

ACTIVITÉ PRATIQUE

Modélisation des actions mécaniques

Cette série d'activité est consacrée à la prise en main du logiciel OpenModelica (logiciel de modélisation multi-physique ¹) par des activités simples.

Remarque importante

OpenModelica ne supporte **aucun caractère spécial ni accent**, que ce soit dans le nom de fichier ainsi que dans le chemin d'accès au fichier ! Prendre garde de ne créer que des répertoires sans caractère spécial ni accent.

1 Préambule

Pour réaliser les activités proposées, il est préférable d'avoir à portée de main le cours *Modélisation des actions mécaniques*.

2 Poids

2.1 Données

On s'intéresse à une sphère :

- diamètre : $D_{sp} = 30 \text{ cm}$
- matériau : Hêtre

La densité du hêtre est fournie figure 1 afin de déterminer sa masse.

Essence	Densité sec à l'air	Essence	densité sec à l'air
Chêne tauzin	0,999	Érable sycomore	0,655
Sorbier domestique	0,972	Alisier torminal	0,655
Micocoulier	0,950	Orme	0,655
Cornouiller mâle	0,945	Châtaigner	0,648
Olivier	0,940	Bouleau	0,607
Buis	0,935	Pin Sylvestre	0,540
Chêne rouvre	0,780	Saule marsault	0,535
Prunier, néflier, cerisier	0,750	Aulne commun	0,534
Chêne pédonculé	0,715	Mélèze	0,530
Érable champêtre	0,702	Peuplier blanc	0,515
Sorbier des oiseleurs	0,700	Tilleul	0,500
Charme	0,700	Sapin commun	0,496
Robinier	0,700	Cèdre	0,494
Platane	0,680	Épicéa	0,460
Hêtre	0,680	Tremble	0,459
Frêne	0,670	Peuplier d'Italie	0,390

Figure 1: Densité de différentes essences de bois

2.2 Calculs préliminaires

Déterminer le volume V_{sph} de la sphère ainsi la masse m_{sp} de la sphère.

¹Un tel logiciel est en mesure de modéliser tout ou partie d'un système complexe et de faire interagir les domaines divers tels que électrique, mécanique, fluide, thermique, etc

2.3 Chute libre

Simuler est une chose mais comprendre les hypothèses de simulation est encore plus important !

Objectif

Montrer que la masse et/ou la forme de l'objet en **chute libre** a / n'a pas d'influence sur la vitesse de chute.

D'après vous ? **Énoncer** votre hypothèse !

1. **Donner** la définition d'une chute libre (cf. wikipédia)

2. **Réaliser** le Bilan des Actions Mécaniques Extérieures (B.A.M.E) sur la sphère.

3. **Télécharger** Le modèle OpenModelica "*poids1eleve.mo*"

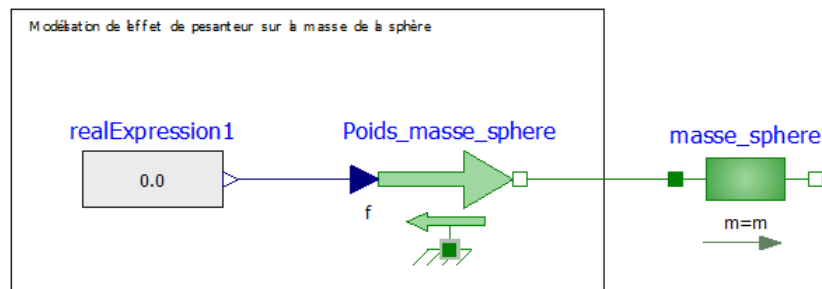


Figure 2: Modèle OpenModelica

4. **Paramétrer** le modèle pour que la masse de la sphère soit soumise à une force de pesanteur terrestre ($g = 9.81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$)

La masse est située à 100 m d'altitude (paramétrage de $s.start = 100$ dans `masse_sphere`)

5. **Déterminer** la vitesse de l'objet lors de l'impact avec le sol situé à 0 m d'altitude ainsi que le temps nécessaire.
6. **Investiguer** à partir du modèle fourni figure 2 afin de confirmer ou infirmer votre hypothèse énoncée lors de la présentation de l'objectif.

