires, la catapulte est l'un des meilleurs exemples documentés de la façon dont la technique a engendré des avancées. Avec l'étude des mathématiques et des tests sur la proportionnalité, la construction des catapultes s'améliore progressivement et se standardise, de l'Antiquité jusqu'aux temps modernes. Ce processus montre comment des personnes pensant de manière empirique à des techniques de guerre ont utilisé leurs observations pour améliorer des outils. Ceux qui y sont parvenus ont fini à la tête de puissants empires.



À Bakou, en Azerbaïdjan, une forteresse du XII^e siècle abrite la reproduction d'une catapulte médiévale.

48

Les avions prennent la mer sur les PORTE-AVIIONS

AVEC LES PROGRÈS DE L'AVIATION au XX^e siècle, la marine des États-Unis espère intégrer l'appui aérien à la stratégie navale. En 1910, un civil américain de 24 ans, Eugene Ely, réussit à faire décoller un avion depuis le pont d'un navire de guerre. L'appareil s'élève depuis une plateforme de bois construite sur la proue du croiseur USS *Birmingham*. Deux mois plus tard, Ely fait atterrir un appareil sur le cuirassé USS *Pennsylvania*.

Quand la Seconde Guerre mondiale éclate, de nombreux pays ont déjà compris la nécessité d'intégrer des navires transportant des aéronefs à leurs forces armées. D'abord appelés « porte-avions d'escorte », ces bâtiments servent de bases aériennes flottantes, permettant aux pilotes de voler sur de longues

distances dans des régions dépourvues de bases militaires ou de stations de ravitaillement alliées. En 1941, quand le Japon lance une attaque meurtrière sur les cuirassés américains à Pearl Harbor, 408 avions japonais décollent depuis six porte-avions naviguant dans l'océan Pacifique, près de Hawaii. En réaction, les États-Unis intensifient leur production. Entre 1941 et 1945, 78 bâtiments sont construits et mis à l'eau.

Les avions actuels pouvant transporter assez de carburant pour parcourir de longues distances, un porte-avions remplit d'autres fonctions en plus de celle de rampe de lancement mobile. Il sert également à déployer du ravitaillement, des armes, du carburant et du personnel partout où cela est nécessaire.



L'USS *John F. Kennedy* navigue dans l'océan Atlantique. Un avion peut décoller à tout moment.

49

La bataille historique des CUIRASSÉS

EN RÉPONSE AUX PROGRÈS de l'artillerie et aux obus explosifs utilisés au XIX^e siècle, les marines britannique et française transforment leurs navires de guerre de bois en monstres blindés : les cuirassés. Avec leur épaisse enveloppe de fer et leur coque blindée, ces bâtiments sont capables de résister aux tirs défensifs quand ils entrent dans les ports. Un atout qui leur permet de se rapprocher des forts ennemis. La première épreuve du feu pour ces formidables bateaux à vapeur a lieu pendant la guerre de Sécession.

Le 9 mars 1862, des cuirassés de la Confédération et de l'Union s'affrontent pour la première fois dans une rude bataille, qui durera plusieurs heures. Le cuirassé



CSS Virginia détruit deux vaisseaux de l'Union avant l'arrivée sur les lieux du puissant USS Monitor. La confrontation se termine dans une impasse, aucun des deux navires ne parvenant à briser l'épaisse armure de l'autre. À cette nouvelle, des pays du monde entier suivent le

mouvement, transformant leurs propres navires de guerre et imaginant des stratégies navales adaptées. Au XX^e siècle, les navires de bois disparaissent au profit de bâtiments à la coque intégralement faite de métal, et les cuirassés entament une course aux armements.

Deux cuirassés s'affrontent pendant la guerre de Sécession.



L'INFO EN PLUS

En modifiant légèrement la conception des cuirassés en état de naviguer, l'armée de l'Union crée une version fluviale. Le tirant d'eau peu profond permet aux navires de remonter les rivières, de tirer sur les forteresses et de livrer bataille à l'intérieur des terres.

50

Des attaques surprises avec les SOUS-MARINS

LE 7 SEPTEMBRE 1776, pendant la guerre d'indépendance des États-Unis, un sous-marin s'approche de la coque d'un navire britannique. La Tortue, construite par l'ingénieur colonial américain David Bushnell, est le premier submersible utilisé dans un combat naval. Le pilote, Ezra Lee, parvient à fixer une bombe à retardement sous le vaisseau, mais la charge n'explose pas.

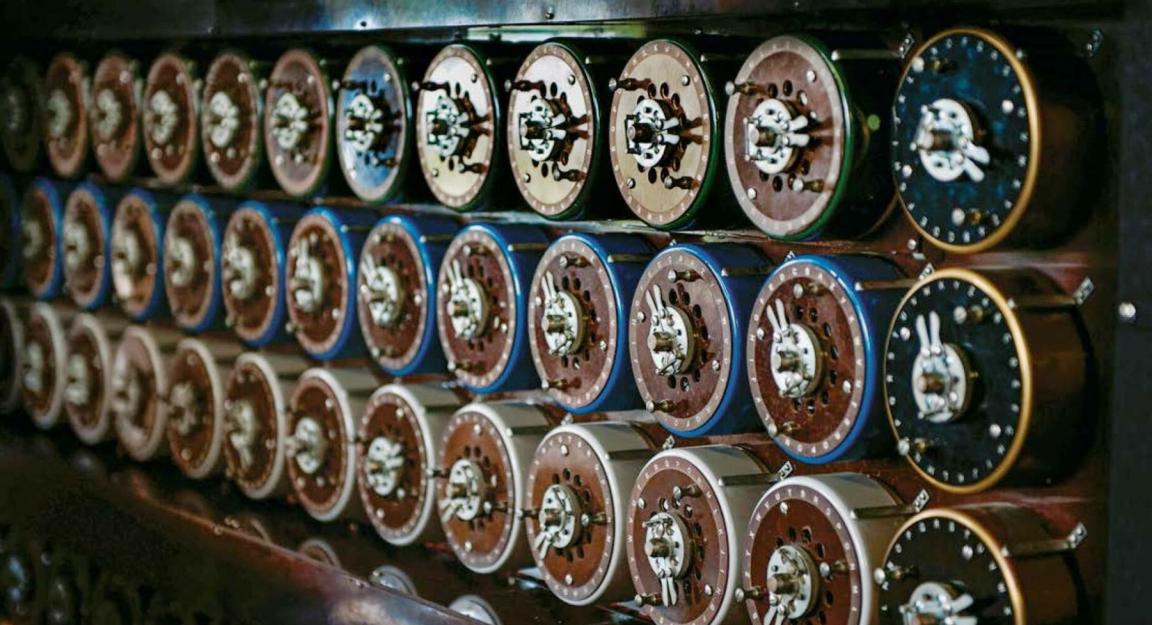
Les sous-marins fonctionnent en contrôlant la flottabilité, s'immergeant et remontant à la surface selon la quantité d'air contenue dans le ballast. Pendant la Seconde Guerre mondiale, ils jouent un rôle majeur dans les batailles navales. L'impressionnante flotte sous-marine allemande terrorise les navires alliés. La



course aux armements de la guerre froide inspire d'autres améliorations technologiques, dont l'emploi de l'énergie atomique. La propulsion nucléaire, qui n'a pas besoin d'air, permet aux vaisseaux de rester immergés pendant des mois, voire des années, d'affilée.

Malgré les progrès des techniques de détection, les sous-marins transportent encore des armes dans le monde entier, y compris sous la banquise arctique. Ils peuvent pourchasser et détruire des bâtiments ennemis et patrouiller dans des eaux dangereuses.

Les sous-marins bouleversent de fond en comble la stratégie de guerre navale.



Pendant la Seconde Guerre mondiale, une machine construite par Turing parvient à déchiffrer le code utilisé pour les communications nazies.

51 Le code informatique inventé avec la MACHINE DE TURING

EN 1936, DANS SON ARTICLE *On Computable Numbers* («Sur les nombres calculables»), le mathématicien britannique Alan Turing décrit pour la première fois une machine, qui deviendra la base de l'informatique. Selon lui, elle pourrait résoudre des équations de mathématiques et de physique difficiles en utilisant, non pas du matériel informatique, mais un programme informatique. Il imagine un système capable d'accomplir de multiples tâches sans modification physique. Dans une version primitive de code informatique, la machine de Turing «universelle» utilise un algorithme écrit comme une séquence d'instructions.

Pour des raisons d'ordre mécanique, la machine de Turing ne sera pas réalisable avant une autre décennie. Il faudra attendre que la technologie électronique ait

assez progressé pour concrétiser l'idée du mathématicien. Entretemps, dans le centre ultrasecret de Bletchley Park, Turing prête main-forte aux renseignements britanniques en déchiffrant les codes nazis.

Dans les années 1940, une équipe menée par le mathématicien américano-hongrois John von Neumann met au point une machine rapide dotée d'une mémoire vive (*random-access memory, RAM*), capable d'aller chercher des instructions automatiquement, d'effectuer des opérations mathématiques et de stocker les résultats. En 1953, IBM crée le premier ordinateur, en s'appuyant sur les travaux de Turing et de von Neumann. Considéré par beaucoup comme le père de l'informatique, Alan Turing meurt en 1954, avant que sa théorie ne se concrétise pleinement.



L'histoire des ordinateurs

1890

Hermann Hollerith invente la machine à statistiques à cartes perforées.

1936

Alan Turing (à gauche) publie un rapport de recherche qui fera date, *On Computable Numbers* («Sur les nombres calculables»).

1953

L'IBM 701 est le premier ordinateur commercialisé.

1941

Le premier ordinateur peut résoudre simultanément 29 équations à 29 inconnues.

52

L'imagerie sous-marine par SONAR

AU XIX^e SIÈCLE, DES SCIENTIFIQUES comprennent que certains animaux, comme les chauve-souris ou les tortues, se dirigent au moyen de l'écholocation. Les chercheurs adaptent cette technique aux besoins humains. Pour pallier le manque de visibilité, en particulier sous l'eau, le sonar (acronyme de «sound navigation ranging») crée une image acoustique. L'onde sonore se propage dans l'eau jusqu'à ce qu'elle rencontre un obstacle – un poisson, une épave, un sous-marin, etc. – puis renvoie cette information à l'émetteur. L'appareil se sert de ces données pour créer un cliché avec des zones sombres et claires, restituant une image étonnamment nette de régions invisibles.

En 1906, l'architecte naval américain Lewis Nixon conçoit le premier système d'écoute sous-marin pour détecter les icebergs. Le dispositif attire l'attention du renseignement militaire, qui l'adapte pour localiser les sous-marins pendant la Première Guerre mondiale.



Un écran radar montre la position de navires proches.

Dès 1950, des géophysiciens développent des ondes sonores de basse fréquence capables de repérer des objets situés à des milliers de kilomètres.

Le sonar a en outre d'importantes applications dans le civil. Les archéologues marins s'en servent pour trouver des épaves, les océanographes pour cartographier les fonds marins et les géologues pour mesurer l'étenue des marées noires. Dans le domaine médical, l'utilisation des ultrasons, ou échographie, permet d'obtenir les clichés d'un fœtus, d'organes internes, de muscles et de vaisseaux sanguins. C'est un moyen non invasif et précis de visualiser des zones cachées.



Un technicien utilise un sonar lors d'une séance de formation à bord d'un sous-marin nucléaire d'attaque français.



Un marin glisse un explosif sous du fil de fer barbelé lors d'un entraînement à la démolition.

53 LE FIL DE FER BARBELÉ délimite des frontières

AU MILIEU DU XIX^e SIÈCLE, une vague de pionniers réclame des terres le long de la Frontière américaine (limite des terres habitées par les colons pendant la colonisation de l'Amérique du Nord). Le gouvernement encourage leur installation sur les terres acquises lors de la vente de la Louisiane par la France. Un territoire peuplé en majorité d'Amérindiens. Mais les prairies du Midwest manquent de bois pour ériger les clôtures. En 1873, le fermier Joseph Glidden trouve une solution : un double fil de fer torsadé munis de pointes acérées placées à intervalles réguliers sur toute la longueur. En 1880, plus de 36 millions de kilos du fil de fer barbelé de Glidden sont vendus aux agriculteurs.

Dans les terres colonisées, le barbelé qui protège les cultures des paysans complique en revanche la tâche des éleveurs. D'anciens pâturages ouverts ne

sont désormais plus accessibles au bétail. S'ensuivent de violents conflits concernant les droits de propriété, jusqu'à ce que des États adoptent, à la fin des années 1880, des « lois sur les troupeaux » interdisant de couper les clôtures de fil de fer barbelé.

Avec le temps, le fil de fer barbelé sort des terres agricoles pour conquérir les champs de bataille. L'armée américaine l'utilise pour délimiter des périmètres pendant la guerre hispano-américaine de 1898. Pendant la Première Guerre mondiale, les barbelés sont déployés le long du front occidental. Ils sont faciles à poser, difficiles à distinguer de loin et résistent aussi bien aux armes qu'aux éléments. Lors du second conflit mondial, les barbelés encerclent les camps de concentration. De nos jours, ils surmontent encore les murs d'enceinte des prisons.



L'INFO EN PLUS

Pendant l'hiver 1886, au Texas, des milliers de têtes de bétail meurent de froid après s'être entassées derrière les clôtures de fil de fer barbelé destinées à les empêcher de migrer vers le sud.

54

Sur la route avec le CAOUTCHOUC

Dans les années 1830, la « fièvre du caoutchouc » s'empare des industriels américains. Ils se lancent dans l'exploitation de la gomme imperméable d'un arbre à caoutchouc d'Amérique latine. Mais les premiers investisseurs perdent de l'argent car ce matériau, difficile à manier, fond en été et gèle en hiver. Refusant d'abandonner la partie, le chimiste et ingénieur américain Charles Goodyear passe des années à essayer de transformer l'extrait de caoutchouc en une matière première utile. Il lui applique tous types de produits chimiques, sans grand succès. Un jour, après avoir fait tomber par accident un échantillon recouvert de soufre sur un poêle chaud, il constate que la substance devient malléable, imperméable et résistante aux variations de températures. Ce procédé de chauffage, connu à présent sous le nom de vulcanisation, rend le

caoutchouc plus dur et plus solide. À l'époque, Charles Goodyear pense que son accident engendrera le matériau le plus polyvalent qui soit disponible.

De nos jours, le caoutchouc entre dans la fabrication des pneus, de pièces mécaniques et d'articles de consommation courants comme les chaussures, les meubles et les jouets. Il fournit aussi un matériau de premier choix pour les gants chirurgicaux, les ballons gonflables, les colles, les isolants et d'autres produits souples. Il a eu un énorme impact sur l'industrie, mais aussi sur l'environnement, car des forêts tropicales furent détruites pour laisser place à des plantations de caoutchouc. Charles Goodyear n'a jamais recueilli les bénéfices de son invention. À cause de litiges en matière de brevets et de concurrents dotés d'un meilleur sens des affaires que lui, il mourra endetté.



Le caoutchouc est utilisé dans la fabrication des pneus destinés aux automobiles, aux bicyclettes et aux poids lourds.



Une locomotive à vapeur rénovée transporte encore de nos jours des touristes entre Minneapolis et Duluth, dans le Minnesota (É.-U.).

55 L'industrie est propulsée par la MACHINE À VAPEUR

LES TURBINES À VAPEUR, tel l'éolipile créé à des fins de divertissement par des ingénieurs de la Grèce antique, existent depuis 2000 ans. Mais ce n'est qu'à la fin du XVII^e siècle que les scientifiques mettent la puissance de la vapeur au service de l'industrie. Face au problème de l'inondation des mines, l'ingénieur britannique Thomas Savery fait breveter une machine à vapeur à deux soupapes pour pomper l'eau en profondeur.

Une dizaine d'années après, des améliorations apportées par Thomas Newcomen, un autre ingénieur britannique, aboutissent au moteur atmosphérique : la vapeur produite dans une chaudière passe dans un cylindre où elle est condensée par de l'eau froide. Le vide qui en résulte crée une pression atmosphérique

qui actionne le piston. Ce type de moteur sera utilisé pendant un demi-siècle pour pomper l'eau des mines et pour approvisionner les villes en eau.

En 1764, alors que l'ingénieur écossais James Watt répare une vieille machine de Newcomen, il remarque que l'énergie gaspillée par les opérations répétées de refroidissement et de chauffage peut être économisée avec un condensateur séparé. Il s'associe à Matthew Boulton, un industriel qui finance le projet. Leur moteur à vapeur amélioré, sorti en 1775, permet à l'opérateur de contrôler la vitesse du moteur. Propulsés par la vapeur, les trains, les bateaux, les automobiles et les machines contribuent à faire de la Grande-Bretagne le premier pays industrialisé du monde.



À toute vapeur vers la révolution industrielle

1712
La pompe à vapeur de Thomas Newcomen facilite l'extraction du charbon.

1780

Une machine à vapeur est installée dans une filature de coton.

1803

Richard Trevithick, un ingénieur des mines britanniques, construit une locomotive à vapeur.

56

Le rugissement du MOTEUR À RÉACTION

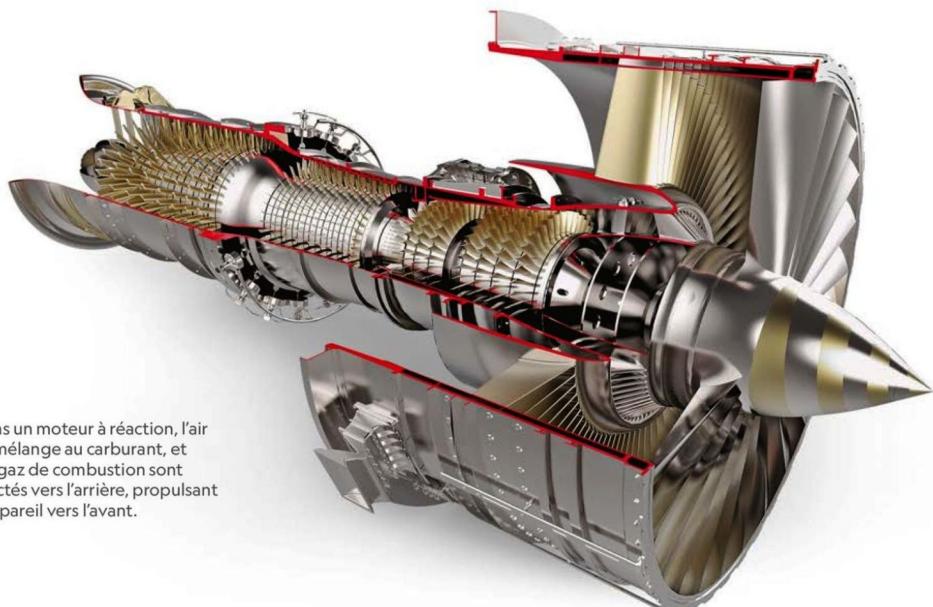
PENDANT LA SECONDE GUERRE MONDIALE, l'Allemagne et la Grande-Bretagne rivalisent pour être le premier pays à concevoir un moteur à réaction capable de distancer les appareils ennemis. Frank Whittle, un officier de la Royal Air Force, et Hans Pabst von Ohain, un physicien allemand, conçoivent tous deux un moteur à turbine à gaz plus rapide et plus puissant que le moteur à pistons qui équipait les avions du temps des frères Wright. Ohain l'emporte de justesse, en réussissant le premier vol à réaction en 1939. Pourtant aucun des deux camps n'utilisera beaucoup l'avion à réaction pendant la guerre. Trop gourmand en carburant, entre autres inconvénients, il doit être perfectionné. Frank Whittle fait part de son invention à des fabricants américains comme General Electric, dans l'espoir qu'ils aient les moyens de développer une flotte capable de vaincre les puissances de l'Axe.

