



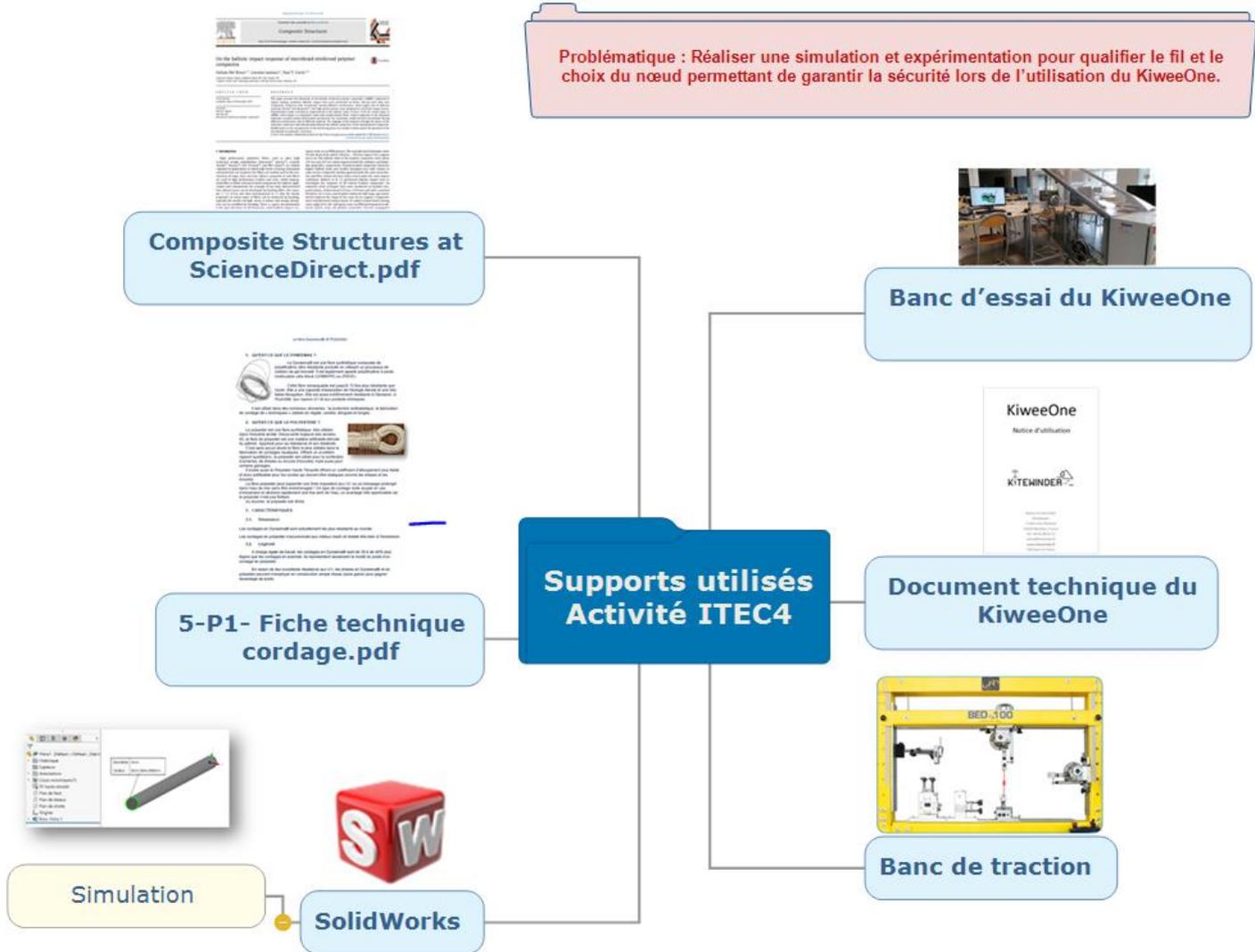
DOSSIER PEDAGOGIQUE

Activité ITEC4 - Qualification du fil (Tests de traction, Matériaux) et choix des différents nœuds d'attaches.

(Eléments de correction)



Problématique : Réaliser une simulation et expérimentation pour qualifier le fil et le choix du nœud permettant de garantir la sécurité lors de l'utilisation du KiweeOne.



