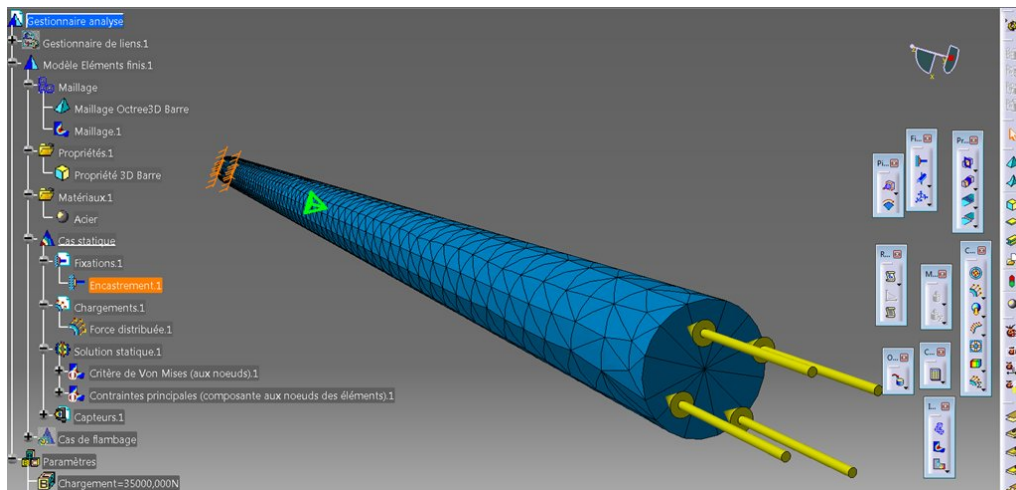


# CV5 – Comment évaluer le risque d'un flambage ?

## Calcul CV5

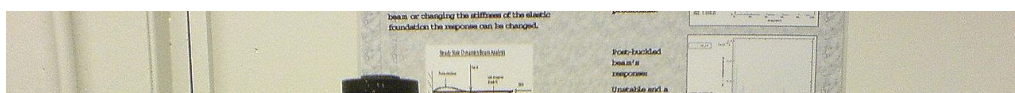
🔍 - ⌚ 14h00

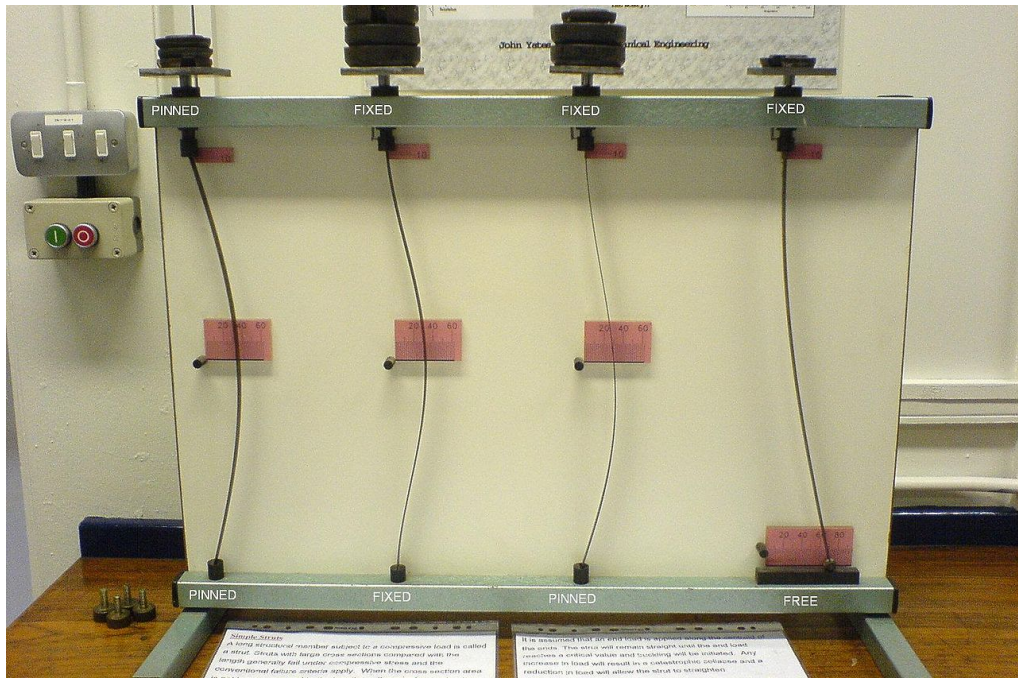
En **RDM** (Résistance des matériaux), le **flambage** (ou flambement) est un phénomène à **absolument prendre en considération** lorsque une partie d'une structure plutôt élancée est soumise à un **effort de compression**.



Vous l'avez certainement d'ailleurs déjà rencontré en poussant sur chaque extrémité d'une baguette de bois bien droite. Celle-ci **d'un seul coup** se met à **fléchir** sous une charge **pas si grande** que cela.

