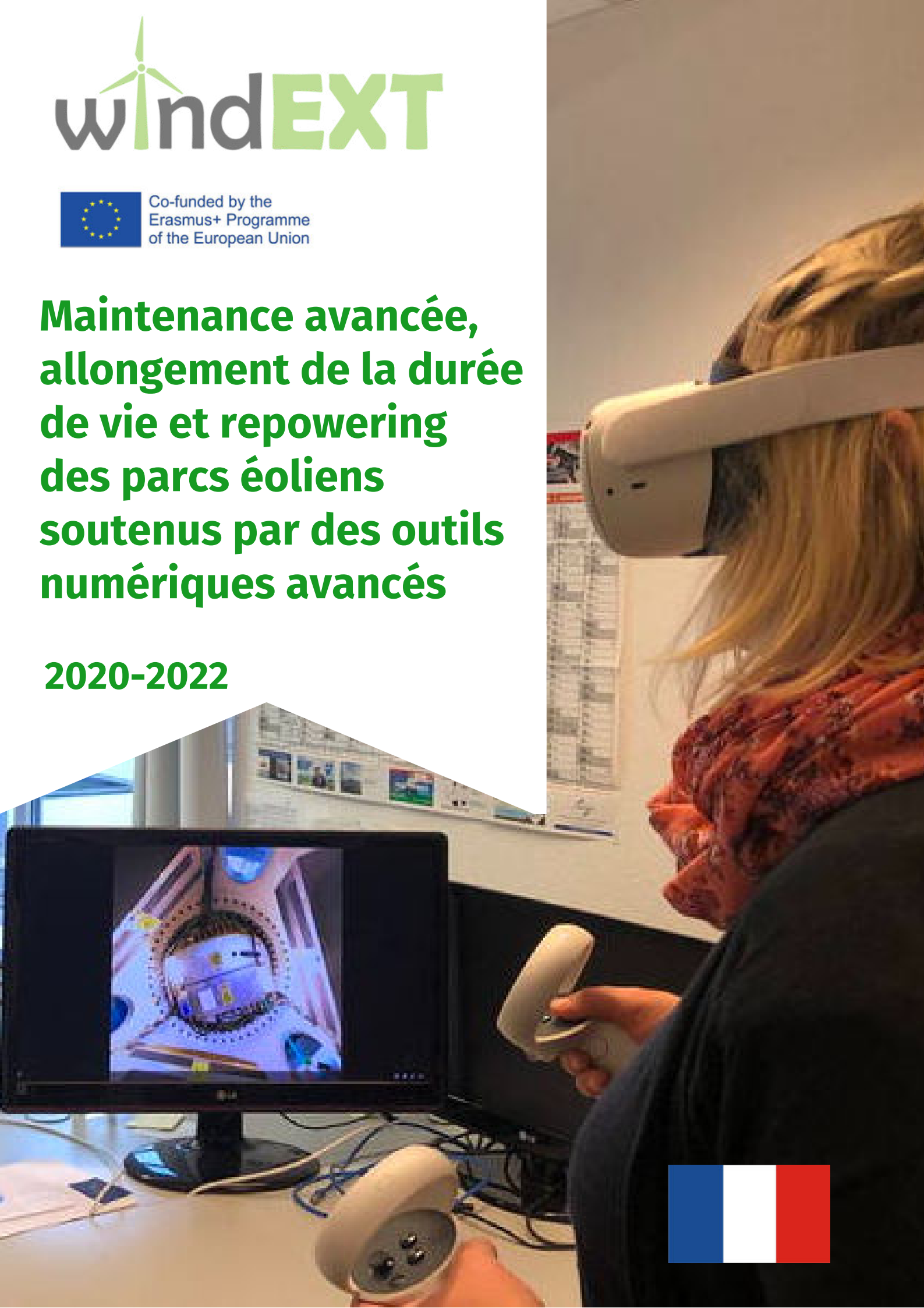
windEXT

Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

Maintenance avancée, allongement de la durée de vie et repowering des parcs éoliens soutenus par des outils numériques avancés

2020-2022



À PROPOS DE CE RAPPORT

Ce document a été développé dans le cadre du projet WINDEXT par Victoria Campos de l'AEE avec la collaboration de l'ensemble des partenaires.

