

# **FORCES (ET FROTTEMENT)**

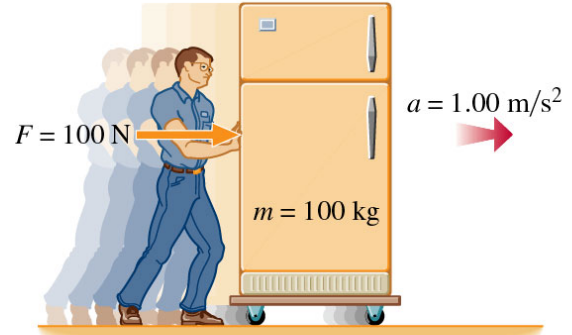
**PGC-02**

# DIAGRAMME DU CORPS ISOLÉ



(a)

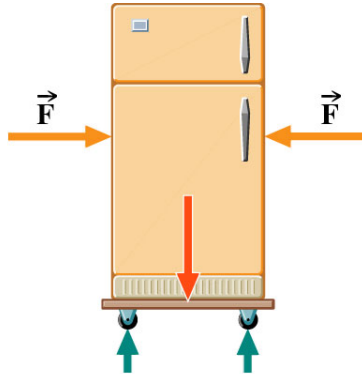
© 2001 Brooks/Cole P



(a)

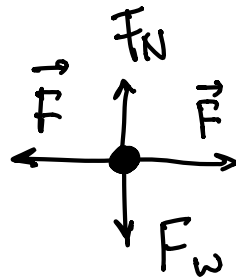
© 2001 Brooks/Cole Pu

$$\sum \vec{F} = 0$$



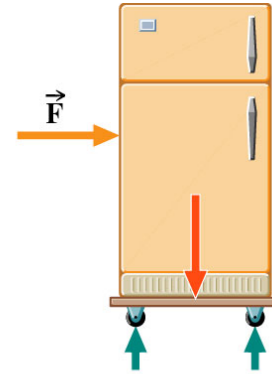
(b)

Publishing ITP



$$\sum \vec{F} \neq 0$$

$\vec{a}$



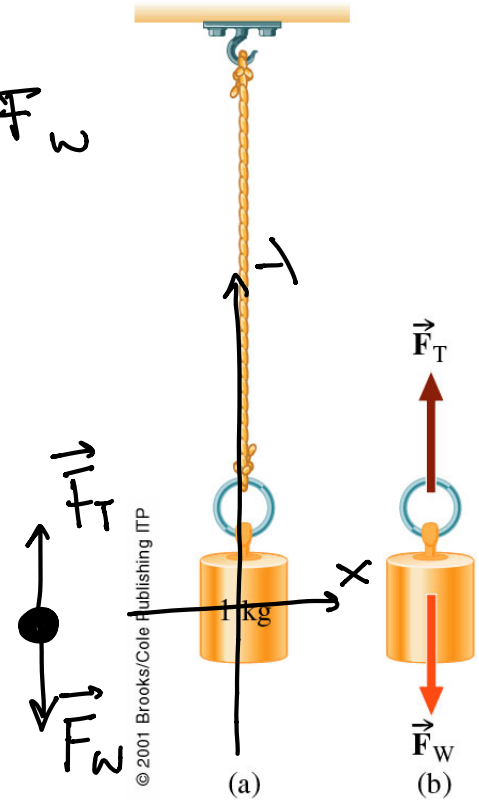
(b)

Publishing ITP

# DIAGRAMME DU CORPS ISOLÉ

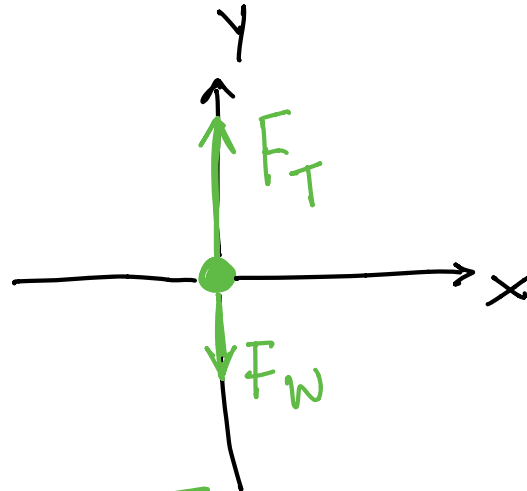
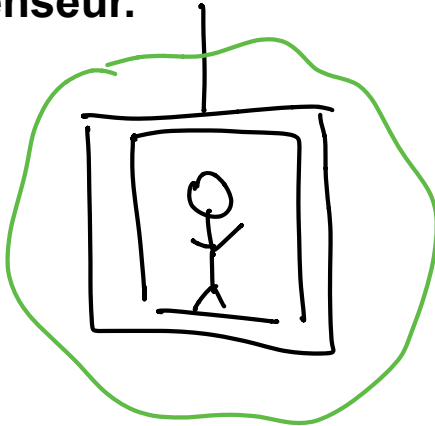
$$\sum \vec{F} = \vec{F}_T + \vec{F}_W = m\vec{a} = 0$$

