

## Éolien



ARIANE FRÈRE

# Ingénierie civile en électromécanique-énergie (ULB, 2008)

# En 2008, Ariane Frère commence sa carrière chez GE Wind, en Allemagne, où elle travaille dans le design d'éoliennes.

# En 2011, elle revient en Belgique pour rejoindre Cenaro, un centre de recherche en aéronautique, où elle utilise la simulation d'écoulements pour le secteur énergétique.

# Pour approfondir la technique, elle conclut un doctorat (2017) en partenariat avec l'UCLouvain, Cenaro et DTU Wind et supervisé par P. Chatelain et G. Winckelmans.

# En 2019, désireuse d'augmenter son impact, elle retourne à l'industrie et dirige l'équipe Wind chez ENGIE Tractebel. Début 2022, elle repasse du côté de la recherche et intègre Laborelec, le centre de recherche et innovation d'ENGIE en Belgique, comme responsable des projets éoliens.

# Depuis 2024, elle est professeure invitée du cours Wind Energy à l'ULiège.

# L'UCLOUVAIN ACCUEILLE UNE SOUFFLERIE UNIQUE EN SON GENRE

**Une soufflerie d'un genre nouveau a été installée à l'UCLouvain. Cet équipement de pointe, fabriqué par le constructeur suisse WindShape, permet de générer des écoulements complexes dans le temps et dans l'espace.** Philippe Chatelain, professeur titulaire en aérodynamique à l'UCLouvain, et Ariane Frère, responsable des programmes de recherche éoliens pour ENGIE Research & Innovation, discutent des potentielles applications pour le secteur éolien, entre autres.

Rédaction: Georges Xouras Photos: Black & Write

### À quels besoins va pouvoir répondre cette nouvelle soufflerie, installée à l'UCLouvain

PHILIPPE CHATELAIN ▶ «Elle répond à des besoins en recherche expérimentale pour de la mécanique des fluides, et en particulier à des problèmes aérodynamiques dans le domaine de l'éolien. D'ailleurs, ces défis impliquent beaucoup les systèmes et le contrôle. La soufflerie aidera à mieux gérer ces processus complexes, et en fait très fondamentaux: comment extraire l'énergie d'un écoulement de manière résiliente? Selon moi, cette soufflerie change tout. Sur le plan personnel: j'étais plutôt numéricien et je faisais de l'expérimental, mais de manière limitée et à petite échelle. Grâce à cet équipement, on change la taille et la complexité d'écoulement, qui peut être façonné à l'envi dans le temps et l'espace. On peut donc imiter Mère Nature et reproduire des phénomènes turbulents de ce qu'on appelle la couche limite atmosphérique, phénomènes qui sollicitent nos éoliennes et nos parcs éoliens.»

### En quoi cette soufflerie est-elle unique en Europe?

PC ▶ «En réalité, elle est unique au monde par sa taille, par le contrôle qu'elle offre sur l'écoulement, et par d'autres avantages. On peut l'incliner pour d'autres applications, comme l'aéronautique, pour du vol d'hélicoptère, de drone, de planeur... en faire voler des modèles réduits et vérifier leurs performances dans un écoulement turbulent, et même faire des tests climatiques avec pulvérisation d'eau ou de neige. Il y a aussi le domaine du vol biomimétique, plané ou battu, un domaine qui nous intéresse également avec mon collègue roboticien Renaud Ronsse. En génie civil, des collègues élaborent des systèmes d'installation de

panneaux solaires pour l'agrivoltaïsme; or, l'interaction de ces panneaux avec le vent est importante. Enfin, cette soufflerie va encore grandir grâce à des extensions qui vont l'étendre sur les côtés, et ainsi la rendre encore plus polyvalente.»