Après la guerre, l'aviation commerciale, davantage que le secteur militaire, est porteuse d'innovations. En 1958, un Boeing 707 prend son envol : cet avion à



Le chasseur allemand Messerschmitt Me 262 fut le plus rapide de la Seconde Guerre mondiale.

réaction sûre et efficace est destiné aux passagers commerciaux. Depuis, l'avion à réaction a bouleversé les voyages internationaux en rendant tous les pays accessibles en quelques heures – beaucoup plus vite qu'avec les appareils à hélices. Les constructeurs s'efforcent toujours d'améliorer l'efficacité énergétique et d'accroître la vitesse des avions, mais la technologie a atteint un plateau. En 2003, l'avion supersonique Concorde, qui transporte des passagers d'un côté à l'autre de l'Atlantique en un temps record, cesse son activité au bout de vingt-sept ans, en raison de faibles taux de remplissage et de coûts d'exploitation élevés.



Dans un moteur à réaction, l'air se mélange au carburant, et les gaz de combustion sont éjectés vers l'arrière, propulsant l'appareil vers l'avant.



Les gratte-ciel forment une ligne d'horizon étincelante à Shanghai, ville chinoise comptant 24 millions d'habitants.

57 Pas de limite pour les GRATTE-CIEL

POUR DES RAISONS PRATIQUES, l'humanité a dû renoncer à bâtir en hauteur pendant des millénaires. L'invention de l'ascenseur en 1854 ouvre de nouvelles perspectives aux architectes. Encore faut-il disposer des matériaux de construction adéquats. Un immeuble en hauteur exige en effet une structure d'acier à la fois légère et solide. En 1856, une nouvelle technologie industrielle appelée procédé Bessemer permet la production d'acier en série et à moindre coût. Les architectes gagnent en liberté et se mettent à l'ouvrage.

Construit entre 1884 et 1885, le Home Insurance Building de Chicago est, avec ses dix étages, le premier « gratte-ciel » de l'histoire. Il domine fièrement Chicago jusqu'à sa démolition, en 1931. Achevé la même

année à New York, l'Empire State Building dépasse les 100 étages. Une première dans le monde. Ce n'est qu'en 1973 que le World Trade Center lui vole la vedette. Le record actuel est détenu par Burj Khalifa, inauguré en 2010 à Dubaï. Haut de plus de 160 étages, il est environ deux fois plus élevé que la moyenne des gratte-ciel de la Grosse Pomme.

La valeur des biens immobiliers incite à construire toujours plus haut, et les terrasses des gratte-ciel, qui tutoient les nuages, continuent d'attirer les touristes. De même que les pyramides de l'Égypte ancienne représentaient la toute-puissance des pharaons, les gratte-ciel modernes symbolisent avec ostentation l'ascension sociale et le progrès.



L'INFO EN PLUS

L'ascenseur de Burj Khalifa, la plus haute tour du monde avec 828 m, monte au sommet à la vitesse de 36 km/h.

58

Un nid douillet PRÉFABRIQUÉ

ENTRE 1908 ET 1940, le groupe de distribution américain Sears, Roebuck and Company vend plus de 70 000 kits de constructions. Les modèles les plus abordables coûtent moins de 1 000 dollars. Pour cette somme, les futurs propriétaires acquièrent tous les éléments pour bâtir une maison, du bois de charpente à la peinture en passant par les clous et les moulures.

La production en série des matériaux diminue les coûts de fabrication et, par conséquent, le prix d'achat d'une maison. Qui plus est, le temps de construction baisse de 40 %. Un progrès qui n'aurait pas vu le jour sans plusieurs inventions décisives. La nouvelle technique de construction à ossature croisée dite «*balloon frame*» ne nécessite qu'un seul charpentier, et non plus toute une équipe d'ouvriers. Les cloisons de Placoplâtre, bon marché et faciles à poser, remplacent les traditionnels murs intérieurs enduits de plâtre. De

même, les bardes d'asphalte se substituent aux tuiles de bois ou d'ardoise.

La classe moyenne accède ainsi à la propriété. Les pavillons intègrent tout le confort moderne, comme le chauffage central, l'eau courante et l'électricité, jusque-là réservé aux foyers les plus fortunés. Ce type de construction entraîne le développement des banlieues américaines. Les familles affluent vers les terrains inoccupés en périphérie des villes pour y installer des habitations prêtes à monter. En France, la première construction Phénix voit le jour dans les années 1950 : une maison aux éléments produits en usine avant d'être assemblés.

Ci-dessus: Des ouvriers assemblent une maison préfabriquée en 1975.



En 1946, des éléments de maisons préfabriquées arrivent sur un chantier de construction pour y être assemblés.

59

Un rouleau pratique de RUBAN ADHÉSIF TOILÉ

EN 1940, PENDANT LA SECONDE GUERRE MONDIALE, Vesta Stoudt, originaire de l'Illinois (États-Unis), accepte un poste dans une usine locale où elle emballait des munitions destinées au front. Les caisses sont scellées avec du ruban imperméable perforé dont une extrémité dépasse, formant une languette sur laquelle les soldats tirent pour ouvrir la caisse et en extraire le contenu. Mais le fin ruban de papier se déchire facilement, faisant perdre un temps précieux aux hommes sous le feu ennemi. Vesta Stoudt conçoit un ruban adhésif en tissu, plus solide, et le montre à ses responsables.

Comme ils ne la prennent pas au sérieux, elle écrit directement au président Franklin D. Roosevelt, en l'implorant : « J'ai deux fils partis à la guerre. Vous aussi. Nous ne pouvons pas les abandonner en leur donnant une caisse de cartouches qui prend une minute ou plus à ouvrir, laissant le temps à l'ennemi de prendre leur vie, qui aurait pu être sauvée. » Roosevelt fait part de

sa suggestion au War Production Board (WPB, Bureau de la production de guerre), qui commande à l'entreprise pharmaceutique Johnson & Johnson la création d'un nouveau ruban adhésif en tissu maille, recouvert de polyéthylène résistant à l'eau.

Après la guerre, des entrepreneurs adaptent l'invention pour assembler les conduits d'aération, et la renomment « duct tape » (ruban adhésif pour conduit). Un nom réducteur tant sa polyvalence est légendaire. Faute de colle ou d'outils, un morceau de ruban adhésif en toile permet d'effectuer des réparations temporaires. Il peut aussi prévenir les engelures, soutenir les chevilles fragiles, réparer les sabots des chevaux ou arrêter le saignement d'une plaie. En 1970, pendant la mission Apollo 13, l'équipage doit se réfugier dans un petit module lunaire. Disposant de peu d'outils, les astronautes bricolent un filtre à air scellé avec du ruban adhésif toile pour survivre.

Pour être assorti aux conduits d'aération, le ruban adhésif toile est le plus souvent argenté. En 1980, d'autres couleurs arrivent sur le marché.





Les poêles recouvertes de téflon permettent de cuisiner sans ajout d'huile ou de graisse.

60

LE TÉFLON antiadhésif

EN 1938, LE CHIMISTE américain Roy J. Plunkett découvre par accident la substance la plus glissante sur Terre. Avec d'autres scientifiques de la société chimique DuPont, il travaille avec des gaz réfrigérants dans l'espoir de découvrir un liquide de refroidissement similaire au Fréon. Lors d'une expérience, Plunkett place un gaz dans un conteneur plongé dans de la neige carbonique. Le gaz se transforme en poudre solide. La substance, appelée polytétrafluoroéthylène (PTFE), résiste à la chaleur et à la corrosion, avec un point de fusion élevé et un faible coefficient de frottement qui empêche d'autres substances de s'y attacher. Elle sera commercialisée plus tard sous la marque Teflon.

Au fil des années, les scientifiques发现 de nombreux usages pour le PTFE. Tout ce qui est soumis à la chaleur, à la friction ou à la pression, comme le

matériel de laboratoire, les tissus et les isolants, bénéficie d'un revêtement en téflon. Pendant le développement de la bombe atomique, l'armée elle-même s'en sert pour que les joints et revêtements résistent à la chaleur et à la corrosion. En 1954, des ingénieurs français découvrent que recouvrir les casseroles et les poêles de téflon facilite leur nettoyage. Les poêles antiadhésives deviennent l'une des applications les plus connues de ce matériau. Il entre dans la composition de produits de toutes sortes, comme le vernis à ongles, les balais d'essuie-glace, le matériel de coiffure ou les tapis. Lorsqu'un tissu est enduit de PTFE (c'est le cas du Gore-Tex), il devient imperméable. Le téflon est si glissant que même un gecko, dont les pattes collent pourtant à presque toutes les surfaces, est incapable d'escalader une façade recouverte de PTFE.



L'INFO EN PLUS

Neil Armstrong, le premier homme à marcher sur la Lune, portait une combinaison spatiale et des bottes enduites de téflon pour les protéger de la poussière lunaire, qui est abrasive.

61

L'indispensable et pratique CLOU

CET OBJET ORDINAIRE qui remonte à des siècles a été une innovation inestimable pour la construction. Dès 3000 av. J.-C., les artisans forgent le clou à coups de marteau, passant de longues et pénibles heures à fabriquer un jeu de pièces de métal pas plus grosses que le pouce. Découverts lors de fouilles, des clous datant de la Rome antique étaient effilés en pointe à la manière de ceux d'aujourd'hui. La fabrication de ces pièces à la main reste toutefois coûteuse et chronophage jusqu'à l'ère moderne. En réalité, le clou est parfois le matériau le plus cher de tout le processus de construction.

Au XVIII^e siècle, les machines améliorent le procédé. Le forgeron américain Jeremiah Wilkinson met au point une méthode pour couper des éclats de fer dans une plaque à l'aide d'une lame rappelant une guillotine.



Au tournant du siècle, les machines produisent des clous abordables en grande quantité. Une affaire pour les constructeurs.

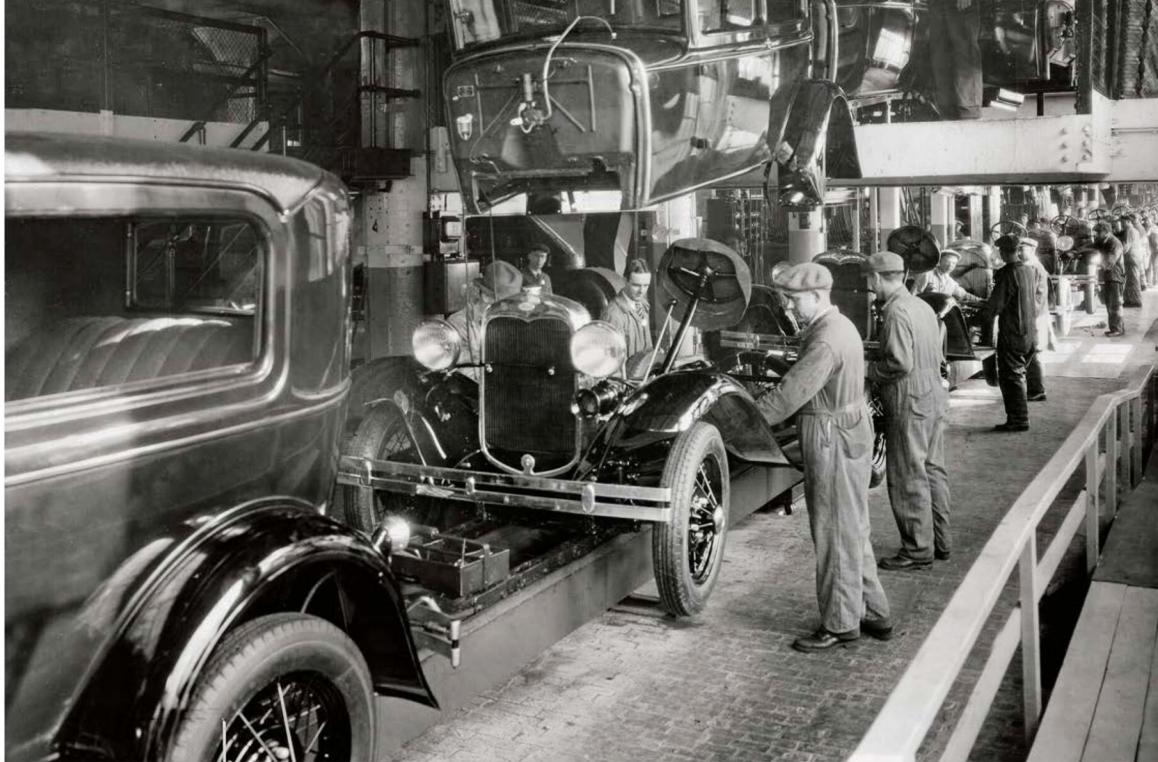
Les machines jouent un rôle majeur dans la révolution industrielle. La production en série abaisse de façon significative les coûts de la construction, ce qui bénéficie à la pose de parquets comme à la construction de bateaux et de maisons.

Moyen infaillible de fixer deux morceaux de bois, le clou sert aussi à l'assemblage d'angle dans presque tous les types de bâtiments. Qu'il soit issu du marteau d'un forgeron ou d'une usine moderne, sans lui construire serait impossible.

Généralement en acier au carbone, les clous peuvent aussi être en acier inoxydable, en fer, en cuivre, en aluminium ou en bronze.



Bien que les vis assurent une meilleure fixation, les clous se plantent d'un rapide coup de marteau.



Postés le long d'une chaîne de montage, des ouvriers de la Ford Motor Company construisent une Ford T.

62 Augmenter le rendement avec la CHAÎNE DE MONTAGE

EN 1908, L'INDUSTRIEL AMÉRICAIN Henry Ford lance son célèbre Model T, une voiture simple et robuste qui se distingue par son prix, inférieur à celui des autres automobiles alors sur le marché. Bien que plus abordable, il reste encore trop cher pour la plupart des gens. Pour réduire davantage les coûts de production, Ford doit optimiser la productivité et l'efficacité de ses usines où les automobiles sont assemblées une à une. Un procédé lent et coûteux. Inspiré par le travail à la chaîne des abattoirs de Chicago et l'observation d'un convoyeur de céréales, Ford imagine un moyen de transporter les pièces d'un ouvrier à l'autre. Cette organisation évite aux employés de se déplacer dans l'usine comme ils le faisaient jusqu'alors. En 1913, Henry Ford lance sa première chaîne de montage mobile: il utilise une corde pour tirer le châssis des voitures

jusqu'aux postes des ouvriers. La chaîne de montage, qui avance tant bien que mal à 1,8 m par minute, marque le début de la production en série.

Bien que sa voiture soit innovante, la plus grande invention de Ford est peut-être la chaîne de montage elle-même. Avec elle, le temps de réalisation passe de douze heures à environ une heure et demie. L'artisan qui fabriquait chaque pièce de la voiture cède la place à des ouvriers peu qualifiés qui répètent une seule tâche sur chaque véhicule qui défile devant eux. Copiée par d'autres entreprises, la chaîne de montage se généralise. Elle entraîne un gain de productivité, une hausse des salaires comme des bénéfices. Mais elle signe aussi les débuts de l'économie de la grande distribution qui commercialise des produits moins originaux et jetables, engendrant davantage de déchets.

LA SCIENCE ET L'ÉLECTRONIQUE



**INVENTER LE PASSÉ,
LE PRÉSENT ET... LE FUTUR**

L'histoire de l'humanité témoigne de notre créativité et de notre inventivité. Un état d'esprit flagrant dans le domaine de la technologie. Les progrès accomplis en science et en électronique nous ont permis de domestiquer l'électricité au sein d'un minuscule transistor, de communiquer avec l'intelligence artificielle et d'explorer la Galaxie grâce aux vols spatiaux. Si le meilleur indicateur du futur est le passé, la science n'a pas fini de nous étonner.

Des radiotéléscopes géants près de Socorro, au Nouveau-Mexique, captent des ondes radio cosmiques.







La navette *Endeavour* est arrimée à la Station spatiale internationale, au-dessus de la surface de la Terre.

63 Atteindre le cosmos avec les VOLIS SPATIAUX

LE DÉBUT DE L'ÈRE SPATIALE prend une grande partie des Américains par surprise. En octobre 1957, ils apprennent avec émoi et consternation que l'Union soviétique a réussi à lancer le satellite *Sputnik 1* dans l'espace. La superpuissance, grande rivale des États-Unis en cette période de guerre froide, vient de réaliser le rêve le plus ambitieux de l'humanité: s'éloigner de la Terre pour explorer le ciel. Comment a-t-elle pu y arriver? Et que se passerait-il si les Soviétiques utilisaient leur technologie spatiale pour se livrer à des actes de guerre ou d'espionnage contre les États-Unis?

Près de quatre ans plus tard, en avril 1961, le cosmonaute russe Iouri Gagarine fait le tour de la Terre à bord du vaisseau *Vostok 1*. Quelques semaines plus tard, le président des États-Unis John Fitzgerald

Kennedy s'engage à ce qu'un astronaute américain mette le pied sur la Lune avant la fin de la décennie. La course à l'espace est lancée.

DES FUSÉES VERS LES ÉTOILES

La clé de la réussite soviétique est le développement de fusées de plus en plus puissantes, capables de propulser un vaisseau spatial au-delà de l'attraction terrestre. Mais la fuséologie n'est pas une science nouvelle. Dès le XIII^e siècle, les militaires chinois utilisent des fusées incendiaires propulsées par la poudre à canon.

Le mathématicien russe Konstantin Tsiolkovski fait des travaux novateurs sur les fusées et le voyage spatial. En 1903, il expose des théories mathématiques sur la possibilité d'un vol spatial habité employant la



L'évolution des vols spatiaux

1232

Les Chinois utilisent des fusées militaires pour la première fois pour repousser les Mongols.

Milieu du XVIII^e siècle

Le sultan indien Haïdar Ali fabrique des roquettes gainées de fer.

1947

1961

Test de *Saturn I*, le lanceur des premières missions Apollo.

1947

Le pilote d'essai américain Chuck Yeager est le premier à franchir le mur du son.

technologie des fusées. Tsiolkovski émet l'hypothèse que des combustibles liquides comme l'oxygène et l'hydrogène peuvent alimenter des fusées sur de grandes distances et pendant de longues périodes.

