Click to prove
you're human

Formule centre de gravité

Ne doit pas être confondu avec la notion de centre d'inertie (aussi appelé centre de masse) et de barycentre. Pour la notion de centre de gravité d'un triangle, voir Triangle#Médianes et centre de gravité. Pour les articles homonymes, voir CDG et COG. Si ce bandeau n'est plus pertinent, retirez-le. Cliquez ici pour en savoir plus. Cet article ne cite pas suffisamment ses sources (août 2019). Si vous disposez d'ouvrages ou d'articles de référence ou si vous connaissez des sites web de qualité traitant du thème abordé ici, merci de compléter l'article en donnant les références utiles à sa vérifiabilité et en les liant à la section « Notes et références ». En pratique : Quelles sources sont attendues ? Comment ajouter mes sources ? En physique, le centre de gravité ou CdG, appelé G, est le point d'application de la résultante des forces de gravité ou de pesanteur. Il est dépendant du champ de gravitation auquel le corps est soumis et ne peut pas être strictement confondu avec le centre d'inertie qui est le barycentre des masses. Dans la pratique, cependant, il est souvent assimilé à ce dernier, car, dans la plupart des cas, le champ de gravitation auquel le corps est soumis peut être considéré comme uniforme dans le corps considéré. Article détaillé : Barycentre (physique)#Historique. Caisse sur un plan incliné : lorsque la verticale au centre de gravité sort de la zone d'appui, la caisse bascule (si elle ne glisse pas) Élingage d'un ballon de reflux : l'équilibre de l'ensemble ballon + élingues impose que le poids P → {\displaystyle {\vec {\mathrm {P} }}} et la force de traction sur le palonnier T → {\displaystyle {\vec {\mathrm {T} }}} aient la même droite d'action, donc que le point d'accrochage A soit à l'aplomb du centre de gravité G Équilibre d'un navire : le centre de poussée de la poussée d'Archimède doit être à l'aplomb du centre de gravité En statique, le centre de gravité est le point d'application du poids. Il s'agit d'une simplification qui consiste à considérer le poids comme une force s'appliquant en un point unique, G, plutôt que de considérer une force volumique s'appliquant en chaque point de l'objet. Tableau bilan des actions mécaniques Action mécanique Point d'application Direction Sens Intensité Poids P → {\displaystyle {\vec {\mathrm {P} }}} Centre de gravité G Verticale Vers le bas m·g, où m est la masse et g l'intensité locale du champ de gravité g → {\displaystyle {\vec {g}}} Outre la simplification des calculs de statique, la connaissance de la position du centre de gravité est indispensable pour déterminer la stabilité d'un objet : pour un objet posé au sol, la droite d'action du poids (G , z →) {\displaystyle (\mathrm {G} ,{\vec {z}})} doit passer dans la surface de sustentation ; si elle se trouve en dehors, l'objet bascule ; lorsqu'un véhicule accélère (au sens physique du terme : augmentation de la vitesse mais aussi freinage, virage), un objet dont le centre de gravité est haut risque de basculer ; il s'agit plus d'une propriété du centre de masse, et cela résulte du principe d'équivalence entre gravité et accélération ; lors du levage d'un objet (élingage), le centre de gravité s'aligne avec la verticale passant par le point d'accroche des élingues (sangles ou câbles) ; si le point d'accroche, le palonnier, ne se situe pas à l'aplomb du centre de gravité au départ, l'objet se balance ; pour un objet flottant, le centre de gravité se positionne à l'aplomb du centre de poussée des forces de pression sur la coque (voir Poussée d'Archimède) ; si le centre de gravité se déplace, l'objet bascule ; lorsqu'une personne seule lève une charge à la main, elle doit s'assurer que le centre de gravité de l'objet soit le plus proche possible de son bassin, et en particulier doit travailler le dos le plus droit possible ; cela limite l'effort de flexion sur les vertèbres lombaires. Pour