MODULE 4 – LA DYNAMIQUE

CHAPITRE 12 – LES DIFFÉRENTS TYPES DE FORCES

12.1 La notion de force

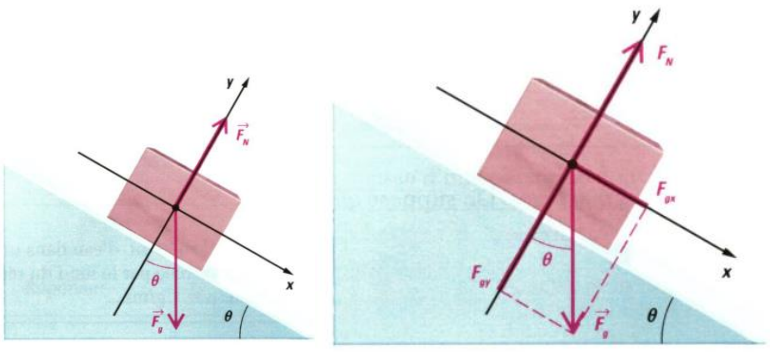
1. La force est une grandeur vectorielle.
2. Les dynamomètres mesurent les forces et sont gradués en newtons. La plupart de ces appareils fonctionnent en étirant ou en comprimant un ou plusieurs ressorts.
3. a) La force exercés par les deux équipes est représentées par une flèche partant du point P et se dirigeant vers l'équipe en question. Les deux flèches sont de la même longueur.
   b) Non. Comme la force est une grandeur vectorielle, les deux forces exercées par chacune des équipes ne sont pas identiques. Elles ont la même norme, la même direction, mais n'ont pas le même sens. Les forces sont dites opposées.

12.2 La force gravitationnelle

1. La loi de la gravitation universelle a été énoncée par le savant anglais Isaac Newton.
2. L'expression mathématique de la force gravitationnelle (F_g) qui s'applique à l'objet est $F_g = \frac{GmM}{r^2}$, où G = constante gravitationnelle; m = masse de l'objet; M = masse de la Terre et r = distance entre le centre de l'objet et le centre de la Terre.
3. $F_g = 6.7 \times 10^{-11}$ N
4. $F_g = 1.47 \times 10^{4}$ N
5. m ≈ 102 kg
6. $m_V = 4.87 \times 10^{24}$ kg

12.3 La force normale

1. La force normale est toujours perpendiculaire à la surface de contact.
2. $F_N = 9.31$ N
3. a) $F_g = 784$ N
   b) $F_{N(moyenne)} = 0.392$ N
   c) $F_{N(moyenne)} = 78.4$ N
   d) On en déduit des résultats précédents que plus le nombre de clous est grand, plus la fraction du poids exercé par le corps sur chacun des clous est petite. Ainsi, il est plus « confortable » de s'allonger sur un lit composé d'un grand nombre de clous. Si le nombre de clous est petit, cela risque d'être douloureux, voire dangereux.
4. a) b)



Pour la force normale F_N :

$F_{Nx} = 0$

$F_{Ny} = F_N$

Pour la force gravitationnelle $\vec{F}_g$:

$F_{gx} = F_g \sin\theta$

$F_{gy} = -F_g \cos\theta$

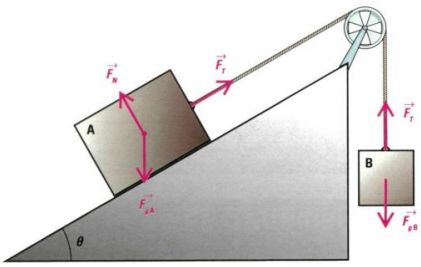
12.4 La force de frottement

1. Le frottement statique empêche deux corps qui sont en contact de glisser l'un sur l'autre. Par contre, on parle de frottement cinétique lorsque les deux corps en contact glissent l'un sur l'autre. Dans ce cas, le frottement cinétique s'oppose au mouvement d'un corps pendant qu'il glisse sur l'autre.
2. Le frottement dépend de la nature des surfaces en contact et de l'intensité de la force normale qui s'exerce perpendiculairement à ces surfaces.
3. $\mu_c = 0.002$

4. $\mu_s \approx 0.577$
5. $F_{f(cinétique)} \approx 43$ N

12.5 La tension

1. a) Comme le fil est souple, de masse négligeable et de longueur constante, la tension est la même en tout point dans la corde. Il n'y aura donc aucune différence entre les tensions aux extrémités du fil.
   b)