L'ingénieur américain Robert Goddard approuve la théorie de Tsiolkovski. Dès la fin des années 1930, il lance des fusées alimentées par de l'oxygène ou de l'hydrogène liquides à plus de 1800 m. Simultanément, sous l'Allemagne nazie, l'ingénieur Wernher von Braun met au point les puissants moteurs de fusée qui serviront à lancer des bombes meurtrières sur l'Angleterre pendant le Blitz de 1940. Après la guerre, Von Braun émigre aux États-Unis. Il invente la célèbre fusée *Saturn V* utilisée lors des missions d'alunissage *Apollo*, dont celle qui permettra aux astronautes américains Neil Armstrong, Buzz Aldrin et Michael Collins d'être les premiers à aller sur la Lune, le 20 juillet 1969.

APRÈS LA COURSE À LA LUNE

En 1981, une nouvelle ère s'ouvre pour le vol spatial avec le lancement de la navette *Columbia*, le premier véhicule spatial réutilisable. Six navettes sont construites, qui effectueront plus de 130 missions.

L'amélioration de la coopération internationale aboutit à la construction de la gigantesque *Station spatiale internationale (ISS)*, qui commence en 1998. Elle est le fruit d'un accord intergouvernemental entre quinze pays. Les membres d'équipage y réalisent des expériences dans de nombreux domaines, dont la biologie humaine, l'astronomie et la météorologie.

POURQUOI EXPLORER ?

Les recherches menées par la Nasa ont débouché sur des dizaines d'inventions. Depuis l'amélioration du pneu radial, des systèmes vidéo et de la technologie informatique jusqu'au lait maternisé enrichi, en passant par le retrait des mines terrestres, l'ambition d'explorer les étoiles a débouché sur des apports inestimables dans de multiples domaines. L'exploration du cosmos nous éclairera peut-être un jour sur les mystères de l'origine de l'Univers... et sa fin éventuelle dans des milliards d'années.



La navette *Atlantis* est lancée depuis le centre spatial Kennedy. Elle transporte quatre astronautes et du ravitaillement pour la *Station spatiale internationale (ISS)*.

1966

La sonde soviétique *Venera 3* atterrit sur Vénus.

1962

John Glenn effectue le premier vol orbital habité américain à bord de *Friendship 7*.

1976

La sonde américaine *Viking 1* atterrit sur Mars.

1979

Vol inaugural du lanceur civil européen *Ariane*.

1990

Lancement du télescope spatial *Hubble*.

64 Un avenir radieux pour l'ÉNERGIE SOLAIRE

LA TECHNOLOGIE POUR EXPLOITER l'énergie solaire n'a guère changé. Au VII^e siècle av. J.-C., l'emploi de loupes, qui concentrent les rayons du soleil, permet déjà de faire du feu. Dans l'Antiquité, les Grecs orientent leurs maisons de façon à profiter de la chaleur solaire.

En 1839, le physicien français Alexandre-Edmond Becquerel démontre la possibilité d'exploiter l'énergie solaire pour produire de l'électricité. En 1883, l'inventeur américain Charles Fritts développe la première cellule photovoltaïque de sélénium : un dispositif qui convertit la lumière du soleil en électricité. Mais, du fait de son faible rendement, elle sera peu utilisée.

L'avancée décisive se produit en 1954, quand trois scientifiques des laboratoires américains Bell – l'ingénieur Daryl Chapin, le chimiste Calvin Fuller et le

physicien Gerald Pearson – mettent au point la cellule photovoltaïque à base de silicium, beaucoup plus efficace que la cellule de sélénium de Fritts. Le rêve d'exploiter l'énergie du soleil est devenu réalité.

En quelques décennies, les panneaux solaires deviennent une source d'énergie renouvelable efficace et abordable. Aujourd'hui, l'énergie solaire fait fonctionner toutes sortes d'appareils électroniques grand public. Elle fournit l'éclairage intérieur et extérieur ; elle chauffe les maisons, les entreprises et l'eau ; elle alimente les automobiles, les bus, les trains et les satellites. Elle recèle en outre un grand potentiel économique. En France, on estimait en 2017 que la filière de l'énergie solaire devait permettre la création de 25 000 emplois d'ici 2023.



Sur un toit de Hongkong, un ensemble de panneaux solaires transforme les rayons du soleil en énergie.



La plupart des robots ne ressemblent pas à des humains. Leur forme, leur taille et leur fonction dépendent de la tâche à accomplir.

65 Les machines gagnent en autonomie avec LA ROBOTIQUE

À LA FIN DU XIX^e SIÈCLE, des ingénieurs commencent à concevoir des robots rudimentaires, imaginant des machines autonomes capables d'apporter une aide dans l'industrie manufacturière et les tâches quotidiennes. À l'Exposition universelle de 1939, la société Westinghouse présente Elektro, un robot qui marche, parle et fume la cigarette. L'humanoïde met en valeur le savoir-faire de l'entreprise mais se montre peu utile.

L'innovateur américain George Devol Junior prévoit d'autres usages pour le robot. En s'appuyant sur son expérience en électronique, Devol crée Unimate, le premier robot de manutention industriel. Un bras articulé qui effectue des tâches simples. En 1961, une usine de General Motors est la première à installer l'Unimate. Il exécute des gestes que les ouvriers jugent

dangereux ou répétitifs. En obéissant à des ordres qui décrivent chaque étape, le bras programmable qui pèse 1,8 t empile des pièces de métal brûlantes. Unimate révolutionne bientôt le monde industriel en accomplissant des tâches pénibles comme souder, peindre ou soulever des machines lourdes.

La technologie robotique a permis à la Nasa de faire atterrir des astronautes sur la Lune et de prélever des échantillons de roche sur Mars. Des robots ont plongé dans le cœur ardent des volcans et neutralisé des armes dangereuses. Des hôpitaux y ont recours pour certaines interventions, et plusieurs entreprises fabriquent des aspirateurs robots. À l'heure actuelle, presque toutes les usines utilisent des robots industriels d'une manière ou d'une autre.



Histoire de la robotique

1920

Le dramaturge tchèque Karel Čapek forge le mot « robot ».

1936

Alan Turing décrit les ordinateurs.

1954

George Devol conçoit le bras articulé.

1966

Le véhicule non habité Surveyor 1 atterrit sur la Lune.

1996

Un ordinateur bat un humain aux échecs.

66

L'organisation des éléments dans le TABLEAU DE MENDELEÏEV

LES HUMAINS CONNAISSENT L'EXISTENCE des éléments depuis l'Antiquité. Des textes d'Aristote l'attestent. Au début du XIX^e siècle, les scientifiques ont déjà découvert une cinquantaine d'éléments et observé des configurations récurrentes dans leurs structures atomiques et propriétés physiques. Des chercheurs entreprennent d'organiser ces éléments en une classification cohérente fondée sur leur structure.

L'essentiel du mérite de la création de ce qui sera connu sous le nom de tableau périodique revient à Dmitri Mendeleïev. En 1869, le chimiste russe ordonne les éléments connus à l'époque en rangées et colonnes par ordre croissant de masse atomique, c'est-à-dire la masse moyenne des atomes d'un élément. La classification montre que les éléments ayant des masses atomiques proches ont des propriétés physico-chimiques similaires, comme l'élasticité ou la dureté, et les conductivités électrique et thermique.



Un morceau de cuivre natif, de numéro atomique 29, extrait de la péninsule supérieure du Michigan.

D'un seul coup d'œil, le tableau périodique fournit des informations essentielles sur chaque élément : numéro atomique, symbole, poids, configuration des électrons, état chimique, etc. Il joue aussi un rôle important dans la recherche de nouveaux éléments et la prédiction de leurs propriétés. En 2016, quatre éléments nouvellement identifiés ont été ajoutés à la table, aboutissant à un total de 118. À son époque, Mendeleïev n'en a que 65 à sa disposition, mais il a laissé de la place dans le tableau pour des éléments à découvrir, prédisant même leurs propriétés d'après les structures qu'il voyait se développer.

Element	Atomic Number	Symbol	Name	Atomic Mass	Electron Configuration
Boron	10	B	Boron	10.811	1s ² 2s ² 2p ¹
Carbon	12	C	Carbon	12.0111	1s ² 2s ² 2p ²
Silicon	14	Si	Silicon	28.086	1s ² 2s ² 2p ² (Ne) 3s ² 3p ²
Aluminum	13	Al	Aluminum	26.9815	1s ² 2s ² 2p ¹ (Ne) 3s ² 3p ¹
Gallium	31	Ga	Gallium	69.72	1s ² 2s ² 2p ¹ (Ar) 3d ¹⁰ 4s ² 4p ¹
Germanium	32	Ge	Germanium	72.59	1s ² 2s ² 2p ² (Ar) 3d ¹⁰ 4s ² 4p ²
Tin	50	Sn	Tin	118.69	1s ² 2s ² 2p ² (Kr) 4d ¹⁰ 5s ² 5p ²
Antimony	51	Sb	Antimony	121.76	1s ² 2s ² 2p ³ (Kr) 4d ¹⁰ 5s ² 5p ³
Tellurium	52	Te	Tellurium	127.60	1s ² 2s ² 2p ⁴ (Kr) 4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁴
Iodine	53	I	Iodine	126.904	1s ² 2s ² 2p ⁵ (Kr) 4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁵
Astatine	85	At	Astatine	(210)	1s ² 2s ² 2p ⁶ (Kr) 4d ¹⁰ 5s ² 5p ⁶
Copper	29	Cu	Copper	63.546	1s ² 2s ² 2p ⁶ (Ar) 3d ¹⁰ 4s ¹
Nitrogen	7	N	Nitrogen	14.0067	1s ² 2s ² 2p ³
Phosphorus	15	P	Phosphorus	30.9738	1s ² 2s ² 2p ⁴ (Ne) 3s ² 3p ³
Sulfur	16	S	Sulfur	32.064	1s ² 2s ² 2p ⁴ (Ne) 3s ² 3p ⁴
Chlorine	17	Cl	Chlorine	35.453	1s ² 2s ² 2p ⁵ (Ne) 3s ² 3p ⁵
Bromine	35	Br	Bromine	79.904	1s ² 2s ² 2p ⁶ (Ar) 3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁵
Krypton	36	Kr	Krypton	83.80	1s ² 2s ² 2p ⁶ (Ar) 3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
Argon	18	Ar	Argon	39.948	1s ² 2s ² 2p ⁶ (Ar) 3d ¹⁰ 4s ² 4p ⁶
Helium	2	He	Helium	4.002	1s ²

Le tableau périodique comprend 118 éléments, classés par numéro atomique.



Le système de numération égyptien remonte à 3000 av. J.-C. Bien qu'à base de 10, il est de type additif.

67 L'origine indienne des CHIFFRES MODERNES

LA NAISSANCE DES CHIFFRES MODERNES remonte aux environs de 500 apr. J.-C., en Inde. Bien que deux ou trois civilisations antiques aient évoqué le concept du zéro, ce sont les Indiens qui lui attribuent la valeur d'un chiffre. Ils ont déjà créé des symboles pour les chiffres allant de un à neuf, mais l'introduction du zéro dans le système de numération change le cours de l'histoire.

Bien qu'ayant vu le jour en Inde, les «chiffres arabes» doivent leur nom aux commerçants qui les ont diffusés dans les régions avoisinantes. Au Moyen-Orient, des mathématiciens musulmans adoptent ce système décimal et inventent de nouvelles formes de mathématiques comme l'algèbre et les équations avancées. Les chiffres arabes permettent d'immenses progrès en science, en mathématiques et en astronomie dans

tout le Moyen-Orient. Dès le XI^e siècle, les chiffres arabes atteignent l'Afrique du Nord, et sont utilisés dans certaines parties de l'Europe. Le système parvient en Chine au XIV^e siècle. Il sera importé vers le Nouveau Monde par les explorateurs européens dans les deux siècles suivants.

Avec le système numérique de 0 à 9, les calculs arithmétiques deviennent plus faciles et plus efficaces. Ce tournant décisif permet aux hommes de commencer à déchiffrer de façon rationnelle les mystères du monde, plutôt que de recourir à la mythologie ou à la religion. Les chiffres modernes sont au cœur de la science de Isaac Newton et d'Albert Einstein. Ils ouvrent la voie aux mouvements intellectuels historiques comme le siècle des Lumières et la révolution industrielle.

L'HUMANITÉ A TOUJOURS RÊVÉ d'explorer l'espace et ses mondes inconnus. Les astronomes scrutent depuis longtemps le ciel grâce à des télescopes, mais la mise en orbite du télescope spatial *Hubble* représente une avancée considérable. Le 24 avril 1990, *Hubble* est lancé depuis la soute de la navette spatiale *Discovery*. Largué à 550 km au-dessus de la Terre, il a une vue dégagée de l'Univers. Gravitant autour de la planète à environ 27 000 km/h, le télescope est doté d'un grand miroir pour capter et concentrer la lumière. Il est aussi équipé de toute une série de caméras, sensseurs de guidage et autres instruments. *Hubble* est alimenté par l'énergie solaire, captée par des panneaux et stockée dans de volumineuses batteries.

Depuis son déploiement, *Hubble* a effectué plus de 1,3 million d'observations d'étoiles, de planètes et de galaxies, bouleversant la connaissance scientifique de l'Univers. Entre autres découvertes majeures, le télescope spatial a révélé que l'Univers avait environ 14 milliards d'années. Il a apporté la preuve de l'existence de la « matière noire » – une force qui accélérerait l'expansion de l'Univers – et de trous noirs supermassifs. Il a observé des galaxies à tous les stades de leur évolution et photographié des objets célestes situés à des années-lumière. Ces images époustouflantes fascinent les scientifiques et le public depuis trente ans. Mais *Hubble* a accompli bien davantage : il a révolutionné l'astronomie elle-même.



En 2002, *Hubble* photographie l'étoile V838 Mon. La lumière intense qu'elle émet éclaire la poussière interstellaire alentour.

69

La puissance de concentration du LASER

LE PREMIER LASER (acronyme de «Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation») est construit en 1960 par le physicien américain Theodore Maiman. Il s'est inspiré pour cela d'un article théorique, «Infrared and Optical Masers» («Masers infrarouges et optiques»), publié en 1958 dans *Physical Review* par les physiciens américains Arthur Schawlow et Charles Townes. À ce stade, l'invention de Maiman ne produit encore qu'un bref éclair et non une onde continue. L'utilité de cette technologie laisse d'ailleurs les scientifiques sceptiques, voire moqueurs. Pourtant, une bataille juridique acharnée s'ensuit lorsque Gordon Gould, un étudiant



de troisième cycle, soutient avoir inventé et nommé le laser en 1957, sans avoir pour autant déposé de brevet avant 1959. Gould finira par avoir gain de cause.

Pour faire simple, les lasers sont des faisceaux lumineux monochromatiques puissants, très étroits et précis. Différents types de lasers existent. Ils sont utilisés

dans des domaines aussi variés que la chirurgie, les systèmes d'armement, les télécommunications, la fusion nucléaire, la découpe et le perçage des métaux, l'arpentage ou la lecture de codes-barres.

Un spectacle laser éblouit le public lors d'un concert.

70

Nourrir la planète avec les ALIMENTS GÉNÉTIQUEMENT MODIFIÉS

DEPUIS DES SIÈCLES, LES HUMAINS modifient les aliments. Les agriculteurs pratiquent ainsi l'élevage sélectif ou trient les semences pour ne planter que les meilleures graines issues de la récolte précédente. Le croisement d'espèces végétales joue, lui, sur les caractéristiques des cultures, les rendant par exemple plus savoureuses. Mais la méthode empirique prend du temps.

La biotechnologie moderne surpassé ces techniques. Des découvertes faites dans les années 1970 ont permis de modifier l'ADN d'un organisme et d'éliminer des gènes spécifiques. Les scientifiques transfèrent dans la composition génétique d'une plante un gène provenant d'une autre espèce végétale, voire d'un virus ou d'un animal. La nouvelle variété créée transmet ce même gène aux générations futures. Les

plantes génétiquement modifiées (GM) peuvent bénéficier d'améliorations importantes comme donner un meilleur rendement ou résister aux insectes. À l'avenir, la consommation d'aliments génétiquement modifiés pourrait même nous immuniser contre des maladies infectieuses. Cette technologie suscite pourtant un vif débat. Malgré les avantages avancés par ses partisans, ses détracteurs craignent à long terme des effets néfastes sur notre santé et la planète.

Les aliments génétiquement modifiés peuvent rester frais plus longtemps que les variétés non OGM.



L'INFO EN PLUS

L'Europe autorise l'importation et l'utilisation d'une centaine d'OGM et/ou leurs produits dérivés destinés à l'alimentation humaine et animale. Le maïs, le soja, le colza, le coton et la betterave sucrière sont concernés.



Selon des universitaires d'Oxford, en Angleterre, des robots pourraient à terme accomplir 50 % des tâches incombant aux humains.

71 Un meilleur des mondes d' INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

L'EXPRESSION « INTELLIGENCE ARTIFICIELLE » est inventée en 1956 par l'informaticien américain John McCarthy. Selon lui, «toute activité intellectuelle peut être décrite avec suffisamment de précision pour être simulée par une machine». Toutefois, le concept de machines imitant l'intelligence humaine remonte à l'Antiquité. Des ingénieurs chinois et égyptiens créent alors des automates pour reproduire le comportement humain.

Pendant les années 1950 et 1960, la recherche sur l'intelligence artificielle (IA) balbutie. Mais, à mesure que les ordinateurs gagnent en puissance, la technologie IA se développe rapidement. De nos jours, les chercheurs programment des ordinateurs avec des algorithmes qui imitent les processus cognitifs propres à l'homme, comme l'apprentissage, la résolution de problèmes, le raisonnement, la perception et

l'emploi du langage. Ainsi, les méthodes d'apprentissage par mémorisation ou par empirisme sont relativement faciles à intégrer à un ordinateur. Il n'en va pas de même pour le raisonnement qui nécessite de faire des déductions reposant en grande partie sur des analogies et des expériences passées en rapport avec la tâche à accomplir. À ce jour, créer un raisonnement de manière artificielle reste un défi de taille.

Mais l'IA ne concerne pas que les robots, loin s'en faut. Ses applications vont de la finance aux jouets, en passant par le diagnostic médical et le droit. Entre autres usages plus surprenants, la technologie de l'intelligence artificielle sert à repérer et secourir la faune sauvage ou des personnes en danger, en passant en revue quantité de photos et de vidéos à une vitesse surhumaine.



L'évolution de l'intelligence artificielle

1950

Lorsque leur batterie atteint un niveau trop bas, des robots sur roues repèrent la borne de recharge la plus proche.

1966

Début des recherches sur Shakey, le premier robot mobile contrôlé par l'IA.

2004

Les rovers *Spirit* et *Opportunity* explorent Mars de manière autonome.

2011

Siri, l'assistant personnel à commande vocale, est ajouté à l'iPhone, le smartphone de la marque Apple.