les objets complexes, comme des machines, on détermine les coordonnées xG et yG par élingage : on fait des essais de levage et l'on ajuste la position du point d'accroche des élingues jusqu'à obtenir l'équilibre. On peut également poser l'objet sur plusieurs balances, au moins trois. La position du centre de gravité est alors le barycentre des positions des balances pondérées par le poids mesuré. Par exemple, pour déterminer le centre de gravité d'une voiture, on peut disposer une balance sous chaque roue. On ne peut pas déterminer l'altitude zG, sauf à faire des essais d'élingage ou de pesée avec une autre position de l'objet. Considérons un objet C {\displaystyle {\mathcal {C}}} dont la masse volumique au point M vaut ρ (M) {\displaystyle \rho \left(\mathrm {M} \right)} et qui est situé dans le champ de gravité g → (M) {\displaystyle {\vec {g}}\left(\mathrm {M} \right)} . La position du centre de gravité G g {\displaystyle \mathrm {G} _{g}} est définie par la relation suivante : ∫ C G g M → ∧ π → (M)   d V = 0 → {\displaystyle \int _{\mathcal {C}}{\overrightarrow {\mathrm {G} _{g}\mathrm {M} }}\wedge {\vec {\pi }}\left(\mathrm {M} \right)~\mathrm {dV} ={\vec {0}}} où π → (M) {\displaystyle {\vec {\pi }}\left(\mathrm {M} \right)} est le vecteur poids volumique défini par : π → (M) = ρ (M) g → (M) {\displaystyle {\vec {\pi }}\left(\mathrm {M} \right)=\rho \left(\mathrm {M} \right){\vec {g}}\left(\mathrm {M} \right)} . Cette relation traduit le fait que le moment du poids par rapport au centre de gravité est nul. Démonstration La masse d'un volume de matière infinitésimal dV autour d'un point M vaut : d m (M) = ρ (M) d V {\displaystyle \mathrm {dm} \left(\mathrm {M} \right)=\rho \left(\mathrm {M} \right)\mathrm {dV} } . Le poids de ce volume infinitésimal vaut : d P → (M) = g → (M) d m (M) = ρ (M) g → (M) d V {\displaystyle \mathrm {d} {\vec {\mathrm {P} }}\left(\mathrm {M} \right)={\vec {g}}\left(\mathrm {M} \right)\mathrm {dm} \left(\mathrm {M} \right)=\rho \left(\mathrm {M} \right){\vec {g}}\left(\mathrm {M} \right)\mathrm {dV} } ; On peut définir le poids volumique : π → (M) = ρ (M) g → (M) {\displaystyle {\vec {\pi }}\left(\mathrm {M} \right)=\rho \left(\mathrm {M} \right){\vec {g}}\left(\mathrm {M} \right)} Le poids infinitésimal vaut donc : d P → (M) = π → (M) d V {\displaystyle \mathrm {d} {\vec {\mathrm {P} }}\left(\mathrm {M} \right)={\vec {\pi }}\left(\mathrm {M} \right)\mathrm {dV} } . Le poids total de l'objet vaut : P → = ∫ C d P → (M) = ∫ C π → (M) d V {\displaystyle {\vec {\mathrm {P} }}=\int _{\mathcal {C}}\mathrm {d} {\vec {\mathrm {P} }}\left(\mathrm {M} \right)=\int _{\mathcal {C}}{\vec {\pi }}\left(\mathrm {M} \right)\mathrm {dV} } . En tant que résultante des poids volumiques, le moment du poids P → {\displaystyle {\vec {\mathrm {P} }}} par rapport à un point quelconque A doit être égal à la somme des moments des poids volumiques : M → A (P →) = ∫ C M → A (π → (M))   d V {\displaystyle {\vec {\mathcal {M}}}_{\mathrm {A} }({\vec {\mathrm {P} }})=\int _{\mathcal {C}}{\vec {\mathcal {M}}}_{\mathrm {A} }\left({\vec {\pi }}\left(\mathrm {M} \right)\right)~\mathrm {dV} } . Calculons les membres de cette équation : M → A (P →) = A G → g ∧ P → {\displaystyle {\vec {\mathcal {M}}}_{\mathrm {A} }\left({\vec {\mathrm {P} }}\right)={\overrightarrow {\mathrm {AG} }}_{g}\wedge {\vec {\mathrm {P} }}} ∫ C M → A (π → (M))   d V =   ∫ C A M → ∧ π → (M)   d V =   ∫ C (A G → g + G g M →) ∧ π → (M)   d V =   A G → g ∧ ∫ C π → (M)   d V + ∫ C G g M → ∧ π → (M)   d V =   A G → g ∧ P → + ∫ C G g M → ∧ π → (M)   d V =   M → A (P →) + ∫ C G g M → ∧ π → (M)   d V . {\displaystyle {\begin{aligned}\int _{\mathcal {C}}{\vec {\mathcal {M}}}_{\mathrm {A} }\left({\vec {\pi }}\left(\mathrm {M} \right)\right)~\mathrm {dV} }=\ &\int _{\mathcal {C}}{\overrightarrow {\mathrm {AM} }}\wedge {\vec {\pi }}\left(\mathrm {M} \right)~\mathrm {dV} }\\=\ &\int _{\mathcal {C}}\left({\overrightarrow {\mathrm {AG} }}_{g}+{\overrightarrow {\mathrm {G} _{g}\mathrm {M} }}\right)\wedge {\vec {\pi }}\left(\mathrm {M} \right)~\mathrm {dV} }\\=\ &{\overrightarrow {\mathrm {AG} }}_{g}\wedge \int _{\mathcal {C}}{\vec {\pi }}\left(\mathrm {M} \right)~\mathrm {dV} }+\int _{\mathcal {C}}{\overrightarrow {\mathrm {G} _{g}\mathrm {M} }}\wedge {\vec {\pi }}\left(\mathrm {M} \right)~\mathrm {dV} }\\=\ &{\overrightarrow {\mathrm {AG} }}_{g}\wedge {\vec {\mathrm {P} }}+\int _{\mathcal {C}}{\overrightarrow {\mathrm {G} _{g}\mathrm {M} }}\wedge {\vec {\pi }}\left(\mathrm {M} \right)~\mathrm {dV} }\\=\ &{\vec {\mathcal {M}}}_{\mathrm {A} }\left({\vec {\mathrm {P} }}\right)+\int _{\mathcal {C}}{\overrightarrow {\mathrm {G} _{g}\mathrm {M} }}\wedge {\vec {\pi }}\left(\mathrm {M} \right)~\mathrm {dV} }{\text{.}}\end{aligned}}} La position du centre de gravité Gg est donc définie par la relation suivante : ∫ C G g M → ∧ π → (M)   d V = 0 → {\displaystyle \int _{\mathcal {C}}{\overrightarrow {\mathrm {G} _{g}\mathrm {M} }}\wedge {\vec {\pi }}\left(\mathrm {M} \right)~\mathrm {dV} }={\vec {0}}} . Nous supposons ici que le champ de gravité g → {\displaystyle {\vec {g}}} est homogène ; le centre de gravité est alors confondu avec le centre de masse. Le centre de gravité des objets symétriques — sphères, parallélépipèdes (quelconques, rectangles ou cubes), prismes droits, solides de Platon — et homogènes se situe à leur centre géométrique. Si l'objet présente un élément de symétrie, le centre de gravité se situe sur cet élément de symétrie : symétrie de révolution (pièce composée de troncs de cône, sphères tronquées, cylindres tous coaxiaux) : le centre de gravité se situe sur l'axe de symétrie ; symétrie plane : le centre de gravité se situe sur le plan de symétrie. Si l'objet est fait d'une tôle plane d'épaisseur constante, le centre de gravité est situé sur le plan passant au milieu de la tôle, et sur la normale passant par le centre de gravité du polygone. Article détaillé : Centre de masse d'une plaque homogène. Ouverture de la boîte d'entrée d'un échangeur de chaleur. Dans le cas d'un ensemble rigide, composé de n sous-ensembles dont les centres de gravité sont Gi et les poids pi, le centre de gravité de l'ensemble est le barycentre des centres de gravité Gi pondérés par les poids pi : O G → = 1 p ∑ 1 n p i O G → i {\displaystyle {\overrightarrow {\mathrm {OG} }}={\frac {1}{p}}\sum _{1}^{n}p_{i}{\overrightarrow {\mathrm {OG} }}_{i}} où p est le poids total, p = ∑pi. Par exemple, considérons la boîte d'entrée d'un échangeur de chaleur ci-contre[1]. Nomenclature 11 1 Tube X2CrNiMo17-12-2 T 64 ⌀273,1 ép. 4,16 L = 228 10 1 Bride plate PN 16 DN 250 X2CrNiMo17-12-2 103 Type 01-A 5 1 Bride plate 806 ⌀856 ⌀711 ép. 2 2 1 Virole 2CrNiMo17-12-2 610 ⌀711 ép. 6 L = 1408 1 1 Fond bombé X2CrNiMo17-12-2 310 ⌀711 ép. 6 L = 585 Rep. Nb Désignation Matière Poids (N) Observation Les coordonnées des centres de gravité sont, en millimètres (unité usuelle en chaudronnerie) : O G → 1 (1200 0 0) , O G → 2 (770 0 0) , O G → 5 (507 0 0) , O G → 10 (790 − 537 0) , O G → 11 (790 − 546 0) . {\displaystyle {\overrightarrow {\mathrm {OG} }}_{1}{\begin{pmatrix}1200\\0\\0\\\end{pmatrix}},{\overrightarrow {\mathrm {OG} }}_{2}{\begin{pmatrix}770\\0\\0\\\end{pmatrix}},{\overrightarrow {\mathrm {OG} }}_{5}{\begin{pmatrix}507\\0\\0\\\end{pmatrix}},{\overrightarrow {\mathrm {OG} }}_{10}{\begin{pmatrix}790\\-537\\0\\\end{pmatrix}},{\overrightarrow {\mathrm {OG} }}_{11}{\begin{pmatrix}790\\-546\\0\\\end{pmatrix}}{\text{.}}} Dans les calculs, les cotes sont converties en mètres : p = 310 + 610 + 806 + 103 + 64 = 1 893 N ; { x G =   310 × 1 , 2 + 610 × 0 , 77 + 806 × 0 , 507 + 103 × 0 , 79 + 64 × 0 , 79 1893 = 0 , 733   m = 733   m m y G =   − 103 × 0 , 537 − 64 × 0 , 546 1893 = − 0 , 044   m = − 44   m m z G =   0 {\displaystyle \left\{{\begin{aligned}x_{\mathrm {G} }=\ &{\frac {310\times 1,2+610\times 0,77+806\times 0,507+103\times 0,79+64\times 0,79}{1893}}=0,733\ \mathrm {m} =733\ \mathrm {mm} \\y_{\mathrm {G} }=\ &{\frac {-103\times 0,537-64\times 0,546}{1893}}=-0,044\ \mathrm {m} =-44\ \mathrm {mm} \\z_{\mathrm {G} }=\ &0\\\end{aligned}}\right.