



**HAL**  
open science

## Distribution optimale de la puissance avec infrastructure figée

Soha Saad, Etienne Sourdille, Harold Gance, Florence Ossart, Jean Bigeon

► **To cite this version:**

Soha Saad, Etienne Sourdille, Harold Gance, Florence Ossart, Jean Bigeon. Distribution optimale de la puissance avec infrastructure figée. G-SCOP Days, May 2018, Grenoble, France. hal-03156035

**HAL Id: hal-03156035**

**<https://hal.science/hal-03156035v1>**

Submitted on 2 Mar 2021

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.





## 1 - Contexte

En cas d'incident sur une infrastructure électrique:

- Diminution de la capacité d'alimentation électrique du réseau.
- Le trafic est perturbé, une replanification des trains est nécessaire.

Calcul actuel: démarche itérative (essais/ erreurs):

- Situation analysée complexe, processus lent, qualité du résultat tributaire de l'expérience de l'opérateur, solutions non optimales

## 2 - Système ferroviaire

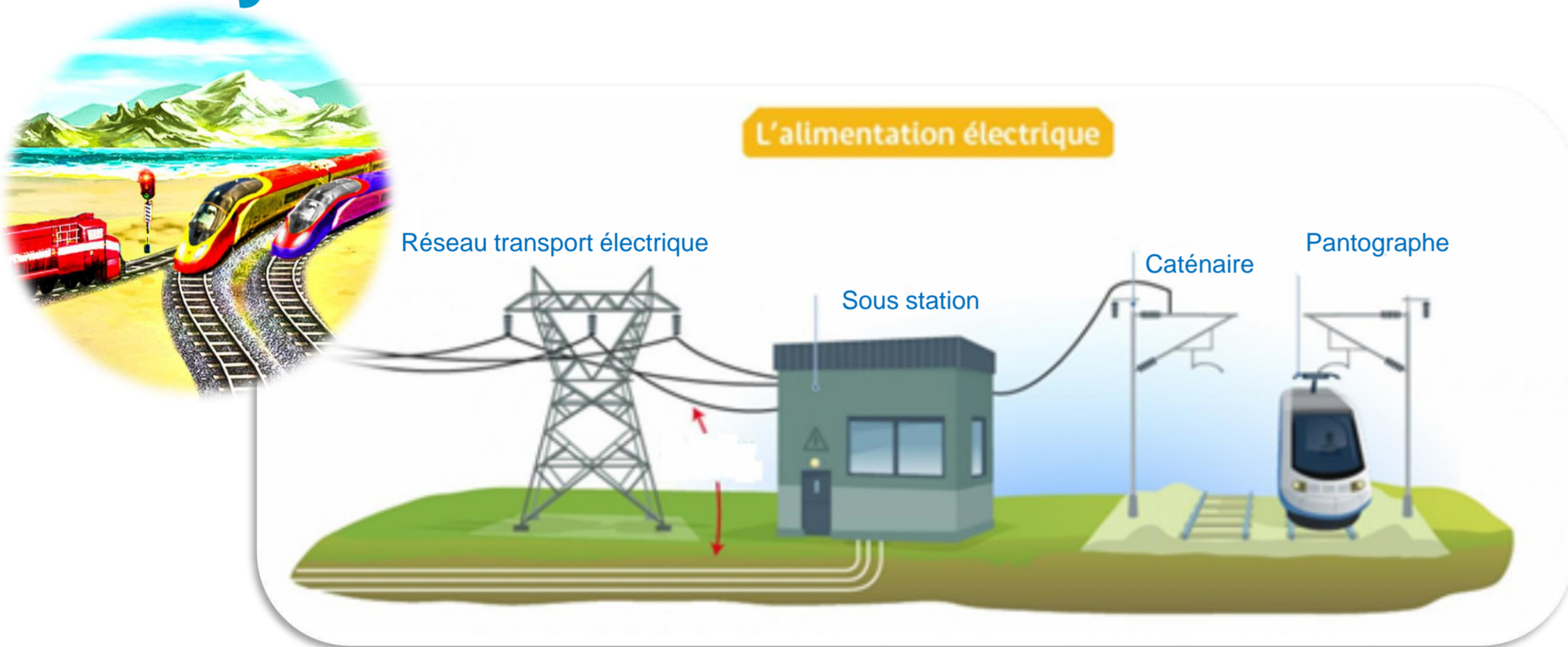
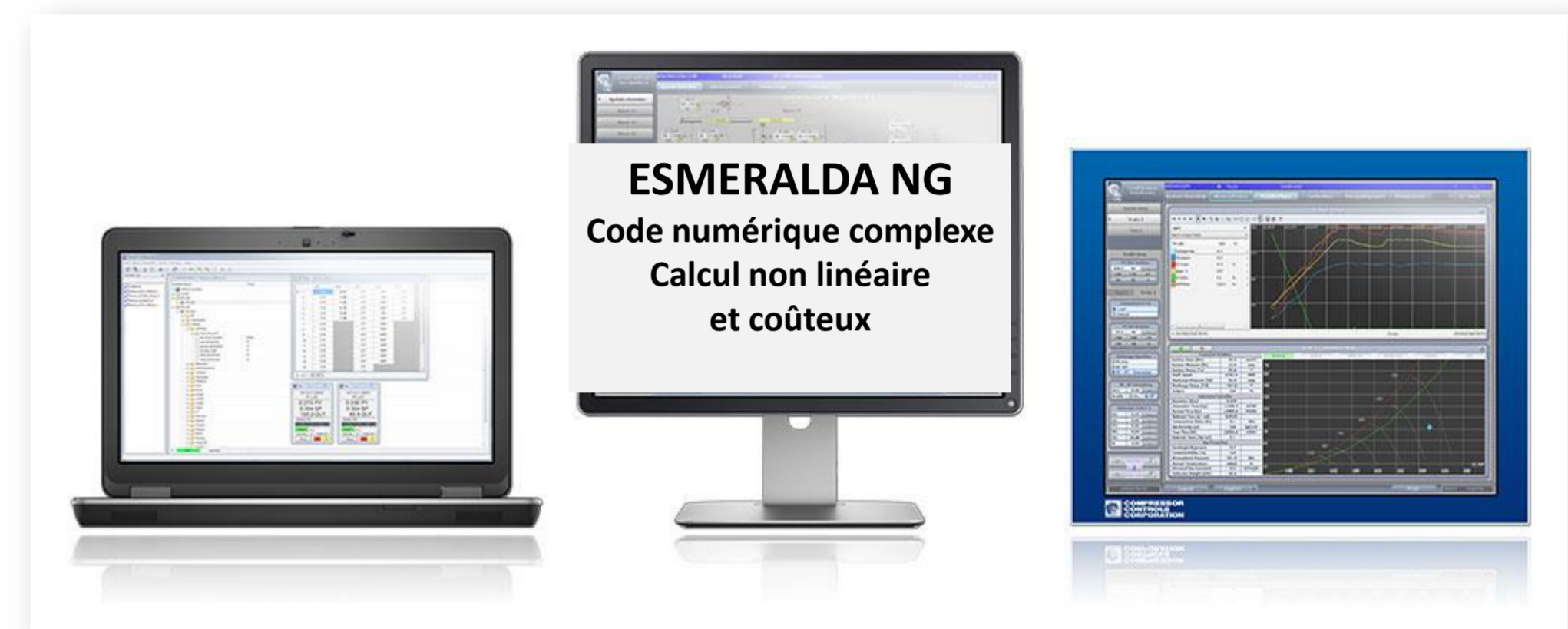


