

Nom :

Classe :

Prénom :

**LAMPADAIRE LUMEA**

Référence :

Le mât « Tubret » livré avec le Luméa est-il conforme à la norme EN-40 ?

CENTRE D'INTERET	Comportement mécanique
Objectifs de formation & Compétences visées	CO51-Expliquer des éléments d'une modélisation proposée relative au comportement de tout ou partie d'un système. CO52- Identifier des variables internes et externes utiles à une modélisation, simuler et valider le comportement du modèle. CO53-Evaluer un écart entre le comportement du réel et le comportement du modèle en fonction des paramètres proposés. CO63- Présenter et argumenter des démarches, des résultats, y compris dans une langue étrangère.
Connaissances associées	Approche comportementale Comportement des matériaux Comportement mécanique des systèmes
Objectifs opérationnels	Valider les exigences imposés par un cahier des charges

Conditions de réalisation	 2heures	Nature de l'activité			Organisation de l'activité
		 TD	 Étude de dossier	 TP	Travail dirigé en demi-classe, en binôme.
Ressources		Lampadaire Luméa Poste informatique			
		Fiches ressources		Diagramme exigences du mât	
		SolidWorks 2012 mini + module simulation Magicdraw (pas indispensable)			

Le mât d'éclairage livré avec le Luméa provient de la société Valmont, spécialisée dans la fabrication de mobilier urbain. La société est en conformité avec la norme ISO 14001:2004 depuis le 31 mai 2012. Elle se doit de répondre à des exigences environnementales strictes de la conception jusqu'à la commercialisation mais aussi à des exigences purement techniques dont celles relatives à la résistance des mâts d'éclairage public définies dans la norme EN-40.

L'étude proposée va nous permettre de vérifier si le mât « Tubret » satisfait les exigences imposées par la norme EN-40 relatives à la résistance mécanique.



Remarque: Cette activité n'a pas la prétention de respecter strictement la norme EN-40. Certaines hypothèses simplificatrices ont été formulées afin de faciliter l'étude. L'objectif principal est de faire comprendre à l'élève qu'il y a un lien direct entre la formulation d'une exigence d'un cahier des charges et son impact sur la solution constructive adoptée.

Nom :
Prénom :

Classe :

I. Visualisation du modèle numérique sous SolidWorks

- Lancer le logiciel SolidWorks
- Ouvrir le fichier d'assemblage « LUMEA.SLDASM »
- Prendre connaissance de la constitution de la maquette numérique :
 - Vous remarquerez que:
 - Le luméa est constitué de quatre sous-assemblages de pièces
 - La lanterne
 - Le module autonome
 - Le module IR
 - Le mât
 - Un matériau est défini pour chacune des pièces

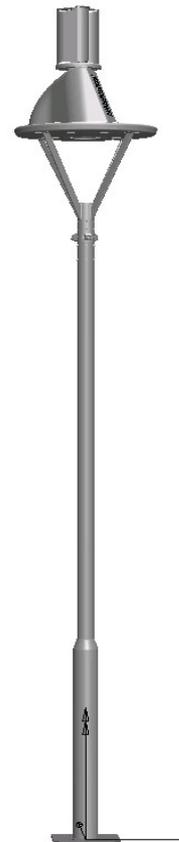


II. Analyse générale des actions mécaniques

2.1. Bilan des actions mécaniques qui agissent sur le Luméa

Q.2.1.1 Dresser le bilan des principaux éléments extérieurs qui vont agir sur le Luméa provoquant ainsi des forces qui sont susceptibles de le déformer. Ces forces seront indiquées sur la figure ci-contre par des vecteurs et nommées (ex : \vec{F}_{vent} pour force du vent).

Réponses :



Q.2.1.2. Pour chacune de ces forces, préciser si elles ont une intensité constante ou variable / une direction fixe ou variable.

Nom :
Prénom :

Classe :

Réponses :**2.2. Comportement du mât**

Q.2.2 Sous l'effet de ces forces et sans tenir compte de leur intensité, que va faire le mât : il va fléchir ? Se tordre ? S'allonger ? Se comprimer ?

