

KAMIL FADEL

VOUS AVEZ DIT PHYSIQUE ?

DE LA CUISINE AU SALON,
DE LA PHYSIQUE PARTOUT DANS LA MAISON

PRÉFACE D'ÉTIENNE GUYON

ANCIEN DIRECTEUR DE L'ÉCOLE NORMALE SUPÉRIEURE ET DU PALAIS DE LA DÉCOUVERTE ;
CHERCHEUR À L'ESCPI DE LA VILLE DE PARIS

DUNOD



Le Palais de la découverte, un lieu Universcience

Au cœur de Paris et de l'aile ouest du Grand Palais, le Palais de la découverte est animé depuis son ouverture en 1937 par le même principe fondateur : « montrer la science telle qu'elle se fait, telle qu'elle se vit » à travers des expositions, des expériences spectaculaires, des exposés de l'équipe de médiateurs qui rendent accessibles de manière vivante les principes scientifiques fondamentaux en astronomie, chimie, physique, sciences de la vie, sciences de la Terre, mathématiques... Le Palais de la découverte met tout en œuvre pour partager avec le public sa passion de la science, susciter la curiosité, voire des vocations.

Certaines expériences proposées dans cet ouvrage doivent être réalisées en présence d'un adulte.

Illustrations et couverture :
Rachid Maräi

© Dunod, 2015, 2019 pour la présente édition
11 rue Paul Bert, 92240 Malakoff
www.dunod.com
ISBN 978-2-10-079329-7

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2° et 3° a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

Préface

Le livre que Kamil Fadel nous propose est véritablement une entrée en matière (et en ondes) et, plus généralement, un panorama des notions fondamentales de la physique au long d'une promenade dans les divers états de la matière et des phénomènes ondulatoires, promenade que l'on peut suivre au hasard des lectures de chapitres. Les thèmes abordés sont ceux que l'on rencontrerait dans des livres d'enseignement qu'on aurait débarrassés des formalismes mathématiques habituels à l'origine des exercices que les élèves auront à résoudre en classe, et qui en rebutent plus d'un. Ce livre s'adressera donc plutôt à des jeunes (ou moins jeunes) qui préféreront approcher la science par des descriptions plus qualitatives, mais toutefois attentives aux ordres de grandeur et aux dimensions (l'homogénéité) à la base de toute compréhension physique. Le bon sens et des opérations élémentaires d'arithmétique suffisent bien souvent pour cela. De plus, les illustrations simples et attirantes, les jeux avec les mots, les anecdotes, la présentation même faisant une large part à des encarts, en rend la lecture agréable.

On pourrait définir ce livre d'une autre manière en se référant à la carrière professionnelle actuelle de Kamil Fadel. Son activité de médiateur scientifique au Palais de la découverte et de responsable dans son unité de physique le conduit à rencontrer de nombreux jeunes, le temps d'une visite, pour leur faire toucher du doigt « la science en train de se faire ». Il s'agit donc d'accrocher ce visiteur en ouvrant une curiosité qui pourra être satisfaite pleinement en classe, dans une lecture d'ouvrage, dans une visite plus approfondie ou renouvelée... Plus qu'un cours, il s'agit de mettre en *appétit de science*. Il faut donc un livre qui corresponde à cette démarche, qui puisse se lire un peu en prenant n'importe quelle partie, par touches, comme dans une

Vous avez dit physique ?

visite libre de musée, même si le livre est bien construit dans son ensemble ! Il s'appuie pour cela sur des expériences spectaculaires et amusantes (« Faites-le à la maison »). L'approche historique (« Les grandes découvertes ») est un autre mode d'accrochage pour des lecteurs classiques peu attirés par les sciences dites exactes. Enfin Kamil, qui est véritablement un curieux de la science qui se fait, ouvre la porte vers les thèmes de recherche actuelle.

Et le lecteur de l'excellente revue *Découverte* du Palais de la découverte retrouvera des éléments dispersés dans de nombreux articles sur les découvertes récentes, aussi bien que la physique classique et son histoire et sur les petites expériences de coin de table. Et ne soyez pas surpris que Kamil soit un contributeur constant de ces rubriques !

