

# Plans inclinés utilisant l'appareil «TiltTray» et les accéléromètres d'un téléphone intelligent

## INTRODUCTION:

*Comment votre téléphone sait-il quand passer du mode paysage au mode portrait?*

L'angle d'inclinaison critique d'un téléphone cellulaire est l'angle selon lequel l'affichage passe du mode portrait au mode paysage lors de la visualisation d'images ou pour texter avec un clavier étendu. Pour surveiller l'angle d'inclinaison, les téléphones cellulaires utilisent des capteurs accéléromètres internes. Il y a trois capteurs de ce type dans tous les téléphones, alignés sur chacun des trois axes correspondant aux trois dimensions spatiales.

Les accéléromètres mesurent les accélérations provoquées par le mouvement ainsi que les effets dus aux forces gravitationnelles. Lorsqu'un téléphone portable est *immobile* sur une surface horizontale, l'accéléromètre ne détecte que les effets dus à la gravité, qui sont alignés exactement sur l'un des trois axes. Si le téléphone est maintenu en position *inclinée*, aucun des axes du téléphone n'est aligné avec le vecteur d'accélération gravitationnelle: chacun des axes mesure une composante de ce vecteur. En examinant attentivement ces composantes, vous pouvez en déduire, comme le fait l'encodage de programmation du téléphone, l'orientation exacte (angle d'inclinaison) de votre téléphone.

## DOCUMENTS:

- À faire AVANT la période de laboratoire:
  - « Directives d'application » : installation et configuration
    - seule la section "utilisation de base" sera nécessaire pour ce laboratoire
  - Théorie: « *comprendre les accéléromètres* »
- À faire PENDANT la période de laboratoire:
  - Activité préparatoire: « *découverte du système de coordonnées de votre téléphone* »
- Dans ce document:
  - Introduction
  - Procédure de laboratoire
  - Approfondissement supplémentaire (facultatif)
  - Questions additionnelles

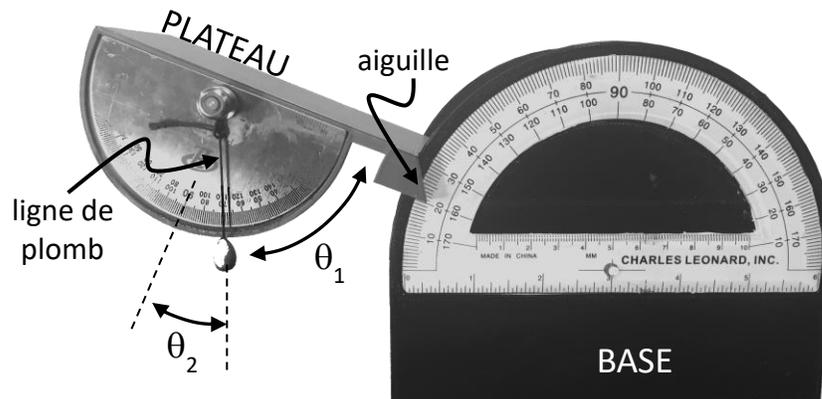
## PROCÉDURE:

### **PARTIE A :** Déterminer le système de coordonnées local de votre téléphone

Lisez d'abord "*Comprendre les accéléromètres*" puis effectuez l'activité préparatoire. Cela vous aidera à identifier et à nommer correctement le système de coordonnées x-y-z unique à votre téléphone. Demandez à votre enseignant de vérifier vos résultats avant de poursuivre la procédure ci-dessous.

### **PARTIE B:** Observation de l'appareil

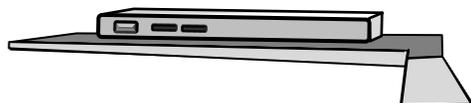
L'appareil que vous utiliserez avec votre téléphone est représenté dans l'image ci-dessous. Il se compose d'une base avec rapporteur d'angles et d'un plateau mobile également composé d'un rapporteur d'angles avec un fil à plomb. Lorsque vous montez ou descendez le plateau, la pente d'inclinaison est indiquée sur le rapporteur d'angles de la base par l'aiguille.



