



ÉCOLE NATIONALE D'INGENIEURS DE BREST

---

## Confection d'une Aile Rigide

---



## Table des matières

<b>1</b>	<b>Aérodynamique</b>	<b>2</b>
1.1	Profil Aérodynamique . . . . .	2
1.2	Les Forces Aérodynamiques . . . . .	3
1.3	Choisir un Profil . . . . .	4
1.3.1	Analyse de Comportement . . . . .	4
1.4	Réglage pour l'Aileron . . . . .	5
1.5	L'équilibre . . . . .	8
<b>2</b>	<b>Projet CAD</b>	<b>9</b>
2.1	Logiciel . . . . .	9
2.2	Assemblage . . . . .	9
	<b>Referências</b>	<b>12</b>

# 1 Aérodynamique

Pour la confection d'une voile rigide, nous avons fait une étude des profils aérodynamiques pour savoir quel profil il faudrait choisir.

Ce sujet étant très complexe, nous n'allons pas réaliser une étude très approfondit, mais uniquement une introduction afin de comprendre comment les profils sont structurés et pour quelle raisons nous avons choisi de faire une aile.

## 1.1 Profil Aérodynamique

Les principales composantes d'une aile sont illustrées dans la figure 1.

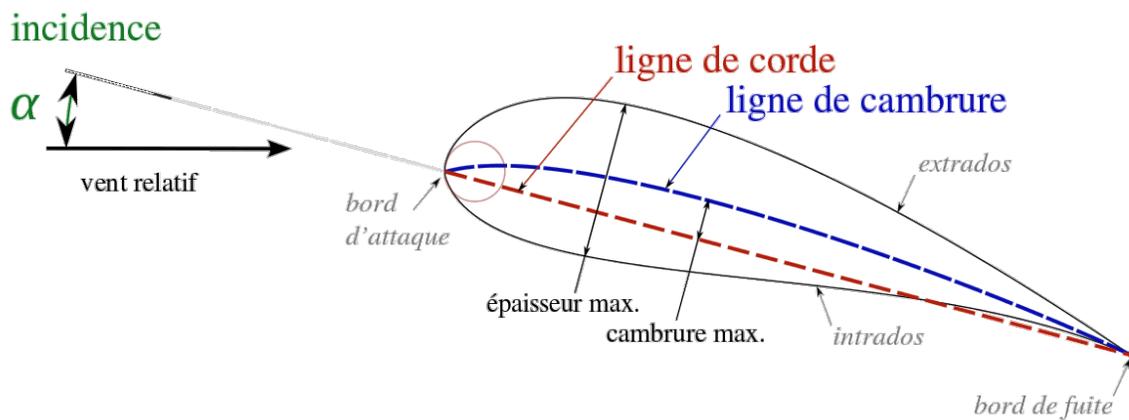


FIGURE 1: Nomenclature d'un profil

- La corde est la ligne droite joignant le bord d'attaque au bord de fuite.
- La ligne moyenne est le lieu des points équidistants de l'intrados à l'extrados.
- La flèche est un point de la ligne moyenne à la corde.
- $\alpha$  est l'angle entre le vent et la ligne de corde.
- L'extrados est la partie supérieure de l'aile.
- L'intrados la partie inférieure de l'aile.

## 1.2 Les Forces Aérodynamiques

Les charges aérodynamiques globales sur le profil aérodynamique correspondent au vecteur de la force résultante  $\vec{R}'$  et du couple  $\vec{M}'$ , par convention pris sur l'emplacement d'un quart de la corde. La force résultante est résolue en une force de portance  $\vec{L}'$  et une force de traînée  $\vec{D}'$ , respectivement perpendiculaire et parallèle à  $\vec{V}_\infty$ [4], comme présenté sur la figure ci-dessous.

