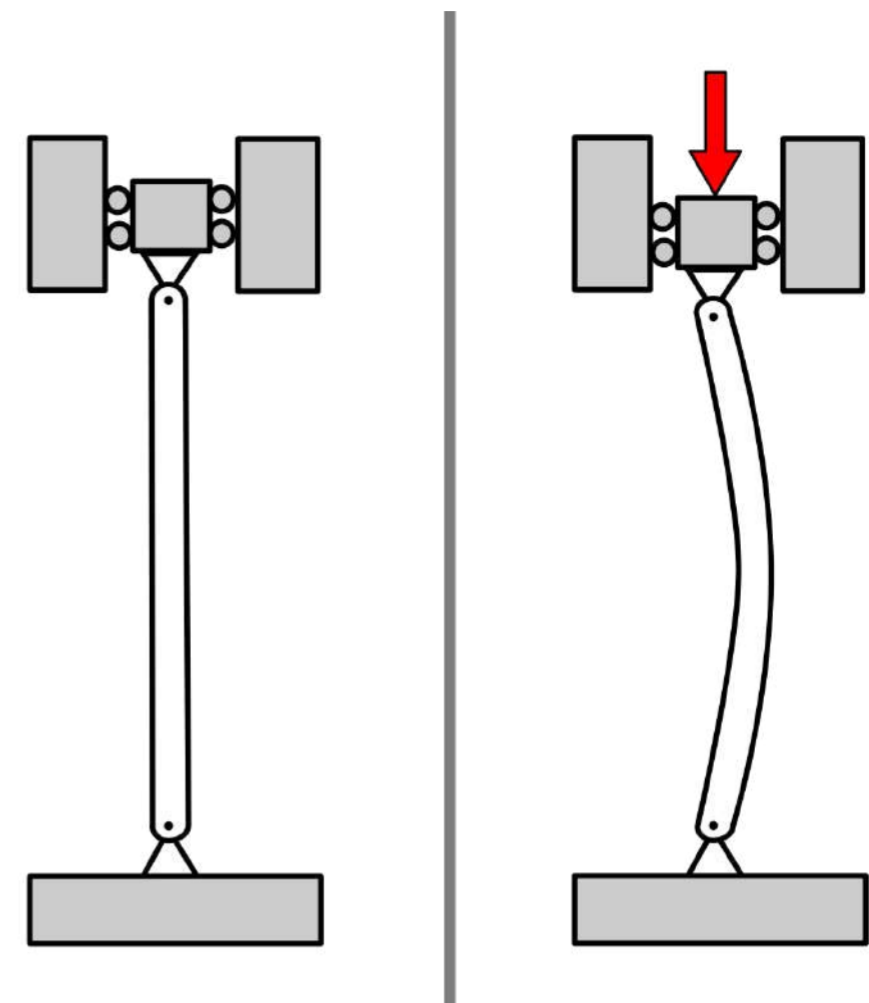


# LE FLAMBEMENT

Le flambement (ou flambage) est un phénomène rencontré lorsqu'un élément soumis à la compression se déforme. Ce phénomène décrit donc la transition entre un état d'équilibre stable et un état d'équilibre instable. Il peut décrire une certaine instabilité du matériau. Le phénomène se manifeste par une déformation transversale. Si cette déformation augmente, une rupture ou un affaissement se produit. Il est donc impératif d'analyser le flambement pour éviter que la compression ne mette en danger la construction.



Lorsqu'un élément est en compression il s'affaisse, se raccourcit. Nous pouvons voir 3 états différents :

- Si la force de compression est faible, inférieure à la force critique, il s'agit d'un état d'équilibre stable. Si nous prenons l'exemple d'un poteau qui reçoit une force horizontale, ce dernier va reprendre la forme initiale lorsque la force ne sera plus appliquée.
- Si la force atteint la force critique, le poteau ne retrouvera pas sa forme initiale, cependant sa déformation devient un équilibre possible. On parle de métastable.
- Si la force dépasse la force critique, l'équilibre du poteau est instable. La déformation du poteau ne s'arrêtera pas, même si la force n'est plus appliquée, jusqu'à la rupture du poteau. On parle de flambement.