Activité ITEC4 - Qualification du fil (Tests de traction, Matériaux) et choix des différents nœuds d'attaches.	Première spécialité STI2D
Descriptif de l'activité :	2 x 2h
Objectifs pédagogiques : A travers l'analyse du système réel et par une expérimentation, qualifier le fil.	
Problématique : Réaliser une simulation et expérimentation pour qualifier le fil et le choix du nœud permettant de garantir la sécurité lors de l'utilisation du KiweeOne.	
Résumé des activités : 1 ^{ère} Partie : Analyse du système réel, vérification de la sécurité lors de l'utilisation du KiweeOne. 2 ^{ème} Partie : Justification du choix du fil et du nœud choisi. 3 ^{ème} Partie : Simuler et expérimenter de la résistance du fil sous plusieurs tensions et valider le nœud en fonction de la résistance à la traction sur les différents fils d'attaches.	
Matériel Nécessaire : <ul style="list-style-type: none">• Banc d'essai du KiweeOne• Poste informatique• Document technique du KiweeOne• Banc de traction• Fils d'attaches avec différents nœuds	Environnement logiciel : <ul style="list-style-type: none">• Module de simulation 3D afin de mettre en évidence la résistance du fil• Tableur (excel)
Connaissances associées : <ul style="list-style-type: none">• CO2.2. Évaluer la compétitivité d'un produit d'un point de vue technique et économique• CO5.2. Identifier et justifier un problème technique à partir de l'analyse globale d'un produit (approche matière – énergie – information)• CO6.2. Identifier et régler des variables et des paramètres internes et externes utiles à une simulation mobilisant une modélisation multiphysique• CO6.3. Évaluer un écart entre le comportement du réel et les résultats fournis par le modèle en fonction des paramètres proposés, conclure sur la validité du modèle• CO6.4. Choisir pour une fonction donnée, un modèle de comportement à partir d'observations ou de mesures faites sur le produit• CO7.1. Réaliser et valider un prototype ou une maquette obtenue en réponse à tout ou partie du cahier des charges initial.• CO7.2. Mettre en œuvre un scénario de validation devant intégrer un protocole d'essais, de mesures et/ou d'observations sur le prototype ou la maquette, interpréter les résultats et qualifier le produit.	Compétences développées : <ul style="list-style-type: none">• 1.3.1. Paramètres de la compétitivité• 2.2.3. Typologie des assemblages• 3.1. Modélisation et simulation• 3.1.2 Paramétrage d'un modèle• 3.2.4 Post-traitement et analyse des résultats• 3.2.2. Concept d'équilibre• 3.2.3. Concept de résistance• 4.2.2. Choix des matériaux• 5.2.3. Transmetteur de mouvements• 6.2. Expérimentations et essais

1^{ère} Partie : Analyse du système réel, vérification de la sécurité lors de l'utilisation du KiweeOne.

L'étude s'appuie sur le support *KiweeOne* (Figure 1) de la société *KITEWINDER*, une petite éolienne aéroportée permettant de produire localement de l'énergie électrique à hauteur de 100W, en allant chercher les vents constants jusqu'à 120 mètres d'altitude.



Figure 1 : Photo du KiweeOne

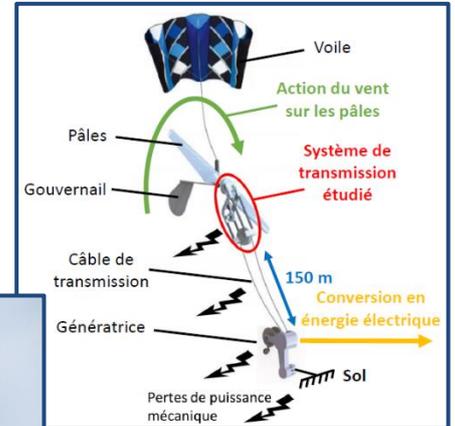


Figure 2 : Fonctionnement du KiweeOne

La lecture du dossier technique vous donnera plus d'informations sur le fonctionnement de l'éolienne aéroportée.

1.1. Présentation du KiweeOne

Le *KiweeOne* présente différents groupes de composants répondant à des exigences fonctionnelles spécifique. Dans cette étude, nous nous intéressons à la transmission de puissance et aux rendements associés. En particulier on se limitera à l'étude de la transmission mécanique entre l'axe de l'hélice et l'axe du câble de transmission de puissance jusqu'au sol (Figure 2). Une étude de l'environnement du *KiweeOne* est nécessaire pour définir les exigences associées à sa conception technique (Figure 3).

