

Moment, de quoi parle-t-on ?

Le terme "*moment*" en français a beaucoup de significations suivant son utilisation, voici une liste peut-être non exhaustive.

- [moment \(temps\)](#)
 - [moment dipolaire \(chimie, électrostatique\)](#)
 - [moment de forces \(mécanique\)](#)
 - [moment d'inertie \(physique\)](#)
 - [moment quadratique \(résistance des matériaux\)](#)
 - [moment d'ordre \(statistique\)](#)
 - [moment magnétique \(magnétisme\)](#)
-

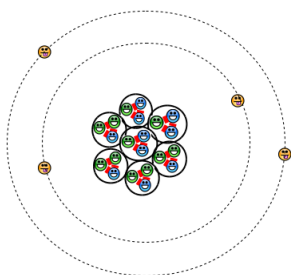
Moment

Utilisation dans un *contexte de temps*. L'usage du terme "moment" pour définir un laps de temps nous est particulièrement naturel et habituel. Vous pouvez facilement trouver une définition, par exemple, [ici](#).

Moment dipolaire

Utilisation dans un *contexte de chimie, électrostatique*. Je pense que vous connaissez les [atomes](#) et vous vous souvenez que cette toute petite entité constitue la base du monde que nous connaissons. Elle est, elle-même, constituée de particules portant des charges électriques. Pour rappel voici la constitution schématique d'un atome (au centre un noyau

avec des charges positives et à l'extérieur tournant autour du noyau des charges négatives, les électrons) :



Sans entrer dans les détails des liaisons entre atomes nous pouvons

observer la liaison de deux atomes. Vous pouvez lire les articles : [matière](#), [atome](#), [liaisons chimiques](#) pour plus de renseignements. Cette liaison n'est pas forcément symétrique et des zones polarisées peuvent apparaître comme la molécule d'eau (composée d'un atome d'oxygène en rouge et de deux atomes d'hydrogène en gris) :



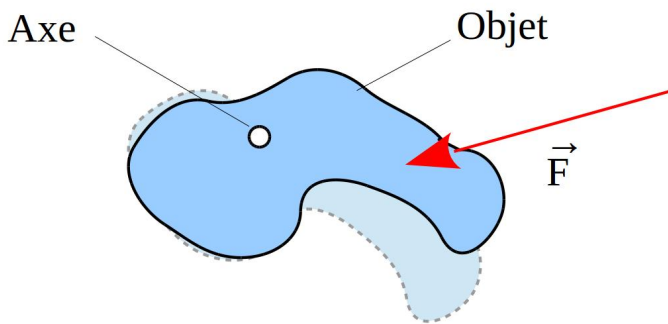
Cette liaison provoque une polarisation, c'est-à-dire que le côté des hydrogènes est légèrement négatif et le côté oxygène est légèrement positif. Le moment dipolaire est la quantification de cette polarité. Bien sûr comme son nom l'indique "di"- "polaire" nous devons raisonner avec deux pôles pour définir cette grandeur. Elle est l'intensité du vecteur orienté du moins au plus. *C'est la charge multipliée par la distance qui les sépare.*

Pour aller plus loin

Pour plus de renseignements : [Wikipédia](#), [science en ligne](#), [chez nos amis les Canadiens](#)

Moment de force

Utilisation dans un *contexte mécanique*. Je vous engage à lire l'[article](#) sur les forces si vous n'êtes sûr de vos connaissances. Dans ce contexte, on définit le moment comme une grandeur qui quantifie l'action d'une force par rapport à un point de rotation. Un petit schéma pour expliquer la situation :



Notre habitude des éléments mécaniques nous indique que cet objet va tourner autour de l'axe. Par contre, il nous est plus difficile de nous représenter avec quelle quantité de force cet objet va tourner, comment *quantifier cet effet de rotation* ?

Voilà, c'est dans cette situation que l'on introduit le moment de force.

Les forces

LES EFFETS (RAPPEL)

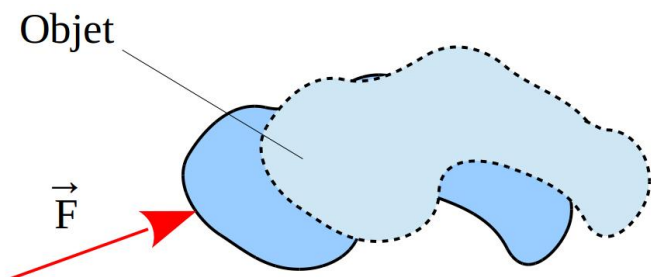
Les forces sont invisibles mais l'on peut constater leurs effets :

- déplacer un objet (mouvement)
- déformer un objet (résistance)
- soumettre un objet à l'effort (statique)

Dans tout ce qui va suivre on considère les objets comme infiniment solide, ils ne subissent aucune déformation. Lorsque un objet subit un ensemble de forces et qu'il y a un

déséquilibre ce qui signifie que la somme des forces n'est pas nulle, il y a tendance au mouvement. Si une seule force ou que la résultante de l'ensemble des forces n'est pas nulle, le mouvement de l'objet suivra le sens et la direction de la force.