$$F_y = F_T - F_W = 0 \Rightarrow F_T = F_W$$



# EXEMPLE

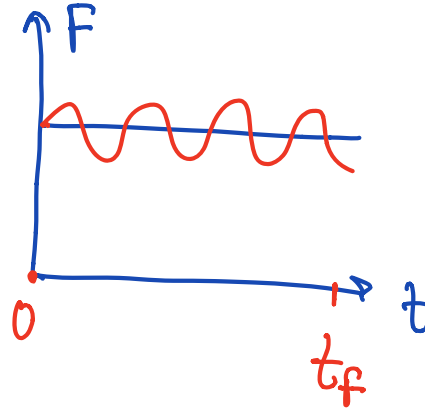
Un ascenseur, suspendu d'un câble, monte vers l'étage supérieur. Identifier les forces et dessiner un diagramme de corps isolé pour l'ascenseur.



$$\sum F_y = ma = F_T - F_W$$

# LA FORCE MOYENNE

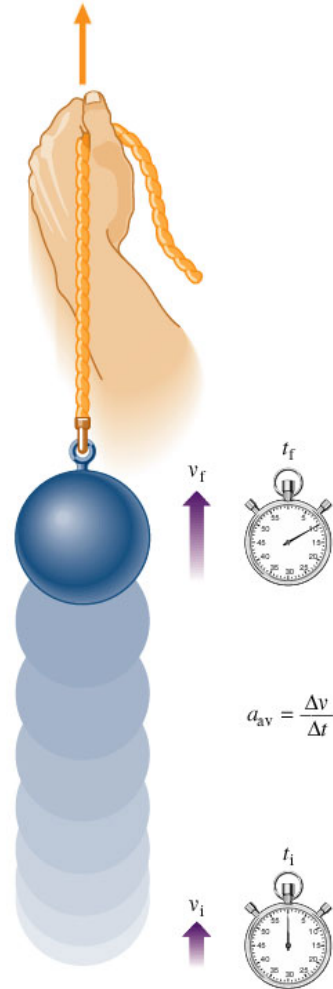
$\Delta t$  long



$$F_m = m \cdot a_m$$

$$a_m = \frac{v_f - v_i}{\Delta t}$$

© 2001 Brooks/Cole Publishing ITP



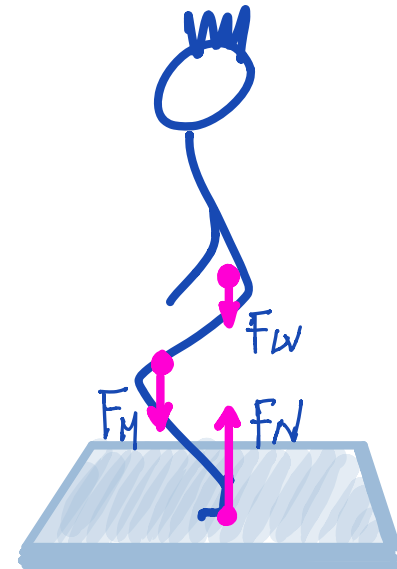
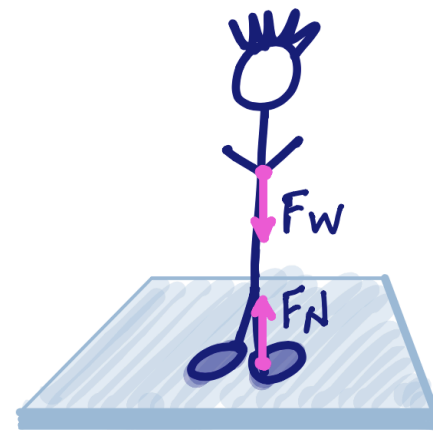
# LE POIDS

Le poids est défini comme la force verticale gravitationnelle sur un corps à la surface de la Terre.

$$F = m \cdot g$$

Cas spécial: la physique du saut.

$$\begin{aligned} F_N &= F_M + F_W \\ \sum \vec{F} &= \vec{F}_W + \vec{F}_N \Rightarrow \sum F = -F_N + F_W = \\ &= - (F_M + F_W) + F_W \Rightarrow \\ \sum F &= - F_M = m a \end{aligned}$$



# LE PLAN INCLINÉ

La force gravitationnelle agit strictement vers le bas. Mais par rapport au plan incliné elle a deux composantes:

$F_{W\parallel}$  parallèle au plan.

