

ULYSSE DELABRE

SMARTPHONIQUE

**Expériences de physique
avec un smartphone**

DUNOD

Couverture : Clément Pinçon (WIP)

Crédits iconographiques :

Couverture : Fonds : © Tierney, Fotolia.com ;

Smartphone : © HeGraDe, Adobe Stock ; Dessins : © digiselector, Adobe Stock.

Page 1 : Martin Cooper © Rico Shen CC BY-SA 3.0.

Le pictogramme qui figure ci-contre mérite une explication. Son objet est d'alerter le lecteur sur la menace que représente pour l'avenir de l'écrit, particulièrement dans le domaine de l'édition technique et universitaire, le développement massif du photocopillage.

Le Code de la propriété intellectuelle du 1^{er} juillet 1992 interdit en effet expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Or, cette pratique s'est généralisée dans les établissements

d'enseignement supérieur, provoquant une baisse brutale des achats de livres et de revues, au point que la possibilité même pour

les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée. Nous rappelons donc que toute reproduction, partielle ou totale, de la présente publication est interdite sans autorisation de l'auteur, de son éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC, 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris).



© Dunod, Paris, 2019

11, rue Paul Bert, 92240 Malakoff

www.dunod.com

ISBN 978-2-10-078321-2

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.



Table des matières

Avant-propos	IX
Notations	XI
1 Le smartphone : un mini-laboratoire mobile	1
1. Du téléphone mobile au smartphone...	1
2. Le smartphone : un véritable mini-laboratoire mobile !	2
3. Le domaine de la smartphonique	4
3.1 La smartphonique : qu'est-ce que c'est ?	4
3.2 Les enjeux sociétaux de la smartphonique	5
2 Quelques applications de smartphonique très utiles	7
1. Avertissement : différentes applications pour différentes représentations	7
2. L'application <i>PhyPhox : Physical Phone Experiments</i>	8
3. L'application <i>Physics ToolBox Suite</i>	10
4. L'application <i>Sensor Kinetics</i>	11
5. Quelle application faut-il privilégier ? <i>Phyphox, Physics ToolBox</i> ou <i>Sensor Kinetics</i> ?	12
5.1 Quelles applications ont été utilisées dans cet ouvrage ?	12
6. Autres applications intéressantes	13
6.1 Application sous iOS	13
6.2 Applications sous Android	14
6.3 Applications sous Windows Phone	14
6.4 Logiciels sous ordinateur	15
3 Les capteurs d'un smartphone	17
1. Les axes d'un smartphone	17
2. Les capteurs et composants d'un smartphone	18
2.1 L'accéléromètre	18
2.2 L'accéléromètre linéaire	23

2.3	Le gyroscope	24
2.4	Le magnétomètre	25
2.5	Le capteur de pression	26
2.6	Le capteur de proximité	26
2.7	Le capteur de luminosité	26
2.8	L'écran du smartphone	26
2.9	L'appareil photo d'un smartphone	27
2.10	Le GPS et la relativité	28
2.11	Les autres capteurs d'un smartphone	29
4	Le smartphone... un véritable couteau suisse scientifique	31
1.	Mesurer un angle avec son smartphone... et se réconcilier (enfin) avec la trigonométrie !	31
1.1	Solution la plus simple (mais la moins intéressante scientifiquement) : utiliser une application	32
1.2	Inclinaison par rapport à la verticale	33
1.3	Inclinaison par rapport à l'horizontale	35
1.4	Compliquons un peu : inclinaison par rapport à l'horizontale et à la verticale	38
1.5	Inclinaison par rapport à une direction horizontale	38
2.	Mesurer des distances avec son smartphone... sans utiliser de mètre !	40
2.1	Solution numéro 1 : utiliser des applications existantes	41
2.2	Mesurer une distance, c'est mesurer un angle	41
2.3	Mesurer une hauteur	42
2.4	Mesurer une largeur horizontalement	42
2.5	Utiliser Google Maps pour mesurer une distance	42
3.	Mesurer un diamètre angulaire apparent avec l'appareil photo d'un smartphone	43
3.1	Rappel sur la définition du diamètre angulaire apparent d'un objet	43
3.2	Mesure d'un diamètre angulaire apparent avec un smartphone	44
4.	Mesurer des vitesses... y compris angulaires avec son smartphone !	45
4.1	Mesurer une vitesse	45