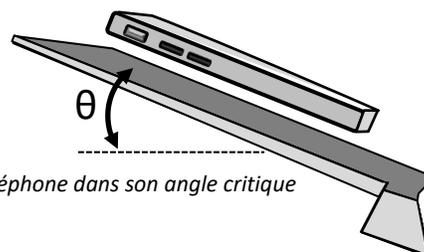
- Commencez par relever le plateau à un angle de  $72^\circ$ , tel qu'indiqué par l'aiguille. **Ne placez pas** encore votre téléphone sur le plateau; nous examinons simplement la géométrie de l'appareil.
- Observez maintenant l'angle produit par le fil à plomb par rapport à la ligne à  $90^\circ$  ( $\theta_1$ ).
- Quel angle produit la corde par rapport à la normale à la surface du plateau ( $\theta_2$ )?
- Discutez du lien entre ces deux résultats.

### **PARTIE C:** Déterminez l'angle critique d'inclinaison de votre téléphone

- Placez le plateau à plat à un angle de zéro degré.
- Débutez avec votre téléphone en marche et lancez votre application de messagerie ou votre navigateur en mode paysage.
- Placez votre téléphone sur le plateau vers le haut, avec le côté gauche disposé visiblement lorsque vous regardez le rapporteur d'angles de l'appareil.
- Soulevez le plateau jusqu'au moment où votre téléphone passe en mode portrait.
- Surveillez attentivement la position de l'aiguille pour déterminer l'angle exact auquel ce changement a lieu. Soyez aussi précis que possible. Notez cette valeur.



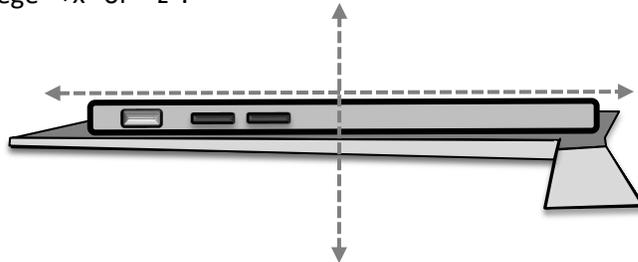
Téléphone à plat, vue du côté gauche



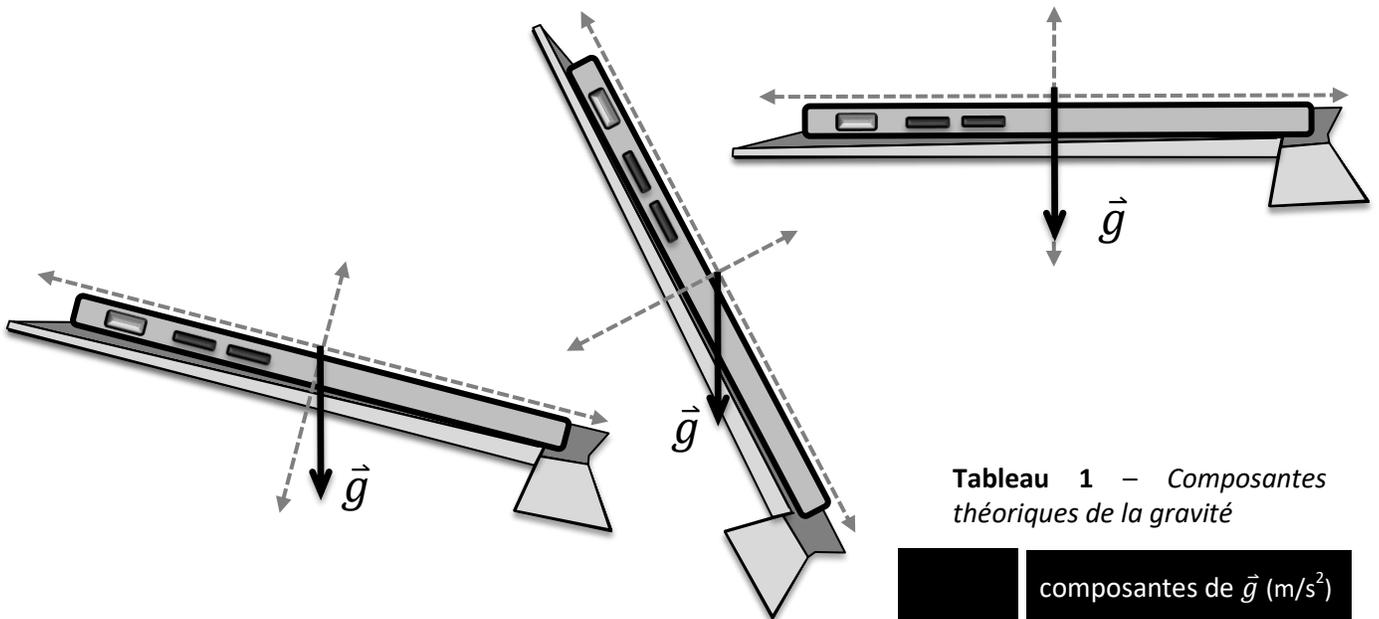
Téléphone dans son angle critique

**Partie D: Composantes de la gravité - analyse théorique**

1. Voici une vue latérale gauche d'un téléphone sur le plateau du TiltTray. En vous référant aux résultats obtenus avec "Découverte des Coordonnées", identifiez les 4 pointes de flèche avec l'axe appropriée, en utilisant l'abrégié "+x" or "-z".