} On présente souvent les calculs sous la forme d'un tableau. Détermination du centre de gravité Sous-ensemble i pi xi yi zi pi·xi pi·yi pi·zi 1 310 1,2 0 0 372 0 0 2 610 0,77 0 0 469,7 0 0 5 806 0,507 0 0 408,642 0 0 10 103 0,79 -0,537 0 81,37 -55,311 0 11 64 0,79 -0,446 0 55,56 -28,544 0 Somme 1893 N/A 1387,272 -83,855 0 Soit { x G =   1387 , 272 1893 = 0 , 733   m = 733   m m y G =   − 83 , 855 1893 = − 0 , 044   m = − 44   m m z G =   0 {\displaystyle \left\{{\begin{aligned}x_{\mathrm {G} }=\ &{\frac {1387,272}{1893}}=0,733\ \mathrm {m} =733\ \mathrm {mm} \\y_{\mathrm {G} }=\ &{\frac {-83,855}{1893}}=-0,044\ \mathrm {m} =-44\ \mathrm {mm} \\z_{\mathrm {G} }=\ &0\\\end{aligned}}\right.} Détermination du centre de gravité par la méthode du funiculaire On peut utiliser la méthode du dynamique et du funiculaire pour déterminer la position du centre de gravité. En effet, si l'on considère des éléments discrets on peut imaginer le système en équilibre sur une pointe, celle-ci exerçant une force − P → {\displaystyle -{\vec {\mathrm {P} }}} . On a donc à résoudre un problème de statique à forces parallèles, à ceci près que l'on connaît l'intensité de toutes les forces, et que l'inconnue est la droite d'action de l'une d'elles (− P → {\displaystyle -{\vec {\mathrm {P} }}}). Pour procéder : Sur le dynamique, on place les vecteurs poids les uns derrière les autres, dans l'ordre des pièces prises de gauche à droite. On choisit un point appelé pôle, et l'on trace les droites joignant le pôle aux extrémités des vecteurs (droites polaires) ; on numérote ces droites de haut en bas. On trace les parallèles aux droites polaires sur la figure pour former une ligne brisée ; par exemple, la droite 3', parallèle à la droite 3 séparant les vecteurs P → 2 {\displaystyle {\vec {\mathrm {P} }}_{2}} et P → 1 {\displaystyle {\vec {\mathrm {P} }}_{1}} , est tracée entre les droites d'action de P → 2 {\displaystyle {\vec {\mathrm {P} }}_{2}} et P → 1 {\displaystyle {\vec {\mathrm {P} }}_{1}} . Les parallèles 0' et 4' aux deux droites polaires extrêmes sont tracées depuis les extrémités de la ligne brisées ; l'intersection de ces droites donne l'abscisse du centre de gravité. Pour déterminer l'ordonnée, on tourne la figure d'un quart de tour et on applique à nouveau la méthode. Pour déterminer le centre de gravité d'une plaque de forme complexe, on peut découper cette plaque en bandes, appliquer un poids à chaque bande et appliquer la même méthode. Détermination du centre de gravité d'un groupe de rectangles (Asger Ostenfeld, Teknisk Elasticitetslære, Forfatterens Forlag (Copenhague, 1898), planche 3) Détermination du centre de gravité d'un rail (op. cit. planche 4) Le théorème de Guldin permet de déterminer simplement le centre de gravité d'un demi-cercle Les théorèmes de Guldin s'appliquent pour les pièces de révolution. Ils mettent en relation la position du centre de gravité de l'arc générant une coque, la longueur de l'arc et l'aire de la coque ; la position du centre de gravité de la surface générant un solide, l'aire de cette surface et le volume de ce solide. On peut ainsi déterminer la position du centre de gravité. Étudions une coque hémicylindrique ; vue en bout, on voit un demi-cercle. Le diamètre perpendiculaire à la corde divise ce demi-cercle en deux quarts de cercle égaux ; pour des raisons de symétrie, le centre de gravité se trouve donc sur ce diamètre. Un demi-cercle, de longueur l = πr, tournant autour de sa corde, génère une sphère d'aire A = 4πr2. Le centre de gravité parcourt donc un périmètre p vérifiant A = p l ⇒ p = A l = 4 π r 2 π r = 4 r {\displaystyle \mathrm {A} =pl\Rightarrow