Figure 1. Les principales infrastructures électriques

## 3 - Simulateur ferroviaire

Modèle couplé multi-physique =  
Equations de circuit électrique + dynamique des trains



Grand nombre d'entrées  
(topologie du réseau,  
infrastructures électriques,  
trafic ferroviaire)

Sorties dynamiques : position des  
trains au cours du temps, tension  
au pantographe, puissances et  
échauffements des  
transformateurs,..

## 4 - Objectifs

Question posée:

- Quels sont les ajustements de trafic nécessaires pour respecter les contraintes opérationnelles ? Comment une action d'ajustement affecte-t-elle la sortie ? Laquelle est la plus influente ?

Objectif de l'étude:

- Développer un outil d'aide à la décision pour réorganiser et optimiser le trafic ferroviaire.

Méthode utilisée:

- Analyse de sensibilité

Etude qualitative et quantitative de la façon dont l'incertitude ou la variation de la sortie d'un système peut être réparti entre différentes sources de variation.

Critères d'optimisation:

- ❖ Maximiser la densité du trafic ferroviaire
- ❖ Minimiser le temps de parcours des trains
- ❖ Minimiser les échauffements des transformateurs
- ❖ Minimiser les réductions de vitesse des trains
- ❖ Minimiser les retards de départ des trains

Incident étudié :

- Perte totale d'une sous-station d'alimentation électrique

## 5 - Outil développé

Spécification du problème

L'opérateur définit les éléments suivants:

- Variables d'ajustement du trafic (intervalles entre trains, vitesse de consigne...)
- Plages de variation des variables d'ajustement.
- Indicateurs de performance définissant les solutions acceptables (ex.: niveaux de tensions) .
- Les critères utilisés pour sélectionner des solutions Pareto-optimales

Monte Carlo runs

- Générer l'échantillonnage de l'espace des variables d'ajustement. Un échantillonnage quasi-random est recommandée afin d'éviter les gaps et les clusters dans l'espace échantillonné.
- Exécuter les simulations de trafic à l'aide d'ESMEALDA NG.

Analyse de sensibilité

- Calculer les indices de sensibilité par une méthode d'analyse de sensibilité globale
- Générer les sous-ensembles des solutions acceptables et des solutions non acceptables
- Calculer les fonctions de distribution cumulative de chaque sous-ensemble
- Construire les fronts de Pareto

Choix du trafic réorganisé

- Interpréter les résultats de l'analyse de sensibilité
- Choisir la meilleure solution parmi l'ensemble des solutions, selon le critère défini par l'opérateur

## 5 - Cas d'application & résultats

Test simplifié:

- Une ligne à une voie, alimentée par trois sous-stations (SST)
- Trafic : 10 trains à grande vitesse
- Indicateur de performance: les tensions aux pantographes des trains doivent rester entre 17,5 KV et 27,5 KV
- Panne considérée : perte de la sous-station située au milieu de la ligne => la puissance disponible est limitée => trafic perturbé
- Deux actions d'ajustement prises en compte:
  - ✓ Action 1 : Augmentation de l'intervalle de temps entre deux trains consécutifs
  - ✓ Action 2: Réduction de la vitesse des deux côtés de la sous-station désactivée