Force Critique d'Euler, montre que le flambement est un problème d'équilibre :

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 EI}{l_f^2}$$

E : module de Young, quantifie l'allongement d'un matériau en fonction de la force appliquée

I : moment quadratique («inertie»), dépend de la section de l'élément

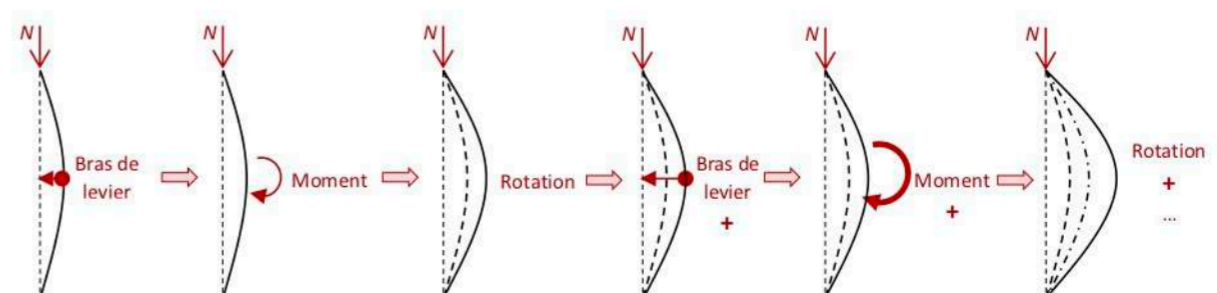
$l_f$  : longueur du flambement

L'élanement se définit comme le rapport entre la longueur et la section de l'élément.

Il est également à noter que pour la même quantité de matière, la répartition de la matière est fondamentale : un tube creux sera plus efficace contre le flambement qu'une barre pleine.

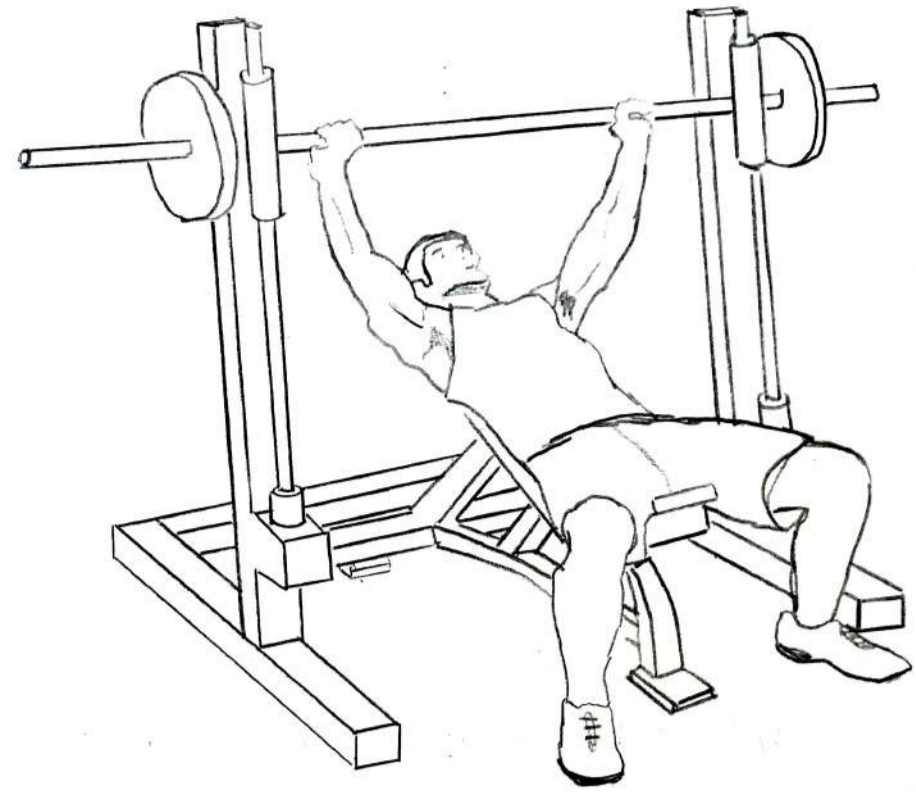
Le flambement dépend du matériau, de la forme de l'élément, de son élanement et de ses appuis.

1. un léger décalage crée un bras de levier entre la force exercée et le milieu du poteau
2. ce bras de levier génère un moment
3. moment crée une rotation : le poteau fléchit
4. le bras de levier augmente
5. le moment augmente
6. le poteau fléchit plus et le bras de levier augmente encore
7. ...
8. le poteau casse



# LE DISPOSITIF

Notre dispositif s'inspire des machines de musculation : principe similaire au développé couché. En effet, notre dispositif est constitué d'un portique composé de deux colonnes encastrées dans le socle. Ces deux colonnes permettent le coulisement d'une plaque en bois où seront installés les différents appuis (nous retrouverons les mêmes au niveau du socle). Des poids seront disposés sur la planche en bois pour faire flamber une barre (située au centre de la planche).



