

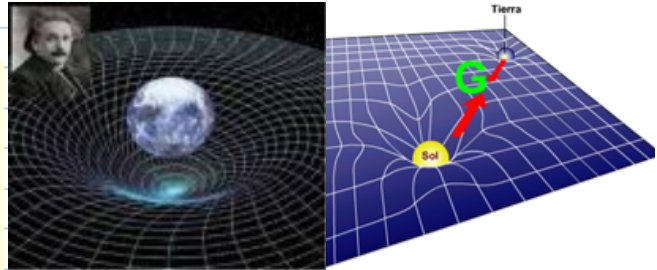
La dynamique s'intéresse aux causes du mouvement.

D.1 Forces (généralités): une force est présente lorsqu'il y a une traction ou une poussée.

a. La physique moderne a identifié 4 forces fondamentales qui régissent l'univers entier.

{nommer les 4 forces}

- Force de gravité (F_g)
- Forces électromagnétiques
- Forces nucléaires faibles
- Forces nucléaires fortes



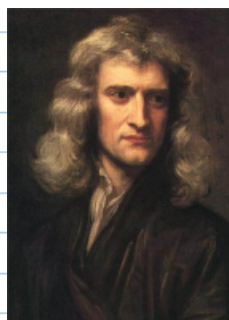
b. Dans la vie quotidienne, on a donné des noms plus familiers à certaines manifestations de ces forces.

{nommer les forces}

- Force motrice (F_m): nom général donné à une force qui essaie de mettre quelque chose en mouvement.
- Force de friction (F_f): Force présente entre des surfaces en contact.
- Force d'Archimède (F_A): force exercée sur les objets qui sont plongés dans un fluide.
- Force de soutien (F_s): Force qui soutient!!! (original non?)
- F_{nom} : Réellement, vous pouvez identifier les forces avec un nom qui vous convient!
- Force nette (ou résultante) (F_n): **ATTENTION!** il ne s'agit pas réellement d'une force; il s'agit de la somme de toutes les forces.

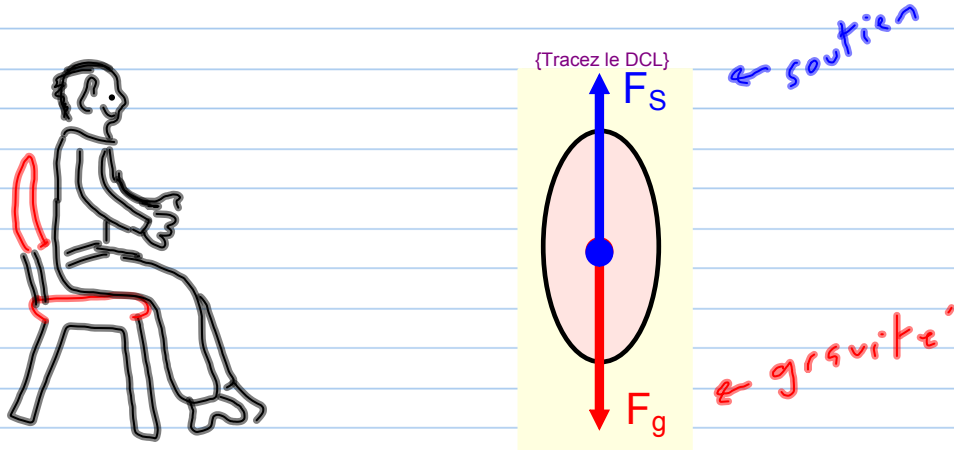
Remarque: Les symboles utilisés peuvent changer selon les livres, les écoles, les enseignants etc. Soyez flexibles!

c. Les forces sont mesurées en Newtons (**N**) en l'honneur de Isaac Newton. Les forces sont des quantités vectorielles (la direction est importante!)



D.2 Forces et diagrammes de corps libres (DCL): il est souvent très utile de faire un dessin sur lequel on illustre toutes les forces qui agissent sur un objet.

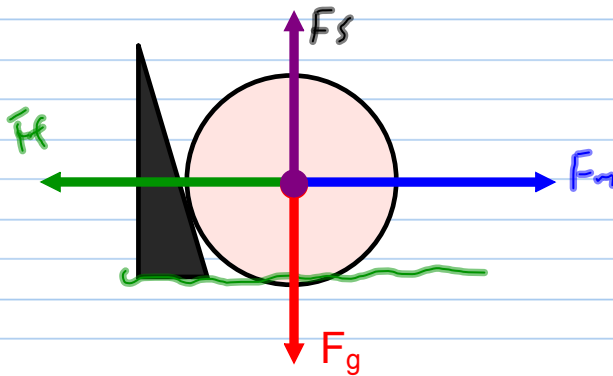
Ex 1: Tracez un DCL illustrant les forces qui agissent présentement sur vous (vous êtes présentement assis sur une chaise).



