

TP Bilan énergétique des sources de puissance

April 21, 2021

Le compte rendu de ce TP devra être rendu sous forme numérique, en **pdf**, édité à l'aide d'un outil tel que *Latex* ou *LibreOffice*. Les figures seront commentées et choisies selon leur pertinence. En cas de problème, contacter eric.herbert@u-paris.fr.

1 Introduction

Ce TP s'appuie sur les résultats obtenus lors du TP intermittence¹ qui a permis de dégager certaines caractéristiques des sources de production de puissance de flux et de stock. L'objet de ce TP est d'évaluer et de dimensionner les solutions à mettre en oeuvre pour compenser l'intermittence intrinsèque de sources de puissance. On supposera que la puissance requise est toujours fournie et qu'elle correspond à la consommation.

1. Tracer la série temporelle de la consommation de puissance sur une année $P_C(t)$
2. Tracer les séries temporelles de la production de puissance photovoltaïque (PV) $P_{PV}(t)$ et éolien $P_W(t)$ sur la même période pour l'ensemble du territoire français.
3. Tracer les séries temporelles des ratio $r_{PV} = P_C/P_{PV}$ et $r_W = P_C/P_W$.
4. Discuter le sens de ces ratios, notamment la signification de $r = 0$, $r = 1$ et $r \rightarrow \infty$.
5. Discuter les possibilités de compenser les variations non désirées de production de puissance, dues aux accidents et à la variabilité naturelle pour les source de type flux (PV, éolien etc), et pour les accidents pour une source de type potentiel (petrole, gaz, nucléaire etc) notamment stockage et surdimensionnement.
6. Conclure sur les besoins en stockage de chacune de ces sources.

2 Stockage

Nous allons dans cette partie normaliser la quantité d'énergie produite sur une année par la quantité d'énergie consommée dans cette même année pour ne plus dépendre de la taille du parc de production de puissance.

¹voir <https://github.com/ericherbert/TPintermittence>

Quantifier C_0 la totalité de l'énergie consommée dans l'année choisie. Représenter la somme cumulée et normalisée de la consommation de puissance sur cette année:

$$C^*(T) = \frac{1}{C_0} \int_0^T P_C(t) dt \quad (1)$$

Cette expression représente une série temporelle, l'intégrale s'appliquant entre $t = 0$ et $t = T$. À chaque pas de temps, cette expression représente l'énergie produite depuis le début de l'année. Par construction vous devez vérifier que $C^*(0) = 0$ et $C^*(T_0) = 1$ avec T_0 correspondant à un an.

Les questions suivantes sont à discuter pour chaque source, PV et éolien.

1. Procéder de la même manière que pour la consommation et quantifier la totalité de l'énergie produite dans l'année choisie E_0 . Représenter la somme cumulée et normalisée de la consommation sur cette année:

$$E^*(t) = \frac{1}{E_0} \int_0^T P(t) dt \quad (2)$$

Vérifier que $E^*(0) = 0$ et $E^*(T_0) = 1$ avec T_0 correspondant à un an.

2. Tracer la série temporelle de la différence des puissances normalisées $\delta(t) = \frac{P(t)}{E_0} - \frac{C(t)}{C_0}$. Vérifier que $\int \delta dt$ sur un an est bien nul.
3. Vous vous êtes ainsi assuré de produire exactement sur l'année la quantité d'énergie nécessaire à la consommation, sans sur-production, sans sous-production. Cependant la synchronisation de la consommation et de la production ne sont pas assurées. Pour cela il faut que E^* et C^* soient égaux à chaque pas de temps. Est ce le cas ? Si non, quelle conséquence en tirer ?
4. Tracer la série temporelle de la différence des sommes cumulées $\Delta(T) = E^*(T) - C^*(T)$. Justifier que Δ représente le besoin de stockage à chaque instant
5. En déduire une évaluation du volume de stockage S nécessaire en fraction de la consommation annuelle C_0 .
6. Comment S dépend de la période choisie ?

3 Conversion en énergie

Vous allez à présent estimer la quantité d'énergie et le volume correspondant à la quantité S calculée précédemment.

1. Convertir le volume de stockage normalisé trouvé dans la section précédente en une unité d'énergie.
2. Comparer la solution du dihydrogène aux autres solutions de stockage trouvées pour cette application
3. Convertir S en volume d'hydrogène.

4 Conclure

1. Conclure sur les contraintes imposées par une production de puissance de type flux (quelle qu'elle soit).
2. Comparer les deux sources PV et éolien