

11. Gestion du parc en milieu nordique

11.2 Solutions aux contraintes rencontrées en milieu nordique



Hussein Ibrahim, Ph.D. - Antoine Brégaint, M.Sc.A.

Plan de cette présentation

- Introduction et objectifs
- Les éoliennes
- Les fondations
- La sécurité
- Les instruments de mesure
- La détection/prévision du givrage atmosphérique
- L'opération et la maintenance
- Prédiction des pertes dues au givrage atmosphérique
- Conclusion

Plan de cette présentation

- ***Introduction et objectifs***
- Les éoliennes
- Les fondations
- La sécurité
- Les instruments de mesure
- La détection/prévision du givrage atmosphérique
- L'opération et la maintenance
- Prédiction des pertes dues au givrage atmosphérique
- Conclusion

Introduction et objectifs

- Les conditions rencontrées en milieu nordique présentées dans la première partie de ce module sont sources de nombreuses contraintes.
- Cette présentation vise à présenter les solutions existantes à ce jour pour limiter les effets de ces contraintes et d'ainsi pouvoir opérer plus sereinement dans un milieu nordique.
- Le degré de maturité des solutions présentées varient et certaines des solutions étudiées sont encore en phase de R&D.

Plan de cette présentation

- Introduction et objectifs
- ***Les éoliennes***
- Les fondations
- La sécurité
- Les instruments de mesure
- La détection/prévision du givrage atmosphérique
- L'opération et la maintenance
- Prédiction des pertes dues au givrage atmosphérique
- Conclusion

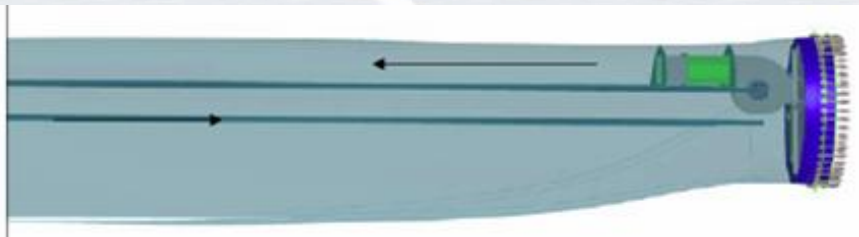
Les éoliennes

- Protection anti-givre :
 - Technologies qui diminuent ou empêchent l'accumulation du givre sur les pales
 - Revêtements
 - Peinture noire ou anti-adhésive
 - Matériaux glaciophobe, etc...

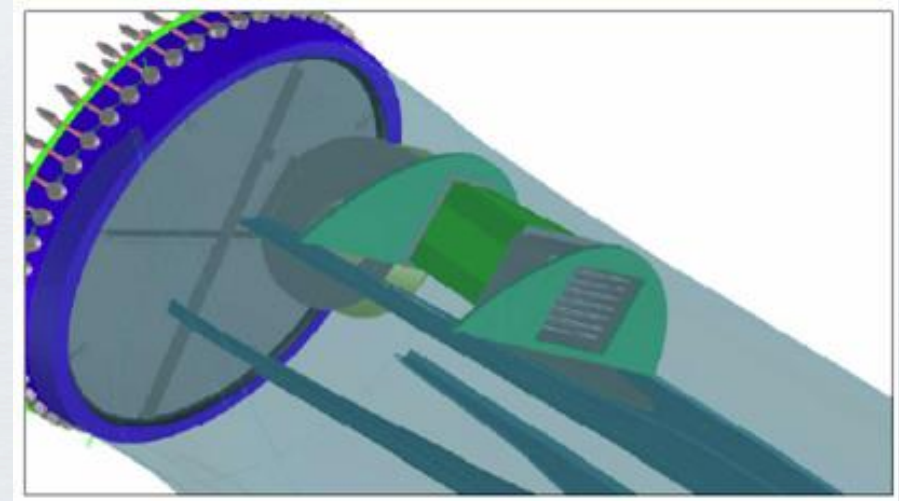


Les éoliennes

- Technologies dégivrantes (performance variable) → Permettent l'accumulation d'une certaine épaisseur de glace avant son élimination totale ou partielle.
 - EX : Thermique (système électrique propulsant de l'air chaud) → Énergivores : consomment une partie de l'énergie produite