Ex 2: Balle de golf

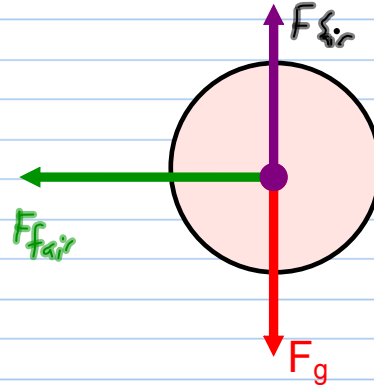
pendant le contact

{Tracez les forces}



après le contact dans les airs

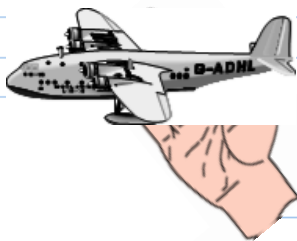
{Tracez les forces}



Ex 3: Avion (en papier)

pendant le contact

{Tracez les forces}



après le contact

{Tracez les forces}



Même chose que la balle!

D.3 Force nette et addition de vecteurs

a. Lorsque plusieurs forces agissent sur un objet, on peut les additionner pour déterminer le résultat de toutes ces forces.

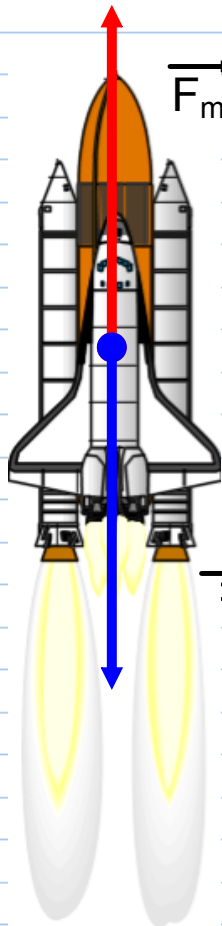
{Inscrire la formule de l'addition des forces}

$$\vec{F}_n = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \dots + \vec{F}_p$$

où $p \in \mathbb{N}^*$
appartient

signifie tous les nombres entiers positifs

b. Problèmes se déroulant sur un seul axe. On peut simplement additionner les forces.



$$\vec{F}_m = 5 \times 10^6 \text{ N}$$

$$\vec{F}_f + \vec{F}_g = -9 \times 10^5 \text{ N}$$

{Calcul}

$$\vec{F}_n = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots$$

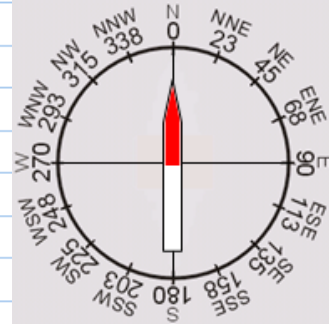
$$\vec{F}_n = \vec{F}_m + (\vec{F}_f + \vec{F}_g)$$

$$\vec{F}_n = 5 \times 10^6 - 9 \times 10^5 \text{ N}$$

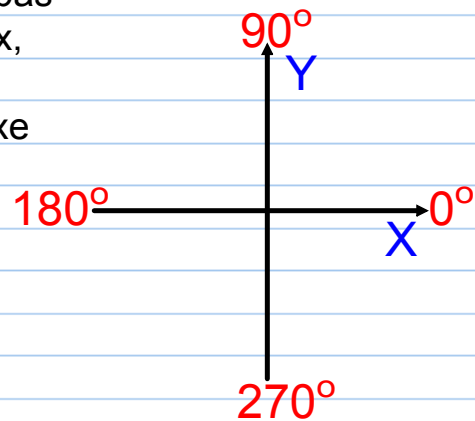
$$\vec{F}_n = 4,1 \times 10^6 \text{ N}$$

- C. Problèmes en deux dimensions: Lorsqu'un objet est soumis à des forces qui sont exercées dans plusieurs directions à la fois, un signe n'est pas suffisant pour tenir compte de la direction. On doit utiliser des angles!