Période du projet

2020-2023

Objectif

L'objectif du projet est de développer et standardiser des contenus spécifiques de formation spécialisée, intégrant les outils numériques comme la Réalité Virtuelle ou les visites vidéo 360º, pour la formation professionnelle à la maintenance des parcs éoliens en complément aux méthodes théoriques classiques.

En parallèle, il vise une collaboration entre universités, centres de formation professionnelle et entreprises privées pour sélectionner les outils pédagogiques les plus appropriés.

Intelectual outputs

Ils sont intégrés dans :
Windext.com
Plateforme WindEXT Moodle et outils numériques

Conclusions

Innovation
Formation professionnelle
Professionnel
Croissance de la connaissance

Project consortium

CONTENU

I. POBJECTIFS DU PROJET 04

II. LE PROJET 05

III. SORTIES INTELLECTUELLES: PLATEFORME WINDEXT MOODLE 07

IV. CONSORTIUM DU PROJET 08

V. PILOT TEST 12

VI. PROJECT CONCLUSIONS 13

Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

I. OBJECTIFS DU PROJET

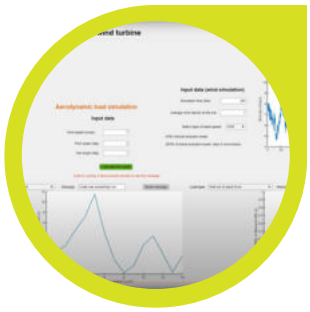
L'objectif principal du projet est de standardiser la formation sur la maintenance des parcs éoliens dans un scénario de demande croissante de travailleurs spécialisés ainsi que de changement des conditions du marché causé par:

- la réduction des coûts de production,
- l'allongement de la durée de vie des actifs (c'est le origine de l'acronyme **WINDEXT**, **WIND** farms life **EXT**ension) et la complexité des activités offshore.

Cette standardisation s'est appuyée sur l'expérience des partenaires dans l'élaboration de contenus et l'utilisation d'outils informatiques comme les simulateurs, les plateformes numériques et les formations en ligne, particulièrement importantes avant l'accès aux éoliennes. Les difficultés d'obtention d'éoliennes démontées pour la formation, car elles concurrencent l'approvisionnement en composants de rechange pour celles existantes en fonctionnement, et l'avancée progressive des nouveaux modèles, renforcent l'importance de développer de nouveaux outils numériques et simulateurs.

Par conséquent, les techniciens et les étudiants des centres de formation professionnelle qui constituent la population cible du projet, utiliseront des supports avancés et innovants grâce à la collaboration entre entreprises privées, universités et centres professionnels.
Le projet veut également favoriser la création de nouvelles entreprises et renforcer celles déjà présentes sur le marché.

En plus des points ci-dessus, il est également important de garder à l'esprit la mondialisation croissante du secteur éolien qui rend nécessaire la standardisation de la formation pour faciliter la mobilisation des travailleurs à travers le monde. En ce sens, l'utilisation d'un simulateur générique d'éoliennes facilitera la formation des dernières technologies adaptées une fois qu'elles commenceront à fonctionner dans des conditions réelles.



Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

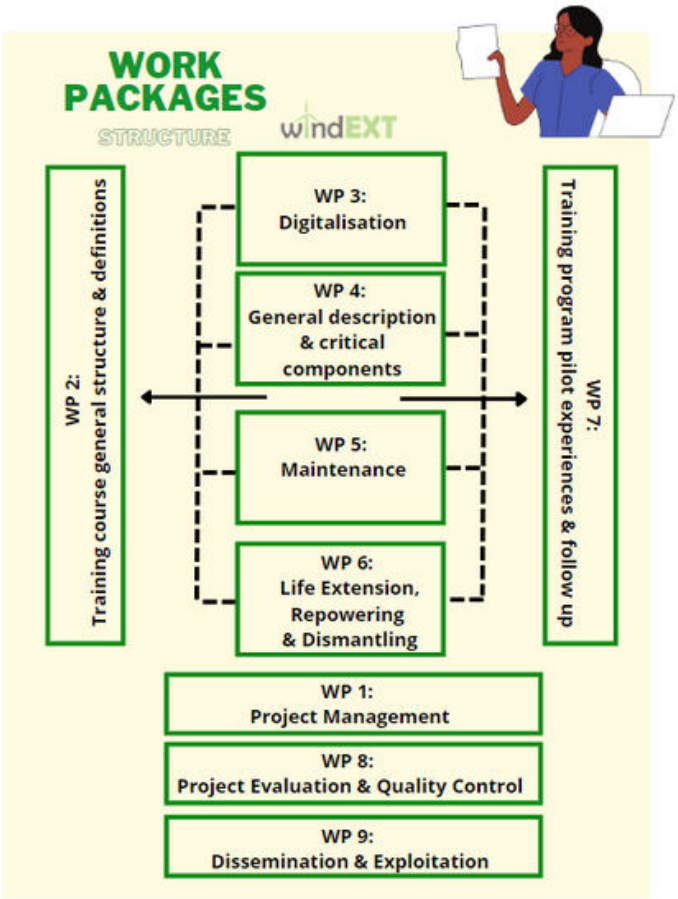
II. THE PROJECT

WINDEXT est organisé sous forme de formation avec une mise en page détaillée où seront intégrés les contenus et les différents outils numériques. La structure initiale est alors basée sur l'expérience des participants et s'adresse non seulement à la maintenance pure mais aussi aux problématiques contractuelles, métriques et HSE.

Le projet est **organisé en 9 lots**, 4 sont destinés à l'élaboration et à la numérisation des contenus, 2 pour fixer la structure du cours et la validation des acquis et les 3 autres à la gestion, la diffusion et le contrôle qualité.

Le contenu et les résultats du projet sont **très concrets**. Ils sont liés aux :

- Types de défauts et arbres de défaillance pour évaluer les causes profondes
- Typologies de maintenance et procédures
- Procédures d'allongement de vie des actifs
- Repowering, recyclage et réutilisation des composants et matériaux
- Santé, sécurité et environnement
- Principaux indicateurs utilisés dans le secteur
- Dispositions contractuelles typiques



Cette structure de la Plateforme MOODLE est organisée en trois modules de contenus avec un module supplémentaire pour la numérisation:

- **SECTION A:** Introduction à la technologie des éoliennes
- **SECTION B:** Maintenance
- **SECTION C:** Repowering et allongement de vie. Thématiques SSE
- **SECTION D:** Outils numériques