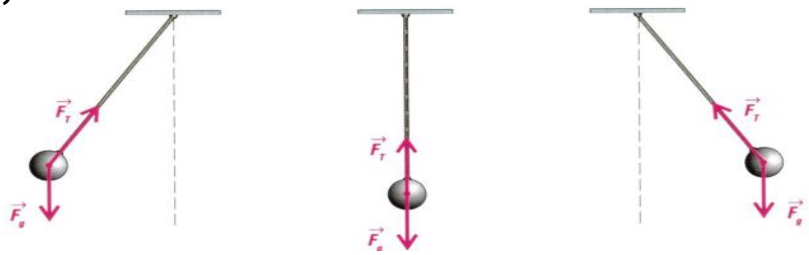


Les forces qui s'exercent sur les blocs :

Bloc A : La tension $\vec{F}_T$.
La force normale $\vec{F}_N$.
Le poids $\vec{F}_{gA}$.

Bloc B : La tension $\vec{F}_T$.
Le poids $\vec{F}_{gB}$.

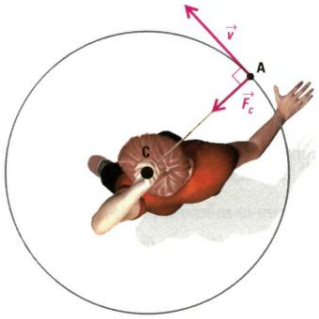
2. a) Deux forces doivent être représentées sur le schéma : La tension dans la corde dirigée vers le haut et la force gravitationnelle de la cabane à oiseaux vers le bas. Les deux forces sont de la même grandeur.
   b) $F_T = 4.90$ N
   c) La masse accrochée à la corde va alors augmenter. Ainsi, le poids des corps accrochés augmentera et la tension de la corde va s'accroître.
3. a)



   b) La tension et le poids n'ont pas toujours la même direction.
   c) Les deux forces n'ont la même direction que lorsque le pendule passe à la verticale.
4. $F_{TMars} = 189$ N

12.6 La force centripète

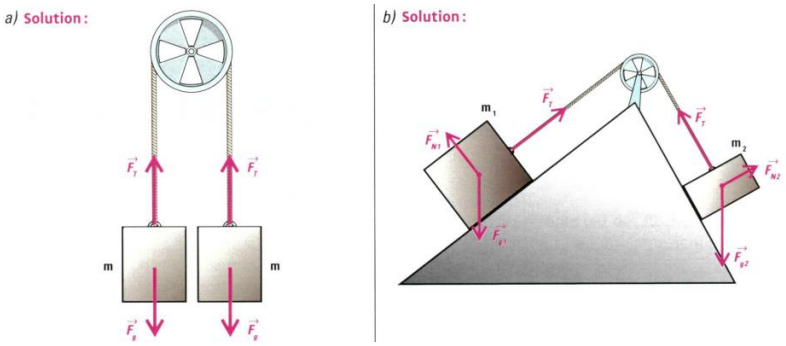
1.



2. $F_c = 1.25 \times 10^3$ N
3. $v = 5.0$ m/s
4. $r \approx 2.15$ m
5. $F'_c = 3 F_c$
6. $t \approx 11.1$ s