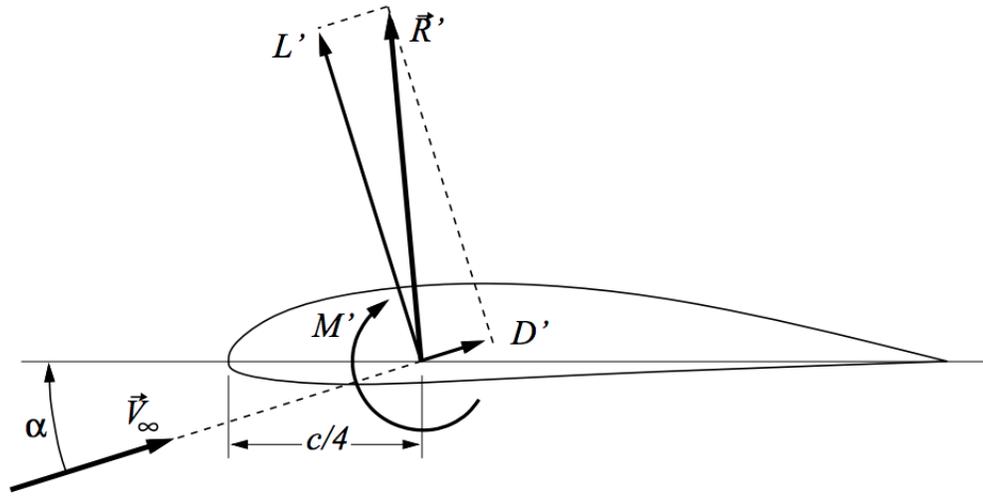


FIGURE 2: Forces dans un profil[4]

Après cet analyse nous pouvons établir le coefficient de portance  $C_L$  (*Lift Coefficient*), le coefficient de traînée  $C_D$  (*Drag Coefficient*) et le coefficient de moment  $C_M$  (*Moment Coefficient*).

Ces coefficients sont importants pour analyser le comportement d'une aile. Ils sont associés à l'angle d'attaque et le numéro de Reynolds.

Le site Airfoil Tools[1] est une base de données pour des profils d'aile. Vous pouvez voir certains profils et leurs comportements en jouant les avec paramètres.

### 1.3 Choisir un Profil

En effectuant une recherche nous avons vu que dans notre projet l'aile fonctionnerait avec des petits angles d'attaque. Pour ce cas particulier, nous avons choisi une profil symétrique : le **NACA 018**.

Une aile symétrique, est une aile où la surface supérieure (extrados) est une image miroir de la surface inférieure (intrados). Dans une telle aile la cambrure est nulle.

L'avantage du profil symétrique est qu'il fonctionne avec un angle alpha positif ou négatif (contrairement aux autres profils). Sans ça le bateau ne pourrait pas virer de bord!

Avec des petits angles d'attaque, une aile symétrique fonctionne mieux qu'une aile très courbée. A l'inverse, avec des angles d'attaque élevés, une surface portante courbée fonctionne mieux qu'une surface symétrique correspondante[6].

#### 1.3.1 Analyse de Comportement

Pour notre profil, nous pouvons analyser ce comportement dans le site AirFoil Tools[5].

Sur ce site, nous obtiendrons les graphes suivants en jouant avec les paramètres comme  $\alpha$ , Reynolds,  $C_D$ ,  $C_L$ ...

Le nombre de Reynolds correspond à la qualité du flux (laminaire ou turbulent). On ne s'y intéresse pas vraiment (c'est juste pour voir la tendance). Ce qui nous intéresse c'est de trouver le meilleur angle  $\alpha$  pour avoir un  $C_L/C_D$  grand.

Profil	Reynolds	Max $C_L/C_D$	$\alpha$	Couleur
NACA018	50,000	22.1	5.75°	Bleu
	100,000	37.5	6.75°	Orange
	200,000	50.1	7°	Vert
	500,000	65.8	9.25°	Rouge
	1,000,000	77.9	10°	Jaune

