



windEXT

Advanced maintenance, lifetime extension and repowering of wind farms supported by advanced digital tools

Newsletter Edition 4, décembre 2021

Nature du projet

Lancé en janvier 2020, **WindEXT** est un projet ambitieux financé par l'Europe. L'objectif du projet est de développer et de standardiser des formations spécialisées intégrant des outils numériques comme la Réalité Virtuelle ou des visites vidéo 360° en complément aux méthodes théoriques classiques. En outre, le projet est une intégration avancée de partenaires de profils et d'expériences différents pour faciliter l'échange de connaissances entre les universités, les centres de formation professionnelle et les entreprises privées, dans un modèle qui est maintenant appliqué par différents pays pour faciliter l'employabilité des étudiants à la fin de leurs études.

L'objectif de cette approche est de réduire le LCOE des parcs éoliens en exploitation, existants ou nouveaux, en augmentant la qualité des services O&M tout en prolongeant la durée de vie des actifs et améliorant les conditions HSE de travail du personnel de maintenance. La durée du projet est de trois ans et se terminera donc en décembre 2022.

Après presque deux ans depuis le démarrage en janvier 2020, le projet a permis de développer un parcours de formation sur la base d'une plateforme MOODLE intégrant tous les contenus ainsi que les différents outils numériques ci-dessous présentés. L'intention du consortium est de promouvoir l'utilisation soit du cours dans son ensemble, soit de certains modules ou outils indépendants, servant toujours de base pratique à l'enseignement théorique.

Le projet **WindEXT** est financé dans le cadre du [programme ERASMUS+](#) de l'Union européenne.

Situation du projet

Après 2 années de projet, nous avons terminé les premiers développements et résultats. Le planning du projet **WindEXT** est donc respecté et les tests pilotes pourront commencer au printemps

2023. Lorsque ceux-ci seront menés à bien, les résultats de notre projet **WindEXT** seront présentés au public qui pourra dès lors l'exploiter activement. D'ici là, sur notre page d'accueil, nous présenterons notre structure de formation qui aura été développée avec les modules individuels.

Cependant, la pandémie de corona n'a pas épargné notre projet. Malheureusement, après notre premier TPM en janvier 2020, il ne nous a pas été possible d'organiser d'autres TPM avant octobre 2021. Cela n'a pas toujours été propice à la collaboration et à l'avancement du projet. Nous avons essayé de compenser cette situation par de nombreuses réunions en ligne, ce que nous avons réussi dans la plupart des cas, sans pouvoir éviter de prendre du retard à certains moments.

De plus, nous avons remarqué qu'un projet avec 11 partenaires n'est pas facile à gérer et que certains partenaires ont plus ou moins diminué leur implication. Cependant, nous avons également pu clarifier cela au cours des derniers mois et redistribuer le travail et le budget correspondants.

Nous sommes confiants quant à la dernière année de notre projet **WindEXT** et optimistes sur la capacité à le mener à terme avec succès conformément aux résultats attendus.

L'avancement du projet

Comme déjà décrit dans la troisième newsletter, nous résumerons l'ensemble de la formation développée sur la plateforme Moodle et la rendrons disponible à la fin du projet. La formation est divisée en 3 domaines : **WindSiM**, **WindLaB** et **WindViR**.

Dans la zone **WindSiM**, différents scénarios peuvent être joués dans un logiciel de simulation 3D.

Dans l'espace **WindLaB**, les étudiants découvrent les bases et la conception d'une éolienne. En particulier, la conception des éoliennes est expliquée à l'aide de MATLAB Simulink®.

WindViR, les étudiants découvrent les différents domaines de la maintenance (préventive, corrective et prédictive) des éoliennes et l'analyse des arbres de défaillances. La théorie est intégrée dans des photos d'éoliennes à 360°.



Picture 1: structure de notre cours **WindEXT**

La simulation s'exécute sur l'Oculus Quest 2. Nous avons maintenant terminé 5 scénarios d'entraînement, qui peuvent être consultés sur notre page d'accueil www.windext.com et sur notre chaîne YouTube® WindEXT. Les 5 scénarios d'entraînement sont:

- Maintenance et remplacement d'un motoréducteur de l'orientation de la nacelle. (en haut à gauche)
- Arrêt rapide de l'essieu et lubrification des plaquettes de frein
- Évacuation depuis l'ascenseur de service (en bas à droite)
- Fonctionnement de la clé dynamométrique hydraulique (en haut à droite)
- Remplacement de fusible (en bas à gauche)

