

TP BUT GE2I

Séances 2-3

Maintenant que vous avez pu vous familiariser avec l'utilisation de pandapower vous allez pouvoir effectuer une étude par vos propres moyens. Afin de réaliser cette étude, nous vous avons fourni un notebook, qu'il ne vous reste plus qu'à compléter et à exécuter.

À l'issue des deux séances à venir, vous devrez remettre un rapport comportant vos réponses aux questions du présent sujet, et le notebook complété. Ceux-ci devront être nommés `TP_BUT_GE2I_Seance2-3_nom_prenom`, et communiqués par mail à l'intervenant.

I – Raccordement en départ dédié

On souhaite raccorder un producteur d'une puissance de 8 MW au moyen d'un départ dédié de 10 km.

1 – Choix du câble

Il nous faut tout d'abord déterminer quel type de câble on souhaite utiliser pour ce raccordement. Voici un catalogue :

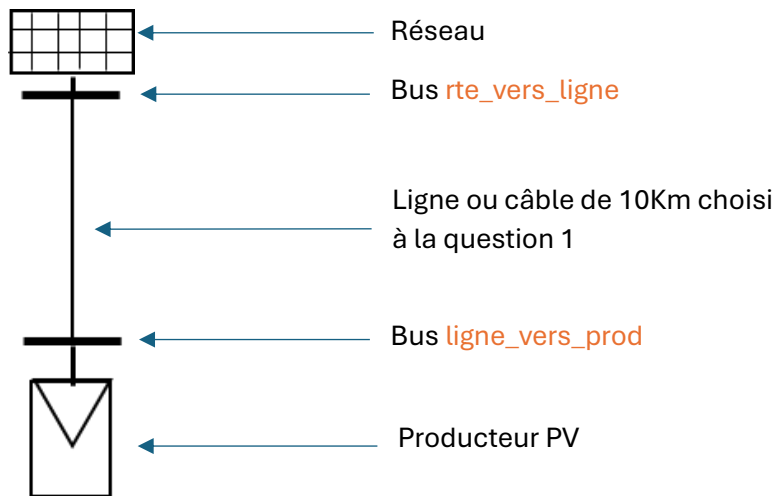
CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES DES TORSADES ALUMINIUM

Section [mm²]	Nom. outer diam. [mm]	Max. DC Resist. Cond. 20°C [Ohm/km]	Intensité admissible enterré, 20°C, pose en trèfle [A]	Inductance nom. [mH/km]	Résistance inductive à 50 Hz [Ohm/km]	Capacité approx. des conducteurs de phase [µF / km]	Masse approx. [kg/km]
50	60,8	0,641	165	0,44	0,14	0,18	2093
95	67,1	0,32	241	0,39	0,12	0,21	2621
150	66,8	0,206	307	0,35	0,11	0,31	2952
240	76,6	0,0754	597	0,32	0,1	0,37	8800
240	76,8	0,125	404	0,32	0,1	0,37	4030

À partir du catalogue ci-dessus, choisissez le modèle de câble adapté pour ce raccordement, et justifiez votre choix.

2 – Modélisation du réseau électrique

Il nous faut maintenant créer le modèle du réseau électrique, selon le schéma ci-dessous, afin de valider le choix du câble.



Complétez le code et affichez le réseau

3 – Vérification des contraintes

Pour valider nos choix, il nous faut maintenant exécuter un calcul de powerflow et contrôler le respect des contraintes de courant et de tension, à savoir :