72

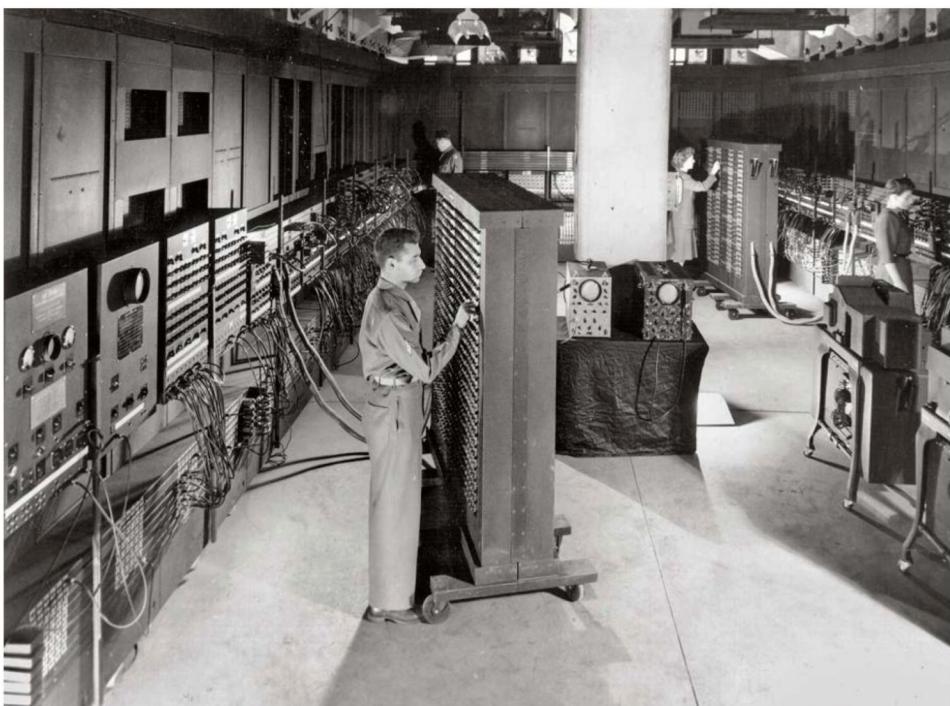
Un calculateur militaire devient un ORDINATEUR

PEU APRÈS L'ENTRÉE DES ÉTATS-UNIS dans la Seconde Guerre mondiale, des responsables militaires prennent conscience de la nécessité de disposer d'un calculateur très rapide pour établir les tables balistiques. Celles-ci fournissent en effet des renseignements cruciaux aux unités d'artillerie et à d'autres corps de l'armée. Elles incluent notamment dans leurs calculs des facteurs, comme la température, la pression barométrique et l'humidité relative, qui peuvent influer sur la trajectoire d'un projectile.

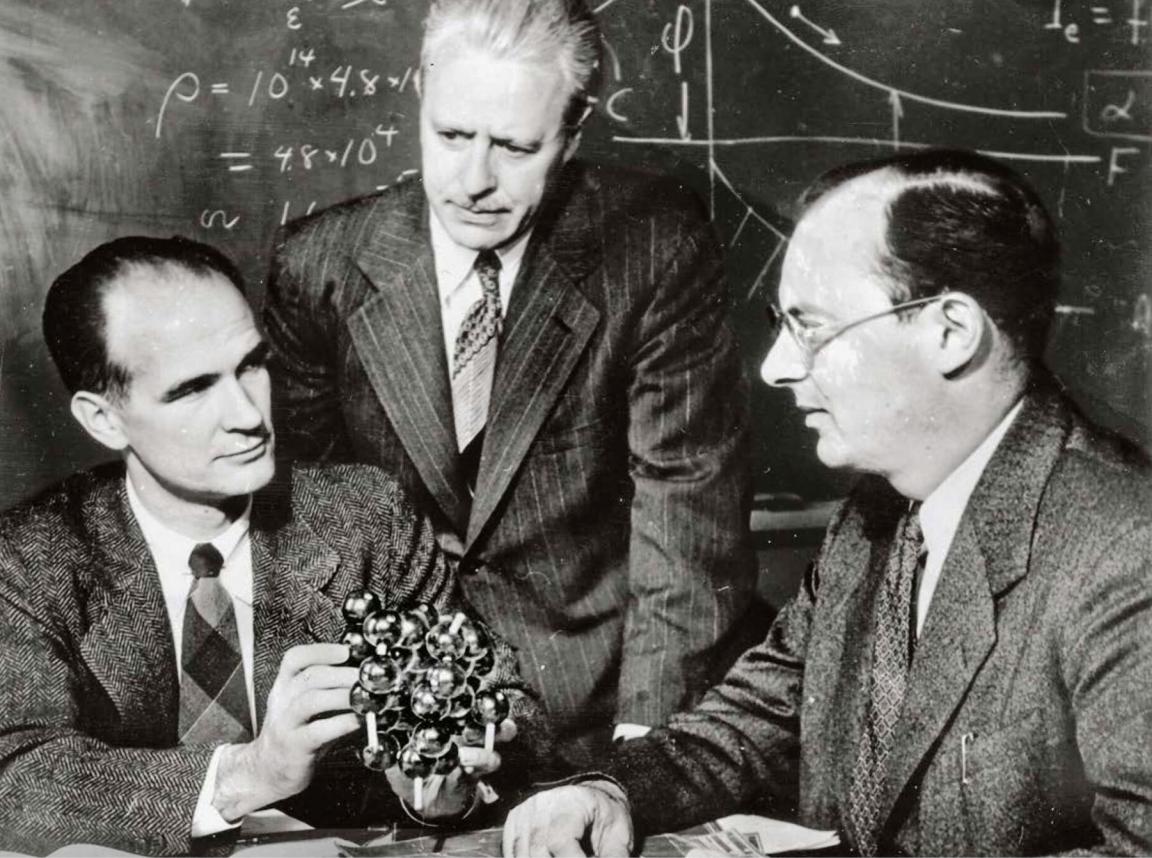
En 1942, le physicien John Mauchly, originaire de l'Ohio, approfondit ses connaissances en électronique à l'université de Pennsylvanie. Il y rédige une note décrivant un appareil de calcul très rapide. Intéressée, l'armée de terre des États-Unis signe un contrat avec

Mauchly et son associé, l'ingénieur John Eckert Junior. Les deux hommes construisent l'Electronic Numerical Integrator and Computer (ENIAC).

L'ENIAC, le premier ordinateur numérique du monde, pèse 27 t et occupe environ 170 m². Il compte quelque 17 480 tubes à vide et 6 000 boutons. Capable d'additionner 5 000 chiffres en une seconde, il résout en un éclair des problèmes jusque-là insolubles. Achevé après la Seconde Guerre mondiale, il a pour première tâche d'effectuer des calculs pour la construction d'une bombe à hydrogène. En 1955, après neuf ans de fonctionnement, l'ENIAC aurait fait plus de calculs que l'humanité entière jusque-là. L'ENIAC inspire les scientifiques, aboutissant au développement d'ordinateurs numériques encore plus rapides et plus complexes.



Un caporal fait des réglages sur l'ENIAC, à l'université de Pennsylvanie (États-Unis), en 1946.



En 1956, les Américains Bardeen, Brattain et Shockley se partagent le prix Nobel de physique pour le transistor.

73 Domestiquer l'électricité avec le TRANSISTOR

« L'INVENTION DU TRANSISTOR a probablement été l'invention la plus importante du XX^e siècle », dit Risto Puhakka, président de VLSI Research, un important fournisseur d'études de marché et d'analyses économiques sur l'industrie des semi-conducteurs. « Elle a transformé la société (...) Songez à l'évolution de la productivité dans toute l'économie. » Sans le transistor, il n'y aurait ni calculatrice, ni ordinateur moderne, ni Internet, ni téléphone mobile, ni stimulateur cardiaque. Sans parler de milliers d'autres appareils qui rendent la vie quotidienne plus sûre et plus facile.

Les physiciens américains John Bardeen, Walter Brattain et William Shockley inventent le transistor alors qu'ils travaillent au Bell Labs, dans le New Jersey.

Leur projet vise à remplacer les tubes à vide pour amplifier les signaux électroniques. En 1947, Bardeen et Brattain conçoivent un prototype de transistor en utilisant des semi-conducteurs, des matériaux qui ne conduisent que partiellement le courant, comme le silicium. Trois ans plus tard, Shockley améliore le transistor de Bardeen et Brattain avec son « transistor à jonction ». En 1956, les trois hommes partagent le prix Nobel de physique pour leurs travaux. La miniaturisation croissante du transistor aboutit à la mise au point du circuit intégré – ou puce électronique –, dans lequel de nombreux transistors sont assemblés sur une pastille de silicium. La puce électronique est au cœur de la technologie du XXI^e siècle.

74 La cuisson rapide avec le FOUR À MICRO-ONDES

LE MICRO-ONDES est le fruit du hasard. Pendant la Seconde Guerre mondiale, des physiciens britanniques travaillent au développement du magnétron. Ce dispositif génère des micro-ondes, une forme d'énergie électromagnétique. Réfléchies par un avion ennemi, les micro-ondes permettent à un radar de repérer l'engin.

En 1945, le physicien américain Percy Spencer, qui travaille pour la société Raytheon, fait des expériences avec le magnétron. Un jour, il remarque qu'une barre de chocolat qu'il avait dans la poche a fondu, bien qu'il n'ait ressenti aucune chaleur. Spencer place ensuite des grains de maïs en face du magnétron et, quelques secondes plus tard, il obtient du pop-corn. Il répète l'expérience avec un œuf : celui-ci explose. Quand les micro-ondes pénètrent au cœur d'un aliment, elles



agitent les molécules d'eau qu'il contient. Par friction, les molécules transmettent leur énergie de vibration à d'autres molécules et produisent de la chaleur, qui cuit les aliments. Cet effet permet aux fours à micro-ondes de chauffer des aliments plus uniformément qu'un appareil traditionnel.

En 1947, Raytheon commercialise le premier four à micro-ondes, le Radarange. D'un poids de 340 kg, il est destiné à la restauration professionnelle. Le premier micro-ondes domestique, disponible en 1955, est un appareil mural vendu 1295 dollars. Les ventes peinent à décoller jusqu'à l'apparition de modèles pour plan de travail, dans les années 1960.

Ci-dessus : Le Radarange est le premier four à micro-ondes commercial.

C'est en 1959 que le micro-ondes est présenté pour la première fois lors du Salon des arts ménagers, à Paris.



75 L'illusion en 3D de l'HOLOGRAMME

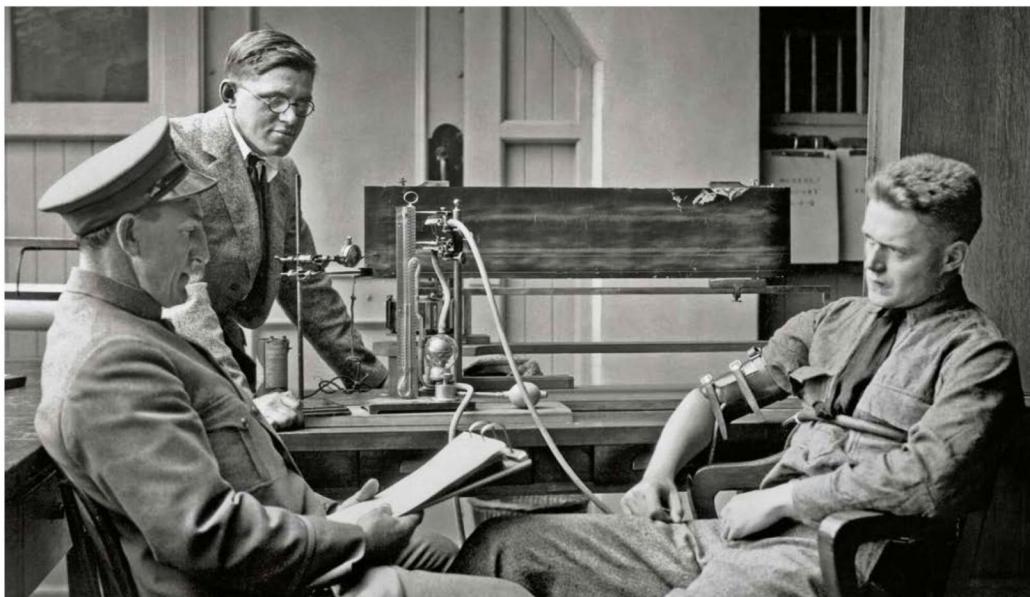
L'HOLOGRAPHIE est l'art de projeter des images photographiques de façon à leur donner l'apparence de « fantômes photographiques » en trois dimensions, flottant dans l'espace ou emprisonnés dans des matériaux comme le métal ou le plastique. En 1947, Dennis Gabor, un physicien et ingénieur hongrois, travaille pour la Thomson-Houston Compagny en Grande-Bretagne. Alors qu'il tente d'améliorer la résolution des images produites par le microscope électronique, il a l'idée de l'holographie. La première étape de sa méthode pour créer un hologramme nécessite qu'un faisceau intense et concentré – lumière, rayon X ou électronique – éclaire un objet. La deuxième étape consiste à photographier le rayon lui-même.

À cette époque, toutefois, aucun faisceau n'est en mesure de produire une image holographique satisfaisante. L'invention du laser en 1960 résout le problème. Les premiers hologrammes sont réalisés par le physicien russe Iouri Denissiouk et les scientifiques américains Emmett Leith et Juris Upatnieks.

Une projection holographique sophistiquée n'est pas une image plate – la perspective change lorsqu'on la voit sous des angles différents. Au-delà de son aspect récréatif, l'holographie a trouvé une utilité en médecine, en agriculture, en météorologie, en publicité, dans l'industrie et dans l'éducation. Dans les dix prochaines années, le poste de télévision holographique pourrait devenir une réalité.



Un jeune visiteur étudie un hologramme dans une exposition scientifique au parc de la Villette, à Paris.



Un policier américain utilise un détecteur de mensonges pendant un interrogatoire, vers 1924.

76 La duplicité dévoilée avec le DÉTECTEUR DE MENSONGES

DEPUIS DES MILLÉNAIRES, l'homme essaie de déceler les mensonges, quitte à recourir à l'inhumaine torture. Les appareils modernes mesurent les réactions physiologiques qui se produisent lorsqu'un individu ment. Un premier dispositif scientifique est inventé vers 1895 par le criminologue italien Cesare Lombroso. La main du suspect est placée dans un réservoir rempli d'eau. Pendant l'interrogatoire, une modification du niveau de l'eau, infime mais mesurable, indique des variations de la tension et du pouls. Pour Lombroso, ces changements signifient qu'une personne tente de mentir.

Le premier détecteur de mensonges est construit en 1921 par John Larson, un policier de Berkeley, en Californie, qui a obtenu un doctorat de physiologie

avant d'entrer dans la police. Son instrument enregistre plusieurs mesures physiologiques, dont le pouls, la tension, la respiration et la conductivité de la peau (elle devient temporairement meilleure conductrice d'électricité). John Larson appelle son appareil polygraphe, du grec *polygraphos*, qui signifie «beaucoup écrire». Les services de police américains l'utilisent pour vérifier les aveux et les témoignages dans les affaires criminelles. Toutefois, à cause du risque d'erreur, les tribunaux américains ne sont pas obligés, lors d'un procès, d'accepter comme preuves les résultats du détecteur de mensonges. En France, ce procédé est irrecevable. Il ne peut donc pas être considéré comme une preuve légale dans une cour de justice.



L'INFO EN PLUS

En mai 2019, un article publié dans la revue *New Scientist* titrait «La vérité sur les détecteurs de mensonges : ils ne fonctionnent pas et n'ont jamais fonctionné». Le journal s'étonnait de voir les appareils polygraphiques rester toujours en service malgré leur discrédit.

77

Le monde entre dans les foyers avec la TÉLÉVISION

DE NOMBREUX SCIENTIFIQUES ont contribué à la création de la télévision. Au fil du temps, ils ont mis au point les tubes à vide, les dispositifs d'amplification, les faisceaux d'électrons ainsi que d'autres composants technologiques indispensables en matière de transmission. Philo Farnsworth compte parmi les contributeurs les plus décisifs. À 14 ans, alors qu'il vit dans une maison sans électricité, il élabora la première théorie de la transmission d'images par les ondes radio. Sept ans plus tard, en 1927, il présente avec succès le premier système de télévision tout électronique. Ce procédé utilise un tube photoélectronique. Placé à l'intérieur d'une caméra, il diffuse des ondes radio vers un poste récepteur. Les ondes y apparaissent sous la forme de points lumineux : l'image vue par le téléspectateur.

Dans son pays, l'ingénieur russe Vladimir Zworykin fait lui aussi des expériences de transmission télévisée. Fuyant la Révolution russe, il rejoint les États-Unis en 1919. Il y poursuit ses recherches, d'abord pour la société Westinghouse puis à la Radio Corporation of America (RCA). En 1929, Zworykin a déjà inventé un tube cathodique amélioré, capable à la fois d'envoyer et de recevoir des signaux.

L'ESSOR DE LA TÉLÉVISION

En France, les premières émissions expérimentales sont lancées à la fin de l'année 1931. En 1935, le premier programme de la télévision française est diffusé depuis Paris à l'initiative du ministre des Postes, Georges Mandel. Un nouvel émetteur prend place au sommet de la Tour Eiffel. Pourtant, l'usage de la télévision ne se développera guère dans les années suivantes. En cause, le coût très élevé des appareils et la faible qualité des programmes.

La Seconde Guerre mondiale met un coup de frein brutal à ce démarrage, la diffusion des émissions cessant en septembre 1939. Après-guerre, même si la

reprise prend du temps, la télévision devient pourtant un média à part entière. Des émissions de variété sont tournées en studio, de grands événements comme l'arrivée du Tour de France sont retransmis en direct à partir de 1948 et le premier journal télévisé naît en juin 1949 sous la direction de Pierre Sabbagh. Un an plus tard, le pays ne compte encore que quelque 4 000 postes. Il faudra attendre 1958, pour que ce chiffre atteigne le million, et les années 1970 pour que les Français s'équipent en nombre. La télévision devient alors un média de masse.

DIVERTISSANTE, STIMULANTE ET ÉDUCATIVE

Selon une étude publiée en 2020 par le ministère de la Culture, regarder la télévision demeure le premier passe-temps des Français : 94 % des personnes interrogées ont déclaré regarder la télévision, dont 78 % tous les jours ou presque. Un recul de la consommation de télévision s'est cependant fait sentir entre 2008 et 2018, attribuable au comportement des 15-24 ans qui ont réduit leur consommation quotidienne de contenus télévisuels au profit de contenus audiovisuels sur Internet.

Forme de divertissement pratique et agréable, vecteur d'informations sur ce qui se passe dans le monde, ou support passif qui n'incite pas à la réflexion, la télévision a ses partisans et ses détracteurs. Les messages diffusés ont une forte influence sur les téléspectateurs en matière de politique, de questions de société, sans parler du rôle des spots publicitaires et du placement de produit. Dès les années 1950 et jusqu'aux années 1980, des programmes de télévision scolaire et éducative pour adultes sont diffusés sur le réseau national hertzien français qui a été un pionnier en la matière. Mélange de divertissement, d'éducation et d'inspiration, la télévision est le miroir de notre conscience nationale.