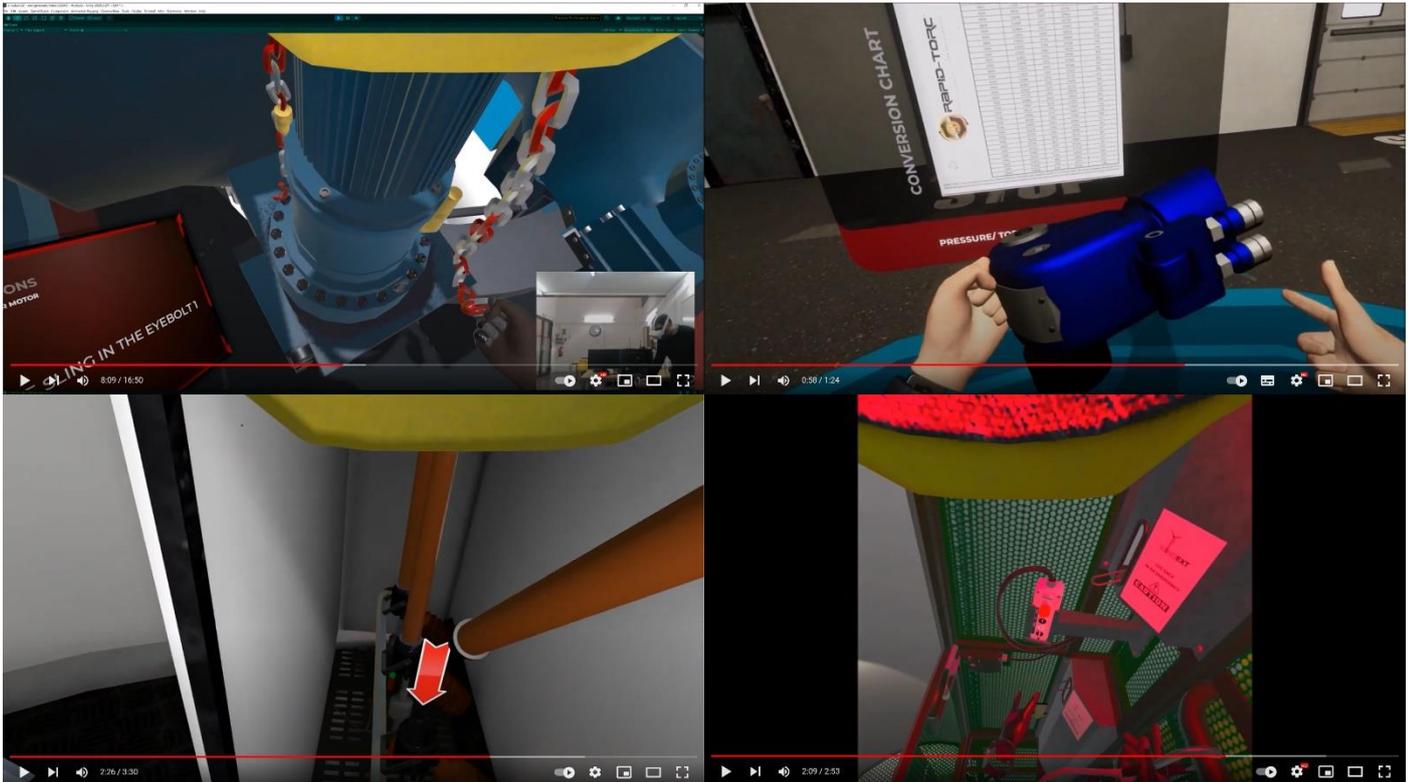


Image 2 : Simulation de différents scénarios d'entraînement à l'aide d'Oculus Quest

Cette partie du projet a été achevée dans son développement et nous attendons maintenant les retours des tests pilotes afin d'améliorer et d'optimiser les scénarios individuels en conséquence.

Notre objectif est que la simulation soit disponible en téléchargement sur l'Oculus Store à la fin du projet.

Laboratoire **WindEXT** **WindLaB**

WindLaB se compose de deux parties : la description technologique des composants de l'éolienne et le logiciel d'implantation et de simulation. Ces deux parties sont intégrées dans une formation intitulée « Introduction à la technologie éolienne » et seront hébergées sur la plateforme pédagogique Moodle.

La première partie « description technologique des composants et de l'implantation de l'éolienne » est divisée en sept sections ;

- Introduction aux composants de l'éolienne
- Conception d'un rotor d'éolienne
- Analyse de charge d'une éolienne
- Exploitation et contrôle d'une éolienne

- Disposition des composants d'un parc éolien et critères de conception
- Analyse de la fiabilité, des pannes, des pannes et de l'arbre de pannes
- Modèles contractuels

Le but de ces sections est de familiariser les participants aux différents aspects et défis technologiques liés à l'éolienne. Le cours vise à répondre aux principales questions auxquelles les personnes vont être confrontées lorsqu'elles débiteront dans le domaine de l'exploitation et de la maintenance des éoliennes.