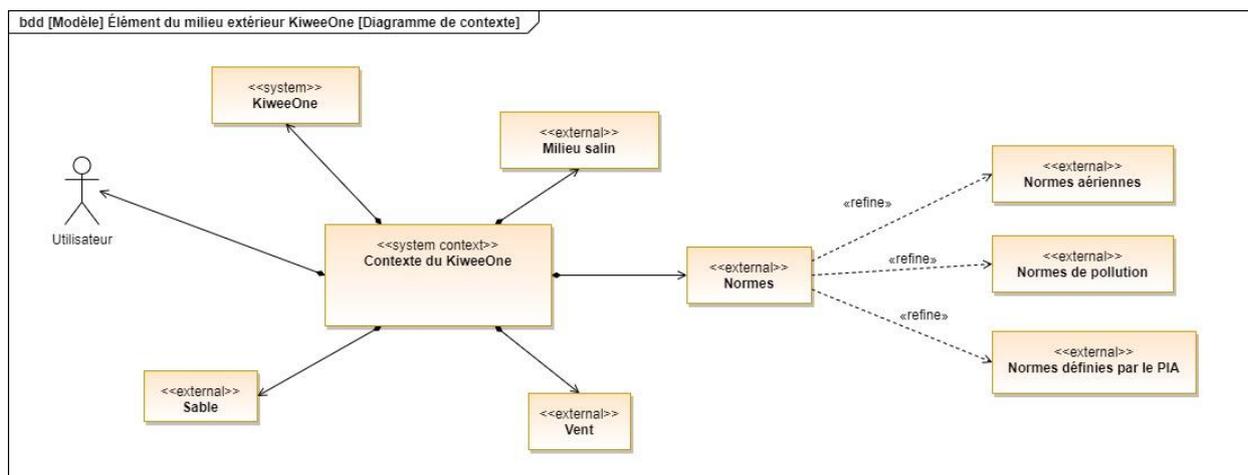


Figure 3 : Diagramme de contexte

Visionner les vidéos suivantes en amont de l'activité :

- . « **Dyneema® SK78 – Reducing the risk of rope breakage.mp4** » (2min10s)
- . « **Epissure Simple Tresse Dyneema Evo Sailing.mp4** » (8min)
- . « **Ino-Rope - Le Dyneema et les Nœuds.mp4** » (1min 06s)

Le document ressource est proposé :

- « **Composite Structures at ScienceDirect.pdf** » - « **Activité ITEC4 - Fiche technique cordage.pdf** »
- « **Notice Utilisation KiweeOne (04.2021).pdf** »

La problématique que nous souhaitons analyser ici et la sécurité lors de l'utilisation du KiweeOne.

Question 1 : Quels sont les éléments à prendre en compte lors de l'utilisation de la grande courroie.

Le fil de la grande courroie peut s'abîmer au fur et à mesure de l'utilisation du KiweeOne à cause de frottements éventuels sur les bandes de roulement. Les premières traces d'usure devraient se voir au niveau du nœud de la boucle. Si le nœud paraît abîmé il peut être préférable de le couper et de le refaire

Question 2 : En parcourant la notice « **Notice Utilisation KiweeOne (04.2021).pdf** », identifier le type de nœud utilisé pour réaliser la grande courroie.

7.1 Grande courroie

Le fil de la grande courroie peut s'abîmer au fur et à mesure de l'utilisation du KiweeOne à cause de frottements éventuels sur les bandes de roulement. Les premières traces d'usure devraient se voir au niveau du nœud de la boucle. Si le nœud paraît abîmé il peut être préférable de le couper et de le refaire. Il s'agit d'un nœud de pêcheur (ce type de nœud n'est pas valable pour une courroie type « Dyneema »). Lorsque tout le fil est trop abîmé, remplacez le par une grande courroie neuve.

C'est le nœud du pêcheur.



Question 3 : Comment est garantie la sécurité lorsque la grande courroie du KiweeOne cède sous l'effet de l'usure et des efforts de traction qu'elle subit.

Un fil de sécurité de 100 mètres relie le sol au cerf-volant. Il est le même que celui utilisé pour la grande courroie mais ne subit pas les frottements qu'encaisse la grande courroie.

La ligne de sécurité est associée à la suspenste du cerf-volant par un nœud de « vache plein poing ».

Question 4 : En parcourant la notice « **Notice Utilisation KiweeOne (04.2021).pdf** », Vérifier que le nœud utilisé est bien celui cité ci-dessus et caractériser les contraintes mécaniques que va subir ce cordage.

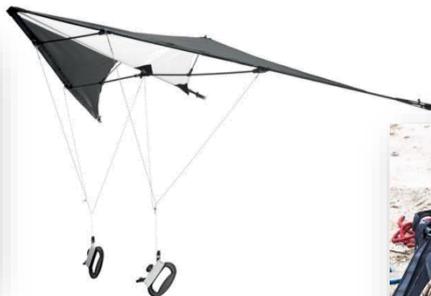
En faisant des recherches, le nœud utilisé est bien celui de la « vache plein poing » associé avec la suspenste du cerf-volant : nœuds d'alouette.

Avec un vent de 20 km.h⁻¹, le cerf-volant tirera avec une force équivalente à 4kg sur le support. Avec un vent de 90 km.h⁻¹, cette force sera équivalente à 20 kg. Le support d'attache doit au moins faire 40 kg.



2^{ème} Partie : Justification du choix du fil et du nœud choisi.

