

# TP BUT GE2I

## Étude de raccordement producteur

### Objectif :

Ce TP a pour objectif de vous familiariser avec quelques étapes et procédures considérées, en cas de raccordement d'un nouveau producteur sur le réseau électrique exploité par un GRD. Pour cela nous utiliserons vos connaissances en génie électrique, de la programmation via le langage [python](#), et la librairie [Pandapower](#) qui permettra de modéliser et de combiner tous les éléments du réseau électrique.

Afin de vous faciliter la tâche (oui nous sommes très gentils), nous vous mettons à disposition un [Jupyter notebook](#) nommé [TP BUT Ge2I.ipynb](#) . Il faudra pour chaque question y remplir les parties manquantes et exécuter les bouts de code afin d'obtenir le résultat escompté.

### Documents à rendre en fin de séance TP :

- Rapport avec la convention de nommage < tp\_séance\_[x](#)\_groupe\_[y](#).pdf >.
- Notebook complété avec la convention de nommage <tp\_séance\_[x](#)\_groupe\_[y](#).ipynb>.

NB : Remplacez

- [x](#) par le trigramme jjp (Jesse-James PRINCE) ou dla (Didier LARRAILLET) de votre encadrant en TP ;
- [y](#) par le numéro de votre groupe.

# Sujet

## I- Première partie : Raccordement en départ dédié

Vous désirez raccorder un producteur photovoltaïque d'une puissance de 6 MW sur un poste source 90/20 KV qui se situe à 10 km du site de production, via un départ dédié HTA 20 KV.

1) Choisissez le câble adapté à partir de l'abaque ci-dessous, et justifiez votre choix.

### CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES DES TORSADES ALUMINIUM

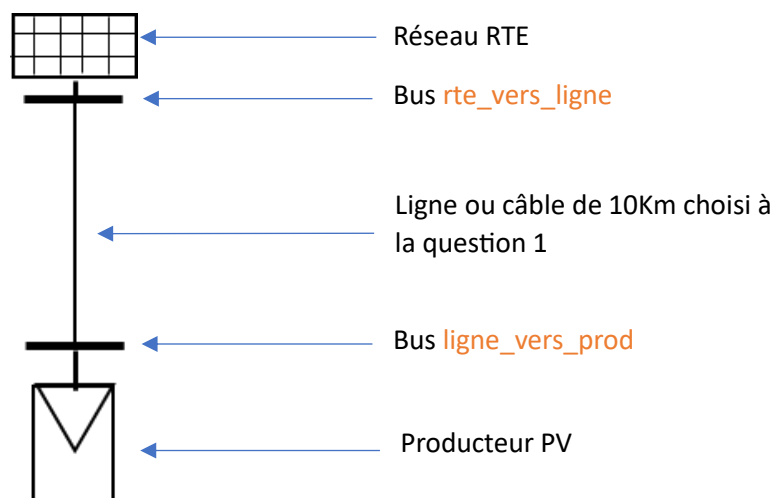
Section [mm²]	Nom. outer diam. [mm]	Max. DC Resist. Cond. 20°C [Ohm/km]	Intensité admissible enterré, 20°C, pose en tréfle [A]	Inductance nom. [mH/km]	Résistance inductive à 50 Hz [Ohm/km]	Capacité approx. des conducteurs de phase [µF / km]	Masse approx. [kg/km]
50	60,8	0,641	165	0,44	0,14	0,18	2093
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

2) Les réseaux électriques sont modélisés à l'aide de bus, reliés par des lignes. Par la suite, sur ces bus sont raccordés les différents éléments du réseau :

- Charges,
- Générateurs
- Etc

Le réseau est finalement alimenté par un external grid, symbolisant ici le réseau RTE.

En considérant le câble choisi à la question précédente, vous devez modéliser le réseau décrit ci-dessous à l'aide de [Pandapower](#).