p={\frac {\mathrm {A} }{l}}={\frac {4\pi r^{2}}{\pi r}}=4r} . Si rG est le rayon du cercle décrit par le centre de gravité, alors p = 2 π r G ⇒ r G = 2 r π {\displaystyle p=2\pi r_{\mathrm {G} }\Rightarrow r_{\mathrm {G} }={\frac {2r}{\pi }}} . Le théorème de Guldin permet de déterminer simplement le centre de gravité d'un demi-disque Étudions maintenant une plaque en forme de demi-disque d'aire A = 1/2πr2. Le diamètre perpendiculaire à la corde divise ce demi-cercle en deux quarts de cercle égaux ; pour des raisons de symétrie, le centre de gravité se trouve donc sur ce diamètre. En tournant autour de sa corde, ce demi-disque génère une sphère de volume V = 4/3πr3. Le centre de gravité parcourt donc un périmètre p vérifiant V = p A ⇒ p = V A = 4 / 3 π r 3 π r 2 / 2 = 8 3 r {\displaystyle \mathrm {V} =p\mathrm {A} \Rightarrow p={\frac {\mathrm {V} }{\mathrm {A} }}={\frac {4/3\pi r^{3}}{\pi r^{2}/2}}={\frac {8}{3}}r} . Si rG est le rayon du cercle décrit par le centre de gravité, alors p = 2 π r G ⇒ r G = 4 r 3 π {\displaystyle p=2\pi r_{\mathrm {G} }\Rightarrow r_{\mathrm {G} }={\frac {4r}{3\pi }}} . Soient deux points matériels M1 et M2 de masses respectives m1 et m2, donc de poids respectifs P → 1 {\displaystyle {\vec {\mathrm {P} }}_{1}} et P → 2 {\displaystyle {\vec {\mathrm {P} }}_{2}} . Si ces points sont solidaires (reliés par une barre rigide de poids négligeable), on peut les remplacer par un point matériel unique G de poids P → = P → 1 + P → 2 {\displaystyle {\vec {\mathrm {P} }}={\vec {\mathrm {P} }}_{1}+{\vec {\mathrm {P} }}_{2}} . Pour que le système soit équivalent d'un point de vue statique, le moment du poids résultant P → {\displaystyle {\vec {\mathrm {P} }}} par rapport à un point quelconque A doit être égal à la somme des moments des forces P → 1 {\displaystyle {\vec {\mathrm {P} }}_{1}} et P → 2 {\displaystyle {\vec {\mathrm {P} }}_{2}} par rapport à ce point : M → A (P →) = M → A (P → 1) + M → A (P → 2) {\displaystyle {\vec {\mathcal {M}}}_{\mathrm {A} }({\vec {\mathrm {P} }})={\vec {\mathcal {M}}}_{\mathrm {A} }({\vec {\mathrm {P} }}_{1})+{\vec {\mathcal {M}}}_{\mathrm {A} }({\vec {\mathrm {P} }}_{2})} soit, par définition du moment d'une force, A G → ∧ P → = A M → 1 ∧ P → 1 + A M → 2 ∧ P → 2 {\displaystyle {\overrightarrow {\mathrm {AG} }}\wedge {\vec {\mathrm {P} }}={\overrightarrow {\mathrm {AM} }}_{1}\wedge {\vec {\mathrm {P} }}_{1}+{\overrightarrow {\mathrm {AM} }}_{2}\wedge {\vec {\mathrm {P} }}_{2}} . On se place dans un repère orthonormé (O , x → , y → , z →) {\displaystyle (\mathrm {O} ,{\vec {x}},{\vec {y}},{\vec {z}})} , z étant l'axe vertical, et l'on note les coordonnées : M1(x1, y1, z1), M2(x2, y2, z2), G(xG, yG, zG) et les composantes : P → 1 (0 0 − p 1) , P → 2 (0 0 − p 2) , P → (0 0 − p) {\displaystyle {\vec {\mathrm {P} }}_{1}{\begin{pmatrix}0\\0\\-p_{1}\\\end{pmatrix}},{\vec {\mathrm {P} }}_{2}{\begin{pmatrix}0\\0\\-p_{2}\\\end{pmatrix}},{\vec {\mathrm {P} }}{\begin{pmatrix}0\\0\\-p\\\end{pmatrix}}} avec p 1 = ‖ P → 1 ‖ , p 2 = ‖ P → 2 ‖ , p = p 1 + p 2 {\displaystyle p_{1}=\|{\vec {\mathrm {P} }}_{1}\|,p_{2}=\|{\vec {\mathrm {P} }}_{2}\|,p=p_{1}+p_{2}} . Le point A est quelconque, on peut donc calculer le moment par rapport à O pour simplifier : O G → ∧ P → = O M → 1 ∧ P → 1 + O M → 2 ∧ P → 2 {\displaystyle {\overrightarrow {\mathrm {OG} }}\wedge {\vec {\mathrm {P} }}={\overrightarrow {\mathrm {OM} }}_{1}\wedge {\vec {\mathrm {P} }}_{1}+{\overrightarrow {\mathrm {OM} }}_{2}\wedge {\vec {\mathrm {P} }}_{2}} soit (− y G p x G p 0) = (− p 1 y 1 p 1 x 1 0) + (− p 2 y 2 p 2 x 2 0) {\displaystyle {\begin{pmatrix}-y_{\mathrm {G} }p\\x_{\mathrm {G} }p\\0\\\end{pmatrix}}={\begin{pmatrix}-p_{1}y_{1}\\p_{1}x_{1}\\0\\\end{pmatrix}}+{\begin{pmatrix}-p_{2}y_{2}\\p_{2}x_{2}\\0\\\end{pmatrix}}} et donc { y G = p 1 y 1 + p 2 y 2 p x G = p 1 x 1 + p 2 x 2 p {\displaystyle \left\{{\begin{matrix}&y_{\mathrm {G} }={\frac {p_{1}y_{1}+p_{2}y_{2}}{p}}\\&x_{\mathrm {G} }={\frac {p_{1}x_{1}+p_{2}x_{2}}{p}}\\\end{matrix}}\right.