L'INFO EN PLUS

1949 : Jacqueline Joubert est recrutée comme première speakerine française. Chargées de présenter le programme de la journée et de meubler l'antenne en cas de problème technique, les speakerines voient leur rôle évoluer dans les années 1970 avant de disparaître du petit écran en 1993.



Vers 1950, une famille américaine accueille avec enthousiasme son nouveau poste de télévision. En 1958, les foyers français comptent un million de postes.



Un phonographe à manivelle.

78 La joie de réécouter avec le PHONOGRAPH

L'APPAREIL QUI RÉVOLUTIONNE l'industrie musicale au XX^e siècle naît de l'imagination du scientifique et prolifique inventeur américain Thomas Edison. En 1877, alors qu'il expérimente un combiné téléphonique, Edison a l'idée d'une machine qui pourrait enregistrer et reproduire des sons. Il confie un croquis à son mécanicien, John Kruesi. La légende veut qu'il ait construit la machine en moins de trente heures. Celle-ci est composée d'un cylindre couvert d'une feuille d'étain servant de surface d'enregistrement. Un diaphragme capte les vibrations sonores, qu'une aiguille (stylus) grave sur le cylindre en traçant un sillon. La lecture se fait avec un stylet similaire qui glisse à son tour dans le sillon.

Le 6 décembre 1877, Edison réalise son premier enregistrement en prononçant : « Bonjour, bonjour », avant de réciter la comptine *Mary Had a Little Lamb*.



Dans la foulée, il brevète son appareil novateur sous le nom de « Phonographe ou machine parlante ». Bien que celui-ci puisse enregistrer tous les sons, Edison prédit que le phonographe sera « sans aucun doute généreusement destiné à la musique ». Les premiers enregistrements sont un pot-pourri de contenus, dont des sketches, du vaudeville, des fanfares militaires, des discours, des bandes originales de films, des enregistrements de rires et des sifflements artistiques.

Des années après sa découverte, Edison, que la presse surnomme « le sorcier de Menlo Park », confie à un journaliste : « Ce que je considère comme ma plus grande invention ? Je préfère le phonographe. »

Thomas Edison fait une démonstration du phonographe, l'un de ses 1093 brevets.



L'INFO EN PLUS

La chanson *Yesterday*, des Beatles, détient le record d'enregistrements de l'histoire, avec plus de 3 000 reprises.

79

À l'écoute de la
RADIO

QUAND LES CATASTROPHES NATURELLES nous privent de lignes téléphoniques et de réseau de téléphonie mobile, nous nous tournons vers la radio pour obtenir des informations fiables et souvent vitales. La radio reste disponible quand d'autres formes de communication moderne ne répondent plus.

Bien que le physicien italien Guglielmo Marconi soit considéré comme l'inventeur de la radio, d'autres scientifiques ont contribué par leurs recherches à la mise au point de l'appareil. Parmi eux, les physiciens Heinrich Hertz en Allemagne, Alexandre Popov en Russie et Nikola Tesla aux États-Unis. Pendant les années 1890, Marconi fait des expériences sur les ondes radio, une forme de rayonnement électromagnétique capable de transmettre le son à la vitesse de

la lumière. En 1896, il se rend en Angleterre pour faire la démonstration de sa T.S.F. aux responsables britanniques. Il enchaîne les succès et obtient un premier brevet. En deux ans, les marines britannique et italienne adoptent la radio de Marconi. Il établit la première communication radio transatlantique en 1901.

Quand les États-Unis entrent dans la Première Guerre mondiale, en 1917, la radio est si importante pour l'armée et la navigation que le gouvernement américain interdit toutes les stations qu'il n'utilise pas. Le média explose après la guerre. La Federal Radio Commission (FRC) est créée en 1927 pour mettre de l'ordre dans le Far West des ondes. Dix ans plus tard, plus de 28 millions de foyers américains – soit environ 80 % de la population – possèdent un poste de radio.



Guglielmo Marconi travaillant à bord de son yacht, *Elettra*, où il vit et mène des expériences sur la transmission radio.

80

La détection du danger avec le compteur GEIGER

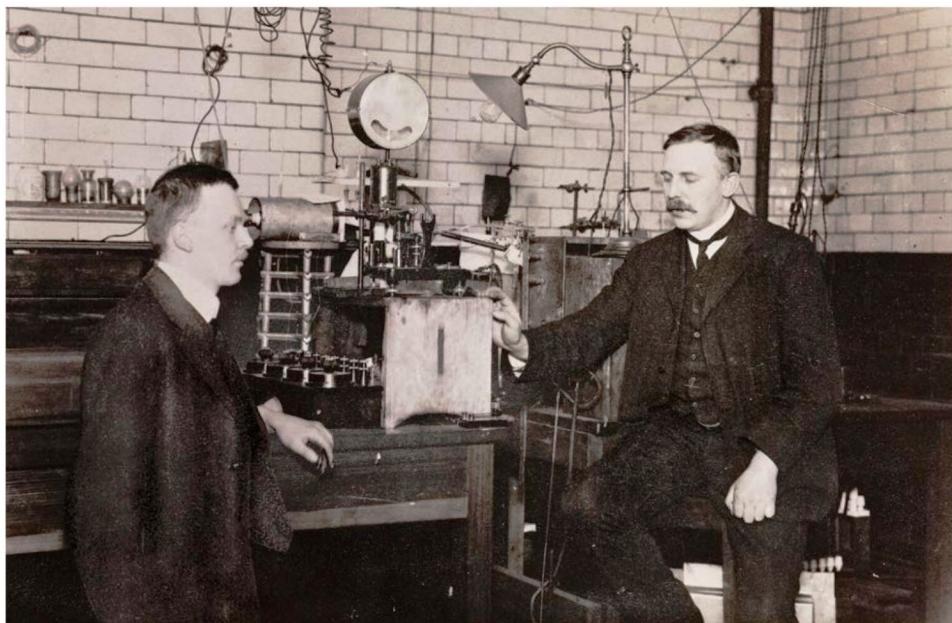
EN 1907, LES PHYSICIENS Ernest Rutherford et Hans Geiger font des recherches sur la nature de la matière nucléaire, à l'université de Manchester, en Angleterre. Lors de travaux sur l'uranium, Rutherford a déjà établi l'existence des particules alpha - rayonnement de charge positive mais de faible pouvoir pénétrant.

Ensemble, les deux scientifiques mettent au point un instrument électrique pour détecter et mesurer les particules alpha. Ils l'achèvent en 1911. Leur appareil ionise le gaz, en transformant les atomes en ions et électrons qui créent des impulsions électriques captées par un compteur. Les impulsions alimentent un haut-parleur, créant des clics et grésillements caractéristiques. À l'époque, les effets génétiques nocifs de la radioactivité n'ont pas encore été mis en évidence. L'année suivante, Geiger rentre en Allemagne où il continue de travailler sur l'appareil. Il finit par s'associer avec le physicien Walther Müller. En 1928, le duo

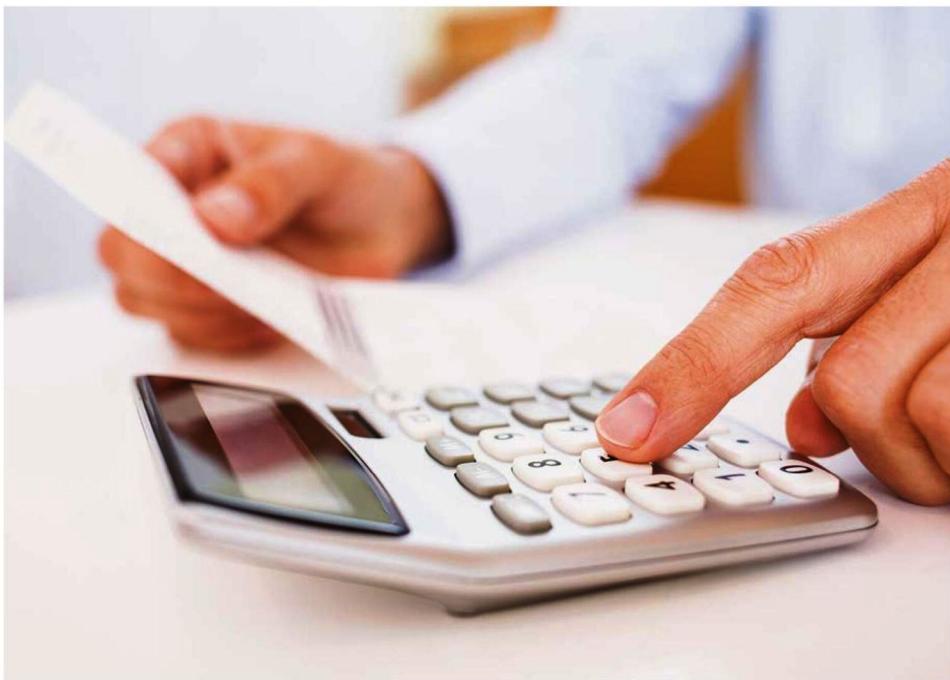
développe le compteur Geiger-Müller, une version très améliorée du premier instrument. Ce nouvel appareil ne se limite plus aux particules alpha, il détecte aussi les rayonnements bêta et gamma.

Être exposé à de faibles taux de radioactivité est courant. La radioactivité est en effet naturellement présente dans certains aliments, dans l'atmosphère ou dans certains matériaux comme le granit des plans de travail de nos cuisines. Enfin, l'imagerie médicale recourt aux rayons X. Cependant, le compteur Geiger sert surtout à mesurer et à estimer le niveau d'exposition aux rayonnements de ceux qui travaillent avec les armes et réacteurs nucléaires.

Ci-dessus : Un compteur Geiger portatif aide les techniciens à repérer les radiations à proximité des sous-marins ou des centrales nucléaires.



Rutherford et Geiger discutent de leur détecteur de radioactivité. Rutherford remporte le prix Nobel de chimie en 1908.



Les calculatrices sont si utiles qu'elles sont une fonctionnalité courante des smartphones.

81 Le compte est bon avec la CALCULATRICE

LES PREMIÈRES TENTATIVES pour élaborer un outil d'aide au calcul remontent aux environs de 3000 av. J.-C. C'est à cette époque que serait né le boulier de Babylone, une tablette à ne pas confondre avec le boulier chinois. Au fil du temps, de nombreux inventeurs s'attellent à la conception de calculatrices plus perfectionnées.

Vers 1502, Léonard de Vinci conçoit une machine qui exécute des fonctions mathématiques à l'aide de rouages mobiles. En 1623, l'astronome allemand Wilhelm Schickard construit une « horloge à calculer » mécanique. Et en 1645, Blaise Pascal, philosophe et mathématicien français, crée la « pascaline ». Elle est considérée comme la première machine à calculer.

Le développement des calculatrices fait un pas de géant avec l'invention de la puce électronique, en 1958, par Jack Kilby, un ingénieur électrique américain qui

travaille pour Texas Instruments. Neuf ans plus tard, avec ses associés Jerry Merryman et James Van Tassel, il crée Cal Tech, la première calculatrice électronique de poche. Elle est alimentée par une batterie et construite avec des circuits intégrés. Le prototype est exposé à la Smithsonian Institution.

Bien que Cal Tech n'exécute que les quatre opérations mathématiques de base, le minuscule appareil permet à tout un chacun de faire des calculs avec rapidité et précision, chez soi, au travail ou à l'école. Depuis ses humbles débuts, Cal Tech a ouvert la voie aux futures générations de calculatrices scientifiques complexes qui utilisent des algorithmes de codage avancés et une mémoire accrue pour calculer des statistiques, des probabilités, résoudre des équations, des fonctions trigonométriques, etc.

LES OBJETS DU QUOTIDIEN



DES INVENTIONS POUR UNE VIE
PLUS FACILE

Les objets du quotidien sont si imbriqués dans nos vies que nous en oublions leur dimension historique. Aujourd'hui, un monde sans ampoule - cet objet si simple mais révolutionnaire - nous paraît presque inimaginable. La fontaine d'eau potable, jugée pratique, réduit avant tout la propagation des microbes et des épidémies. Au moment où vous lisez ces lignes, quelqu'un, quelque part, est en train d'inventer quelque chose qui nous rendra l'existence plus aisée, plus agréable et plus féconde.

L'ampoule ordinaire
éclaire les maisons,
permet aux voitures et
aux bateaux de se diriger
en toute sécurité et
fournit de la chaleur.



82

De nouvelles façons de jouer avec les JEUX VIDÉO

LA VIE RÉSERVE DES SURPRISES. L'existence de William Higinbotham en témoigne. En 1943, le scientifique participe à l'élaboration de la bombe nucléaire avant de concevoir le premier jeu vidéo en 1958. Ce physicien et génie de l'électronique américain travaille alors pour le laboratoire national de Brookhaven (BNL). Situé dans l'État de New York, il dépend du département de l'Énergie des États-Unis. Pour animer les journées portes ouvertes du laboratoire, Higinbotham a l'idée d'y ajouter une touche de divertissement.

Higinbotham invente *Tennis for Two* (« Tennis pour deux »). Il fixe un oscilloscope – un appareil qui trace des lignes sinuuses – à un écran de télévision noir et blanc et fait apparaître sur l'écran une tache lumineuse ronde. Les images sont créées au moyen d'un ordinateur et d'une série de relais. Avec quelques pièces détachées, il fabrique ensuite des contrôleurs munis de boutons et molettes qui permettent à deux joueurs de faire rebondir la tache lumineuse par-dessus un filet, à la façon du ping-pong. Higinbotham aurait pu gagner des millions avec cet ancêtre du jeu vidéo, mais il n'a jamais breveté son idée. Il supposait, à juste titre, que, travaillant pour le compte du gouvernement, il ne pouvait toucher de droits d'auteur. Le brevet aurait appartenu à l'État.

L'INDUSTRIE DU JEU VIDÉO EST NÉE

En 1962, Steve Russell, un jeune programmeur du Massachusetts Institute of Technology (MIT), utilise un gigantesque ordinateur central pour concevoir le premier véritable jeu vidéo, *Spacewar!* L'ordinateur a son propre écran et un clavier de machine à écrire. Deux joueurs dirigent des vaisseaux spatiaux qui se battent en se lançant des torpilles. Russell et ses coéquipiers, qui en ont assez de devoir utiliser le



Des gameurs s'affrontent à la Gamescom, en Allemagne, le plus grand salon mondial de jeux et d'accessoires vidéo.



Les étapes de l'histoire du jeu vidéo

1889

À sa création, l'entreprise japonaise Nintendo fabrique des cartes à jouer.

1961

Un programmeur d'IBM crée une simulation de base-ball.

1963

Le département de la Défense des États-Unis développe un jeu de simulation de guerre sur ordinateur.



Exemplaires originaux de *Ms. Pac-Man* et *Space Invaders*, qui se jouaient sur l'Atari 2600, la première console moderne.

clavier pour diriger l'action, construisent le précurseur des manettes actuelles. Le jeu rencontre un tel succès qu'IBM doit interdire à ses employés de jouer à *Spacewar!* pendant les heures de travail.

La grande évolution suivante arrive en 1972, quand les ingénieurs américains Nolan Bushnell et Ted Dabney cofondent Atari, la première entreprise à tirer profit de cette technologie naissante. Un programmeur de la firme, Al Alcorn, crée *Pong* en ajoutant des raquettes au concept d'Higinbotham. À sa sortie, la borne d'arcade *Pong* bat de tels records qu'Atari lui dédie une console de salon. *Pong* devient un classique.

Alors qu'un nombre croissant de fabricants de jeux vidéo arrivent sur le marché, la conception de ce type de jeu monte en flèche. *Space Invaders*, *Ms. Pac-Man*,

Donkey Kong, *Defender* et *Frogger* font partie des meilleures ventes du secteur, que ce soit pour jouer en arcade ou chez soi. Chaque sortie de consoles perfectionnées comme Dreamcast, PlayStation et Xbox déclenche une frénésie chez les consommateurs. En 2016, les revenus mondiaux atteignent près de 100 milliards de dollars, avec des prévisions dépassant les 118 milliards de dollars pour 2019.

Le jeu vidéo a évolué : il est passé des ordinateurs centraux aux consoles de salon puis aux Smartphones, et il ne cesse de se perfectionner. Sa technologie dépasse désormais le domaine du divertissement, avec des applications concernant, entre autres, la formation professionnelle, l'éducation, la médecine, le sport et l'entraînement militaire.

1971

Le premier jeu vidéo à pièces, *Galaxy Game*, voit le jour au bureau des étudiants de l'université Stanford.

1972

Sortie de la première console de jeu vidéo de salon, Magnavox Odyssey.

1983

Le secteur du jeu vidéo s'effondre car un grand nombre de consoles et de jeux de mauvaise qualité inondent le marché.

2006

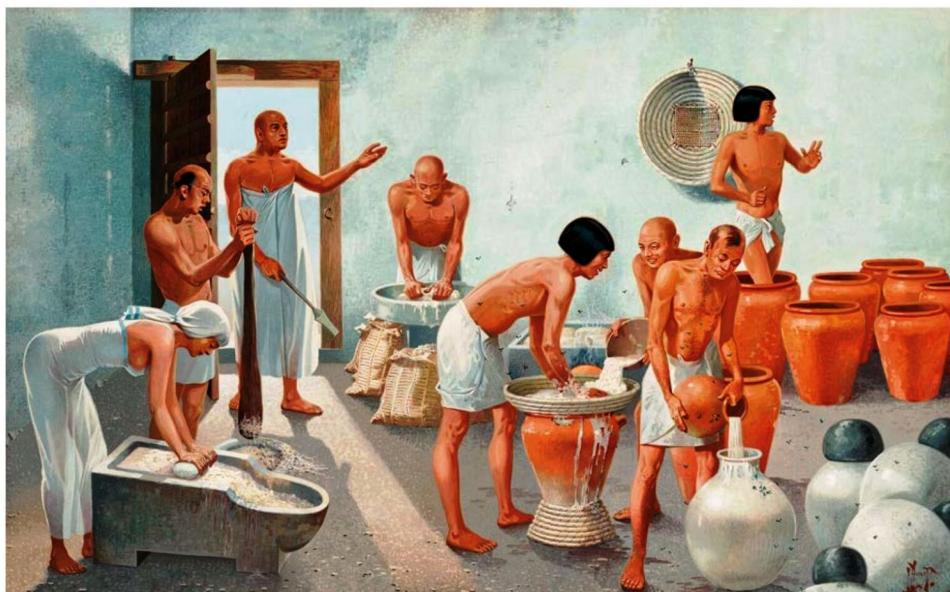
Nintendo sort la Wii, une console munie de capteurs qui détectent les mouvements des joueurs.