Consolidation

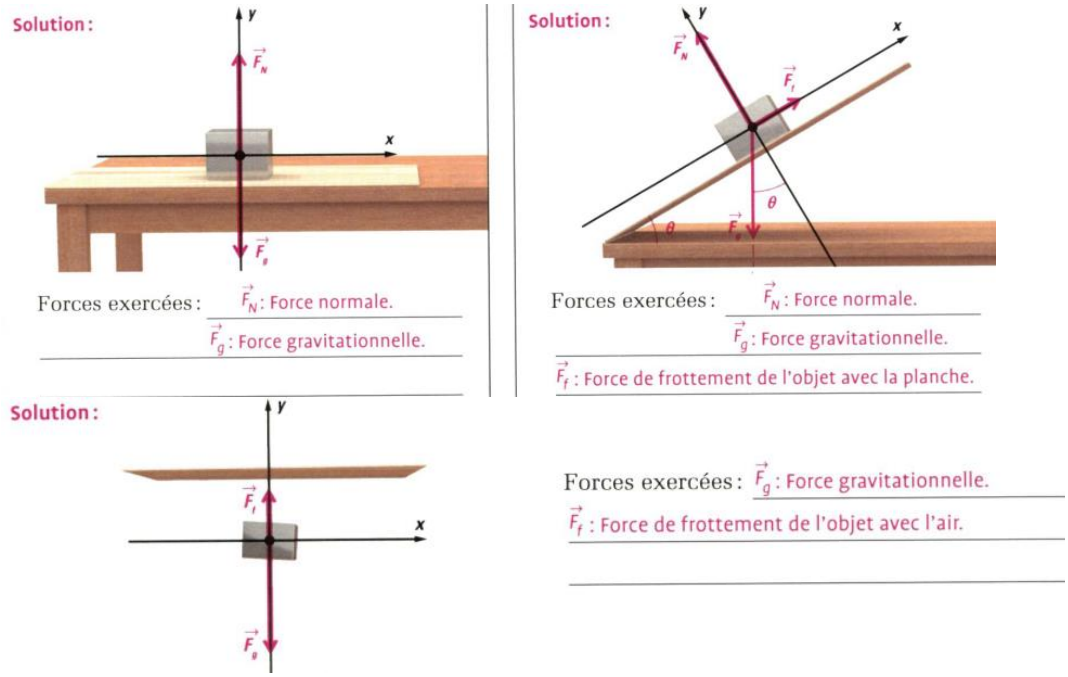
1. Les deux personnes ont appliqué une force (de poussée) et ont modifié le mouvement de l'automobile.
2. Unité de G = $\frac{m^3}{kg\ X\ s^2}$

3. La masse du panneau solaire est la même qu'elle soit mesurée sur la Terre ou sur la Lune. Par contre, le poids du panneau solaire sur la Lune est plus faible que son poids sur la Terre. Cela est dû au fait que l'accélération gravitationnelle sur la Lune est plus faire que celle qui existe sur la surface de la Terre.
4. a) L'angle entre la force normale et la force gravitationnelle est égal à 180°.
   b) L'angle entre les deux forces ne sera plus égal à 180°. Selon le sens de rotation de la planche, il augmentera ou diminuera de 10° (si on considère les mesures d'angles selon le sens trigonométrique).
5. $\mu_s \approx 0.44$
6. m = 35.0 kg
7. 

8. m ≈ 38.2 kg
9. $F_c = 4\pi^2 mrf^2$
10. $F_c \approx 1400$ N
11. a) La zone A correspond au frottement statique; la zone B, au frottement cinétique.
    b) L'intensité maximale de la force de frottement statique est égale à environ 2 N.
    c) Elle est atteinte après environ 4 s.
    d) L'intensité moyenne de la force de frottement cinétique est égale à environ 1 N.
    e) L'intensité de la force de frottement cinétique est plus petite que l'intensité maximale de la force de frottement statique.

CHAPITRE 13 – LES CORPS SOUMIS À PLUSIEURS FORCES

13.1 Le diagramme de corps libre

1. 

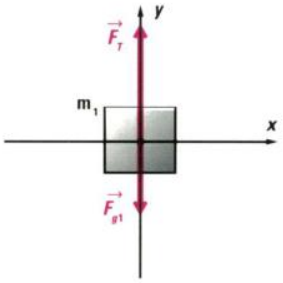
2.

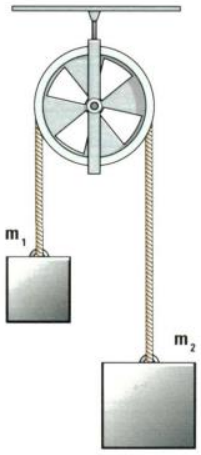
Solution :

Forces agissant sur la masse 1 :

$\vec{F}_T$: Tension du fil.

$\vec{F}_{g1}$: Force gravitationnelle agissant sur m_1.

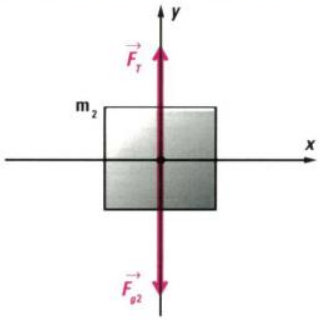




Forces agissant sur la masse 2 :

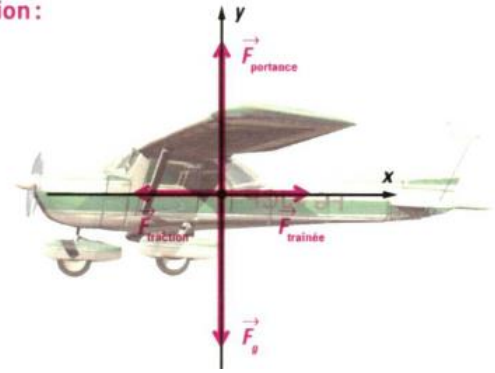
$\vec{F}_T$: Tension du fil.