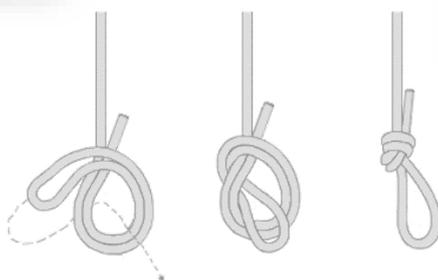
Identification de quelques nœuds standards utilisé en navigation (marin), en vol (aérien) ou en escalade (terrestre).



Nœud de vache plein poing

Facile à exécuter, à mémoriser et résiste à 65%

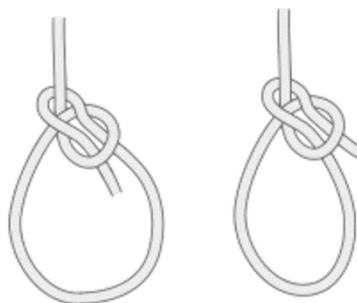
Difficile à défaire



Nœud de chaise

Facile à faire, se défait facilement et solide

Effectuer ensuite un nœud d'arrêt pour une sécurité améliorée



Nœud Double Ajut en Huit

Facile à retenir

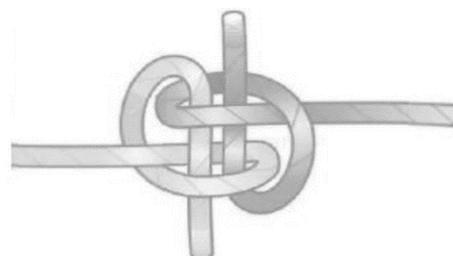
Pas d'inconvénient



Nœud de Zeppelin

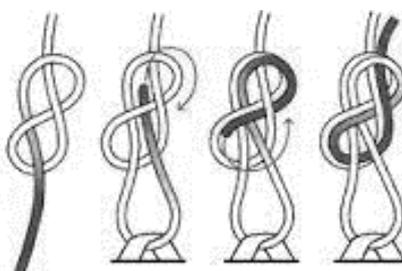
Nœud sûr et résistant, facile à défaire et se défait facilement

Difficile à mémoriser



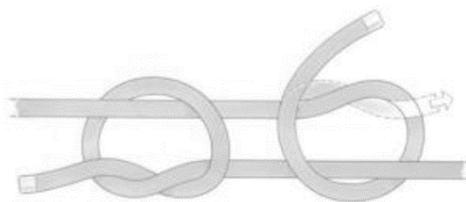
Nœud huit tressé

Premier nœud à être enseigné aux débutants.



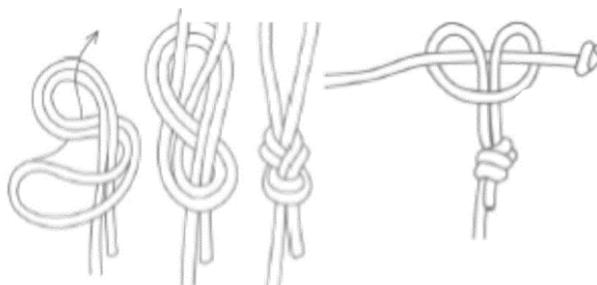
Nœud pêcheur double

Nœud sûr et résistant, difficile à défaire.



Nœud d'alouette

Nœud sûr et résistant, facile à défaire.



Question 5 : Les nœuds de pêcheur double et d'alouette ont été choisi pour la grande courroie et la ligne de vie.

Justifier ce choix en donnant une explication pour chacun des nœuds présentés. Les nœuds peuvent être vus sur le banc d'essai du KiweeOne.

. **Nœud de vache plein poing**

Le nœud est résistant mais une fois réalisé, il passe difficilement dans la génératrice et la poulie haute.

. **Nœud de chaise**

Il est facile à réaliser mais se défait facilement.

. **Nœud Double Ajut en Huit**

C'est un nœud qui aurait pu être choisi.

. **Nœud de Zeppelin**

Il est difficile à réaliser et se défait facilement.

. **Nœud huit tressé**

Le nœud est résistant mais une fois réalisé, il passe difficilement dans la génératrice et la poulie haute.

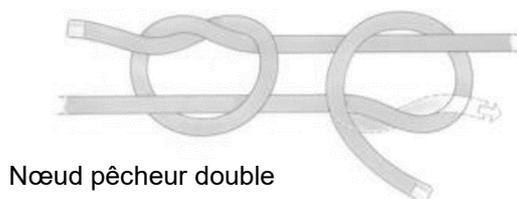
. **Nœud pêcheur double**

Le nœud est facile à réaliser et difficile à défaire ce qui lui permet de correspondre à la grande courroie.