83

Une gorgée de BIÈRE

IMPOSSIBLE D'ATTRIBUER l'invention de la bière et des boissons à base de malt à un peuple ou à une période en particulier. À chaque civilisation sa recette. Il y a 9 000 ans, les Chinois font fermenter une boisson à base de riz, de miel et de fruits. Selon les recherches, la bière s'est développée presque en même temps partout dans le monde. En Mésopotamie, lorsque des groupes itinérants de chasseurs-cueilleurs se sédentarisent pour cultiver la terre, ils plantent avant tout des céréales. Plutôt que de les faire cuire pour obtenir du pain, ces populations se mettent à brasser de la bière, une boisson riche en calories et simple à fabriquer. Certains historiens estiment que la bière a mis fin au mode de vie nomade et a inspiré la civilisation.

Il y a 5 400 ans, les premières bières étaient élaborées à partir d'orge, d'herbes, de miel et d'épices. La bière d'orge serait apparue au Moyen-Orient. Elle était consommée par les pauvres comme par les riches, par les adultes comme par les enfants pour ses qualités nutritives. Le sucre et les glucides qu'elle contient fournissaient de l'énergie, des minéraux et des vitamines. Elle servait aussi à préparer des remèdes et à payer les ouvriers. Dans la plupart des pays, la production, la distribution et la vente de bière stimulent l'économie locale en créant des emplois et en rapportant aux gouvernements d'importantes recettes sous forme de taxes. En 2019, le chiffre d'affaires de la filière de la bière en France était de 4,1 milliards d'euros.



Dans l'Égypte ancienne, des travailleurs accomplissent diverses tâches dans une brasserie : moudre la farine ou remplir des jarres de fermentation.



L'INFO EN PLUS

En 1814, la rupture de plusieurs cuves de bière dans une brasserie de Londres entraîne une inondation qui détruit deux maisons et tue huit personnes.



Des boulettes végétaliennes remplacent la viande hachée traditionnelle dans cette garniture de spaghetti.

84 Un nouveau mode d'alimentation avec les SUBSTITUTS DE VIANDE

LES SUCCÉDANÉS DE VIANDE sont élaborés à base de tofu, de blé, de fruits à coque et de divers légumes, herbes et épices. En fonction de la recette, ces ingrédients imitent le goût, l'apparence et la texture de la viande, de la volaille ou du poisson.

Le recours à la viande sans viande remonte à plusieurs siècles. En Chine, en 1301, le gluten de blé sert à cuisiner des ersatzs de saucisse de mou et d'anguille. En 1896, John Harvey Kellogg, médecin et défenseur de la santé américain, recherche un succédané riche en protéines. Il lance le Nuttose, un produit à base d'arachide. En forme de côtelette, il peut être assaisonné pour avoir le goût du veau, d'autres viandes ou du saumon. John Harvey Kellogg inventera ensuite avec son frère, W. K. Kellogg, les cornflakes (pétales de maïs), les fameuses céréales du petit déjeuner.

Certains végétariens choisissent de se passer de viande pour des raisons de santé. Ils cherchent ainsi à diminuer leurs apports en calories et en graisses animales ou à réduire le risque de maladie cardiaque et de cancer. Pour d'autres, il s'agit d'un choix humanitaire et respectueux de l'environnement. L'élevage d'animaux pour la viande exige d'une part de grandes quantités d'eau. D'autre part, il monopolise des terres pour les pâturages et la culture de plantes fourragères alors qu'elles pourraient servir à nourrir la population. De plus, l'élevage industriel de bétail émet des niveaux élevés de gaz à effet de serre, qui contribuent au réchauffement climatique. Alors que les humains prennent conscience des enjeux écologiques, l'heure est sans doute à une alimentation plus raisonnable. Les substituts de viande peuvent y participer.

85 LE COUTEAU SUISSE polyvalent

UN MANCHE ROUGE, une lame courte et une multitude d'outils pliables font du couteau suisse l'un des instruments les plus reconnaissables - et les plus polyvalents - jamais inventés. Dans les années 1880, l'armée suisse lance un nouveau fusil dont le démontage nécessite un tournevis. Pour rationaliser l'équipement des soldats, l'armée leur distribue les premiers couteaux multifonctions. Ils comprennent le tournevis requis, un ouvre-boîtes et un alésoir, une pointe qui ressemble à un poinçon. Les outils se replient dans un côté du manche du couteau.

À peu près à la même époque, le fabricant suisse de matériel chirurgical Karl Elsener conçoit un astucieux mécanisme à ressort qui permet de replier les outils dans les deux côtés du manche et d'y caser ainsi deux

fois plus de lames et d'ustensiles. Le plus grand couteau suisse jamais fabriqué est le modèle Giant. Lancé par la marque Wenger pour son centième anniversaire, il comprend 87 outils, pèse plus de 1kg et coûte 1300 dollars. Il contient des accessoires aussi originaux qu'un pointeur laser d'une portée de 90 m, une jauge de profondeur de bande de roulement de pneu, une lampe de poche et une boussole.

L'utilité incomparable du couteau suisse a permis à cet outil léger et polyvalent de dépasser les frontières de la Suisse et de se faire connaître dans le monde entier. Vider un poisson, couper du fil de fer, allumer un feu, tailler un crayon, retirer une épine..., le nombre d'applications du couteau suisse ne semble limité que par l'imagination de l'utilisateur.



Parmi les fonctions du couteau suisse : tailler du bois, se couper les ongles ou déboucher les bouteilles.

86

Un rasage de près avec le RASOIR DE SÉCURITÉ

C'EST EN SE RASANT UN MATIN de 1895 que le représentant de commerce américain King Camp Gillette a l'idée du rasoir de sécurité pratique : un dispositif à lame interchangeable. Six ans plus tard, il s'associe à l'ingénieur William Nickerson. Ensemble, ils conçoivent des lames de rasoir à double tranchant en pressant de fines feuilles d'acier. Ils fabriquent également un manche qui s'adapte à la main de l'utilisateur pour que le rasoir soit plus facile à manier.

Le rasoir de sécurité révolutionne le rasage. Comparé au traditionnel rasoir droit, il fait gagner du temps, irrite moins la peau et n'a pas besoin d'être aiguisé à chaque utilisation. La Gillette Safety Razor Company lance le produit en 1901, et, dès 1904, les ventes s'élèvent à 91000 rasoirs. En 1915, elles



Rasoir non jetable à lame remplaçable.

dépassent les 450 000, et les ventes de lames atteignent de leur côté les 70 millions d'unités. Des chiffres dus en partie aux publicités incitant les femmes à adopter, elles aussi, le rasoir Gillette.

Aujourd'hui, le rasoir de sécurité reste la norme en matière de rasage, bien que d'autres entreprises, en majorité des commerçants en ligne, menacent la position dominante de Gillette sur le marché.

87

Une hydratation saine avec la FONTAINE D'EAU POTABLE

AVANT LA DÉMOCRATISATION de l'eau courante dans les logements urbains, l'accès à l'eau potable se limitait souvent à une fontaine publique. Un nid de bactéries à l'origine de terribles épidémies. Le principal coupable : le «*sipper*», un gobelet partagé par tous les usagers, malades ou en bonne santé.

Quand son père meurt d'une typhoïde, Halsey Taylor, un homme d'affaires de l'Ohio (É.-U.), s'attelle à un nouveau concept de fontaine publique. Dès 1912, Taylor crée la «*Double Bubbler*», une fontaine d'où jaillissent deux jets d'eau convergents. La machine de Taylor, alimentée par la tuyauterie existante, est installée à grande échelle sur les sites navals et aéronautiques pendant la Première Guerre mondiale.



Une fillette se désaltère à une fontaine dans les années 1950.

Au tournant du XX^e siècle, des inventeurs commencent à chercher des solutions. En 1908, Lawrence Luellen, un Bostonien, conçoit un distributeur d'eau qui, contre une pièce d'un cent, remplit une tasse en papier. Les entreprises de chemin de fer louent ces machines et en équipent les gares à travers le pays.



L'INFO EN PLUS

C'est en août 1872, sur le boulevard de la Villette, à Paris, qu'est installée et mise en eau la première fontaine Wallace. Il en existera quatre modèles de taille différente dans la capitale.



Bien que le WD-40 classique ne soit pas destiné aux chaînes de vélo, l'entreprise a conçu une ligne de produits pour les bicyclettes.

88 Des milliers d'usages pour le WD-40

À CHAQUE PROBLÈME SA SOLUTION avec l'huile pénétrante multi-usages WD-40. Depuis son invention dans les années 1950 aux États-Unis, ce produit a conquis le marché, transformant une minuscule entreprise californienne en une multinationale cotée en bourse.

En 1953, dans un petit laboratoire de San Diego, en Californie, le chimiste américain Norm Larsen et les autres cofondateurs de la Rocket Chemical Company essaient de développer une substance dégraissante et antirouille pour l'industrie aérospatiale florissante. L'obstination de Larsen finit par payer quand il trouve la formule idéale pour chasser l'eau. Comme il lui aura fallu quarante essais pour y parvenir, il décide de nommer son produit : *Water Displacement, 40th formula* (« Déplacement d'eau, 40^e formule »).

Le constructeur aéronautique Convair est le premier à commander le nouveau lubrifiant. Il s'en sert pour traiter la paroi extérieure de la première génération de missiles balistiques intercontinentaux. À l'usage,

les employés de Convair s'aperçoivent que le produit a des applications pratiques au quotidien, comme enlever le ruban adhésif ou imperméabiliser bottes et chaussures. En 1958, Larsen reconditionne le WD-40 en bombe aérosol et met le produit sur le marché.

La WD-40 Company cite plus de 2 000 usages pour son produit, allant du nettoyage des bassins de lit au décollement des chewing-gums sur les carapaces des tortues. Faire sortir un cambrioleur nu coincé dans un conduit d'aération reste à ce jour l'une de ses utilisations les plus originales.



En 2005, WD-40 ajoute une paille à l'embout de l'aérosol pour obtenir un jet précis et ne coulant pas.



L'INFO EN PLUS

La WD-40 Company assure que la formule, qui a près de soixante-cinq ans, reste un secret commercial. Elle contient sans doute divers hydrocarbures ainsi qu'une huile légère.

89

LA MONNAIE apporte la civilisation



AVANT L'APPARITION DES PIÈCES, ce sont des perles, des têtes de bétail, du thé ou des coquilles d'escargot qui servent de monnaie d'échange lors des trocs. Dans les civilisations disposant de métaux, comme l'Égypte ancienne, les paiements peuvent se faire en anneaux ou lingots d'argent ou d'or. Vers 640 av. J.-C., le roi Gygès de Lydie, une contrée située dans l'ouest de la Turquie actuelle, introduit les premières pièces de monnaie métalliques connues. Elles sont en électrum, un alliage naturel d'or et d'argent, et chacune est marquée d'un sceau officiel. En Chine, l'usage des billets de banque – ou papier monnaie – apparaît avec l'essor de l'impression par xylographie, au VII^e siècle apr. J.-C., sous la dynastie Tang. En Europe, il faudra attendre le XVII^e siècle pour que la Banque de Stockholm commence à en émettre.

Dans les sociétés primitives, l'argent sert souvent à conclure les mariages et à éviter les querelles. Puis, en devenant universelle, la monnaie favorise le développement du commerce et la création du marché mondial. Elle donne naissance au secteur financier, qui comprend les banques, l'achat et la vente d'actions, les prêts d'argent, les fonds d'investissement, les compagnies d'assurance et les sociétés immobilières. La monnaie incite par ailleurs les individus à travailler et à créer de la richesse, tant pour eux-mêmes que pour la société dans son ensemble. Sans le déploiement de la monnaie, le monde moderne n'existerait pas.

Ci-dessus : Selon des estimations récentes, seule une petite partie de la richesse de la planète existe sous forme de pièces de monnaie ou de billets physiques.



Les illustrations figurant sur les billets de banque rendent souvent hommage à des personnalités d'importance nationale. Le dollar américain est la devise la plus utilisée dans le monde.

90

Le réconfort d'un OURS EN PELUCHE

IL ÉTAIT UNE FOIS UN OURS EN PELUCHE. L'histoire, qui tient de la légende, commence en 1902 lors d'une partie de chasse du président américain Theodore Roosevelt. Des guides assomment un ours à coups de matraque et l'attachent à un arbre pour que le chef d'État puisse l'abattre. Mais Roosevelt, amateur de vie au grand air et chasseur de gros gibier réputé, désapprouve la méthode et fait libérer l'animal. Le caricaturiste Clifford Berryman croque l'incident dans le quotidien le *Washington Post*, et le public est conquis.

Toujours selon la légende, Morris Michtom, un immigrant russe qui possède une confiserie dans le quartier new-yorkais de Brooklyn, décide de confectionner un ours en peluche. Il l'appelle *Teddy's Bear* («l'ours de Teddy») en l'honneur du président. Le

premier ours aurait été vendu le 15 février 1903, alors qu'il trônaît dans la vitrine du magasin. En 1907, Michtom fonde l'Ideal Novelty and Toy Company pour fabriquer son nouveau produit.

Pendant ce temps-là, la société allemande Steiff, qui ignore tout de la création de Michtom, commence de son côté à fabriquer des ours en peluche. Elle les présente lors d'une foire aux jouets en Allemagne, en mars 1903. Un acheteur de jouets américain décide de les importer en grand nombre aux États-Unis.

Depuis, l'ours en peluche jouit d'une immense popularité, et reste en bonne place dans la liste des cadeaux offerts aux enfants. C'est aussi l'un des objets les plus collectionnés. Selon le *Livre Guinness des records*, la plus grande collection en compte 8026.



L'ours en peluche trône au milieu d'autres souvenirs dans la maison natale du président Theodore Roosevelt.



Le papier toilette est blanchi pour ne pas montrer de traces de vieillissement.

91 L'incontestable nécessité du PAPIER TOILETTE

AVANT L'INVENTION DU PAPIER TOILETTE, les peuples du monde entier utilisent une grande variété de matériaux. Dans la Rome antique, les thermes ou bains publics mettent à disposition des usagers une éponge au bout d'un bâton qui trempe dans un seau d'eau salée. Dans l'Europe médiévale, du foin ou de l'herbe servent à s'essuyer. Les colons américains emploient des chiffons, des feuilles et, même, des épis de maïs.

En 1857, l'homme d'affaires new-yorkais Joseph Gayetty invente le premier papier toilette emballé. Le Gayetty's Medicated Paper est fabriqué en série et vendu en piles de 500 feuilles séparées au prix de 50 cents le paquet. Les feuilles sont en chanvre et contiennent de l'aloès. Gayetty vante son produit comme étant «la plus grande nécessité de l'époque», et fait marquer son nom en filigrane sur chaque feuille.

Seth Wheeler, un entrepreneur d'Albany, dans l'État de New York, possède de nombreux brevets relatifs au papier hygiénique. Il en dépose deux dès 1871. Le second, plus élaboré, décrit un «rouleau de papier d'emballage avec des perforations sur la ligne de séparation entre une feuille et la suivante». L'entreprise de Wheeler détient également des brevets de machines à perforez le papier hygiénique, de distributeurs de papier et de papier décoré.

En 1890, la Scott Paper Company transforme cette industrie en plaçant le papier autour d'un rouleau. Dès 1925, Scott devient le principal fabricant de papier hygiénique dans le monde.

En France, en 2018, la consommation annuelle de papier hygiénique par personne était estimée à 6,4 kg soit 71 rouleaux.



L'INFO EN PLUS

2000 ans avant notre ère, les Chinois avaient mis au point le «bâton hygiénique», un bout de bois avec du tissu enroulé au bout. Des archéologues, qui ont découvert un exemplaire de cet objet en 1992 dans des latrines du nord de la Chine, ont pu confirmer qu'il était bien destiné à un usage intime.



La taille, la forme et le poids d'une guitare électrique dépendent du genre que pratique le musicien.

92 Les rebelles de la musique choisissent la GUITARE ÉLECTRIQUE

AU XX^e SIÈCLE, LES CONCERTS prennent de l'ampleur. Des groupes associant musiciens, choristes et chanteurs se produisent dans des salles de plus en plus grandes devant des foules immenses. La guitare acoustique perd petit à petit sa suprématie car les musiciens recherchent des instruments plus puissants pour coller à l'énergie de l'époque. Vers 1931, l'ingénieur d'origine suisse Adolph Rickenbacker et le musicien américain George Beauchamp s'associent pour mettre au point un dispositif électromagnétique qui « capte » et amplifie les vibrations des cordes d'une guitare hawaïenne. C'est ainsi que naît la « Frying Pan » (« Poêle à frire »), surnom de la première guitare électrique connue. Une douzaine d'instruments seront vendus en 1932.

Devant l'incroyable diversité de sons nouveaux que l'instrument électrique peut produire, la majorité des guitaristes l'adoptent et développent de nouvelles techniques pour déformer et tenir les notes. Les sonorités puissantes de la guitare électrique entraînent l'essor du rock and roll dans les années 1950. Les fabricants de guitares comme Fender, Gibson et Les Paul vendent chaque année des centaines de milliers de modèles à des prix abordables.

Aujourd'hui, près de quatre-vingt-dix ans après avoir explosé sur scène, la guitare électrique – sans doute l'évolution musicale la plus importante du siècle dernier – est présente dans presque tous les morceaux pop.



Le guitariste de légende Jimi Hendrix joue sur sa Stratocaster.



L'INFO EN PLUS

La guitare qui a battu tous les records aux enchères est une Fender Stratocaster dédicacée par une vingtaine de stars du rock. En novembre 2005, l'instrument s'est vendu 2,7 millions de dollars (2,3 millions d'euros) au profit des victimes du tsunami survenu l'année précédente dans l'océan Indien.

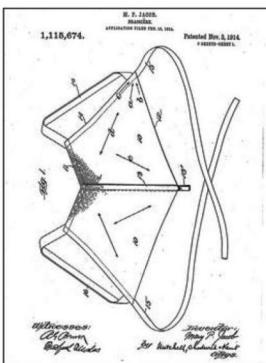
93 Libérées par le SOUTIEN-GORGE

EN 1910, LA NEW-YORKAISE Mary Phelps Jacob, 19 ans, doit prendre part au Bal des débutantes. Elle achète une robe de soie très fine. Craignant que le corset rigide garni de baleines ne déforme sa nouvelle tenue, la jeune fille trouve une solution de maintien de remplacement. Elle coud ensemble deux mouchoirs de soie avec du ruban rose.

Devant l'engouement de ses amies, conquises par le confort et la liberté de mouvement que procure le nouveau sous-vêtement, Mary Phelps Jacob commence à vendre le «soutien-gorge dos nu» et reçoit un brevet en 1914. Mais les ventes ne décollent pas et l'activité s'effondre, poussant la femme d'affaires à vendre son brevet à la Warner

Brothers Corset Company pour 1500 dollars. Le corset finira par disparaître au profit du soutien-gorge. Parmi les innovations ultérieures figurent les différentes tailles de bonnet, un soutien renforcé, des fibres textiles élastiques ainsi qu'une multitude de styles.

Libérant celle qui le porte des contraintes du corset, le soutien-gorge s'est imposé comme le sous-vêtement féminin le plus populaire des années 1920. Lancé par les garçonnées des Années folles, il symbolise pour beaucoup la libération de la femme.



Dessin de soutien-gorge par Mary Phelps Jacob pour son brevet, déposé en 1914.