$F_{W\perp}$  perpendiculaire au plan.

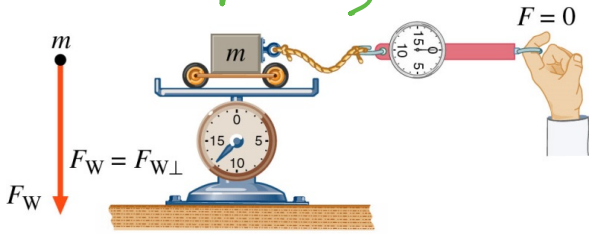
$$F_{W\parallel} \equiv F_{W_x}$$

$$F_{W\perp} \equiv F_{W_y}$$

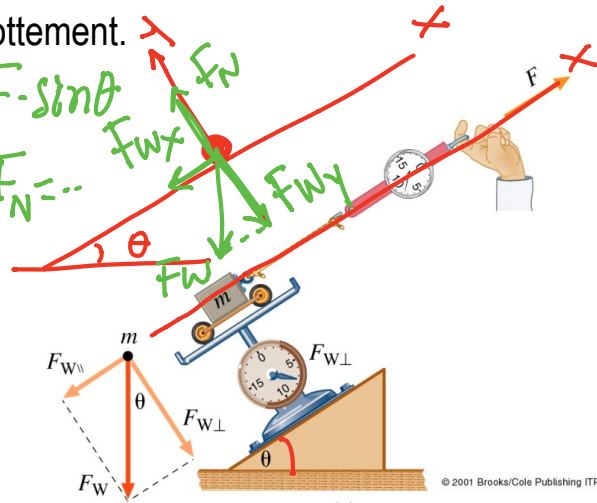
Seuls les mouvements le long du plan incliné sont possibles  $\rightarrow$  Ils sont dus à  $F_{W\parallel}$   
 Nous verrons plus loin que  $F_{W\perp}$  bien que compensée par la réaction du plan, affecte le mouvement par l'intermédiaire du frottement.

$$ma = \sum F_x = F_{W\parallel} = F_{W_x} = F \cdot \sin\theta$$

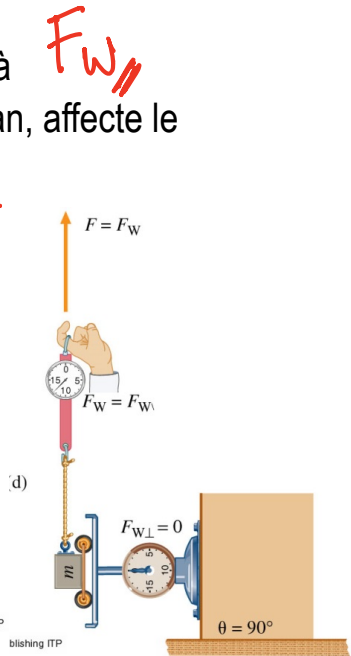
$$\sum F_y = F_{W\perp} - F_N = 0 \Rightarrow F_N = \dots$$



(a)



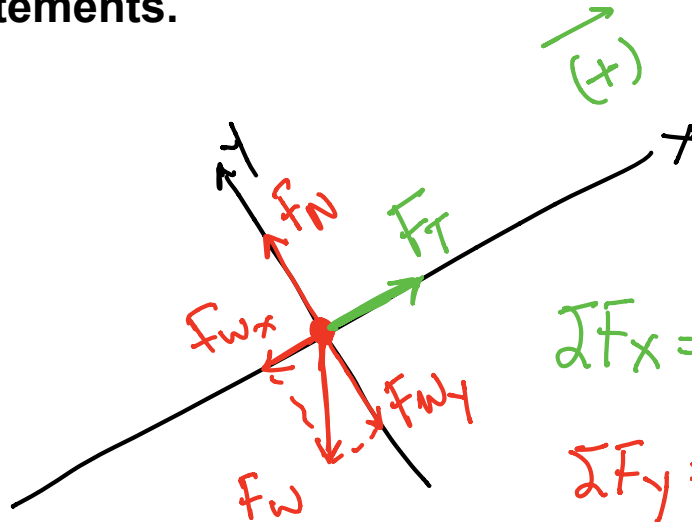
(c)



(d)

# SKIER PULLED UP A HILL

Dessiner un diagramme de corps isolé pour le skieur à coté. On néglige les frottements.