Réponse :

III. Vérification du respect de la norme EN 40

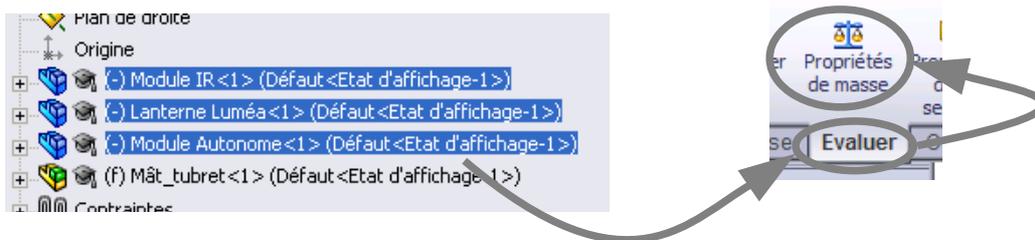
3.1. Vérification de la masse de la lanterne qui repose sur le mât

Q.3.1.1 Relever sur le diagramme des exigences, la masse maximale que ne doit pas dépasser l'ensemble lanterne {Lanterne+ Module IR + Module autonome} afin d'être en conformité avec la norme EN 40.

Q.3.1.2 Déterminer, à l'aide de SolidWorks, la masse de l'ensemble lanterne {Lanterne+ Module IR + Module autonome}. En déduire l'effort que doit supporter le mât (poids de l'ensemble Lanterne en Newton).

On prendra g (accélération de la pesanteur) = $9,81 \text{ m/s}^2$

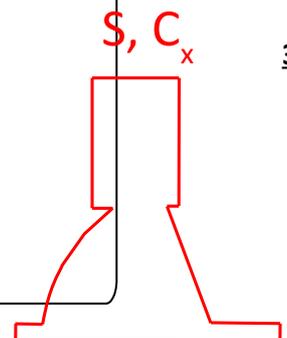
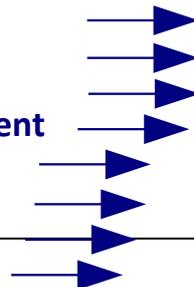
Pour une sélection multiple, cliquer sur les sous-ensembles de son choix en appuyant simultanément sur la touche Ctrl



Q.3.1.3 Comparer la masse maximale à ne pas dépasser et la masse réelle de la lanterne. Conclure.

Réponses :**Masse maximale à ne pas dépasser :****Masse de l'ensemble=****Effort supporté par le mât =**

Vent

**3.2.**

Vérification de la surface de prise au vent de l'ensemble lanterne

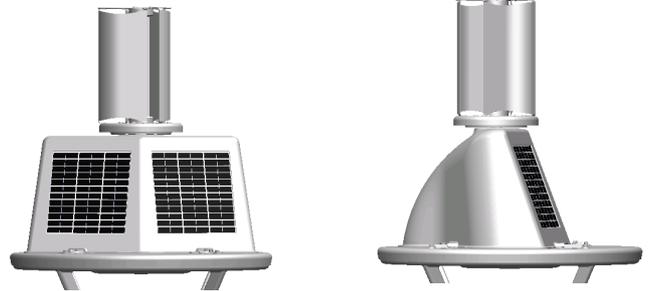
La force que va exercer le vent sur l'ensemble de la lanterne est directement liée à :

Nom :
Prénom :

Classe :

- Sa vitesse (en m/s)
- La forme des pièces sur lesquelles il agit : caractérisée par le coefficient de traînée (ou coefficient de pénétration dans l'air) : C_x
- La surface projetée (en m^2) : S

Exemple :

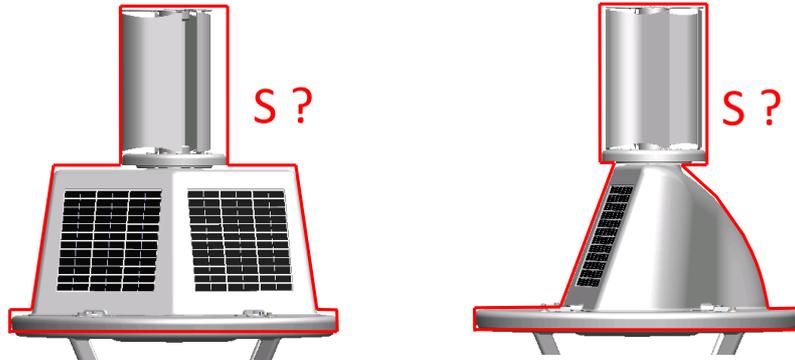


Nom :
Prénom :

Classe :

Q.3.2.1 Relever sur le diagramme des exigences, la surface de prise au vent ($S.C_x$) que ne doit pas dépasser l'ensemble lanterne afin d'être en conformité avec la norme EN 40.