2.4 Chute avec frottement fluides turbulents

Le modèle de connaissance précédemment proposé est simple et il est aisé de calculer les vitesses et les distances parcourues "à la main".

En l'absence de vide, autrement dit en présence d'un fluide (l'air ou l'eau par exemple), mener le calcul "à la main" est beaucoup plus fastidieux car il fait intervenir une équation différentielle en raison de la présence de frottements fluides turbulents ² (présence de l'air dans notre cas).

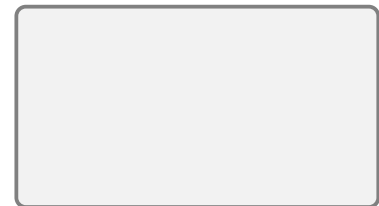
Nous allons nous servir de la modélisation multiphysique pour observer l'influence des frottements fluides sur le mobile (la sphère) en chute dans l'air.

Objectif

Montrer l'influence de la traînée aérodynamique sur le comportement cinématique ^a
D'après vous, la vitesse se stabilise t'elle contrairement à la chute libre ?

^acinématique : domaine de la mécanique qui s'intéresse aux positions, vitesses et accélérations

1. **Réaliser** le Bilan des Actions Mécaniques Extérieurs (B.A.M.E) sur la sphère.



2. **Télécharger** Le modèle OpenModelica "*poids_avec_trainee_eleve.mo*"

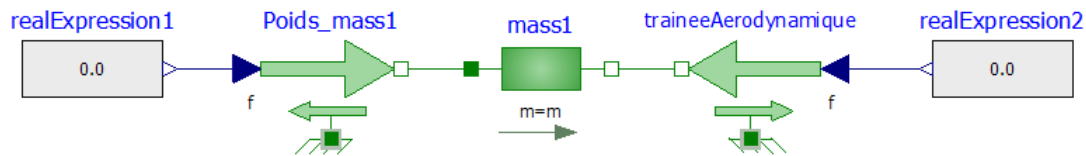


Figure 3: Modèle OpenModelica

3. À l'identique de la chute libre, **Paramétrer** le modèle pour que la masse de la sphère soit soumise à une force de pesanteur terrestre ($g = 9.81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$) et **paramétrer** les frottements fluides turbulents (traînée aérodynamique).

La masse est toujours située à 100 m d'altitude (paramétrage de $s.start = 100$ dans $masse_sphère$)

4. **Déterminer** la vitesse de l'objet lors de l'impact avec le sol situé à 0 m d'altitude ainsi que le temps nécessaire pour atteindre le sol.
5. **Déterminer** à partir du modèle fourni figure 3 l'altitude nécessaire pour que la vitesse soit stabilisée avant l'impact au sol.

Un parachutiste se jette à 5000 m d'altitude. Il souhaite ouvrir son parachute à 1000 m sachant qu'il plonge à pic. Le coefficient aérodynamique est de $C_x = 0.4$ et la surface frontale du est de $S_f = 0.13 \text{ m}^2$.

6. **Déterminer** le temps de chute à indiquer au parachutiste pour déclencher l'ouverture de son parachute à une altitude de 1000 m

²appelés traînée aérodynamique ou hydrodynamique selon que c'est dans l'air ou dans l'eau que le mobile se déplace.

3 Poussée d'Archimède

Le mobile (la sphère) est cette fois complètement immergée à 10 m de profondeur.

Objectif

Montrer l'influence de la **poussée d'Archimède** ainsi que celle de la traînée hydrodynamique sur le comportement cinématique.

Réaliser le Bilan des Actions Mécaniques Extérieures (B.A.M.E) sur la sphère complètement immergée à 10 m de profondeur sachant que la mobile (la sphère) remonte en raison

1. de la poussée d'Archimède.