[Article de Wikipédia:](#)





Dans cet article, nous allons voir ...

### Sommaire [Cacher]

#### 1 Comment évaluer le risque d'un flambage sur un barreau en compression avec Catia V5 ?

- 1.1 Pourquoi est-ce important d'un point de vue dimensionnement ?
- 1.2 Préparation du modèle.
- 1.3 Le modèle de calcul
- 1.4 Le Cas de Flambage
- 1.5 Avec cette charge, risque t'on d'activer un flambage ?
- 1.6 Facteur  $< 1$  (surchargé = flambage)
- 1.7 Facteur  $> 1$  (pas de flambage)
- 1.8 Conclusion

Comment évaluer le risque d'un flambage sur un barreau en compression avec Catia V5 ?

# Pourquoi est-ce important d'un point de vue dimensionnement ?

Si l'on considère **un petit bout de cylindre**, disons aussi long que son diamètre, on s'apercevra en le chargeant en compression sur une machine qu'il est **capable de résister** à un effort de "**compression pure**" dépendant uniquement de sa matière. En effet, ce solide **s'écrasera plastiquement** lorsque nous aurons dépassé la **limite élastique**.

Prenons maintenant un cylindre de même matière et de **même section** mais **très allongé**. En le chargeant **progressivement** de la même façon, on finit par **transformer** la compression initiale **en flexion** conduisant assez **rapidement à la rupture** de la pièce. On a en fait activé une **instabilité**.

Ceci se produit à une charge **bien plus faible** que dans la compression du petit cylindre.

En considérant les **conditions limites identiques**, la limite de tenue ne dépend pas uniquement de la matière mais **également de la forme** (section et longueur).

En **conception mécanique** il est donc très important de se **méfier de ce phénomène** et de le prendre en compte lors du dimensionnement.

**Considérer que la barre élancée ne voit qu'une contrainte en compression bien en deçà de la limite élastique s'expose à un gros risque.**

Ce sera le cas pour les barres mais aussi les plaques, les coques... en compression.

Si les formules de RDM peuvent nous venir en aide pour des barres droites et à la limite des plaques, cela devient complexe pour des structures gauches ou ramifiées comme des châssis tubulaires ou des caissons.

Un **logiciel de Calcul** comme celui de Catia (GSA = **Generative Structural Analysis**) peut nous aider dans cette démarche.

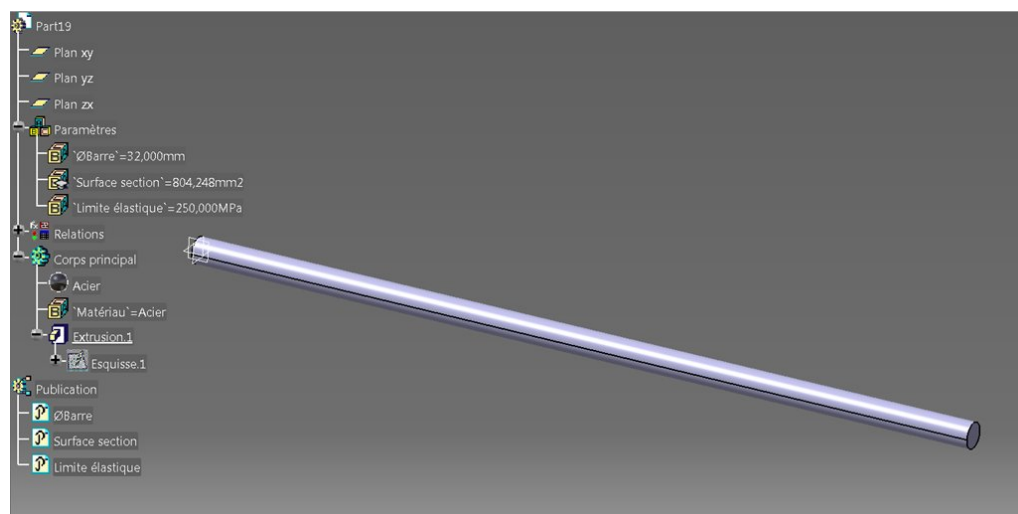
# Préparation du modèle.

Toute l'analyse du flambage part d'une **analyse statique classique**. Il faut donc commencer par cela.

Dans cet exemple, nous allons voir le cas le plus à droite dans l'image de wikipédia (**encastré-libre**).

Le modèle **Catpart** est donc un **simple cylindre solide** (Corps de pièce principal).

C'est une barre en acier Ø32 mm, longueur 1000mm.



C'est ultra facile à ce niveau.