Ce que l'on peut représenter par :



Le moment de forces

En prenant le schéma ci-dessus, si l'objet est libre de ces mouvements, pas de problème : il "suivra" la force, mais si l'objet a un point fixe quelconque, que va-t-il se passer ? En règle générale, il va tourner autour de ce point, il faut s'imaginer cela dans l'espace (3D), mes schémas sont dans le plan (sur une feuille de papier) mais en réalité les objets sont dans l'espace tridimensionnel.

Que signifie un point fixe ? Il est rare dans la réalité de trouver des objets qui n'ont aucune interaction avec d'autres objets. Les interactions entre objets font "apparaître" des forces et bloquent les objets dans certaine position. Il arrive que l'objet puisse bouger en pivotant autour d'un point fixe (qui ne se déplace pas).

Suivant la position, le sens et la direction de la force (ou la résultante de forces) que l'objet subit, le résultat en tant que mouvement pour différer. Encore un schéma pour illustrer ces diverses situations :

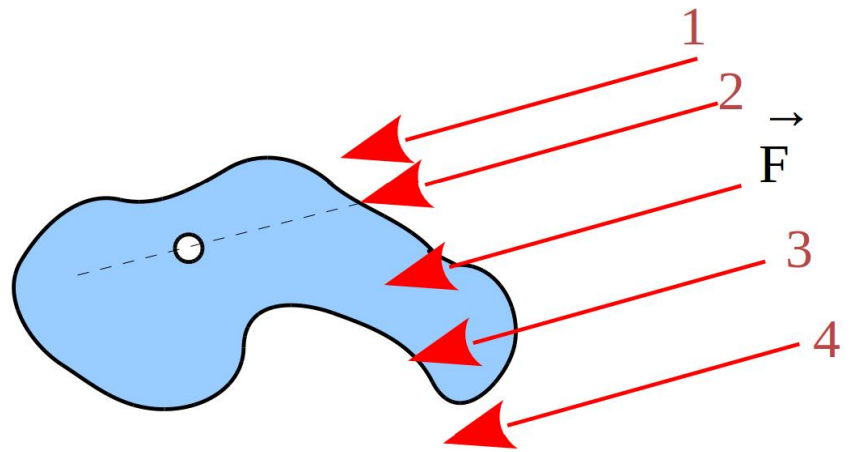
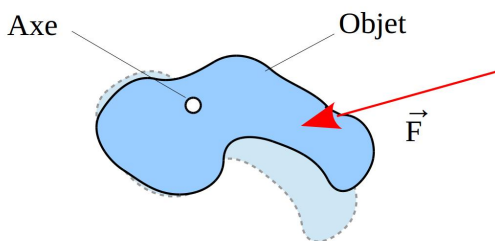


schéma 1

On sent bien que si la force agissant sur l'objet est décalée en position 1, 2, 3 ou 4, le mouvement de l'objet ne sera pas le même.

Analysons d'abord ce qui se produit si la force F est en position initiale. Il est utile de rappeler que notre objet est infiniment rigide et donc ne se déforme pas.

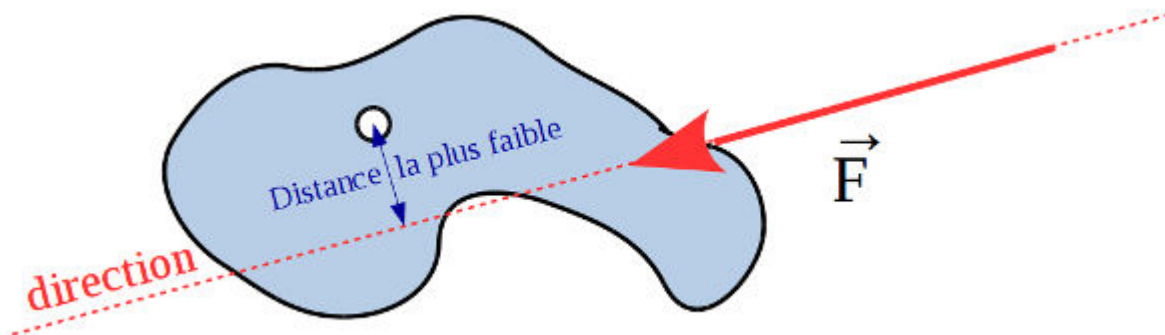
Le schéma avec uniquement la force initiale