94 On jette la COUCHE-CULOTTE

DANS LES ANNÉES 1940, langer un bébé consiste à l'envelopper dans un carré de tissu de coton épais attaché avec une épingle. Pour prévenir les fuites, une culotte de caoutchouc recouvre le tout. Mais la culotte retient l'humidité qui favorise l'érythème fessier et pince le ventre et les jambes fragiles de l'enfant. L'Américaine Marion Donovan, femme au foyer et mère de deux nourrissons, résout le dilemme en insérant la couche en coton dans un revêtement extérieur en Nylon étanche et respirable. Son prototype est découpé dans un rideau de douche, qui empêche la couche mouillée de souiller les vêtements ou les draps. De fabrication artisanale, sa «Boater» lavable et antifuite est commercialisée en 1949. Elle remporte un succès immédiat.



En 2018, 3,5 milliards de couches-culottes étaient utilisées en France.

Déterminée à poursuivre sur cette voie, Marion Donovan cherche encore à alléger la corvée et à diminuer l'aspect salissant inhérent au changement de couche. En 1951, elle crée la première couche entièrement jetable, en utilisant un type particulier de papier qui protège la peau du bébé de l'humidité. Mais le produit ne suscite l'intérêt d'aucun fabricant et n'est jamais exploité. En 1961, Procter & Gamble commence à vendre la couche jetable aujourd'hui connue sous la marque Pampers, en prolongeant le travail commencé par Marion Donovan sur les matériaux absorbants.



Un joueur saute hors de portée des défenseurs pendant un match de basket-ball improvisé sur un terrain extérieur.

95

Petit début pour le **BASKET-BALL**

LA PLUPART DES SPORTS sont le produit de l'improvisation et du jeu. Mais le cas du basket-ball diffère. Créée par nécessité, cette discipline répond à un cahier des charges bien précis, et sa date de naissance ne fait aucun doute. En 1891, James Naismith, un Américain d'origine canadienne, enseigne à l'école de formation de la YMCA (Young Men's Christian Association), dans le Massachusetts. Il se voit confier un défi de taille : concevoir un jeu d'adresse exempt de violence auquel les étudiants peuvent s'adonner à l'intérieur pendant le rude hiver de la Nouvelle-Angleterre. Luther Gulick, le directeur de l'établissement, lui donne quatorze jours pour y arriver. Le temps lui manquant, Naismith a un coup de génie : il fixe des paniers à pêche en bois à des balcons aux deux extrémités du gymnase, puis

il demande aux joueurs d'essayer de lancer un ballon de football dans les nasses pour marquer. Il découpe le fond de chaque panier pour que le ballon puisse passer à travers. Naismith établit ensuite un ensemble de treize règles simples en environ une heure.

Le nouveau jeu de Naismith se répand comme une traînée de poudre, en particulier grâce aux membres de la YMCA qui l'ont appris et s'en font le relais lors de leurs missions à travers les États-Unis. Le jeu nécessite peu de matériel et est accessible à tous. Selon la Fédération internationale de basket-ball, plus de 450 millions de personnes pratiquent ce sport dans le monde. La National Basketball Association (NBA) engendre à elle seule chaque année plus de 5 milliards de dollars de revenus totaux.



L'essor du basket-ball

1896

Le premier match professionnel de basket-ball connu se déroule à Trenton, dans le New Jersey.

1892

Des élèves et des employés d'une école de la YMCA jouent le premier match de basket-ball en public.

1962

Wilt Chamberlain marque 100 points en un seul match, un record de la NBA.

1936

Le basket-ball devient un sport olympique aux Jeux de Berlin.

96

Les succulentes CHIPS

LA PREMIÈRE RECETTE DE CHIPS paraît dans *The Cook's Oracle*, un livre de recettes signé par le cuisinier et opticien britannique William Kitchiner. Publié pour la première fois en 1817, l'ouvrage rencontre le succès au Royaume-Uni comme aux États-Unis. Dans l'édition de 1822, les instructions de Kitchiner pour la *Potato Fried in Slices or Shavings* (« Pomme de terre frite en tranches ou en copeaux ») sont les suivantes : « Épluchez de grosses pommes de terre. (...) Coupez-les en copeaux arrondis. (...) Essuyez-les bien avec un torchon propre et faites-les frire dans du saindoux ou de la graisse de cuisson. (...) Servez-les saupoudrées d'un peu de sel. » Des recettes de chips similaires paraissent aux États-Unis, dans *The Virginia Housewife* (« La Femme au foyer de Virginie ») de Mary Randolph, en 1824, et dans *The Cook's Own Book* (« Le Livre du cuisinier ») de N. K. M. Lee, en 1832.



Les chips auraient été inventées en 1853 par George Crum, un cuisinier d'origine amérindienne et afro-américaine officiant à Saratoga Springs, dans l'État de New York. Selon la légende, un client du restaurant trouve les frites trop molles et trop épaisses. Agacé, Crum découpe des pommes de terre en fines lamelles et les fait frire jusqu'à ce qu'elles soient presque croustillantes. À la grande surprise de Crum, le client les adore, et la popularité des « Saratoga Chips » gagne les États voisins. Aujourd'hui, les chips sont l'un des en-cas les plus vendus dans le monde. Aromatisées au bacon, au fromage, au poulpe, voire au cappuccino ou à la cannelle, il y en a pour tous les goûts.

La pomme de terre Yukon Gold est la variété la plus utilisée aux États-Unis pour faire des chips.



La fabrication en usine accélère la confection des chips et en baisse le prix pour les consommateurs.



Branché à une prise murale,
un chargeur réalimente des
piles en quelques heures
seulement.

97

L'électricité à emporter avec la **BATTERIE RECHARGEABLE**

EN 1800, LE PHYSICIEN ET CHIMISTE italien Alessandro Volta invente le premier dispositif capable de produire un courant électrique continu. La pile de Volta, ou pile voltaïque, est composée d'un empilement de couples de disques de zinc et d'argent, chaque couple étant séparé par des rondelles de carton imbibé d'eau salée. Une des extrémités de la pile est en zinc, l'autre en argent. En connectant un fil métallique à chaque extrémité, Volta crée un courant électrique.

Après quelques améliorations, l'invention de Volta rencontre un large succès commercial. Les appareils électriques s'affranchissent des prises et du secteur et deviennent autonomes. Toutes ces piles présentent cependant un inconvénient majeur. Elles ne fonctionnent plus lorsque leurs réactions chimiques cessent.

En 1859, le physicien français Gaston Planté invente l'accumulateur plomb-acide sulfurique, la première batterie électrique rechargeable. Il inverse la réaction chimique en forçant la circulation des électrons dans le sens opposé par une source de courant extérieure. Ainsi, la batterie se recharge. Un principe qui permettra de développer la batterie automobile de 12 volts et les batteries de téléphones portables.

Le recours aux batteries plomb-acide reste limité du fait de la toxicité du plomb. Les accumulateurs au nickel-cadmium et au lithium-ion comptent, eux, parmi les batteries rechargeables les plus utilisées. Les inventeurs s'affairent déjà à créer la génération suivante. Ils cherchent à augmenter sa durée de vie et sa puissance pour stocker et fournir l'énergie de demain.

98

Des tâtonnements aboutissent à l'AMPOULE

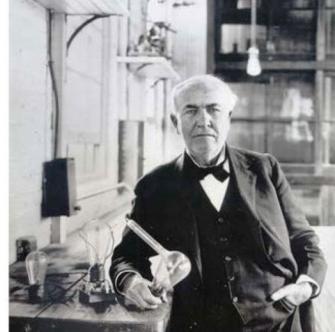
CONTRAIREMENT À UNE IDÉE REÇUE, ce n'est pas Thomas Edison qui a inventé l'ampoule à incandescence. Le principe de la lumière électrique à incandescence remonte à 1801. Le chimiste et physicien britannique Humphry Davy est le premier à en faire la démonstration. D'autres chercheurs, comme William Sawyer et Albon Man, créent ensuite divers prototypes d'ampoules. Le génie d'Edison est d'en fabriquer une qui fonctionne bien, en perfectionnant le courant électrique et les matériaux qui la composent. Dans ce cas précis, le mérite d'Edison revient à la persévérance.

L'ampoule à incandescence s'allume quand un courant électrique traverse un filament conducteur. Avant Edison, les minces fils se consument vite sous la forte chaleur nécessaire pour produire la bonne intensité lumineuse. Le 21 octobre 1879, après quelque 1600 expériences, Edison et son équipe testent avec

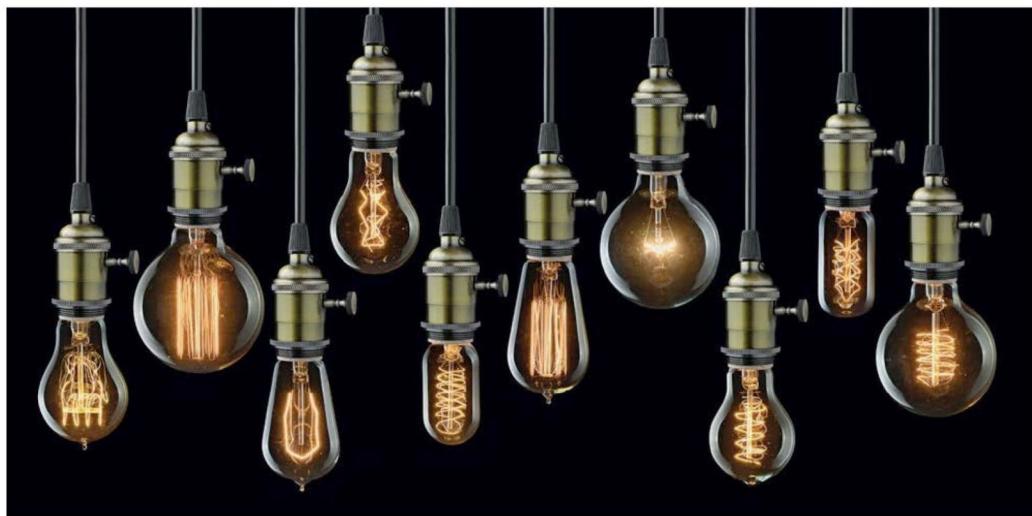
succès un tout nouveau filament : un fil de coton fin transformé en carbone sous l'effet d'une chaleur intense. L'ampoule brûlera pendant quarante heures.

En moins de trois ans, la centrale électrique d'Edison, située à New York, fournit de la lumière à plusieurs milliers de foyers et d'entreprises. En 1886, la durée de vie des ampoules d'Edison est passée à 1200 heures.

Mais l'ampoule à incandescence disparaît progressivement dans les pays occidentaux, notamment en Europe où trois autres types d'ampoules lui ont succédé : l'ampoule halogène, l'ampoule fluorescente compacte (LFC) ou fluocompacte et l'ampoule LED (lampe à diode électroluminescente).



Thomas Edison présente son modèle d'ampoule améliorée.

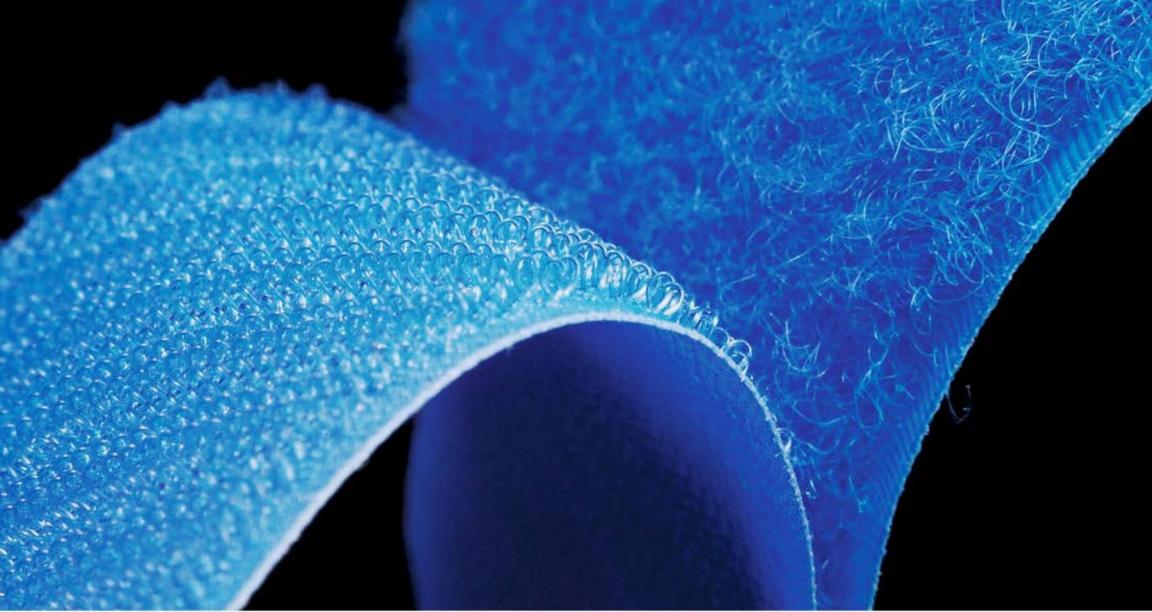


Pour réduire les coûts, un grand nombre d'experts recommandent de remplacer les ampoules à incandescence par des LED.



L'INFO EN PLUS

Le physicien britannique Joseph Swan fait breveter une ampoule avec un filament de carbone dix-neuf ans avant qu'Edison ne reçoive son brevet aux États-Unis. Swan et Edison constituent une entreprise commune, Ediswan.



Composé de deux faces, l'une piquante appelée crochet et l'autre plus douce appelée boucle, le Velcro s'ouvre et se ferme sans peine.

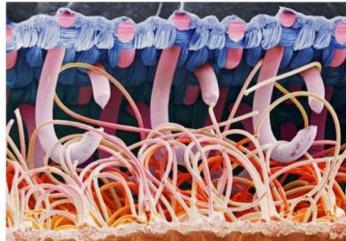
99 La capacité d'adhérence du **VELCRO**

PENDANT UNE MARCHE DANS LES ALPES, en 1941, l'ingénieur suisse George de Mestral remarque les fruits épineux des buissons de lampourde accrochés à sa veste et aux poils de son chien. En les examinant au microscope, de Mestral remarque que ces fruits sont couverts de minuscules crochets qui se sont pris dans les boucles du tissu de sa veste et dans le pelage de son chien. De Mestral entreprend de reproduire synthétiquement ce principe « crochet et boucle » dans l'espoir de créer un nouveau type de fermeture.

Après des années d'expérimentations, de Mestral reproduit l'effet agrippant de la plante avec deux bandes de coton : l'une tissée avec de minuscules crochets, l'autre avec de minuscules boucles. Mais le coton se détend après

un usage répété, entraînant une mauvaise fixation. Pour résoudre le problème, de Mestral passe au Nylon, une matière plus résistante, et appelle sa nouvelle invention Velcro, du français velours croché.

À la fin des années 1960, des millions de mètres de Velcro sont fabriqués chaque année. Utilisé comme « fermeture à glissière sans glissière », le Velcro équipe surtout les vêtements. Avec le temps, il a trouvé une multitude d'autres usages : depuis les tentatives de la Nasa pour attacher les objets flottants dans l'espace jusqu'à la résolution de problèmes plus ordinaires, comme retirer les bouloches des pulls ou maintenir un tapis en place. La simplicité de ce système a quelque chose de magique.



Du Velcro vu au microscope.



L'INFO EN PLUS

Les produits de la marque Velcro sont très présents dans le secteur de la santé. Du Velcro a servi, notamment, à maintenir les deux ventricules du cœur humain artificiel Jarvik 7.

100 Emballés par la CELLOPHANE

UN JOUR DE 1900, l'ingénieur textile suisse Jacques Brandenberger est attablé dans un restaurant quand un client renverse du vin sur la nappe. Brandenberger décide alors de mettre au point un film transparent et souple qui, pulvérisé sur le tissu, le rendrait imperméable. Mais, son invention, un mélange de cellulose



La cellophane empêche les produits frais de s'abîmer.

et de glycérine, se décolle du tissu en grandes bandes transparentes. Malgré ce revers, Brandenberger trouve un usage commercial à sa création. En 1912, elle sert à confectionner des lunettes pour masques à gaz. Brandenberger l'appelle cellophane et crée la société La Cellophane pour la fabriquer.

En 1923, pressentant le potentiel du produit, l'entreprise chimique américaine DuPont fonde la DuPont Cellophane Company et achète les droits de fabrication à Brandenberger. Trois ans plus tard, les ingénieurs de DuPont mettent au point une cellophane résistant à l'humidité. Une propriété qui permet de l'utiliser pour emballer les aliments, de façon à préserver la fraîcheur des produits et des repas. Faite à partir de fibres de cellulose, la cellophane naturelle est 100% biodégradable. Elle constitue l'un des emballages alimentaires jetables les plus écologiques.

101 Rapide comme la FERMETURE À GLISSIÈRE

L'INVENTION DE LA FERMETURE à glissière illustre bien l'expression « deux têtes valent mieux qu'une ». En 1893 à la foire mondiale de Chicago, l'ingénieur américain Whitcomb Judson dévoile une fermeture à glissière à agrafes pour remplacer les fastidieux lacets et boutons des chaussures. Bien que son dispositif laisse à désirer, Judson dépose de nombreux brevets le concernant. Pour fabriquer son produit en grande quantité, il fonde l'Universal Fastener Company, qui deviendra l'Automatic Hook and Eye Company.

L'entreprise compte parmi ses employés l'ingénieur d'origine suédoise Gideon Sundbäck. L'histoire ne dit pas s'il travaille main dans la main avec Judson ou de façon indépendante. Quoiqu'il en soit, en 1914, Sundbäck met au point une fermeture plus fiable, qu'il nomme *Hookless N° 2*. En 1917, il reçoit un brevet pour la *Separable Fastener*, plus tard appelée *Talon Slide*.

Fastener, précurseur de la fermeture moderne. Quant au terme « zipper », il est inventé en 1923 par la B. F. Goodrich Company, qui en équipe ses nouvelles guêtres en caoutchouc. En France, l'appellation « Fermeture Eclair » est une marque commerciale, propriété de la société française Éclair Prym France.



Les fermetures à glissière sont présentes sur les pantalons, les valises et même les combinaisons spatiales des astronautes.



VOIR PLUS LOIN



12 NUMÉROS/AN

6 HORS-SÉRIES/AN

6€50

par mois

au lieu de 8,95€

LES GRANDS LACS EN DANGER



VERSION
NUMÉRIQUE
+
ACCÈS AUX
ARCHIVES
NUMÉRIQUES

BON D'ABONNEMENT RÉSERVÉ AUX LECTEURS DE NATIONAL GEOGRAPHIC

1 Je choisis mon offre :

OFFRE SANS ENGAGEMENT
12 numéros + 6 Hors-séries par an
6,50€ par mois⁽¹⁾ au lieu de 8,95€/mois *

27%
de réduction

OFFRE ANNUELLE
1 an - 12 numéros + 6 Hors-séries
89,90€ par an⁽²⁾ au lieu de 107,40€/an*

16%
de réduction

2 Je choisis mon mode de souscription :

► @ EN LIGNE SUR PRISMASHOP

-5% supplémentaires !

