

Ulysse Delabre

SMARTPHONIQUE

**FAITES DE VOTRE SMARTPHONE
UN LABO DE PHYSIQUE**

2^e édition

DUNOD

Couverture : Florie Bauduin

Crédits iconographiques :

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

© Dunod, Paris, 2019, 2022

11, rue Paul Bert, 92240 Malakoff

www.dunod.com

ISBN 978-2-10-084632-0

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	XI
Notations	XIII
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. Une première expérience qui secoue	7
1.1 Pour démarrer rapidement	7
1.2 Avertissement : différentes applications pour différentes représentations	8
2. L'application <i>Phyphox : Physical Phone Experiments</i>	9
3. L'application <i>Physics ToolBox Suite</i>	11
4. L'application <i>Sensor Kinetics</i>	12
5. L'application <i>Fizziq et Fizziq Junior</i>	13
6. Quelle application faut-il privilégier ? <i>Fizziq, Phyphox, Physics ToolBox</i> ou <i>Sensor Kinetics</i> ?	14
6.1 Quelles applications ont été utilisées dans cet ouvrage ?	15
7. Autres applications intéressantes	16
7.1 Application sous iOS	16
7.2 Applications sous Android	17
7.3 Applications sous Windows Phone	18
7.4 Logiciels sous ordinateur	18
3 Les capteurs d'un smartphone	19
1. Les axes d'un smartphone	19
2. Les capteurs et composants d'un smartphone	20

2.1	L'accéléromètre	20
2.2	L'accéléromètre linéaire (ou sans gravité)	25
2.3	Le gyroscope	26
2.4	Le magnétomètre	27
2.5	Le capteur de pression	28
2.6	Le capteur de proximité	28
2.7	Le capteur de luminosité	28
2.8	L'écran du smartphone	29
2.9	L'appareil photo d'un smartphone	29
2.10	Le GPS et la relativité	31
2.11	Les autres capteurs d'un smartphone	31
4	Le smartphone... un véritable couteau suisse scientifique	33
1.	Mesurer un angle avec son smartphone... et se réconcilier (enfin) avec la trigonométrie !	33
1.1	Solution la plus simple (mais la moins intéressante scientifiquement) : utiliser une application	34
1.2	Inclinaison par rapport à la verticale	35
1.3	Inclinaison par rapport à l'horizontale	37
1.4	Complicquons un peu : inclinaison par rapport à l'horizontale et à la verticale	40
1.5	Inclinaison par rapport à une direction horizontale	40
2.	Mesurer des distances avec son smartphone... sans utiliser de mètre !	42
2.1	Solution numéro 1 : utiliser des applications existantes	43
2.2	Mesurer une distance, c'est mesurer un angle	43
2.3	Mesurer une hauteur	44
2.4	Mesurer une largeur horizontalement	44
2.5	Utiliser Google Maps pour mesurer une distance	44
2.6	Utiliser la fonction GPS des applications pour mesurer une distance	45
3.	Mesurer un diamètre angulaire apparent avec l'appareil photo d'un smartphone	45
3.1	Rappel sur la définition du diamètre angulaire apparent d'un objet	46
3.2	Mesure d'un diamètre angulaire apparent avec un smartphone	47

4. Mesurer des vitesses... y compris angulaires avec son smartphone !	48
4.1 Mesurer une vitesse	48
5 Expériences de mécanique avec un smartphone	51
1. La chute libre d'un smartphone... ou comment estimer la masse de la Terre en faisant tomber son smartphone	51
1.1 L'expérience en détail	52
1.2 Rappels théoriques sur la chute libre	53
1.3 Analyse des résultats de l'expérience de chute libre	55
1.4 Estimer la masse de la Terre avec son smartphone	55
1.5 Discussions	56
2. Descente tout schuss d'un smartphone sur un plan incliné... ou comment déterminer le coefficient de frottement statique !	58
2.1 L'expérience en détail	59
2.2 Bref rappel théorique sur la mécanique des plans inclinés	60
2.3 Analyse des résultats de l'expérience de descente d'un smartphone sur un plan incliné	61
2.4 Au-delà du cas statique	62
3. Glissade d'un smartphone sur une table... ou comment déterminer le coefficient de frottement dynamique	64
3.1 L'expérience en détail	64
3.2 Mécanique de la glissade	65
3.3 Analyse des résultats d'une glissade de smartphone	67
3.4 Pour aller plus loin	68
4. Rotation d'un smartphone et la force centrifuge... ou comment trouver la position de l'accéléromètre	69
4.1 L'expérience en détail	70
4.2 Rappels sur la composition des accélérations et la force centrifuge	71
4.3 Analyse des résultats de l'expérience de rotation d'un smartphone	73
4.4 Pour aller plus loin : déterminons la position de l'accéléromètre	75
5. Le pendule... ou comment estimer le rayon de la Terre à partir des oscillations d'un pendule	76
5.1 L'expérience en détail	76
5.2 Rappels théoriques sur le pendule	78