On comprend assez facilement que l'objet se mettra à tourner autour de l'axe. Ce que l'on va essayer de faire c'est déterminer, de quantifier cet effet de rotation. En fait "je vous vends la mèche d'avance", il n'y qu'un élément en dehors de la force qui définit cette rotation, c'est la distance de cette force par rapport à l'axe de rotation (le point fixe).

Pour illustrer ce fait, reprenons le schéma avec la force décalée et analysons les positions 1 et 3. On remarque tout de suite, si la force est position 1, la direction de la force passe au-dessus de l'axe et l'objet aura tendance à tourner dans le sens contraire des aiguilles d'une montre. Tandis que si la force est en position 3 l'objet tournera dans le sens des aiguilles

d'une montre. Donc l'important pour définir le sens de rotation autour du point fixe est l'endroit où passe la ligne direction de la force par rapport au point fixe. Comme je l'ai précédemment c'est la distance entre la direction et le point fixe. *Quelle distance ? La distance la plus faible.*



Cette distance va caractériser notre tendance à la rotation, elle est représentée sur le schéma ci-dessus. Le moment qui est la quantification de cette tendance est donc définie par :

$$\vec{M} = \vec{F} \cdot \vec{D}$$

- M : moment de la force
- F : intensité de la force
- D : distance la plus faible

Ce que l'on peut dire c'est que plus la distance D ou la force F est grande plus le moment sera grand. Maintenant reprenons notre schéma 1 et regardons ce qu'il se passe si la force est décalée.

- position de référence F : l'objet aura tendance à tourner dans le sens anti-horaire.
- position 1 : l'objet aura tendance à tourner dans le sens horaire.
- position 2 : "la distance la plus faible" est nulle, donc le moment est nul, pas de tendance à la rotation.
- position 3 : l'objet aura tendance à tourner dans le sens anti-horaire. "La distance la

plus faible” de la position 3 est plus grande que “la position la plus faible” de la position de référence. Ceci fait que la tendance à faire tourner l’objet est plus grande que dans le cas de la position de référence. Soit :

$$\vec{D}_{\text{position 3}} > \vec{D}_{\text{position référence}}$$

- position 4 : L’objet n’est pas touché par la force, la direction est hors contact avec l’objet, donc cette force n’a aucune influence sur l’objet.

Plus de renseignements sur [Wikipédia](#)

Moment d’inertie

Utilisation dans un *contexte physique*. Dans un article précédent, vous trouverez une explication sur les [forces d’inertie](#), le moment d’inertie est dans le même sens d’approche. Si vous n’avez pas d’idée sur la question, il est peut-être intéressant de lire cet article.

Le plus direct pour parler de moment d’inertie ou moment inertiel est de regarder la vidéo ci-après, observez bien la vitesse de rotation et les bras de la patineuse.

Que constatez-vous ?

La vitesse de rotation change suivant la position la position des bras. Si les bras sont près du corps la rotation est rapide, si les bras loin du corps la rotation est plus lente. C’est une visualisation du moment d’inertie, qui est l’expression de la répartition de matière d’un corps autour de son axe de rotation.

L’INERTIE

L’inertie est la tendance de tout objet ou tout système à conserver son état initial.