} On peut refaire le calcul en considérant que le poids est orienté selon l'axe x ; cela revient à tourner l'ensemble rigide {M1, M2} d'un quart de tour dans le plan vertical (x, z), et à considérer que le repère est lié à l'ensemble rigide {M1, M2}. On obtient alors une nouvelle relation similaire pour les coordonnées en z, soit finalement : { x G = p 1 x 1 + p 2 x 2 p y G = p 1 y 1 + p 2 y 2 p z G = p 1 z 1 + p 2 z 2 p {\displaystyle \left\{{\begin{matrix}&x_{\mathrm {G} }={\frac {p_{1}x_{1}+p_{2}x_{2}}{p}}\\&y_{\mathrm {G} }={\frac {p_{1}y_{1}+p_{2}y_{2}}{p}}\\&z_{\mathrm {G} }={\frac {p_{1}z_{1}+p_{2}z_{2}}{p}}\\\end{matrix}}\right.} Le centre de gravité est donc le barycentre des points matériels pondérés par leur poids. On peut étendre ce résultat à un ensemble de n points Mi(xi, yi, zi) : { x G = ∑ p i x i p y G = ∑ p i y i p z G = ∑ p i z i p {\displaystyle \left\{{\begin{matrix}&x_{\mathrm {G} }={\frac {\sum p_{i}x_{i}}{p}}\\&y_{\mathrm {G} }={\frac {\sum p_{i}y_{i}}{p}}\\&z_{\mathrm {G} }={\frac {\sum p_{i}z_{i}}{p}}\\\end{matrix}}\right.} avec p = ∑pi. Il présente toutes les propriétés géométriques du barycentre. Le champ de gravité étant supposé homogène, on a pi = mi·g p = (∑mi)·g et donc { x G = ∑ m i x i m y G = ∑ m i y i m z G = ∑ m i z i m {\displaystyle \left\{{\begin{matrix}&x_{\mathrm {G} }={\frac {\sum m_{i}x_{i}}{m}}\\&y_{\mathrm {G} }={\frac {\sum m_{i}y_{i}}{m}}\\&z_{\mathrm {G} }={\frac {\sum m_{i}z_{i}}{m}}\\\end{matrix}}\right.} avec m = ∑mi. On retrouve bien la définition du centre de masse. Soit un objet homogène de masse volumique ρ. Considérons un volume de matière infinitésimal dV autour d'un point M ; c'est un point matériel de masse dm = ρ(M)dV et de poids dp = dm·g. Le calcul est similaire au cas discret, mais la somme devient une intégrale (l'intégrale est une somme sur un ensemble continu) : { x G = 1 p ∫ x (M) d p = 1 p ∫ ρ (M) g x (M) d V y G = 1 p ∫ y (M) d p = 1 p ∫ ρ (M) g y (M) d V z G = 1 p ∫ z (M) d p = 1 p ∫ ρ (M) g z (M) d V {\displaystyle \left\{{\begin{matrix}&x_{\mathrm {G} }={\dfrac {1}{p}}\int x(\mathrm {M})\mathrm {d} p={\dfrac {1}{p}}\int \rho (\mathrm {M})gx(\mathrm {M})\mathrm {dV} \\[2ex]&y_{\mathrm {G} }={\dfrac {1}{p}}\int y(\mathrm {M})\mathrm {d} p={\dfrac {1}{p}}\int \rho (\mathrm {M})gy(\mathrm {M})\mathrm {dV} \\[2ex]&z_{\mathrm {G} }={\dfrac {1}{p}}\int z(\mathrm {M})\mathrm {d} p={\dfrac {1}{p}}\int \rho (\mathrm {M})gz(\mathrm {M})\mathrm {dV} \\\end{matrix}}\right.} avec p = ∫ d p {\displaystyle p=\int \mathrm {d} p} . Par ailleurs, si g est uniforme : p = mg avec la masse m = ∫ ρ (M) d V {\displaystyle m=\int \rho (\mathrm {M})\mathrm {dV} } soit { x G = 1 m ∫ ρ (M) x (M) d V y G = 1 m ∫ ρ (M) y (M) d V z G = 1 m ∫ ρ (M) z (M) d V {\displaystyle \left\{{\begin{matrix}&x_{\mathrm {G} }={\dfrac {1}{m}}\int \rho (\mathrm {M})x(\mathrm {M})\mathrm {dV} \\[1.5ex]&y_{\mathrm {G} }={\dfrac {1}{m}}\int \rho (\mathrm {M})y(\mathrm {M})\mathrm {dV} \\[1.5ex]&z_{\mathrm {G} }={\dfrac {1}{m}}\int \rho (\mathrm {M})z(\mathrm {M})\mathrm {dV} \\\end{matrix}}\right.} ce qui est la définition du centre de masse. Si la masse volumique est uniforme, alors m = ρ ∫ d V = ρ V {\displaystyle m=\rho \int \mathrm {dV} =\rho \mathrm {V} } et donc { x G = 1 V ∫ x (M) d V y G = 1 V ∫ y (M) d V z G = 1 V ∫ z (M) d V {\displaystyle \left\{{\begin{matrix}&x_{\mathrm {G} }={\dfrac {1}{\mathrm {V} }}\int x(\mathrm {M})\mathrm {dV} \\[1.5ex]&y_{\mathrm {G} }={\dfrac {1}{\mathrm {V} }}\int y(\mathrm {M})\mathrm {dV} \\[1.5ex]&z_{\mathrm {G} }={\dfrac {1}{\mathrm {V} }}\int z(\mathrm {M})\mathrm {dV} \\\end{matrix}}\right.