

Grue télescopique LOUMA 2

Contexte : La « Louma » a été la première grue permettant de télécommander une caméra suspendue au bout d'un bras télescopique. Une dizaine d'exemplaires est disponible à la location à travers le monde (Paris, Londres, New York, Los Angeles, Vancouver, Sidney). Munie d'un bras rigide modulaire de 2,40 m à 9,75 m de long à partir du point de pivot, la Louma 2 permet des mouvements de caméra très variés.

3 mouvements combinables sont possibles :

- le mouvement de « pan » de la grue (rotation autour d'un axe vertical) ;
- le mouvement de « tilt » de la grue (inclinaison) ;
- le télescopage.

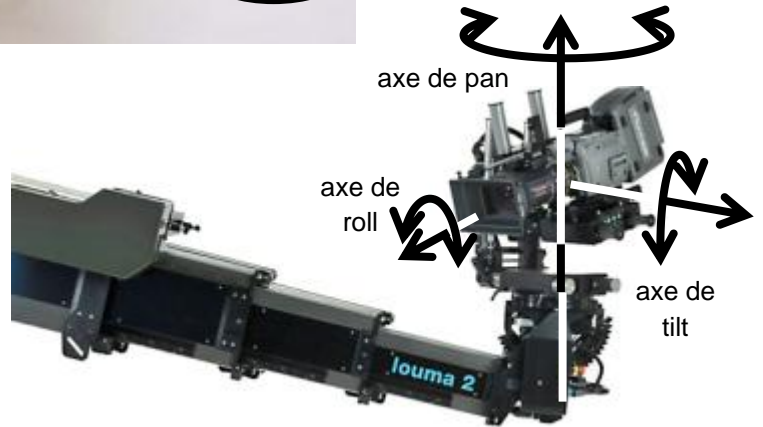
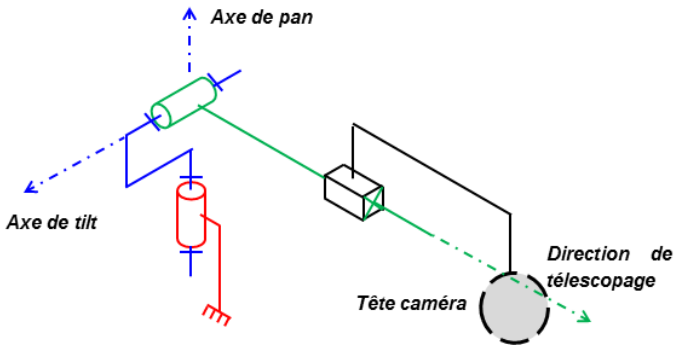
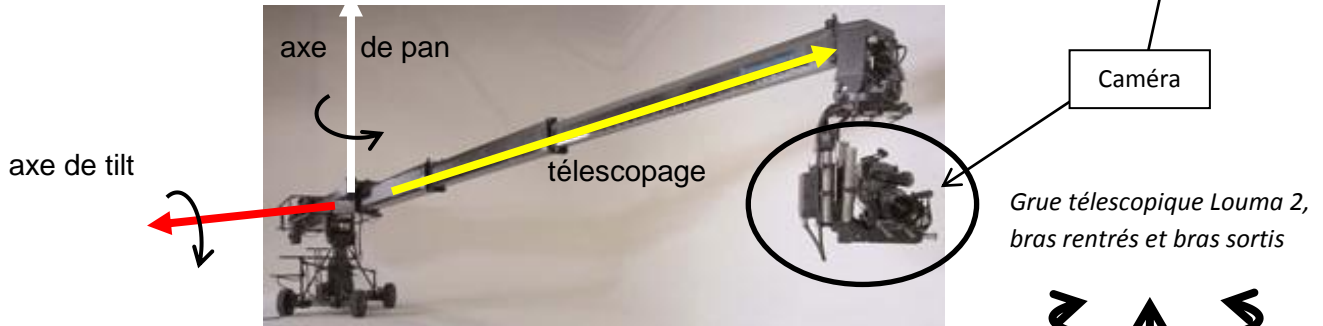
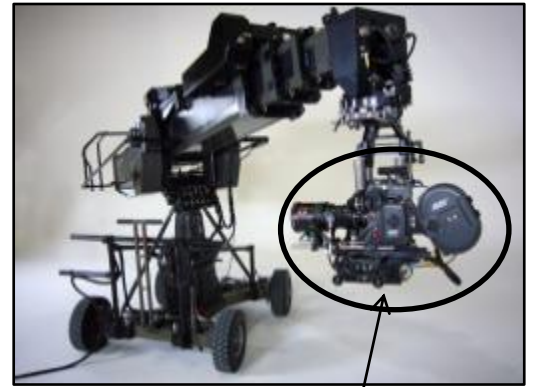