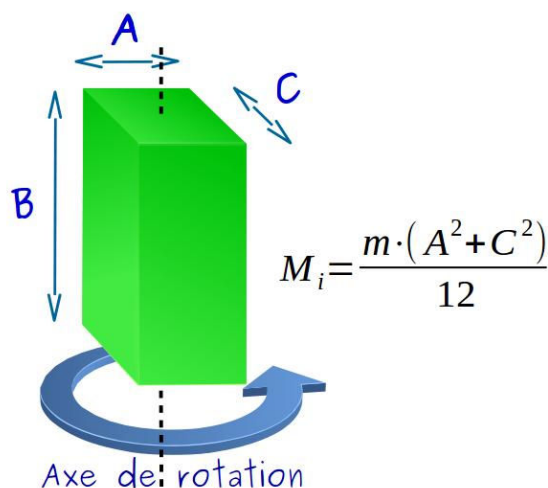
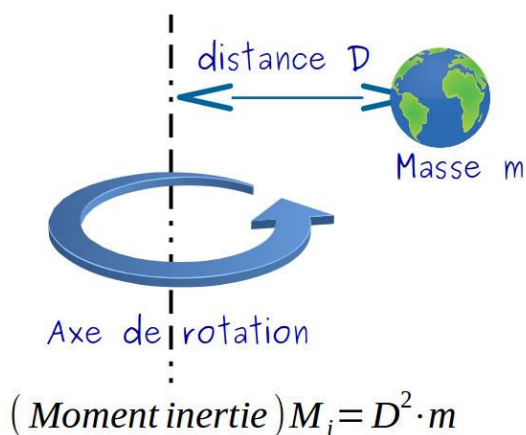
Nous trouvons cette notion dans une multitude de phénomènes physiques, chimiques, électriques, thermiques, etc. Nous la trouvons également dans le langage courant, pour désigner un état d'esprit. Dans le cas de la force d'inertie ou du moment d'inertie, cette définition peut être précisée comme suit :

L'opposition d'un corps à un changement de mouvement est proportionnelle à sa masse.

LA RÉPARTITION DE LA MASSE

L'inertie, dans le cas d'un mouvement linéaire, est directement représentée par la masse de l'objet. Mais dans le cas où l'objet tournant autour d'un axe, c'est *sa masse et sa répartition* qui quantifie cette inertie. Cette "pseudo-masse" permet de quantifier l'inertie de l'objet en rotation.

Cette répartition se calcule assez facilement pour des objets de formes simples, voici des exemples de formule pour autant que le corps soit homogène. Vous trouverez de multiples formulaires sur internet ([formulaire](#), [formulaire](#), [formulaire](#) ...)



POUR ALLER PLUS LOIN

Le moment d'inertie en [vidéo animation](#)

Et comme toujours : [Wikipédia](#),

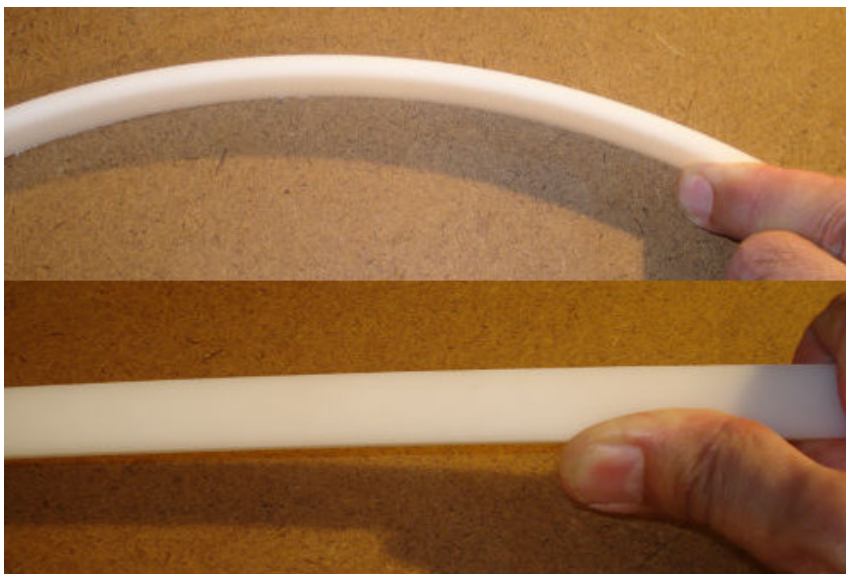
Moment quadratique

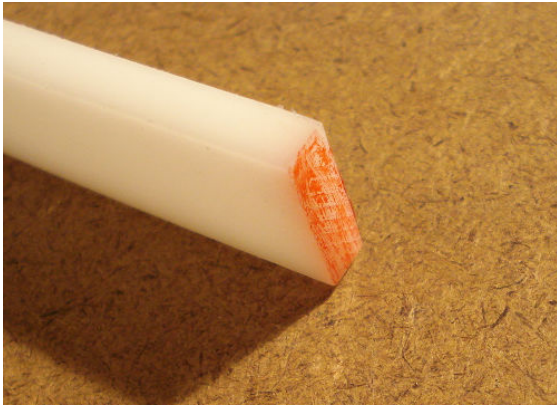
Remarque

Utilisation dans un *contexte résistance des matériaux*. En résistance des matériaux cette notion est aussi appelée moment d'inertie, ce qui prête à confusion. Utiliser le terme de "moment d'inertie" au lieu de "moment quadratique" n'est pas heureux mais peut-être justifié par sa nature même, on en reparle plus tard.