5	Expériences de mécanique avec un smartphone	49
1.	<i>La chute libre d'un smartphone... ou comment estimer la masse de la Terre en faisant tomber son smartphone</i>	49
1.1	L'expérience en détail	50
1.2	Rappels théoriques sur la chute libre	51
1.3	Analyse des résultats de l'expérience de chute libre	53
1.4	Estimer la masse de la Terre avec son smartphone	53
1.5	Discussions	54
2.	<i>Descente tout schuss d'un smartphone sur un plan incliné... ou comment déterminer le coefficient de frottement statique !</i>	56
2.1	L'expérience en détail	57
2.2	Bref rappel théorique sur la mécanique des plans inclinés	58
2.3	Analyse des résultats de l'expérience de descente d'un smartphone sur un plan incliné	59
2.4	Au-delà du cas statique	60
3.	<i>Glissade d'un smartphone sur une table... ou comment déterminer le coefficient de frottement dynamique</i>	61
3.1	L'expérience en détail	62
3.2	Mécanique de la glissade	63
3.3	Analyse des résultats d'une glissade de smartphone	65
3.4	Pour aller plus loin	66
4.	<i>Rotation d'un smartphone et la force centrifuge... ou comment trouver la position de l'accéléromètre</i>	67
4.1	L'expérience en détail	68
4.2	Rappels sur la composition des accélérations et la force centrifuge	68
4.3	Analyse des résultats de l'expérience de rotation d'un smartphone	71
4.4	Pour aller plus loin : déterminons la position de l'accéléromètre	72
5.	<i>Le pendule... ou comment estimer le rayon de la Terre à partir des oscillations d'un pendule</i>	73
5.1	L'expérience en détail	74
5.2	Rappels théoriques sur le pendule	75
5.3	Analyse des résultats de l'expérience du pendule-smartphone	80
5.4	Discussions	81

6. Tester la conservation de l'énergie mécanique par analyse de trajectoire	84
6.1 L'expérience en détail	85
6.2 Rappels sur la forme des trajectoires de balle	86
6.3 Et la conservation de l'énergie ?	87
6.4 Analyse des résultats de l'expérience de lancer d'une balle	88
6.5 Pour aller plus loin	88
6.6 Guide rapide d'utilisation de <i>VidAnalysis</i>	89
7. Suspendre son smartphone à un élastique... ou comment fabriquer une balance	90
7.1 L'expérience en détail	91
7.2 Rappels théoriques sur les oscillations d'un ressort	91
7.3 Analyse de l'expérience du ressort	93
7.4 Pour aller plus loin	93
6 Expériences d'acoustique avec un smartphone	95
1. Mesurer la vitesse du son en tapant dans les mains et avec deux smartphones	95
1.1 L'expérience en détail	96
1.2 Analyse des résultats de l'expérience des claps	97
1.3 Pour aller plus loin	97
2. Analyser le son d'un instrument de musique	98
2.1 L'expérience en détail	98
2.2 Brefs rappels sur le lien entre ondes et spectres	99
2.3 Analyse des résultats de l'expérience acoustique	100
2.4 Pour aller plus loin	102
3. Analyser la résonance d'une guitare	104
3.1 L'expérience en détail	105
3.2 Analyse de la résonance d'une corde	105
3.3 Analyse des résultats de l'expérience de résonance	107
4. Mesurer la vitesse du son par effet Doppler... une expérience sportive	108
4.1 L'expérience en détail	109
4.2 Rappels sur l'effet Doppler	110
4.3 Analyse des résultats de l'expérience Doppler	111
4.4 Pour aller plus loin	111