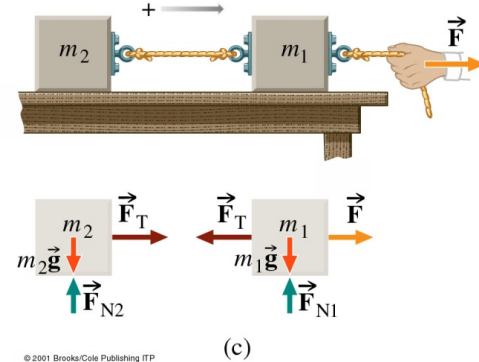
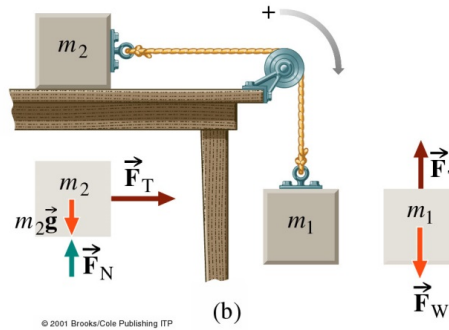
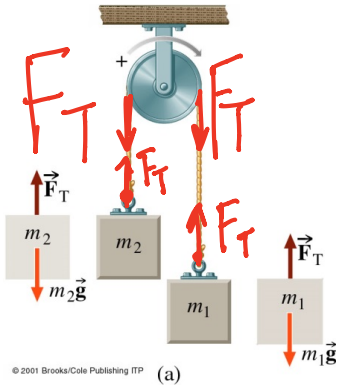


$$\sum F_x = F_T - F_{Wx}$$

$$\sum F_y = 0 = F_N - F_{Wy}$$



# MOUVEMENTS COUPLÉS



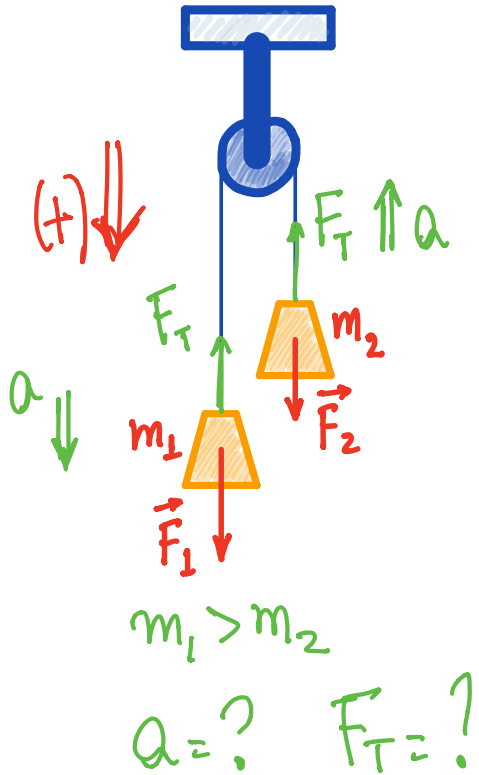
**Les deux masses dans les exemples ci-dessus sont reliées par une corde de longueur fixe :**

- Les poulies sont légères et sans frottement, il n'y a donc pas de force tangentielle et la tension est constante le long de chaque corde.
- Nous négligeons aussi les frottements des surfaces.

La 2<sup>ème</sup> loi de Newton permet d'écrire deux équations couplées et déterminer deux inconnues ( $F_T$  et  $a$ ).

# MOUVEMENTS COUPLÉS

La machine d'Atwood



$$m_1 : \sum F_1 = m_1 \cdot a = F_{W_1} - F_T \quad (1)$$

$$m_2 : \sum F_2 = -m_2 \cdot a = F_{W_2} - F_T \quad (2)$$

$$(1) - (2) \Rightarrow \underline{a} = \dots \quad (3)$$

$$(1) \xrightarrow{(3)} F_T = \dots$$

(exercice)

# LE FROTTEMENT

L'expérience quotidienne montre qu'en l'absence de force motrice, tout objet en mouvement fini par s'arrêter, en violation apparente de la première loi de Newton.

La deuxième loi nous dit qu'il faut une force pour décélérer le mouvement : c'est la force de frottement.