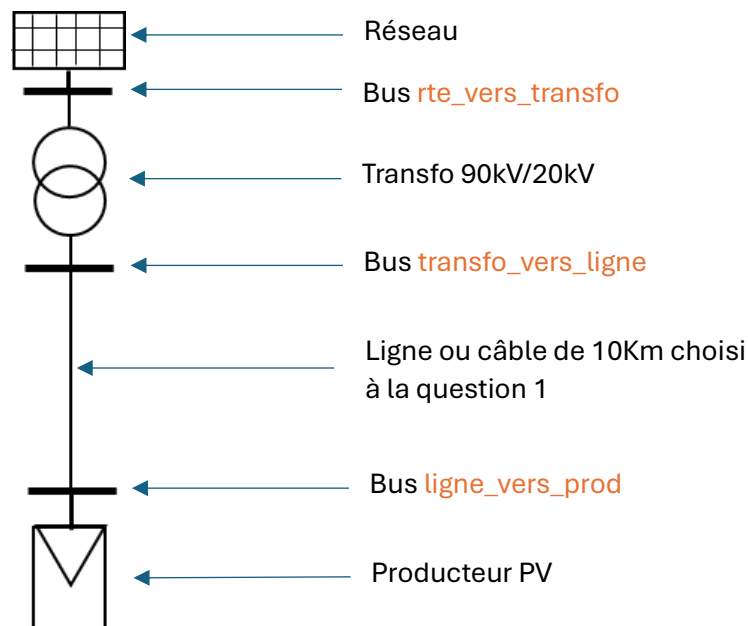
$$I < I_{max}$$

$$U_n - 5\% < U < U_n + 5\%$$

Contrôlez le respect des contraintes, et effectuez les modifications nécessaires en cas de non-respect de ces contraintes

4 – Prise en compte du transformateur

On souhaite maintenant considérer le transformateur HTB/HTA dans notre modèle, afin de vérifier que le nouveau producteur n'entraîne pas de butée régleur.



À l'aide de la fiche technique, modélisez le réseau avec transformateur, et contrôlez le respect des contraintes de butée régleur.

5 – Evaluation des pertes

Maintenant que l'on a établi la validité technique de notre solution de raccordement, on souhaite en déterminer le coût. Ce coût se décompose en deux parties : le prix du câble utilisé pour le raccordement, et le prix des pertes joules. Il nous faut donc calculer les pertes.

Complétez le code afin de calculer, à l'aide des données de production photovoltaïque annuelle fournies, les pertes joules sur un an.

Afin de déterminer le coût total des pertes, il nous faut le calculer sur la durée totale du raccordement, c'est à dire 20 ans. On doit donc calculer un coût actualisé, qui se calcule selon le principe suivant :

$$\text{Coût actualisé à l'année } n = \text{Coût à l'année } n + x * \frac{1}{(1 + \tau)^x}$$

Pour notre calcul, on considérera les éléments suivants :

- Les prix des câbles sont les suivants :

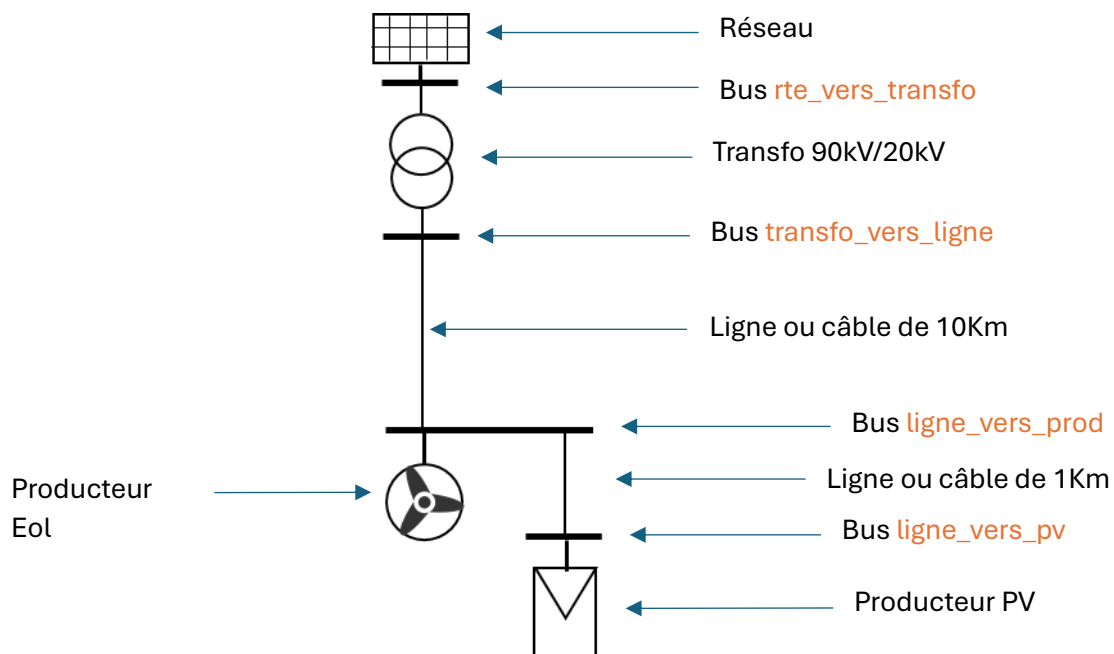
Section (mm ²)	Prix (k€/km)
50	40.54
95	40.86
150	42.84
240	49.63

- Le taux d'actualisation est $\tau = 8\%$

En considérant les éléments ci-dessus et à l'aide des prix des pertes fournis, calculez le coût complet du raccordement actualisé sur 20 ans.