Liste des matériaux :

- Barres métallique de 4 mm de diamètre et 50 cm de longueur
- 1 planche en bois 50cmx50cm
- 4 planches en bois de 23cmx23cm
- 2 planches en bois de 60cmx17cm
- 1 planche en bois de 30cmx7cm
- 2 Rails métallique
- 4 équerres métallique
- Perles en bois (rotules) de 2 cm de diamètre
- Vis

Nous pourrions étudier 4 cas différents :

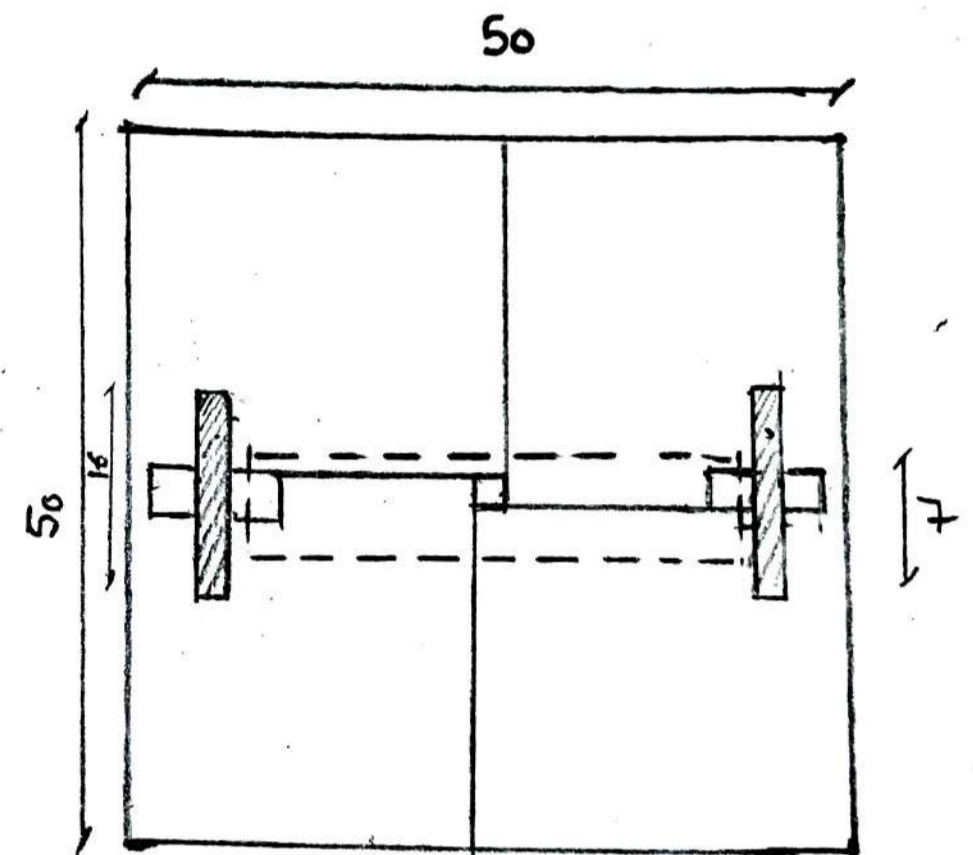
- 1. Appui simple - encastrement
- 2. Bi-articulé
- 3. Rotule - encastrement
- 4. Bi-encastré

Avec cette expérience nous attendons pour le 1er cas une longueur de flambement deux fois supérieure à la longueur de la barre. Pour le 2ème cas, une longueur de flambement égale à la longueur de la barre. Pour le 3e cas une longueur de flambement 0,7 fois la longueur du poteau. Enfin pour le 4e cas une longueur de flambement égale à la moitié de la barre. Nous verrons en fonction des différents type d'appuis la barre réagit à la compression, si nos estimations sont justes et qu'elle est sa résistance.