J'ai juste ajouté des **paramètres utilisateur** pour faire deux entrées:

- Le diamètre de la barre (mais je ne jouerai pas avec)
- La limite élastique du matériau (fixe aussi, totalement arbitraire mais réaliste)

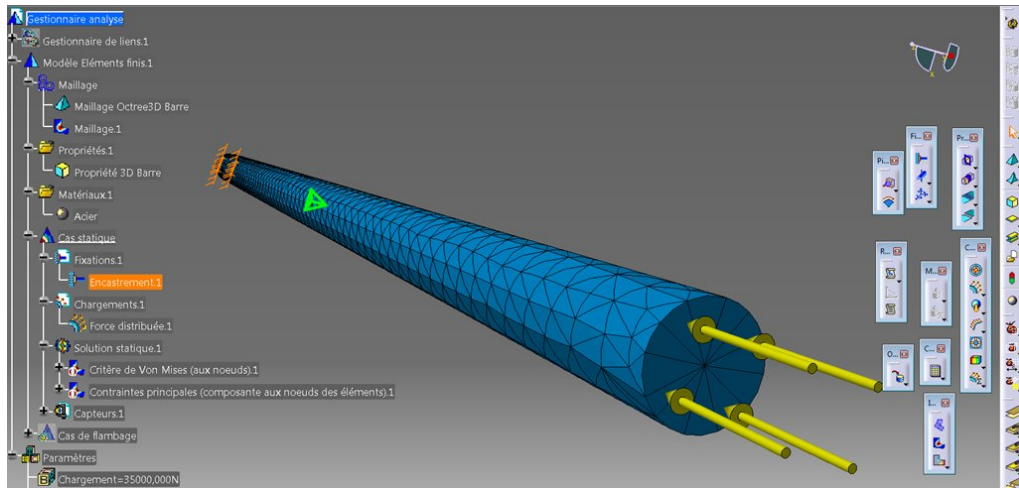
et une sortie

- La section de la barre

Ces trois paramètres sont **publiés** (optionnel). Je les récupère dans la **CataAnalysis**.

## Le modèle de calcul

Il est créé à **partir du modèle précédent** et donc **en lien** avec celui-ci.



On y trouve un **maillage Octree** (tétraèdres paraboliques taille 15mm) directement généré à partir du corps de pièce principal.

Le **matériau** est directement repris de la Catpart (un acier) et la **propriété physique** solide est automatiquement créée.

J'ai juste ajouté un **encastrement** sur une face plane d'extrémité et un **chargement** sur l'autre extrémité de façon à pousser sur la barre.

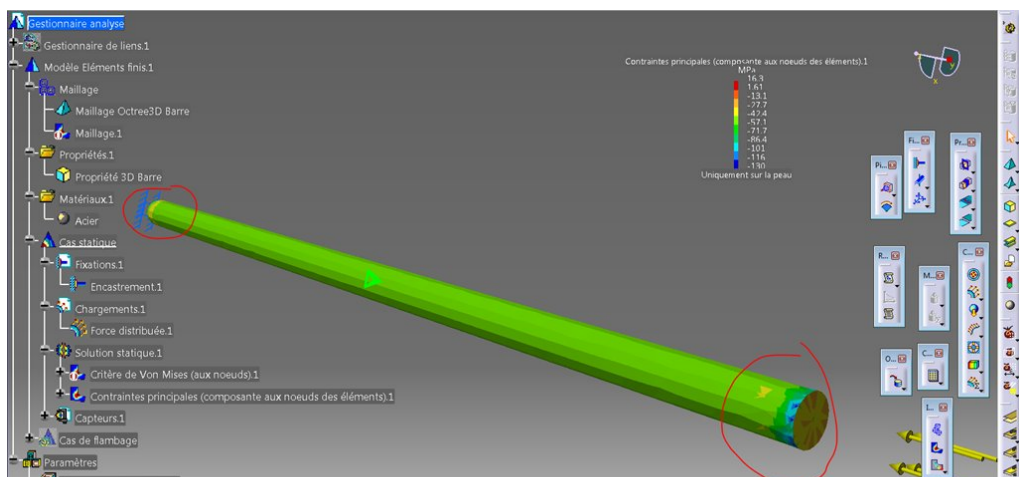
La **valeur de la charge** est pilotée par un paramètre visible en bas de l'image.

Cela permet de faire tourner le calcul et d'avoir un résultat rapidement.

Vous noterez que sur ce **post-traitement** (contraintes **principales** – **minimum** principales) on a une **uniformité de la valeur** (couleur) tout le long de la barre mais pas aux extrémités.

