

# Quelques utilisations du smartphone en cours de sciences physiques

par **Hugues LANDSPURG**  
Lycée Français - Madrid (Espagne)  
landspurg.hugues@laposte.net

**C**ET ARTICLE vise à donner quelques pistes d'utilisations des capteurs d'un smartphone en classe, essentiellement au niveau du lycée. Des applications gratuites téléchargeables pour ces smartphones seront brièvement décrites.

## INTRODUCTION

Le smartphone<sup>(1)</sup> a remplacé peu à peu les téléphones portables classiques, et nos élèves en possèdent de plus en plus. Hormis les fonctions classiques de téléphonie mobile, le smartphone peut être utilisé en mode appareil photographique ou caméra, mais il possède surtout des capteurs (récepteur GPS, capteurs d'accélération, de champ magnétique...) qui permettent certaines utilisations pédagogiques.

De nombreuses *applications* (appelées communément *applis*) sont téléchargeables gratuitement, après acquisition du smartphone. Le fonctionnement de ces applications dépend du type de capteurs placés dans l'appareil et du système d'exploitation utilisé. Une application est en fait l'équivalent d'un logiciel sur un ordinateur. Nous nous limiterons dans cet article aux applications fonctionnant avec le système d'exploitation *Android*, qui est à ce jour le plus répandu sur les smartphones. Des applications similaires existent sur les autres systèmes d'exploitation (comme le système *iOS* d'Apple).

L'exploitation des données recueillies par un smartphone sur, par exemple, un ordinateur de salle de classe se heurte encore parfois à la configuration des réseaux d'établissement. En effet, le mode de communication privilégié entre le smartphone et un PC reste la norme Wi-Fi ou Bluetooth. Les réseaux sont assez rarement équipés en Wi-Fi et la norme Bluetooth n'est généralement pas disponible. L'élève qui veut récupérer des données doit donc venir en classe avec la connectique appropriée (ou au pire, s'envoyer le fichier de données par messagerie).

(1) Le terme officiel mais peu utilisé en France est « ordipoche » ou « terminal de poche », termes qui ont le mérite de montrer que l'aspect téléphone est minoré par rapport à ses autres aspects.

## 1. UTILISATION EN TANT QUE TÉLÉPHONE

Une première utilisation pédagogique d'un téléphone portable est très simple. Il s'agit de la transposition moderne de l'expérience qui consiste à montrer que le son ne se propage pas dans le vide, en utilisant un buzzer ou un réveil placé sous une cloche à vide. En remplaçant ce réveil par un premier téléphone portable comme récepteur, et en utilisant un deuxième téléphone portable extérieur comme émetteur, on pourra montrer aux élèves que le son de la sonnerie n'est pas perceptible (attention à ne pas placer le premier téléphone en mode vibreur), alors que les ondes électromagnétiques se sont propagées dans le vide jusqu'au premier téléphone (on peut observer le signal d'appel sur l'écran du récepteur).

## 2. UTILISATION DU MICROPHONE ET DE L'APPAREIL PHOTO

### 2.1. Microphone

Tous les téléphones possèdent un microphone. De nombreuses applications permettent d'enregistrer et garder en mémoire le fichier sonore enregistré (*RecForge Lite* développée par Dje073 par exemple [1]) au format wav ou mp3. Le fichier sonore étant enregistré, il peut être exporté vers un ordinateur (comme indiqué dans l'introduction, via une transmission sans fil Wi-Fi ou Bluetooth ou une transmission filaire). Le fichier pourra ensuite être exploité avec un logiciel d'analyse sonore. L'intérêt dans ce cas est de pouvoir enregistrer en dehors de la classe (un instrument de musique à la maison, une ambulance qui se rapproche...) et de l'exploiter en classe ensuite.

D'autres applications (comme *FrequenSee* développée par Daniel Bach [2]) permettent de visualiser directement le spectre du son capté en temps réel. Il est intéressant aussi d'utiliser l'application *Sonomètre* (éditée par Smart Tools [3]), qui fonctionne comme un sonomètre, en utilisant le microphone.

Ces applications du microphone sont limitées par leur bande passante et leur qualité. Par exemple, l'application *Sonomètre* fonctionne assez fidèlement (comparativement à un sonomètre de base du commerce) jusqu'à des fréquences de l'ordre de 3 000 Hz. De plus, les versions gratuites ne permettent généralement pas de choisir le type de pondération souhaité.

### 2.2. Appareil photographique (visible et infrarouge)

On peut utiliser le smartphone comme un appareil photographique numérique. On pourra aussi utiliser la caméra. Outre la prise de vue d'expériences (pour un TPE, un compte-rendu...), l'utilisation pédagogique peut être faite en première S en changeant la balance des blancs de l'appareil photographique [4].