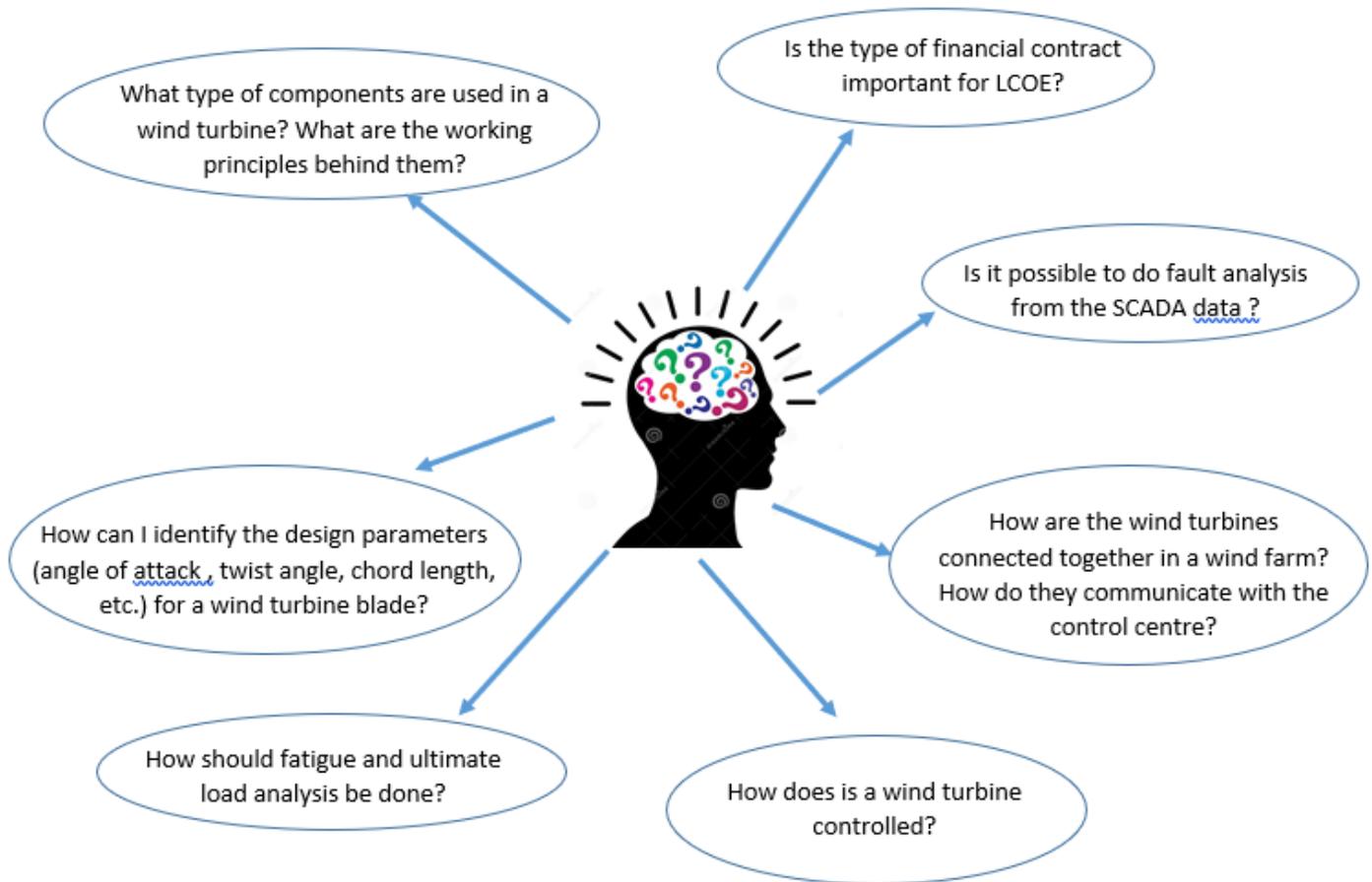


Image 3 : idées de base de WExLaB

La deuxième partie de WExLaB est complémentaire à la première partie et se compose du logiciel de simulation. Ce logiciel intègre le code source OpenFAST avec une application MATLAB autonome en tant qu'interface utilisateur graphique. Le logiciel se compose de quatre parties:

- Analyse au niveau du système
- Analyse modale
- Analyse de charge
- Exploitation et contrôle de l'éolienne

Analyse au niveau du système

Dans l'analyse au niveau du système, sur la base de la puissance nominale de l'éolienne, le logiciel calcule la courbe de puissance, le CAPEX, le coût OPEX et le LCOE pour une éolienne. De plus, la longueur de lame optimale pour le LCOE le plus bas est également calculée. L'interface utilisateur graphique du logiciel d'analyse au niveau du système est illustrée dans la figure suivante.