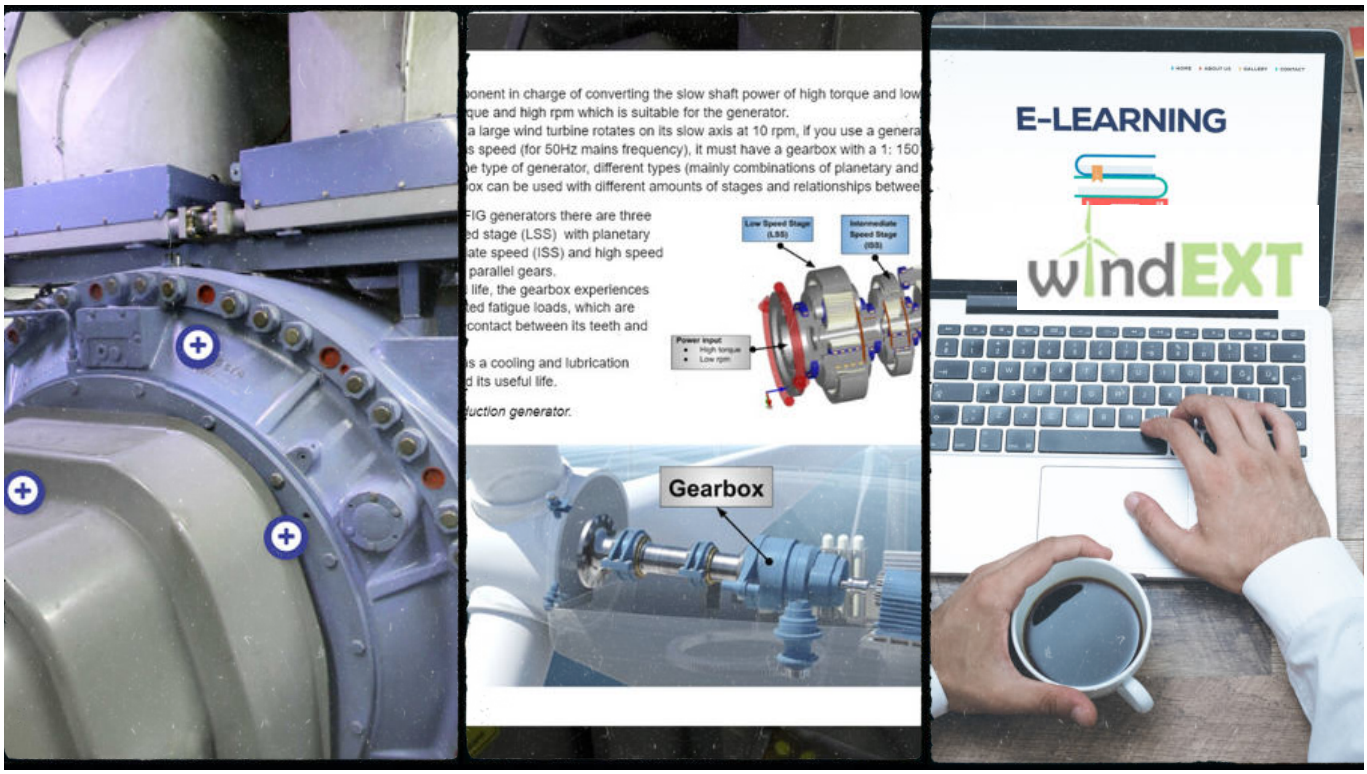
Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

windEXT

Les moyens de ce projet s'appuient sur l'expérience non seulement des partenaires mais aussi des centres de formation professionnelle où les essais pilotes ont été réalisés. La principale innovation du projet est liée au développement de simulateurs et d'outils numériques, initialement basés sur la Réalité Virtuelle mais qui seront étendus à d'autres instruments dans ce scénario avancé de e-learning, IOT et réalité augmentée.

Une partie des simulateurs a été développée par les Universités avec un double objectif : adapter le logiciel de haut niveau aux besoins de la formation professionnelle et progresser sur les causes profondes des principaux défauts des composants.

Complémentaires à l'utilisation des outils numériques, les contenus spécifiques et les informations complémentaires collectés et élaborés spécifiquement pour le projet ont également été bien accueillis en raison du manque de manuels et de guides à utiliser dans les centres de formation professionnelle.



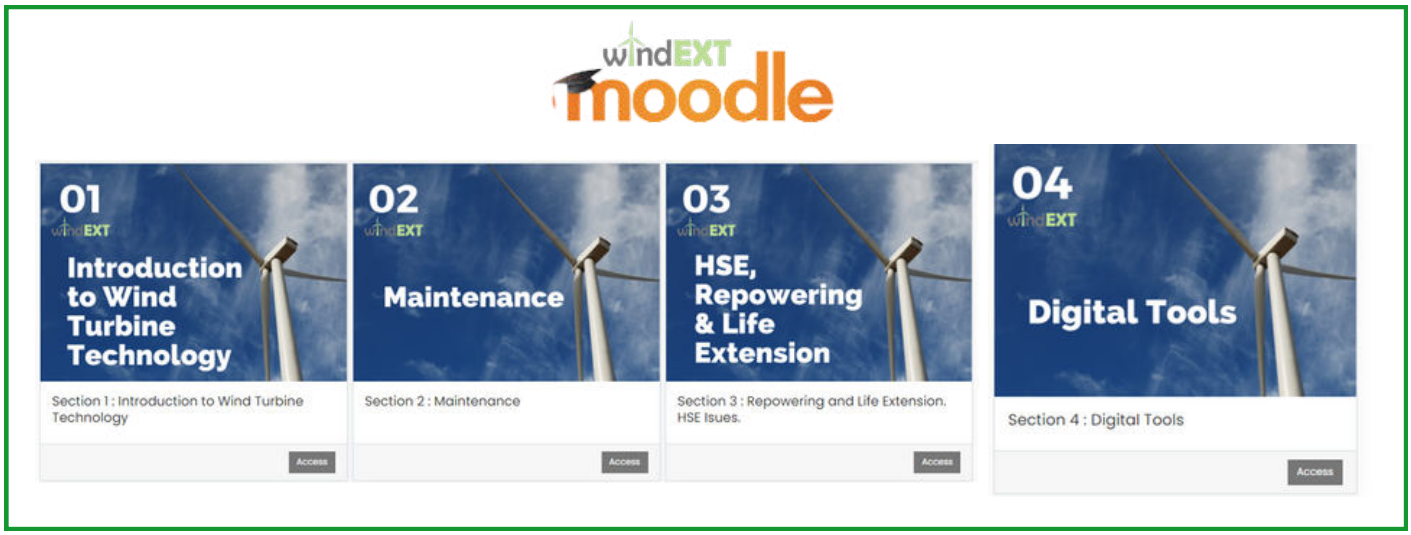
Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