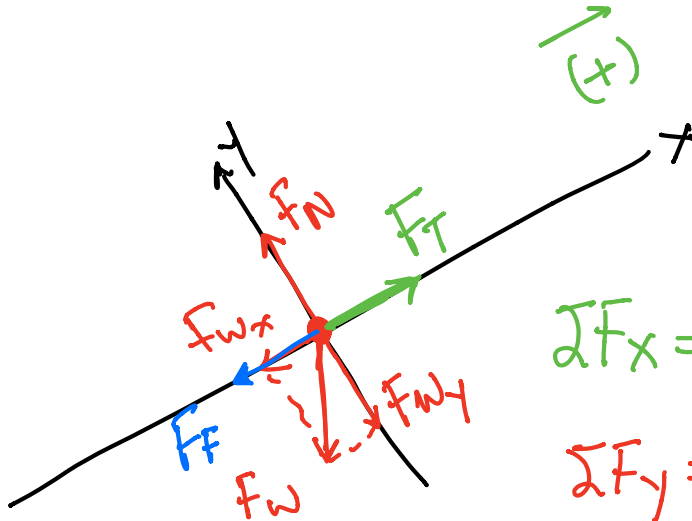
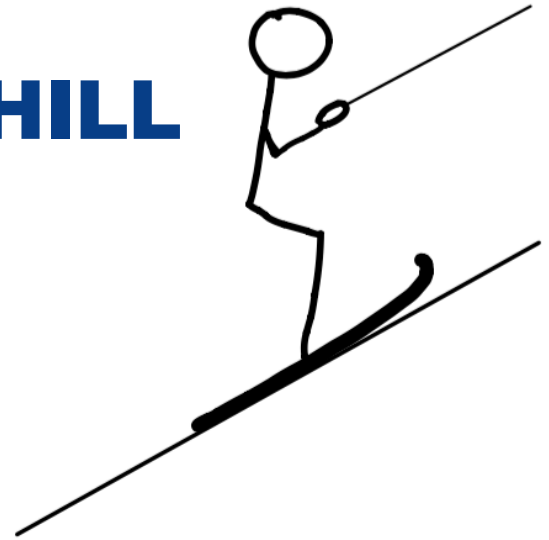
Il y a deux formes principales de frottements :

- le frottement **cinétique** qui s'oppose à un mouvement déjà établi.
- le frottement **statique** qui empêche un mouvement de démarrer.

L'origine du frottement est l'interaction électromagnétique des atomes qui forment les solides, les liquides et les gaz.

# SKIER PULLED UP A HILL

Dessiner un diagramme de corps isolé pour le skieur à coté.

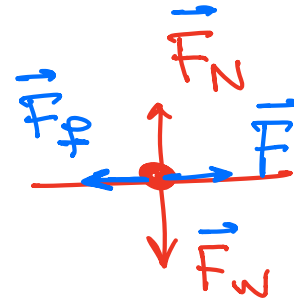
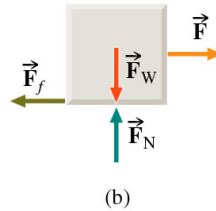
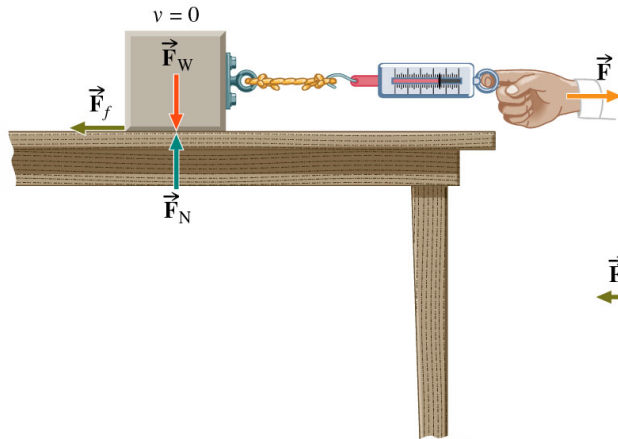


$$\sum F_x = F_T - F_{wx} - F_f$$

$$\sum F_y = 0 = F_N - F_{wy}$$

$$F_f = \mu_c \cdot F_N$$

# LE FROTTEMENT STATIQUE



© 2001 Brooks/Cole Publishing ITP

(a)

$\vec{F} \parallel$  surface

opposé au mouvement

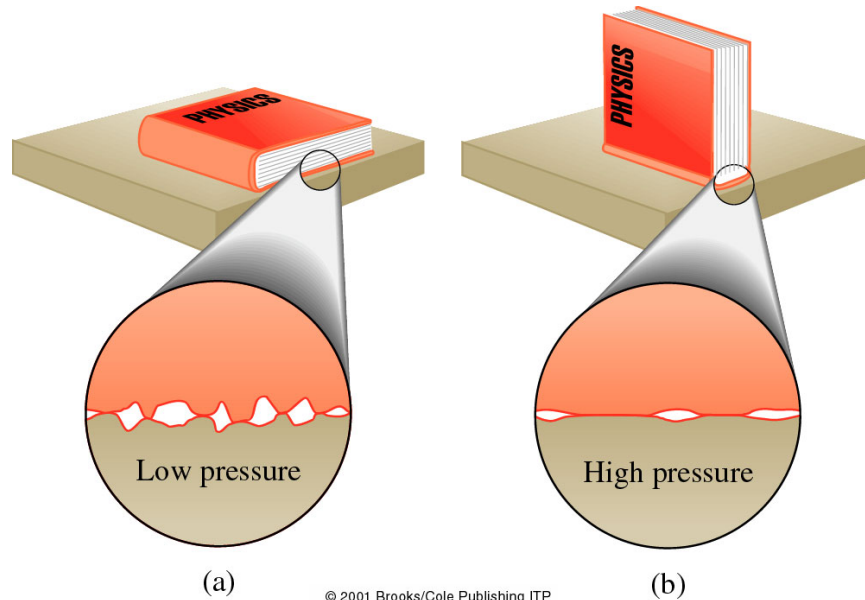
$$\sum F_x = F - F_f = ma = 0 \rightsquigarrow F_f = F_{\text{max}} \left\{ F_f \right\}$$