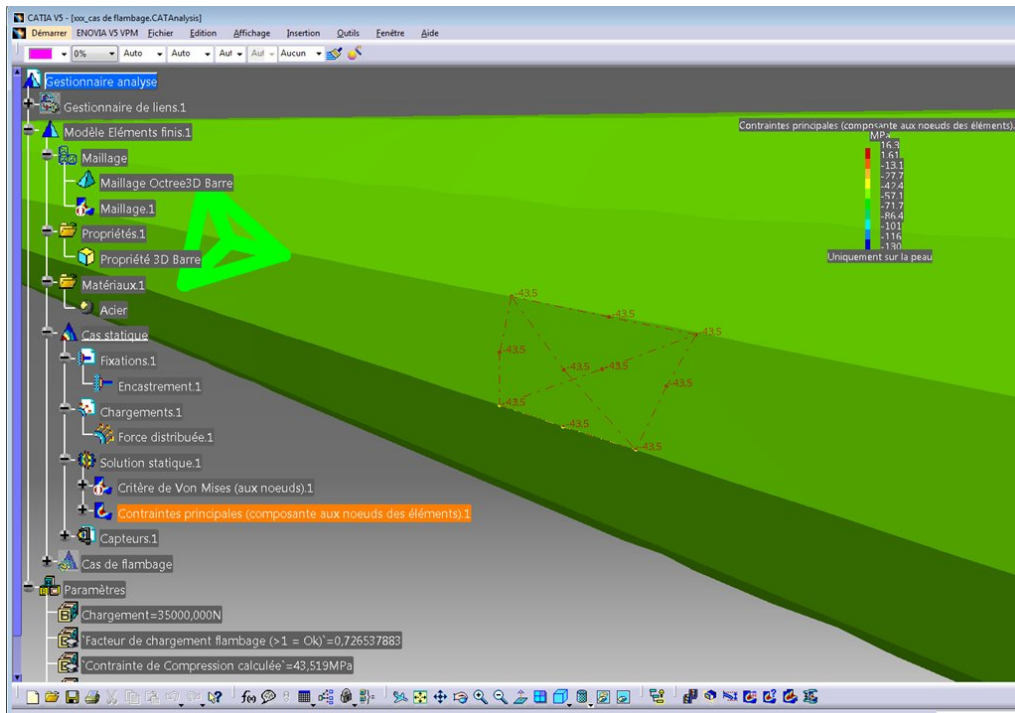
C'est du à la présence des **conditions limites**.

C'est un bon exemple pour **illustrer** le fait qu'il ne faut **jamais chercher à post traiter** (interpréter des valeurs) à ce niveau.





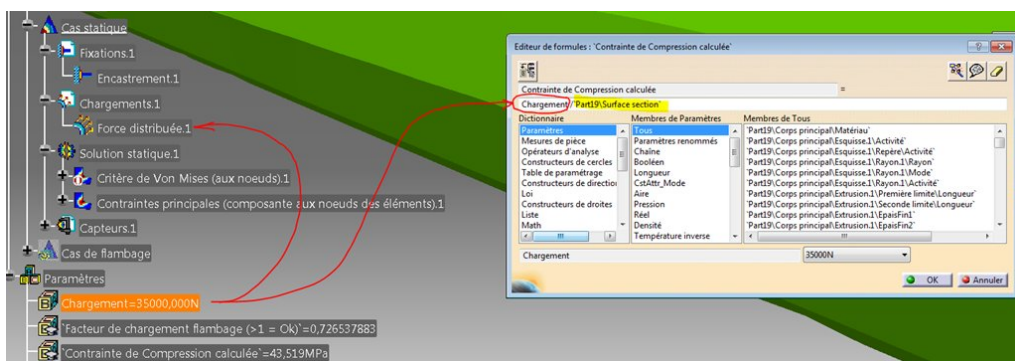
La valeur est **constante** en tous points de la barre



et correspond **exactement** à la valeur théorique.

$$\sigma = \frac{F}{S}$$

que j'ai ressorti dans un **paramètre utilisateur** (en bas de l'image) avec cette formule:



Le paramètre "chargement" agit sur la force en bout de la barre et dans cette formule.

Le diviseur est ici le **paramètre importé** de la Catpart ("Surface section" publié).

De ce point de vue (**compression pure**), ça fonctionne et la barre est **peu chargée**.

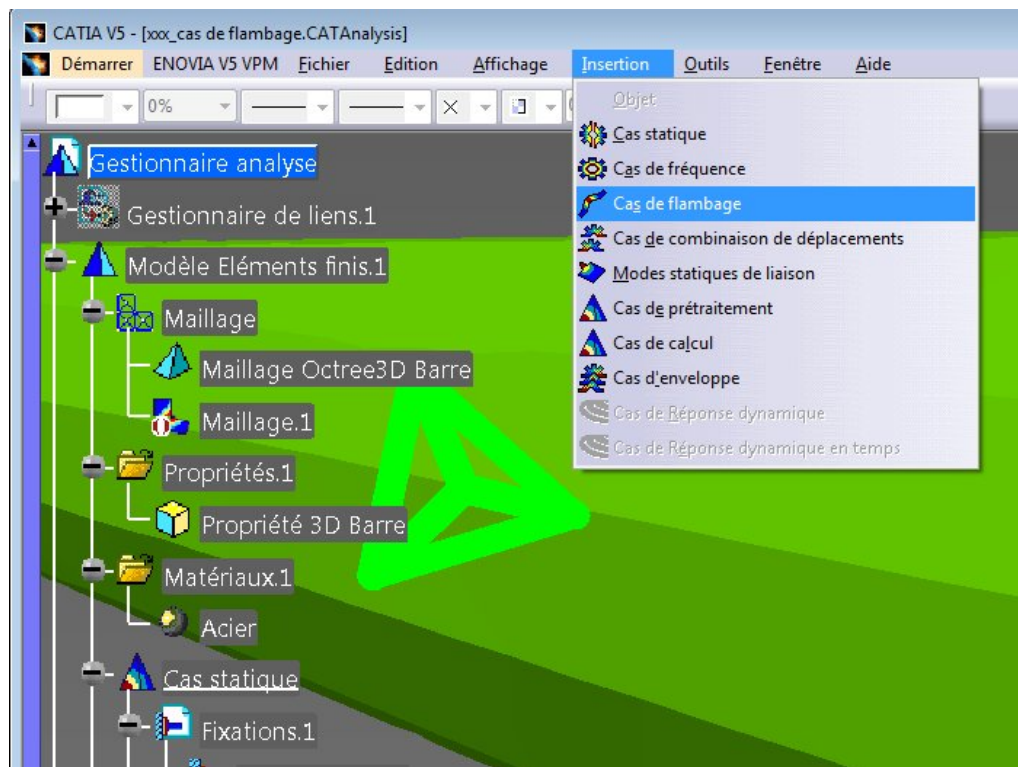
43 Mpa en compression est **bien inférieur** à la limite élastique du matériau...