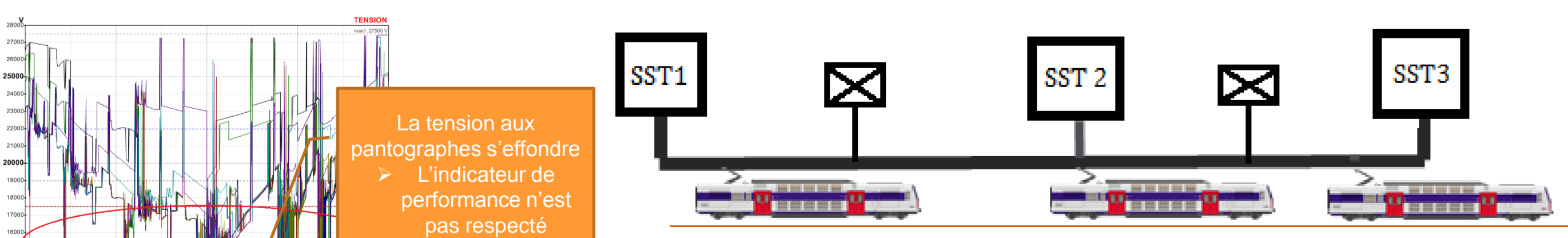
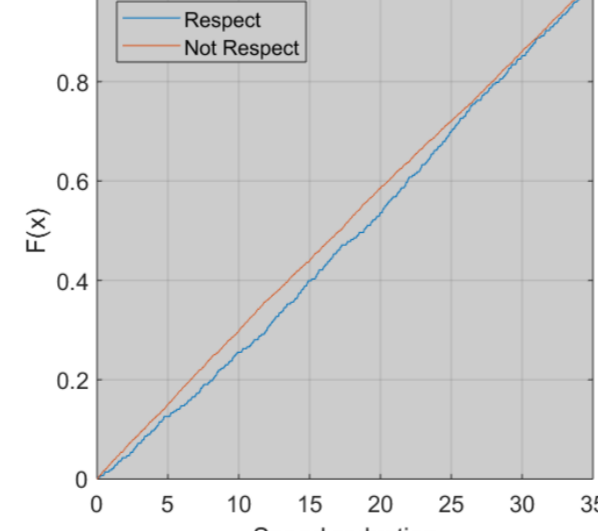
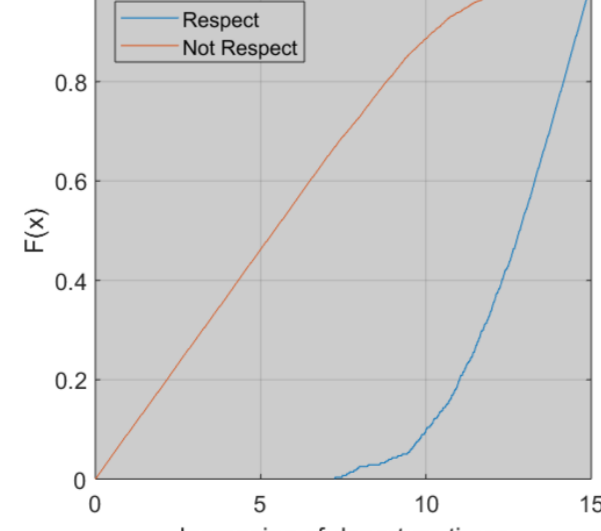
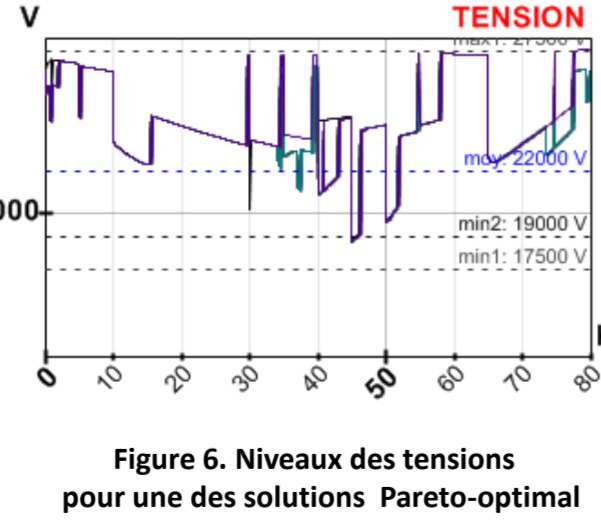
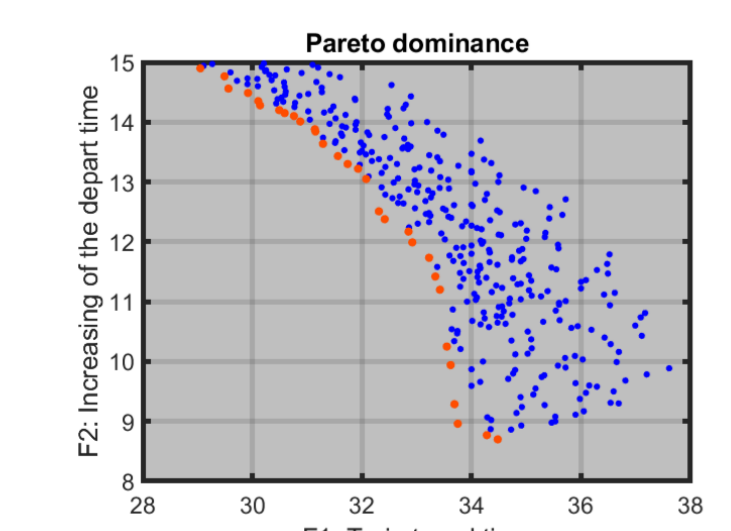


Figure 2. Position des sous-stations (SST) le long de la ligne étudiée. La sous-station au milieu est en panne

Figure 4. Niveaux des tensions en cas de panne.



## 6 - Conclusions

- La réorganisation du trafic ferroviaire en cas d'incident sur une infrastructure électrique (IFTE) est un processus de décision important pour le bon fonctionnement du réseau ferroviaire (2 milliards de minutes perdues chaque année; ≈ 10% dû aux incidents sur les IFTE).
- L'analyse de sensibilité est une méthode efficace pour aider à la prise de décision (monocritère et multicritère)
- La méthodologie proposée génère des informations quantitatives et qualitatives sur les actions d'ajustement afin de guider et soutenir les décideurs et les gestionnaires au cours du processus décisionnel
- L'outil proposé permet aux décideurs de choisir une solution finale parmi un ensemble des solutions optimales selon leurs objectifs

## 7 - Directions futures

- Test de cas correspondants à différentes topologies réelles du réseau.
- Analyse comparative des méthodes d'analyse de sensibilité implémentées.