. **Nœud d'alouette**

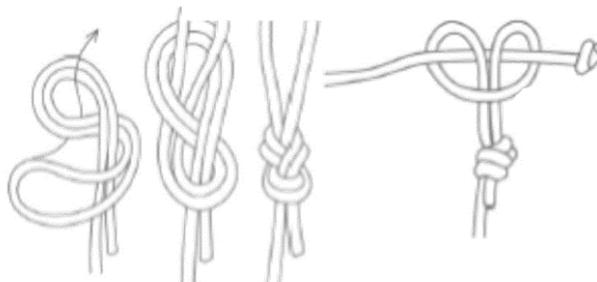
Le nœud est facile à réaliser et à défaire ce qui lui permet de correspondre à la fixation temporaire entre la ligne de sécurité et la suspente du cerf-volant.

Question 6 : Réaliser les 2 derniers nœuds proposés afin de réaliser un test de résistance à la traction.

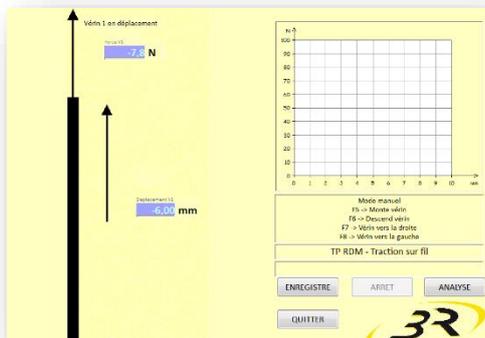


Nœud pêcheur double

Nœud d'alouette



3^{ème} Partie : Simuler et expérimenter de la résistance du fil sous plusieurs tensions et valider le nœud en fonction de la résistance à la traction sur le fil.



Dans cette première partie, nous allons réaliser une expérimentation sur le banc d'essai 3R (en version test en traction). Nous choisissons le nœud pêcheur pour l'attache aux 2 extrémités. (Positionnement du fil rouge ci-dessus)

Question 7 : Réaliser des tests de résistance des différents nœuds afin de valider les choix du constructeur. Relever les résultats de résistance pour chaque test. (Charge acceptée avant rupture du nœud). Conclure.

Pour réaliser les tests, Lancer le Logiciel QuantX

À partir du répertoire 3R /Produits (raccourci vers Template) /Théorie des poutres

Lancer le fichier « Traction sur fil.3R_Produit »

Descendre le vérin au plus bas avec la touche « F6 » + bouton « marche » du boîtier



Fixer le fil aux 2 extrémités avec le double nœud « pêcheur » et réaliser le nœud à tester à mi-hauteur

Mettre en tension le fil avec la touche « F5 » + bouton « marche » du boîtier, jusqu'à l'allumage du voyant orange

Sélectionner le bouton « ENREGISTRE » (ou PARAMÈTRES)

Entrer les paramètres d'essai :

Type de référence d'éprouvette : **Automatique (aa-mm-jj hh-mm)**

Asservissement en : **Déplacement** (la couleur du texte doit changer)

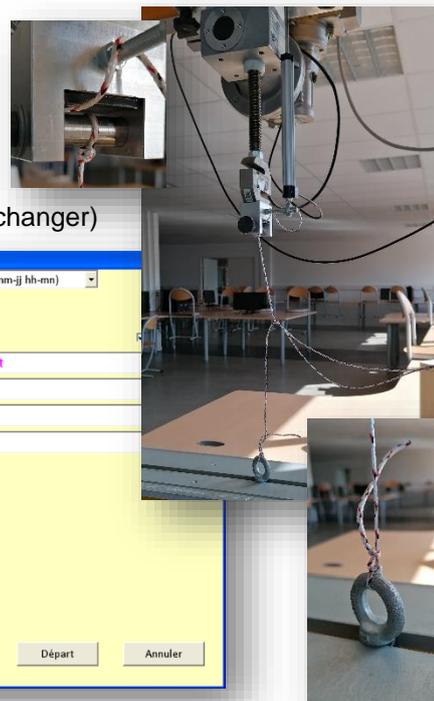
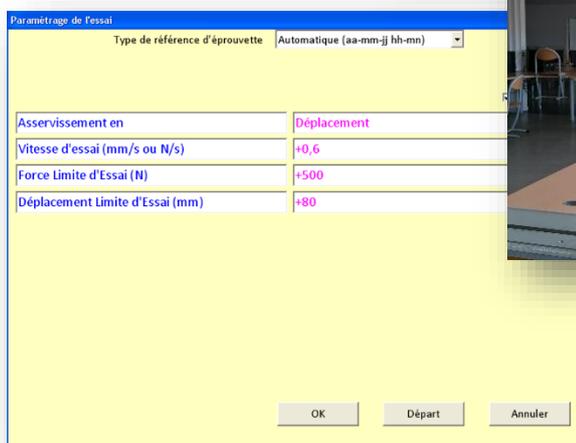
Vitesse d'essai (mm/s ou N/s) : **+0,6**