2. **Télécharger** Le modèle OpenModelica "*poidsPousseArchimedeEleve.mo*"

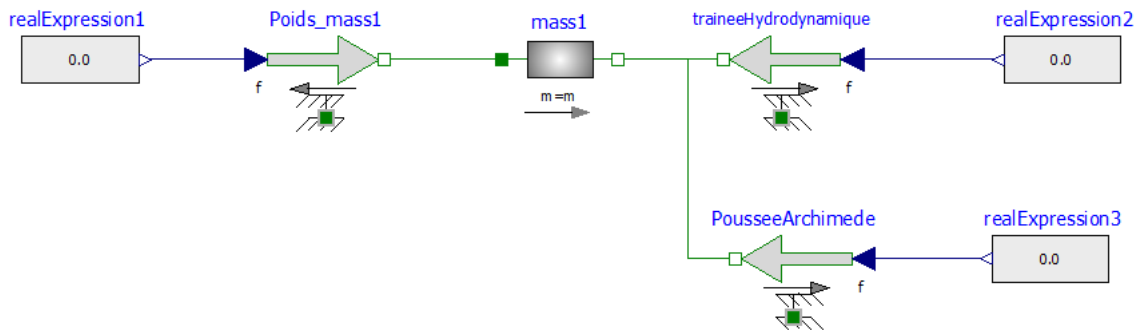


Figure 4: Modèle OpenModelica

3. À l'identique de la chute avec frottement turbulent, **Paramétrer** le modèle pour que la masse de la sphère soit soumise à une force de pesanteur terrestre ($g = 9.81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$), la traînée hydrodynamique (car ici le mobile est dans l'eau) et **paramétrer** la force correspondant à la poussée d'Archimède.
4. **Déterminer** à partir du modèle fourni figure 4 le temps nécessaire à la sphère pour remonter à la surface.
5. **Déterminer** la vitesse maximale atteinte et **indiquer** la condition sur les forces pour que la sphère cesse d'accélérer.

On s'intéresse à présent à la sphère réalisée en **Épicéa**. Le volume reste inchangé.

6. **Modifier** le modèle pour satisfaire au changement de matériau.
7. **Déterminer** à partir du modèle fourni figure 4 le temps nécessaire à la sphère pour remonter à la surface.
8. **Expliquer** pourquoi le temps de remontée est différent.

4 Résistance au roulement

On s'intéresse cette fois à la résistance au roulement des pneus d'une voiture sur la route.

Objectif

Déterminer la distance parcourue supplémentaire lorsque la voiture passe en roue libre avec une vitesse initiale de $30 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ avec deux types de pneumatiques (pneus) offrant pour l'un, un Crr_1 de 0.015 et pour l'autre un Crr_2 de 0.013.

On se propose de réaliser par la modélisation une simulation fournissant des résultats similaires à la réalisation réelle telle que montrée dans la vidéo figure 5

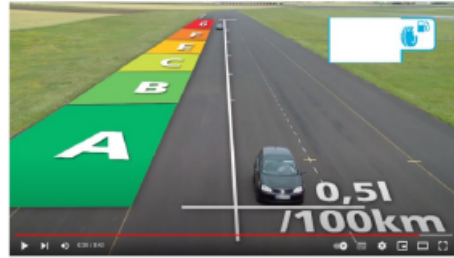


Figure 5: Lien vers vidéo d'illustration de la résistance au roulement

Réaliser le Bilan des Actions Mécaniques

1. Extérieurs (B.A.M.E) sur la voiture lancée à une vitesse initiale de $30 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$



2. **Télécharger** Le modèle OpenModelica "*voitureResistanceRoulementEleve.mo*"