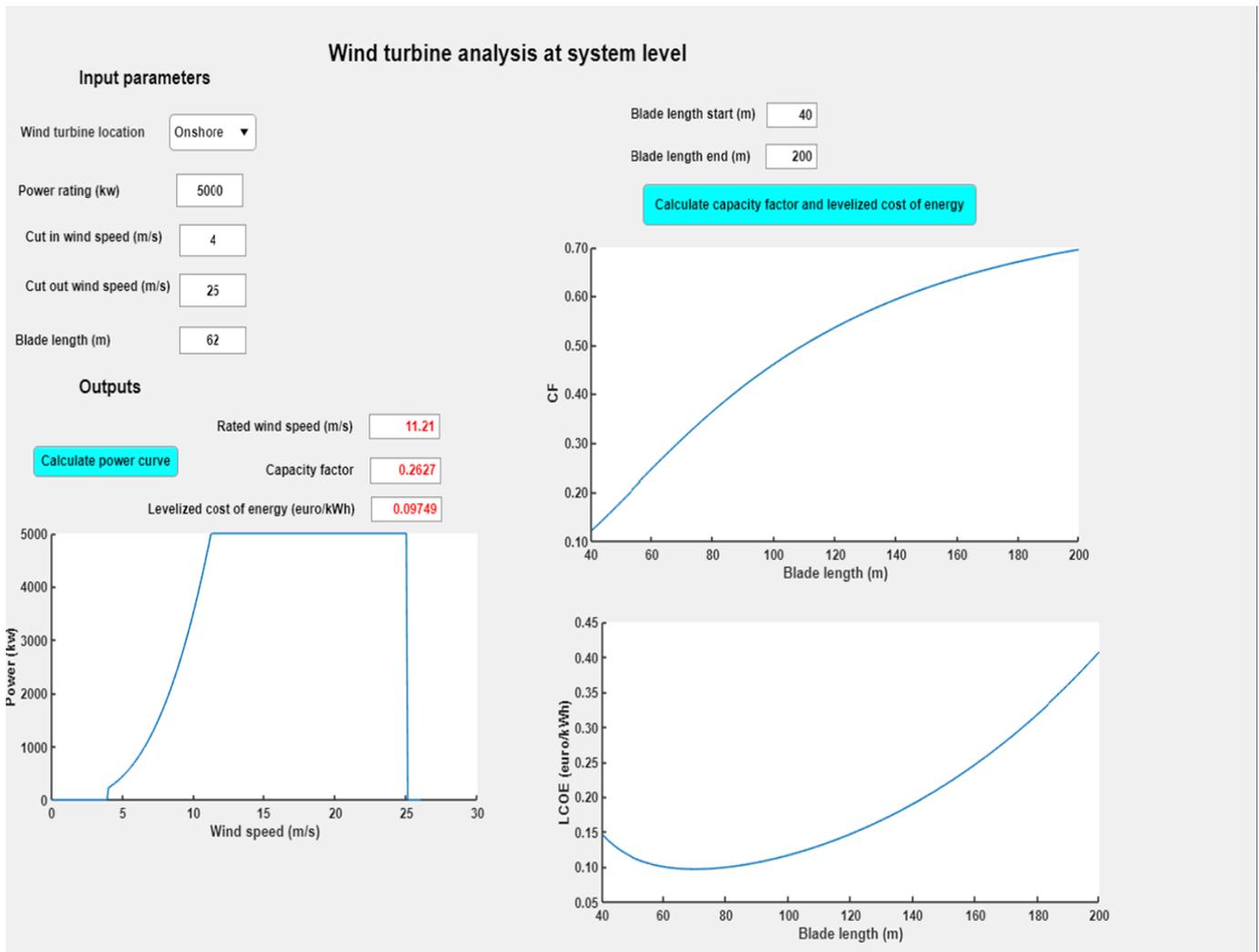


Image 4 : logiciel d'analyse au niveau du système

Analyse modale

L'un des aspects difficiles d'une éolienne par rapport à de nombreuses autres structures provient des charges cycliques que subit l'éolienne, en raison de la rotation de la pale, en plus des charges statiques et stochastiques imposées par le vent turbulent. Si ces charges cycliques ont la même fréquence que les fréquences naturelles de la pale ou de la tour, cela peut entraîner la défaillance de la structure de l'éolienne. L'analyse modale en tant qu'outil pour étudier ce problème est donc une partie importante de la conception d'une éolienne. Ceci est critique dans les charges de fatigue de la turbine qui seront utilisées pour déterminer le DEL (Damage Equivalent Load) des différents composants/matériaux et cela affectera l'arbre de défaillance évalué dans d'autres sections de cours de formation.