Schéma cinématique de la grue télescopique



Machiniste « télescopage » Machiniste « orientation »

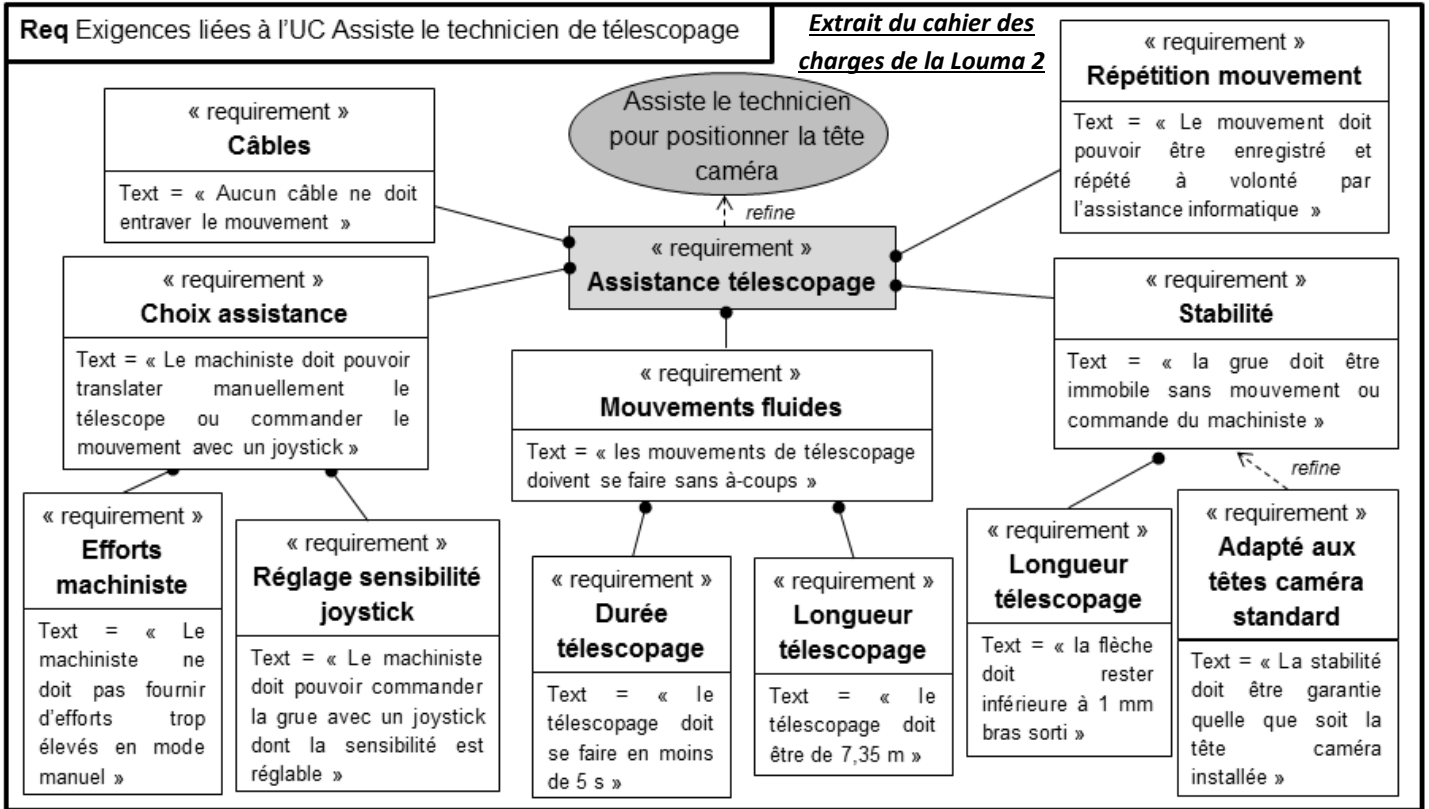
Les axes de pan et de tilt de la grue sont manuels, tous les autres sont motorisés (celui de télescopage peut être débrayé afin d'être actionné manuellement).

