

UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI OUZOU  
**Faculté de Génie Electrique et d'Informatique**  
*Département d'Electrotechnique*



# Mémoire de fin d'études

En vue d'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Electrotechnique

Option : Réseaux Electriques

## Thème

Optimisation du plan de tension par les manœuvres des équipements statiques du réseau interconnecté de Manantali (RIMA)

Dirigé par :

- ◆ Mr : Slimane Rabahallah
- ◆ Mr : Koni Mallé
- ◆ Mr : Traoré Moulaye

Réalisé par :

- ◆ Mr : Kodio Hassana Issa

- Promotion 2008-2009 -

# REMERCIEMENTS

Ce mémoire est mis en œuvre grâce au tout miséricordieux, le très miséricordieux.  
Je ne saurais commencer sans pouvoir énumérer, remercier des personnes qui se sont déployées pour la réussite de ce travail :

- A mes encadreurs:
  - Mr Slimane Rabahallah chargé de cours
  - Mr Koni Mallaé directeur de l'énergie
  - Mr Moulaye Traoré ingénieur dispatching
- Mme Touré Mariama Diombana employée dans le dispatching
- Mr H. Bessai chargé de cours
- Sans toutefois oublier toutes les personnes qui m'ont aidé de loin et de près.

## DEDICACE

A ma très chère mère Fatoumata Dara dite Dane

## Sommaire

REMERCIEMENTS.....	1
DEDICACE.....	2
Sommaire .....	3
Introduction.....	8
1. Généralités .....	10
1.1. Intérêts de régulation de la tension .....	10
1.2. Outils de régulation de la tension .....	10
1.2.1. Compensateur synchrone .....	11
1.2.2. Compensateurs shunts.....	11
1.2.3. Compensateurs statiques SVC.....	11
1.3. Moyens de régulation de la tension du RIMA (Réseau interconnecté de Manantali), leurs modes opératoires et leurs impacts.....	12
1.3.1. Régulation au niveau des cinq groupes de Manantali .....	12
1.3.2. Régulation au niveau des transformateurs .....	12
1.3.3. Régulation par les manœuvres des réactances.....	13
1.4. Objectifs des travaux.....	14
1.4.1. Optimisations des plans de tension par les manœuvres de réactances .....	14
1.4.2. Configurations optimales .....	14
1.4.3. Risques liées aux configurations.....	14
2. Fonctionnement du réseau .....	16
2.1. Eléments du réseau .....	16
2.1.1 Définition du réseau électrique.....	16
2.1.2 Eléments du réseau .....	16
2.1.3 Réseau Interconnecté de Manantali (RIMA) .....	18
2.1.3.1. La centrale hydroélectrique de Manantali .....	18
2.1.3.2. Système Est.....	18
2.1.3.3. Système Ouest.....	19
2.2. Outils de supervision et de contrôle (Scada) du RIMA.....	21
2.2.1. Rôle du Scada .....	21

2.2.2.	Composants du Scada.....	21
2.2.2.1.	Architecture logicielle :.....	22
2.2.2.2.	Configuration matérielle .....	22
2.3.	Outils de simulation.....	23
2.3.1	Rôle d'un outil de simulation.....	23
2.3.2	Différentes types d'outils de simulation .....	24
2.3.3	Outil de simulation utilisé : PowerWorld .....	24
2.4.	Conduite du réseau .....	24
2.4.1.	Rôle du dispatching .....	24
2.4.2.	Dispatching du RIMA .....	25
2.4.2.1.	Obligations et responsabilités .....	25
2.5.	Détermination des différents paramètres du RIMA pour PowerWorld.....	26
2.5.1.	Paramètres des lignes.....	27
2.5.1.1.	Calcul de la résistance en pu $R_{pu}$ .....	27
2.5.1.2.	Calcul de la réactance en pu $X_{pu}$ .....	27
2.5.1.3.	Calcul de la conductibilité réactive en pu $B_{pu}$ .....	28
2.5.1.4.	Calcul de la conductibilité active en pu $G_{pu}$ .....	28
2.5.1.5.	Récapitulatif.....	29
2.5.2.	Paramètres des transformateurs .....	30
2.5.2.1.	Calcul de l'impédance en pu $Z_{Tpu}$ .....	30
2.5.2.2.	Calcul de la résistance en pu $R_{Tpu}$ .....	30
2.5.2.3.	Calcul de la réactance en pu $X_{Tpu}$ .....	30
2.5.2.4.	Calcul de la conductance en pu $G_{Tpu}$ .....	31
2.5.2.5.	Calcul de l'admittance en pu $Y_{Tpu}$ .....	31
2.5.2.6.	Calcul de la susceptance en pu $B_{Tpu}$ .....	32
2.5.2.7.	Récapitulatif.....	32
2.5.3.	Paramètres des capacités séries .....	33
2.5.4.	Paramètres des réactances shunts.....	33