Oui mais !

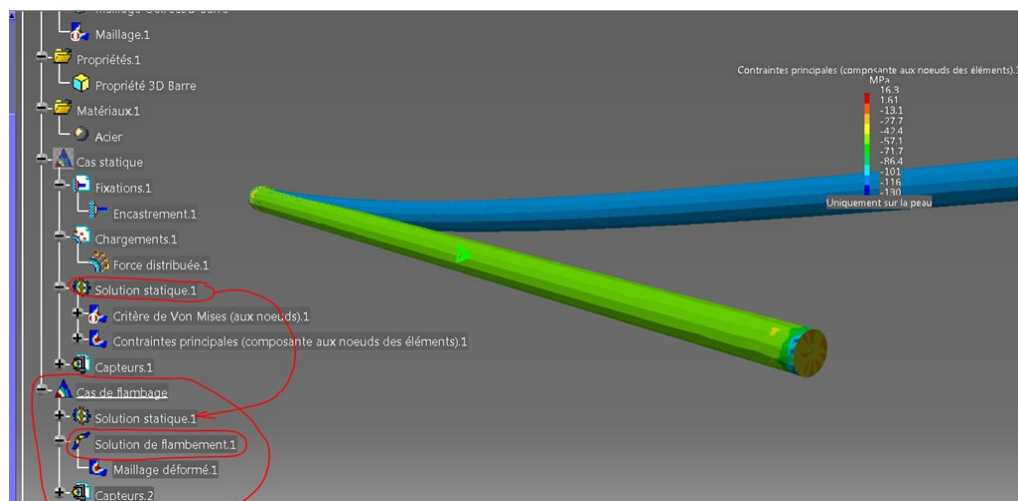
# Le Cas de Flambage

Sur Catia, un **cas de flambage** se crée **à partir** d'un cas statique.

Il suffit **d'insérer un nouveau cas** (donc de flambage) et de désigner la solution statique correspondante.



cela ajoute un nouveau cas et le rend courant.



En **double cliquant** sur "Solution de flambement", on peut exiger

un certain **nombre de modes** comme résultats de calcul

### C'est quoi les modes ?

Cela correspond aux **déformées potentielles** de la pièce lorsqu'elle est **soumise à une excitation**.

Ici, l'excitation est un **chargement statique** mais cela pourrait aussi être une **vibration**.

Les modes de déformation sont **numérotés** par ordre croissant en fonction du **nombre de nœuds** (endroits où ça ne bouge pas) **et de ventres** (endroits où cela bouge le plus).

Il arrive comme ici que **plusieurs modes** soient équivalents car la pièce présente une ou plusieurs **symétries**.

On **lance alors le calcul** avec la petite calculatrice en demandant la résolution de tous les cas de calcul.

Sous "Solution de flambement" on a alors une **image** (si il n'y en a pas, un bouton droit / image / Maillage déformé).

**"Maillage déformé"** permet de visualiser les différents modes de flambage.

On a accès aux différents modes **en double cliquant** sur l'image et en allant dans l'onglet **"Occurrences"**.