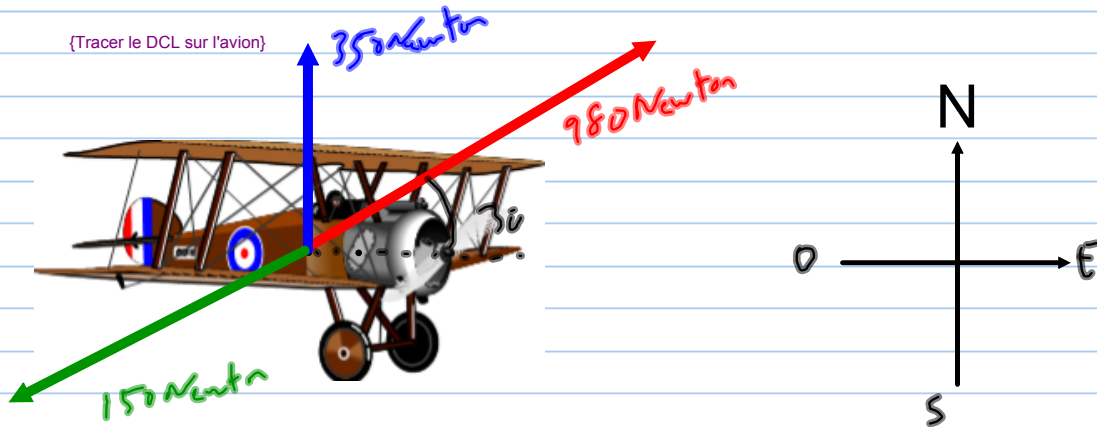
Pour les problèmes où la direction est indiquée par rapport aux points cardinaux, nous utiliserons la convention utilisée en géographique. (le "0°" se trouve au Nord)
Ex: [N10°E]



Pour les problèmes où la direction n'est pas indiquée par rapport aux points cardinaux, nous utiliserons la convention utilisée en mathématiques. (le "0°" se trouve sur l'axe des "x".)



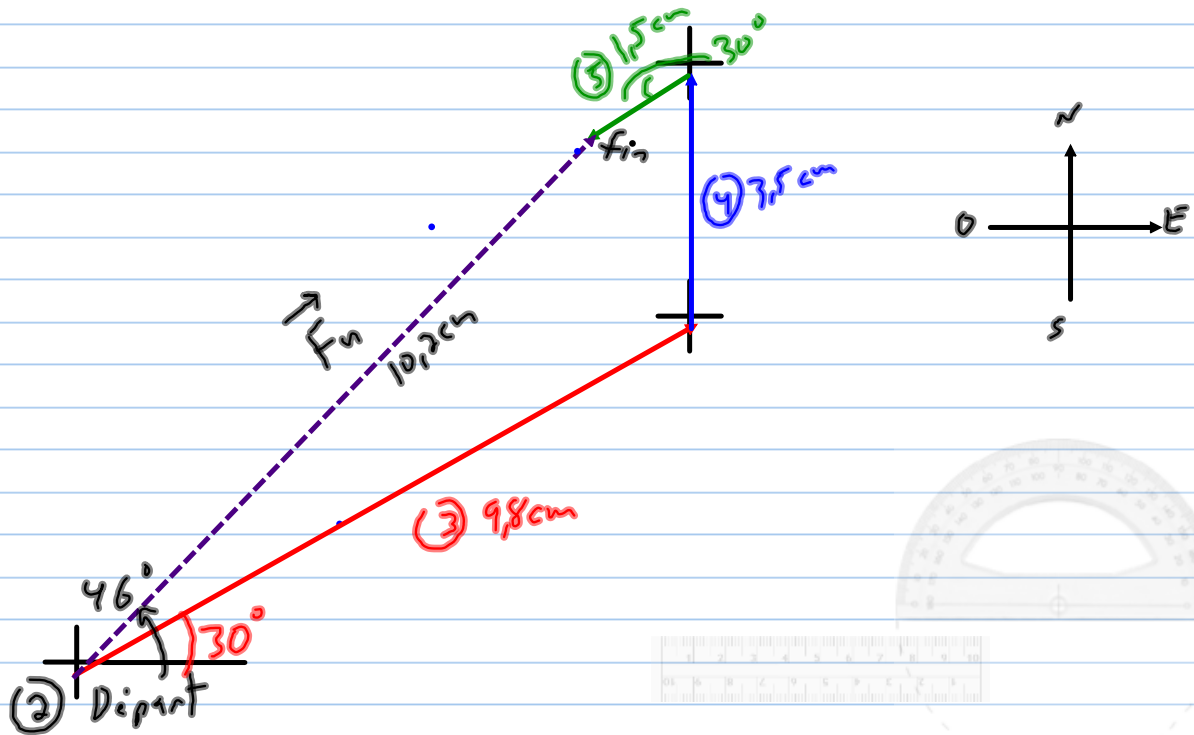
Ex: Les moteurs d'un petit avion fournissent une force de [980N, E30°N]. Un vent est présent qui exerce une force de [350N, N]. Finalement, l'avion subit une force de friction de [150N, O30°S]. Calculez la force nette.



Solution: vous devez faire un dessin à l'échelle. Vous devez tracer des flèches dont la longueur représentera la grandeur de la force.