2. Observez le téléphone à un angle de 10, 75 et 0 degrés. Dans tous les cas, le vecteur gravitationnel pointe directement vers le bas, mais du point de vue interne du téléphone, les composantes le long de ces axes changent. Dessinez les composantes le long de leurs axes respectifs, en les identifiant avec le choix approprié de  $g_x$ ,  $g_y$  ou  $g_z$ .



3. À partir de vos analyses, complétez le Tableau 1.

- a. Dans les deux boîtes grises, inscrivez le symbole approprié ( $g_x$ ,  $g_y$  or  $g_z$ ).
- b. Dans les autres boîtes, utilisez la trigonométrie pour déterminer les valeurs justes. Assurez-vous que le signe de chaque valeur correspond au système de coordonnées unique à votre téléphone.

**Tableau 1 – Composantes théoriques de la gravité**

angle (degrés)	composantes de $\vec{g}$ ( $m/s^2$ )	
	axe long	axe caméra
10		
75		
0		

**Partie E: Composantes de la gravité à partir des données d'accéléromètre**

1. Vous déterminerez maintenant les composantes de gravité à partir de données d'accéléromètre en utilisant Tableau 2 comme guide. Les colonnes 2 et 3 sont les données d'accéléromètre. Les colonnes 4 et 5 sont votre interprétation des données comme composantes de la gravité le long des mêmes axes mais dans les directions opposés. Dans les 4 boîtes grises du Tableau 2 ici-bas, inscrivez le symbole approprié ( $\bar{g}_x, \bar{g}_y$  ou  $\bar{g}_z, \bar{a}_x, \bar{a}_y$  ou  $\bar{a}_z$ ).

( Les symboles que vous mettrez dans les colonnes 3 et 4 devraient être identiques à ceux dans le Tableau 1 )

2. Placez le plateau à un angle de zéro degrés. Placez votre téléphone sur le plateau côté écran vers le haut, avec le côté « bouche » touchant la barre près de l'essieu. Démarrez votre application d'accéléromètre. Enregistrez les valeurs d'accélération pour les axes appropriés (**colonnes 2 et 3**). Répétez pour tous les angles énumérés.

(Les unités de la colonne sont  $m/s^2$ , si l'accéléromètre affiche en g multipliez vos lectures par 9,8.)

3. Pour chaque angle, déterminez les composantes de  $\bar{g}$  par rapport au système de coordonnées incliné du téléphone (**colonnes 4 et 5**). Révisez soigneusement la section 4 de « Comprendre les accéléromètres » avant de procéder.

(Gardez à l'esprit que les noms des axes x-y-z utilisés dans la section 4 ne correspondent pas nécessairement à ceux de la situation actuelle).

4. Enfin, illustrez le vecteur gravitationnel sous forme polaire en utilisant ces composantes (**deux dernières colonnes**). En vous référant au diagramme utilisé dans la partie 1, vous devez rapporter l'angle  $\theta_1$ .

5. Comparez les valeurs de la première et dernière colonne. Sont-elles les mêmes? Devraient-elles l'être?

**Tableau 2 – Composantes de la gravité mesurés**

Modèle de votre appareil : \_\_\_\_\_

angle (degrés)	lecture d'accéléromètre 'a' ( $m/s^2$ )		vecteur gravitationnel 'g' ( $m/s^2$ ) forme composantes		vecteur gravitationnel 'g' forme polaire	
	axe long	axe camera	axe long	axe camera	grandeur ( $m/s^2$ )	angle $\theta_1$ (degrés)
0						
72						
30						
(critique)						

## APPROFONDISSEMENT SUPPLÉMENTAIRE

1. Supposons que le plateau soit réglé sur un angle d'inclinaison de 45 degrés. Selon vous, quelles seraient les lectures des composantes de l'accéléromètre dans ce cas? Vérifiez votre hypothèse.
2. Jusqu'à présent, la bordure du téléphone se situant près de l'axe du rapporteur est le "côté du pouce". Tournez votre téléphone de 180 degrés et placez le "côté oreille" près de l'axe. Anticipez quels résultats des parties 3 et 4 seront différents. Réalisez l'expérience et notez les résultats réels.
3. Répétez les parties 3 et 4 en mettant le côté droit du téléphone le long de l'axe de rotation du plateau. Quels sont les nouveaux axes le long desquels les lectures de l'accéléromètre seront non nulles?