III. LIVRABLES INTELLECTUELS: WINDEXT PLATEFORME MOODLE

Le projet a produit une formation type basée sur une plateforme MOODLE où tous les contenus sont intégrés ainsi que les différents outils numériques présentés ci-dessous. L'objectif 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 cours fournit le contenu de la formation sur la technologie des éoliennes (WTG), y compris les descriptions des différents composants d'un WTG et leur fonction. Il traite également de la maintenance des éoliennes et des parcs éoliens (WF) d'un point de vue général et spécifique, ainsi que des tâches principales pour prolonger la durée de vie ou repowering des installations WF.

La structure du cours **WINDEXT** est basée sur **quatre sections** chacune avec leurs différents modules :



Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

windEXT

I. SECTION 1: INTRODUCTION À LA TECHNOLOGIE ÉOLIENNE

Cette section donne un aperçu des différents composants d'une éolienne, de leur fonction et de la manière dont ils s'articulent en tant que machine de production d'énergie opérationnelle.

II. SECTION 2: MAINTENANCE

Dans cette section, les étudiants peuvent découvrir les différentes procédures de maintenance, les principales spécificités de la maintenance offshore ainsi que quelques concepts généraux sur les modèles contractuels et la gestion des actifs.

III. SECTION 3: RÉALIMENTATION ET EXTENSION DE VIE. ENJEUX SSE

Dans cette section sont présentés les principaux enjeux et critères de repowering des centrales vieillissantes, ainsi que les méthodologies et procédures de réutilisation et de recyclage des composants, un enjeu crucial dans l'application de l'économie circulaire au secteur éolien.

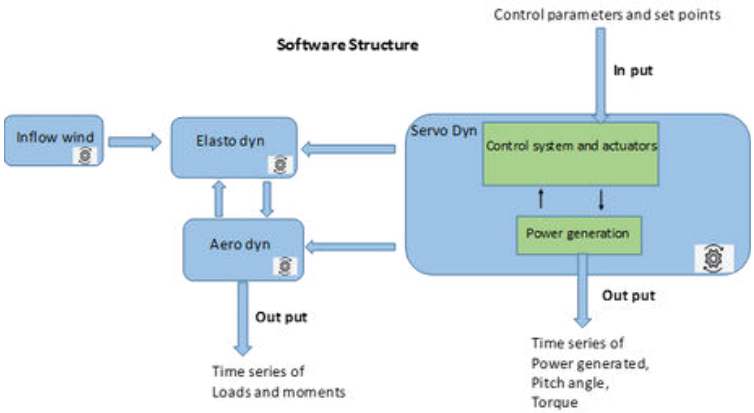
IV. SECTION 4: OUTILS NUMÉRIQUES

1

WExLaB

Ce logiciel intègre le code source OpenFAST avec une application MATLAB autonome en tant qu'interface utilisateur graphique. Il y a quatre parties de logiciel :

