

Pourquoi coller un « nudge » dans la cuvette des toilettes ?

Les « nudges » (à traduire de l'anglais par « coup de pouce ») sont des dispositifs permettant de modifier en douceur le comportement des individus en se basant sur la psychologie humaine.

« De fausses mouches collées dans les cuvettes des urinoirs. C'est sans doute le « nudge » le plus connu du grand public. Grâce à cet aménagement tout simple, qui incite les hommes à mieux viser, l'aéroport d'Amsterdam Schipol est parvenu à réduire de 80 % ses dépenses de nettoyage des toilettes pour hommes ! »

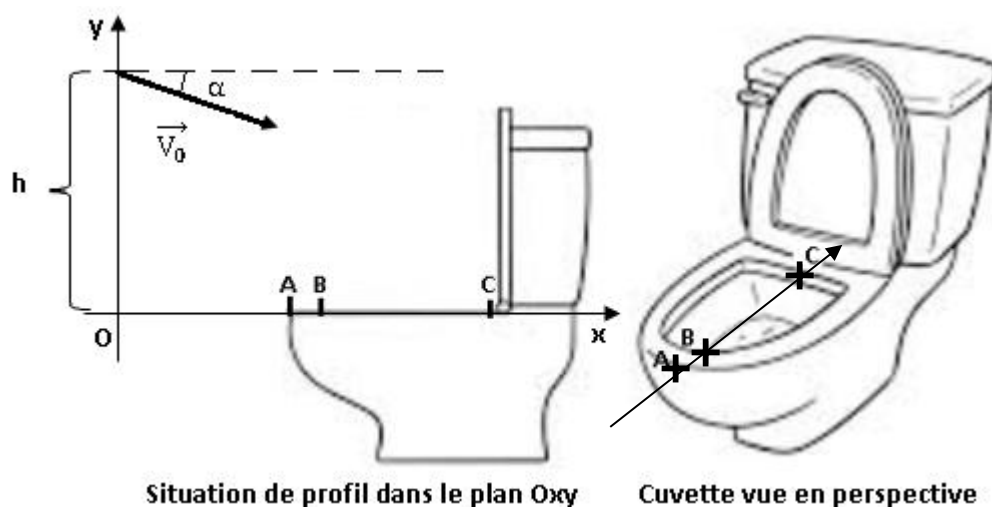


Extrait du journal *Le Parisien*, texte G.P. et photo DR.

Tout est, semble-t-il dans cet article, une question d'angle de visée. Mais positionner un « nudge » suffit-il ?

Le but de l'exercice est de vérifier quels paramètres influencent la trajectoire de la goutte de liquide.

Nous allons étudier la trajectoire de la première goutte d'urine de masse m et de centre de masse G afin de déterminer si elle atteint la cuvette dans la zone indiquée (entre B et C), à côté (entre O et A), ou sur un des bords (entre A et B ou après C).



Le mouvement sera étudié dans le plan Oxy, l'axe Ox étant pris comme référence pour l'altitude.

Le vecteur vitesse initiale \vec{V}_0 est représenté sur le schéma réalisé sans soucis d'échelle.

Dans cet exercice toutes les forces extérieures, autres que le poids, exercées sur le système, sont négligées.

- 1°) Préciser le système et le référentiel d'étude.
- 2°) Réaliser le bilan des forces.
- 3°) Indiquer, pour $t=0s$, la position du système et les coordonnées du vecteur \vec{V}_0 .
- 4°) Etablir, à partir de la 2^{ème} loi de Newton, les coordonnées du vecteur accélération \vec{a} .
- 5°) En déduire les équations horaires du mouvement de la goutte d'urine.
- 6°) Déterminer l'équation de la trajectoire.

Données :

- Vitesse initiale de la première goutte estimée à $V_0 = 2,50$ m/s.
- $h = 45,0$ cm et $OA = 15,0$ cm.
- Dimension technique de la cuvette : $AB = 4,00$ cm ; $BC = 36,0$ cm.
- Angle $\alpha = 23,0^\circ$
- Intensité du champ de pesanteur $g = 9,81$ m/s².

7°) Déterminer, dans ces conditions, la position de la première goutte de liquide lorsqu'elle atteint la même hauteur que la cuvette. Conclure

Certaines personnes souffrant de miction (trouble pour uriner) ont un débit urinaire faible, et une vitesse initiale de l'urine proche de 0,550 m/s. Une personne concernée par ce problème urine telle que l'angle α est égal à $4,00^\circ$, le vecteur vitesse initiale étant toujours orienté vers le bas.

6°) Déterminer, dans ces conditions, la position de la première goutte de liquide lorsqu'elle atteint la hauteur de la cuvette. Précisez si elle atteint la zone indiquée en justifiant votre réponse par le calcul.

7°) Précisez, pour une hauteur h et une position A fixes, quelles sont les deux paramètres qui interviennent dans la trajectoire de l'urine. Expliquer sur quel paramètre agit la présence d'un « nudge » dans la cuvette et pourquoi malgré tout, cela ne suffit pas toujours.

Remarque : En cas de trajectoire non adaptée, pensez à nettoyer pour les suivant(e)s... ☺

TG Spécialité – Éléments de réponse

1°) Système : 1^{ère} goutte d'urine de masse m Référentiel : terrestre galiléen

2°) Force : le poids $\vec{P} = m\vec{g}$ (les autres forces sont négligées devant le poids).