5. Mesurer la vitesse du son en soufflant dans une bouteille de Bordeaux	112
5.1 L'expérience en détail	113
5.2 Retour sur le phénomène de résonance	113
5.3 Analyse des résultats de l'expérience de résonance d'une bouteille	115
6. Analyse du son en fonction de la distance... faut-il être au premier rang pour bien entendre ?	117
6.1 L'expérience en détail	118
6.2 Rappels sur la notion d'intensité acoustique	118
6.3 Analyse des résultats de l'expérience	119
7 Expérience d'optique avec son smartphone	121
1. Voir l'infrarouge avec un smartphone	121
1.1 L'expérience en détail	122
1.2 Rappels sur le fonctionnement des capteurs photographiques	122
1.3 Analyse de l'expérience de visualisation de l'infrarouge	124
1.4 Pour aller plus loin	124
2. Réviser l'optique géométrique en mesurant la focale de son smartphone	125
2.1 Fonctionnement de la caméra d'un smartphone et brefs rappels en optique géométrique	126
2.2 L'expérience en détail	131
2.3 Analyse des résultats	133
3. Transformer son smartphone en microscope et mesurer l'épaisseur d'un cheveu	134
3.1 Bref rappel sur le principe d'un microscope	136
3.2 L'idée : augmenter la puissance du smartphone par association de lentilles	136
3.3 Une goutte comme lentille « zoom »	137
3.4 Réalisation du « microscope »	138
3.5 Calibration du microscope	139
3.6 Observer le monde microscopique avec son smartphone et mesurer l'épaisseur d'un cheveu	140
4. Analyser l'éclairement en fonction de la distance... ou comment bien y voir	141
4.1 L'expérience en détail	142
4.2 Rappels sur les notions d'éclairement et d'intensité lumineuse	143

4.3	Analyse des résultats de l'expérience d'éclairement	145
4.4	Pour aller plus loin	146
5.	Tester la loi de Malus avec son smartphone et des lunettes 3D	147
5.1	La loi de Malus : rappels	148
5.2	L'expérience en détail	148
8	Ouvertures	151
1.	Peser l'air... et vérifier la loi de la statique des fluides	151
1.1	L'expérience en détail	152
1.2	Bref rappel sur la notion de pression et la loi de la statique des fluides	152
1.3	Analyse des résultats de l'expérience de variation de pression en fonction de l'altitude	154
1.4	Pour aller plus loin	156
2.	Mesurer la tension de surface et sonder les interactions microscopiques d'un liquide	157
2.1	L'expérience en détail	158
2.2	Mesure de la tension de surface avec une goutte pendante	158
2.3	Analyse des résultats	160
3.	Voir des cellules et des pixels avec un smartphone	162
3.1	Voir des pixels avec son smartphone	162
3.2	Voir des cellules avec son smartphone	163
4.	Tester l'absorption et la loi de Beer-Lambert	163
4.1	L'expérience en détail	164
4.2	Rappels sur la loi de Beer-Lambert	165
4.3	Analyse des résultats	167
5.	Analyser le transit d'exoplanète avec un smartphone	168
5.1	L'expérience	168
5.2	Analyse des résultats	169
	Conclusions	171
	Références	173
	Index	175

Avant-propos

Cet ouvrage s'est construit au fur et à mesure des rencontres et des discussions avec les collègues enseignants-chercheurs de l'université de Bordeaux et du Laboratoire Ondes et Matière d'Aquitaine (LOMA). Ils sont nombreux à devoir être remerciés ici mais je remercie notamment P. Barberet, R. Boisgard, J.-P. Guillet et J. Degert. Je dois beaucoup également aux nombreux échanges, discussions et projets réalisés avec les étudiants. Je tiens à remercier les premiers étudiants qui n'ont pas eu peur de tenter l'aventure smartphone et qui ont accompagné ce projet Smartphonique depuis plusieurs années : Z. Denis, M. Lavaud, A. Grolleau, N. Dufour, N.-A. Goy, A. Girot, C. Tiffon et Y. Grondin. Les rencontres et discussions lors des formations avec les collègues du lycée au sein de l'académie de Bordeaux ou dans les autres universités ont été elles aussi très enrichissantes, montrant que ce domaine n'en est qu'à ses débuts et peut apporter énormément pour l'enseignement des sciences. Je pense notamment aux interactions au sein des enseignements avec smartphones à l'université de Bordeaux mais également lors des expériences pédagogiques réalisées avec l'université Paris-Sud (F. Bouquet, J. Bobroff) ou les discussions entre deux conférences avec les collègues de Grenoble (J. Chevrier) et d'Aix-Marseille qui ont été plus que stimulantes. Je n'oublie pas non plus le travail pionnier très important réalisé en Allemagne par J. Kuhn et P. Voigt, ainsi que celui en France de J. Chevrier à Grenoble et P. Jeanjacquot à Lyon, sur l'utilisation du smartphone en sciences. J'espère que cet ouvrage permettra de continuer ce qu'ils ont semé.

