

# DEVIS DE WIPE-OUT-QUÉBEC POUR LA GLISSADE À OBSTACLES

Conçu et développé par Jean de Lafontaine

Révisé par Maude J. Blondin et François Boone

Dernière mise à jour 2023-01

## Table des matières

|   |                            |   |
|---|----------------------------|---|
| 1 | Spécifications générales   | 2 |
| 2 | Trajectoire et débit d'eau | 2 |
| 3 | Ballon-mousse et minuterie | 3 |
| 4 | Coussin trampoline         | 4 |
| 5 | Bassin d'eau               | 5 |

## 1 Spécifications générales

Pour la gravité, on utilisera  $g = 9.81\text{m/s}^2$

Participant-référence :

- masse  $m = 80\text{ kg}$  ;
- coefficient hydrodynamique  $b = 47\text{ kg/m}$  ;
- flottabilité légèrement négative :  $k_f = 0.95$ .

## 2 Trajectoire et débit d'eau

### 2.1 Suppositions

- Trainée aérodynamique négligée par rapport à la friction sur la glissade.
- Coefficient de friction dynamique entre participant et glissade  $\mu_f$  qui dépend du débit d'eau sur la glissade.
- force de fiction  $F_f = (\text{coefficient de friction}) \times (\text{force normale du participant})$  ce qui donne :  $F_f = \mu_f mg \cos(\theta)$  où  $\theta$  est l'angle entre la normale à la surface de la glissade et la direction de la gravité.

### 2.2 Requis

- La trajectoire doit interpoler les 5 coordonnées  $(x, y)$  du tableau 1 dans un plan vertical.

**TABEAU 1** – Coordonnées de la trajectoire

| Points                       | A  | B  | C  | D  | E                     |
|------------------------------|----|----|----|----|-----------------------|
| Coordonnées horizontales (m) | 0  | 8  | 15 | 20 | 25                    |
| Coordonnées verticales (m)   | 30 | 19 | 20 | 16 | $10 \leq y_f \leq 15$ |

- La valeur de  $y_f$  est au choix, dans la plage spécifiée, pour contrôler l'angle et la vitesse de sortie.
- La valeur de  $y_f$  doit assurer une sortie de glissade à peu près horizontale (exigence qualitative) pour assurer une transition naturelle avec la surface horizontale de la trappe.
- Des vitesses maximale de 45 km/h et minimale de 10 km/h (idéalement 15 km/h) sont imposées sur le parcours.
- La vitesse de sortie au point E doit être entre 20 km/h et 25 km/h.
- Le coefficient de friction dynamique entre le participant et la surface de la glissade dépend du débit d'eau à l'entrée de la glissade. Le débit est contrôlé par une valve dont l'ouverture varie de 0% à 100%.

- Des mesures bruitées du coefficient de friction (voir tableau 2) pour différentes ouverture de la valve ont été obtenues de façon expérimentale en mesurant la vitesse finale des volontaires et en déduisant la friction effective moyenne.

**TABEAU 2** – Coefficient de friction dynamique en fonction de l'ouverture de la valve

| Tests         | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Ouverture (%) | 0    | 10   | 20   | 30   | 40   | 50   | 60   | 70   | 80   | 90   | 100  |
| Coefficient   | 0.87 | 0.78 | 0.71 | 0.61 | 0.62 | 0.51 | 0.51 | 0.49 | 0.46 | 0.48 | 0.46 |

- Il faut lisser toutes les données, ne pas simplement interpoler entre deux points puisque l'erreur RMS de l'approximation sera requise pour calculer l'erreur RMS sur la vitesse finale au point E.

### 2.3 Livrables

- valeur de  $y_f$  (hauteur à la fin de la trajectoire au point E) ;
- coefficients du polynôme d'interpolation de la trajectoire ;
- ordre et coefficients du polynôme d'approximation de  $\mu_f$  en fonction de l'ouverture de la valve ;
- coefficient de friction dynamique  $\mu_f$  choisi avec l'erreur RMS de l'approximation ;
- ouverture de la valve en pourcentage qui correspond au coefficient de friction selon le polynôme d'approximation ;
- graphique de la vitesse du participant le long de la trajectoire (en fonction de la coordonnée horizontale,  $x$ ) ;
- vitesse finale du participant au point E, erreur dans cette vitesse causée par l'erreur RMS dans  $\mu_f$  ; si les spécifications du client ne sont pas respectées en tenant compte de l'erreur RMS, proposer une recommandation pour le client ;
- les développements à la main et les calculs sur MATLAB qui justifient ces réponses.

## 3 Ballon-mousse et minuterie

### 3.1 Suppositions

- L'impact est direct et central ; il a lieu au point E, avant de parcourir la longueur  $L_T$  de la trappe.
- La friction entre le participant et la surface de la trappe est négligeable (pour simplifier).
- Il y a conservation de la quantité du mouvement (aucune impulsion externe).