### Quels sont les objectifs et les ambitions de recherche dans l'éolien grâce à cette soufflerie?

Ariane Frère ▶ «Ce que je trouve intéressant, c'est l'idée de représenter des vents turbulents, avec des variations de vitesse "gauche-droite", de manière à représenter une complexité que l'on peut avoir dans un parc éolien. Ce qui provoque des différences entre la production qu'on espérait avoir et celle que l'on a réellement, et des fatigues qu'on observe sur nos parcs. C'est le grand défi dans l'éolien, notre source d'énergie varie dans le temps et dans l'espace, nous devons donc construire des éoliennes qui pourront s'adapter à ces variations, voir les anticiper. Nous avons des modèles, mais ils simplifient fortement l'atmosphère. Voilà pourquoi nous travaillons avec l'UCLouvain et les équipes de Philippe Chatelain sur la modélisation de parcs éoliens. Comment opérer les parcs en s'adaptant à ce vent changeant? C'est ce qui est intéressant pour nous. En parallèle, on fait des tests grandeur nature sur des parcs éoliens, où nous comparons différents types de contrôle. Pour le moment, chaque éolienne agit de manière, on va dire, indépendante, selon son environnement optimal propre. L'idée est d'aller vers le fonctionnement avec du "wind farm control", où l'optimal sera au niveau du parc, et pas au niveau de chaque éolienne. Pour cela, les éoliennes doivent communiquer et s'adapter aux autres autour d'elles. Ce phénomène-là, de savoir comment elles interagissent dans une situation simple

« Cette soufflerie nous permet d'imiter Mère Nature et de reproduire des phénomènes turbulents »»

Philippe Chatelain



ou avec un vent qui tourne, c'est très compliqué. Avoir des modélisations qui incluent le contrôleur, ce petit cerveau des éoliennes, c'est très intéressant pour nous. Ce sont des choses testées sur site aussi, mais les essais sont onéreux et prennent beaucoup de temps. Pouvoir tester à échelle réduite un grand nombre de situations, c'est autre chose.»

**Peut-on dire que cette soufflerie va changer les choses dans le secteur éolien?**

RF ▶ «Une fois que l'on comprend mieux le vent, on peut anticiper comment il va se comporter au sein du parc et comment le parc va se comporter par rapport à lui. Cela permettra de mieux prévoir et de prendre

les bonnes décisions d'un point de vue opérationnel. Je pourrais décider, par exemple, que la rangée 2, qui est fatiguée et qui a besoin d'inspection, soit arrêtée et faire tourner plus fort une autre rangée, ou 50-50 selon les scénarios. Tout ce genre d'éléments va être de plus en plus important pour la place du renouvelable dans le marché de l'énergie. Plus on va pouvoir modéliser, plus on pourra prédire et contrôler la production éolienne. On pourra, alors, fournir de l'énergie au moment nécessaire et produire de l'énergie de valeur. Avant, on voulait une éolienne qui produisait un maximum. Aujourd'hui, étant donné la place importante de l'éolien dans le mix énergétique, environ 20% de l'électricité en Belgique et en Europe, on passe à un modèle avec une éolienne qui produit de l'énergie quand c'est nécessaire.»



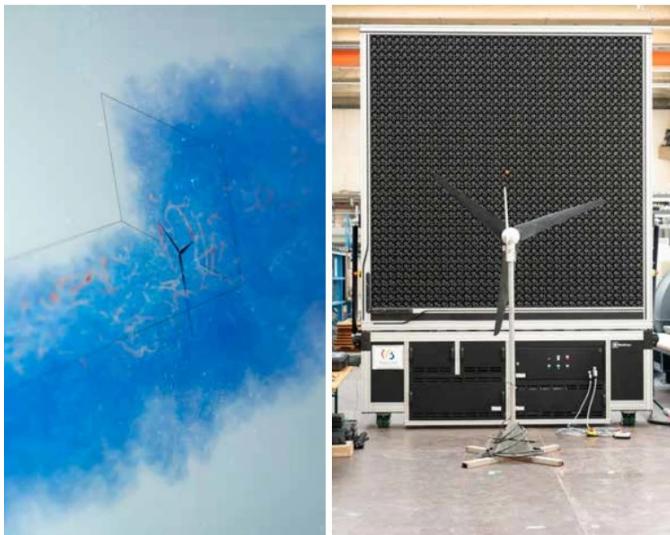
PHILIPPE CHATELAIN

# Ingénieur civil mécanicien (UCLouvain, 1999).

# Entre 1999 et 2004, Philippe Chatelain effectue un master en aéronautique, suivi d'un doctorat en aéronautique et mathématiques appliquées à Caltech.