Étienne Guyon

Ancien directeur de l'École normale supérieure
et du Palais de la découverte ; chercheur à L'ESPCI
(École supérieure de physique et de chimie industrielles)
de la ville de Paris

Sommaire



Préface d'Étienne Guyon

1. Entrée en matière	9
La matière à l'échelle atomique	11
La matière à l'échelle des particules	13
Matière ou énergie ?	16
2. Que la force soit...	19
Comment une balle fait-elle pour avancer ?	19
La force de réaction	23
La force, ça permet d'accélérer...	24
Les forces « fictives » :	
-fiction ou réalité ?	25
Force centrifuge... « fictive » ?	29
3. Un petit coup de pression	33
La poussée d'Archimède dans l'eau	35
La poussée d'Archimède dans l'air	37
Libre parcours moyen	40
L'air s'« autosupporte »	42
L'atmosphère met la pression	43
4. Au coin du feu	51
Chaleur versus température	51
Isoler pour ne pas échanger de chaleur	55
Le métal est plus froid... Une illusion ?	55

Vous avez dit physique ?

Souffler pour refroidir	57
Que se passe-t-il quand l'eau bout ?	58
5. Tout est électrique... ou presque !	65
La charge électrique... une célèbre inconnue	66
L'électricité statique	69
Le courant électrique : un mouvement de charges	74
Conducteur ou isolant ?	76
Mettre les électrons en mouvement	77
6. Une petite dose de radioactivité	85
Qu'est-ce que la radioactivité ?	86
La radioactivité alpha	90
La radioactivité bêta	97
La radioactivité gamma	101
7. Silence, ça vibre !	103
Le son est une onde	103
Une onde peut en annuler une autre	105
Aigu ou grave, une question de hauteur	106
L'effet Doppler	107
Le bang sonique	110
La vitesse de propagation du son	112
L'effet de la vitesse de propagation sur la hauteur du son	113
Oreille et variations de pression	115

8. La grande famille des ondes électromagnétiques	119
Qu'est-ce qu'une onde électromagnétique ?	120
Des ondulations plus ou moins fréquentes	122
Les micro-ondes	124
Infrarouges : moins rouge que le rouge	128
Quelques phénomènes lumineux visibles	131
Les rayons X	140
Glossaire	143
Pour aller plus loin	153
Index	155

1

Entrée en matière



Qu'est-ce que la matière ? Cette question est au cœur de la physique au même titre que « qu'est-ce que la vie ? » est au cœur de la biologie.

Par souci de simplification, on dit souvent qu'il existe trois états de la matière : dans la vie courante, l'eau, par exemple, peut être sous forme solide (glace), liquide, ou vapeur (gaz). Mais cela ne veut pas dire que toute la matière ne se rencontre que dans ces trois états. En effet, il suffit de regarder autour de soi pour se rendre compte qu'il existe bien plus que trois états de la matière. De la farine, du yaourt, de la viande, un élastique, de la mayonnaise, du beurre, un pull, un ballon de baudruche, de la mousse à raser, du pain... sont autant de matières que l'on peut difficilement ranger dans ces trois catégories standard.

Prenons, par exemple, du sucre en poudre. Comme il peut s'écouler d'un bol à un autre, nous pourrions dire que c'est un liquide. Pourtant, chacun des grains est indiscutablement solide. Nous pourrions donc dire que ce n'est ni un solide, ni un liquide : tout dépend de l'échelle et des conditions d'observation. De même, si nous retournons un pot de mayonnaise, celle-ci ne s'écoule pas comme un liquide.

Vous avez dit physique ?

Or, il suffit de l'agiter à l'aide d'une cuillère pour qu'elle se fluidifie et se comporte comme un liquide. Le dentifrice, lui, s'écoule comme un liquide, à condition toutefois d'appuyer sur le tube !

Ces comportements, et bien d'autres encore, sont liés aux frottements entre les **molécules*** qui constituent la matière, et plus précisément à leurs interactions. Pour comprendre et analyser comment et dans quelles conditions un liquide gèle, pourquoi le mélange farine de maïs + eau se comporte de manière aussi étrange ou encore par quel mécanisme la mayonnaise se fluidifie quand on l'agite, il faut plonger au cœur de la matière à une toute petite échelle.