Les liens vers la documentation des différents éléments nécessaires sont les suivants :

- Pandapower : <https://pandapower.readthedocs.io/en/v2.13.1/about.html>
- Types d'éléments: [https://pandapower.readthedocs.io/en/v2.13.1/std\\_types.html](https://pandapower.readthedocs.io/en/v2.13.1/std_types.html)
- Bus : <https://pandapower.readthedocs.io/en/v2.13.1/elements/bus.html>
- Ligne : <https://pandapower.readthedocs.io/en/v2.13.1/elements/line.html>
- External grid :  
[https://pandapower.readthedocs.io/en/v2.13.1/elements/ext\\_grid.html](https://pandapower.readthedocs.io/en/v2.13.1/elements/ext_grid.html)
- Sgen : <https://pandapower.readthedocs.io/en/v2.13.1/elements/sgen.html>

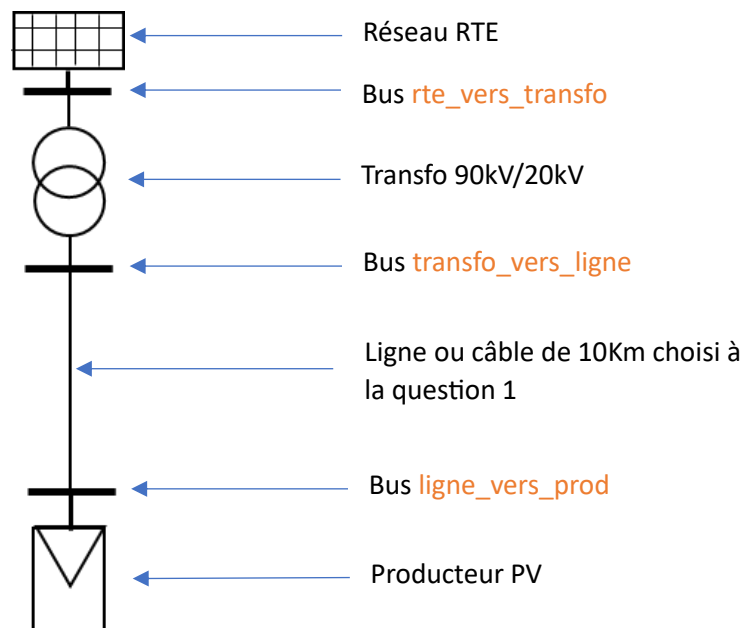
3) Sur le réseau ainsi créé, vérifiez les contraintes de tension à l'aide d'un calcul de flux de puissance.

NB : les variations de tension ne doivent pas dépasser 5% de la tension nominale.

#### 4) Réseau avec transformateur

Afin de garantir le maintien de la tension HTA quelle que soit la tension HTB, les transformateurs HTB/HTA sont équipés de régleurs en charge. Ces équipements modifient légèrement le rapport de transformation de manière dynamique, en changeant de "prise". Seulement, le nombre de prises sur un transformateur est limité, et lorsque le régleur atteint la prise minimum ou maximum, on dit qu'il est en "butée régleur".

a. Modélisez le réseau correspondant à la figure ci-dessous



Transfo : <https://pandapower.readthedocs.io/en/v2.13.1/elements/trafo.html>

b. Vérifiez les contraintes de butée régleur.

#### 5) Evaluation des pertes

- Calculez les pertes sur 1 an en MWh.
- Calculez le coût complet (en €) du raccordement actualisé sur 20 ans en considérant que

- Le Prix du câble est de 45 k€/km
- Le Taux d'actualisation  $\tau = 8 \%$

NB :