{Tracer les vecteurs et résumer les étapes: 1-échelle, 2-point d'origine, 3-4-5 tracer les vecteurs, 6 vecteur résultant}

(1) échelle: 1cm = 100N



∴ Rép. $\vec{F}_n = [1000 \text{ N}, \text{E}46^\circ \text{N}]$

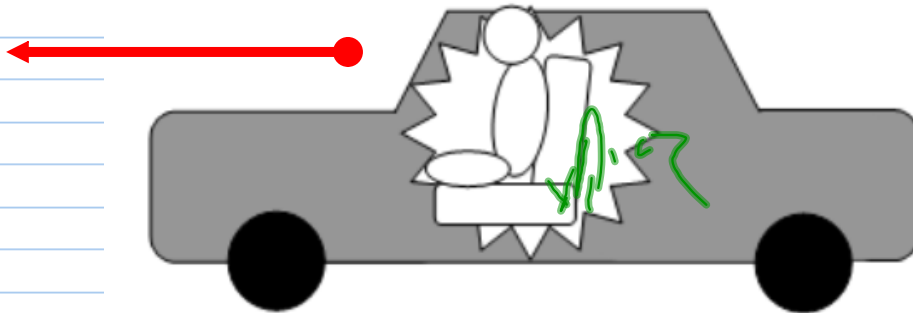
↑ {Newton}
↑ {Nord}

D.4 Première loi de Newton: (démon: balle de golf - poulie)

{énoncer la première loi de Newton}

- Un objet immobile "veut" demeurer immobile
- Un objet en mouvement "veut" continuer à aller à vitesse constante en ligne droite.

Ex 1: Expliquez en mots pourquoi il est important de s'attacher lorsqu'on prend place dans une voiture. Supposez que vous allez à 100km/h.



{Écrire la réponse}

Rép: Si la voiture freine, le conducteur continuera à aller à 100km/h vers l'avant et frappera le pare-brise ou le volant ou le tableau de bord etc.

Ex 2: Que ce passe-t-il lorsque vous amorcez une courbe serrée en gardant une vitesse relativement élevée?



{Écrire la réponse}

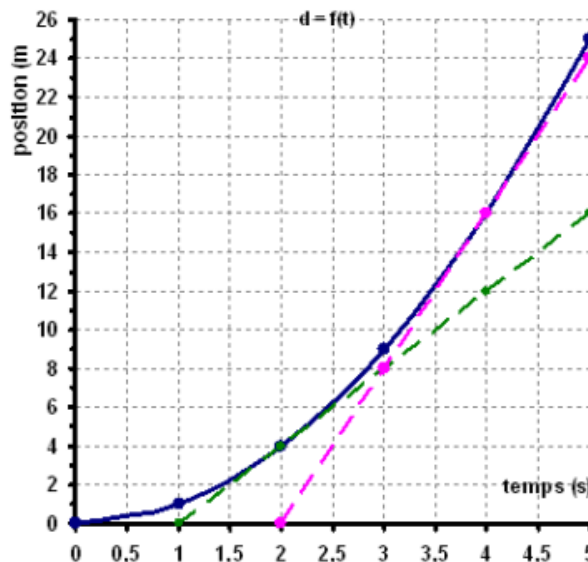
Vous avez l'impression d'être projeté vers l'extérieur de la courbe. Cependant, la réalité est que vous voulez continuer à aller en ligne droite et que la voiture vous coupe!

Remarque: La propriété de résister au changement s'appelle l'inertie. La masse est une mesure d'inertie. Plus un objet est lourd et plus il a de l'inertie.

Problèmes de départ :

1. Un monsieur promène son St-Bernard sur la rue quand celui-ci aperçoit un chat un peu plus loin sur le trottoir. Le St-Bernard tire avec une force de 850N vers la droite alors que le monsieur tire avec une force de 700N vers la gauche.

- a Tracez le DCL représentant les forces exercées sur le monsieur.
- b Le graphique suivant représente le trajet du Monsieur.



- i. À l'aide de vos notions de cinématiques, décrivez le mouvement du monsieur.
- ii. En supposant que ce graphique représente un mouvement uniforme, calculez l'accélération du monsieur.
- iii. Calculez la force nette exercée sur le monsieur.
- iv. En sachant que la masse du monsieur est de 75kg, essayez de trouver un modèle mathématique exprimant la force nette en fonction de la masse et de l'accélération.

D.5 2^{ième} loi de Newton: Newton a déterminé que tout objet soumis à une force nette non nulle subit une accélération.