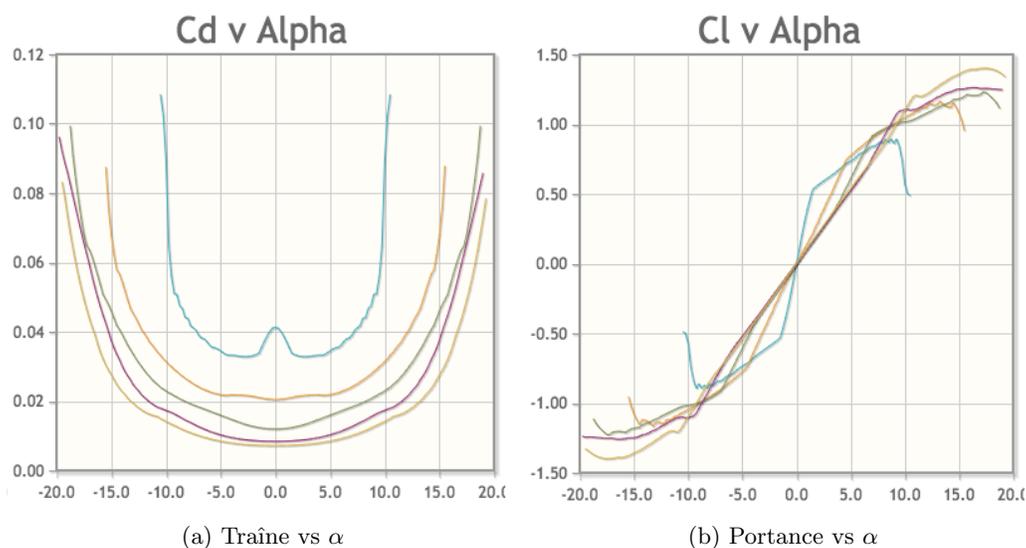


FIGURE 3: Caractéristiques pour le profil NACA 018[5]

Dans les figures 3a et 3b nous constatons que pour des petits angles d'attaque, nous obtenons une portance élevée et une traînée faible.

## 1.4 Réglage pour l'Aileron

Notre aile est réglé par un aileron à l'arrière. L'aileron sur les avions est utilisé pour diminuer la portance comme présenté sur la figure 4. Cet effet est utilisé pour donner un mouvement aux avions.

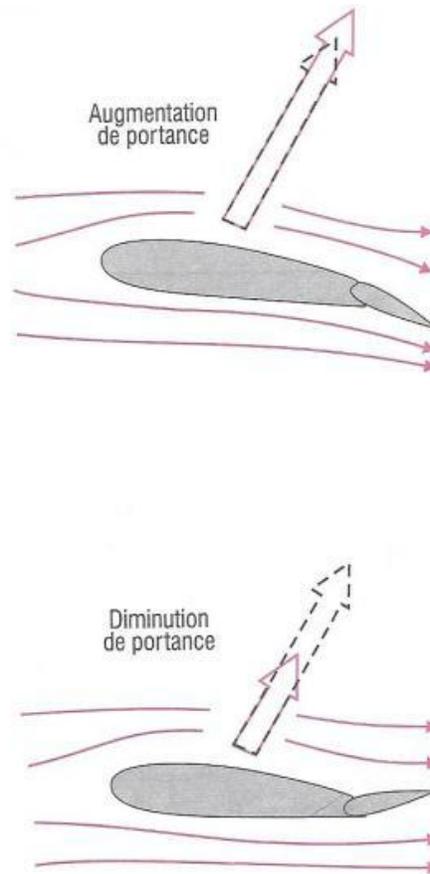


FIGURE 4: Changement de la Portance avec aileron[3]

Par exemple, dans un avion les ailerons placés au niveau des ailes sont utilisés pour tourner un avion vers la gauche ou vers la droite (figure 5). Les ailerons placés au niveau du gouvernail sont responsables de l'inclinaison du nez et de la queue de l'avion (figure 6 et 8).

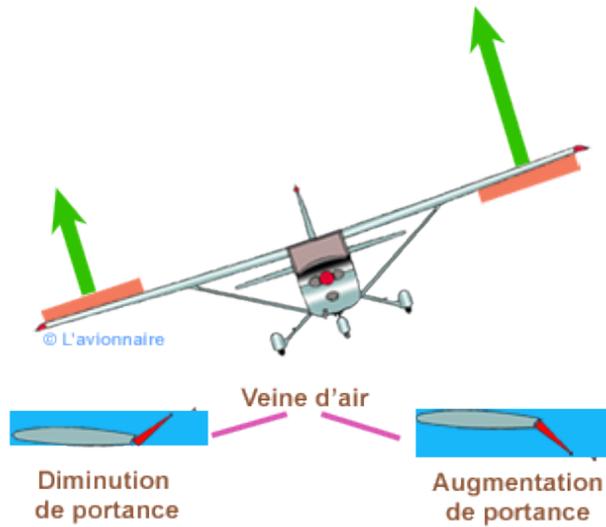


FIGURE 5: Portance avec aileron [3]