Q.3.2.2 Estimer, sur le système réel (ou sur SolidWorks), la surface projetée qui engendrera la force de vent maximale sur l'ensemble lanterne (on négligera les bras, la noix et le module IR).



Q.3.2.3 Calculer $S . C_x$ et conclure quant au respect de cette exigence.

Réponses :

Exigence :

Estimation S_{max} : **d'où $S . C_x =$**

3.3. Détermination des actions dues au vent:

Les mâts sont calculés pour des vitesses définies selon les zones d'implantation, numérotées de 1 à 5 :
Pour la France de la zone 1 = 22m/s à la zone 5 = 36km/h (Dom Tom).

Le diagramme des exigences sur le mât impose un calcul pour une tenue mécanique en zone 5.

Pour des questions de sécurité la vitesse sera majorée et considérée égale à 40 m/s

$$F_{\text{vent}} = p . S \quad (\text{en Newton}) \quad \text{avec} \quad p = r . C_x . V^2 / 2$$

p : pression du vent sur la surface projetée (en N/m^2 soit en pascal)

S : surface projetée sur laquelle le vent agit (en m^2)

r : densité de l'air = $1,225 \text{ kg}/m^3$

C_x : coefficient de pénétration dans l'air

Les résultats obtenus aux deux questions suivantes nous serviront pour réaliser une simulation numérique sous SolidWorks afin de calculer la résistance du mât et sa déformation.

3.3.1. Calcul de la force maximale du vent agissant sur l'ensemble lanterne :

Q.3.3.1 Calculer la force exercée par le vent sur l'ensemble de la lanterne.

3.3.2. Calcul de la pression maximale du vent agissant sur le mât :

Nom :
Prénom :

Classe :

Q.3.3.2 Calculer la pression exercée par le vent sur le mât.

Nota : N'ayant pas estimé la surface projetée du mât sur laquelle agit le vent, nous calculerons ici la pression du vent qui s'exerce sur celui-ci (La pression est en fait une force qui s'exerce sur une unité de surface).

Réponses :

F vent/lanterne =

p vent/ mât =

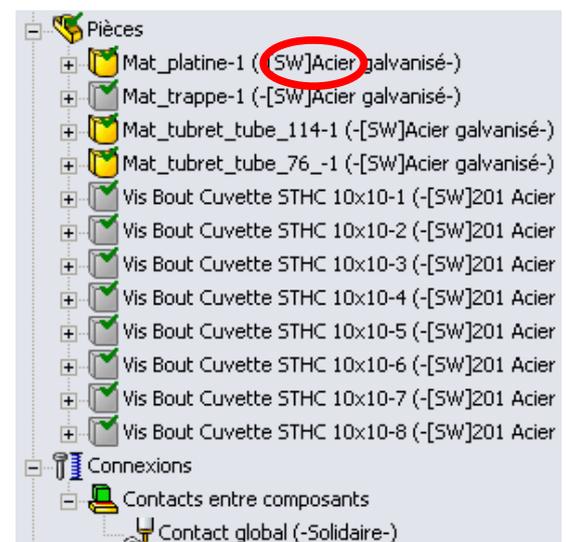
Gardons ces deux résultats au chaud...

3.4. Validation de la résistance mécanique et de la flèche maximale du mât.

3.4.1 Validation du modèle de simulation retenu

Sous SolidWorks, nous allons simuler la déformation du mât sous l'effet des actions mécaniques définies précédemment. Cette étude va permettre de vérifier si :

- Le mât ne risque pas de casser lorsqu'il est soumis à un vent de 40m/s
 - La déformation maximale ne dépasse pas la limite autorisée par la norme EN-40
- ➔ Ouvrir le fichier d'assemblage « Mât_tubret.SLDASM » puis cliquer sur l'onglet « Résistance et déformation du mât » situé en bas de la fenêtre graphique :
- ➔ Appuyer sur le « + » à gauche de « Pièces » pour visualiser le contenu de l'arborescence.