3.	Manœuvre des réactances .....	35
3.1.	Base de données des manœuvres issues des relevés du Scada.....	35
3.1.1.	Constitution des bases de données.....	35
3.1.1.1.	Transfert des fichiers alarmes du Scada sur Excel.....	35
3.1.1.2.	Recensement des moments des manœuvres des réactances sur les fichiers Excel	36
3.1.2.	Statistiques sur les manœuvres.....	37
3.1.3.	Choix des périodes pour la reconstruction .....	39
3.1.4.	Reconstruction des manœuvres sur le Scada.....	42
3.2.	Etudes des scénarios retenus .....	45
3.2.1.	Statistiques sur les scénarios retenus .....	45
3.2.1.1.	Périodes pour l'analyse à travers le graphique et les valeurs .....	45
3.2.1.2.	Périodes pour l'analyse à travers la simulation.....	45
3.2.2.	Synthèses des études .....	46
3.2.2.1.	Synthèses des études à travers le graphique et les valeurs.....	46
3.2.2.2.	Synthèses des études à travers le simulateur .....	46
3.3.	Simulations des écoulements de charges et des manœuvres .....	47
3.3.1.	Validations des simulations.....	47
3.3.2.	Synthèses des simulations.....	49
4.	Analyses et résultats.....	51
4.1.	Compilation des relevés selon la réactance et la manœuvre .....	51
4.1.1.	Premiers calculs.....	51
4.1.2.	Deuxièmes calculs .....	52
4.2.	Corrélation entre les manœuvres des réactances, les variations du plan des tensions et les variations des charges (Analyse à travers le graphique et les valeurs).....	52
4.2.1.	Corrélation entre les manœuvres et le plan des tensions .....	53
4.2.1.1.	Analyses et interprétations suivant le deuxième calcul .....	53
4.2.1.2.	Conclusion .....	73
4.2.2.	Corrélation entre les variations de tensions et les charges .....	74
4.2.2.1.	Analyses et interprétations .....	74

4.2.2.2. Conclusions.....	79
4.3. Apport des réactances en tension selon les scénarios de production et de charges sur le simulateur.....	79
4.3.1. Scénario de faible production (voir annexe_33 le tableau correspondant).....	82
4.3.2. Scénario de forte production (voir annexe_36 le tableau correspondant) .....	83
4.3.3. Scénario de production moyenne (voir annexe_39 le tableau correspondant) .....	84
4.3.4. Conclusion .....	85
4.4. Scénarios de Load flow optimisé.....	85
4.5. Schémas optimums d'exploitation du RIMA .....	86
4.5.1. Scénario de fortes productions .....	86
4.5.2. Scénario de faibles productions .....	87
4.5.3. Scénario de productions moyennes .....	89
4.6. Recommandations d'améliorations du système .....	90
4.7. Coûts de l'application des recommandations .....	91
5. Conclusion générale .....	93
Liste des tableaux .....	94
Bibliographies .....	96
Annexes .....	97



# Introduction générale





# Introduction

A travers le contrat signé le 26 juillet 2001, la SOGEM (**maître d'ouvrage**) a confié à EEM-sa (**exploitant**), l'exploitation et la maintenance des ouvrages du patrimoine énergie de Manantali (Barrage, ouvrages de production et de transport d'énergie de Manantali).