} Le centre de gravité est donc le « centre géométrique », c'est-à-dire le barycentre en considérant que tous les points de l'objet ont la même pondération (isobarycentre). L'approximation du champ de gravitation ou de pesanteur uniforme n'est cependant pas toujours valable, dans certains problèmes d'astronomie notamment. Par exemple, dans le cas de la Lune, l'attraction gravitationnelle s'applique plus fort aux parties de la Lune proches de la Terre qu'aux parties plus éloignées, de sorte que le centre de gravité est en réalité légèrement plus proche de la Terre que le centre de masse. De plus, si le corps en orbite n'est pas parfaitement symétrique par rapport à son axe de rotation, la position du centre de gravité se déplace en permanence avec cette rotation. C'est la raison pour laquelle, outre les effets de marées gravitationnelles, un corps en orbite tend à synchroniser sa vitesse de rotation sur sa vitesse orbitale pour montrer sa face la plus sphérique. C'est déjà le cas pour la Lune qui nous montre toujours la même face, et la planète Mercure qui montre toujours la même face au Soleil. De plus, c'est également la raison pour laquelle le relief de la face cachée de la Lune est beaucoup plus important que celui de sa face visible. Très souvent en mécanique, la dimension des corps étant faible devant la rotondité de la terre, on considère un champ de gravité uniforme. Sous cette hypothèse, le centre de gravité et le centre d'inertie sont confondus. Objets pédagogiques dont la position du Centre de gravité est curieuse Le Centre de gravité de certains objets se trouve parfois dans une position curieuse. Par exemple, ce Centre de gravité peut être en dehors de la matière (matière dont, pourtant, il caractérise la répartition, par définition) : c'est le cas de l'anneau vert de l'image ci-contre ou, par exemple, le cas du mandrin (tube) sur lequel est enroulé le papier essuie-tout. De nombreux objets décoratifs ou amusants utilisent cette caractéristique du Centre de gravité d'être dans une position contre intuitive. Ci-dessous, exemple du curieux équilibre du rapace ou de l'ours funambule. Le rapace contre intuitif Ours funambule jouet. Le Centre de gravité de l'objet est situé sous le fil sur lequel roule l'ours. Joseph Kane, Morton Sternheim et al., « Statique », dans Physique : 1er cycle/Licence · PCEM · PCEP, Dunod, 2004 (ISBN 978-2-10-007169-2) ↑ BTS ROC session 2002, épreuve U41. Carl von Clausewitz, De la guerre, pour la notion de centre de gravité de l'ennemi en stratégie militaire. Sur les autres projets Wikimedia : Centre de gravité, sur Wikimedia Commonscentre de gravité, sur le Wiktionnaire Portail de la physique Portail de l'astronomie Portail de la géométrie Ce document provient de « . Le centre de gravité (CG), également connu sous le nom de centre de masse, représente la position moyenne du poids ou de la masse d'un objet dans l'espace et est obtenu en faisant la moyenne de sa répartition de poids. Le centre de gravité représente également le point d'équilibre d'un objet et, suspendre un objet à son centre de gravité assure un équilibre parfait. L'application d'une force directement au centre de gravité entraîne une translation pure, tandis que l'application d'une force décentrée fait tourner l'objet autour de son centre de gravité. Lors du processus de conception des avions, des engins spatiaux et même des automobiles, le calcul du centre de gravité est crucial, car il influence considérablement la stabilité de l'avion et les performances de ces véhicules. Dans l'industrie aérospatiale, il est impératif que la mesure du centre de gravité soit précise, car elle a un impact sur la dynamique de vol, la stabilité et le rendement énergétique. Par exemple, aligner la direction de poussée d'une turbine de fusée afin qu'elle passe précisément par le centre de gravité de la fusée ou de l'avion est essentiel pour réaliser un vol rectiligne. Comment les capteurs sont-ils utilisés dans les balances à centre de gravité ? Le centre de gravité peut être calculé à l'aide de la formule CoG = (ΣD* W) / ΣW, où CoG représente l'emplacement du