



## Projet Bachelor semestre 6

### **Data Center alimenté par des énergies renouvelables dans le Jura**

Etudiants:

Assistant:

Professeur: Edgard GNANSOUNOU

# Data center alimenté par des énergies renouvelables

## Cas d'une entreprise Suisse dans le Jura

### 1. Contexte

Une entreprise dans la commune d'Alle dans le Jura souhaite développer un nouveau domaine d'activité en installant un data center dans ses locaux. Ce genre d'équipement consomme des quantités très importantes d'électricité. Les locaux sont reliés au réseau électrique public. Afin de limiter sa dépendance au réseau et se prévenir d'une future hausse des prix de l'électricité, l'entreprise souhaite étudier la possibilité de produire une partie de sa consommation localement en utilisant des énergies renouvelables. Les ressources en énergies solaires et éoliennes sont limitées mais suffisantes pour être exploitées. Les surfaces (toitures et terrains) destinées à l'installation des systèmes de production d'électricité sont déjà disponibles et n'entrent ainsi pas en compte dans l'estimation des coûts. L'entreprise reste, bien entendu connectée au réseau électrique.

### 2. Objectif

Estimer le coût du modèle de référence où l'intégralité de l'électricité provient du réseau. Proposer ensuite un modèle viable où 50% / 75% / 100% de la consommation est satisfaite par la production locale issue des panneaux solaires et / ou des éoliennes. Trois scénarios de profils de consommation sont envisagés pour les serveurs du data center (voir plus bas). Pour chacun de ces scénarios, il est demandé de réaliser une comparaison avec le modèle de référence en termes de coûts et d'émission de dioxyde de carbone. L'estimation doit se faire sur une période de 15 ans (durée de vie du data center).

### 3. Travail à réaliser

Le projet doit inclure les points suivants :

- Formulation générale du problème.
- Recherche bibliographique sur les technologies des systèmes électriques impliqués dans le projet.
- Utilisation du logiciel HOMER mis à disposition pour modéliser les cas à traiter (<http://www.homerenergy.com>).
- Évaluation des différents modèles d'un point de vue économique et environnemental.
- Analyse critique des résultats et proposition d'une solution.

### 4. Contenu du projet

- Formulation du problème et description des éléments utilisés
- Design du système
- Stratégie à suivre
- Indicateurs économiques et environnementaux
- Analyse de sensibilité sur les variables avec un astérisque (\*)

## 5. Données du projet

### a. Consommation du data center

Le data center dispose de 50 racks et de 1596 serveurs. Comme dans tous les data centers, le système de refroidissement représente une part majeure dans la consommation électrique. La consommation totale annuelle est estimée à 3,915 GWh. Cependant, le profil de consommation journalier du data center peut varier sensiblement en fonction de son utilisation. Trois scénarios de profils de consommation sont envisagés :

- Profil plat : les serveurs n'ont pas de fonction particulière, leur utilisation est constante au cours de la journée.
- Profil 'jour' : les serveurs hébergent des sites internet principalement consultés durant la journée. Il en résulte une consommation plus importante le jour que la nuit.
- Profil 'soir et week-end' : les serveurs hébergent des sites internet en rapport avec la vente pour particuliers, le tourisme et le divertissement. De ce fait, la consommation électrique du data center est plus importante en soirée et le week-end.

Les fichiers décrivant ces trois profils de consommation sont fournis. Ils correspondent tous à la même consommation annuelle totale.

### b. Prix de l'électricité du réseau

Le tarif du kWh dépend de l'heure d'achat. Les heures pleines correspondent aux jours de la semaine de 6:00 à 22:00. Le reste (y compris le week-end) correspond à des heures creuses. Vous devez tenir compte prix du kWh durant les heures pleines (valeur par défaut 15,55 centimes) et de durant les heures creuses (valeur par défaut : 10,41 centimes). Dans ces prix toutes les taxes sont comprises.

Il faut ajouter à cela le coût d'un abonnement au réseau (valeur par défaut : 7,73 CHF par kW par mois). On utilise pour cela la moyenne mensuelle de la puissance délivrée.

Il est estimé que le réseau d'électricité Suisse émet en moyenne 129 grammes de CO<sub>2</sub> par kWh produit.