Ce contrat s'exerce sous des conditions bien particulières :

- Rémunération fixe pour l'exploitant.
- Qualité de service et critères de performance exigés, assortis de pénalités.
- Envergure géographique dominante (le réseau s'étend sur trois pays : Mali, Mauritanie, Sénégal, avec des perspectives imminentes d'extension à la Sous – Région).
- Le dit réseau appelé RIMA (Réseau Interconnecté de Manantali) est composé d'une centrale de 200 MW ( 5 groupes de 40 MW), de plus de 1600 km de lignes HT ( 225, 150 et 90 kV), de 12 postes HT, de 12 réactances (dont 06 de 25 MVAR et 06 de 20 MVAR) et de 05 capacités séries de 7,5 MVAR.
- Suivant les scénarii de charges et de production et le siège des incidents, le RIMA enregistre des surtensions élevées et dangereuses et des phénomènes d'instabilité.

Le présent projet vise à déterminer les schémas (ou topologies) du RIMA, basés sur l'état ouvert ou fermé des équipements de compensation statique, qui offrent les meilleures plans de tension et les moindres risques pour les installations et ce, suivant différents scénarii de charges et de production.

Le projet comportera les étapes suivantes :

- Constituer une base de données fiable des tensions enregistrées avant et après les manœuvres de chaque réactance de 2005 à 2008.
- Simuler des manœuvres de réactances suivant différentes configurations du RIMA dépendant des scénarii de charges et de production et des limites de tension.
- Déterminer les corrélations entre les variations du plan de tension et les variations de charge.
- Dégager les schémas optimum d'exploitation du RIMA.
- Faire les recommandations d'amélioration du système.
- Evaluer le coût de l'application des recommandations.

# Chapitre 1 : Généralités



# 1. Généralités

## 1.1. Intérêts de régulation de la tension

Les réseaux électriques doivent satisfaire les conditions suivantes :

1. Assurer au client la puissance dont il a besoin.
2. Fournir une tension stable dont les variations n'excèdent pas  $\pm 10 \%$  de la tension nominale.
3. Fournir une fréquence stable dont les variations n'excèdent pas  $\pm 0,5$  Hz.
4. Fournir l'énergie à un prix acceptable.
5. Maintenir des normes de sécurité rigoureuses.
6. Veiller à la protection de l'environnement.

Le plan de la tension et la puissance maximale qu'une ligne peut transporter sont deux de ses plus importantes caractéristiques. En effet, la tension d'une ligne doit demeurer assez constante à mesure que la puissance active consommée par la charge varie. Ordinairement, la variation de la tension de zéro à pleine charge ne doit pas dépasser 5 % de la tension nominale, bien qu'on puisse tolérer parfois une régulation allant jusqu'à 10 %.

Une mission importante de l'exploitant d'électricité est de fournir un meilleur plan de tension aussi régulière que possible aux bornes des installations des utilisateurs.

Outre ces obligations à l'égard de ses clients, il est également de son intérêt de minimiser les inconvénients dus à la circulation d'énergies réactives sur l'ensemble de ses réseaux ; il doit en outre respecter un certain nombre de contraintes techniques en matière de tension, afin de garantir le bon fonctionnement de ses matériels.

## 1.2. Outils de régulation de la tension

Divers outils de la régulation sont élaborés afin de garantir la fiabilité du réseau électrique en matière de tension.

Parmi les intérêts des outils de la régulation de la tension est leurs diversités par rapport aux quantités de la régulation de la tension aux différents endroits du réseau électrique.

Le transport de l'énergie électrique à très haute tension crée des problèmes particuliers qui nécessitent l'installation d'énormes appareils de compensation pour maintenir une tension constante et pour garantir la stabilité du réseau.

Dans tous les réseaux de transport, il est nécessaire de maintenir la tension aux différents nœuds dans des limites acceptables. La tension ne doit pas être trop haute, pour des raisons de tenue diélectrique des équipements de transport et de préservation du matériel alimenté, ni trop basse, afin d'alimenter correctement les consommateurs. Il existe toutefois une certaine souplesse dans le réglage de la tension ( $\pm 10\%$ ).