Le logiciel d'analyse modale a d'abord calculé les fréquences naturelles de la pale et de la tour, puis un diagramme de Campbell est tracé pour évaluer si les fréquences de chargement cyclique coïncident avec les fréquences naturelles de la pale ou de la tour dans la plage de fonctionnement de l'éolienne. L'interface utilisateur graphique du logiciel d'analyse modale est illustrée dans la figure suivante.

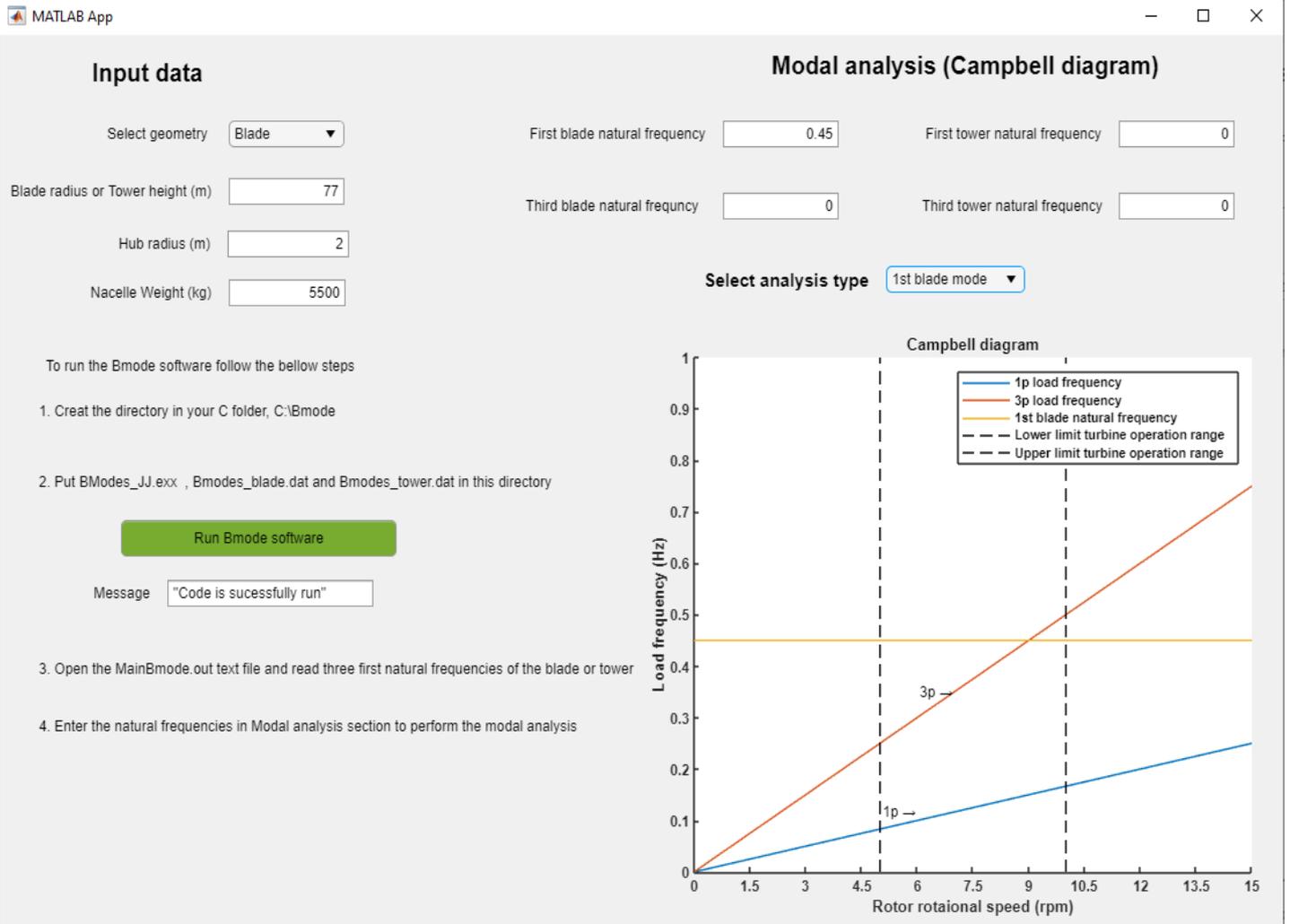


Image 5: logiciel d'analyse modal

Analyse de charge

Calculer la charge sur chaque pale et comprendre les différents paramètres de l'éolienne qui peuvent modifier la charge sur la pale ou la tour est le but principal de cette partie de simulation de logiciel. Dans cette partie du logiciel, en plus de la charge sur chaque lame, les performances de la lame ou C_p - λ peuvent être calculées. Cette partie du logiciel est encore en construction.