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

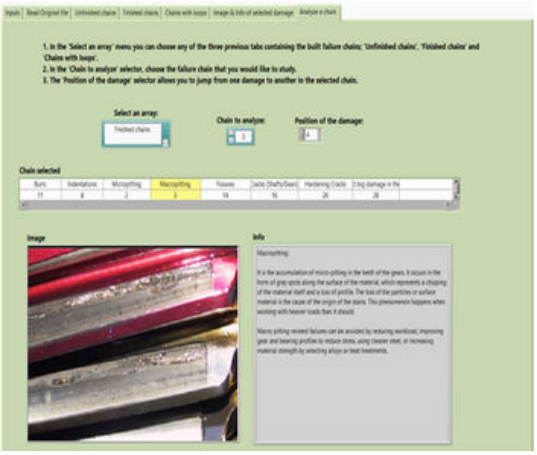


Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

windEXT

2

CaDWEx



CaDWEx (Cascade Damage Explorer) est un logiciel qui permet d'explorer les endommagements en chaîne d'un composant particulier dans le domaine de l'analyse en cascade de défaillances. A partir d'une évaluation d'experts, les défauts possibles de la boîte de vitesse (modes de défaillance) ont été analysés et répertoriés. Les défauts consécutifs ont été définis pour chaque défaut pris individuellement, de sorte qu'une cascade de pannes complète a été créée. À l'aide de cette cascade de défaillances, les étudiants peuvent désormais en savoir plus sur les défauts et sur la manière dont les défauts individuels se développent dans la boîte de vitesses d'une éolienne au fil du temps.

3

Grâce à **WExViR**,, les concepts théoriques des sections peuvent être mieux assimilés au travers de contenus interactifs permettant une approche plus conviviale que les supports écrits traditionnels. WExViR utilise le logiciel H5P comme un outil guidé interactif. Des visites virtuelles ont également été développées grâce des images à 360° d'une éolienne.

WExViR

360° Move around tool

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

windEXT

4

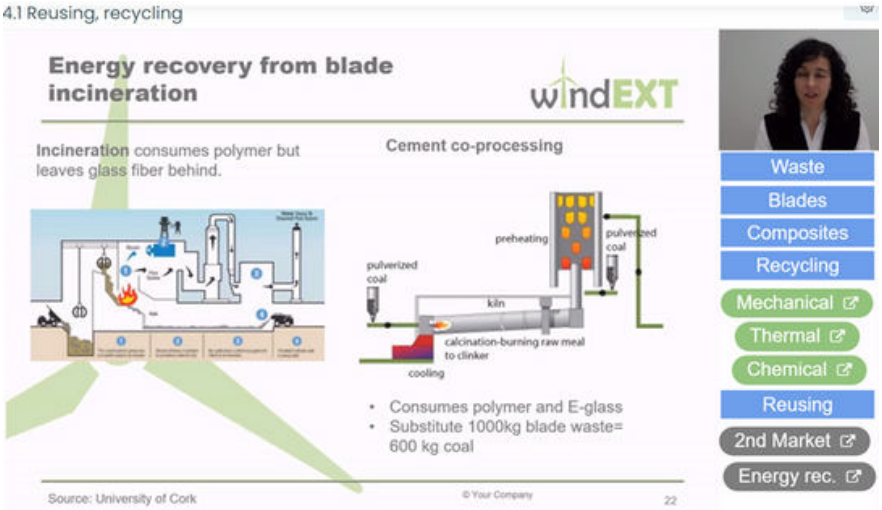
WExSiM

La simulation s'exécute sur l'Oculus Quest 2. Il existe 5 procédures de formation, qui peuvent être consultées sur notre page Web www.winddext.com et sur notre chaîne YouTube® WindEXT. Les 5 scénarios de formation sont :

- Entretien et remplacement d'un motoréducteur de lacet
- Blocage de l'arbre rapide
- Évacuation de l'ascenseur de service
- Fonctionnement de la clé dynamométrique hydraulique
- Remplacement du fusible de l'armoire haute tension

5

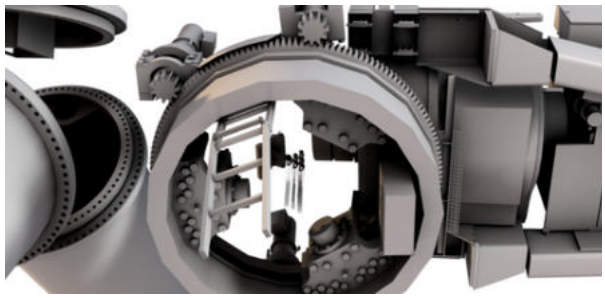
Dans la section 3, les contenus sont présentés à travers différentes vidéos de formation avec la fonction spéciale d'interactivité. Le développement a été fait avec la collaboration de différents éducateurs et enseignants.