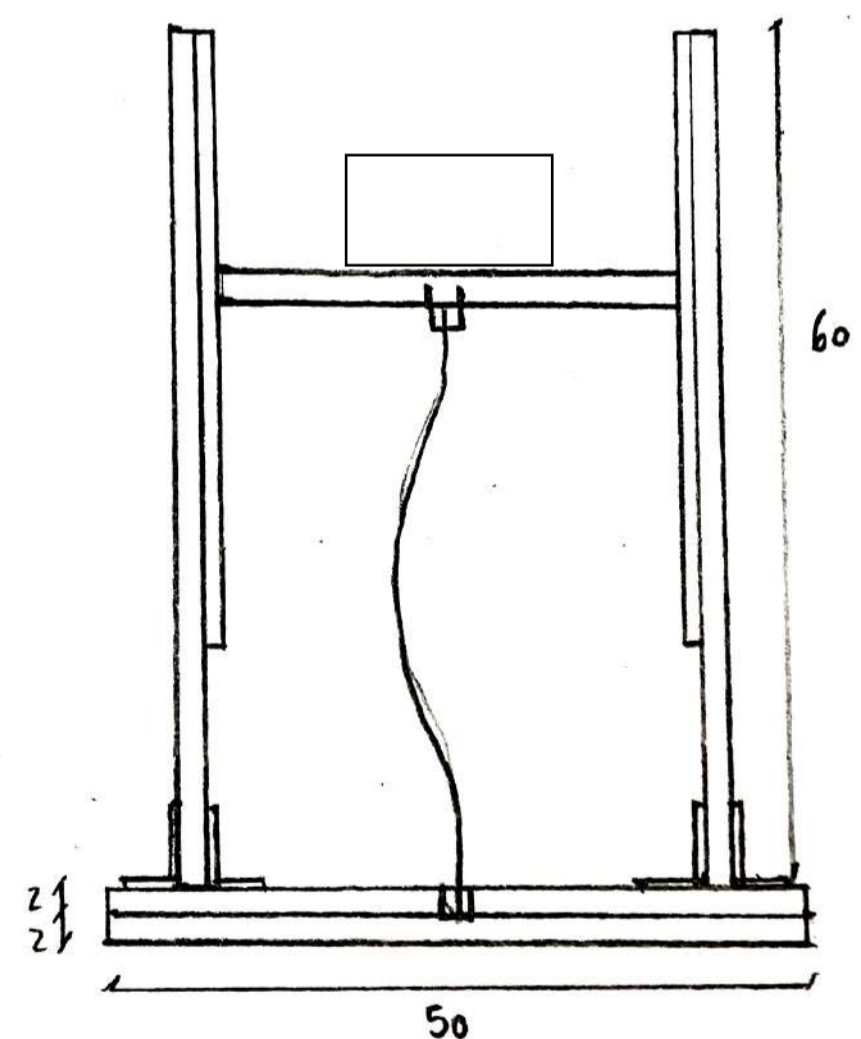
Pour vérifier nos suppositions, nous avons réalisé des graphiques sur une feuille millimétré nous permettant de comparer les différents types de flambement selon les articulations. Grace aux graphiques obtenus nous avons pu calculer chaque longueur de flambement et mettre en lien les résultats avec les formules étudiées.

Avec une barre de 50 cm nous observerons :