Source : ENERCON



Les éoliennes



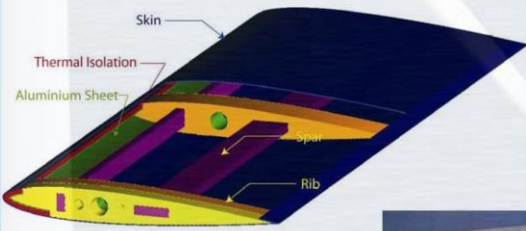
- Technologies dégivrantes :
 - Ex : Électrothermique (bandes résistives chauffantes) ☒ Énergivores : consomment une partie de l'énergie produite

Wind Turbines in Cold Climates

Low Energy Deicing Systems

Setup to Test Ice Phobic Coatings in Icing Wind Tunnel

LWC 0.84 g/m³, MVD 27 μm
T -5°C, V 15 m/s
Heat 2 W/in²



Coated Airfoil

Coated Airfoil

Electro-Thermal System

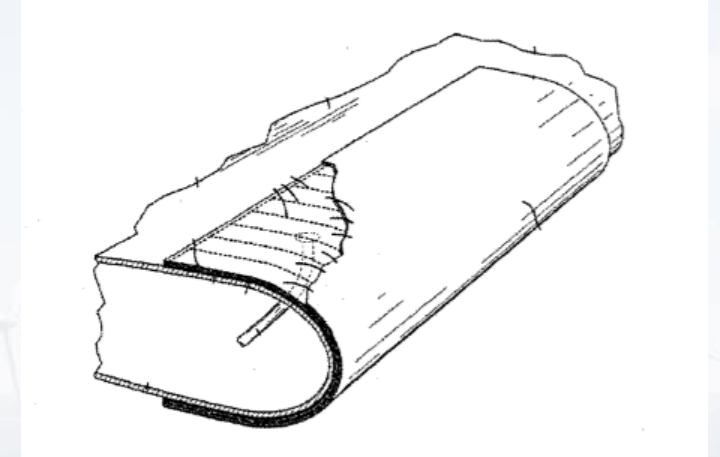
Top

Bottom



Les éoliennes

- Technologies dégivrantes :
 - Pneumatique (membrane en caoutchouc épais située sur le bord d'attaque de l'éolienne gonflée par injection d'air lorsque l'épaisseur de givre est trop importante).
 - Ect.
- Conception mécanique
 - Dimensionnement d'un moyeu adapté aux contraintes radiales supplémentaires dues à l'accumulation de glace sur les pales.



Source : Noui M.A., Conception d'un système électrothermique isolé de protection contre le givre atmosphérique d'une pale d'éolienne (2014)

Plan de cette présentation

- Introduction et objectifs
- Les éoliennes
- ***Les fondations***
- La sécurité
- Les instruments de mesure
- La détection/prévision du givrage atmosphérique
- L'opération et la maintenance
- Prédiction des pertes dues au givrage atmosphérique
- Conclusion

Les fondations

- Conceptions adaptées au pergélisol et aux changements climatiques.



Plan de cette présentation

- Introduction et objectifs
- Les éoliennes
- Les fondations
- ***La sécurité***
- Les instruments de mesure
- La détection/prévision du givrage atmosphérique
- L'opération et la maintenance
- Prédiction des pertes dues au givrage atmosphérique
- Conclusion

Question

- De quoi dépend la distance maximale de projection de givre pour une éolienne à l'arrêt ?
 - A. La hauteur du moyeu
 - B. La direction du vent
 - C. La vitesse du vent au niveau du moyeu
 - D. Le diamètre du rotor
 - E. Le nombre d'éolienne dans le parc

La sécurité

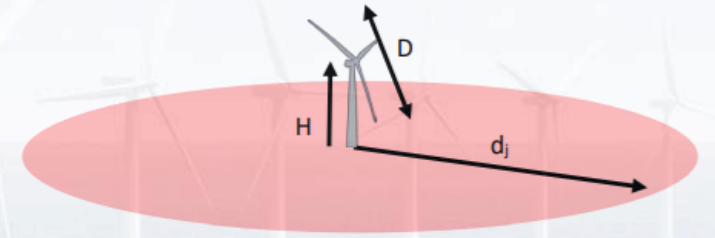
- Installation des éoliennes à une distance sécuritaire (200 – 250 m) :
 - Il est possible d'estimer la distance maximale de projection à l'aide des formules empiriques :