LES AVANTAGES

- 5% de réduction supplémentaire
- Version numérique + archives numériques offertes
- Un paiement immédiat et sécurisé
- Votre magazine plus rapidement chez vous
- Arrêt à tout moment avec l'offre sans engagement

COMMENT SOUSCRIPTRE ?

- Rendez-vous directement sur le site www.prismashop.fr
- Cliquez sur **Clé Prismashop**
- Saisissez la clé Prismashop ci-dessous

HNGS2A21

Voir l'offre

►✉ PAR COURRIER

1 Je renseigne mes coordonnées Mme M.

Nom** :

Prénom** :

Adresse** :

CP** :

Ville** :

2 À renvoyer sous enveloppe affranchie à :
National Geographic - Service Abonnement - 62066 ARRAS CEDEX 9

Pour l'offre sans engagement : une facture vous sera envoyée pour payer votre abonnement.

Pour l'offre annuelle : je joins mon chèque à l'ordre de National Geographic

►📞 PAR TÉLÉPHONE **0 826 963 964** Service 0,20 € / min *prix appel

*Par rapport au prix de vente au numéro. **Informations obligatoires, à défaut votre abonnement ne pourra être mis en place. (1) Offre sans engagement : Je peux résilier cet abonnement à durée indéterminée à tout moment par appel ou par courrier au service clients (voir CGV du site prismashop.fr), les prélvements seront aussitôt arrêtés. (2) Offre à Durée Définie : engagement pour une durée ferme après enregistrement de mon règlement. Offre réservée aux nouveaux abonnés d'France métropolitaine. Photos non contractuelles. Le prix de l'abonnement est susceptible d'augmenter à date anniversaire. Vous en serez bien sûr informé préalablement par écrit et aurez la possibilité de résilier cet abonnement à tout moment. délai de livraison du 1er numéro, 8 semaines environ après enregistrement du règlement dans les limites de la législation en vigueur. Les données personnelles sont traitées conformément à la réglementation en vigueur, en particulier la loi sur la protection des données (RGPD) et la loi sur la confidentialité des communications électroniques (LCDE) du 6 janvier 1978 modifiée, vous disposez à tout moment d'un droit d'accès, de rectification, d'effacement, de limitation du traitement de pertinérence des données qui vous concernent, ainsi qu'un droit d'opposition au traitement pour des motifs légitimes en écrivant au Data Protection Officer du Groupe Prisma Media au 13 rue Henri Barbusse 92230 Gentilly ou par email à dpod@prismamedia.com. Dans le cadre de la gestion de votre abonnement si vous avez accepté la transmission de vos données à des partenaires du Groupe Prisma Media, vos données sont susceptibles d'être transférées hors de l'Union Européenne. Ces transferts sont encadrés conformément à la réglementation en vigueur, par le mécanisme de certification Privacy Shield ou par la signature de Clauses Contractuelles types de la Commission Européenne.



HNGS2A21

CRÉDITS

COUVERTURE

(**machine à écrire**), Darren Pullman/Shutterstock; (**cellules sanguines**), jarun011/Getty Images; (**satellite**), Victor Habbick Visions/SPL/Getty Images; (**ampoules**), choness/Getty Images; (**guitare**), Sergiy1975/Shutterstock; (**radio**), scanrail/Getty Images; (**astronaute**), Marc Ward/Stocktrek Images/Getty Images; (**appareil photo**), Jeffrey B. Banke/Shutterstock.

INTÉRIEUR

3, Pgiam/Getty Images; **4-5**, dell640/Getty Images; **6-7**, Andrew Brookes/Getty Images; **8 (h)**, Getty Images; **8 (b)**, GlobalP/Getty Images; **9**, Encyclopaedia Britannica/ UIG/Getty Images; **10**, Mark Harmel/Getty Images; **11**, hidesy/Getty Images; **12 (h)**, Bedrin-Alexander/Getty Images; **12 (b)**, Picture Partners/Science Source; **13**, Janaka Maharage Dharmasena/Getty Images; **14**, Snowleopard1/Getty Images; **15**, Heritage Images/Getty Images; **16**, Everett Collection Inc./Alamy Stock Photo; **17 (h)**, PRISMA ARCHIVO/Alamy Stock Photo; **17 (b)**, skodonnell/Getty Images; **18 (g)**, Oleg Golovnev/Shutterstock; **18 (d)**, PhotoQuest/Getty Images; **19**, Bet_Noire/Getty Images; **20**, jarun011/Getty Images; **21 (h)**, Monty Rakusen/Getty Images; **21 (b)**, Wellcome Library, London; **22**, ballyscanlon/Getty Images; **23 (h)**, DWD-Media/Alamy Stock Photo; **23 (b)**, kwest/Shutterstock; **24 (h)**, Rebecca Hale, équipe du NGM; **24 (b)**, Science Photo Library/Getty Images; **25**, Hank Morgan/Getty Images; **26**, sergeyryzhov/Getty Images; **27 (h)**, Jamesmcq24/Getty Images; **27 (b)**, Mustaffa Kamal Iklil/Getty Images; **28-29**, Steven Hunt/Getty Images; **30 (h)**, dja55/Getty Images; **30 (b)**, Petr Lerch/Shutterstock; **31**, Sipley/ClassicStock/ Getty Images; **32 (h)**, normallens/Shutterstock; **32 (b)**, chictype/ Getty Images; **33 (h)**, suksawad/Getty Images; **33 (b)**, Alan Wilson/ Alamy Stock Photo; **34 (h)**, Brent Stirton/Getty Images; **34 (b)**, Jeffrey B. Banke/Shutterstock; **35 (h)**, AlinaMD/Shutterstock; **35 (b)**, Everett Historical/Shutterstock; **36 (h)**, JJFarquitectos/Getty Images; **36 (b)**, Pomogayev/Getty Images; **37 (h)**, Hercules Milas/ Alamy Stock Photo; **37 (b)**, Uladzik Kryhin/Shutterstock; **38 (h)**, johan63/Getty Images; **38 (b)**, Nasa; **39**, Maxiphoto/Getty Images; **40 (h)**, ZU_09/Getty Images; **40 (b)**, Monkey Business Images/ Getty Images; **41 (h)**, Wellcome Library, London; **41 (b)**, Odua Images/Shutterstock; **42 (h)**, Jose Galveia/Shutterstock; **42 (b)**, scorpp/Getty Images; **43 (h)**, Tatiana Popova/Shutterstock; **43 (b)**, Claudio Divizia/Getty Images; **44**, Tim Roberts Photography/Shutterstock; **45 (h)**, jganster/Getty Images; **45 (b)**, andres/Getty Images; **46 (h)**, Bettmann/Getty Images; **46 (b)**, U.S. National Archives and Records Administration; **47**, Alfred Eisenstaedt/The LIFE Picture Collection/Getty Images; **48-9**, nevodka/Shutterstock; **50 (h)**, U.S. National Archives and Records Administration; **50 (b)**, Everett Historical/Shutterstock; **51**, U.S. Air Force; **52**, ArtMari/Shutterstock; **53 (h)**, Nikitin Victor/Shutterstock; **53 (b)**, photo de la Force aérienne des États-Unis par Alejandro Pena; **54 (h)**, photo de l'armée des États-Unis

par Spc. Michael J. MacLeod; **54 (b)**, Alfred Pasieka/Science Source; **55**, Oguz Dikbakan/Shutterstock; **56**, U.S. Navy/Handout/Getty Images; **57 (h)**, Library of Congress Prints and Photographs Division; **57 (b)**, Xavier Gallego Morell/Shutterstock; **58 (h)**, Brian Harris/Alamy Stock Photo; **58 (b)**, Portrait d'Alan Mathison Turing, (1912-1954) (photo N&B/Private Collection/Prismatic Pictures/Bridgeman Images); **59 (h)**, Evannoostro/Shutterstock; **59 (b)**, Martin Bureau/AFP/Getty Images; **60**, Marine Corps photo by Cpl. Akeel Austin; **61**, Worytko Pawel/Shutterstock; **62 (h)**, Geoffrey Kuchera/Shutterstock; **62 (b)**, Baptist/Shutterstock; **63 (h)**, Timm Ziegenthaler/Stocktrek Images/Getty Images; **63 (b)**, Sushkin/Shutterstock; **64**, Easystock/Getty Images; **65 (h)**, George F. Mobley/National Geographic Creative; **65 (b)**, Hulton-Deutsch/ Getty Images; **66**, Madlen/Shutterstock; **67**, Zbarovskiy96/Getty Images; **68 (h)**, Luis Portugal/Getty Images; **68 (b)**, gpointstudio/Getty Images; **69**, ullstein bild/Getty Images; **70-71**, Pgiam/Getty Images; **72 (h)**, Nasa; **72 (b)**, Nasa, avec l'aimable autorisation du site Space in Images, ESA; **73**, Nasa; **74**, bruce0116/Getty Images; **75 (h)**, Hero Images/Getty Images; **75 (b)**, ugurhan/Getty Images; **76 (h)**, Jim Pintar/Getty Images; **76 (b)**, Scott Rothstein/Shutterstock; **77**, Anton Ivanov/Shutterstock; **78**, Nasa/CXC/JPL-Caltech/STScI/NSF/NRAO/VLA; **79 (h)**, azur13/Getty Images; **79 (b)**, Eduard Harkonen/Getty Images; **80 (h)**, 3alexj/Getty Images; **80 (b)**, Willyam Bradberry/Shutterstock; **81**, U.S. Army photo; **82**, ullstein bild/Getty Images; **83 (h)**, Paul Popper/Popperfoto/Getty Images; **83 (b)**, Hurst Photo/Shutterstock; **84**, Philippe Plailly/Science Source; **85**, Underwood Archives/Getty Images; **86**, subjug/Getty Images; **87**, Doug Steley/C/Alamy Stock Photo; **88 (h)**, Science & Society Picture Library/Getty Images; **88 (b)**, Library of Congress Prints and Photographs Division; **89**, Hulton Deutsch/Getty Images; **90 (h)**, Joe White/Shutterstock; **90 (b)**, Science & Society Picture Library/Getty Images; **91**, LDProd/Getty Images; **92-3**, Andrew Brookes/Getty Images; **94 (h)**, Jochen Tack/Alamy Stock Photo; **94 (b)**, texelart/Getty Images; **95**, ilbusca/Getty Images; **96**, H.M. Herget/National Geographic Creative; **97**, Westend61/ Getty Images; **98**, Anterovium/Getty Images; **99 (h)**, srdjan111/ Getty Images; **99 (b)**, George Marks/Getty Images; **100 (h)**, Simon Kadula/Shutterstock; **100 (b)**, urbanbuzz/Shutterstock; **101 (h)**, Zelenskaya/Shutterstock; **101 (b)**, YinYang/Getty Images; **102**, Lonely Planet/Getty Images; **103**, ansonsaw/Getty Images; **104 (h)**, Sergiy1975/Shutterstock; **104 (b)**, David Redfern/Getty Images; **105 (h)**, United States Patent and Trademark Office, www.uspto.gov; **105 (b)**, CaoChunhai/Getty Images; **106 (h)**, Al Bello/ Getty Images; **106 (b)**, Devonyu/Getty Images; **107 (h)**, Valentyn Volkov/Getty Images; **107 (b)**, Oktay Ortakcioglu/Getty Images; **108**, Tatiana Popova/Shutterstock; **109 (h)**, Education Images/UIG/Getty Images; **109 (b)**, choness/Getty Images; **110 (h)**, curtoicurto/Getty Images; **110 (b)**, Power and Syred/Science Photo Library/Getty Images; **111 (h)**, jfmdesign/Getty Images; **111 (b)**, oksana2010/Shutterstock.

101 INVENTIONS



«NOUS CROYONS AU POUVOIR
DE LA SCIENCE, DE L'EXPLORATION
ET DU STORYTELLING
POUR CHANGER LE MONDE.»

Gabriel Joseph-Dezaize, RÉDACTEUR EN CHEF
Catherine Ritchie, RÉDACTRICE EN CHEF ADJOINTE
Elisa Bonhomme, DIRECTRICE ARTISTIQUE
Emanuela Ascoli, CHEF DE SERVICE PHOTO
Hélène Verger, MAQUETTISTE
Delphine Renard, SECRÉTAIRE DE RÉDACTION
Nadège Lucas, COORDINATRICE DE CONTENUS
Béatrice Bocard, TRADUCTRICE

DIRECTRICE EXÉCUTIVE ÉDITORIALE

Gwendoline Michaelis

DIRECTRICE MARKETING ET BUSINESS DÉVELOPPEMENT

Dorothée Fluckiger

DIRECTRICE ÉVÉNEMENTS ET LICENCES

Julie Le Floc'h-Dordain

CHEF DE GROUPE Hélène Coin

DIFFUSION

Directrice de la fabrication et de la vente au numéro
Sylvaine Cortada (01 73 05 64 71)

Directeur des ventes Bruno Recurt (01 73 05 56 76)
Directeur marketing client

Laurent Grolée (01 73 05 60 25)

FABRICATION

Stéphane Roussiès, Mélanie Moitié

Imprimé en Pologne

Walstead Central Europe,
ul. Obr. Modlinia 11, 30-733 Kraków, Poland

Provenance du papier: Finlande

Taux de fibres recyclées: 0 %

Eutrophisation: Ptot 0 Kg/To de papier

Date de création: octobre 1999

Dépot légal: février 2021

ISSN 1297-1715.

Commission paritaire : 1123 K 79161

PUBLICITÉ

Directeur Exécutif PMS
Philipp Schmidt (01 73 05 51 88)
Directrice Exécutive Adjointe PMS
Virginia Lubot (01 73 05 64 48)
Directeur Délégué PMS Premium
Thierry Dauré (01 73 05 64 49)
Brand Solutions Director
Arnaud Maillard (01 73 05 49 81)
Automobile et luxe Brand Solutions Director
Dominique Bellanger (01 73 05 45 28)
Account Director
Florence Pirault (01 73 05 64 63)
Senior Account Managers
Evelyne Allain Tholy (01 73 05 64 24)
Sylvie Culierret Breton (01 73 05 64 22)
Trading Managers
Gwenola Le Creff (01 73 05 48 90)
Virginie Viot (01 73 05 45 29)
Planning Manager
Laurence Biez (01 73 05 64 92)
Sandra Missie (01 73 05 64 79)
Assistante Commerciale
Catherine Pintus (01 73 05 64 61)
Directrice Déléguée Creative Room
Viviane Rouvier (01 73 05 51 10)
Directeur Délégué Data Room
Jérôme de Lempdes (01 73 05 46 79)
Directeur Délégué Insight Room
Charles Jouvin (01 73 05 53 28)

Licence de
NATIONAL GEOGRAPHIC PARTNERS
Magazine mensuel édité par :

PM PRISMA MEDIA

Siège social : 13, rue Henri-Barbusse,
92624 Gennevilliers Cedex

Société en Nom Collectif au capital de
3 000 000 € d'une durée de 99 ans, ayant
pour gérant Gruner + Jahr Communication GmbH.

Les principaux associés sont
Média Communication S.A.S.U.
et G+J Communication GmbH.

Directeur de la publication:
ROLF HEINZ

National Geographic

Pour vous abonner,
c'est simple et facile sur
ngmag.club

Pour tout renseignement
sur votre abonnement
ou pour l'achat d'anciens numéros

SERVICE ABONNEMENTS
62066 Arras Cedex 09

Par téléphone depuis la France

0 808 809 063 Service gratuit
+ prix appel

Abonnement au magazine
France:

1 an - 12 numéros : 66 €
1 an - 12 numéros + hors-séries : 87 €



PEFC/29-31-337
PEFC Certified
www.pefc.org



La rédaction du magazine n'est pas responsable
de la perte ou détérioration des textes ou photographies
qui lui sont adressées pour appréciation.

La reproduction, même partielle, de tout matériel publié
dans le magazine est interdite. Tous les prix indiqués
dans les pages sont donnés à titre indicatif.

101 INVENTIONS

NATIONAL GEOGRAPHIC SOCIETY
1145 17th Street NW,
Washington, DC 20036-4688 U.S.A.

Copyright © 2017 National Geographic Partners. All rights reserved.

Copyright © 2021 French edition National Geographic Partners, LLC. All rights reserved.

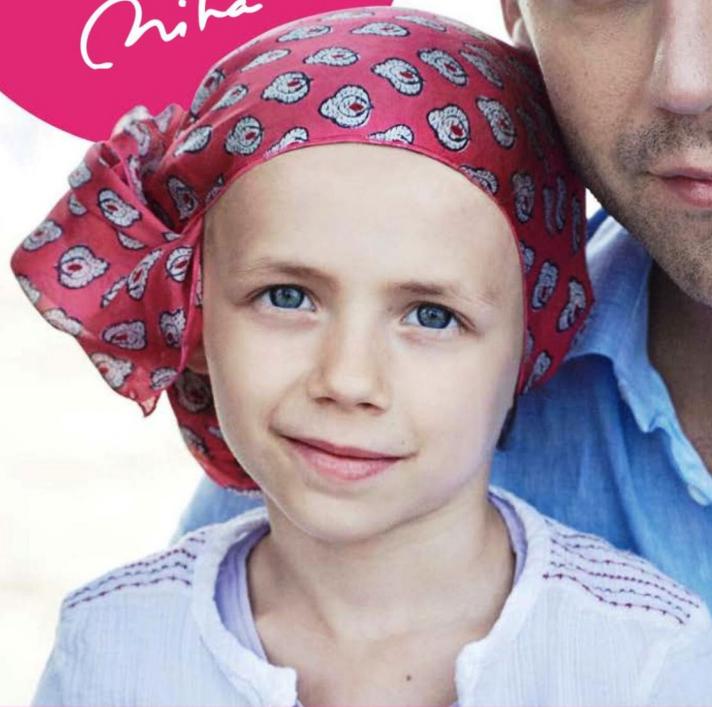
NATIONAL GEOGRAPHIC and the Yellow Border Design are registered trademarks
of National Geographic Society and used under license.

Special thanks to 22MediaWorks, Linda Makarov, Kristin Sladen, Moriah Petty,
Michael O'Connor, Michelle Harris, Matt Propert, and Elisa Gibson.



"FAISONS
LA GUERRE
AU CANCER"

Miha



Chaque année 500 enfants meurent du cancer en France

Aidez la recherche contre
le cancer des enfants !

www.imagineformargo.org

IMAGINE
FOR
Margo
Children without CANCER

PARTAGEZ LE QUOTIDIEN DE CES HOMMES ET DE CES FEMMES
QUI ONT CHOISI DE VIVRE EN AUTARCIE EN ALASKA

ALASKA : NOUVELLE VIE

TOUS LES LUNDIS À **21.00**



NATIONAL
GEOGRAPHIC

©2021 NATIONAL GEOGRAPHIC

DISPONIBLE AVEC
CANAL+
CANAL 115