Fonctionnement et contrôle de l'éolienne

Cette partie de la suite logicielle montre comment l'éolienne est contrôlée sur toute sa plage opérationnelle de vitesse du vent. Le couple de pale et l'angle de pas de pale peuvent être calculés pendant le fonctionnement de l'éolienne. Cette partie du logiciel est encore en construction.

WindViR de réalité virtuelle WindEXT

La zone WindViR se compose de deux parties: les stratégies de maintenance et l'analyse de l'arbre de défaillance. Dans le domaine des stratégies de maintenance, les étudiants apprennent les différentes approches des stratégies de maintenance. Cela comprend la maintenance préventive, corrective et prédictive. Il existe du matériel pédagogique théorique pour ces parties, disponible sur la plateforme Moodle. De plus, il existe des visites virtuelles à travers une éolienne avec des images à 360°. Ceux-ci contiennent les plans de maintenance afin que les étudiants puissent voir sur l'objet réel quelles tâches doivent être effectuées et à quel endroit, voir les figures ci-dessous. Enfin, il y aura des questionnaires sur les théories de maintenance individuelles sur la plateforme Moodle, à l'aide desquels les étudiants pourront apprendre la théorie.

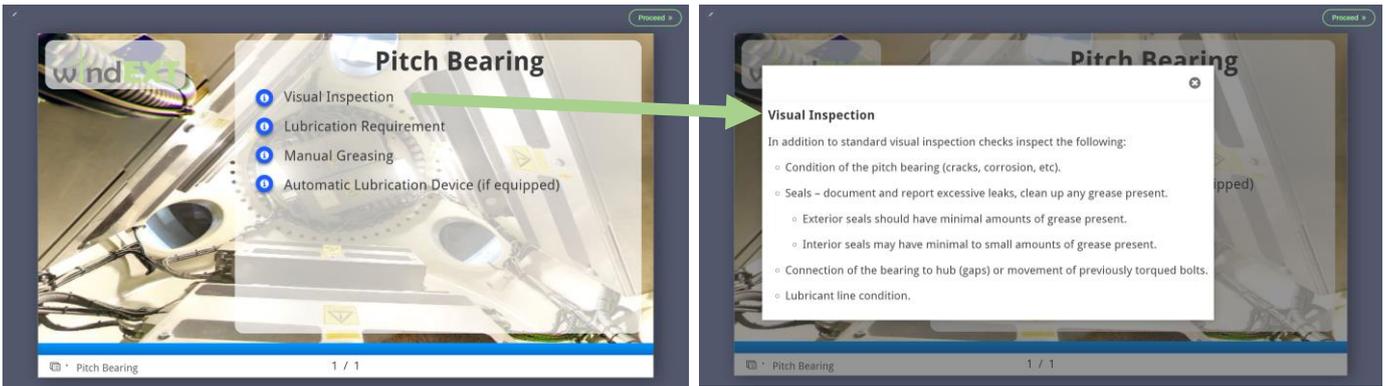


Image 6 : exemple de tâche de maintenance préventive sur Pitch Bearing.

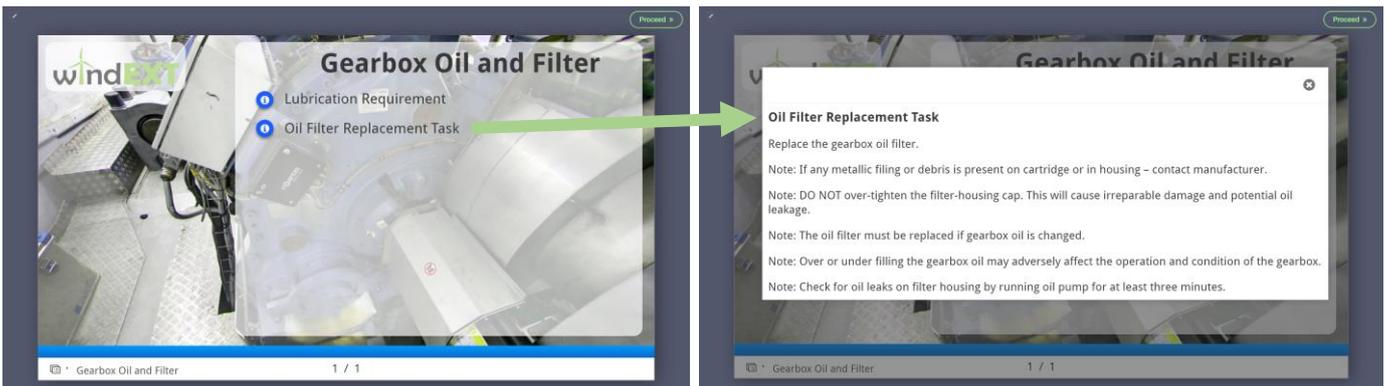


Image 7 : exemple de tâche de maintenance préventive sur Gearbox.