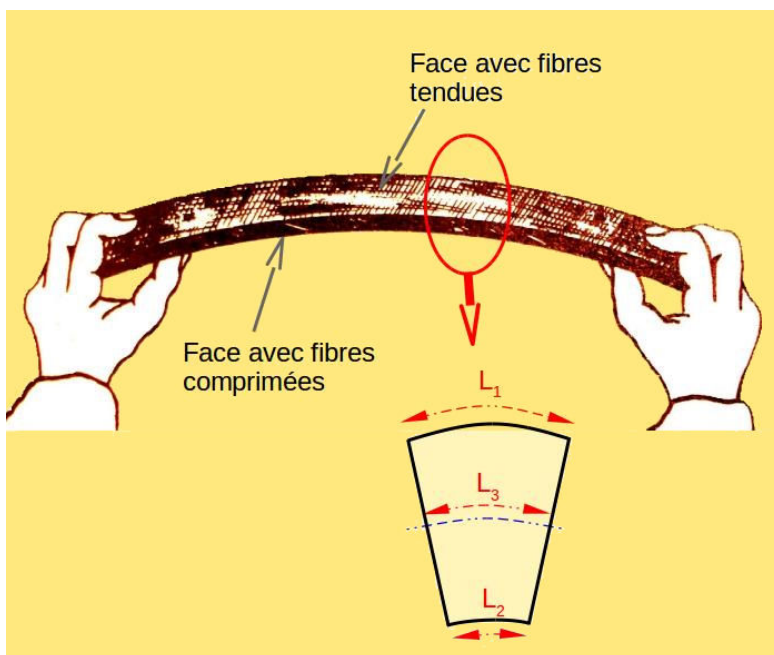
La visualisation du problème

Lorsque que vous pliez une planche de bois (pas trop épaisse, ne soyez pas trop ambitieux !) on constate que la plier dans un sens est plus facile que l'autre. Le moment quadratique est une grandeur qui quantifie cette facilité/difficulté de pliage. Une petite démonstration pour illustrer ceci :





Quoi !! c'est pas du bois ? Eh oui, vous pouvez tester avec diverses matières la proportion entre l'effort de pliage partie étroite ou partie épaisse sera toujours le même. Donc, ce que l'on peut dire, c'est que la matière n'a pas d'influence sur ce phénomène. Ce qui amène à penser que la répartition de la matière par rapport à l'axe de pliage est le point important du problème.

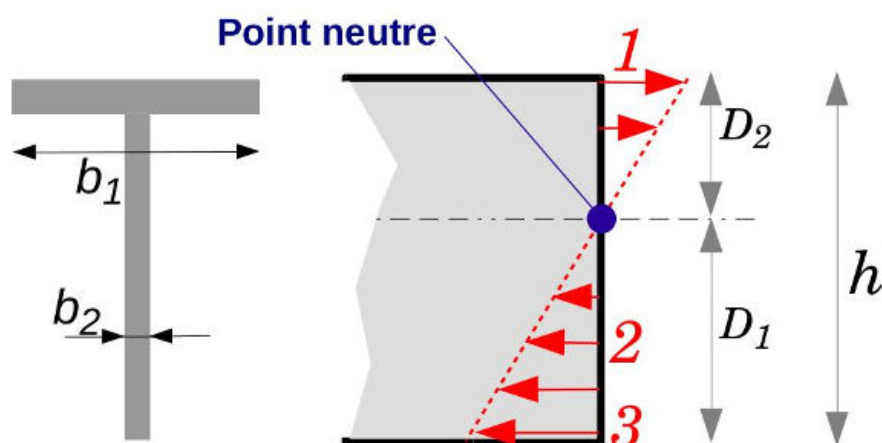


Ce que l'on constate en regardant la flexion de notre barre, c'est que la partie supérieure, convexe, subit un effort d'extension (traction), tandis que la partie inférieure, concave, subit une compression. Penser qu'entre les deux il y a un endroit où il n'y a ni compression ni extension, est assez naturel. Cet endroit est souvent appelé le point neutre. Par extension, la ligne bleue du dessin concrétise l'ensemble des points neutres et s'appelle la "fibre neutre". Attention les points neutres ne sont pas systématiquement au milieu géométrique de votre planche.