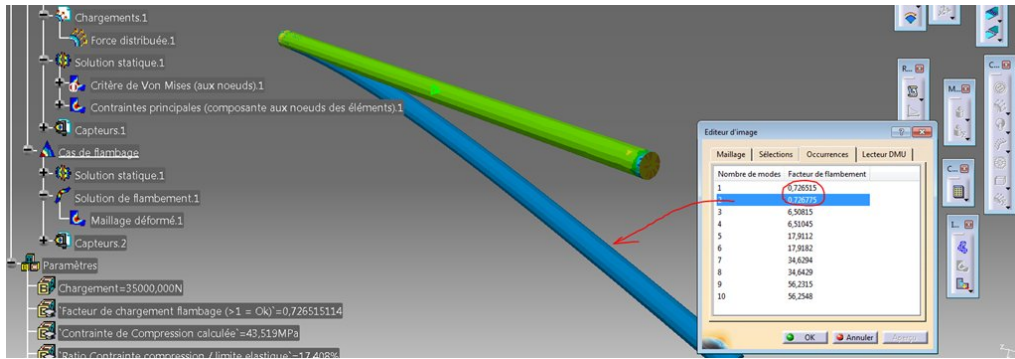
Nombre de modes	Facteur de flambement
1	0,726515
2	0,726775
3	6,50815
4	6,51045
5	17,9312
6	17,9382
7	34,6294
8	34,6429
9	56,2315
10	56,2348

On voit ici que les modes 1 et 2, 3 et 4, 5 et 6, etc... ont deux à deux les mêmes valeurs.

Ceci est dû à la **symétrie de la pièce**. Pour exemple, sur l'image précédente on a le premier mode et sur l'image ci-dessous le deuxième mode. En fait c'est la **même chose** mais tourné de 90°.

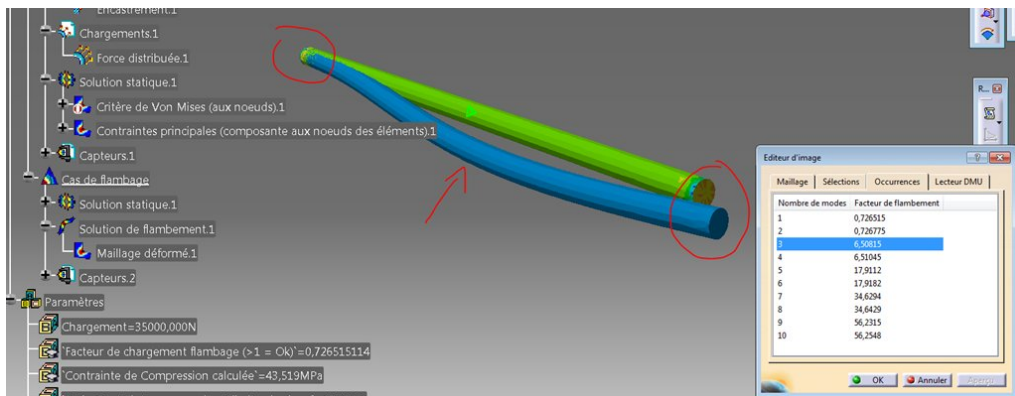
Il y a ici **10 modes extraits** mais physiquement cela ne fait que 5 finalement.





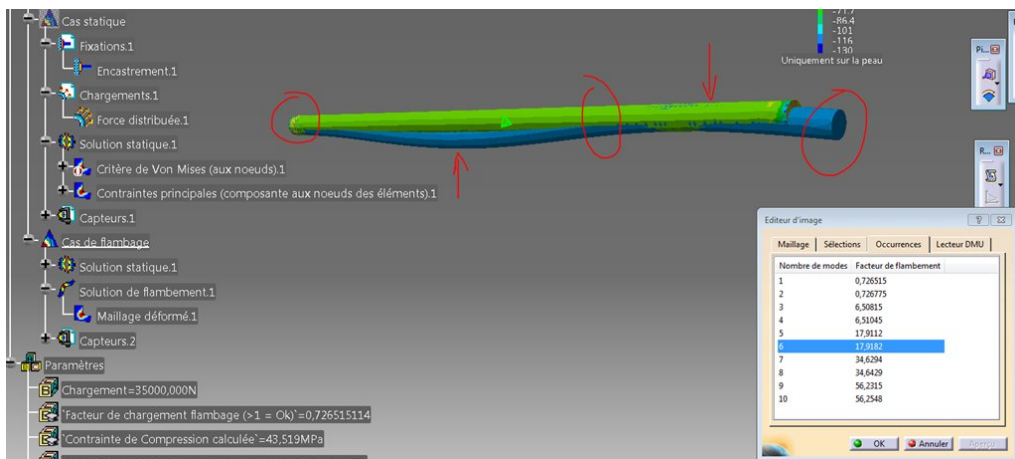
Il y a ici **un ventre** (un grand déplacement à l'extrémité libre de la barre) **et un nœud** (pas de déplacement) à l'encastrement.

Regardons les modes 3 et 4:



Il y a **un ventre** (flèche) **et deux nœuds** (entourés)

Regardons les modes 5 et 6:



Il y a ici **deux ventres** (flèches) et **3 nœuds** (entourés).

Vous remarquerez aussi que la valeur qui se trouve associée à ces modes sont identiques deux à deux.

Ces valeurs "**facteur de flambement**" nous donnent directement la **réponse à la question du départ...**

# Avec cette charge, risque t'on d'activer un flambage ?

La question devrait être ici:

**“Avec cette charge, risque t'on d'activer les modes de flambage 1 ou 2 ?”**

La réponse ici est **oui** (image précédente) car la valeur est **inférieure à 1**.