# LE FROTTEMENT STATIQUE

$$F_f^{\max} = \mu_s F_N$$

Matériaux	$\mu_s$
Acier sur glace	0.1
Acier sur acier, sec	0.6
Acier sur acier, lubrifié	0.1
Bois sur bois	0.5
Téflon sur acier	0.04
Chaussures sur glace	0.1
Bottes de montagne sur rocher	1.0
Pneus de voiture sur béton sec	1.0
Caoutchouc sur asphalte	0.6

# LE FROTTEMENT STATIQUE



© 2001 Brooks/Cole Publishing ITP

# LE FROTTEMENT CINÉTIQUE

$$F_f = \mu_c F_N$$

Matériaux	$\mu_s$	$\mu_c$
Acier sur glace	0.1	0.05
Acier sur acier, sec	0.6	0.4
Acier sur acier, lubrifié	0.1	0.05
Bois sur bois	0.5	0.3
Téflon sur acier	0.04	0.04
Chaussures sur glace	0.1	0.05
Bottes de montagne sur rocher	1.0	0.8
Pneus de voiture sur béton sec	1.0	0.7
Caoutchouc sur asphalte	0.6	0.4



# COEFFICIENTS DE FROTTEMENT

Pour le même objet, le coefficient de frottement cinétique par rapport au coefficient de frottement statique :

- (a) est plus faible ;
- (b) est plus grand ;
- (c) cela dépend de la vitesse de l'objet;
- (d) aucune de ces réponses.

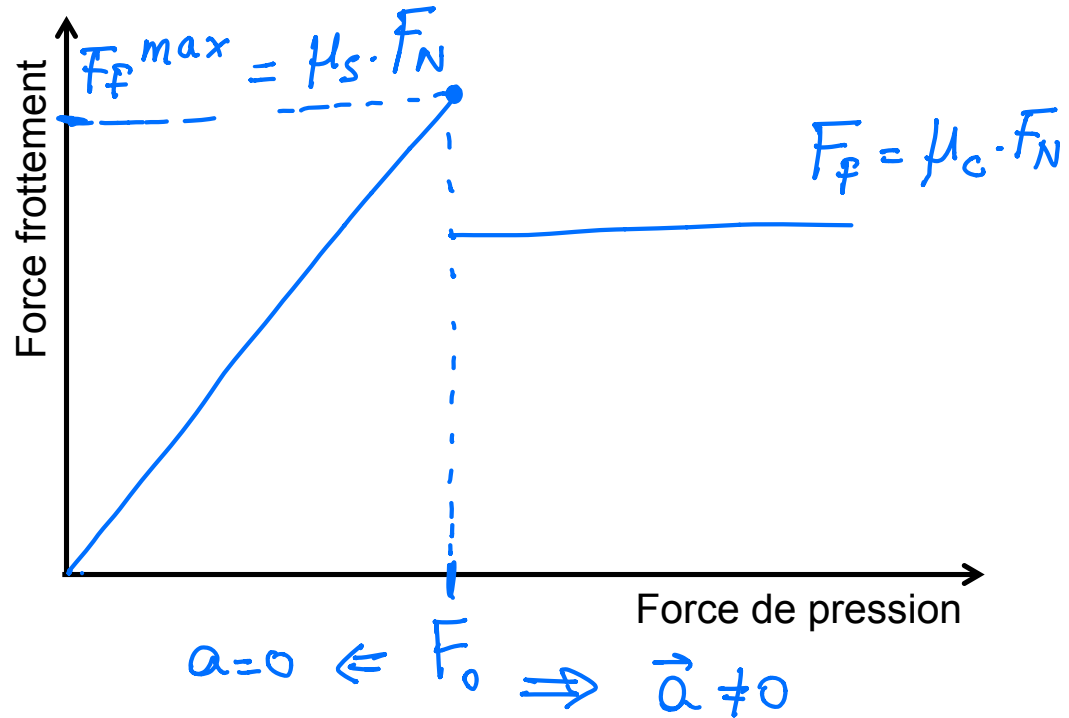
# LE FROTTEMENT AVEC ROULEMENT

La roue facilite considérablement le transport des charges par rapport au glissement. La raison est qu'en roulant sans glisser sur une surface, on élimine le frottement statique et le frottement dynamique. Mais comme il y a aussi propulsion, il y a forcément frottement.