3.4.1.1 Limite élastique des matériaux

Vous remarquerez que les pièces du mât sont en acier.



Chaque matériau possède une **limite élastique** à ne pas dépasser auquel cas, les pièces vont être fragilisées lorsqu'elles sont soumises à des efforts. **Cette résistance, qui est en fait une pression, est exprimée en pascal (1 Pa = 1 N/m²).**

Plus communément, nous exprimerons cette valeur en Mégapascal **MPa (1.10⁶ Pa) soit 1 N/mm².**

Q.3.4.1.1 Relever cette valeur pour l'acier galvanisé (clic droit sur « Mat_platine puis « Appliquer/Editer matériau... »). Nous l'appellerons « Re ».

Réponse : Re =

3.4.1.2 Pièces intervenant dans l'étude et connexions entre pièces

Nom :
Prénom :

Classe :

Nous avons considéré que l'ensemble des pièces était solidarisé (Contact global -Solidaire-). Ainsi, tout se passe comme si le mât était constitué d'une pièce unique. Cependant, nous avons exclu de l'étude les vis et la trappe (pièces grisées).

Q.3.4.1.2 Dans cette configuration le mât, monobloc, présente donc des « trous » correspondant à l'emplacement des vis et de la trappe. Justifier le fait d'avoir exclu ces pièces pour l'étude de résistance des matériaux.

Réponse :

3.4.1.3 Déplacements imposés

Q.3.4.1.3 Nous avons déclaré dans le modèle que le dessous de la platine était fixe, justifier ce choix.



Réponse :

3.4.1.4 Chargements externes

- L'action de la pesanteur sur le mât est prise en considération. Elle est symbolisée par la pomme.
- Le poids de la lanterne est représenté par la « Force-2 »

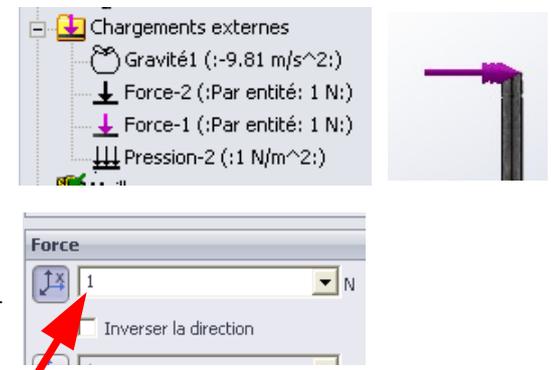
→ La masse maximale admissible de la lanterne étant de **30 kg**, **modifier** la valeur de la force (actuellement de 1N) en conséquence (double clic gauche)



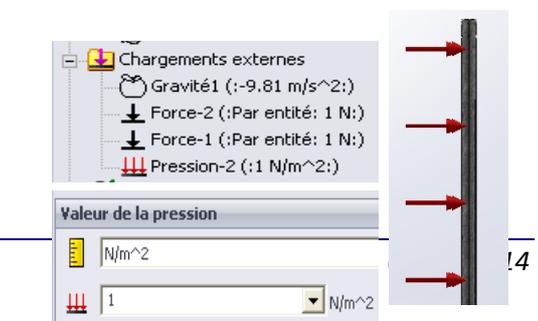
- Comme vu précédemment, le vent exerce une force sur la lanterne (Q.3.3.2).

Il va en résulter une force transmissible par la liaison entre le mât et la lanterne. Nous ferons l'hypothèse qu'elle est appliquée en sommet de mât, de direction horizontale (suivant x) et qu'elle aura pour intensité **300N**.

→ **Saisir** la valeur réelle de la composante suivant x de la « Force-1 » (double clic gauche)



- On fera l'hypothèse que la pression du vent est constante sur toute la hauteur du mât. Quelque soit le résultat trouvé à la question Q3.3.2, on prendra une valeur de **1000 Pa**.