Citons quelques outils de régulation de la tension en les décrivant brièvement :

### **1.2.1. Compensateur synchrone**

C'est une machine synchrone en fonctionnement à vide en régime surexcité ou sous excité, ces machines ont des possibilités entre 20 et 60MVAR en fourniture, 10 et 30MVAR en absorption. La compensation synchrone est économique dans des installations de grande puissance qui exigeraient des batteries de grandes capacités, très coûteuses. Elle présente aussi l'avantage du point de vue des harmoniques de ne pas créer de résonances, elle permet de limiter les courants et les tensions harmoniques. L'inconvénient majeur est que ces machines sont très chères et posent des problèmes difficiles à résoudre, comme le maintien du synchronisme durant un court-circuit sur le réseau alternatif.

Le compensateur synchrone n'est généralement pas utilisé pour la régulation de la tension mais pour la compensation de la puissance réactive.

### **1.2.2. Compensateurs shunts**

Les compensateurs shunts sont constitués d'un ensemble de bancs de condensateurs et/ou de bancs d'inductances qui permettent d'injecter ou de consommer de la puissance réactive qui transite dans le réseau afin d'en limiter les inconvénients. Ce système, shunté sur le réseau, est utilisé à la fois par le distributeur et le consommateur (industries lourdes):

- Le distributeur les place le long des lignes et des câbles pour limiter les chutes de tension ou pour éviter des surtensions.
- Les consommateurs les installent au plus près de leur charge inductive ou capacitive afin de limiter leur consommation ou leur production de puissance réactive qui serait, si celle-ci dépasse les limites maximales, sanctionnée économiquement par le distributeur.

### **1.2.3. Compensateurs statiques SVC**

Il est appelé compensateur statique parce qu'il ne contient aucun élément tournant. La recherche de la performance en technologie est un souci permanent, bien que les batteries de condensateurs en gradins soient une bonne méthode de compensation de l'énergie réactive (plus économique), leur principal inconvénient est qu'ils ont une réponse lente.

L'idée de remplacer les disjoncteurs par les interrupteurs électroniques (thyristors), pour permettre un échange rapide de puissance réactive ainsi qu'une facilité de manœuvre a fait surgir à l'esprit des chercheurs électrotechniciens cette notion de compensateur statique d'énergie réactive.

Le compensateur statique résulte d'une association de condensateur et d'inductance en remplaçant les disjoncteurs par deux thyristors montés en tête-bêche.

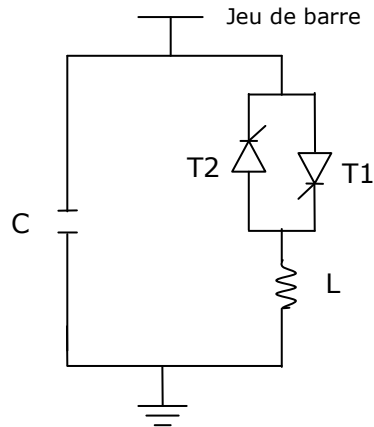


Figure 1.1 : Schéma de principe d'un SVC

Comme on peut remarquer sur le schéma de la figure 1.1, la présence de la capacité et d'un absorbeur se traduit par un échange d'énergie dans les deux sens (absorption/génération).

### 1.3. Moyens de régulation de la tension du RIMA (Réseau interconnecté de Manantali), leurs modes opératoires et leurs impacts

Le réseau de Manantali dispose de trois moyens de régulation de la tension.

#### 1.3.1. Régulation au niveau des cinq groupes de Manantali

Les générateurs peuvent fournir une puissance active (jusqu'à 40 MW) et fournir ou absorber une puissance réactive dans les limites de  $\pm 25$  MVar. Les groupes tentent de maintenir à leurs bornes la tension de consigne.

La variation de la puissance réactive se fait en surexcitant ou en sous excitant le rotor de l'alternateur conformément au réglage simultané de tous les groupes, sinon la puissance réactive produite ou acquise par un groupe serait compensée par les autres groupes.

En fait, ce réglage voit son impact sur les jeux de barres (1/225 kV et 2/225 kV de Manantali) auxquels sont connectés les groupes et par la suite le reste du RIMA.

Les groupes sont limités par les effets thermiques causés par les puissances réactives qu'ils génèrent ou absorbent, et la stabilité puisqu'il faut un minimum de puissance réactive requis pour le rotor pour le bon fonctionnement de la machine.