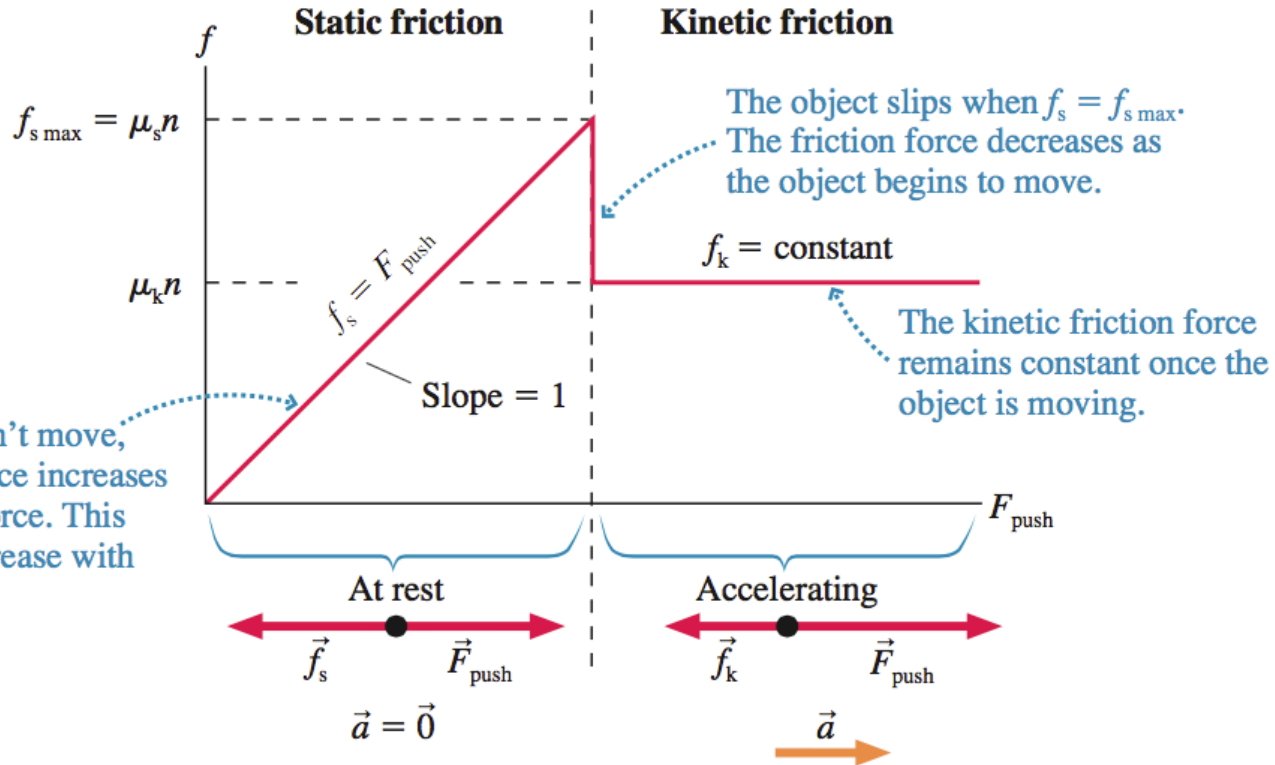
$$F_f = \mu_r F_N$$

$$\mu_r \ll \mu_c, \mu_s$$

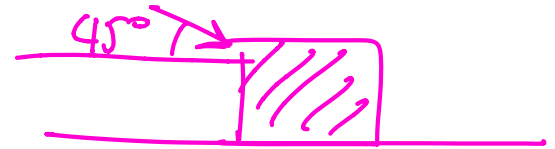
# FROTTEMENT ET MOUVEMENT



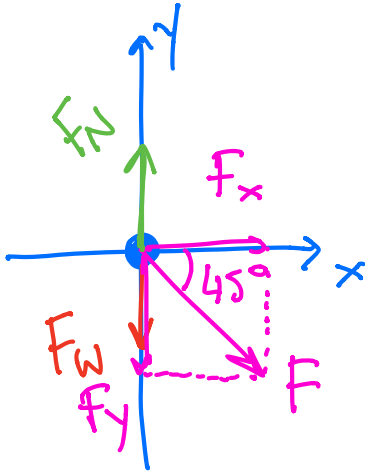
# FROTTEMENT ET MOUVEMENT



# BLOC SUR TABLE



Un bloc de bois de 18 kg se trouve sur une table. Une poussée de 90 N est appliquée obliquement, avec un angle de  $45^\circ$  par rapport à la surface de la table. Calculez la vitesse du bloc après 10 secondes. On suppose qu'il n'y a pas de frottement et qu'initialement le bloc est au repos.