Force Limite d'Essai (N) : **+500**

Déplacement Limite d'Essai (mm) : **+80**

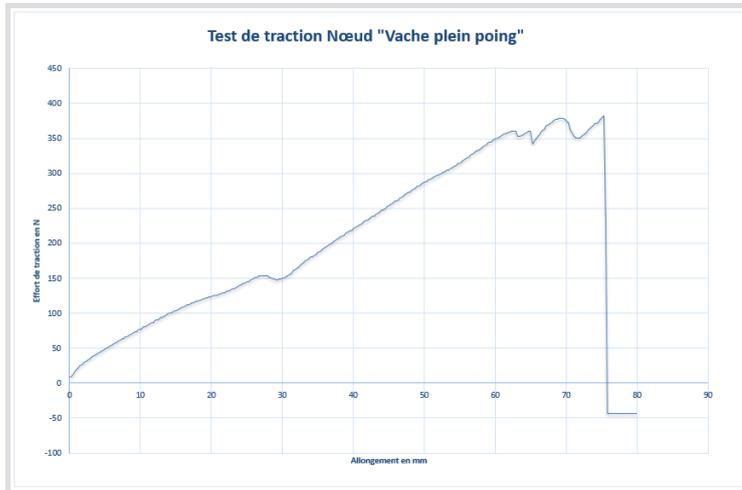
Appuyer sur le bouton « départ »

Appuyer sur le bouton « marche » du boîtier

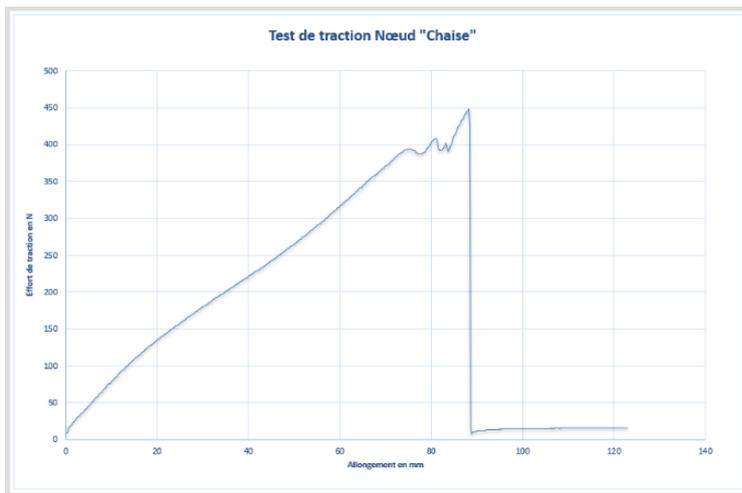


Résultats des tests :

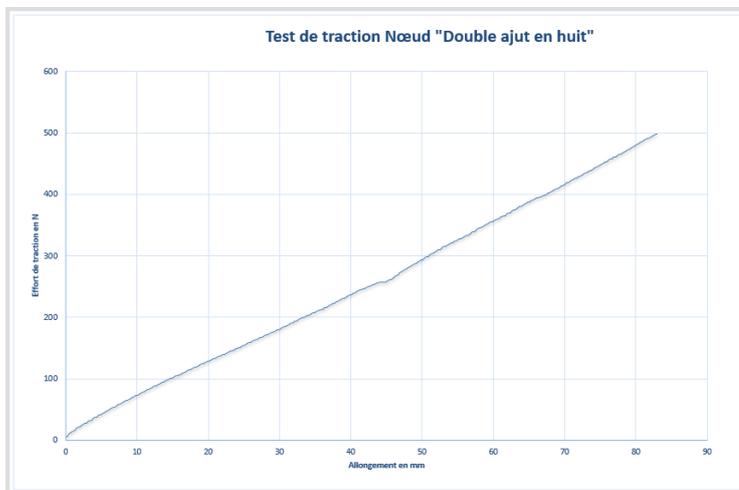
Test 1 - Nœud « Vache plein poing » - Rupture du fil après glissement à 382,2 N