#### 1.3.2. Régulation au niveau des transformateurs

Le réseau de Manantali dispose des transformateurs avec régleurs en charge à 25 plots et 17 plots pour la régulation de la tension au niveau du secondaire.



Le fait de passer d'une position de prise P1 à une position supérieure entraîne une diminution de la tension primaire et une légère augmentation de la tension du secondaire donc, une augmentation du rapport de transformation du transformateur :

$$m = \frac{U_s}{U_p} \quad 1.1$$

m : Rapport de transformation

$U_s$  : Tension secondaire

$U_p$  : Tension primaire

Tous les transformateurs abaisseurs sont à régulation automatique sauf le transformateur 33/15 kV de Rosso. Le transformateur 225/90 kV de Matam et les deux transformateurs 225/90 kV de Tobène sont en mode manuel. Les régleurs en charge des transformateurs 225/150 kV de Kodialani sont actuellement avariés et hors service.

Les cinq transformateurs élévateurs 11/225 kV ne disposent pas de régleurs en charge.

Pour les transformateurs à 25 plots, les plots extrêmes (P1 et P25) correspondent respectivement à 258,8 kV et 191,3 kV au niveau du primaire et pour les transformateurs à 17 plots 252kV et 198 kV. Au coté secondaire, généralement en mode automatique, la tension est égale à la valeur de consigne fixée par réglage (autour de la tension d'exploitation).

Seuls les transformateurs de 225 /150 kV de Kodialani et celui de 33 /15 kV de Rosso ont 17 plots ; le reste des transformateurs du réseau sont à 25 plots

### ***1.3.3. Régulation par les manœuvres des réactances***

Le principe de base du fonctionnement de la réactance pour la régulation de la tension est d'absorber la puissance réactive sur le réseau pour atténuer le niveau de la tension qui était élevé et de libérer la puissance réactive absorbée pour hausser le niveau de la tension qui était bas.

- Fermer le disjoncteur 225 kV de la réactance pour faire baisser le plan de tension (absorption de l'énergie réactive du réseau par la réactance).
- Ouvrir le disjoncteur 225 kV de la réactance pour faire monter le plan de tension (libération de l'énergie réactive absorbée sur le réseau par la réactance).

Le moyen de régulation de la tension 225 kV sur le RIMA se fait à partir de réactances shunt en bout de ligne et sur les jeux de barres 225 kV. Il y a douze (12) réactances installées dans le RIMA avec six (06) réactances de ligne et six (06) réactances de barres.

Actuellement la réactance de ligne Kayes à Manantali est avariée et hors service.

Les manœuvres de ces réactances font varier la tension 225 kV sur le réseau, mais toutefois les tap changers (régleurs en charge) des transformateurs ajustent la tension secondaire. On ajuste la tension sur les jeux de barre 225 kV de Manantali avec l'excitation des groupes dans des proportions faibles

## **1.4. Objectifs des travaux**

### ***1.4.1. Optimisations des plans de tension par les manœuvres de réactances***

Au cours de l'analyse des manœuvres faites durant les quatre années passées (de 2005 à 2008) et des scénarios de charges que nous aurons à simuler, nous ferons des critiques sur les manœuvres, s'il y a lieu, et donnerons une proposition adéquate pour l'amélioration des plans de tension par les manœuvres des réactances.

### ***1.4.2. Configurations optimales***

Au terme des travaux, nous déterminerons les schémas (ou topologies) du RIMA, basés sur l'état d'ouverture ou de fermeture des réactances, qui offrent les meilleurs plans de tension.

### ***1.4.3. Risques liées aux configurations***

Nous ferons des constats sur les risques pesant sur les installations suivant différents scénarios de charges et de production.

# Chapitre 2: Fonctionnement du réseau



## **2. Fonctionnement du réseau**

### **2.1. Eléments du réseau**

#### **2.1.1 Définition du réseau électrique**

Un réseau d'énergie électrique est un système d'éléments interconnectés qui est conçu

- Pour convertir d'une façon continue de l'énergie qui n'est pas sous forme électrique en énergie électrique.
- Pour transporter l'énergie électrique sur de longues distances.
- Pour transformer l'énergie électrique sous des formes spécifiques soumises à des contraintes bien déterminées.