Les capteurs CCD (Charge-Coupled Device) utilisés sont sensibles aux infra-rouges (avec cependant peu de nuances), ils peuvent donc jouer le rôle de détecteur infrarouge, par exemple, pour observer le signal émis par une DEL (Light-Emitting Diode en français Diode électroluminescente) de télécommande.

### 3. LA FONCTION GPS

Les smartphones reçoivent des signaux du système GPS (Global Positioning System), dont le but est d'aider l'utilisateur à se localiser et à s'orienter. Plusieurs utilisations pédagogiques s'avèrent intéressantes.

L'application *GPS Test* (développée par Chartcross [5]) permet de savoir où sont les satellites dont le signal est reçu. Cette application indique aussi les coordonnées du smartphone en longitude et latitude (avec la précision sur la localisation), sa vitesse et son altitude (cf. figure 1)



Figure 1 - Trois copies d'écran de l'application *GPS Test*.

La localisation du smartphone par le système GPS est utilisée par les applications dans lesquelles la position doit être connue. Concernant la position de l'observateur par rapport aux satellites, on peut citer deux applications intéressantes : *ISSDetector* (développée par RunaR [6]) et *ISS ?* (développée par AndroideSimple [7]). Ces deux applications permettent de savoir quels seront les prochains passages visibles de la station spatiale internationale [8], et *ISS ?* permet de visualiser la position actuelle de l'ISS (International Space Station). L'application *Astrolabe* (développée par Robin Davies [9]) permet de simuler un astrolabe, cette application utilise la fonction GPS pour modifier l'astrolabe en fonction de la longitude et de la latitude du lieu (on peut modifier ces coordonnées manuellement), et nécessite de trouver l'élévation du soleil, afin d'en déduire l'heure solaire.

## 4. LES AUTRES CAPTEURS

Selon le modèle, le smartphone pourra posséder différents capteurs, comme par exemple : accéléromètre, capteur de gravité, capteur de champ magnétique...

L'application *Sensor Display* (développée par Celestiarch LLC [10]) permet d'avoir accès à tous ces capteurs, afin de voir quels sont les capteurs actifs selon le modèle du smartphone, quelles sont les données brutes de ce capteur, et quelle est sa résolution (cf. figure 2). L'application *Sensor Kinetics* (développée par Innoventions Inc [11]), très complète, permet de recueillir les données brutes des capteurs, de tracer l'évolution temporelle des données des capteurs, d'arrêter le graphique qui s'enregistre, de revenir en arrière, de zoomer... (cf. figure 3).

Plusieurs de ces capteurs indiquent des données selon trois axes X, Y et Z, comme le montre le schéma de la figure 4. Toutefois, il semble que le sens de chacun de ces trois axes doit être inversé par rapport à ceux indiqués dans la figure 4 (c'est le cas des deux appareils testés).



Figure 2 - Capture d'écran de l'application *Sensor Display*.

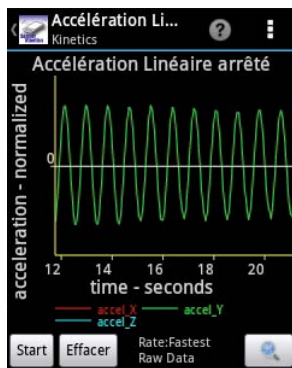


Figure 3 - Capture d'écran de l'application *Sensor Kinetics*.

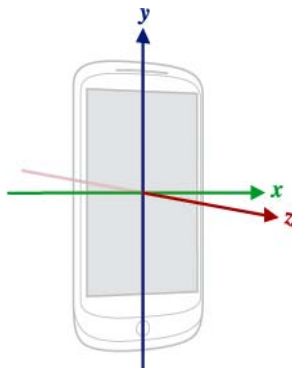


Figure 4 - [http://developer.android.com/images/axis\\_device.png](http://developer.android.com/images/axis_device.png)

### 4.1. Le capteur d'accélération

En utilisant l'application *Sensor Display* (ou *Sensor Kinetics*), l'observation en temps réel du capteur d'accélération (ou du capteur de gravité) permet de vérifier que le capteur est correctement positionné dans le smartphone. En posant le téléphone à plat sur une table horizontale, on vérifie que les accélérations selon les axes X et Y sont nulles (ou ayant des valeurs très faibles fluctuant autour d'une valeur nulle), alors que l'accélération selon l'axe Z est de l'ordre de  $9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ .

L'application *Sensor Kinetics*, en utilisant le menu « Accélération linéaire », permet de tracer des graphiques de l'accélération sur chaque axe en fonction du temps. On

pourra ainsi mesurer la période d'oscillation du smartphone accroché à un ressort, en zoomant sur la courbe souhaitée (cf. figure 3, page ci-contre). Avec un simple ressort, les élèves pourront vérifier l'isochronisme des oscillations, ou encore observer l'influence de la masse sur la période.