$\vec{F}_{g2}$: Force gravitationnelle agissant sur m_2.



3.

Solution :

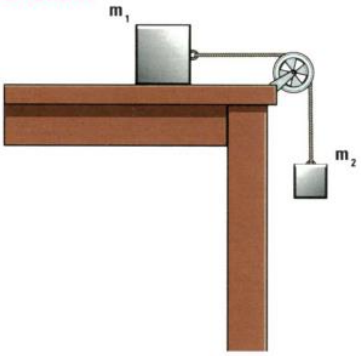


Les vecteurs $\vec{F}_g$ et $\vec{F}_{portance}$ ont la même longueur puisque la hauteur de vol est constante.

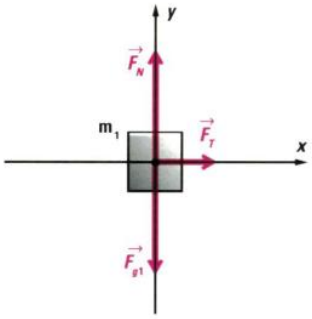
Les vecteurs $\vec{F}_{traction}$ et $\vec{F}_{traînée}$ ont la même longueur (différente de celle des vecteurs $\vec{F}_g$ et $\vec{F}_{portance}$) puisque l'avion se déplace en ligne droite et à vitesse constante.

4.

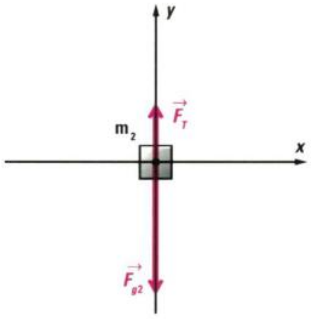
Solution :



Masse m_1

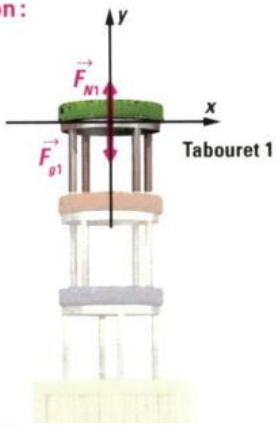


Masse m_2



5.

Solution :



Forces en jeu :

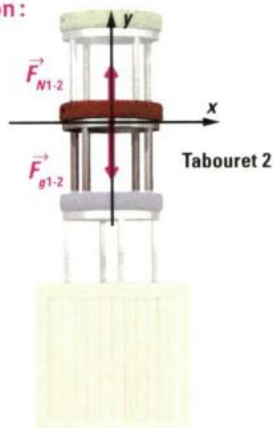
$\vec{F}_{N1}$: Force normale exercée par le tabouret 2 sur le tabouret 1.

$\vec{F}_{g1}$: Force gravitationnelle agissant sur le tabouret 1.

Relation mathématique entre les forces :

$F_{N1} = F_{g1} = m_1 g$

Solution :



Forces en jeu :

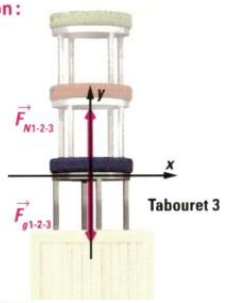
$\vec{F}_{N1\text{-}2}$: Force normale exercée par le tabouret 3 sur les tabourets 1 et 2.

$\vec{F}_{g1\text{-}2}$: Force gravitationnelle agissant sur les tabourets 1 et 2.

Relation mathématique entre les forces :

$F_{N1\text{-}2} = F_{g1\text{-}2} = F_{g1} + F_{g2} = (m_1 + m_2)g$

Solution :



Forces en jeu :

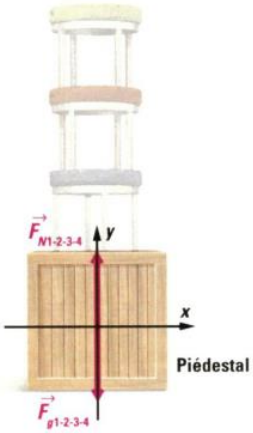
$\vec{F}_{N1\text{-}2\text{-}3}$: Force normale exercée par le piédestal sur les tabourets 1, 2 et 3.