#### **2.1.2 Eléments du réseau**

Généralement, un réseau électrique de haute tension est composé de centrales de production d'énergie électrique, de transformateurs, de lignes de transport, des éléments de compensation d'énergie réactive (machines synchrones couplées sur le réseau fonctionnant à vide, bancs de condensateurs en shunt sur le réseau,...) et d'impédances (bancs de condensateurs en série sur le réseau,...), et d'autres équipements comme les équipements de protection.

Le schéma ci-dessous illustre le réseau du lieu de la production jusqu'au lieu de la consommation d'énergie électrique.

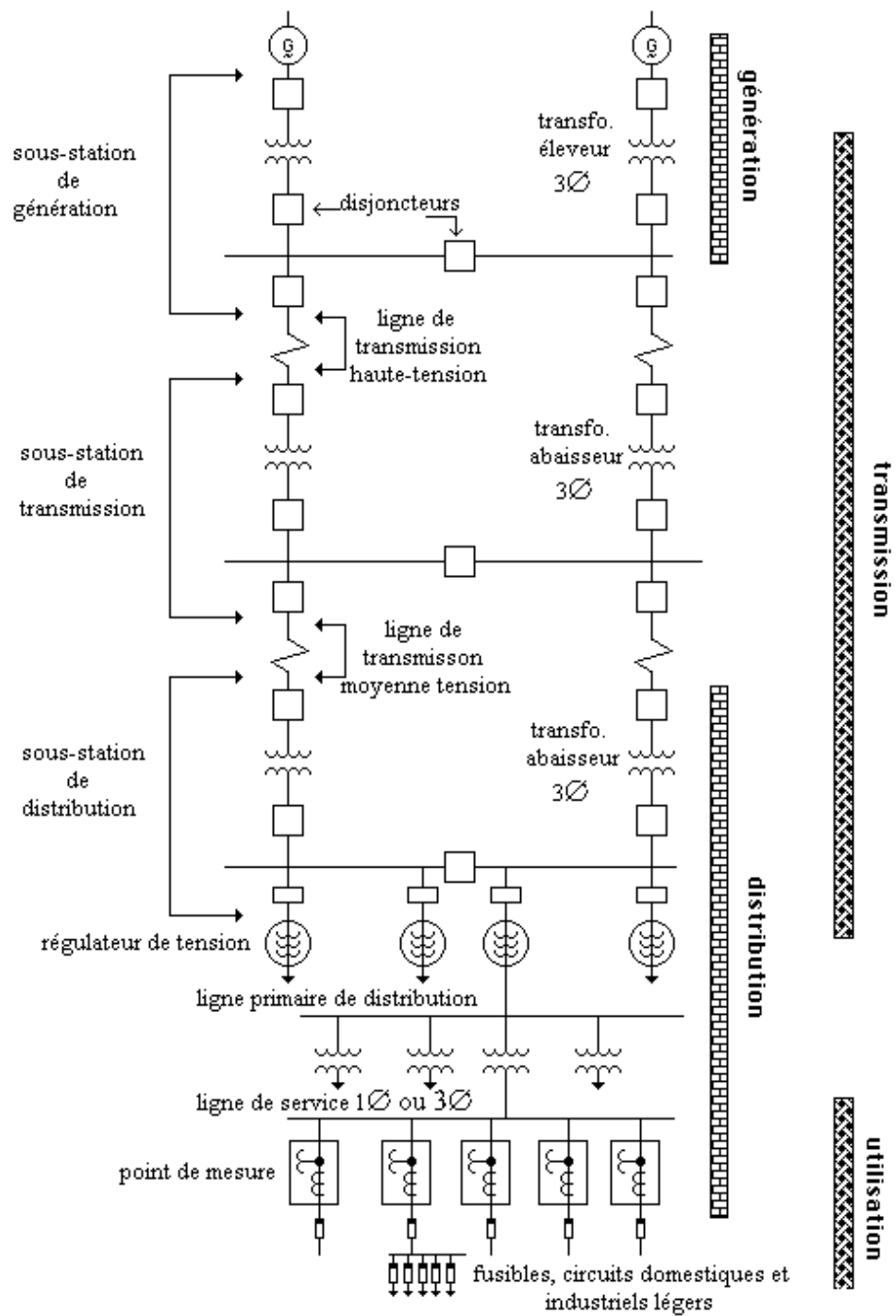


Figure 2.1 : Schéma type d'un réseau d'énergie électrique



### 2.1.3 Réseau Interconnecté de Manantali (RIMA)

Le réseau Interconnecté de Manantali est composé de la centrale hydroélectrique de Manantali et de douze (12) postes répartis entre les systèmes Est et Ouest.