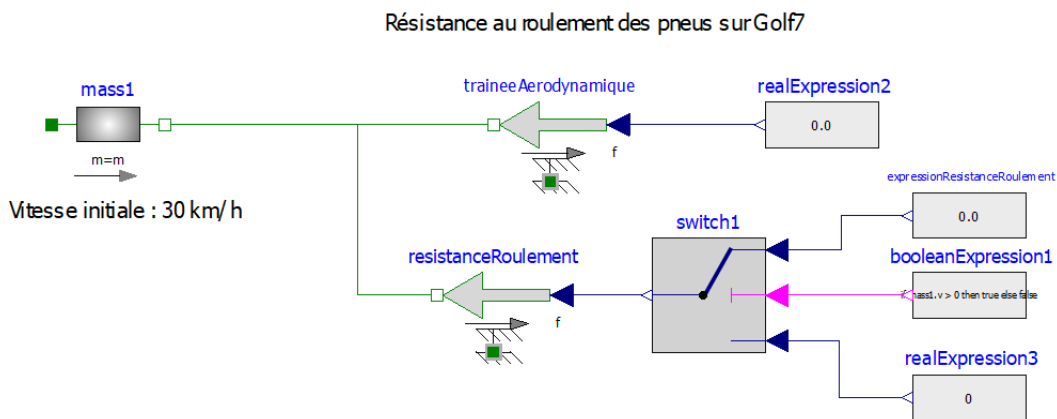


Figure 6: Modèle OpenModelica

3. En vous aidant de l'annexe 1 relatif aux caractéristiques de la Golf 7, **Paramétrer** le modèle pour faire intervenir l'ensemble des actions mécaniques extérieures. Ne pas oublier de paramétrer *mass1* avec une vitesse initiale de $30 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ (Aller dans les attributs de *mass1* et paramétrer *v.start*).

4. **Déterminer** à partir du modèle fourni figure 6 le temps nécessaire à la voiture s'arrêter.

5 Skieur

Objectif

Déterminer le gain en vitesse maximale obtenue pour une piste de ski avec deux pentes différentes ($pen\text{te}_1 = 30\%$ et $pen\text{te}_2 = 40\%$).

Rappel

On rappelle que la pente correspond à la tangente de l'angle ...

$$\tan(\theta) = \frac{\text{cote opposé}}{\text{cote adjacent}}$$

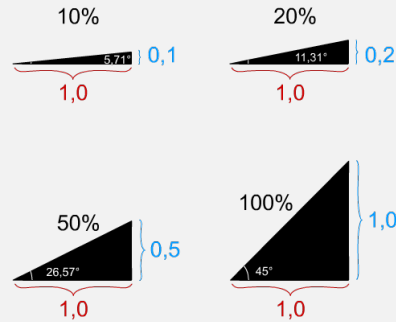


Figure 7: Exemples de pentes

- Indiquer** le Bilan des Actions Mécaniques Extérieures (B.A.M.E) du skieur (figure 8) le nom des différents forces, leurs expressions détaillée et les écrire en vecteurs colonne.

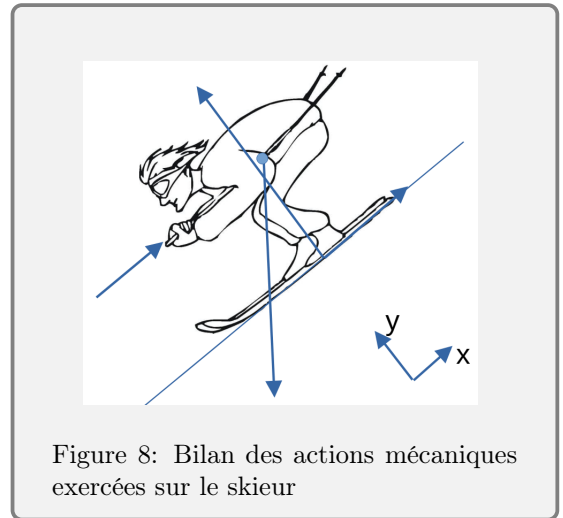
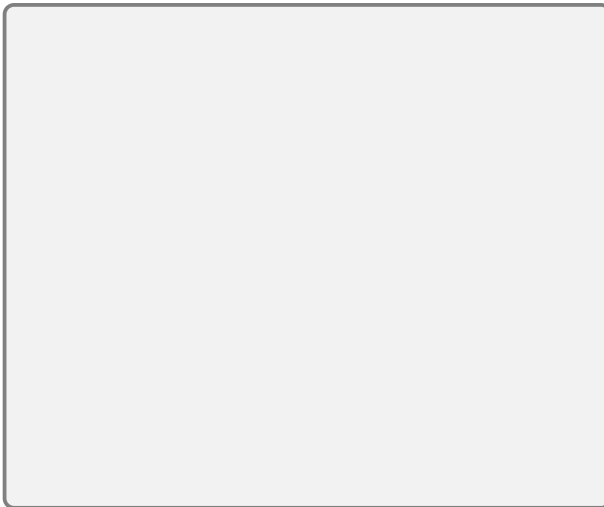