{Inscrire la 2ième loi de Newton}

$$\vec{F}_n = m \vec{a}$$

\vec{F}_n : force nette mesurée en Newtons (**N**)

m : masse mesurée en kilogrammes (**kg**)

\vec{a} : accélération mesurée en (**m/s²**)

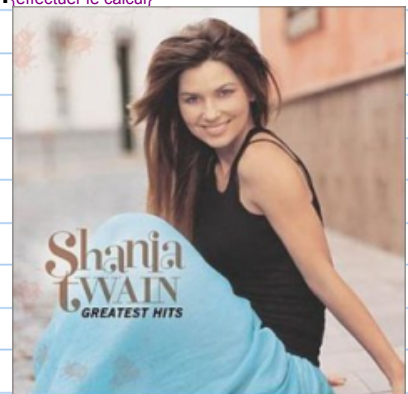
Remarque: Observons les unités: {Décomposer l'unité "N" à partir de la formule de la 2ième loi de Newton}

$$\vec{F}_n = m \times \vec{a}$$

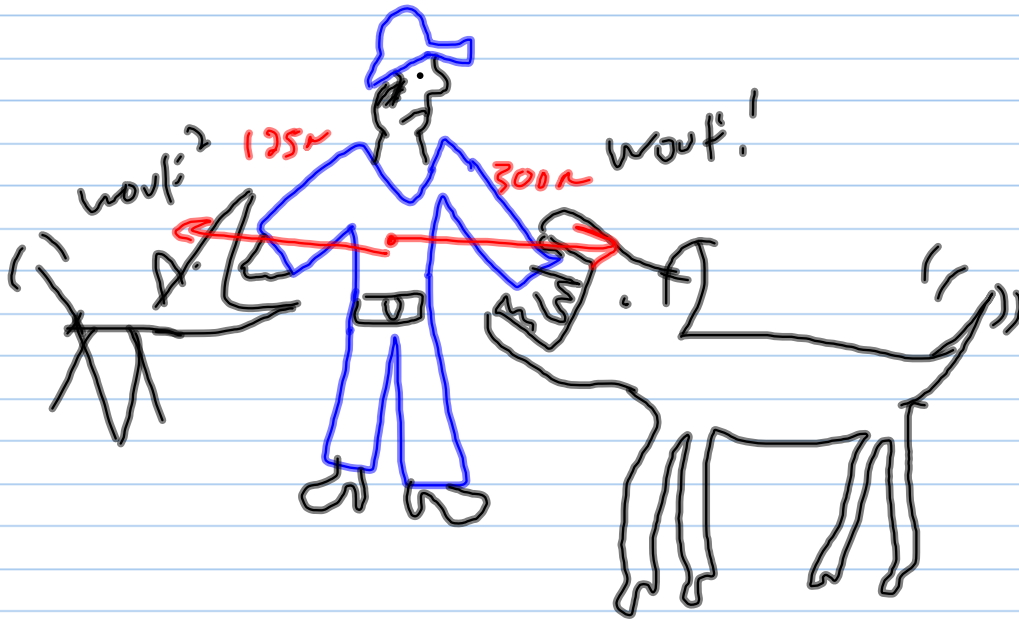
$$1N = 1kg \times \frac{1m}{s^2}$$

Ex 1: Des "fans" de Shania Twain tire sur elle dans différentes directions lors d'une de ses "fréquentes" visites au centre qui porte son nom à Timmins. 15 personnes tirent sur elle. On constate que l'artiste dont la masse est de 45kg accélère à raison de 1,5m/s² dans la direction de son garde du corps. Calculez la force nette exercée sur Shania. {effectuer le calcul}

$$\begin{aligned} F_n &= m \times a \\ &= 45kg \times 1,5 \frac{m}{s^2} \\ F_n &= 67,5 N \end{aligned}$$



Ex 2: Deux chiens tirent sur un facteur (pauvre lui!). Calculez l'accélération du facteur. $m_{\text{fact.}} = 75 \text{ kg}$. (Tracer un DCL, puis faire le calcul)



$$F_n = m \times a$$

$$\hookrightarrow F_n = F_1 + F_2$$

$$= -125 \text{ N} + 300 \text{ N}$$

$$= 175 \text{ N}$$

$$\therefore 175 \text{ N} = 75 \text{ kg} \cdot a$$

$$\therefore 175 \text{ N} = 75 \text{ kg} \cdot a$$

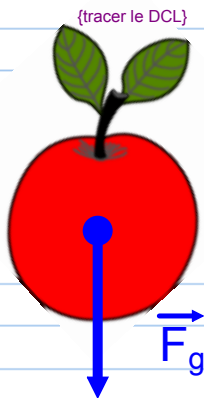
$$\boxed{2,3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = a}$$

D.6 Force de gravité (sur Terre): {d'abord faire un labo ou une réflexion}

Ex: soit une pomme qui tombe:

Tracez un DCL

Déterminez la force nette



{Développer la formule}

$$F_n = m \times a$$

-9.8 m/s^2

$a = g$

$$F_n = F_g$$

$$\therefore F_g = m \times g$$

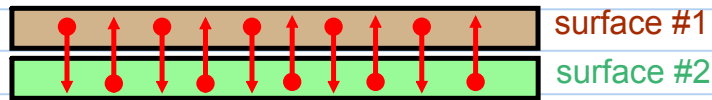


Remarque: Le poids est un synonyme de force de gravité. La masse n'est donc pas un synonyme de poids.