L'atout principal de la Louma 2 réside dans son assistance informatique. En effet, son logiciel spécifique permet aux différents axes de la grue (pan et tilt de la grue, pan, tilt et roll de la tête, télescope...) de communiquer entre eux afin de permettre leur coordination. Cette évolution permet de se diriger de plus en plus vers des dispositifs numériques d'assistance au cadrage.

Ainsi il est possible de programmer, enregistrer, répéter des mouvements, l'assistance informatique se chargeant de mettre en mouvement tous les axes motorisés. Toutes ces corrélations d'axes sont transparentes pour le cadreur qui conserve toute la liberté de composer son cadre « par-dessus » la correction automatique. D'autres corrélations sont prévues comme celles qui connecteront télescope et mise au point, ou télescope et zoom.

Structure mécanique du bras de télescopage

Objectif : Du fait des actions extérieures (poids du bras et de la caméra) le bras télescopique se déforme. Lors du travelling, la longueur du bras varie. Il est indispensable que la caméra reste dans un plan horizontal. L'objectif est de vérifier que la déformation du bras reste négligeable et ne sera pas nuisible à la fluidité des images en tenant compte de critères techniques, environnementaux et économiques.



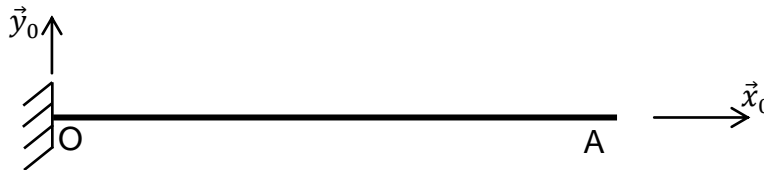
Hypothèses

- on se place dans le cas le plus défavorable où le bras est à l'horizontal et complètement déplié ;
- le bras n'est soumis qu'à son propre poids et supporte la caméra (masse 110 kg) en bout ;
- le bras est considéré comme monobloc et de géométrie constante ;
- le poids de la grue est réparti de façon homogène sur toute la longueur du bras.

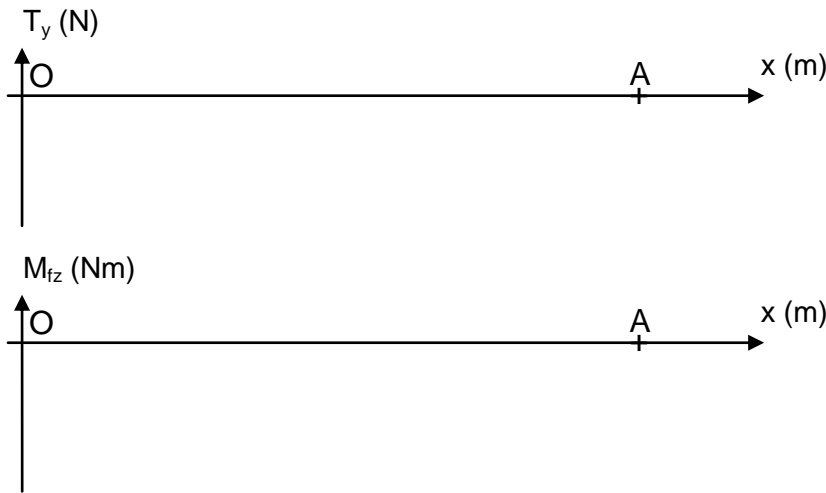
Données

- $\vec{f} = -f \cdot \vec{y}$, la densité linéique (N/m) du poids du bras, avec $M = 200$ kg la masse totale du bras ;
- \vec{P}_c le poids de la caméra, avec $M_c = 110$ kg ;
- E module de Young du matériau du bras ;
- $G(x)$ centre d'une section droite d'abscisse x ;
- $I_{Gz} = 1,71 \cdot 10^{11}$ mm⁴ le moment quadratique par rapport à (G, \vec{z}) ;
- $L = 9,75$ m la longueur de la poutre (bras déplié au maximum) ;
- $g = 9,8$ m·s⁻².

1. Compléter sur votre copie le modèle de poutre envisagé pour l'étude avec les différentes actions mécaniques prises en compte.