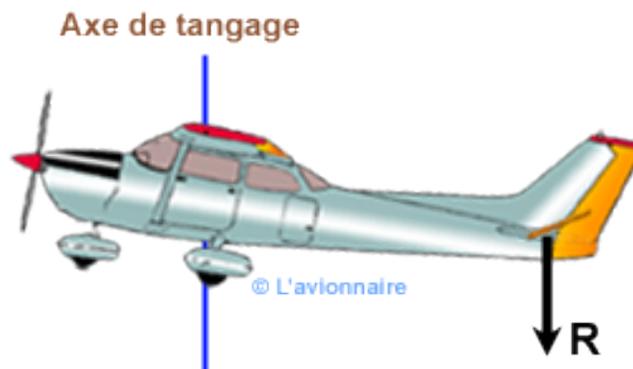


FIGURE 6: Portance avec aileron [3]

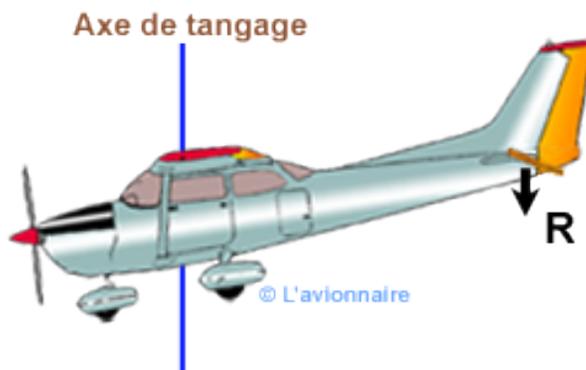


FIGURE 7: Portance avec aileron [3]

Sur notre bateau nous avons utilisé un aileron pour régler l'aile à gauche et à droite, afin de pouvoir faire des virements de bords et utiliser l'aile dans la bonne direction. Afin de le régler comme nous le souhaitions, nous avons placé un servomoteur en amont.



FIGURE 8: Aile avec aileron

## 1.5 L'équilibre

En fonction de la distribution du poids dans l'aile + aileron nous avons eu besoin d'équilibrer le système avec un contre-poids. Sans lui le mât fait des mouvements aléatoires, car étant libre et pouvant tourner à 360°, le centre de gravité est déplacé et donc le système ne reste pas dans la position souhaitée. Dans la figure 9 nous pouvons voir l'ensemble (aile + aileron) monté sur la coque.



FIGURE 9: Bateau avec l'aile et le système de contre-poids

## 2 Projet CAD

À partir du choix de profil, nous pouvons partir sur la confection du projet CAD. Cette partie est importante car elle nous permet de faire une analyse de la structure (accroches, disposition des profils, ...) avant de nous attaquer à la création.

### 2.1 Logiciel

Le logiciel que nous avons utilisé (gratuit pour les étudiants<sup>[2]</sup>) est le **PTC CREO PARAMETRICS**<sup>[7]</sup>. Ce logiciel est semblable à **CATIA** ou **SOLID WORKS**. [Il a été choisi pour sa facilité d'obtention grâce à la version étudiante. Il offre également une gamme d'options pour réaliser d'autres types d'analyses (thermique, mécanique, etc...)]

### 2.2 Assemblage

Ici nous donnons des exemples de la conception de certaines pièces de notre aile :

D'abord notre profil NACA 018 avec les encoches pour les traverses et également le trou pour le mât. La largeur des encoches est de 3mm, car les profils en bois font tous 3mm d'épaisseur.

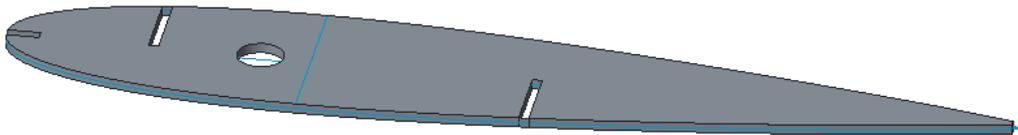


FIGURE 10: Vue 3D du profil NACA018

Sur la figure 11 nous avons le modèle 3D de la traverse centrale. À partir d'un modèle 3D nous pouvons générer les fichiers 2D, comme par exemple, celui de la traverse frontale affiché dans la figure 12. Ce sont ces modèles qui seront utilisés pour la découpe laser.

