

Michel Ker

Dimensionnement élastique des poutres droites en acier



1

Procédure de dimensionnement

Un problème courant rencontré par le constructeur métallique ou l'ingénieur de bureau d'études est de dimensionner une poutre droite soumise à un état de chargement donné. Les formulaires de résistance des matériaux permettent de résoudre un tel problème et nous allons analyser le processus permettant de dimensionner la poutre.

Tout d'abord, il faut rechercher le formulaire relatif à la poutre étudiée en faisant la distinction entre :

- poutre à une travée
 - . articulée à ses deux extrémités
 - . articulée à une extrémité et encastree à l'autre
 - . encastree à ses deux extrémités
- poutre continue

En fonction de la charge appliquée qui peut être répartie, ponctuelle ou même moments d'extrémité, l'ingénieur sait calculer les sollicitations ou les

déformations (à une constante près, la valeur de l'inertie de la poutre non encore connue) pour les différentes sections de la poutre et en trouver les valeurs maximales.

Dimensionner la poutre consiste, pour ces valeurs maximales à rechercher le profil répondant à deux critères :

- critère de déformation dont la limite est fixée soit par les règles soit par un cahier des charges. Pour respecter ce critère, l'ingénieur est conduit à définir une inertie minimale de profil sous charges normales respectant cette déformation limite.

- critère de résistance dont la limite est fixée par le matériau utilisé et plus précisément par sa limite élastique et qui conduit à définir un module d'inertie minimal du profil tel que la contrainte ne dépasse pas la limite élastique sous charges pondérées.

A partir de ces valeurs minimales de l'inertie et du module d'inertie, il est possible de rechercher dans une table de profils celui répondant aux deux critères imposés. Il suffit pour cela de choisir un profil dont les caractéristiques mécaniques correspondantes sont supérieures aux valeurs minimales définies. L'ingénieur calculateur peut alors compléter son étude par l'établissement d'une note de calculs justificative de son choix, montrant que le profil retenu respecte bien les critères qui lui étaient imposés.

Le processus qui permet de dimensionner une poutre est donc clairement établi et semble relativement facile. Cependant, celui-ci se complique sérieusement dès que la poutre est soumise à plusieurs charges. En effet, les formulaires de résistance des matériaux ne donnent l'expression des sollicitations ou des déformations de la poutre que sous l'effet d'une seule charge.

En élasticité, en vertu du principe de superposition, la valeur des sollicitations et des déformations sous l'effet de plusieurs charges peut être considérée comme la superposition des effets de chacune d'entre elles. Mais s'agissant d'expressions littérales, la superposition de leurs effets devient rapidement une expression complexe (d'autant plus que cette expression varie d'une zone à l'autre de la poutre)

De sorte que lorsque le projeteur dimensionne une poutre soumise à plusieurs charges, il étudie l'effet de chacune d'elles comme étant indépendante et superpose ensuite les valeurs de ces effets par des méthodes approximatives pour gagner en rapidité (superposition d'effets maximaux qui n'ont pas lieu dans la même section ou utilisation de méthodes graphiques). Sans en prendre réellement conscience, le calculateur est conduit à une résolution numérique du problème, pour laquelle il ne s'attache qu'à la valeur des effets et non plus à l'expression qui conduit à cette valeur.

La résolution numérique est l'apanage de l'ordinateur capable d'effectuer ce travail avec plus de rapidité et sans risque d'erreur contrairement à l'homme. Pourquoi ne pas confier à l'ordinateur les calculs numériques qui permettent de dimensionner les poutres ?

Il y a quelques années, la programmation des ordinateurs était encore une programmation procédurale et pour chaque type de problème il fallait utiliser un logiciel spécifique qui grâce à une procédure était capable de fournir un résultat donné pour une entrée donnée. Depuis l'apparition de la programmation événementielle ou encore orientée objet, le problème du dimensionnement des poutres est radicalement modifié. Il devient concevable d'examiner chaque charge comme étant indépendante, d'en analyser les effets et d'en calculer les valeurs à chaque fois que l'événement se produit. Ces valeurs peuvent être stockées et lorsqu'un autre événement se produit, elles peuvent être cumulées aux effets produits par ce nouvel événement. On peut ainsi obtenir de façon automatique la valeurs des effets cumulés de plusieurs charges sur une poutre et procéder ensuite à son dimensionnement.

Cette approche est encore encouragée par les progrès actuels de l'informatique. De nos jours, la plupart des constructeurs métalliques disposent d'un ordinateur PC avec lequel ils établissent leur courrier,

leurs offres de prix, leur comptabilité ou d'autres tâches.

Sous le même environnement existent des logiciels de développement de programmation événementielle tel que Visual Basic permettant de présenter les résultats sous des formes connues des utilisateurs de Windows, ce qui permet le démarrage d'une application sans formation spécifique du personnel.

En abordant cette étude, nous nous fixons comme objectif de concevoir une application fonctionnant sur micro-ordinateur sous environnement Windows et capable de dimensionner automatiquement tout type de poutre droite en profilé acier soumise à des charges diverses.

Une telle application permet de résoudre un problème rencontré plusieurs fois par jour dans tout bureau d'études de charpente avec un gain de temps tel que cet enjeu suffit à justifier à lui seul les efforts que nous lui consacrerons.

2

Plan de l'étude

L'étude sera menée tout d'abord pour la poutre sur deux appuis articulés. Pour cette poutre et différents cas de chargement, nous déterminerons les réactions et rotations sur chaque appui et nous calculerons le moment de flexion et la flèche à l'abscisse relative $n = x / L$, x étant l'abscisse comptée à partir de l'origine A

L'étude sera ensuite étendue aux poutres à une travée encastées puis enfin aux poutres continues.

NOTATIONS

Les extrémités de la poutre seront A et B

R_A et R_B sont les réactions respectivement en A et B

f_{iA} et f_{iB} sont les rotations respectivement en A et B

a la position de la charge P par rapport à A

L est la portée de la poutre

E est le module d'Young du matériau (pour l'acier $E = 21000 \text{ daN/mm}^2$)

$n = x / L$ abscisse relative de la section étudiée

$M(n)$ est le moment de flexion dans la section d'abscisse relative n

$F(n)$ est la flèche dans la section d'abscisse relative n

q est la charge répartie par unité de longueur

P est la charge ponctuelle sur la poutre

CONVENTION

Les charges et les flèches seront comptées positives lorsqu'elles sont dirigées vers le bas

Les réactions seront comptées positives vers le haut

Le signe des rotations est positif dans le sens trigonométrique

Les charges seront exprimées en daN ou daN/m les moments en mdaN et les longueurs en mètres