- Donner l'expression de \vec{f} en fonction de M , g et des dimensions du problème.
- Proposer une démarche de résolution permettant d'établir le torseur de cohésion dans la poutre.
- Citer a priori le type de sollicitation à laquelle le bras télescopique sera soumis. Donner l'allure générale du torseur de cohésion correspondant.
- Mettre en œuvre votre démarche de résolution et montrer que le torseur de cohésion (torseur des efforts intérieurs) s'écrit $\{T_{coh}\}_G = \left\{ \begin{matrix} \left[-\frac{M \cdot g}{L}(L-x) - M_c \cdot g \right] \cdot \vec{y} \\ \left[-M \cdot g \frac{(L-x)^2}{2L} - M_c \cdot g \cdot (L-x) \right] \cdot \vec{z} \end{matrix} \right\}$.
- Tracer avec les valeurs numériques, les diagrammes de sollicitations de T_y et M_{fz} pour la configuration du bras donnée.



7. En notant $v(x)$ le déplacement vertical du centre de la section droite $G(x)$ suivant l'axe \vec{y} , montrer que la flèche en bout de bras s'écrit : $v(L) = -\frac{f \cdot L^4}{8 \cdot E \cdot I_{Gz}} - \frac{P_c \cdot L^3}{3 \cdot E \cdot I_{Gz}}$. Indiquer clairement les conditions aux limites nécessaires à la résolution de l'équation.
8. La relation ci-dessus permet de calculer la flèche en bout de bras. Préciser le(s) paramètre(s) sur le(s)quel(s) agir de manière à minimiser la flèche en bout de grue et indiquer leur origine (matériau, actions mécaniques et géométrie du bras).
9. Déterminer le **matériau** répondant au mieux aux critères définis dans le tableau suivant. Pour cela, compléter la matrice de décision donnée.

Rq : calcul = rang x coefficient		Alliage de titane		Composite (fibres de carbone)		Composite (fibres de verre)		Acier inoxydable		Alliages d'aluminium	
Critères	Coefficient t	rang	calcul	rang	calcul	rang	calcul	rang	calcul	rang	calcul
Masse minimale	3	4	12 (=3x4)	1	3 (=3x1)	3		5		2	
Prix minimal	2										
Impact environnemental	1										
Total		Somme =		Somme =		Somme =		Somme =		Somme =	