Pour finir, je tiens à remercier mes amis (notamment Romain pour ses relectures précieuses) et ma famille pour m'avoir encouragé et soutenu dans ce travail et tout particulièrement mes parents pour la curiosité et la liberté qu'ils ont su me transmettre, Adeline pour ton soutien indispensable et nos échanges, et puis un grand merci surtout à Anatole et Ninon pour la joie et le bonheur quotidien que vous procurez autour de vous, en vous souhaitant d'être curieux... très longtemps. Merci !

À ma famille,
À mes parents.

Notations

Vous trouverez ici quelques-unes des notations générales utilisées dans l'ouvrage.

- ▶ x^s, y^s, z^s désignent les axes du smartphone si d'autres axes x, y, z sont déjà utilisés.
- ▶ a_y : accélération mesurée par l'accéléromètre du smartphone selon l'axe y .
- ▶ \ddot{y} : accélération selon l'axe y de l'objet smartphone au sens de Newton. À ne pas confondre avec a_y .
- ▶ Face avant : la face avant du smartphone est la face où il y a l'écran tactile.
- ▶ Face arrière : la face arrière est la face où il y a la caméra principale.
- ▶ g : accélération de pesanteur ou gravité. Sur Terre, $g = 9,81 \text{ m/s}^2$.
- ▶ \vec{u}_x : vecteur unitaire selon x .

Chapitre 1 Le smartphone : un mini-laboratoire mobile

1 Du téléphone mobile au smartphone...

Depuis la création du premier téléphone mobile par Motorola en 1973 (voir figure 1.1), le téléphone mobile a connu de profondes transformations en taille mais surtout dans ses fonctions et capacités. Nous sommes passés du téléphone mobile capable de téléphoner et de communiquer à des smartphones (téléphones intelligents), qui sont de véritables mini-ordinateurs capables de visionner des vidéos, de prendre des photos, de contrôler des objets à distances... Bien que les smartphones soient utilisés de nos jours essentiellement pour échanger, communiquer ou encore pour jouer, ils sont constitués d'un ensemble de capteurs très sophistiqués, pour optimiser leurs fonctions, faciliter notre utilisation du smartphone, compter le nombre de pas ou encore pour économiser la batterie.

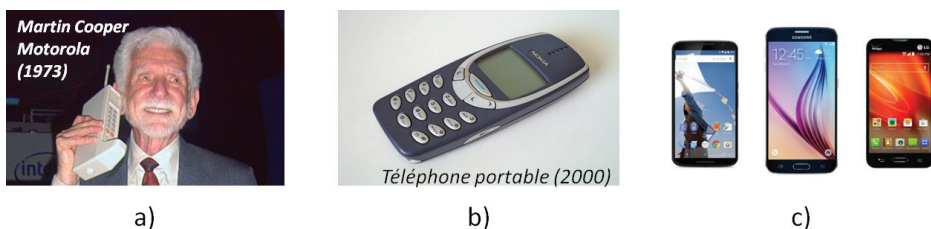


Figure 1.1 – L'évolution des téléphones mobiles.

De gauche à droite : **a)** le premier téléphone mobile de Motorola (1973). **b)** le téléphone mobile de Nokia (2000). **c)** les smartphones des années 2010-2020.

Cette transformation est parfaitement illustrée par la figure 1.2 qui présente les capteurs des smartphones à la pointe (Iphone 4s ou Samsung Galaxy S4 par exemple) des années 2013/2014. Si certaines compagnies qualifiaient alors le smartphone comme un véritable « compagnon de vie » (*life companion* en anglais), cette figure permet de rendre compte de la quantité importante de capteurs qui peuvent être intégrés dans un smartphone ! On peut y voir des accéléromètres qui vont détecter le mouvement, des gyroscopes pour mesurer et détecter des rotations du téléphone, des capteurs de champ magnétique (capteur à effet Hall) soit pour reconnaître la présence de la couverture soit pour détecter le champ magnétique et améliorer la détection de la position. On y distingue également des capteurs optiques (capteurs de proximité et de couleur). Le capteur de proximité sert notamment à détecter si le smartphone est à proximité de l'utilisateur pour désactiver ou non l'écran tactile. Sont présents également un capteur de pression

(baromètre) et un capteur de température et d'humidité, sans oublier bien sûr la (les) caméra(s) et le microphone. Si en 2013, seuls quelques smartphones étaient équipés de tels capteurs, aujourd'hui la grande majorité des smartphones (même à bas coût) le sont. Il n'est donc pas nécessaire d'avoir le dernier smartphone pour avoir accès à tous ces capteurs sophistiqués.