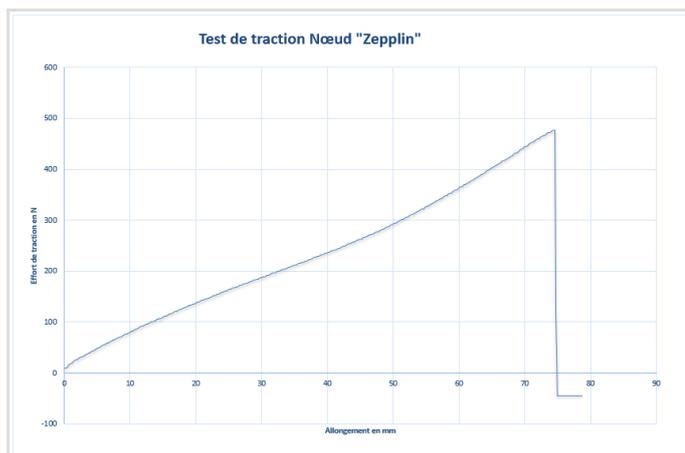
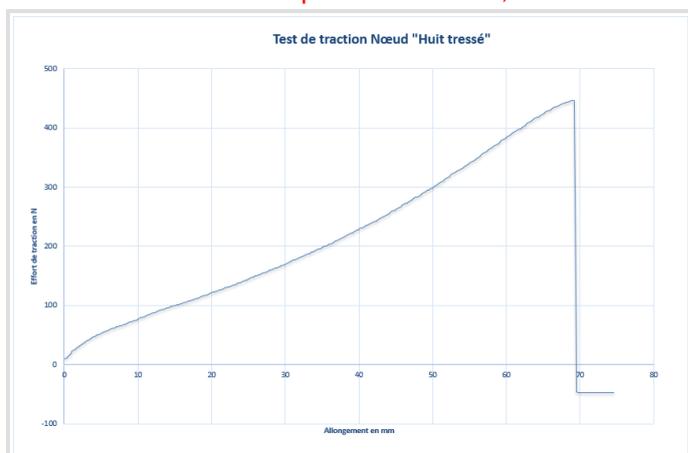
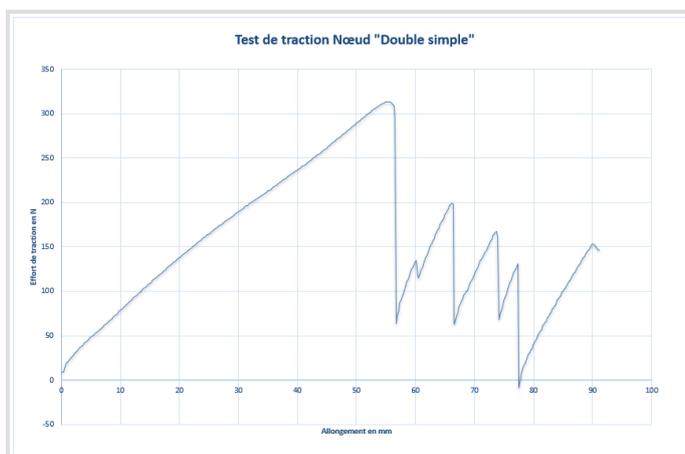


Test 2 - Nœud « Chaise » - Rupture du fil après glissement à 447,4 N.



Test 3 - Nœud « Double ajut en huit » - Rupture du fil à 500 N juste après l'arrêt de l'essai.



Test 4 - Nœud « Zeppelin » - Rupture du fil à 476 N**Test 5 - Nœud « Huit tressé » - Rupture du fil à 445,8 N****Test 6 - Nœud « double nœud simple » - Glissement du fil dès 313,5 N**

Les nœuds « Vache plein poing », « Chaise » et « double nœud simple » ont **glissé** avant rupture du nœud.

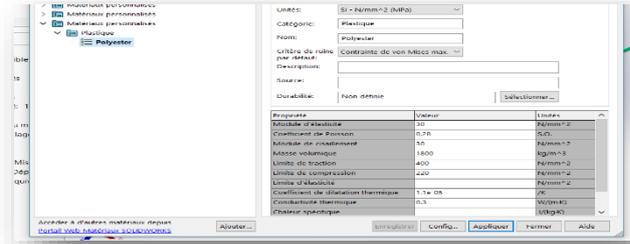
Les nœuds « Double ajut en huit », « Zeppelin » et « Huit tressé » ont résisté avant la rupture du fil.

La rupture du fil se situe autour de 450 N, sous une charge de près de 46 kg, bien supérieur à la valeur attendue de 20 kg.

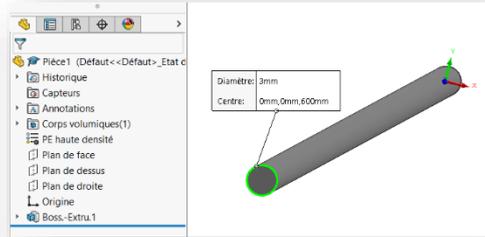
Les nœuds de fixation aux extrémités « Pêcheur double » ont résisté dans toutes les situations.

Dans cette deuxième partie, nous allons réaliser une simulation de traction pour vérifier la résistance du fil à la traction sur le modèleur SolidWorks.

Le **Polyester « PE »** est choisi pour réaliser la simulation. Il est celui qui présente des caractéristiques similaires à celui du cordage utilisé.