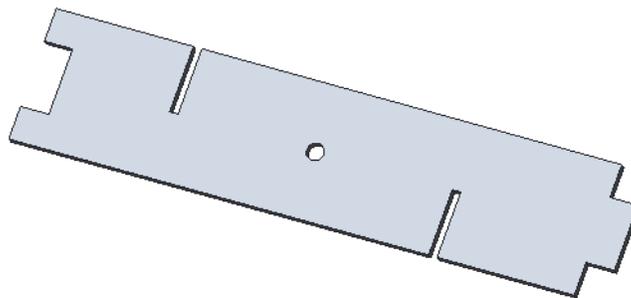


FIGURE 11: Vue 3D de la Traverse Centrale

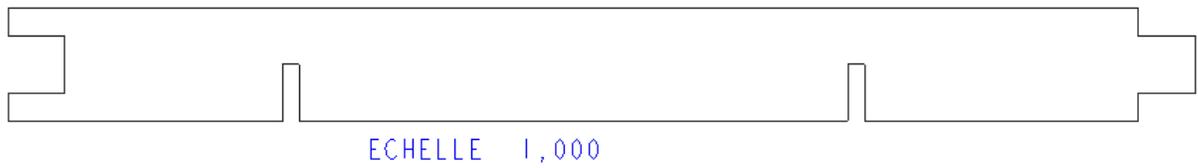


FIGURE 12: Vue 2d de la Traverse Frontale

Le projet final est celui montré sur les figures 13 et 14. Sur la figure 14 nous observons les détails de la structure avec les traverses disposées de façon intercalées pour obtenir une plus grande rigidité et donc une aile plus solide.