On peut faire le même raisonnement en mesurant la longueur L_1 de la fibre supérieure (partie concave) et la longueur L_2 de la fibre inférieure (partie convexe). On constatera que la longueur $L_1 > L_2$. À la fibre neutre la longueur L_3 correspond à la longueur initiale sans effort de flexion.

La définition, le calcul

Sur la base de ces schémas, essayons de comprendre comment la matière résiste à une sollicitation. Imaginons que nous avons une barre en flexion et regardons comment se comporte cette matière sous stress. Coupons notre planche (qui est en forme de T) en un point quelconque et observons les points de cette face :



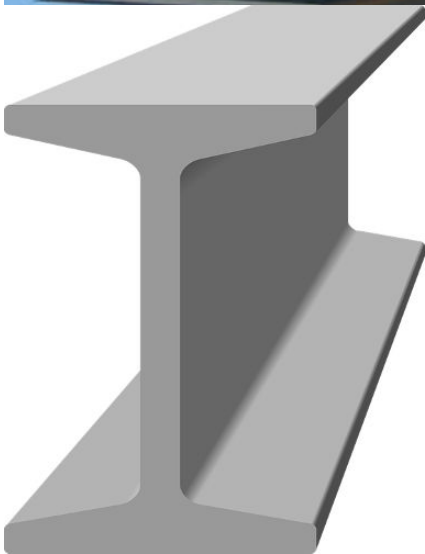
Que se passe-t-il aux endroits spécifiés ?

- le point neutre : la matière dans cette région ne subit pas de sollicitation, donc cette matière ne participe en rien à la tenue de notre planche.
- Au point 1, la matière est très fortement sollicitée en traction (elle est tirée).
- Au point 2, la matière est sollicitée en compression mais moins qu'au point 3.
- Au point 3, la matière est fortement comprimée.

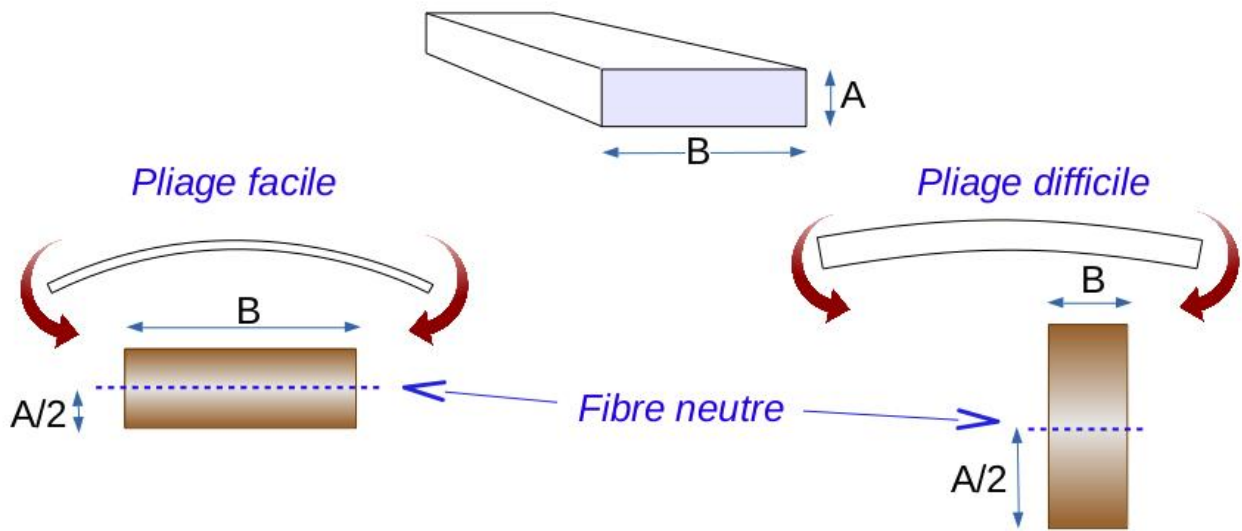
On va admettre (pour se faciliter la tâche) que la variation de longueur entre la partie la plus sollicitée et le point neutre va diminuer de façon linéaire (ligne droite). Ceci est le justificatif de la ligne pointillée rouge. Ce qui nous amène à une règle intéressante :

C'est la matière la plus éloignée du point neutre qui subit le plus de contrainte et donc c'est aussi celle qui résiste le plus à une sollicitation.