## QUESTIONS ADDITIONNELLES

1. Considérons un téléphone sur une surface horizontale, accéléré vers la droite (le long de son axe "droite-gauche"). Si la "bille" de l'accéléromètre a une masse de  $2,0 \times 10^{-6}$  kg et que la paroi de la boîte pousse avec une force de  $5,0 \times 10^{-6}$  N, déterminez la grandeur de l'accélération indiquée par l'appareil.

2. Pour chacune des images ci-dessous, complétez le tableau 2 en prévoyant les mesures de l'accéléromètre pour chaque axe. Assurez-vous d'inclure le signe.  
(Rappelez-vous que le vecteur accéléromètre est égal à, et à l'opposé du vecteur d'accélération gravitationnelle.)

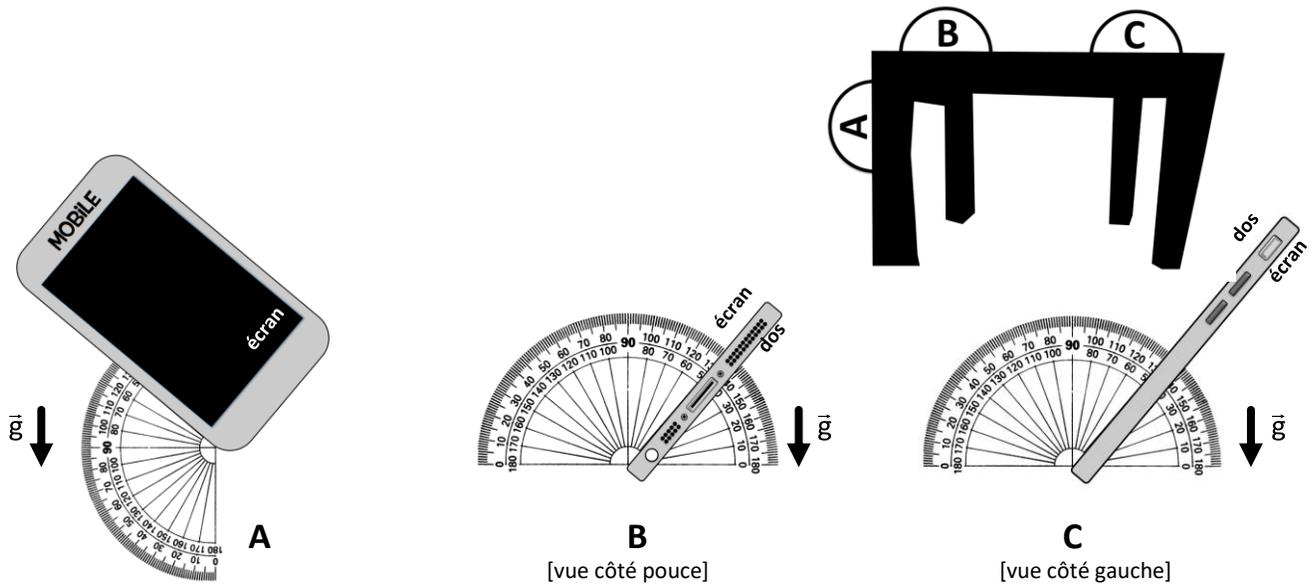


TABLE 2: prévision de la mesure des accéléromètres selon les images.

LECTURE D'ACCÉLÉROMÈTRE

image	x (m/s <sup>2</sup> )	y (m/s <sup>2</sup> )	z (m/s <sup>2</sup> )
A			
B			
C			

3. Pour chaque lecture ci-dessous, dessinez une image indiquant l'orientation du téléphone.

LECTURE D'ACCÉLÉROMÈTRE

label	x (m/s <sup>2</sup> )	y (m/s <sup>2</sup> )	z (m/s <sup>2</sup> )
A	0	0	9.8
B	9.8	0	0
C	9.76	0	0.85
D	8.5	0	4.9

4. Dessinez comment le téléphone cellulaire doit être tenu pour que les composantes x et y de l'accéléromètre soient égales.