Par contre, **avec cette charge**, on **n'activera pas le deuxième vrai mode** (modes 3 et 4 extraits) car le facteur de flambement est **largement supérieur à 1**.

En fait, **en général** pour activer le deuxième mode (ou plus), il faut passer par la charge critique du premier mode. On activera donc le premier mode et jamais le deuxième.

C'est du fait, **assez difficile à obtenir** ou alors il faut charger **fortement et rapidement** (un choc par exemple).

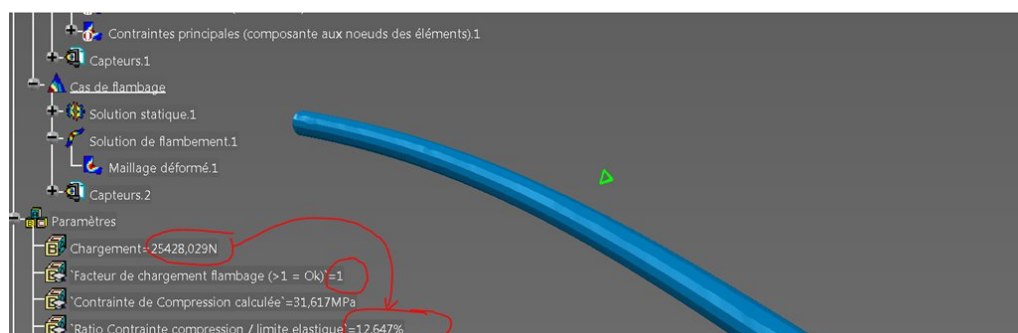
Je me suis amusé à **chercher la valeur de charge critique minimale** qui conduit au flambage de notre barre.

Je me suis servi d'un **algorithme d'optimisation** mais ce n'était pas nécessaire (voir plus loin).

La valeur trouvée est **25428 N**.

On a alors un **coefficient de flambement égal à 1**.

- Si l'on diminue la charge on se retrouve dans un cas de compression pure et il ne se passe rien
- Si l'on maintient ou augmente la charge on a alors apparition de cette instabilité (flexion destructrice de la barre).





Le paramètre utilisateur de type “**proportion**” donne le **ratio** entre la **contrainte en compression dans la barre et la limite élastique du matériau**.

Que constate t'on ?

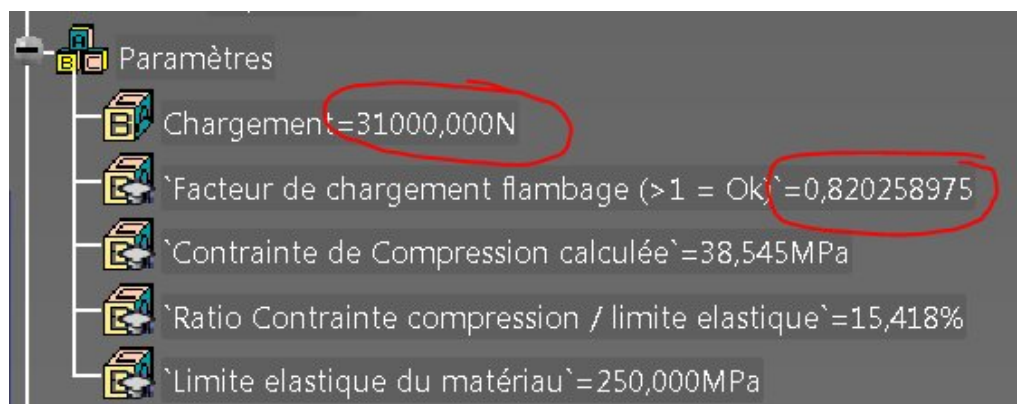
On voit que **lorsque l'on atteint la charge** (25428 N) **critique** (facteur=1) d'activation du premier mode de flambage , nous avons une **contrainte de compression** de 32 Mpa ce qui correspond à **seulement 13% de la limite élastique du matériau !**

**Il est donc très dangereux de dimensionner une structure élancée et en compression uniquement sur un critère de limite en compression du matériau.**

Le **facteur de flambement** permet de **retrouver la charge critique** en multipliant la charge appliquée par ce facteur.