### c. Candidat panneau solaire

- Durée de vie : 25 ans
- Type de courant: DC
- Inclinaison fixe (\*) [Axe horizontal pour un ajustement journalier]
- Caractéristiques des panneaux solaires: 16% d'efficacité à 25 °C, -0.4% / °C de perte de puissance par degré Celsius.
- Coût initial: 1'790 CHF/kWp
- Coût d'opération et de maintenance: 20 CHF/kWp/an (\*) [10 CHF/kWp, 30 CHF/kWp, 60 CHF/kWp]

### d. Candidat éolienne : Enercon E-53 (810 kW)

- Durée de vie: 20 ans
- Puissance maximale d'une turbine: 810 kW

- Coût initial d'une turbine: 1'250'000 CHF, réduction des coûts de 10% pour la construction de deux turbines, réduction de 15% pour trois turbines ou plus. (\*) [Coût initial 1'100'000 CHF, 1'400'000 CHF]
- Coût d'opération et de maintenance: 3% du prix initial par an (\*) [2%, 4%]
- D'autres informations, notamment la courbe de puissance, sont disponible [ici](#)
- Hauteur du rotor: 75 mètres

#### e. Autre candidat éolienne : Enercon E-33 (330 kW)

- Durée de vie: 20 ans
- Puissance maximale d'une turbine: 330 kW
- Coût initial d'une turbine: 550'000 CHF, réduction des coûts de 8% pour la construction de deux turbines, réduction de 12% pour trois turbines ou plus. (\*) [Coût initial 500'000 CHF, 600'000 CHF]
- Coût d'opération et de maintenance: 3% du prix initial par an
- D'autres informations, notamment la courbe de puissance, sont disponible [ici](#)
- Hauteur du rotor: 45 mètres

#### f. Candidat convertisseur AC/DC

- Coût initial: 300 CHF/kW
- Efficacité onduleur : 95%
- Durée de vie: 15 ans

#### g. Données économiques

- Real Discount rate: 2%
- Taux d'inflation : 1%
- Durée de vie du projet: 15 ans

## 6. Planning

Le projet de Bachelor commence le 22 février 2019 et se termine le 31 mai 2019. Les principales étapes sont présentées dans le tableau 1:

Tableau 1: Principales étapes

Rapports	Echéances
Livrable 1 : Formulation du problème, description des technologies et proposition d'une méthodologie	15 mars 2019
Livrable 2 : Résolution simple sur Excel et présentation du logiciel Homer	19 avril 2019

---

Livrable 3 : Résolutions sur Excel et Homer 17 mai 2019

---

Séance de présentation des résultats (Slides Powerpoint à rendre au plus tard le 23 mai 2019 à 18h) 24 mai 2019

---

Livrable 4 : Rapport final 31 mai 2019

---

**Trois séances de suivi sont prévues chaque mois. Elles auront lieu dans la salle GC A3 435 les vendredis à 15h30. La première séance aura lieu le vendredi 22 février 2019.**

## **5. Prescriptions particulières**

- 1) Au début de l'étude, les étudiants établiront ensemble une note comprenant : l'analyse détaillée du problème à résoudre, la méthodologie à adopter, le programme de travail détaillé ainsi que la répartition des tâches entre les membres du groupe. Cette note sera soumise à l'approbation du professeur au plus tard 2 semaines après la première séance de suivi.
- 2) Des indications complémentaires seront données si nécessaire par le professeur en cours d'étude; en accord avec les étudiants, des modifications du plan de travail pourront également être envisagées en fonction de l'avancement de l'étude.
- 3) Dans l'appréciation du travail, il sera tenu compte de la présentation des documents. Un soin particulier devra être apporté à la rédaction et à la présentation des livrables.
- 4) Il est expressément rappelé que le travail rendu doit avoir été personnellement exécuté par les étudiants sans aucune autre intervention que celle des personnes impliquées ou consultées dans le cadre du suivi du travail.
- 5) Toute citation d'une référence (rapport, livre, article ou donnée) doit être indiquée avec mention de la source et de l'auteur.
- 6) Le livrable final du projet sera envoyé au Professeur par Moodle le 31 mai 2019.

EPFL, 22 février 2019

Les étudiants

Le professeur

Edgard GNANSOUNOU