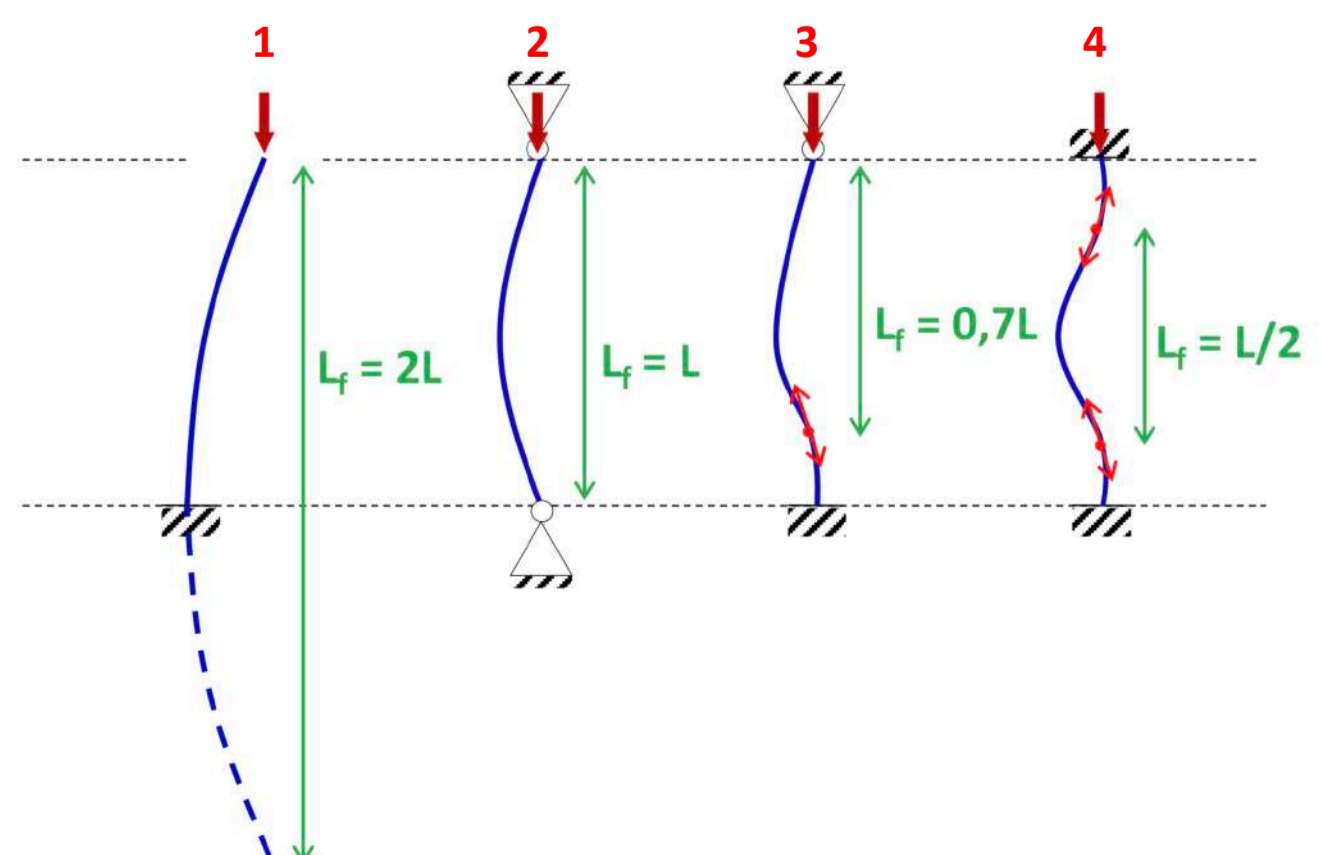
1.  $L_f = 100$  cm
2.  $L_f = 50$  cm
3.  $L_f = 35$  cm
4.  $L_f = 25$  cm



Plan du dispositif 1/10<sup>e</sup>



Coupe du dispositif 1/10<sup>e</sup>



# PROTOCOLE D'UTILISATION

Etape 1 : Choisir les appuis



Appui simple



Encastrement



Rotule

Etape 2 : Placer les appuis dans le socle et au niveau de la planche supérieure

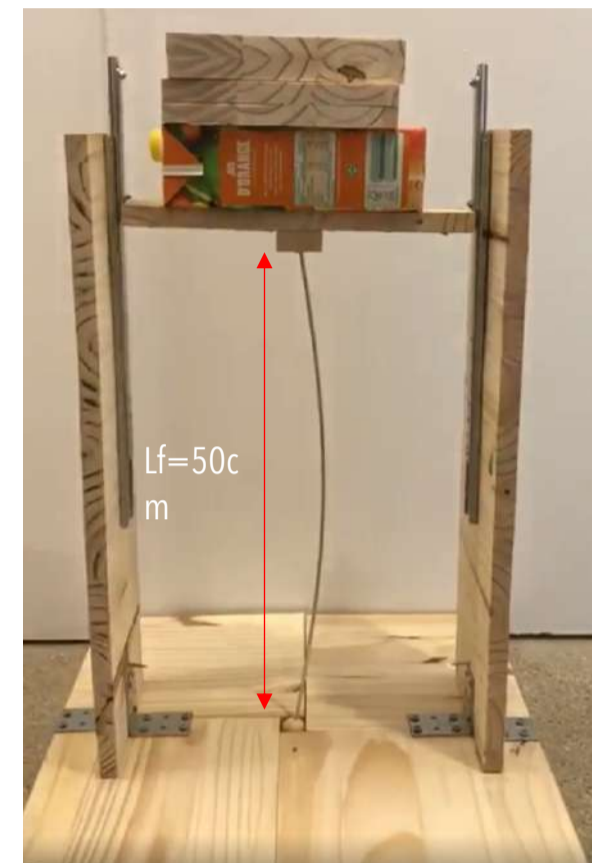
Etape 3 : Placer la barre au centre au niveau des appuis