On applique la deuxième loi de Newton : $\Sigma \vec{F} = m\vec{a} = \text{donc} : \vec{P} = m\vec{g} = m\vec{a}$ donc $\vec{a} = \vec{g}$ donc $a_x(t) = 0$ et $a_y(t) = -g$.

3°) A l'origine des temps $t = 0\text{s}$, le système se situe à $x = 0$ et $y = h = 45,0\text{ cm}$

Les coordonnées du vecteur vitesse à l'origine des temps sont :

Projection de \vec{V}_0 sur Ox : $V_{0x} = V_0 \cos\alpha$

Projection de \vec{V}_0 sur Oy : $V_{0y} = -V_0 \sin\alpha$

On intègre \vec{a} pour trouver \vec{v} car la dérivée du vecteur vitesse est le vecteur accélération :

$v_x(t) = C1 = V_0 \cos\alpha$ avec $C1 = V_0 \cos\alpha$ car à l'instant initial $t = 0$ $v_x(0) = V_{0x}$

$v_y(t) = -gt + C2$ avec $C2 = -V_0 \sin(\alpha)$ car à l'instant initial $t = 0$ $v_y(0) = V_{0y}$

On intègre \vec{v} pour trouver \vec{OB} car la dérivée du vecteur position est le vecteur vitesse :

$x(t) = V_0 \cos(\alpha) t + C3$ avec $C3 = 0$ car à $t = 0$, le système est à $x(t = 0) = 0$

$y(t) = -\frac{1}{2} g t^2 - v_0 \sin(\alpha) t + C4$ avec $C4 = h$ car à $t = 0$, le système est à $y(t = 0) = h$ d'après les conditions initiales.

4°) On exprime y en fonction de x au lieu de t pour avoir l'équation de la trajectoire : $t = x/(V_0 \cos(\alpha))$ donc :

$$y = \frac{-gx^2}{2V_0^2 \cos^2(\alpha)} - \tan(\alpha).x + h$$

5°) D'après la question, on cherche l'abscisse x tel que $y = 0$ (puisque la cuvette est à la hauteur $y = 0\text{ m}$).

Il faut donc résoudre l'équation du second degré : Pour plus de facilité, on peut calculer chaque terme constant de l'équation :

$y = 0 = -0,926 x^2 - 0,424 x + 0,450$ soit une équation du type $ax^2 + bx + c = 0$

avec $a = -0,926$; $b = -0,424$; $c = 0,450$

On calcule $\Delta = b^2 - 4ac = (-0,424)^2 - 4 \times (-0,926) \times 0,450 = 1,85$

Il y a deux solutions mathématiques possibles mais seul la valeur positive de x obtenue sera retenue pour la situation physique :

$$x_1 = \frac{-b - \sqrt{\Delta}}{2a} \text{ et } x_2 = \frac{-b + \sqrt{\Delta}}{2a}$$

$x_1 = 0,505\text{ m}$ et $x_2 = -0,963\text{ m}$.

La première goutte de liquide arrive donc à l'abscisse $x_1 = 50,5\text{ cm}$.

D'après l'énoncé on déduit que :

$OB = OA + AB = 15,0 + 4,0 = 19,0\text{ cm}$

$OC = OA + AB + BC = 15,0 + 4,0 + 36,0 = 55,0\text{ cm}$

La première goutte de liquide arrive donc entre les points B et C, dans la cuvette. Bonne visée ! ☺

6°) On reprend la même étude qu'à la question 5 en utilisant les nouvelles valeurs numériques :

D'après la question, on cherche l'abscisse x tel que $y = 0$ (puisque la cuvette est à la hauteur $y = 0\text{ m}$).

Il faut donc résoudre l'équation du second degré : Pour plus de facilité, on peut calculer chaque terme constant de l'équation :

$y = 0 = -16,3 x^2 - 0,0699 x + 0,450$ soit une équation du type $ax^2 + bx + c = 0$

avec $a = -16,3$; $b = -0,0699$; $c = 0,450$

On calcule $\Delta = b^2 - 4ac = (-0,0699)^2 - 4 \times (-16,3) \times 0,450 = 29,3$

Il y a deux solutions mathématiques possibles mais seul la valeur positive de x obtenue sera retenue pour la situation physique :

$$x_1 = \frac{-b - \sqrt{\Delta}}{2a} \text{ et } x_2 = \frac{-b + \sqrt{\Delta}}{2a}$$

$x_1 = 0,164$ m et $x_2 = -0,168$ m.

La première goutte de liquide arrive donc à l'abscisse $x_1 = 16,4$ cm.

D'après l'énoncé on déduit que :

$$OB = OA + AB = 15,0 + 4,0 = 19,0 \text{ cm}$$

$$OC = OA + AB + BC = 15,0 + 4,0 + 36,0 = 55,0 \text{ cm}$$

La première goutte de liquide arrive donc sur le bord de la cuvette, entre les points A et B. Mauvaise visée ☹ !

Dans le cas présent, l'angle choisi ne permet pas de compenser une vitesse initiale trop faible.

7°) On constate que les deux paramètres qui influencent la trajectoire de l'urine sont à la fois sa vitesse initiale et l'angle initial. L'angle initial n'est donc pas toujours adapté à la vitesse. La présence du nudge ne suffit pas met permet d'indiquer un angle adéquat dans des conditions normale. Elle améliore donc la propreté des toilettes dans la plupart des cas, mais ce n'exclue pas de nettoyer après son passage !