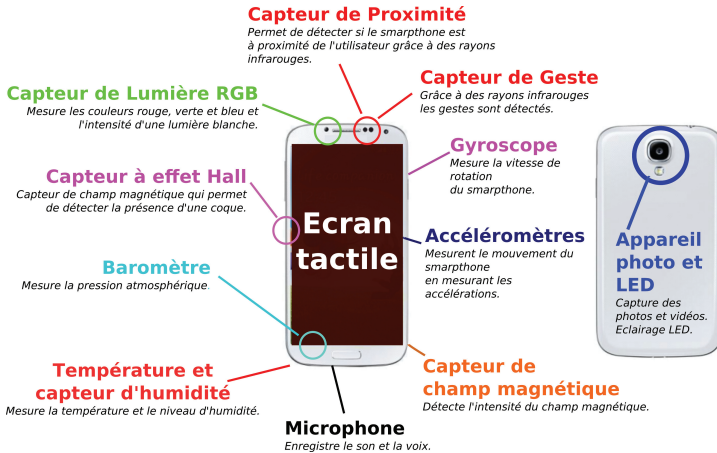


Figure 1.2 – Les différents capteurs d'un smartphone.

2 Le smartphone : un véritable mini-laboratoire mobile !

Pour un scientifique, un tel objet technologique est tout sauf un simple téléphone. En effet, avec les capteurs de pression et de température vont pouvoir être effectuées des expériences en thermodynamique. Avec les capteurs optiques (capteur de proximité, caméras) vont pouvoir être réalisées des expériences en optique et microscopie. Les accéléromètres et gyroscopes permettront de faire des expériences en mécanique. Les capteurs de champs magnétiques et de réception des ondes électromagnétiques permettront de faire des expériences en électromagnétisme sur la transmission et réception des ondes par exemple. Autant de capteurs qu'il est parfois difficile de rassembler dans un laboratoire (voir figure 1.3). Bref un smartphone s'apparente davantage à un véritable mini-laboratoire mobile qu'à un simple téléphone.

Comme nous allons le découvrir par la suite, il existe en plus de nombreuses applications gratuites qui permettent d'accéder à ces capteurs et d'enregistrer les données en temps réel. On peut citer à ce stade l'application *Phyphox* par exemple, l'application *Sensor Kinetics* ou encore *Physics Toolbox Suite* qui permettent toutes d'enregistrer très facilement les données reçues par chaque capteur et ensuite de les transférer sur ordinateur pour les analyser. Très souvent, il est même possible d'analyser directement les données sur son smartphone.



Figure 1.3 – Un smartphone est un mini-laboratoire mobile.
Exemples de capteurs intégrés dans un smartphone.

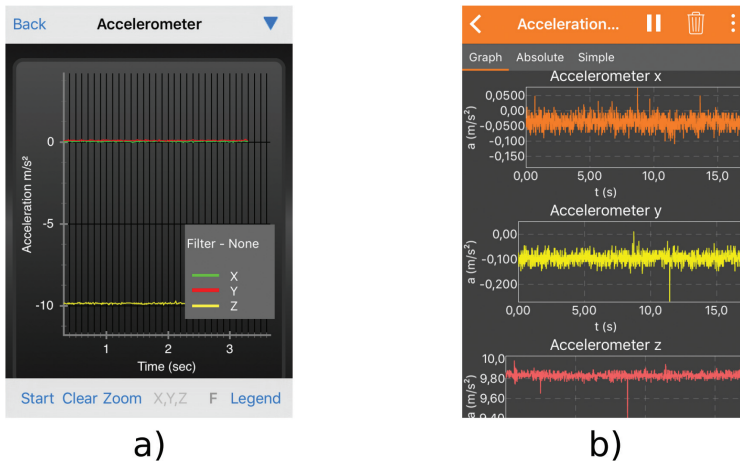


Figure 1.4 – Exemples d'enregistrement des données de l'accéléromètre suivant trois axes x, y, z avec deux applications.

a) Application *Sensor Kinetics* b) Application *Phyphox*. À noter la différence d'échelle entre les deux applications, lesquelles permettent soit d'afficher les trois accélérations sur le même graphique (cas a), soit de zoomer individuellement sur les accélérations mesurées (cas b).