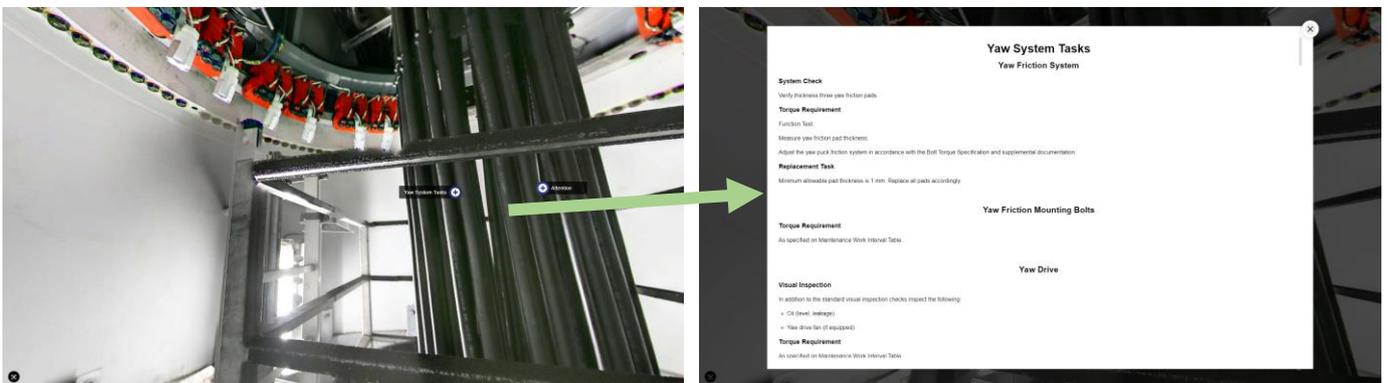


Image 8 : exemple de tâche de maintenance préventive via l'outil de déplacement.

Dans le domaine de l'analyse de l'arbre de défaillance, l'accent est mis sur la boîte de vitesses. Tous les défauts possibles ont été analysés et répertoriés. Les défauts correspondants à chaque situation individuelle sont référencés par numéro comme indiqué dans les tableaux ci-dessous, de sorte à créer un arbre de défaut complet. À l'aide de cet arbre de défaillances, les étudiants peuvent maintenant apprendre comment apparaissent les défauts individuels dans la boîte de vitesses d'une éolienne. Le matériel d'apprentissage doit également montrer quand et comment réagir correctement aux défauts respectifs.