5.3	Analyse des résultats de l'expérience du pendule-smartphone	82
5.4	Discussions	84
6.	Tester la conservation de l'énergie mécanique par analyse de trajectoire	87
6.1	L'expérience en détail	88
6.2	Rappels sur la forme des trajectoires de balle	88
6.3	Et la conservation de l'énergie ?	90
6.4	Analyse des résultats de l'expérience de lancer d'une balle	91
6.5	Pour aller plus loin	92
6.6	Guide rapide d'utilisation de <i>Fizziq</i> pour l'étude cinématique	92
7.	Suspendre son smartphone à un élastique... ou comment fabriquer une balance	94
7.1	L'expérience en détail	95
7.2	Rappels théoriques sur les oscillations d'un ressort	95
7.3	Analyse de l'expérience du ressort	97
7.4	Pour aller plus loin	97
6	Expériences d'acoustique avec un smartphone	99
1.	Mesurer la vitesse du son en tapant dans les mains et avec deux smartphones	99
1.1	L'expérience en détail	100
1.2	Analyse des résultats de l'expérience des claps	101
1.3	Pour aller plus loin	101
2.	Analyser le son d'un instrument de musique	102
2.1	L'expérience en détail	103
2.2	Brefs rappels sur le lien entre ondes et spectres	103
2.3	Analyse des résultats de l'expérience acoustique	105
2.4	Pour aller plus loin	106
3.	Analyser la résonance d'une guitare	108
3.1	L'expérience en détail	109
3.2	Analyse de la résonance d'une corde	110
3.3	Analyse des résultats de l'expérience de résonance	111
4.	Mesurer la vitesse du son par effet Doppler... une expérience sportive	112
4.1	L'expérience en détail	113
4.2	Rappels sur l'effet Doppler	114

4.3	Analyse des résultats de l'expérience Doppler	115
4.4	Pour aller plus loin	116
5.	Mesurer la vitesse du son en soufflant dans une bouteille de Bordeaux	116
5.1	L'expérience en détail	117
5.2	Retour sur le phénomène de résonance	118
5.3	Analyse des résultats de l'expérience de résonance d'une bouteille	119
6.	Analyse du son en fonction de la distance... <i>faut-il être au premier rang pour bien entendre ?</i>	121
6.1	L'expérience en détail	122
6.2	Rappels sur la notion d'intensité acoustique	123
6.3	Analyse des résultats de l'expérience	124
7	Expérience d'optique avec son smartphone	127
1.	Voir l'infrarouge avec un smartphone	127
1.1	L'expérience en détail	128
1.2	Rappels sur le fonctionnement des capteurs photographiques	128
1.3	Analyse de l'expérience de visualisation de l'infrarouge	130
1.4	Pour aller plus loin	130
2.	Réviser l'optique géométrique en mesurant la focale de son smartphone	131
2.1	Fonctionnement de la caméra d'un smartphone et brefs rappels en optique géométrique	132
2.2	L'expérience en détail	138
2.3	Analyse des résultats	139
3.	Transformer son smartphone en microscope et mesurer l'épaisseur d'un cheveu	141
3.1	Bref rappel sur le principe d'un microscope	142
3.2	L'idée : augmenter la puissance du smartphone par association de lentilles	142
3.3	Une goutte comme lentille « zoom »	143
3.4	Réalisation du « microscope »	144
3.5	Calibration du microscope	145
3.6	Observer le monde microscopique avec son smartphone et mesurer l'épaisseur d'un cheveu	146

4. Analyser l'éclairement en fonction de la distance... ou comment bien y voir	147
4.1 L'expérience en détail	148
4.2 Rappels sur les notions d'éclairement et d'intensité lumineuse	149
4.3 Analyse des résultats de l'expérience d'éclairement	151
4.4 Pour aller plus loin	152
5. Tester la loi de Malus avec son smartphone et des lunettes 3D	153
5.1 La loi de Malus : rappels	154
5.2 L'expérience en détail	154
8 Ouvertures	157
1. Peser l'air... et vérifier la loi de la statique des fluides	157
1.1 L'expérience en détail	158
1.2 Bref rappel sur la notion de pression et la loi de la statique des fluides	158
1.3 Analyse des résultats de l'expérience de variation de pression en fonction de l'altitude	160
1.4 Pour aller plus loin	162
2. Mesurer la tension de surface et sonder les interactions microscopiques d'un liquide	163
2.1 L'expérience en détail	164
2.2 Mesure de la tension de surface avec une goutte pendante	164
2.3 Analyse des résultats	166
3. Voir des cellules et des pixels avec un smartphone	168
3.1 Voir des pixels avec son smartphone	168
3.2 Voir des cellules avec son smartphone	169
4. Tester la loi d'absorption de Beer-Lambert	169
4.1 L'expérience en détail	170
4.2 Rappels sur la loi de Beer-Lambert	171
4.3 Analyse des résultats	173
5. Analyser le transit d'exoplanète avec un smartphone	174
5.1 L'expérience	174
5.2 Analyse des résultats	175

6. Programmer sa propre fonction avec <i>Phyphox Editor</i>	176
6.1 L'expérience	177
7. Augmenter son smartphone avec Arduino ou un autre appareil Bluetooth	178
7.1 L'expérience	179
8. Utiliser le smartphone en lien avec la transition énergétique : l'équivalent smartphone énergétique	182
8.1 Quelques ordres de grandeurs et conversions autour de l'utilisation du smartphone : Joule, kWh, et g-CO ₂	183
8.2 L'expérience	184
Conclusions	187
Références	189
Index	191