La figure 1.4 montre par exemple l'enregistrement des données de l'accéléromètre avec deux des applications citées. Il suffit d'appuyer sur le bouton *Start* ou *Play* de l'application et de choisir la fréquence d'acquisition (jusqu'à 100 données par seconde souvent).

Il devient donc possible d'enregistrer les données de chaque capteur, voire de plusieurs capteurs en même temps comme le fait votre smartphone, mais cette fois-ci pour faire des expériences scientifiques ! Intéressant, non ?

Ceci est d'autant plus intéressant pour un scientifique car il est parfois très difficile de réunir l'ensemble de ces capteurs dans un même lieu ou dans un laboratoire. Ils sont maintenant dans votre poche, prêts à être utilisés et détournés pour faire de véritables expériences scientifiques où vous voulez et quand vous voulez !

Votre smartphone devient alors votre mini-laboratoire mobile !

3 Le domaine de la smartphonique

3.1 La smartphonique : qu'est-ce que c'est ?

À l'image de la photonique qui est le domaine associé à la manipulation des photons et de la lumière en sciences, ou de la génétique qui est associée à la manipulation des gènes, nous avons proposé il y a quelques années¹ le terme de *smartphonique* pour décrire l'utilisation du smartphone en sciences.

Dans cet ouvrage, nous allons découvrir comment exploiter et détourner les capteurs d'un smartphone pour faire des expériences en mécanique, en acoustique et en optique. Nous présenterons quelques ouvertures qui démontreront que l'utilisation du smartphone en sciences peut être appliqué à d'autres domaines : en chimie évidemment, en géophysique, en biologie, en sport mais également en astrophysique.

Le smartphone devient un outil incontournable en sciences, de plus en plus utilisé dans les laboratoires de recherche pour observer des cellules, analyser des solutions. Bien souvent dans l'utilisation en recherche fondamentale, il est nécessaire « d'augmenter » son smartphone avec des appareils connectés. Ce n'est pas l'objet de cet ouvrage qui présentera des expériences avec très peu de matériel. Ces expériences scientifiques relativement simples dans leurs mises en œuvre sont donc accessibles au plus grand nombre ! Les sciences expérimentales deviennent ainsi ouvertes à tous pour être pratiquées n'importe où... Peser la Terre à partir d'une chute libre de smartphone (frissons garantis), mesurer l'inclinaison d'un avion, calculer le coefficient de frottement d'une table, voir les pixels d'un écran, mesurer la vitesse du son en soufflant dans une bouteille, analyser la remontée de bulles de champagne ou de bière (suivant les budgets !) ... Bref il devient ainsi facile d'expérimenter les sciences de manière ludique dans votre quotidien.

Au vu du grand nombre d'utilisateurs (en France, trois personnes sur quatre possèdent un smartphone) il devient possible de faire des sciences participatives et massives.

1. MOOC Physique des objets du quotidien (2016), <https://www.fun-mooc.fr/courses/ubordeaux/28003/session01/about>

Si cet aspect ne sera pas abordé dans cet ouvrage, c'est un développement très important de la smartphonique qui permet pour la première fois de faire des sciences à l'échelle nationale, voire planétaire. C'est notamment le cas de l'application *MyShake* (gratuite) développée par l'université de Californie pour améliorer la détection des séismes et mieux informer la population grâce aux mesures des accéléromètres. On comprend dès lors que les enjeux pédagogiques, scientifiques et politiques sont importants tant le nombre d'utilisateurs est grand !

3.2 Les enjeux sociétaux de la smartphonique

D'après le baromètre du numérique (CREDOC 2018), en France, près de trois personnes sur quatre possèdent un smartphone (75 %). Quand on s'intéresse à la tranche des 18-24 ans, près de 98 % sont équipés d'un smartphone. Vu sous l'angle des sciences, cela signifie qu'en France, 98 % des 18-24 ans possèdent un mini-laboratoire dans leur poche et 75 % de la population française peut expérimenter avec son smartphone. À l'échelle mondiale, les chiffres sont encore plus vertigineux et motivants, puisqu'en 2018 près de 3 milliards de la population possèdent un smartphone. Cette utilisation massive est accélérée par le fait que de plus en plus de smartphones à très bas coût voient le jour. C'est le cas notamment du smartphone *Freedom 251* développé en Inde qui devrait être mis sur le marché pour un prix de 251 roupies c'est à dire environ 3 euros. D'un point de vue scientifique, cette démocratisation de l'accès à l'expérimentation par le vecteur du smartphone qui permet l'accès à un mini-laboratoire mobile est très motivante et prometteuse pour améliorer l'apprentissage et le développement des sciences.