# Après un postdoctorat à l'ETH Zurich comme chercheur associé au département Computer Science, il rejoint l'UCLouvain, en tant que chargé de cours, où il commence à développer des activités de simulation numérique en mécanique des fluides. À cette occasion, il applique les méthodes développées pendant sa thèse et son postdoc pour étudier les phénomènes de sillage dans les éoliennes.

# En 2017, il devient professeur à l'UCLouvain et professeur ordinaire en 2022. En parallèle, il «saute sur l'occasion» du projet de soufflerie pour travailler sur des recherches fondamentales, entre autres, dans le domaine de l'aéronautique et de l'éolien.



**« Plus on va pouvoir modéliser, plus on pourra prédire et contrôler la production éolienne »**

Ariane Frère

#### SOUVENIRS D'ÉCOLE

**« Rester curieux et se mettre en position inconfortable »**

PHILIPPE CHATELAIN

Plus qu'un souvenir d'école, c'est un conseil aux étudiants que souhaite partager Philippe Chatelain. « S'il y a bien quelque chose que j'encourage, c'est de rester curieux, d'aller chercher de la richesse dans l'interdisciplinarité et de se mettre en position inconfortable. Lorsqu'il y a des questions, il y a forcément des filons à exploiter. Tel collègue dans telle discipline fait comme ça? Je peux peut-être utiliser cela, même si je le maîtrise moins. Aller vers l'autre, s'approprier ses outils, être critiqué dans ce qu'on a fait jusqu'à présent ou encore découvrir ce que font d'autres collègues dans d'autres domaines, tout cela permet d'avancer. »



#### Dans ce contexte, quelle est encore la marge de progression dans l'éolien?

PC ▶ « Différents projets innovants vont nous arriver très vite. Il y a des domaines assez fascinants de contrôle d'écoulement, de gestion d'écoulement turbulent qui viennent coupler des outils de contrôle et d'intelligence artificielle. Il faut pousser les limites du calcul intensif, sans que ça soit trop cher non plus. Quand on arrive à mettre tout ça ensemble, on débloque des performances jamais vues auparavant! »

#### Imaginons-nous à cinq ou dix ans, que souhaitez-vous avoir accompli dans votre domaine grâce, notamment, à cette nouvelle soufflerie?

PC ▶ « Mon objectif à cinq ans, c'est d'avoir mis dans cette soufflerie des dispositifs aérodynamiques, ça peut être des pales, des ailes, des véhicules, qui exploitent une intelligence incarnée dans leurs structures. Elles mèneront flexibilité et raideur, distribuées ou contrôlées de manière adéquate, des bonnes propriétés d'inertie et de dissipation, et en même temps un actionnement, du contrôle, et une certaine intelligence pour déduire des propriétés de l'écoulement ambiant. Informations qu'on peut aussi exploiter pour améliorer les performances. C'est un peu ce qu'on a dit par rapport aux éoliennes, c'est le dénominateur commun dans mes recherches pour les dix prochaines années. »

AF ▶ « Pour ma part, je souhaite arriver à ce que l'éolien soit une source d'énergie suffisamment bon marché et fiable pour que la pénétration du renouvelable augmente en Belgique et dans le monde. Un élément clé pour cela est d'arriver à contrôler de manière plus précise la production des éoliennes, et d'arriver à avoir une production plus prédictible. C'est ce qu'on fait ici grâce à la collaboration avec l'UCLouvain sur l'amélioration des techniques de contrôle. Je suis convaincu de l'importance de la collaboration avec les universités et les centres de recherche, car l'industrie seule n'arrivera pas à relever tous les défis. » \*

**« Pas de cours d'éolien?  
Alors, ce sera celui d'hélicoptère! »**

ARIANE FRÈRE

En quatrième année d'études, Ariane Frère, qui se passionne autant pour l'aéronautique que pour le renouvelable, désire se former en éolien, et plus précisément dans le design de pales. « J'ai demandé à mon professeur de turbomachines s'il pouvait y avoir un cours sur les éoliennes. Il m'a dit qu'il n'y en avait pas, mais que je pouvais suivre le cours d'hélicoptère, car c'était un peu "la même chose". Et c'est vrai, ça m'a aidée d'un point de vue aérodynamique pour comprendre les équations de design de pales. Néanmoins, vu l'importance de l'éolien aujourd'hui dans le secteur énergétique, je trouve important de proposer mieux que des cours qui sont "un peu la même chose". »