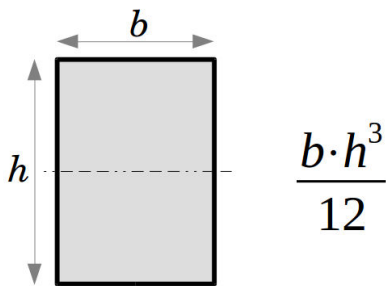
Poussons un peu notre raisonnement. Si la matière qui résiste est celle qui se trouve le plus éloigné du point neutre alors il faut y mettre le maximum de matière pour résister aux sollicitations. C'est ce que vous pouvez constater en regardant les constructions métalliques et les poutres DIN (IPN).



*Comment valoriser ce fait ? C'est le moment quadratique qui va nous indiquer de combien varie la résistance de la planche suivant l'emplacement de la matière. Le principe est le suivant : **plus la matière est loin de la fibre neutre, plus le moment quadratique sera grand.** Maintenant nous devons voir comment (quelle direction) la planche est pliée pour définir l'éloignement de la matière.*

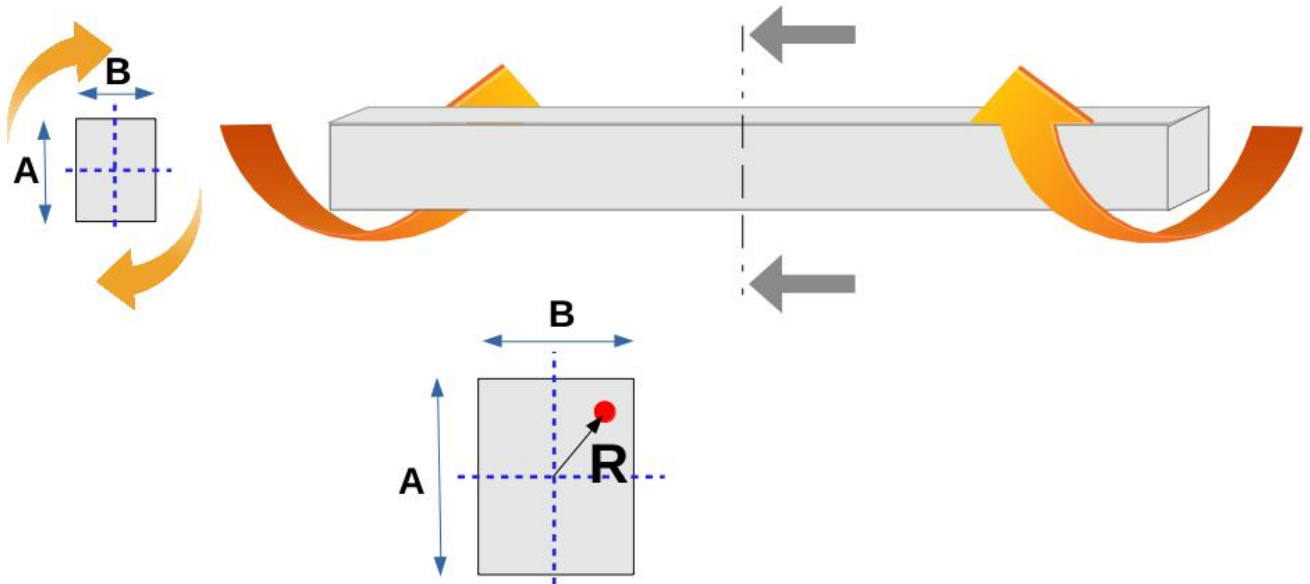


Je vous donne comme exemple le calcul du moment quadratique pour une poutre rectangulaire (une planche). Si vous voulez le justificatif des formules, je propose ce [site](#).



Principe appliqué à d'autres sollicitations

On peut penser que pour d'autres types de sollicitation, comme la torsion, la répartition de la matière a aussi de l'importance. Dans ce cas particulier c'est autour d'un point (face) et d'un axe (poutre) que l'on regarde cette répartition.



Conclusion

On peut admettre parler de moment d'inertie pour quantifier la répartition de masse d'un objet qui résiste à une sollicitation extérieure car en fin de compte cette répartition s'oppose à la déformation de l'objet, c'est comme une inertie qui s'oppose au mouvement. Mais le mieux est de parler de moment quadratique cela évitera beaucoup de confusion.

Encore un mot de recommandation, si vous cherchez sur internet des formules de calcul pour le moment d'inertie ou le moment quadratique, faites bien attention que cela ne soit les bonnes formules.