## Facteur <1 (surchargé = flambage)

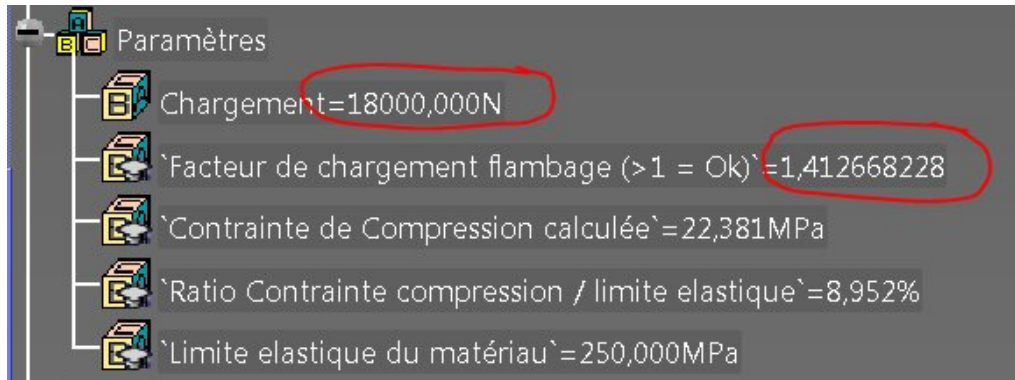
Partant de la **charge critique**, si l'on **augmente** la charge, le facteur de flambement **devient inférieur à 1** → **Il y a Flambage**



On a 31000 N et un facteur de 0.82 (<1 donc trop chargé).  
 $31000 \times 0.82 = 24420$  N (valeur critique trouvée précédemment)

# Facteur >1 (pas de flambage)

Partant de la **charge critique**, si l'on **diminue** la charge, le facteur de flambement **devient supérieur à 1** —> **Il y n'a théoriquement pas flambage.**



On a 18000 N et un facteur de 1.4127 (>1).

$18000 \times 1.4127 = 24428$  N (valeur critique trouvée précédemment)

## Conclusion

Dans cet exemple, nous avons vu **comment mettre en œuvre** un calcul simple d'une barre ronde en compression afin de **déterminer** si sa charge peut ou non **conduire à un flambage potentiel**.

L'activation d'une telle **instabilité** dépend de la charge, du matériau, de la géométrie et également des conditions limites (la façon avec laquelle on maintient la pièce).

A travers ce simple exemple, on voit qu'il est **assez facile d'atteindre le flambage** d'une barre élastique et que la **charge critique et la contrainte en compression associée sont très faibles** en comparaison d'une tenue en **compression pure**.

Il convient donc de toujours **rester attentif** à ce phénomène lors d'une étude.

Derrière une **compression** peut se cacher **un risque de flambage**. Les **cas typiques** sont les étagères, les ponts, les treillis tubulaires, les âmes de longeron, les cuves en dépression, les caissons de navires, les voilures d'avion...

Si ce genre d'article vous plaît et **si vous en voulez d'autres** dites le moi en **commentaire** ci-dessous

 No Tag

PREVIOUS POST

NEXT POST

---

**No responses yet**

---

## Laisser un commentaire

Votre adresse e-mail ne sera pas publiée. Les champs obligatoires sont indiqués avec \*

Commentaire \*

Nom \*

E-mail \*

Site web

Enregistrer mon nom, mon e-mail et mon site dans le navigateur pour mon prochain commentaire.

LAISSER UN COMMENTAIRE

Search ...

Search



## Articles récents

Rhino #4 – GrassHopper ou Python, sélection d'un élément par son nom

Rhino #2 – l'indispensable manipulateur (Gumball) de Rhinocéros

Rhino #1 – C'est quoi Rhinocéros 3D ?

Rhino #3 – Une cafetière Bialetti sur Rhinocéros – Part 1

Rhino #5 – Une cafetière Bialetti sur Rhinocéros – Part 2

## Commentaires récents

Akrim dans CV5-Utilisez-vous les lois ?

PSX59 dans Quel logiciel 3D pour mon modèle?

STEFANOVIC dans Quel logiciel 3D pour mon modèle?

Vince PSX dans CV5 – Comment faire un moletage partiel en 2 étapes par copie optimisée ?

Vince PSX dans Tutoriel débutant – Premier assemblage

## Archives

juin 2019

mai 2019

avril 2019

mars 2019

février 2019

janvier 2019

décembre 2018

novembre 2018

octobre 2018

septembre 2018

août 2018

juillet 2018

juin 2018

mai 2018

avril 2018  
mars 2018  
février 2018  
janvier 2018  
décembre 2017  
novembre 2017  
octobre 2017  
septembre 2017  
août 2017  
juillet 2017  
juin 2017  
mai 2017  
avril 2017  
mars 2017  
février 2017  
janvier 2017  
décembre 2016  
novembre 2016  
octobre 2016  
septembre 2016  
août 2016  
juillet 2016  
juin 2016  
mai 2016  
avril 2016  
mars 2016  
février 2016  
janvier 2016  
décembre 2015  
novembre 2015  
octobre 2015  
septembre 2015  
août 2015  
juillet 2015

juin 2015

## **Catégories**

[Calcul](#)

[CV5](#)

[Evolve](#)

[Fusion 360](#)

[Non classé](#)

[Python](#)

[Rhino](#)

[Usinage](#)

[Vb.Net](#)

[ZW3D](#)

## **Méta**

[Connexion](#)

[Flux des publications](#)

[Flux des commentaires](#)

[Site de WordPress-FR](#)