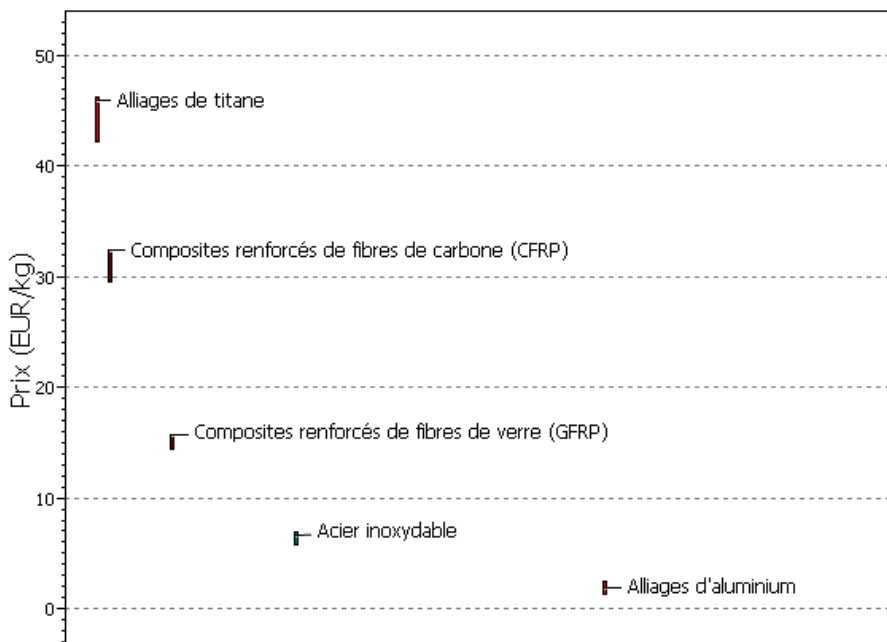
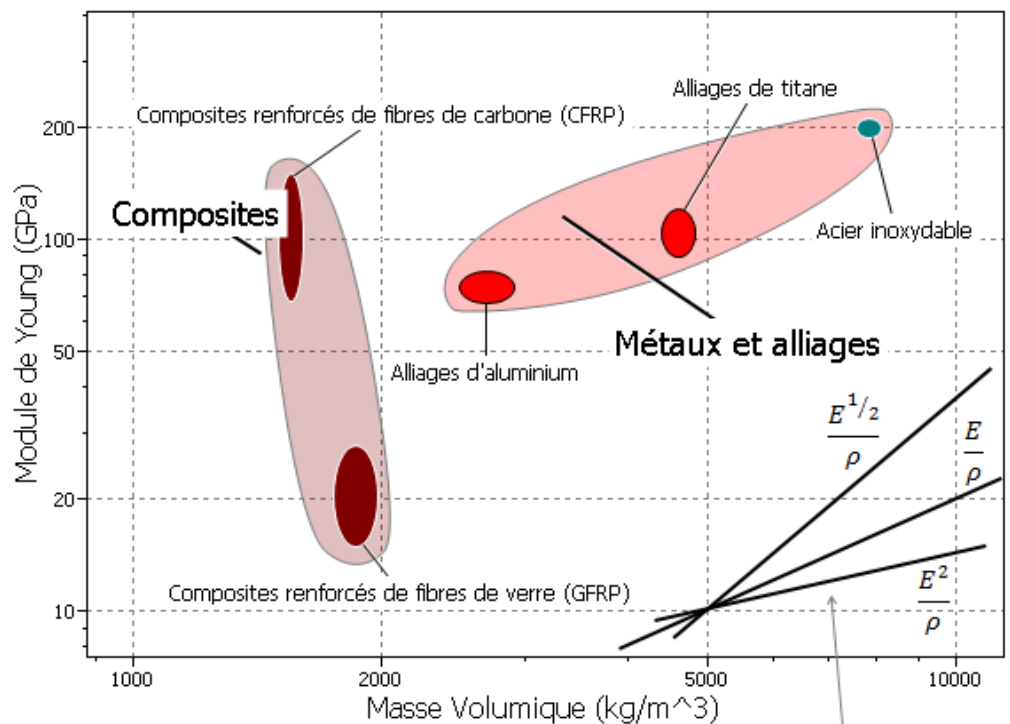
- critère « Masse minimale » : matériaux déjà hiérarchisés ;
- critère « Prix minimal » : à partir des données de l'annexe 2, classer les matériaux de 1 à 5 ;
- critère « impact environnemental » : à partir des données de l'annexe 3, classer les matériaux de 1 à 5. (Prévoir un tableau bilan intermédiaire prenant en compte les 4 types d'impact).

10. Le constructeur a porté son choix sur un alliage d'aluminium. Sachant que $I_{Gz} = 1,71 \cdot 10^{11} \text{ mm}^4$, calculer la flèche au niveau de la caméra en position bras sorti. On donne $E_{Alu} = 75 \text{ GPa}$. Conclure quant au respect du cahier des charges.

Annexe 1 : Classement des matériaux suivant leur module d'Young et leur masse volumique