Pour une éolienne en rotation :

$$d = 1,5 * (D + H)$$

Pour une éolienne à l'arrêt :

$$d = \frac{D+H}{15} * v$$



v : Vitesse du vent à la hauteur du moyeu (m/s)

- Affiches



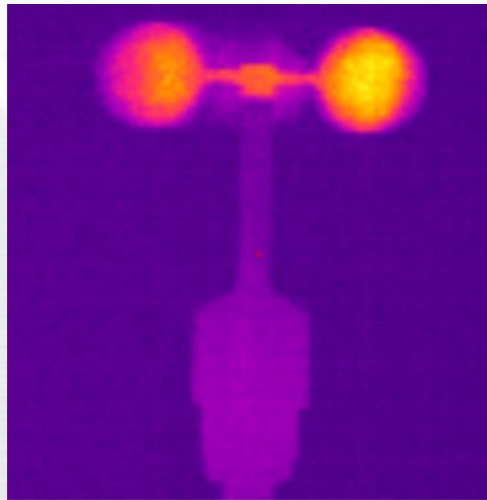
Source :Baring-Gould 2009

Plan de cette présentation

- Introduction et objectifs
- Les éoliennes
- Les fondations
- La sécurité
- ***Les instruments de mesure***
- La détection/prévision du givrage atmosphérique
- L'opération et la maintenance
- Prédiction des pertes dues au givrage atmosphérique
- Conclusion

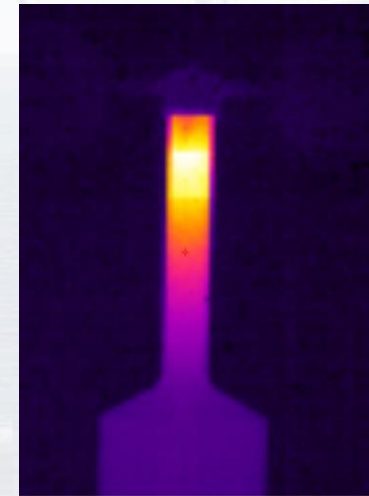
Les instruments de mesure

- Instruments chauffés – anémomètre, girouettes, etc.
 - Puissance de chauffage parfois insuffisante
 - Performances variables



Meilleure distribution de la chaleur dans les coupes

Source : Jean Ruel,
Université Laval



Chauffage additionnel
dans l'axe de
l'anémomètre

Plan de cette présentation

- Introduction et objectifs
- Les éoliennes
- Les fondations
- La sécurité
- Les instruments de mesure
- ***La détection/prévision du givrage atmosphérique***
- L'opération et la maintenance
- Prédiction des pertes dues au givrage atmosphérique
- Conclusion

La détection/prévision du givrage atmosphérique

- Détecteurs de givrage atmosphérique
 - Plusieurs sur le marché (Goodrich, Labko, IceMonitor, HoloOptics...)
 - Performances très variables (bon document comparatif : Rapport COST 727)

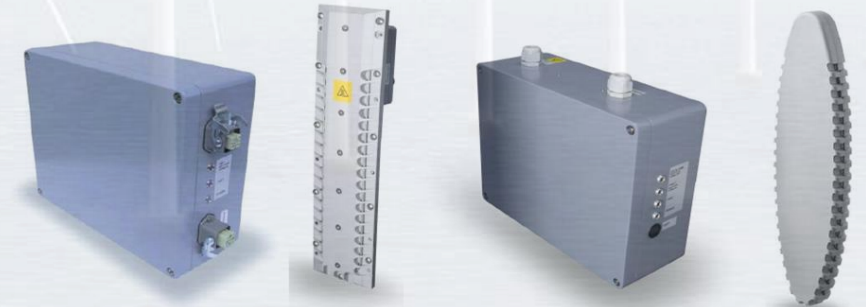


Source : Goodrich 2009



Labkotec
INDUSTRY GROUP

Labkotec Ice Detector Product Family



LID-3210C Control Unit and Ice Sensor	LID-3210D Control Unit with: - Ice Alarm LED - Test button	LID/IS Ice Sensor
(2002 -> 2008)	(1Q/2008 ->)	(4Q/2008)