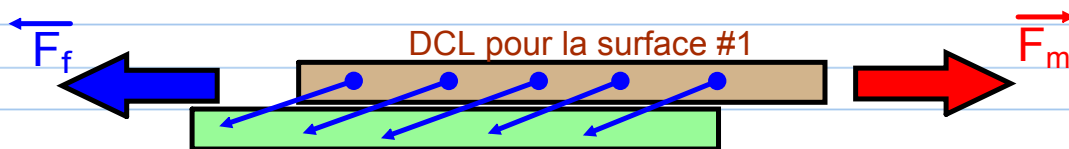
	Masse	Poids
<small>{quoi}</small>	Mesure d'inertie	Force
<small>{const vs var}</small>	Constante partout	Dépend de l'endroit
<small>{Unités}</small>	Kg	N

D.7 Force de friction: Lorsque des surfaces sont en contact, des forces apparaissent entre les surfaces.

Pour bouger les surfaces une par rapport à l'autre, il faut "briser" ces forces. C'est pourquoi on les appelle des forces de friction.



a. Direction: Les forces de friction s'opposent toujours au mouvement. Elles agissent dans la **direction contraire au mouvement**.



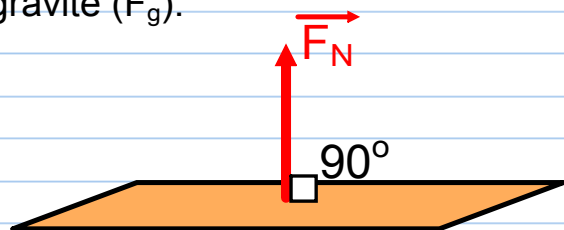
b. La force de friction dépend du type de surface. Il y a plus de friction entre vos souliers et le pavé qu'entre vos soulier et la glace. Le type de surface est pris en considération par un coefficient de friction " μ ". Il existe deux coefficients de friction:

- Le coefficient de friction statique " μ_s " s'applique lorsque les surfaces sont immobiles.
- Le coefficient de friction cinétique " μ_k " s'applique lorsque les surfaces sont en mouvement.

Remarque: $\mu_s > \mu_k$

c. La force **normale** (\vec{F}_N) influence également la friction. Il s'agit d'une force qui met les surfaces en contact. Cette force est perpendiculaire aux deux surfaces.

Dans le cours de SPH 3U, la force normale est presque toujours la force de gravité (\vec{F}_g).



d. Modèle mathématique: (développer la formule)

$$\vec{F}_{f\text{maximum}} = \mu \vec{F}_N$$

F_f : force de friction (N)

μ : coefficient de friction

F_N : force normale (N)

Attention!

{distinction F_n et F_N ; $F_{f\text{max}}$ }

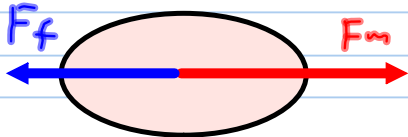
- $F_N \neq F_n$
- De plus, cette formule permet de calculer la force de friction maximal. La friction ne peut pas mettre deux surfaces en mouvement une par rapport à l'autre.

Ex 1: Calculez la force minimum avec laquelle vous devez tirer pour mettre un traîneau dont la masse est de 520kg en mouvement. $\mu = 0,22$ (Tracer le DCL et faire le problème)

$$m = 520 \text{ kg}$$

$$\mu = 0,22$$

$$F_m = ?$$



$$\vec{F}_n = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots$$

$$\vec{F}_n = \vec{F}_n + \vec{F}_f$$

pour que ça bouge, il faut que:

$$F_n > 0$$

$$\therefore \vec{F}_m + \vec{F}_f > 0$$

$$\hookrightarrow F_f = \mu F_n$$

$$\hookrightarrow F_n = F_g = m \times g$$

$$F_n = 520 \text{ kg} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$F_n = 5096 \text{ N}$$

