

Smartphone sur une platine de « tourne-disque 45 tours »

A-Détermination de la vitesse angulaire ω de rotation du système {smartphone + platine}

Deux méthodes sont exposées ci-dessous, avec les gyromètres d'abord, les accéléromètres ensuite.

1) Méthode utilisant les gyromètres de l'appareil

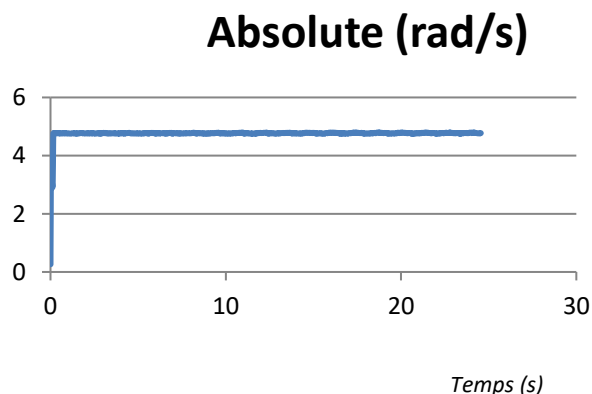
C'est la méthode qui vient immédiatement à l'esprit si le smartphone est doté de ce type de capteur.

On pose l'appareil sur le plateau du tourne-disque dont l'horizontalité a été réglée avec une application « niveau à bulle ».

L'application « PhyPhox » enregistre les vitesses angulaires selon les 3 axes Ox, Oy et Oz du smartphone posé sur le plateau en rotation. Quelques lignes de valeurs relevées figurent sur l'extrait de tableau Excel ci-contre.

1	Time (s)	Gyroscope x (rad/s)	Gyroscope y (rad/s)	Gyroscope z (rad/s)	Absolute (rad/s)
24	0,21488	-0,15669	-0,10049	-4,76353	4,767163
25	0,224949	-0,15455	-0,09988	-4,76017	4,763723
26	0,234953	-0,1518	-0,10018	-4,76292	4,766387
27	0,244871	-0,14936	-0,10263	-4,76567	4,769109
28	0,254984	-0,14997	-0,1014	-4,76505	4,768492
29	0,26499	-0,14936	-0,09927	-4,76597	4,769344
30	0,274917	-0,14936	-0,10201	-4,76658	4,770012
31	0,285006	-0,15211	-0,10201	-4,76902	4,77254
32	0,296691	-0,15424	-0,09743	-4,76872	4,772208
33	0,305036	-0,15211	-0,09713	-4,76689	4,770302
34	0,314953	-0,15241	-0,09957	-4,76475	4,768226

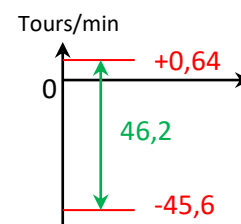
Comme attendu, la composante essentielle est sur la verticale Oz (*perpendiculaire à l'appareil posé à plat sur le plateau*).



La moyenne obtenue pour la norme de la vitesse angulaire est $\omega = 4,77 \pm 0,04$ rad/s soit $45,6 \pm 0,4$ tours/min.

En fait la vitesse de rotation mesurée du smartphone immobile n'est pas nulle : il y a un décalage (offset ou « erreur de zéro ») qui doit être corrigé.

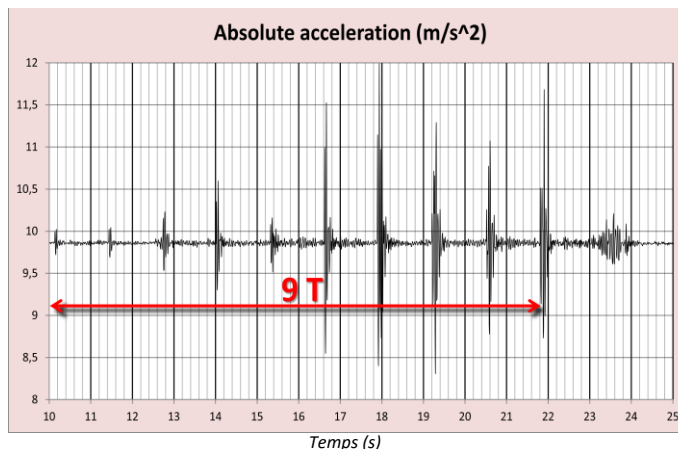
On le détermine en enregistrant la vitesse angulaire de l'appareil posé à plat sur le tourne-disque arrêté. On obtient $0,067 \pm 0,0083$ rad/s soit $0,64 \pm 0,08$ tours/min de décalage.