#### 4.2. Les capteurs d'orientation et de champ magnétique

Le capteur de champ magnétique mesure les composantes du champ magnétique selon les trois axes du smartphone. Le capteur d'orientation indique l'angle entre l'axe Y et le Nord magnétique (azimut), l'angle de rotation par rapport à l'axe X (pitch), et l'angle de rotation par rapport à l'axe Y (roll). Si le smartphone est posé horizontalement, vers le Nord magnétique, les trois données (azimut, pitch et roll) auront une valeur nulle.

Le capteur de champ magnétique, utilisé dans l'application *EMF Sensor* (développée par Code Bros [12]), permettra de trouver la valeur du champ magnétique terrestre (indiquée dans cette application), et la direction de ce champ. On peut en effet tourner le smartphone jusqu'à trouver deux composantes nulles selon deux axes ( $B_x$  et  $B_z$  par exemple) et une composante non nulle sur le troisième axe ( $B_y$  par exemple : le champ magnétique sera alors orienté selon l'axe Y) (cf. figure 5). Cette même application peut servir à montrer les modifications de champ magnétique aux abords des sources de champ comme les aimants.



Figure 5 - Capture d'écran de l'application *EMF Sensor*.

Une petite remarque : il faut faire enlever les housses des téléphones aimantées, afin que le champ magnétique créé par ces aimants ne perturbe pas les mesures.

#### 4.3. Une application utilisant plusieurs capteurs

*Google Sky Map* (développée par Sky Map Devs [13]) est un peu l'équivalent du

logiciel *Stellarium* (disponible aussi, mais en version payante), mais utilise en plus les capteurs du smartphone (capteur de mouvement ou gyroscope, capteur d'orientation, et GPS). Cette application permet d'afficher en temps réel la carte du ciel correspondant à l'endroit vers lequel on oriente son téléphone. On peut ainsi connaître le nom d'une étoile ou d'une planète inconnue du ciel, ou encore rechercher un objet céleste (cf. figure 6).

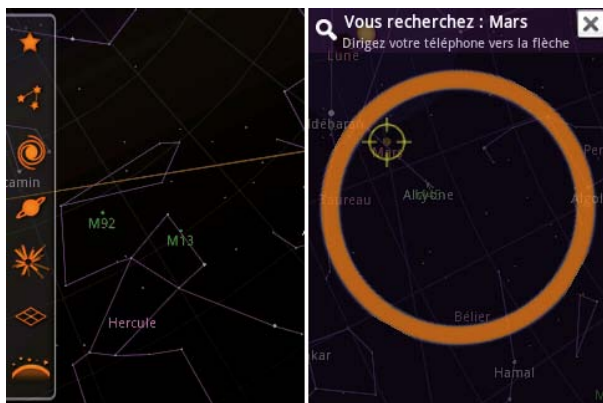


Figure 6 - Deux captures d'écran de l'application Google Sky Map.

## 5. UTILISATION DU TÉLÉPHONE COMME DÉTECTEUR DE CHAMP ÉLECTROMAGNÉTIQUE

Tout téléphone portable est capable de recevoir les ondes électromagnétiques transmises *via* les antennes relais installées par les opérateurs. La plupart des smartphones permettent de recevoir aussi des ondes électromagnétiques selon les normes Wi-Fi ou Bluetooth. Cette utilisation peut permettre d'illustrer, en première S, la notion de champ, et en terminale S, les capteurs d'ondes électromagnétiques. L'application *Wi-Fi Analytics* (développée par *Amped Wireless* [14]) offre la possibilité de déterminer la puissance du signal reçu en dBm (en choisissant l'émetteur), et permet par exemple de montrer la décroissance du signal reçu en fonction de la distance entre émetteur et téléphone, ou en fonction de la constitution de certains obstacles.

## CONCLUSION

L'utilisation du smartphone en classe de sciences physiques peut permettre de motiver certains élèves, dans la mesure où ils peuvent utiliser leur propre téléphone comme un instrument de mesure. Toutefois, tous les capteurs de ces appareils ne sont pas actuellement suffisamment performants pour remplacer les instruments de mesure présents dans nos laboratoires. Mais la cohabitation entre le smartphone, prolongation

presque physique de nos élèves, et un instrument de mesure traditionnel, est déjà réelle. Permettre aux élèves de savoir dans quelle situation le smartphone peut suffire et dans quelles situations les appareils de mesure dédiés sont nécessaires devrait faire partir de nos objectifs d'apprentissage.

## REMERCIEMENTS

Merci à Jacques Vince et à Valérie Potier pour leur relecture critique.