$\vec{F}_{g1\text{-}2\text{-}3}$: Force gravitationnelle agissant sur les tabourets 1, 2 et 3.

Relation mathématique entre les forces :

$F_{N1\text{-}2\text{-}3} = F_{g1\text{-}2\text{-}3} = F_{g1} + F_{g2} + F_{g3} = (m_1 + m_2 + m_3)g$

Solution :



Forces en jeu :

$\vec{F}_{N1\text{-}2\text{-}3\text{-}4}$: Force normale exercée par le sol sur le piédestal et les trois tabourets.

$\vec{F}_{g1\text{-}2\text{-}3\text{-}4}$: Force gravitationnelle agissant sur le piédestal et les trois tabourets.

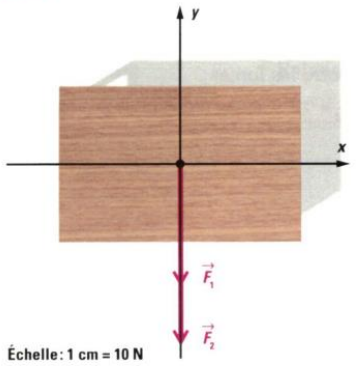
Relation mathématique entre les forces :

$F_{N1\text{-}2\text{-}3\text{-}4} = F_{g1\text{-}2\text{-}3\text{-}4} = F_{g1} + F_{g2} + F_{g3} + F_{g4} = (m_1 + m_2 + m_3 + m_4)g$

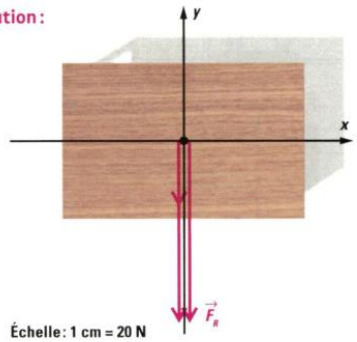
13.2 La résultante de plusieurs forces

1.

Solution :



Solution :



Réponse : $\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$ Ainsi : $\vec{F}_R = 50\ N$ à 270°

Solution :

$\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$

$F_{Rx} = F_{1x} + F_{2x} = 0$

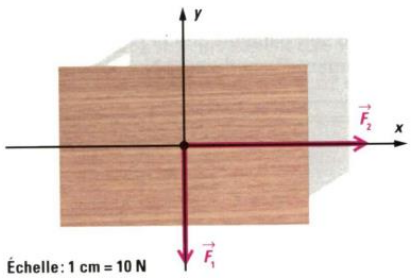
$F_{Ry} = F_{1y} + F_{2y} = -F_1 + (-F_2) = -20\ N + (-30\ N) = -50\ N$

Ainsi : $\vec{F}_R = 50\ N$ à 270°

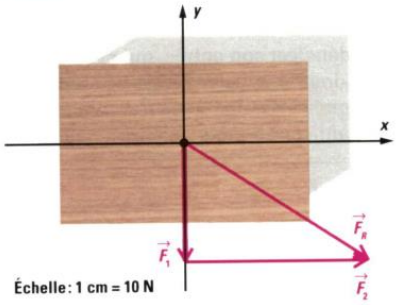
Réponse : $\vec{F}_R = 50\ N$ à 270°

2.

Solution :



Solution :



Réponse : $\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$ Ainsi : $\vec{F}_R \approx 36\ N$ à 326°

$\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$

$F_{Rx} = F_{1x} + F_{2x} = 0 + F_2 = F_2 = 30\ N$

$F_{Ry} = F_{1y} + F_{2y} = -F_1 + 0 = -F_1 = -20\ N$

$F_R = \sqrt{F_{Rx}^2 + F_{Ry}^2} = \sqrt{(30\ N)^2 + (-20\ N)^2} \approx 36\ N$

$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{F_{Ry}}{F_{Rx}}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{|-20|}{30}\right) \approx 34°$