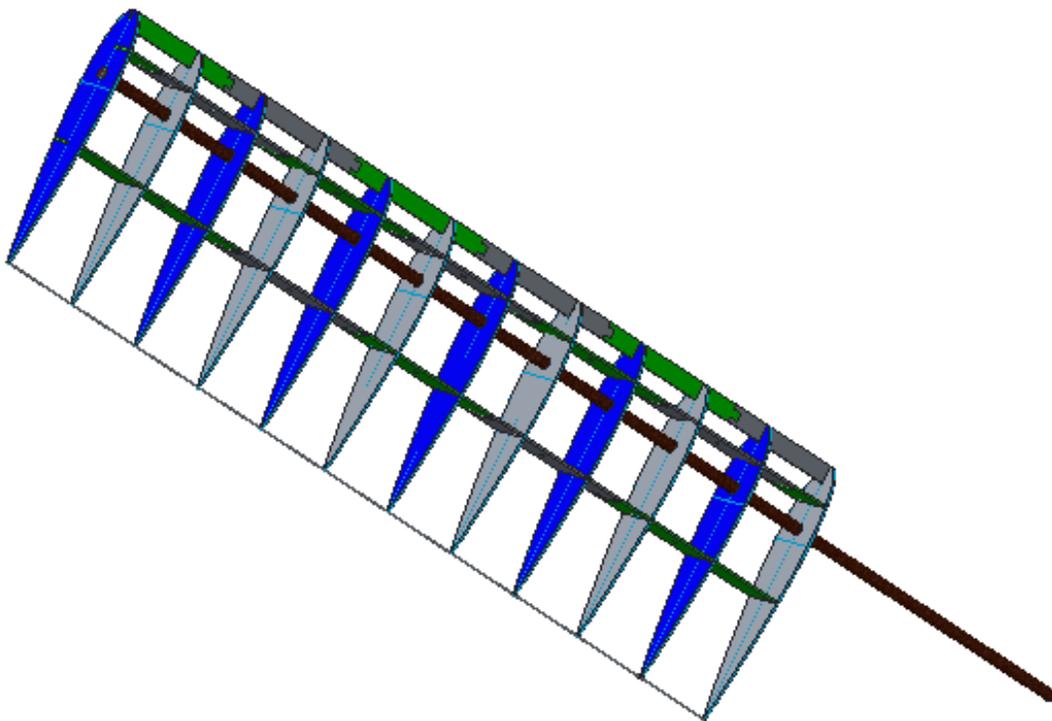


FIGURE 13: Aile Assemblé

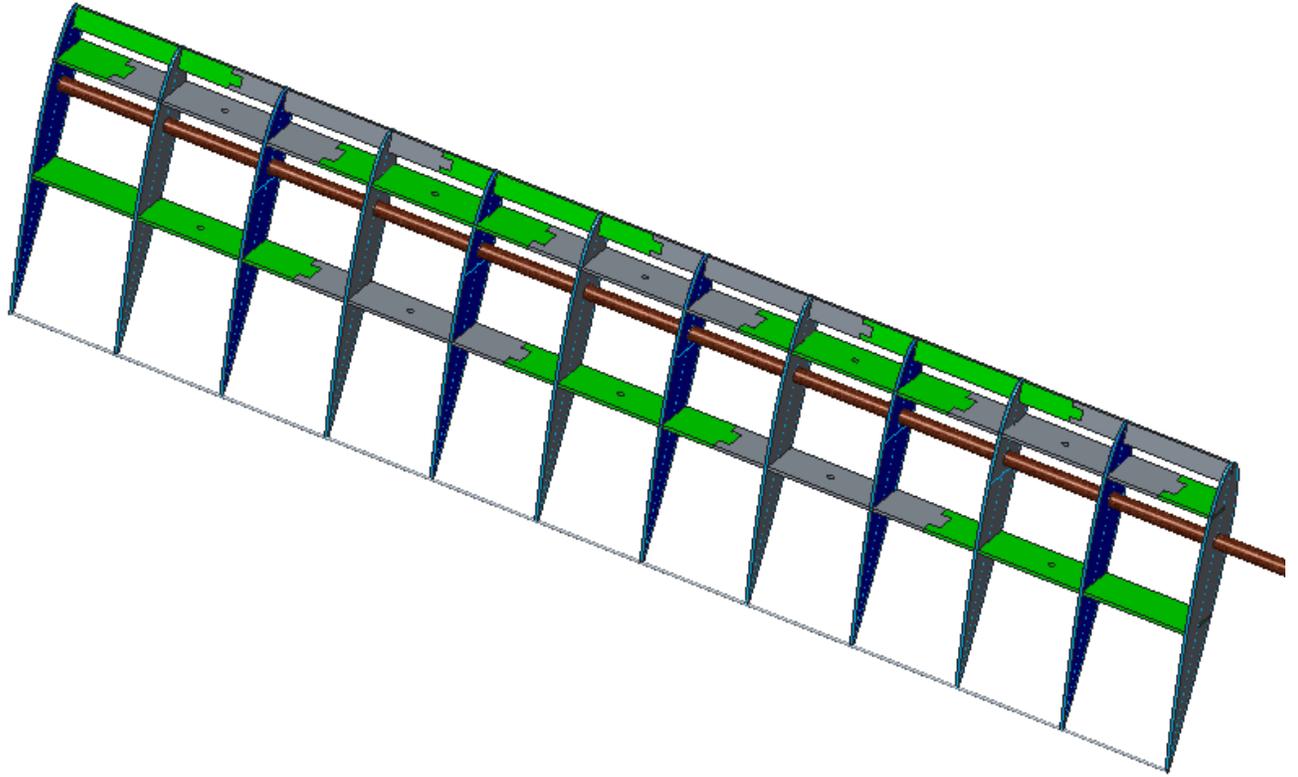


FIGURE 14: Détails de la structure

Tous les fichiers 2D générés vont être soumis à un pré-traitement dans le logiciel **Adobe Photoshop** pour obtenir les bonnes propriétés qui sont requises pour la découpe laser.



## Références

- [1] Airfoil tools. <http://airfoiltools.com/>. (Accessed on 07/09/2018).
- [2] Free student downloads — ptc. <https://www.ptc.com/en/academic-program/products/free-software>. (Accessed on 07/16/2018).
- [3] Les gouvernes d'un avion. <https://www.lavionnaire.fr/CelluleGouvernes.php>. (Accessed on 07/18/2018).
- [4] Mit airfoils notes. <http://web.mit.edu/16.unified/www/FALL/fluids/Lectures/f19.pdf>. (Accessed on 07/10/2018).
- [5] Naca 0018 profil. <http://airfoiltools.com/airfoil/details?airfoil=naca0018-il>. (Accessed on 07/09/2018).
- [6] Portance et écoulement de l'air autour d'une aile. <https://www.lavionnaire.fr/TheorieJohnDenker.php>. (Accessed on 07/10/2018).
- [7] Ptc. <https://www.ptc.com/en>. (Accessed on 07/16/2018).