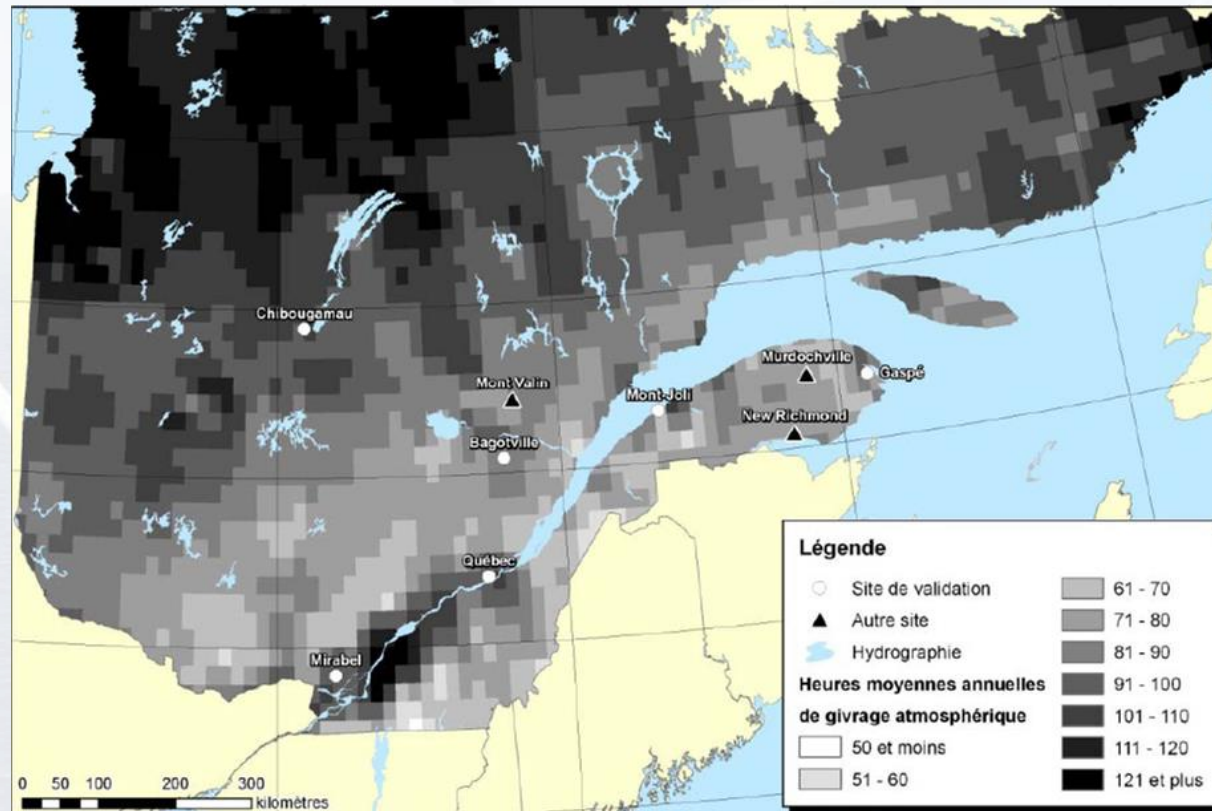
La détection/prévision du givrage atmosphérique

- Méthodes de filtration des données pour détecter les périodes de givrage atmosphérique
 - Instruments redondants chauffés/non-chauffés pour détecter les événements de givrage atmosphérique



La détection/prévision du givrage atmosphérique

- Cartes du givre :
 - Environnement Canada, HQ



Source : C. Masson,
Juin 2009

La détection/prévision du givrage atmosphérique

- Historique
 - Seulement disponibles dans certaines régions du monde (HQ – données privées)
- Données d'une campagne de mesure
 - Au moins 1 an – donne une indication, mais phénomène très variable dans le temps
- Méthodes de prédiction à partir de données météo standards, données d'aéroports ou données numériques (modèles météos, méthodes statistiques, ...)

Plan de cette présentation

- Introduction et objectifs
- Les éoliennes
- Les fondations
- La sécurité
- Les instruments de mesure
- La détection/prévision du givrage atmosphérique
- ***L'opération et la maintenance***
- Prédiction des pertes dues au givrage atmosphérique
- Conclusion