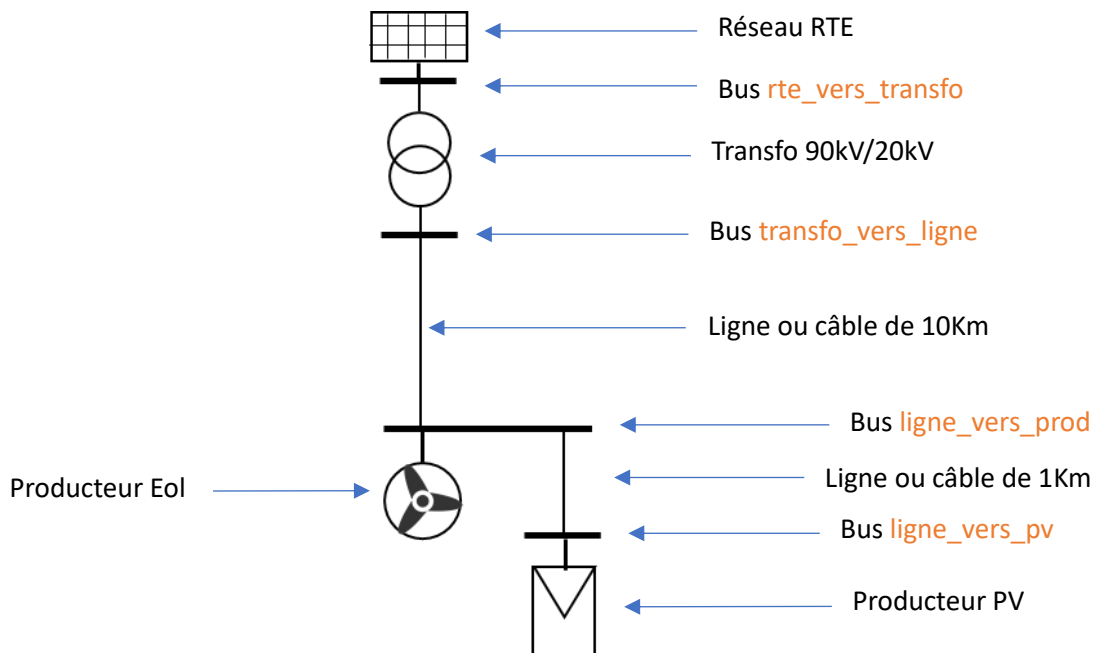
$$\text{Coût à l'année } n + x \text{ actualisé à l'année } n = \frac{\text{Coût à l'année } n + x}{(1 + \tau)^x}$$

## II- **Seconde partie** : Raccordement intelligent : raccordement sur départ éolien existant

Nous supposons dans cette question que le producteur PV de 6 MW précédemment mentionné se raccordera sur le bus **ligne\_vers\_prod** d'un réseau déjà existant et sur lequel est présent un producteur Eol (éolien) de 10 MW.

### 1) Modélisez le nouveau réseau :

- Dans un premier temps sans considérer le Producteur PV.



- Calculez les pertes annuelles sur le réseau
- Modélisez et ajoutez le producteur PV au réseau
- Testez les configurations contraignantes

### 2) Etant donné que le producteur PV se raccorde sur un départ existant, afin de respecter les contraintes de seuil de tension et de courant sur les lignes du réseau, sa production sera écrêtée à certains moments de la journée.

- Ajoutez une fonction de coût au producteur PV afin de maximiser son injection sur le réseau en respectant les contraintes.

Documentation fonction coût PandaPower :

[https://pandapower.readthedocs.io/en/v2.2.0/opf/formulation.html#pandapower.create\\_poly\\_cost](https://pandapower.readthedocs.io/en/v2.2.0/opf/formulation.html#pandapower.create_poly_cost)

- b. A l'aide d'un calcul de flux optimal ([optimal power flow](#)), calculez la production PV maximum admissible en fonction de la production éolienne dans <tableau\_prod\_eol>
  - c. À partir de la courbe précédente, calculez :
    - i. la production PV min admissible
    - ii. la production éolienne critique
- 
- 3) Créez une fonction permettant d'obtenir la production PV maximum admissible en fonction de la production éolienne
  - 4) A l'aide de la fonction créée ci-dessus, sur une période d'une année, calculez, en MWh
    - a. L'énergie écrêtée du producteur PV
    - b. Les pertes sur le réseau.
    - c. Les pertes supplémentaires créées par l'ajout du producteur photovoltaïque.
  - 5) Calculer le coût complet actualisé sur 20 ans de l'offre de raccordement intelligent proposée au producteur PV
  - 6) Que concluez-vous en comparant l'offre de raccordement en départ dédié et l'offre intelligente ?

### 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.