Etape 4 : Mettre les poids sur la planche supérieur

Etape 5 : Tracer sur une feuilles millimétrée la forme de flambement en fonction de chaque appuis



Encastrement-Appui simple - 3,2kg



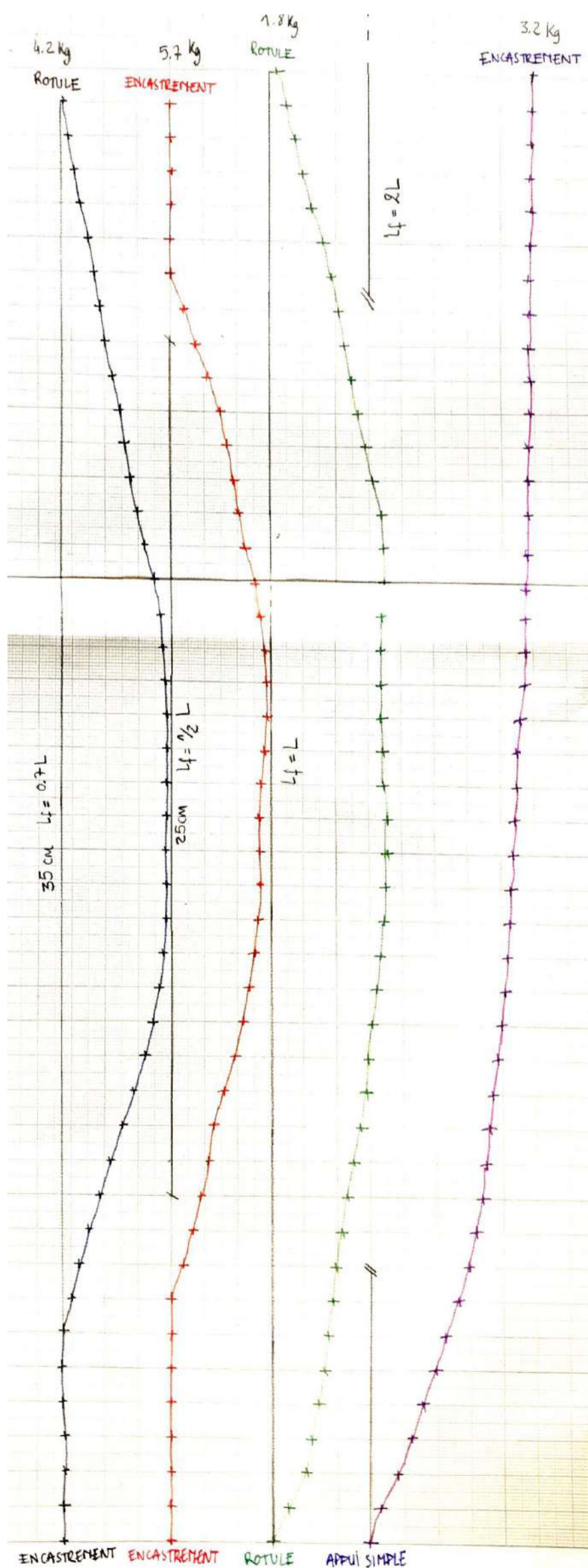
Bi-articulée - 1,8kg



Rotule-Encastrement - 4,2kg



Bi-encastéré - 5,7kg



Nous pouvons observer qu'en fonction des appuis la forme et la résistance de la barre en métal varis. En effet, il a fallut une charge beaucoup plus élevée sur la barre bi-encastérée pour qu'elle flambe que pour celle avec un encastrement et un appui simple ou pour celle bi-articulée. Cela est du au fait que si la barre est articulée de part et d'autre, la rotation de cette dernière n'est jamais bloquée et donc la longueur du flambement équivaut à celle de la barre elle-même. Cependant une barre bi-encastérée, n'autorise aucun degré de liberté et donc aucune rotation, la longueur de flambement ne se fera que sur la moitié de la barre. Nous avons donc pu constater que plus il y a d'appuis avec peu ou zéro degré de liberté, plus la longueur de flambement est faible et plus la barre est résistance au flambement, c'est donc la barre bi encastérée qui est la plus résistante par rapport aux trois autres cas étudiés.

Grâce aux tests réalisés et illustrés si dessus, nous avons pu réaliser des graphiques mettant en application les formules du flambement étudiés. Malgré quelques différences du aux imprécisions du dispositif, les résultats trouvés correspondent aux formules étudiées.