Question

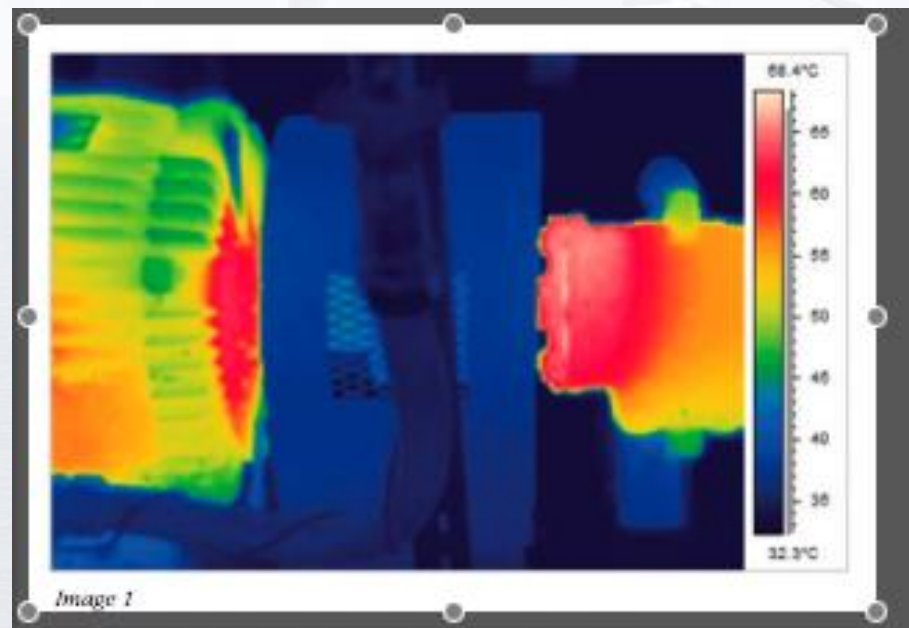
- Quel type de maintenance doit être effectué dans le but de maximiser la production énergétique des éoliennes en milieu nordique ?
 - A. Préventive
 - B. Disruptive
 - C. Automatisés
 - D. Prédicative
 - E. Aucune de ces propositions

L'opération et la maintenance

- Établir une stratégie de maintenance prédictive et préventive afin de maximiser la production énergétique des éoliennes en climat nordique.
 - Préventive :
 - Suivre les instructions du fabricant.
 - Changer l'huile et lubrifiants.
 - Vérification du couple des boulons, ...
 - Prédictive (pour prédire l'état de la machine) :
 - Contrôle et test des échantillons d'huile.
 - Contrôle Infra-Rouge (armoires électriques).
 - Mesures électriques.
 - Vérification de l'état du système de surveillance.

L'opération et la maintenance

- Protéger les équipements critiques de la température froide tels que la boîte de vitesses, la génératrice, le système hydraulique, la nacelle, les armoires électriques, les instruments de mesure.