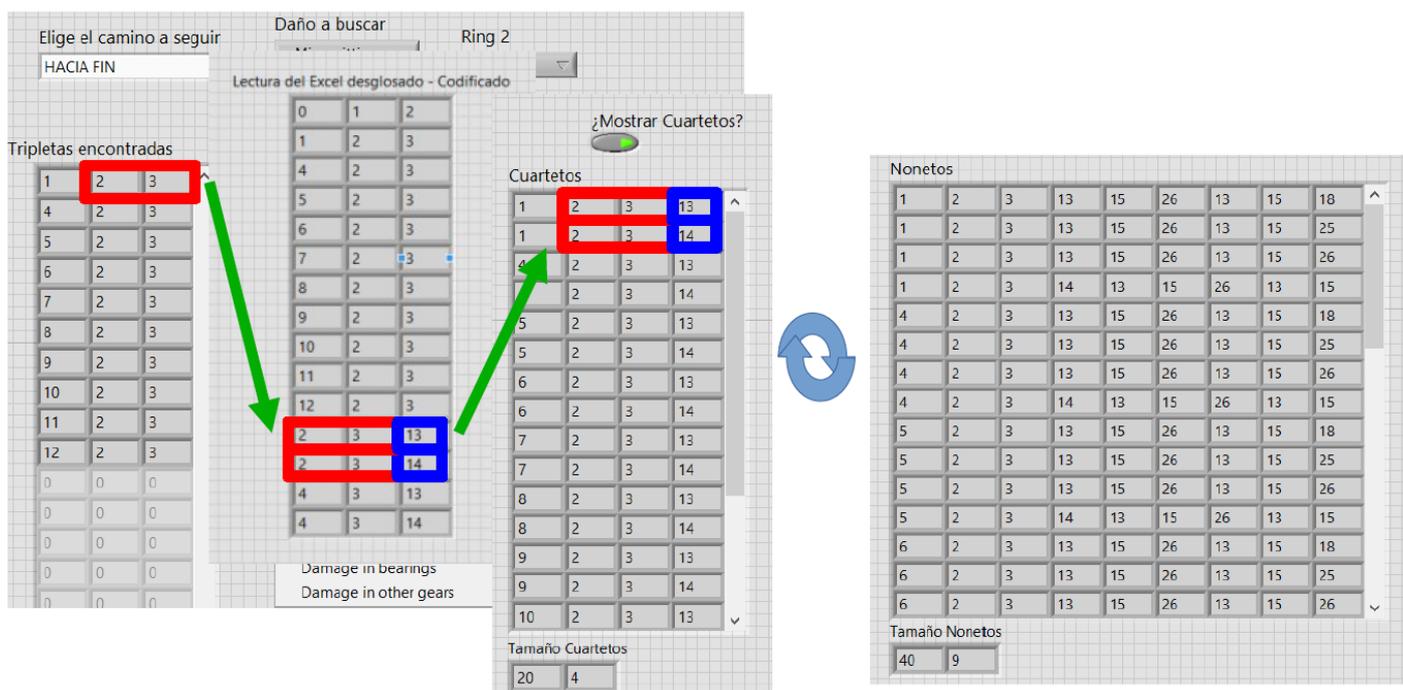


Image 9 : analyse de l'arbre de défaillance

Essais pilotes

Avant la publication de la cinquième newsletter, des Essais pilotes seront organisés pour présenter les principales réalisations du projet et obtenir des retours des participants sur l'utilité et les améliorations potentielles des différents résultats. Le premier Essai Pilote sera organisé par TESICNOR à Pampelune et outre la présentation des différents contenus du projet, notamment ceux liés à la maintenance préventive et corrective, les différents outils seront vérifiés avec l'utilisation de matériel spécifique. Ce premier pilote servira de référence aux trois autres qui seront organisés avant la fin du projet.

Réunions de projet

Troisième réunion, 7 et 8 octobre 2021, Chypre

Après avoir levé les restrictions de voyage en raison de la pandémie de corona, nous avons enfin pu effectuer à nouveau notre troisième TPM en présence. C'est pourquoi nous nous sommes rencontrés les 7 et 8 octobre à Chypre à l'Université de Chypre à Nicosie. Les partenaires du projet qui n'ont pas pu se rendre à Chypre ont toutefois pu participer en ligne. La réunion a permis de souligner l'avancement du projet.

Notre plate-forme Moodle développée, qui est censée combiner tous les contenus de formation développés, est terminée. Les premières vidéos 3D d'éoliennes de notre WP3 ont été réalisées et la simulation a également été approfondie.

Une première simulation MATLAB du WP4 a été réalisée, à l'aide de laquelle une éolienne peut être conçue. Le programme peut être exécuté comme un programme indépendant. De nombreux documents sur les thèmes de la maintenance préventive, prédictive et corrective ont été créés dans le WP5. De plus, les premiers questionnaires



ont été créés sur la plateforme Moodle, auxquels il est possible de répondre après étude des documents. Des arbres de défaillances étendus ont été créés dans le WP6, qui représentent tous les développements possibles de dommages dans les boîtes de vitesses des éoliennes. L'étape suivante consiste à créer des programmes d'apprentissage correspondants.

De plus, toutes les questions administratives ont été discutées et ont demandé une coopération constante, même si ces sujets ne sont pas les plus passionnants. Dans l'ensemble, nous, en tant que consortium du projet, pouvons être satisfaits des progrès. Cela nous a également été confirmé dans le rapport à mi-parcours.

Diffusion et exploitation des résultats du projet

Sur le site Web du projet www.windext.com, tous les résultats seront publiés. Il sera également publié 6 newsletters au cours du projet. Si vous êtes intéressé par ces newsletters, vous pouvez vous inscrire dans notre base de données à info@windext.com pour recevoir automatiquement les newsletters.

Enfin, le projet a son propre canal Twitter. Suivez [@Wind_EXT](https://twitter.com/Wind_EXT) et vous serez informé de l'état actuel du projet.

Consortium de projet

Un consortium d'acteurs européens clés de l'industrie éolienne (associations d'entrepreneurs et sociétés de maintenance), des universités et des centres de formation professionnelle s'associent pour créer la formation de référence WindEXT.

La présence de l'UTEC/CEFOMER d'Uruguay est considérée comme fondamentale pour adapter le contenu à un autre scénario sociologique/juridique que les pays LATAM.

Project Leader:

Asociación Empresarial Eólica (AEE)



Projectpartner



Web: www.windext.com | E-Mail: info@windext.com | Twitter: [@Wind_EXT](https://twitter.com/Wind_EXT)