Comme l'enregistrement (*colonnes de l'enregistrement du §1*) donne une vitesse de rotation algébrique négative et un offset positif on a le schéma ci-contre donnant une vitesse angulaire de $46,2 \pm 0,6$ tours/min.

2) Méthode utilisant les accéléromètres de l'appareil

Ils sont tellement sensibles qu'ils réagissent au moindre frottement sur l'appareil. Il suffit donc, dans cette méthode, de provoquer ce léger frottement du smartphone sur une languette de papier par exemple, fixée à la partie fixe du tourne-disque.



Sur le graphe ci-dessus, obtenu sur une durée de 15 secondes on voit les effets des frottements de courte durée enregistrés autour de la valeur de l'accélération de la pesanteur locale ($9,8 \text{ m/s}^2$).

En comptant $0,2 \text{ s}$ d'incertitude sur la durée de $9T$ on trouve $T = 1,29 \pm 0,02 \text{ s}$ donc une vitesse de rotation de $46,5 \pm 0,7 \text{ tours/min}$.

Par cette méthode on retrouve une valeur compatible avec la première valeur mesurée.

Remarque pédagogique : Cette étude est exploitable pour une résolution de problème ou pour construire un problème plus progressif. Le signe de la composante selon Oz de la vitesse angulaire permet de sensibiliser les étudiants à son caractère vectoriel.

B-Mesure de l'accélération radiale

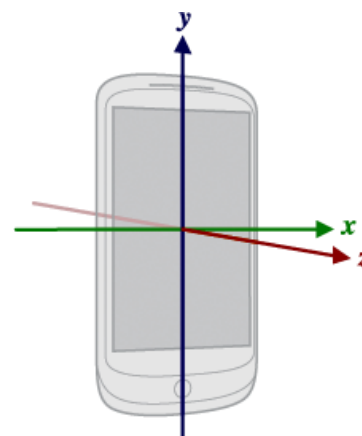
Pour comparer l'accélération radiale mesurée à sa valeur attendue il faut connaître le rayon R de la trajectoire circulaire des accéléromètres rassemblés dans un espace suffisamment faible pour être assimilable à un point noté O par la suite.

1) Directions et sens des axes Ox, Oy et Oz des accéléromètres

On lance l'application « accéléromètre sans g » téléphone posé à plat sur une table dans son orientation usuelle.

Si on déplace l'appareil vers la droite on observe une accélération positive en accord avec l'orientation de l'axe x sur le schéma ci-contre.

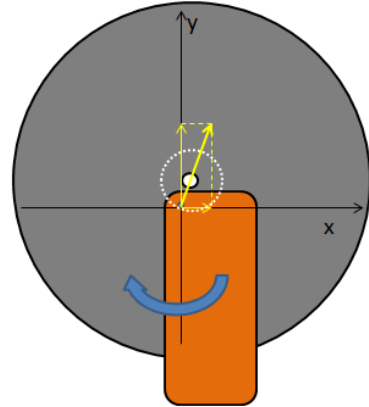
On peut faire la même observation pour les deux autres axes en déplaçant l'appareil dans les directions correspondantes.



https://developer.android.com/guide/topics/sensors/sensors_overview#sensors-coords

2) Localisation des accéléromètres dans le smartphone

Les accéléromètres se trouvent localisés à l'intersection O de Ox, Oy et Oz.
On procède par tâtonnement en positionnant le smartphone jusqu'à ce que l'enregistrement montre l'une des deux composantes a_x ou a_y nulle (a_z restant égale à 0 car l'appareil est posé horizontalement sur le plateau donc avec l'axe Oz vertical).