D'où : $\theta = 360° - 34° = 326°$

Ainsi : $\vec{F}_R \approx 36\ N$ à 326°

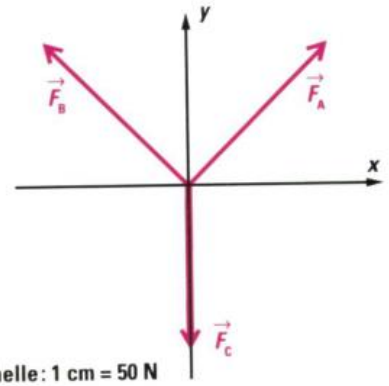
Réponse : $\vec{F}_R \approx 36\ N$ à 326°

3. $\overrightarrow{F_R} = 250\ N\ [E.]$

4. $F_{Rx} = 68.3\ N$

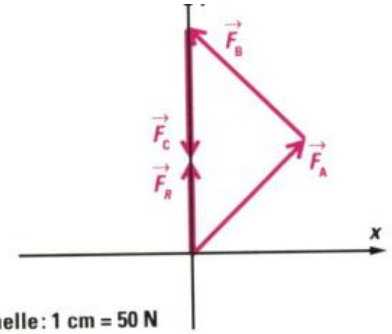
5.

Solution :



Échelle : 1 cm = 50 N

Solution :



Échelle : 1 cm = 50 N

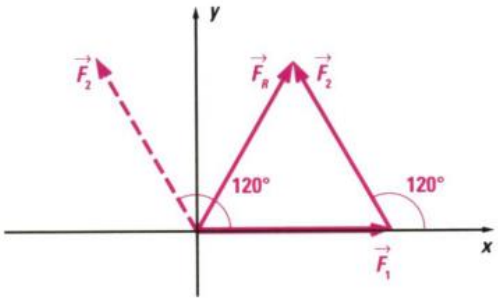
Réponse : $\vec{F}_R \approx 70$ N à 90°

6.

Méthode graphique

Solution :

Lorsqu'on additionne les vecteurs représentant les deux forces ayant des normes identiques, le triangle formé avec la résultante doit être équilatéral.
Ainsi, les angles intérieurs sont tous égaux à 60° et l'angle entre les vecteurs additionnés est 120°.



Réponse : Les deux vecteurs doivent être orientés de manière à former un angle de 120° entre eux.

Exemple mathématique

Calcul : $\vec{F}_1 = 100$ N à 0° $\vec{F}_2 = 100$ N à 120°

Solution :

$\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$

Selon x :

$F_{Rx} = F_{1x} + F_{2x} = 100\text{ N} + 100\text{ N} \times \cos 120° = 50\text{ N}$

Selon y :

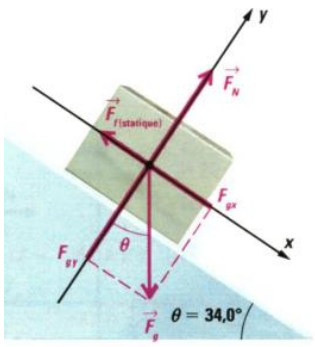
$F_{Ry} = F_{1y} + F_{2y} = 0\text{ N} + 100\text{ N} \times \sin 120° = 86{,}6\text{ N}$

$F_R = \sqrt{F_{Rx}^2 + F_{Ry}^2} = \sqrt{(50\text{ N})^2 + (86{,}6\text{ N})^2} \approx 100\text{ N}$

Réponse : Les deux forces doivent être orientées de sorte que l'angle entre $\vec{F}_1$ et $\vec{F}_2$ soit égal à 120°.

13.3 L'équilibre

1. $F_T = 49.0$ N
2. $F_{T1} = F_{T2} \approx 35$ N
3. $F_{T1} \approx 37.5$ N, $F_{T2} \approx 31.5$ N
4.



Données : $\theta_1 = 34{,}0°$ $m = 20{,}0$ kg $F_f = ?$ $F_N = ?$

Calcul des forces :

Selon x : $F_{Rx} = F_g \sin\theta - F_f = 0$ et $F_g = mg$

$\Rightarrow F_f = mg \sin\theta = 20{,}0\text{ kg} \times 9{,}80 \dfrac{\text{N}}{\text{kg}} \times \sin 34{,}0° \approx 110\text{ N}$

Selon y : $F_{Ry} = F_N - F_g \cos\theta = 0$

$\Rightarrow F_N = F_g \cos\theta = mg \cos\theta = 20{,}0\text{ kg} \times 9{,}80 \dfrac{\text{N}}{\text{kg}} \times \cos 34{,}0° \approx 162\text{ N}$