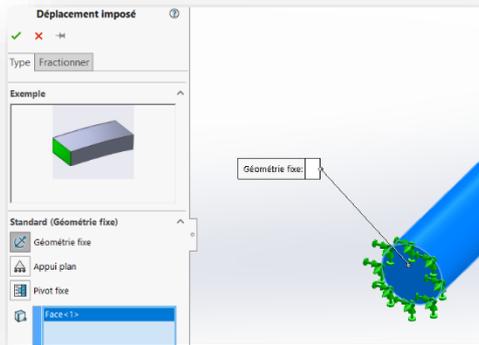
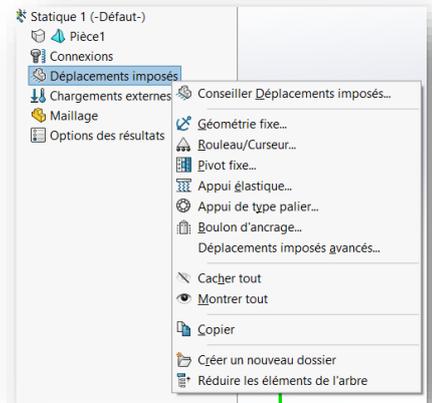


Question 8 : Réaliser une éprouvette (fil cylindrique) de diamètre 3 mm et de longueur 600 mm, permettant de modéliser le fil. Puis, attribuer le matériau ci-dessus.

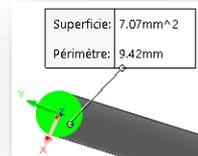


Question 9 : Dans l'onglet « Simulation » choisir une nouvelle étude en statique.

Choisir une géométrie fixe pour fixer l'une des 2 extrémités.



Question 10 : Pour réaliser la simulation, il faut déterminer la section soumise à l'effort.



Question 11 : Relever la valeur limite du matériau en traction.

La valeur limite de traction pour le PE est de $400 \cdot 10^6 \text{ N.m}^{-2}$.

Question 12 : Déterminer la charge maximale que peut subir le fil en traction.

$400\,000\,000 \text{ N.m}^{-2}$ soit une limite fixée pour une surface de $9,42 \text{ mm}^2$:

Expression de la surface en m^2 : $9,42 / 1\,000^2 = 9,42 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$

Soit : $400\,000\,000 \cdot 9,42 \cdot 10^{-6} = 3\,768 \text{ N}$

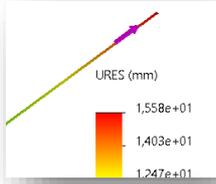
Question 13 : Comparer ce résultat avec la donnée limite fixée par le constructeur.

Le constructeur fixe une limite à 20 kg pour un vent de 90 km.h^{-1} . Soit : charge = $3\,768 / 9,81 = 384 \text{ kg}$

Nous allons appliquer une charge : $\frac{384 - 20}{384} = 38\,400 \%$ supérieur à la donnée fixée par le constructeur.

Le coefficient de sécurité pris dans cette situation est très important.

Question 14 : Quel que soit la valeur trouvée, **appliquer** une charge de 196 N sur la poutre de 3 mm (charge estimée par le constructeur « 20 kg »). **Relever** l'allongement maximal. **Conclure** sur la grande courroie soumise à un vent de 90 km.h⁻¹.



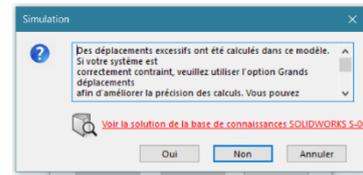
L'allongement est de 96,64 mm pour 600 mm de fil. La grande courroie va s'allonger de :

$\frac{140\,000}{600} \cdot 96,64 = 3\,635\text{ mm}$, soit près de 4 m. Il est fortement conseillé de ne pas utiliser le KiweeOne sous un vent de 90 km.h⁻¹, à la limite de résistance du fil.

Nous allons vérifier le comportement du fil soumis à des efforts progressifs jusqu'à rupture.

Question 15 : **Compléter** le tableau suivant en réalisant les simulations correspondantes.

Lorsque le déplacement est excessif (rupture du fil), la fenêtre suivante apparaît. **Sélectionner** « non ».



Charge en traction (N)	0	20	40	60	80	100	120	140	160	180	196	200	220	240
Contrainte (10 ⁶ N.m ⁻²)	0	3,3	6,7	10	13,3	16,6	20	23,3	26,6	29,9	32,6	33,3	Rupture	-
Allongement (mm)	0	1,6	3,2	4,8	6,4	7,9	9,5	11,1	12,7	14,3	15,58	15,9	Trop important	-

Question 16 : **Réaliser** un graphique permettant d'analyser vos résultats. **Comparer** l'allure de ce graphique avec ceux proposés dans le document « 5-P1- Fiche technique cordage.pdf ».

L'allure de ces courbes correspond à l'allure de celles proposées en fin de fiche technique. Nous observons que la contrainte comme l'allongement est linéaire avant rupture.