$$\therefore F_f = 0,22 \cdot 5096 \text{ N}$$

$$= -1121,12 \text{ N}$$

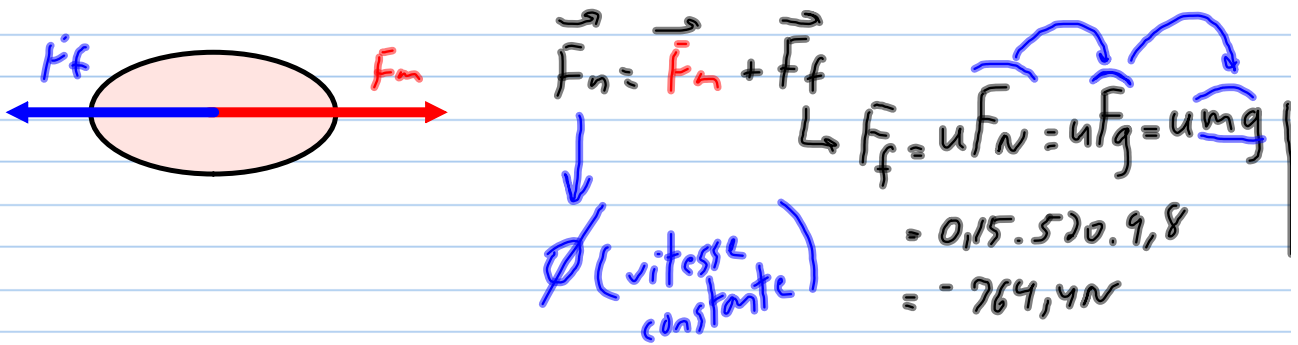
logique selon le dessin (gauche)

$$\therefore F_m + (-1121,12 \text{ N}) > 0$$

$$\therefore \boxed{F_m > 1121,12 \text{ N}}$$

ex 2: Vous désirez tirer le même traîneau à vitesse constante.

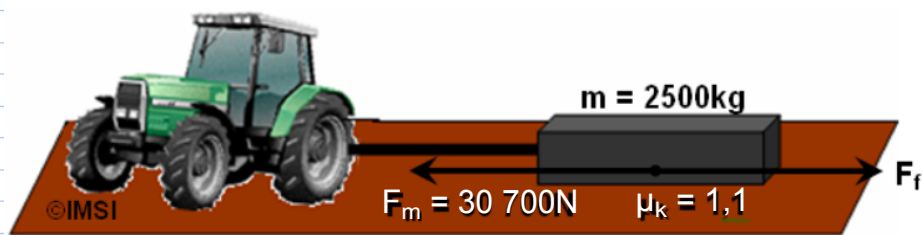
$\mu_k = 0,15$. Calculez la force motrice. (Tracer le DCL et faire le problème)



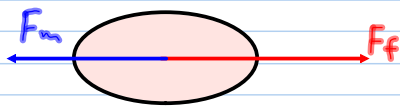
$$0 = F_m - 764,4 \text{ N}$$

$$764,4 \text{ N} = F_m$$

Ex 3: Un tracteur tire une masse dont la vitesse initiale est de $0,5\text{m/s}$ vers la gauche. Calculez la distance parcourue en 4s .



(Tracer un DCL et faire le problème)



$$\Delta d = V_m \cdot \Delta t$$

$$\hookrightarrow V_m = \frac{V_f + V_i}{2}$$

$$\hookrightarrow V_f = a \Delta t + V_i$$

$$\hookrightarrow a = \frac{F_n}{m}$$

$$\hookrightarrow \vec{F}_n = \vec{F}_m + \vec{F}_f$$

$$F_f = \mu F_N$$

$$F_N = F_g = m \cdot g$$

$$F_N = 2500 \cdot 9,8$$

$$= 24500$$

$$F_f = 1,1 \times 24500$$

$$= 26950\text{N}$$

$$\therefore F_n = -30700 + 26950$$

$$F_n = -3750\text{N}$$

$$\therefore a = \frac{-3750\text{N}}{2500\text{kg}} = -1,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\therefore V_f = -1,5 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 4\text{s} + (-0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}})$$

$$V_f = -6,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\therefore V_m = \frac{-6,5 + (-0,5)}{2} = -3,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$\therefore \Delta d = -3,5 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 4\text{s} = \boxed{-14\text{m}}$$

D.8 La friction de l'air. La friction de l'air est très difficile à calculer car elle dépend de plusieurs facteurs:

- La surface frontale (section)
- la masse volumique de l'air
- la vitesse de l'objet par rapport à l'air
- La forme de l'objet

Une formule existe

$$D = \rho v^2 S_{\text{ref}} C_D$$

D = force de friction de l'air

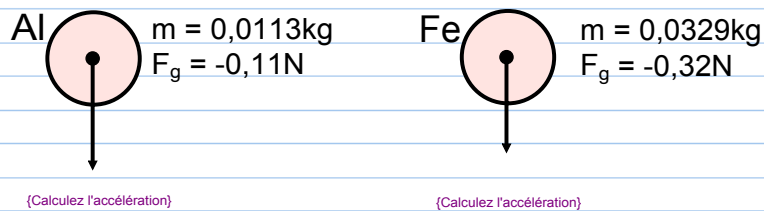
ρ = masse volumique de l'air

v = vitesse

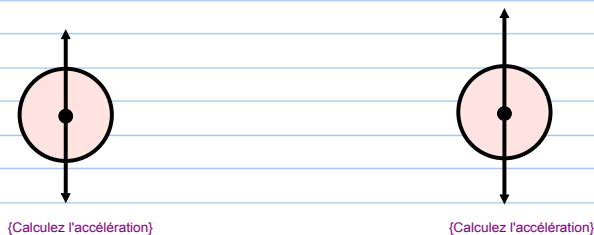
S_{ref} = surface frontale

C_D = coefficient de drag (considère la force)