Ainsi : $F_f \approx 110$ N et $F_N \approx 162$ N

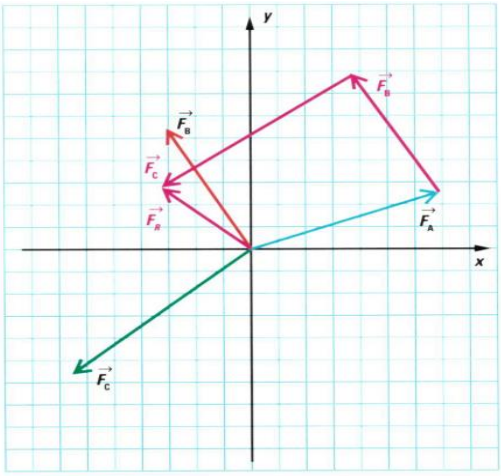
Réponse : $F_f \approx 110$ N $F_N \approx 162$ N

5. $m \approx 154$ kg
6. L'objet n'est pas en équilibre puisque la force résultante n'est pas nulle ($F_{Rx} \approx -0.62$ N, $F_{Ry} \approx -2.6$ N).

7. $\overrightarrow{F_{eq}} \approx 32\ N\ [39°\ N.de\ E.]$
8. $F_{vent} = 0.078\ N$, $F_T \approx 0.13\ N$

Consolidation

1. a) $\overrightarrow{F_R} = 6\ N$ à 0°
   b) $\overrightarrow{F_R} \approx 11\ N$ à 22°
   c) $\overrightarrow{F_R} \approx 11\ N$ à 158°
2. $\overrightarrow{F_{eq}} \approx 33.0\ N$ à 51.4°
3. a) $\overrightarrow{F_A} = 300\ N$ à 20°, $\overrightarrow{F_B} = 250\ N$ à 120°, $\overrightarrow{F_C} = 350\ N$ à 220°
   b)



Réponse : $\vec{F}_R \approx 146$ N à 140°

CHAPITRE 14 – LES LOIS DE NEWTON

14.1 La première loi de Newton et l'inertie

1. La première loi de Newton stipule que, en l'absence de force extérieure résultante agissant sur lui, un corps demeure au repos ou en mouvement rectiligne uniforme (son accélération est nulle).
2. Non, pas nécessairement. Il peut aussi être immobile si différentes forces y sont appliquées mais que leur résultante est nulle.
3. En physique, on appelle inertie la tendance d'un objet à conserver son état de mouvement.
4. a) Il est préférable d'avoir un bécher plein car plus la masse est grande, plus le corps tend à rester au repos s'il est au repos.
   b) Il est préférable de la retirer rapidement pour que le frottement n'agisse que très peu sur les objets. Ainsi, ils restent à peu près à la même place à cause de leur inertie
5. Il faut y appliquer une force extérieure non nulle ou plusieurs forces extérieures dont la résultante n'est pas nulle.
6. La passagère sentira son corps projeter vers l'avant de la voiture. En réalité, à cause de son inertie, le corps de la passagère résiste à la décélération de la voiture et tente de conserver la vitesse constante qu'elle avait avant la décélération.
7. L'objet subira une accélération et la vitesse augmentera.
8. Une force extérieure est une force exercée sur un objet par un autre objet, alors qu'une force intérieure est exercée par une partie d'un objet sur une autre partie du même objet.
9. L'expérience montre que la vitesse de la voiture va diminuer jusqu'à l'arrêt complet du véhicule. Cette modification du mouvement est causée par les forces de frottements des pneus sur la chaussée et par la résistance de l'air qui s'opposent au déplacement du véhicule. Sans la présence de ces forces, la voiture aurait maintenu sa vitesse constante.
10. La résultante étant nulle, l'objet ne subira aucune accélération et conservera sa vitesse constante.