Figure 8: Bilan des actions mécaniques exercées sur le skieur

- Télécharger** Le modèle OpenModelica "*skieurAvecTraineeEleve.mo*"

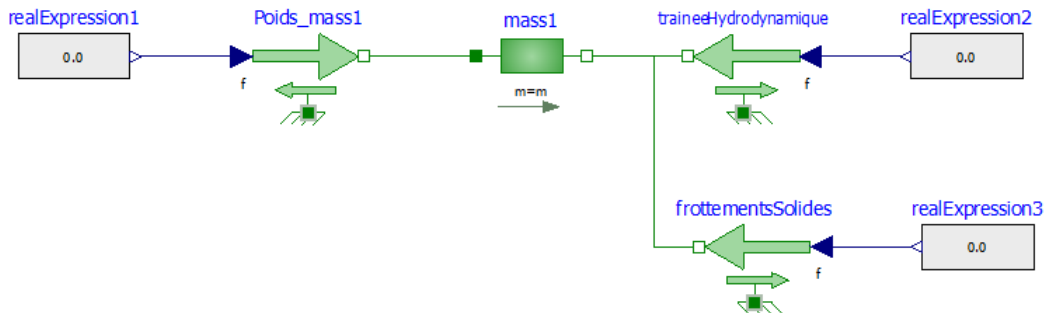


Figure 9: Modèle OpenModelica

Le SCx du skieur sera pris à 0.372, la masse volumique de l'air à $1.2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ et la masse du skieur à 80 kg.

Attention : OpenModelica utilise les unités du système international, les angles sont donc en radians !

3. **Paramétrer** le modèle pour faire intervenir l'ensemble des actions mécaniques extérieures.

Annexe 1 - Caractéristique technique Golf 7

Caractéristiques techniques de la Golf 7 GTI Performance	
Années de Production	2013
Moteur de la Golf 7 GTI Performance	
Type (nb de cylindres)	4 en ligne
Position	Transversal avant
Matériaux (Culasse/Bloc)	Alliage léger / Fonte
Nombre de soupapes par cylindre	4
Distribution	2 ACT (admission et échappement à calage variable, chaîne)
Alimentation allumage	Gestion électronique intégrale (injection direct et indirect)
Suralimentation	Turbo + échangeur air/air
Cylindrée (cm ³)	1984cm ³
Alésage x course (mm)	82.5 x 92.8
Rapport volumétrique	9.6
Puissance maxi (ch à tr/min)	230 de 4700 à 6200tr/min
Puissance au litre (ch)	115.93ch/l
Couple maxi (mkg à tr/min)	35.7 de 1500 à 4600tr/min
Couple au litre (mkg)	17.99mkg/l
Régime maximum (tr/min)	7300tr/min
Transmission - Carrosserie - Châssis	
Cx	0.318
SCx	0.7
Boite de Vitesse	Mécanique DSG séquentielle à 6 rapports
Transmission	Traction
Suspension Avant	McPherson (triangles)+ barre antiroulis
Suspension Arrière	Essieu multibras, ressorts/amortisseurs séparés, barre antiroulis
Direction	Crémaillère assistée
Freins	Disques ventilés de 340 mm à l'avant et disques ventilés de 310 mm à l'arrière.
Antiblocage	ABS + EBV
Poids et dimensions de la Golf 7 GTI Performance	
Poids	1382kg
Rapport poids / puissance	6.01kg/ch
Longueur	4268mm
Largeur	1790mm
Hauteur	1442mm
Empattement	2631mm
Voies	1538mm à l'avant et 1517mm à l'arrière
Jantes	7"5 x 17
Pneumatiques	225/45/17 (Bridgestone Potenza S001) à l'avant / 225/45/17 (Bridgestone Potenza S001) à l'arrière

Figure 10: Caractéristique technique Golf 7