Ex: considérons ce qui se passe si on laisse tomber une bille de fer et une bille d'aluminium en même temps. (même volume, même forme)



Lorsque la vitesse des deux billes sera de 30m/s, la force de friction de l'air sera de 0,11N.



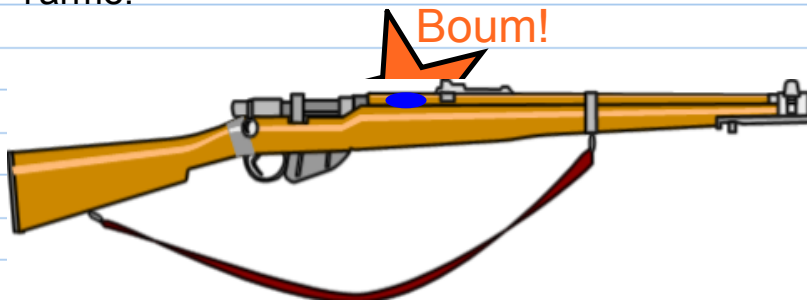
{Définition v_{limite} }

D.9 3^{ième} loi de Newton: Pour chaque force d'action, il existe une force de réaction de même grandeur mais de direction contraire.

{Écrire cette loi sous forme d'équation}

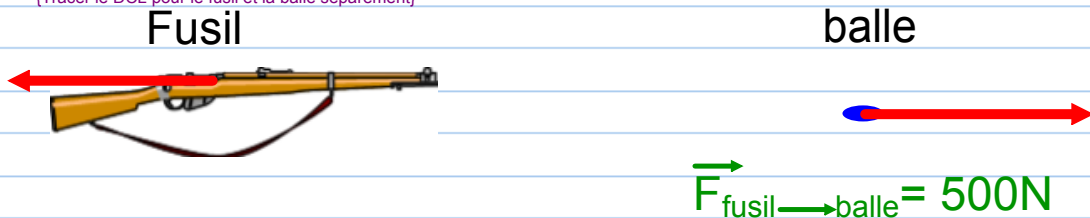
$$\vec{F}_{A \rightarrow B} = -\vec{F}_{B \rightarrow A}$$

Ex: Une arme à feu dont la masse est de 5kg tire une balle dont la masse est de 50g. Les gaz comprimés exercent une force de 500N sur la balle. Calculez l'accélération de la balle et de l'arme.



Négligeons la gravité.

{Tracer le DCL pour le fusil et la balle séparément}



{Calculer l'accélération du fusil et de la balle}

Fusil

balle

$$m = 5 \text{ kg}$$

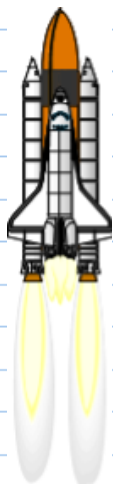
$$F_r = -500 \text{ N (3^e loi de Newton)}$$

$$\therefore a = \frac{-500 \text{ N}}{5 \text{ kg}} = -100 \text{ m/s}^2$$

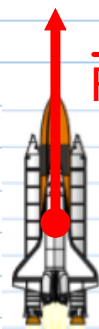
$$a = \frac{F_r}{m} = \frac{500 \text{ N}}{0,05 \text{ kg}}$$

$$\vec{a} = 10\,000 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

Ex 2: Les moteurs à réaction sont une application directe de la troisième loi de Newton.



{Tracer un DCL séparé pour le lanceur et le gaz}



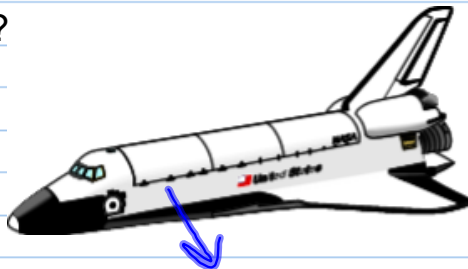
$F_{\text{gaz}} \rightarrow \text{fusée}$



$-F_{\text{gaz}} \rightarrow \text{fusée}$

Sans les moteurs à réaction, l'exploration spatiale est impossible!!!

Comment faire tourner la navette vers sa droite?



{répondre à la question}

Produire un jet de gaz allant vers la gauche.



Wernher von Braun