14.2 La notion de force et la deuxième loi de Newton

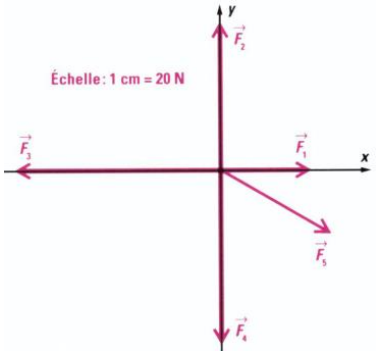
1. La deuxième loi de Newton stipule que la force résultante ($\overrightarrow{F_R}$) exercée sur un corps est égale au produit de la masse (m) de ce corps et de son accélération ($\vec{a}$).
   $\overrightarrow{F_R} = m\vec{a}$
   Où $\overrightarrow{F_R}$ = Force résultante, exprimée en newtons (N)
   m = Masse, exprimée en kilogrammes (kg)
   $\vec{a}$ = Accélération, exprimée en mètre par seconde carrée (m/s²)
2. a ≈ 1.3 m/s²
3. F = 36 N
4. m ≈ 5.8 kg
5. L'accélération sera divisée par 3.
6. $\vec{a}$ = 16 m/s² [35° N. de E.]
7. F_f = 10 N
8. a ≈ 1.14 m/s²
9. a ≈ 4.1 m/s²
10. a ≈ 3.0 m/s²
11. a ≈ 1.3 m/s²
12. a ≈ 0.67 m/s²
13. a = 2.8 m/s²
14. a ≈ 2.3 m/s², F_T ≈ 0.61 N
15. a ≈ 3.3 m/s²
16. F_R = 600 N
17. F = 9.6 N
18. v_F = 0.38 m/s
19. F_f = -5250 N
20. F ≈ 166 N
21. F ≈ 120 N
22. a) Le meuble pourra être déplacé puisque la force appliquée est plus grande que la force de frottement statique.
    b) a = 3 m/s²
23. m ≈ 210 kg

14.3 La troisième loi de Newton

1. Si un corps A exerce sur un corps B une certaine force $\vec{F}_{A\to B}$, le corps B exerce sur le corps A une force $\vec{F}_{B\to A}$ égale en grandeur, mais dirigée en sens opposé. $\vec{F}_{A\to B} = -\vec{F}_{B\to A}$
2. La troisième loi de Newton se nomme aussi la loi d'action-réaction.
3. Plusieurs réponses sont possibles. Exemples : le fonctionnement d'une fusée, les pompiers qui luttent pour maîtriser la lance à eau, un ballon de baudruche qui est propulsé lorsque l'ai qu'il contient est expulsé, etc.
4. Selon la troisième loi de Newton, le dynamomètre de gauche indiquera 25 N lui aussi.
5. a) L'élève A se déplacera vers la gauche à la même vitesse que l'élève B qui se déplacera vers la droite.
   b) L'élève A se déplacera vers la gauche plus lentement que l'élève B qui se déplacera vers la droite.
6. a_D = 0.63 m/s² (vers la droite), a_G = 0.75 m/s² (vers la gauche)
7. $a_{p\to T} = 1.15 \times 10^{-22}$ m/s². On remarque que cette accélération est extrêmement faible comparativement à l'accélération gravitationnelle terrestre, ce qui explique qu'elle est imperceptible.
8. $\vec{F}_{C\to B}$ = 7.5 N [O.]
9. $\vec{F}_{1\to 2}$ = 400 N à 0° et $\vec{F}_{2\to 1}$ = 400 N à 180°

Consolidation

1. a)



Solution :

$\vec{F}_R = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3 + \vec{F}_4 + \vec{F}_5$

Selon x : $F_{Rx} = 30{,}0\ \text{N} - 70{,}0\ \text{N} + (40{,}0 \cos 330°)\ \text{N} = -5{,}4\ \text{N}$

Selon y :

$F_{Ry} = 50{,}0\ \text{N} - 60{,}0\ \text{N} - (40{,}0 \sin 330°)\ \text{N} = -30{,}0\ \text{N}$

$F_R = \sqrt{{F_{Rx}}^2 + {F_{Ry}}^2} = \sqrt{(-5{,}4\ \text{N})^2 + (-30{,}0\ \text{N})^2} \approx 30{,}5\ \text{N}$

$\alpha = \tan^{-1}\left(\frac{F_{Ry}}{F_{Rx}}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{-30{,}0\ \text{N}}{-5{,}4\ \text{N}}\right) \approx 79{,}8°$

$\theta = 180° + \alpha = 180° + 79{,}8° = 260°$

$\vec{F}_R \approx 30{,}5\ \text{N à } 260°$

Réponse : $\vec{F}_R \approx 30{,}5\ \text{N à } 260°$

$\overrightarrow{F_R} \approx 30.5\ N$ à $260°$

b) $\vec{a} = 6.10\ m/s^2$ à $260°$

2. a) $F_{T1} = 3920$ N b) $F_{T2} = 3520$ N c) $F_{T3} = 4320$ N
3. m = 75 kg
4. a ≈ 2.06 m/s^2 (vers le bas de la pente)