Nom :
Prénom :

Classe :

→ **Modifier** la valeur de la pression (double clic gauche)



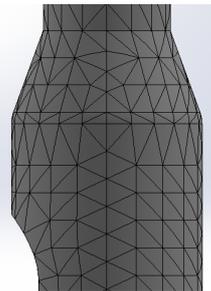
le plan x,y , dans lequel ont été placées les forces et la pression, n'a pas été pris par hasard, il correspond à une orientation du mât pour laquelle les contraintes et les déformations seront les plus importantes en raison de la position du trou de la trappe.

3.4.2 Exploitation des résultats

Le logiciel a maintenant toutes les données nécessaires pour exécuter le calcul...
Cliquer sur « maillage » puis sur « Mailler et exécuter ». Attendre les résultats...

Le logiciel « découpe » la structure en petits éléments géométriques simples tels que des triangles tous reliés par leurs sommets. Il calcule pour chacun de ses points extrémités (appelés nœuds), les déplacements, contraintes et déformation que subit le matériau. C'est ce que l'on appelle le maillage. La finesse de ce découpage est paramétrable selon la complexité de la pièce. Plus le maillage est fin, plus le temps de calcul est long mais un maillage trop grossier peut provoquer des erreurs ou amener à des résultats inexploitables.

Maillage



3.4.2.1 Analyse des contraintes

Nous avons déjà employé le mot « contrainte » mais qu'est-ce que c'est ?
Ce sont des pressions internes que subissent les pièces sous l'effet d'actions mécaniques extérieures. Elles s'expriment donc en Pascal (ou Méga Pascal). Si l'on souhaite que les pièces ne subissent pas de déformations irréversibles ou, dans le cas extrême, cassent, elles doivent rester inférieures à la limite élastique du matériau.



→ Effectuer un « double clic » sur « Contraintes1 (-vonMises-) »

L'état de contrainte dans le mât apparaît suivant un dégradé de couleurs, variant du bleu au rouge, de 0 jusqu'à la contrainte maximale.

Q.3.4.2.1.1 Quelle est la valeur de la contrainte maximale ? Comparer avec la limite élastique du matériau employé et conclure.

Réponse : $\sigma_{max} =$

Rappel : R_e acier =

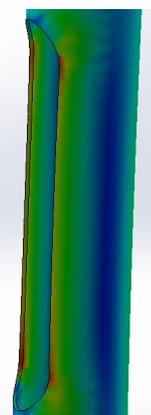
von Mises (N/mm² (MPa))

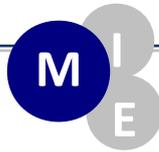
132.910
121.834
110.758
99.683
88.607
77.531
66.455
55.379
44.303
33.228
22.152
11.076

Q.3.4.2.1.2 Sur le dessin ci contre on constate très clairement les zones où les contraintes sont maximales. Comment peut-on expliquer ce résultat ?

Réponse :

3.4.2.2 Analyse des déplacements



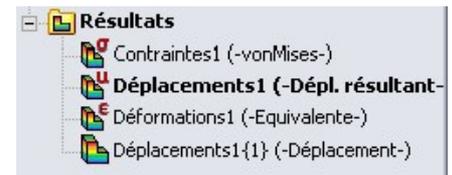


Nom :
Prénom :

Classe :

→ Effectuer un « double clic » sur « Déplacements1 (-Dépl.résultant-)»

Nous pouvons maintenant visualiser l'amplitude des déplacements de chacun des points constituant le mât.



Cette distance, entre la position d'un point avant puis après déformation est également appelée « flèche ».

Q.3.4.2.1 Quelle est la valeur de déplacement maximale ? Où est se situe cette zone ?
Était-ce prévisible ? Justifier.

Réponse : $d_{\text{ép max}}$ =

Q.3.4.2.2 Le diagramme des exigences du mât précise le calcul de la flèche maximale qui ne doit pas être dépassée pour respecter la norme EN-40. Écrire la formule et faire le calcul correspondant. Conclure.

Réponse : f_{max} =

3.5. Conclusion générale sur le respect de la norme EN-40 concernant la mât Tubret