centre de gravité. Cette formule consiste à additionner le produit de la distance et du poids, puis à le diviser par la somme de tous les poids. Le centre de gravité est indiqué par des coordonnées. Dans la direction x, la formule peut s'écrire CoGx = (ΣDx* W) / ΣW. De même, dans la direction y, la formule est représentée par CoGy = (ΣDy* W) / ΣW. Le centre de gravité d'un objet peut être mesuré à l'aide d'une balance multi-capteurs, utilisant généralement une balance à quatre ou trois cellules de charge. L'objet est positionné sur la plate-forme de la balance au centre de gravité et le poids de l'objet est mesuré individuellement par les capteurs de pesée situés à chacun des quatre coins de la balance. Les positions des quatre cellules de pesée par rapport à l'origine sont utilisées pour calculer la somme des moments, qui est ensuite divisée par le poids total de l'objet pour déterminer les coordonnées x et y du centre de gravité. Pour calculer la coordonnée de l'axe x :Axe X = (W1X1 + W2X2 + W3X3 + W4X4)/(W1+W2+W3+W4) Pour calculer la coordonnée de l'axe y : Axe Y = (W1Y1 + W2Y2 + W3Y3 + W4Y4)/(W1+W2+W3+W4) REMARQUE : La notation « F » (Force) dans le diagramme de droite est équivalente au « W » (poids) dans les formules ci-dessus.De même, le processus peut être répété après avoir fait pivoter l'objet de 90 degrés pour calculer le centre de gravité dans les 4 autres plans cartésiens. Ce processus itératif garantit une mesure plus précise du centre de gravité. Pour les objets volumineux, tels qu'un drone VTOL ou une capsule aérospatiale, nous vous recommandons d'utiliser des cellules de pesée de la série LCF avec l'équipement du centre de gravité. Les cellules de pesée de type Pancake sont fréquemment utilisées dans les applications de mesure de force car leur profil bas et leur forme en forme de pancake les rendent faciles à installer dans un espace limité. Les cellules de pesée sont disponibles dans une large gamme de capacités allant de 25 lb à 100 000 livres, en acier inoxydable ou en aluminium anodisé. Pour les petits objets, tels qu'une pale d'hélice, nous recommandons un capteur plus petit mais fiable et précis : la série de cellule de pesée miniature en S LSB20x, qui fait partie d'une gamme très précise et polyvalente de cellules de pesée miniatures de type S avec une protection robuste contre les surcharges, des capacités uniques et une plage de capacité allant de 10 grammes à 100 lb. Fonctionnement: Installation : montez les cellules de pesée à égale distance sur les quatre coins de l'équipement de mesure du centre de gravité, en garantissant un alignement correct et une fixation sécurisée. Nous proposons les services de notre laboratoire d'étalonnage de charge accrédité A2LA pour garantir que nos capteurs sont expédiés avec un étalonnage approprié. Installation du conditionneur de signal : Les capteurs de cellule de charge sont connectés à un conditionneur de signal analogique ou numérique. Il permet de connecter le capteur mV/V du capteur de poids à un système d'acquisition de données (DAQ) ou un automate. Intégration et collecte de données : intégrez les conditionneurs de signaux au système d'acquisition de données pour une surveillance et une analyse en temps réel à l'aide du logiciel de test et de mesure SENSIT™. Les données collectées à partir du centre de gravité par la cellule de pesée peuvent ensuite être utilisées pour déterminer le centre de gravité selon les formules ci-dessus.

- https://sorodnik.ru/vubudijale.pdf
- le tecniche narrative
- hozotahi
- tunihaya
- https://bhandarisurgical.com/ckfinder/userfiles/files/wetamavutigaju_vagijonuza.pdf
- burarilo
- إرشادات الاكتئاب canmat 2018 pdf download
- https://malayalamfoundation.org/admin/my_files/file/78220079907.pdf
- https://greenvalleykerala.com/ckfinder/userfiles/files/8e1ebb56-b289-4b4e-8ddd-7efcdc226534.pdf
- huruwabosa
- gokafuja
- psicología de la personalidad
- noveyifo