

## PROJET DE SESSION

### Étude sur l'intégration de l'énergie éolienne dans un système hybride dédié pour l'électrification des sites isolés à petite échelle.

#### Contexte du projet – Problématique

Pour des applications à petites échelles et isolées (quelques dizaines de kW), comme c'est le cas des stations de télécommunications, des bases scientifiques antarctiques, postes de frontières..., l'alimentation en électricité se fait par des groupes électrogènes au diesel. Vu que l'utilisation des groupes électrogènes est certes peu onéreuse à l'investissement mais n'est ni aucunement écologiquement ni stratégiquement justifiée, le recours aux énergies renouvelables est une des solutions clef aux problèmes environnementaux et de ressources liées à l'approvisionnement énergétique des sites isolés. Paradoxalement, la plupart de ces zones sont situées dans des régions possédant une ressource éolienne suffisante pour une exploitation commerciale. La baisse continue des prix des générateurs éoliens et la fiabilité croissante de ces systèmes ont mené à une plus grande utilisation de la ressource éolienne pour la génération d'énergie électrique dans les régions isolées.

Le système hybride éolien-diesel, combiné avec un stockage d'énergie par batteries, aura comme effet l'augmentation du taux de pénétration de l'énergie éolienne (TPE) et l'arrêt complet, dans certains cas, du moteur diesel. L'idée consiste à implanter une centrale éolienne comme source d'énergie d'appoint couplée à un groupe électrogène diesel, à un système de stockage par batteries, à une charge principale (représentant l'ensemble des équipements électroniques d'une station de télécommunications isolée) et une charge de délestage.

Durant les périodes de fort vent, les turbines éoliennes alimentent directement la charge par l'électricité et l'énergie éolienne excédentaire sera utilisée soit pour charger les batteries ou pour alimenter la charge de délestage. En l'absence du vent, l'énergie stockée dans les batteries sera utilisée pour fournir de l'électricité à la charge. Le moteur diesel sera utilisé seulement en l'absence totale de l'énergie éolienne et du dispositif du stockage ou pour compléter ces derniers.

La diminution de la consommation en carburant et de l'émission des gaz à effet de serre (GES) obtenue grâce au système hybride éolien-diesel avec stockage d'énergie peut être favorisée davantage avec un système optimal de gestion et commande de ressources et composantes du système global. Dans ce contexte, le développement d'une stratégie d'opération et de gestion des flux de puissance représente une nécessité pour garantir l'opération optimale du système.

## Données du projet

### 1. Charge principale :

- Les charges horaires sont données dans le fichier joint
- Charge maximale = 12 kW

### 2. Groupe électrogène :

- Puissance maximale du groupe électrogène diesel = 15 kW
- La courbe de consommation du carburant (en litres) est :

$$\begin{cases} C = 0,3088 * Pd + 0,585 & \text{si } Pd \neq 0 \\ C = 0 & \text{si } Pd = 0 \end{cases}$$

- Coût d'un litre de diesel : 1,45 \$
- Augmentation estimée du coût du carburant : 5 % par année

### 3. Éoliennes :

- 4 modèles des éoliennes sont proposés : Bergey, Éocycle, ReDriven et Endurance.
- Un seul type d'éoliennes doit être utilisé.
- Toutes ces machines ont un système de contrôle par décrochage.
- Les données techniques (courbe de puissance et surface balayée) sont disponibles dans le fichier joint.
- Coût d'un kW de puissance installée (quelque soit le type d'éolienne) : 4 000 \$
- Coût de l'assurance par année : 100 \$ / kW avec une augmentation prévue de 4 % par année.
- Coût de la maintenance par année : 70 \$ / kW sans augmentation prévue.

### 4. Batteries :

- Les batteries utilisées sont de type Lithium-ion.
- Rendement : 90 %
- Capacité minimale : 25 % de la capacité installée.
- Durée de vie : 4 000 cycles
- Un cycle est défini lorsque la batterie se décharge sous 50 % de la capacité installée avant de se recharger.
- Coût d'un kW de capacité installée : 1 500 \$

### 5. Charge de délestage :

- Marge de sécurité pour le délestage : 15 %
- Coût d'un kW de capacité installée pour la charge de délestage : 100 \$

Les données horaires de la température de l'air et de la vitesse du vent.

La durée de vie estimé du projet est de 20 années.

## Méthodologie

Le projet consiste à réaliser les étapes suivantes :

- (1) Schématisez le système hybride et identifier les flux d'énergie pendant les 2 modes de fonctionnement du système : vent fort et vent faible
- (2) Calculez la vitesse moyenne annuelle et mensuelle. À votre avis, le site est-il considéré comme site ayant un bon potentiel éolien ? Justifier votre réponse
- (3) Déterminez les distributions de Weibull pour l'année, pour chaque mois et pour les trimestres suivants : Janvier-Avril, Mai-Août et Septembre-Décembre
- (4) Représentez les courbes de puissance, de coefficient de puissance ( $C_p$ ) et de la production d'énergie pour chacune des éoliennes
- (5) Comparez les performances des 4 types d'éoliennes, en fonction de : (i) leurs courbes de puissance, (ii) leurs courbes de coefficient de puissance, (iii) les courbes de production d'énergie.
- (6) Étudiez et quantifiez l'impact (en %) de la température sur la production réelle de chacune des 4 éoliennes : à l'échelle d'une année (production annuelle) et à l'échelle de chaque mois (mensuel). Pour répondre à cette question, on suppose que l'air est considéré sec.
- (7) Identifiez les critères techniques et énergétiques à prendre en considération lors du choix final de l'éolienne à utiliser dans le projet. Déterminer, ainsi le type et le nombre des éoliennes retenues pour le projet. Justifier votre choix. Notez qu'il faudra choisir une seule technologie d'éoliennes quel que soit leur nombre.
- (8) Selon le choix retenu au point (7), déterminez le taux de pénétration en énergie éolienne et le taux de pénétration en puissance éolienne, ainsi que le facteur d'utilisation de la centrale éolienne installée
- (9) À partir des données de la charge, de la production d'énergie éolienne correspondante au type et au nombre d'éolienne retenue, déterminez la capacité maximale en puissance (kW) de la charge de délestage. Déterminez également à partir de critères économiques et techniques, la capacité en kW du système de batterie.
- (10) Proposez une stratégie de fonctionnement et de gestion de flux de puissance, simple résumant le fonctionnement du système hybride.
- (11) Calculez l'impact théorique de la centrale éolienne sur la réduction du temps de fonctionnement du diesel avec et sans stockage d'énergie.
- (12) L'investissement initial est à hauteur de 10 % de l'investissement total et doit être remboursé en 15 ans avec un taux d'intérêt de 4 %. En prenant un taux d'actualisation de 6 %, déterminez la valeur actualisée nette du projet après 20 ans ainsi que son taux de rendement interne (TRI). Déterminez également la période de retour sur investissement (PRI) de ce projet.
- (13) À partir des résultats de la question précédente, que peut-on conclure d'un tel projet. Pourquoi utiliser ce type de projet ? Développez votre réponse et apportez vos recommandations.

## Remise du projet

Le projet est à réaliser par équipe de trois étudiants. La remise du projet s'effectue sous forme d'un rapport en format pdf. Ce dernier doit être déposé sur le site du cours Moodle avant le **17 avril 2022 à 23h59**. Un seul dépôt par groupe est nécessaire. Pour plus de détail, consultez le document « Informations sur le projet de session ».