Lorsque Ox passe par le centre de rotation alors $a_y = 0$ et a_x est l'accélération en jaune sur la figure 1 et vice versa pour la figure 2.

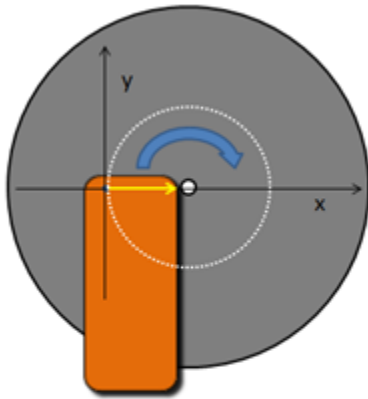


Figure 1

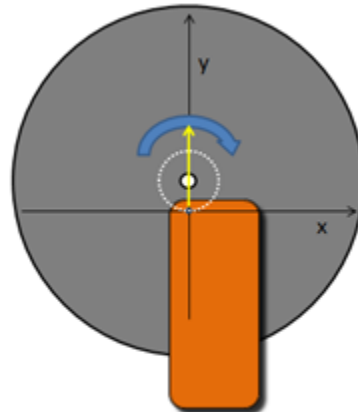
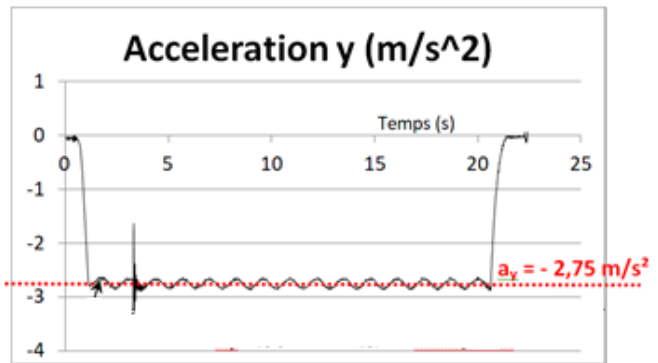
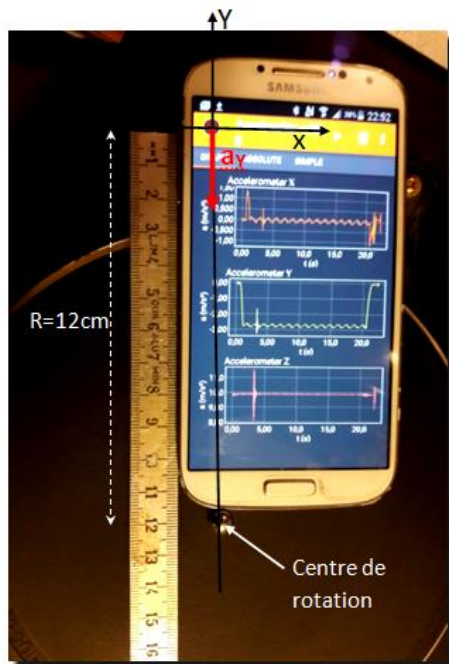


Figure 2

On remarque que l'accélération est centripète dans les trois situations.

3) Vérification de l'expression de l'accélération centrale

Comme on le note sur la photographie de l'expérience ci-dessous, on prend la distance à l'axe la plus grande possible puis on procède à l'enregistrement ci-contre.



A l'aide de la vitesse angulaire $\omega = 4,77 \pm 0,04\text{ rad/s}$ du tourne-disque obtenue au paragraphe A et du rayon de $12 \pm 0,4\text{ cm}$ choisi, on calcule l'accélération radiale selon Oy :

$$a_y = \omega^2 R = 2,73 \pm 0,11\text{ m/s}^2$$

en accord avec la valeur absolue de l'accélération mesurée par l'accéléromètre.

Remarque pédagogique : Cette étude est exploitable pour une résolution de problème ou pour construire un problème plus progressif.