6

SIMULWIND

WindEXT a développé une nouvelle version de SimulWind qui permet au logiciel d'être utilisé dans jusqu'à quatre Googles VR, Vive PRO, Vive Pro 2, Oculus Rift et Oculus Quest 2. Cela permet à 13 centres de formation professionnelle en Espagne d'utiliser désormais SimulWind comme outil de formation.



Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

V. CONSORTIUM DU PROJET

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

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

Co-funded by the Erasmus+ Programme of the European Union

VI. ESSAIS PILOTE

SPAIN
TESICNOR - AEE

PORTUGAL
INESTEC - AEE

HOLLAND
TUDELFT - AEE

GERMANY
RSC - AEE

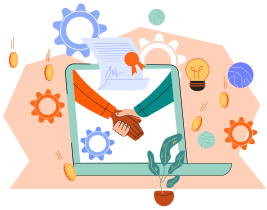
+ 8 EXTRA

PLUS DE 100 PERSONNES : ÉTUDIANTS, ENSEIGNANTS, ENTREPRISES PUBLIQUES & PRIVÉES...

UCLM WINDTALENT WINDEUROPE LEÓN SEVILLA LLEIDA VALENCIA MADRID

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

VII. CONCLUSIONS DU PROJET



L'expérience acquise au cours du projet a permis de tirer plusieurs conclusions :

- L'importance et l'intérêt de créer des liens entre l'université et les centres professionnels, pas toujours simples. Les premiers ont du mal à baisser le niveau du contenu et pour les seconds, il n'est pas aisé de comprendre le fond théorique pour expliquer les défaillances et leurs causes profondes.
- Les difficultés de coordination des équipes avec différentes approches professionnelles et différentes façons d'aborder les tâches prévues du projet.
- Cependant, travailler avec des entités aussi diverses a été vraiment motivant et a permis un apprentissage mutuel entre les participants. En fait, la pandémie COVID a eu une influence positive car elle a permis d'avoir un contact plus continu à travers les réunions à distance.
- L'importance des outils numériques pour aborder le réseau de maintenance éolien, complexe du fait de la multitude de technologies impliquées et de la nécessité de le faire dans des conditions physiques aussi exigeantes : travail en hauteur et espace restreint.
- Les expériences pilotes et les premières simulations ont été bien accueillies par les centres de formation professionnelle et elles encouragent à suivre cette voie à l'avenir.

En ce sens et dans la ligne indiquée ci-dessus, la possibilité de donner une continuité aux travaux réalisés est envisagée, avec les moyens propres des partenaires ainsi qu'avec un éventuel soutien public. En ce sens, l'approche stratégique pour l'avenir repose sur les points suivants :

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

- Suivi de l'impact de l'utilisation des outils WindEXT dans les centres de formation professionnelle au niveau mondial.
- Prolongation possible avec de nouvelles procédures de maintenance.
- Evaluation de l'éventuelle mise à jour des outils pour suivre les avancées matérielles et logicielles sur la VR.
- Intégration de nouveaux domaines, en tenant compte de l'expérience d'autres projets nationaux et ERASMUS, comme par exemple la maintenance éolienne et photovoltaïque offshore.

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

www.windext.com

@Wind_EXT

@windext9445

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

The European Comission support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents whisch reflects the views only of the authors, and the Comission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.

These contents have been developed by AEE (Spanish Wind Energy Association) in consortium with other companies through a European project, Erasmus+ 2015-1-ES01-KA202-015935. All rights are reserved to AEE and prior written permission from AEE is required for its use.