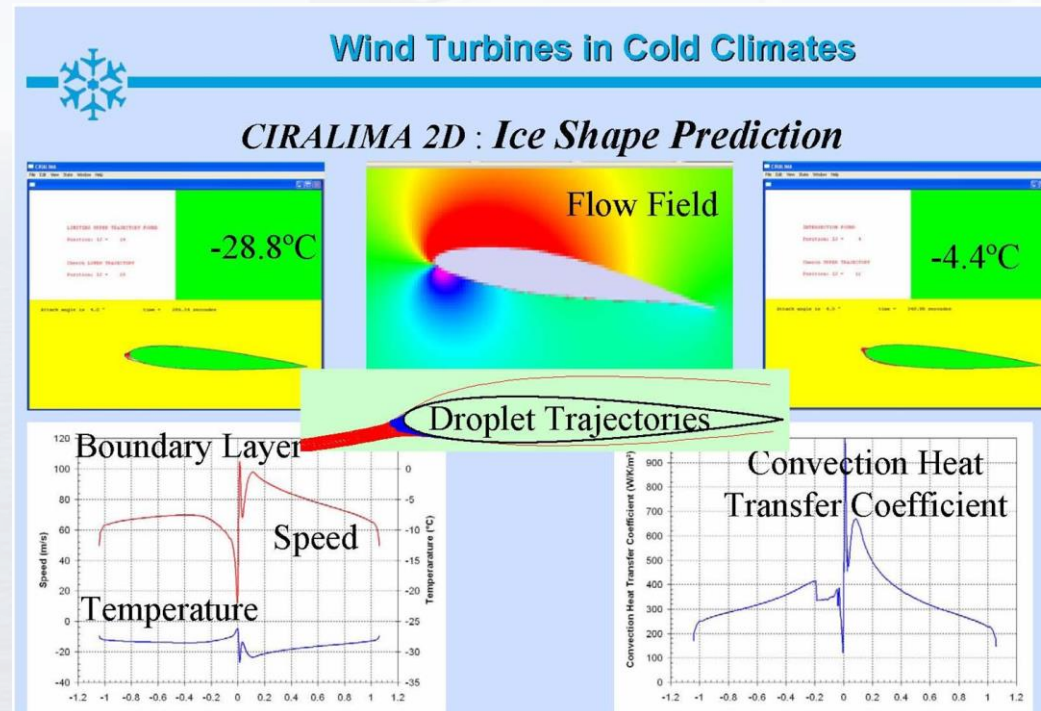


Plan de cette présentation

- Introduction et objectifs
- Les éoliennes
- Les fondations
- La sécurité
- Les instruments de mesure
- La détection/prévision du givrage atmosphérique
- L'opération et la maintenance
- ***Prédiction des pertes dues au givrage atmosphérique***
- Conclusion

Prédiction des pertes dues au givrage atmosphérique

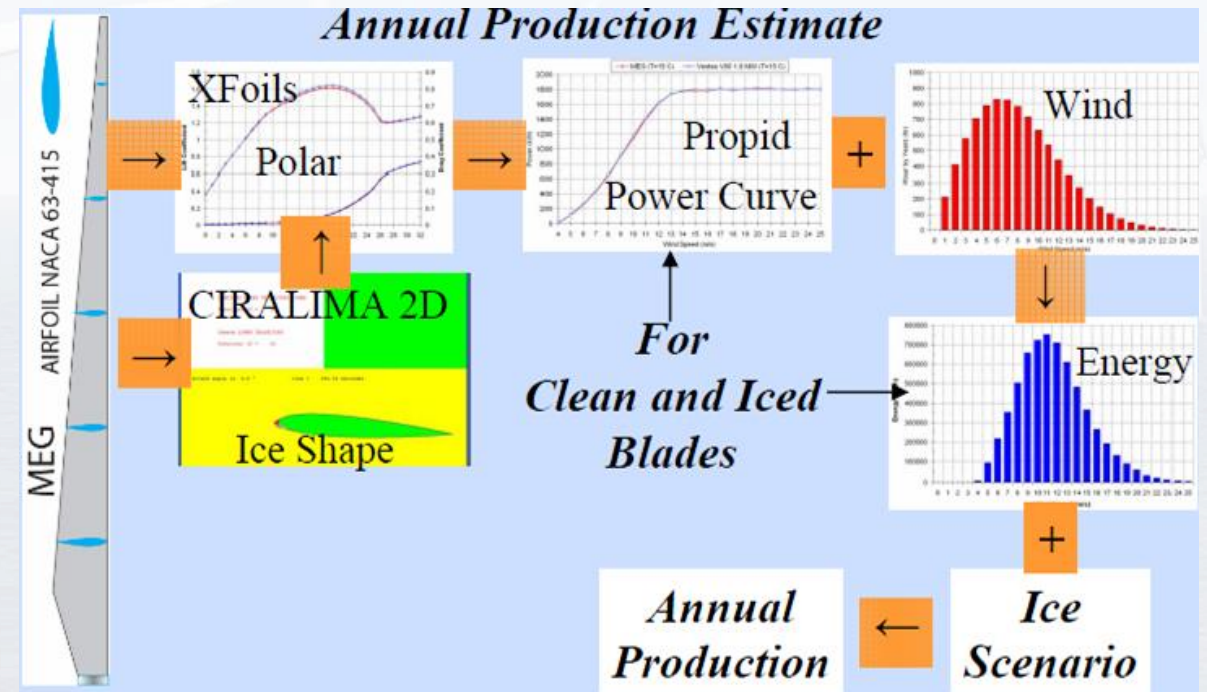
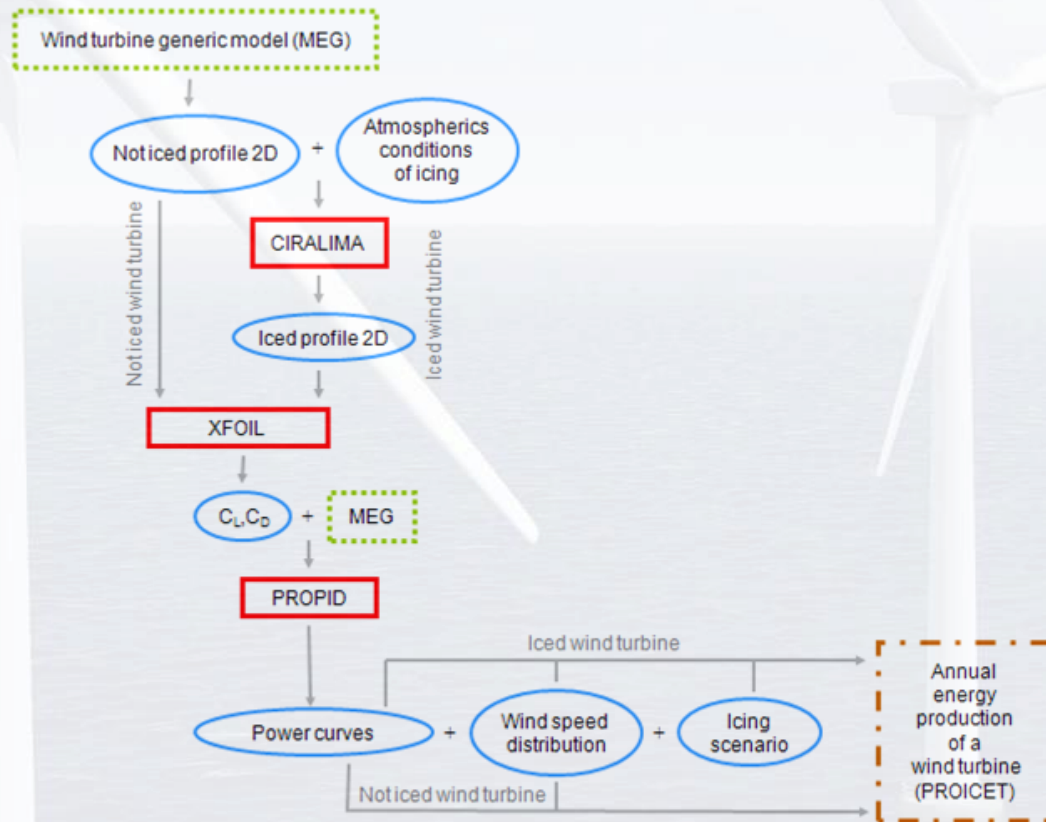
- Nécessité de déterminer le profil givré de la pale :
 - Modélisation et simulation numérique de l'accrétion de glace sur les pales.