Objectif : *minimiser la masse*

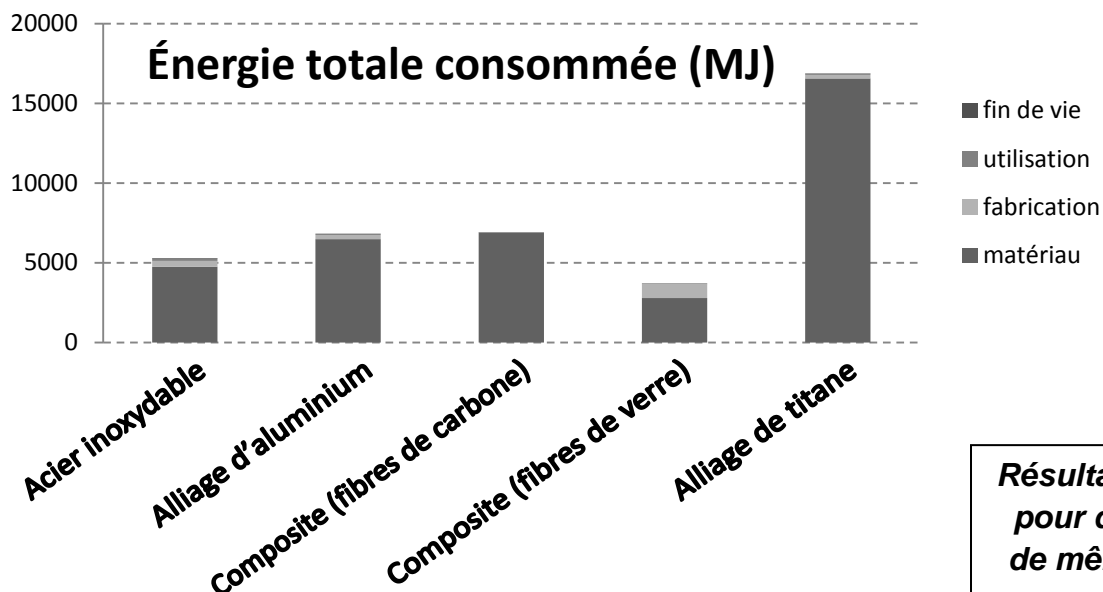
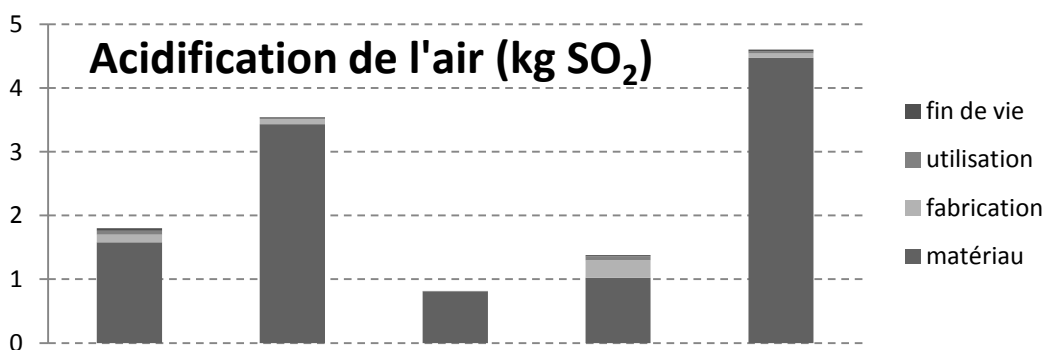
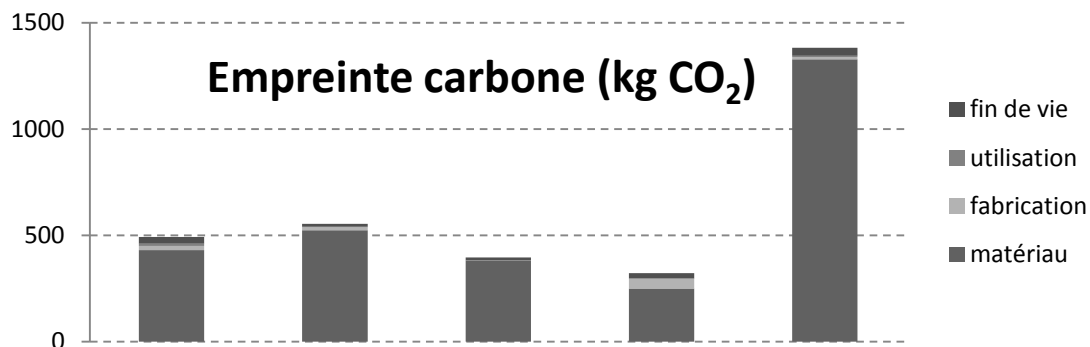
Forme	Sollicitation	Astreintes de conception	Indice de performance
poutre	traction	Rigidité et longueur fixes. Section libre	$\frac{E}{\rho}$
poutre	flexion	Rigidité, forme et longueur fixes. Section libre.	$\frac{E^{1/2}}{\rho}$
poutre	flexion	Rigidité, hauteur et longueur fixes. Largeur libre.	$\frac{E}{\rho}$
poutre	flexion	Rigidité, largeur et longueur fixes. Hauteur libre.	$\frac{E^{1/3}}{\rho}$
plaque	flexion	Rigidité, longueur, largeur fixe, Epaisseur libre.	$\frac{E^{1/3}}{\rho}$
poutre	flexion	Solidité, hauteur et longueur fixes. Largeur libre.	$\frac{\sigma_e}{\rho}$



Droites directrices pour concevoir à poids minimum

Annexe 2 : Prix relatifs de quelques matériaux (coût matière seule)

Annexe 3 : Impact environnemental simulé



**Résultats obtenus
pour des pièces
de même rigidité**