Faites-le à la maison



Fluide ou solide ?

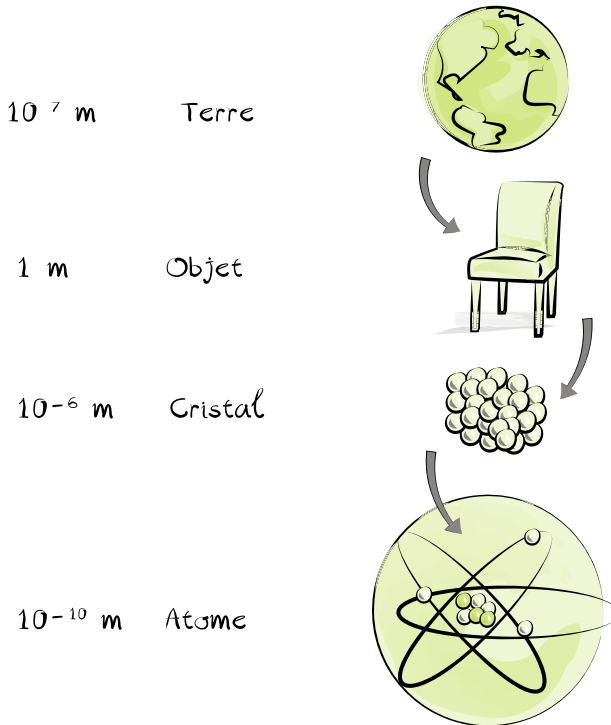
Versez un peu de farine de maïs dans un bol et ajoutez-y tout juste assez d'eau pour obtenir un mélange pâteux. En inclinant le bol dans tous les sens, vous observerez que ce mélange s'écoule comme un liquide.

En revanche, si vous tentez de le ramasser avec les doigts, vous verrez que sous la force que vous exercez dessus, le mélange durcit. Il devient alors tout à fait possible d'en arracher un morceau et de le maintenir dans la main à condition de le malaxer en permanence. Autrement dit, son comportement dépend de la force que l'on exerce dessus.

* Les termes qui figurent en gras dans le texte sont définis dans le glossaire (p. 143).

La matière à l'échelle atomique

Pendant très longtemps, on s'est représenté l'**atome** comme un tout petit grain indivisible, mais au cours du xx^e siècle, on s'est rendu compte qu'en réalité, l'atome est lui-même divisible. Un atome est en effet constitué d'un **noyau** formé de particules (**protons** et **neutrons**) et d'**électrons** en orbite autour de ce noyau.



La matière vue à différentes échelles

Les grandes découvertes

La physique quantique

Alors que durant quasiment tout le XIX^e siècle, les physiciens avaient admis que la lumière n'était pas formée de corpuscules (de particules) mais était une onde, le physicien d'origine allemande Albert Einstein (1879-1955) a montré en 1905, par le calcul, qu'un récipient totalement vide de matière mais contenant de la lumière se comportait par certains aspects comme un gaz.

Cela suggérait que la lumière était elle-même formée de « grains » (ou quanta). D'autant que, quelques années auparavant, son compatriote Max Planck (1858-1947) était arrivé à une conclusion très proche en étudiant la lumière émise par un corps chaud (comme le filament d'une ampoule ou une plaque chauffante).

L'onde lumineuse se voit ainsi attribuer un caractère corpusculaire. L'intrusion de corpuscules de lumière, les photons, dans la théorie ondulatoire de la lumière a été le premier pas vers l'élaboration d'une nouvelle physique que l'on appellera par la suite physique quantique.

Près de vingt ans plus tard, cette **dualité « onde-corpuscule »**, comme on le dit parfois, est généralisée par Louis de Broglie (1892-1987) à sa réciproque : cette fois, c'est la matière fondamentalement granulaire, l'**atome**, qui est affublée d'un caractère ondulatoire. De Broglie prévoit ainsi que des grains de matière devraient sous certaines conditions interférer comme des ondes entre elles. Cela fut immédiatement confirmé expérimentalement avec des **électrons**, puis, plus tard, avec des atomes et même, dans les années 1990, avec de très grosses **molécules**.