Source : Guy Fortin,
LIMA, UQAC

Prédiction des pertes dues au givrage atmosphérique

- Calculer les pertes de la production énergétique (essais en soufflerie ou simulateur numérique : Modèle PROICET)



Plan de cette présentation

- Introduction et objectifs
- Les éoliennes
- Les fondations
- La sécurité
- Les instruments de mesure
- La détection/prévision du givrage atmosphérique
- L'opération et la maintenance
- Prédiction des pertes dues au givrage atmosphérique
- ***Conclusion***

Conclusion

- Les défis de l'exploitation de l'énergie éolienne sont nombreux, que ce soit aux niveaux technologiques ou économiques.
- Certaines solutions existent mais la plupart sont en phase de R&D.
- La réussite d'un projet éolien en climat nordique nécessite :
 - De prendre en considération les défis de ce climat dès les premières étapes du projet.
 - D'effectuer une campagne de mesures (vent, température, givrage) avec des instruments et/ou méthodologies adaptées au climat nordique tout en connaissant bien les performances des instruments choisis.
 - De choisir le plus possible des turbines éoliennes adaptées pour le climat froid.

Conclusion

- D'estimer du mieux possible les pertes potentielles dues au climat nordique.
- De tenir compte de toutes les contraintes liées au terrain et à la saison de construction.
- De tenir compte des aspects de sécurité et de l'augmentation potentielle de bruit.
- De faire de la maintenance régulière et telle que spécifiée par le fabricant.
- De s'assurer d'exploiter les éoliennes seulement dans les conditions pour lesquelles elles ont été conçues.
- D'étendre la recherche pour plus de compréhension et solutions.
- De partager les outils, les méthodes et les solutions.

MERCI POUR VOTRE ATTENTION !



MERCI



Questions ?

Hussein IBRAHIM, Ph.D

Tél: 418-962-9848 # 340

cc-hussein.ibrahim@etsmtl.ca

Hussein_ibrahim01@uqar.ca

Hussein.ibrahim@itmi.ca