## BIBLIOGRAPHIE ET NETOGRAPHIE

- [1] <https://play.google.com/store/apps/details?id=dje073.android.audiorecorderlite>
- [2] <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.DanielBach.FrequenSee>
- [3] <https://play.google.com/store/apps/details?id=kr.sira.sound>
- [4] Eduscol, *Ressources pour la classe générale et technologique - Physique-Chimie*, pp. 25-29. [http://cache.media.eduscol.education.fr/file/PC/57/7/LyceesGT\\_Ressources\\_PC\\_1\\_enseignement-specifique\\_187577.pdf](http://cache.media.eduscol.education.fr/file/PC/57/7/LyceesGT_Ressources_PC_1_enseignement-specifique_187577.pdf)
- [5] <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.chartcross.gpstest>
- [6] <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.runar.issdetector>
- [7] <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.androidesimple.iss>
- [8] [http://ww2.ac-poitiers.fr/sc\\_phys/spip.php?article14&debut\\_page=2](http://ww2.ac-poitiers.fr/sc_phys/spip.php?article14&debut_page=2)
- [9] <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.twoplay.astrolobe>
- [10] <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.celestiarch.android.sensordisplay>
- [11] <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.innoventions.sensorkinetics>
- [12] <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.codebros.emffree>
- [13] <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.google.android.stardroid>
- [14] <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.pinapps.amped>
- [15] D. Obert, « Approche expérimentale du rayonnement électromagnétique émis par un téléphone portable », *Bull. Un. Prof. Phys. Chim.*, vol. 104, n° 922, pp. 323-337, mars 2010.

## Annexe

### Exemple pédagogique en terminale S

#### Détecteurs d'ondes et de particules

##### Partie du programme

Ondes et particules – Détecteurs d'ondes et de particules.

##### Compétences exigibles

Pratiquer une démarche expérimentale mettant en œuvre un capteur ou un dispositif de détection.

#### FICHE ÉLÈVE

##### Document

Les smartphones possèdent plusieurs capteurs. Parmi ces capteurs, on peut citer : le récepteur GPS, le capteur CCD de l'appareil photographique, le capteur Wi-Fi, le capteur d'accélération, le capteur de champ magnétique.

##### Question préliminaire

Indiquer, parmi les capteurs cités, quels sont les capteurs d'ondes. De quel type d'ondes s'agit-il ?

##### Travail à effectuer

- ◆ Première partie : on souhaite détecter les ondes électromagnétiques infrarouges émises par une télécommande de télévision.
  - Quel type de capteur du smartphone est-il judicieux d'utiliser ?
  - Utiliser le smartphone pour détecter ces ondes.
- ◆ Deuxième partie : on souhaite déterminer quelle est la position exacte d'une antenne Wi-Fi.
  - Installer l'application *Wi-Fi Analytics* sur un smartphone.
  - Dans le menu « Signal Meter », choisir le signal suivi (celui de la salle des professeurs par exemple).
  - Trouver un protocole expérimental vous permettant de savoir où se trouve exactement l'antenne Wi-Fi émettrice sélectionnée.
  - Mettre en œuvre ce protocole.



## FICHE PROFESSEUR : ÉLÉMENTS DE RÉPONSE

### Question préliminaire

Le récepteur GPS capte des ondes électromagnétiques (fréquence de l'ordre de 1 500 MHz, domaine des ondes radio) ; le capteur CCD capte des ondes électromagnétiques faisant partie du domaine visible et infrarouge ; le capteur Wi-Fi capte des ondes électromagnétiques (fréquence de l'ordre de 2 à 6 GHz, domaine des micro-ondes) ; les deux derniers capteurs ne détectent pas d'ondes.

◆ Première partie : on souhaite détecter les ondes électromagnétiques infrarouges émises par une télécommande de télévision.

– Quel type de capteur du smartphone est-il judicieux d'utiliser ?

*Il faudra utiliser le capteur CCD.*

– Utiliser le smartphone pour détecter ces ondes.

*En orientant une télécommande vers le smartphone, on pourra constater que le signal envoyé par la DEL de la télécommande est capté, alors que ce signal est invisible à l'œil nu. Ce signal apparaît sur l'écran du smartphone en « live view », c'est-à-dire sans qu'il ne soit nécessaire d'effectuer une prise de vue.*

◆ Deuxième partie : on souhaite déterminer quelle est la position exacte d'une antenne Wi-Fi.

*Les élèves penseront vraisemblablement que la puissance est d'autant plus faible que le smartphone se trouve loin de l'antenne émettrice, ce qui est assez intuitif. Cette puissance ayant une valeur négative, ils vont essayer de faire en sorte de s'approcher le plus près possible d'une valeur nulle. La valeur maximale de la puissance reçue correspondra à la position de l'antenne. Les obstacles entre l'antenne émettrice et le smartphone peuvent bien sûr atténuer le signal reçu.*



**Hugues LANDSPURG**

*Professeur agrégé*

Lycée Français

Madrid (Espagne)