$$m = 18 \text{ kg} \Rightarrow F_w$$

$$\theta, F \Rightarrow F_x = \cos \theta \cdot F$$

$$\Delta t = 10 \text{ s}$$

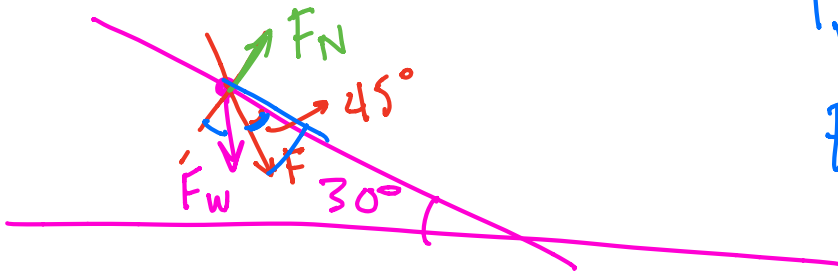
$$U = ?$$

$$F_x = m a \Rightarrow a = F_x / m$$

$$U = v_0 + a t = a \cdot \Delta t \Rightarrow U = \frac{F_x}{m} \cdot \Delta t$$

# BLOC SUR TABLE

On va maintenant incliner la table d'un angle de  $30^\circ$ . Comment la situation change-t-elle?



$$F_{wx} = F_w \cdot \sin 30^\circ$$

$$F_x = F \cdot \cos 45^\circ$$

$$\begin{aligned} \Delta F_x &= F_x + F_{wx} = \\ &= F_w \sin 30^\circ + F \cdot \cos 45^\circ \end{aligned}$$

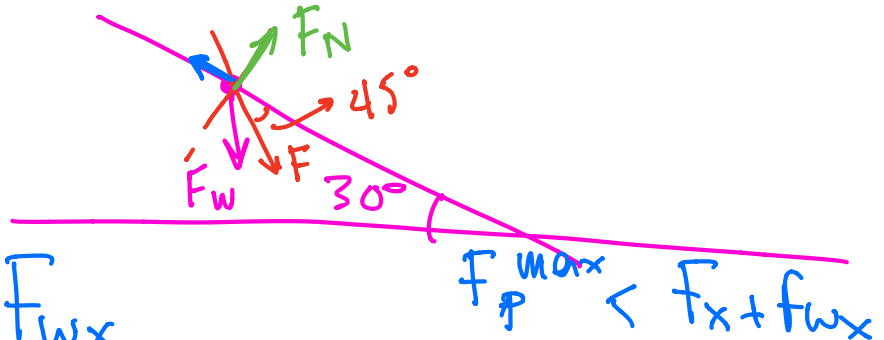
# BLOC SUR TABLE

Pour la suite on va considérer une table réelle, i.e. avec un coefficient de frottement statique de 0.5 et cinétique de 0.3. Comment la situation change-t-elle?

$$f_f^{\max} = \mu_s \cdot F_N$$

$$F_f^{\max} \quad ? \quad F_x + F_{wx}$$

↑  
>, <, =

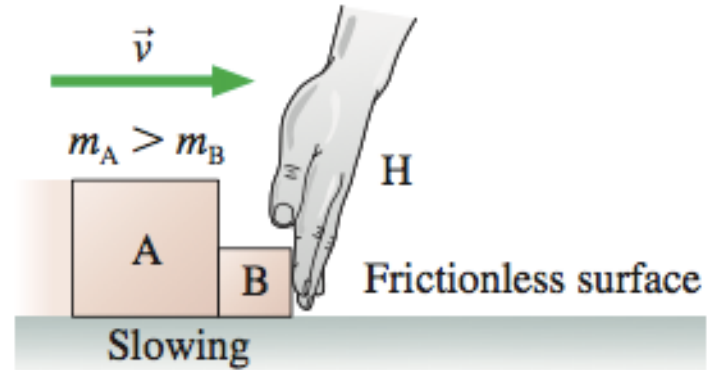


$$\Delta F_x = F_x + F_{wx} - \underline{\underline{F_f^c}}$$

↑↑

# LES DEUX BOITES

Deux boites A et B glissent sur une surface sans frottement. La main H les décélère. Quelle relation est correcte pour les forces qui agissent sur les boites?



a.  $F_{B \text{ on } H} = F_{H \text{ on } B} = F_{A \text{ on } B} = F_{B \text{ on } A}$

c.  $F_{B \text{ on } H} = F_{H \text{ on } B} < F_{A \text{ on } B} = F_{B \text{ on } A}$

b.  $F_{B \text{ on } H} = F_{H \text{ on } B} > F_{A \text{ on } B} = F_{B \text{ on } A}$

d.  $F_{H \text{ on } B} = F_{H \text{ on } A} > F_{A \text{ on } B}$