II – Raccordement intelligent

Dans un effort de réduction du coût total, on souhaite étudier une offre de raccordement alternative, dite « intelligente », en raccordant notre nouveau producteur photovoltaïque, au moyen d'un câble de 1 km, sur un départ existant de 10 km, en 240 mm² Alu, dédié à un producteur éolien de 10 MW.



1 – Modélisation du nouveau réseau et tests des contraintes

Afin de déterminer le coût de cette solution de raccordement, il nous faut évaluer les pertes supplémentaires liées au producteur PV. À cette fin, il nous faut tout d'abord connaître les pertes liées au producteur éolien.

Modélisez le réseau sans considérer le producteur PV, et calculez les pertes annuelles à partir des données de production éolienne fournies.

Nous pouvons maintenant considérer le nouveau producteur photovoltaïque.

Rajoutez le producteur photovoltaïque à votre modèle de réseau, et contrôlez le respect des contraintes de tension et de courant.

2 – Utilisation de l'OPF

Comme la solution de raccordement ne permet pas de garantir le respect des contraintes de courant et de tension, il sera nécessaire d'écarter la production photovoltaïque lorsque la production totale des producteurs dépasse les capacités du réseau. Cependant, l'écarterement de la production photovoltaïque se traduit par une perte de revenu pour le producteur, qui doit donc être compensé par le gestionnaire de réseau. Il nous faut donc minimiser cet écartement.

À cette fin, nous allons utiliser l'Optimal Power Flow, qui est une fonction d'optimisation utilisée pour minimiser les coûts de fonctionnement d'un réseau tout en garantissant le respect de ses contraintes structurelles ([doc OPF](#)).

On considérera un prix de compensation de l'écarterement de la production photovoltaïque de **300 €/MWh**.

À l'aide de la documentation pandapower, créez une fonction de coût pour le producteur PV.

Afin de connaître le coût de la solution de raccordement, il nous faut connaître les pertes supplémentaires liées au producteur PV, et l'écarterement total sur un an. A cette fin, on souhaite déterminer la production PV maximum admissible en fonction de la production éolienne.

Complétez le code fourni afin de déterminer la production PV maximum admissible en fonction de la production éolienne. Spécifiquement, déterminez la production éolienne critique, c'est-à-dire le seuil de production éolienne à partir duquel le producteur PV ne peut plus produire à pleine puissance, et la production PV minimum admissible, c'est-à-dire la production PV admissible si la production éolienne est maximale. Affichez vos résultats.

3 – Calcul de l'énergie écartée et des pertes supplémentaires

Nous disposons maintenant de tous les éléments pour déterminer l'énergie écartée et les pertes supplémentaires liées au raccordement du nouveau producteur PV.

À partir de vos réponses aux questions ci-dessus et des données fournies, calculez l'énergie écartée et les pertes supplémentaires liées au producteur PV sur une période d'un an.

4 – Calcul du coût complet du raccordement intelligent

Nous disposons maintenant de tous les éléments pour calculer le coût complet de la solution de raccordement intelligente.

Calculez le coût complet actualisé sur 20 ans de la solution de raccordement intelligente. Quelle est l'offre de raccordement la moins chère ?

III – Plan de protection (bonus)

Les protections d'un départ sont situées au niveau du jeu de barre HTA. On souhaite déterminer les réglages de la Protection Ampèremétrique de Phase qui assure la protection contre les défauts polyphasés. On souhaite s'assurer que la protection détecte tous les défauts polyphasés, elle doit donc être réglée à 80% du courant de défaut polyphasé minimum. Déterminez quel type et position de défaut engendrent le courant de défaut polyphasé minimum, et à l'aide de la documentation, identifiez les paramètres manquants sur les éléments du réseau pour le calculer. Vous pourrez par la suite les demander à votre intervenant, et réaliser le calcul à l'aide de pandapower.

Dans le cas d'un départ producteur, il faut également s'assurer que la protection ne déclenche pas par sympathie. Autrement dit, dans le cas d'un défaut en amont de la protection, la participation du producteur au courant de défaut ne doit pas être supérieure au réglage de la protection. Si c'est le cas, il faut alors rajouter une Protection Directionnelle de Phase. Vérifiez s'il est nécessaire de placer une protection directionnelle de phase.