Pour aller plus loin

Pour plus de calculs, renseignements et définitions voir les sites :

[Wikipédia](#), [formulaire](#), [calcul en direct](#)

Moment d'ordre

Utilisation dans un *contexte statistique*. Les moments d'ordre en statistique sont un équivalent des moments en physique. On parle de moment d'ordre 1, 2, 3 et 4 qui sont tous une quantification de répartition (ou la dispersion) d'une grandeur.

- moment d'ordre 1 : correspond à l'[espérance](#) (soit la prédiction du prochain résultat d'une série aléatoire)
- moment d'ordre 2: correspond à la [variance](#) (soit la notion de répartition d'une variable dans un résultat statistique aléatoire). Vous trouverez cette notion dans l'article sur les [incertitudes de mesure](#) (l'écart-type)
- moment d'ordre 3: correspond au coefficient d'[asymétrie](#) (notion de la déformation d'une répartition, d'un échantillonnage)
- moment d'ordre 4: correspond à un coefficient ([Kurtosis](#)) d'aplatissement ou de pointe d'une répartition

pour aller plus loin

[Wikipédia, statistique](#)

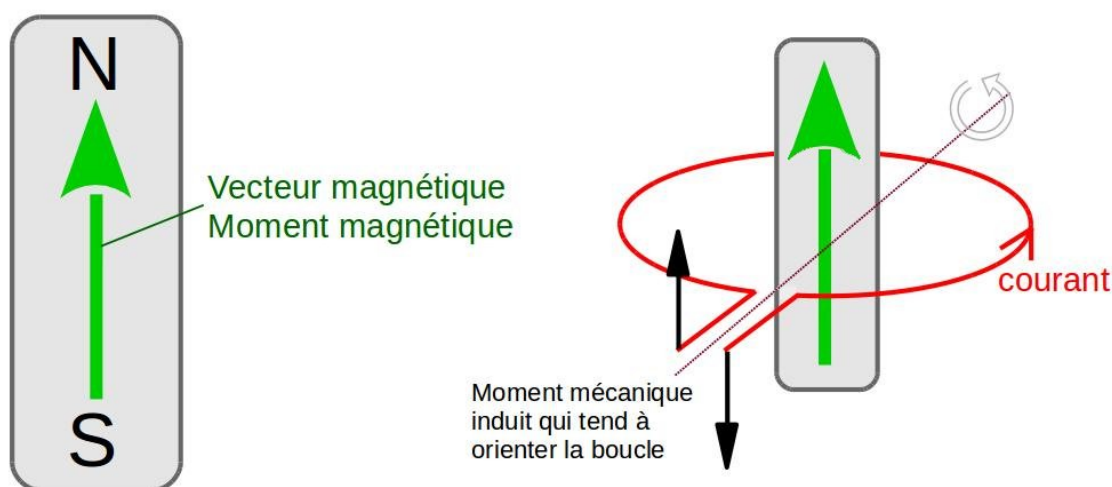
Moment magnétique

Utilisation dans un *contexte magnétique*. C'est la quantification de l'aimantation représenté par la grandeur d'un vecteur (intensité, direction, sens, point d'application) qui est dirigé du pôle sud au pôle nord.

Nous savons que si l'on coupe un aimant en deux cela nous fait deux aimants de pôle sud et nord. C'est pourquoi, Il est plus simple de caractériser un aimant par son moment

magnétique qui est en quelque sorte le produit de la “masse” par la longueur du dipôle un peu comme dans le moment d’inertie. En fait nous ne considérons pas sa masse mais plutôt son intensité magnétique.

Une illustration de ce moment : c’est la force de l’orientation de l’aiguille d’une boussole. La force magnétique d’un aimant dépend entre autre de la distance entre les deux pôles. Maintenant si on imagine un aimant (N-S), qui se trouve dans une boucle de courant (une spire) que va-t-il se passer lorsque qu’un courant va circuler dans cette boucle ? On verra l’apparition d’un moment mécanique, donc un moment magnétique.



On voit là également, la liaison entre le moment magnétique dipolaire et un dipôle électrique. car une boucle de courant est un dipôle électrique.

On peut aussi prendre le problème au niveau des particules de l’atome. L’électron (voir l’article sur les [atomes](#)) est aussi un dipôle magnétique et un monopôle électrique, notez que l’on n’a toujours pas trouvé la “particule” monopôle magnétique. En fin de compte on se retrouvera avec un moment magnétique également.

Pour aller plus loin

une [vidéo](#) “malheureusement” en anglais

évidemment [wikipedia](#)

Conclusion

Le moment correspond en fin de compte à une appréciation souvent chiffrée de quelque chose, maintenant, c'est le moment d'apprécier une pause