### 3.2 Requis

- Vitesse du ballon avant impact  $v_b = -1.0$  m/s .
- Masse du ballon  $m_b = 8$  kg.
- Longueur de la trappe  $L_T = 3$  m.
- Cas où le ballon est attrapé (G1) :
  - coefficient de restitution = 0.
  - selon la vitesse du participant-ballon après impact  $v'_{pb}$ , la minuterie d'ouverture de la trappe ( $\Delta t_m$ ) doit assurer que le participant-ballon ait quitté la surface de la trappe avant que celle-ci ne s'ouvre.
- Cas où le ballon rebondit (G2) :
  - coefficient de restitution = 0.8.
  - selon la vitesse  $v'_{pb}$  du participant après le rebond avec le ballon, la même minuterie d'ouverture de la trappe ( $\Delta t_m$ ) doit assurer que le participant soit encore sur la trappe quand celle-ci s'ouvre
- Une marge de 0.02 seconde doit être assurée avant et après la durée  $\Delta t_m$  pour séparer de façon sécuritaire G1 et G2

### 3.3 Livrables

- La durée de la minuterie avant que la trappe ne s'ouvre :  $\Delta t_m$ .
- la marge obtenue (doit être  $> 0.02$ s)
- Cas où le ballon est attrapé :
  - la vitesse du participant-ballon après impact plastique  $v'_{pb}$  ;
  - le temps requis pour quitter la surface de la trappe ( $< \Delta t_m - 0.02$  s)
- Cas où le ballon rebondit :
  - la vitesse du participant après impact semi-élastique  $v'_p$  ;
  - le temps requis pour quitter la surface de la trappe ( $> \Delta t_m + 0.02$  s)
- Les développements à la main et les calculs sur MATLAB qui justifient ces réponses.

## 4 Coussin trampoline

### 4.1 Suppositions

- Participant-ballon tombe d'une hauteur  $h_0$  avec vitesse initiale nulle.
- Coussin-trampoline considéré un ressort linéaire de constante  $k_c$ .
- Masse du coussin-trampoline négligeable.
- Trainée aérodynamique pendant la tombée négligeable.
- Amortissement dans le coussin-trampoline négligeable.
- Participant-ballon collé au coussin-trampoline après l'impact (pas de rebond du participant-ballon).

## 4.2 Requis

- hauteur de tombée :  $h_0 = 5$  m (par rapport à la surface non déformée du coussin-trampoline)
- rigidité du coussin :  $k_c = 6000$  N/m.

## 4.3 Requis

- déformation maximale du coussin-trampoline :  $\Delta h_c$  (pour assurer la protection du participant)
- les développements à la main et les calculs sur MATLAB qui justifient cette réponse

# 5 Bassin d'eau

## 5.1 Suppositions

- on néglige la traînée aérodynamique pendant la tombée dans l'air ;
- on ignore la forme physique du participant ; on ne considère que le déplacement de son centre de masse
- les forces appliquées sur le participant une fois dans l'eau sont la gravité ( $mg$ ), la flottabilité de forme  $k_f mg$  et la traînée hydrodynamique de la forme  $bv^2$ , les deux dernières s'opposant à la vitesse de descente dans l'eau, où  $b$  est le coefficient hydrodynamique,  $k_f$  le facteur de flottabilité et  $v$  la vitesse dans l'eau.
- les calculs se font sur la base de l'équation différentielle linéarisée
- on suppose que le participant tombe dans l'eau d'une hauteur  $h_1$  avec une vitesse initiale nulle.
- la profondeur sécuritaire  $z_{\text{bassin}}$  du bassin d'eau est la profondeur à laquelle la vitesse du participant est réduite à une vitesse d'impact  $v_f$  sécuritaire.

## 5.2 Requis

- Hauteur de tombée :  $h_1 = 10$  m (par rapport à la surface de l'eau).
- $v_f = 1$  m/s (ce qui correspond à frapper un mur pendant une marche normale à 3.6 km/h).
- NOTE : on utilise la 2<sup>e</sup> loi de Newton pour obtenir la variation de la vitesse en fonction du temps :

$$m \frac{d\vec{v}}{dt} = \sum \vec{F} \quad (1)$$

où la vitesse et la distance sont positives vers le bas et les forces appliquées sont la gravité (vers le bas), la flottabilité (vers le haut) et la traînée hydrodynamique (vers le haut) (convention de signes : positif vers le bas).

- Pour obtenir une équation de la vitesse en fonction de la distance  $z$  parcourue vers le fond, on utilise la transformation avant de linéariser votre équation :

$$\frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d\vec{v}}{dz} \frac{dz}{dt} = \vec{v} \frac{dv}{dz} \quad (2)$$

### 5.3 Livrables

- L'équation différentielle non linéaire.
- L'équation d'équilibre.
- La vitesse limite du participant dans l'eau  $v_0$ .
- L'équation différentielle linéarisée.
- La profondeur sécuritaire du bassin d'eau  $z_{\text{bassin}}$ .
- Les développements à la main (linéarisation) et les calculs sur MATLAB qui justifient ces réponses.