Il ne faut pas oublier également que les nouvelles technologies auxquelles appartiennent les ordinateurs, les panneaux solaires (les *greentechs* de manière générale), les batteries et également nos smartphones sont fabriquées à partir de métaux rares dont les processus d'extraction sont très critiqués d'un point de vue énergétique et environnemental. Ces métaux rares apparaissent alors aujourd'hui comme une matière première stratégique à l'échelle du globe. Cet aspect n'est pas l'objet de cet ouvrage mais il est certain qu'il est nécessaire d'imaginer des technologies plus vertes et plus respectueuses de l'environnement.

Malgré les contraintes environnementales citées, il n'en reste pas moins que l'utilisation massive du smartphone comme objet de communication aujourd'hui reste une immense opportunité pour l'apprentissage et l'expérimentation scientifique où chaque jour la frontière entre composants de laboratoire et smartphone diminue de plus en plus.

Références

1. **MOOC Physique des objets du quotidien (2016-2019)**
<https://www.fun-mooc.fr/courses/ubordeaux/28003/session01/about>
2. **Baromètre du numérique du CREDOC**
www.data.gouv.fr/fr/datasets/barometre-du-numerique/

3. **Statistiques sur l'utilisation du smartphone dans le monde**
https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_smartphone_penetration
4. **Application MyShake**
<https://play.google.com/store/apps/details?id=edu.berkeley.bsl.myshake&hl=en>
5. ***La guerre des métaux rares***, G. Pitron
Édition Les Liens qui Libèrent (2018).
6. **Le smartphone : un mini-laboratoire mobile pour l'enseignement des sciences et la recherche dans le monde**
U. DELABRE, Bulletin 2018 de la Commission Physique Sans Frontières.

Quelques applications de smartphonique très utiles

Sont données dans cette partie quelques applications de smartphonique permettant d'accéder aux capteurs et d'exporter les données. Bien que peu enthousiasmante à première vue, cette description est nécessaire car elle montre la richesse des applications qui sont disponibles. Il existe en effet de nombreuses applications (« App ») qui sont gratuites et qui permettent très simplement d'accéder aux capteurs de son smartphone. Récemment, trois principales applications se sont distinguées des autres applications par leur généralité et leur capacité à traiter les multiples domaines de la physique (mécanique, acoustique, etc.). La première application est créée par l'université de Aachen et s'appelle *Phyphox*, ce qui signifie *Physical Phone Experiments*. Cette application gratuite est très complète et permet de nombreuses expériences grâce à ces nombreuses fonctionnalités. La deuxième application, toute aussi complète, est l'application *Physics Toolbox Suite* créée aux États-Unis. Enfin, l'application *Sensor Kinetics* développée par Innovations Inc. est également très intéressante. Nous détaillons ci-dessous l'utilisation spécifique de ces trois applications phares, afin de découvrir rapidement leurs fonctionnalités (comment effectuer une mesure, comment enregistrer et exporter, etc.). Nous complétons la présentation de ces trois applications par d'autres applications présentées en fin de chapitre qui pourront être utilisées plus spécifiquement pour certaines expériences. Il faut néanmoins signaler que le domaine des applications smartphones se développe très rapidement et nous ne donnons ici que les principales caractéristiques de celles-ci. Il est donc recommandé de rechercher régulièrement des mises à jour pour avoir les dernières fonctionnalités.

1 Avertissement : différentes applications pour différentes représentations

Avant de décrire le fonctionnement de certaines applications, il faudra être vigilant dans les descriptions sur les représentations utilisées par les applications (graphique, données,...). À noter également, comme nous le verrons plus en détail au chapitre suivant, que certaines applications peuvent inverser la direction des axes du smartphone par rapport à d'autres pour éviter d'avoir des valeurs négatives par exemple. Il est donc essentiel de bien vérifier comment l'application accéléromètre mesure la gravité dans des cas simples (smartphone horizontal et vertical) pour bien orienter les axes avant de l'utiliser dans des cas plus complexes.