#### 2.1.3.1. La centrale hydroélectrique de Manantali

Le site de Manantali abrite les installations hydro-électriques (barrage, centrale, poste haute tension, dispatching), les bureaux et les cités de logements.

Le barrage de Manantali est situé sur le Bafing à 90 km au sud-est de Bafoulabé au Mali. En juin 1982 ont débuté les travaux de construction de cet ouvrage.

Le barrage de Manantali, tel qu'il a été conçu, est un barrage régulateur hydroélectrique. Il permet entre autres:

- L'irrigation de 225000 ha de terres dans la vallée à la cote normale de 208 m IGN.
- La navigabilité du fleuve Sénégal durant toute l'année de Saint-Louis à Kayes.
- La production d'énergie électrique de 800 GWH par an en moyenne.

La centrale comprend cinq (05) groupes de 41 MW.

Le poste HT de Manantali comprend deux (02) jeux de barres 225 kV, deux départs 225 kV (systèmes Est et Ouest) et une travée 225/30 kV.

#### 2.1.3.2. Système Est

Le système Est est composé d'une ligne de 225 kV d'une longueur de 302 km de Manantali à Kodialani en passant par Kita, et d'une ligne de 150 kV d'une longueur de 22 km de Kodialani à Sirakoro. Il existe deux (02) réactances de lignes. Le poste de Kita est en piquage.

Le tableau ci-dessous montre les différents composants de ce système.

Système Est			
Postes	Transformateurs	Réactances	Lignes
Kita	225/30 kV de 20 MVA		225 kV
Kodialani	2x225/150 kV de 75 MVA	Réactance ligne de 25 MVar	225 kV
Manantali		Réactance ligne de 25 MVar	225 kV
Sirakoro			150 kV

Tableau 2.1 : Composants du système Est

### 2.1.3.3. Système Ouest

Le système Ouest comprend le poste de Kayes et les postes en Mauritanie et au Sénégal. Il y a sept (07) postes en 225 kV et deux (02) en 90 kV.

Systèmes Ouest rive gauche				
Postes	Transformateurs	Réactances	Capacitances	Lignes
Kayes	225/90 kV - 20 MVA	$R_{XL}$ de 25 MVar	$R_{CS}$ de 3*7,5 MVar	225 kV
	225/30 kV – 20 MVA	$R_{XB}$ de 20 MVar		
Matam	225/90 kV - 20 MVA	$R_{XL}$ de 25 MVar	$R_{CS}$ de 3*7,5 MVar	225 kV 90 kV
	225/30 kV – 20 MVA	$R_{XB}$ de 20 MVar	$R_{CS}$ de 3*7,5 MVar	
Dagana	225/30 kV – 20 MVA	$R_{XL}$ de 25 MVar	$R_{CS}$ de 3*7,5 MVar	225 kV
		$R_{XB}$ de 20 MVar	$R_{CS}$ de 3*7,5 MVar	225 kV
Sakal	225/30 kV – 50 MVA	$R_{XB}$ de 20 MVar		225 kV
Tobène	225/30 kV – 75 MVA x 2	$R_{XB}$ de 20 MVar		225 kV
Kaédi	90/15 kV - 10 MVA			90 kV
Boghé	90/15 kV - 10 MVA			90 kV
Rosso	225/33 kV - 20 MVA			225 kV
	33/15 kV-5 MVA			
Nouakchott	225/33 kV - 75 MVA	$R_{XB}$ de 20 MVar		225 kV

Tableau 2.2 : Composants du système Ouest

Le schéma unifilaire et la carte géographique des systèmes du RIMA sont représentés ci-dessous.

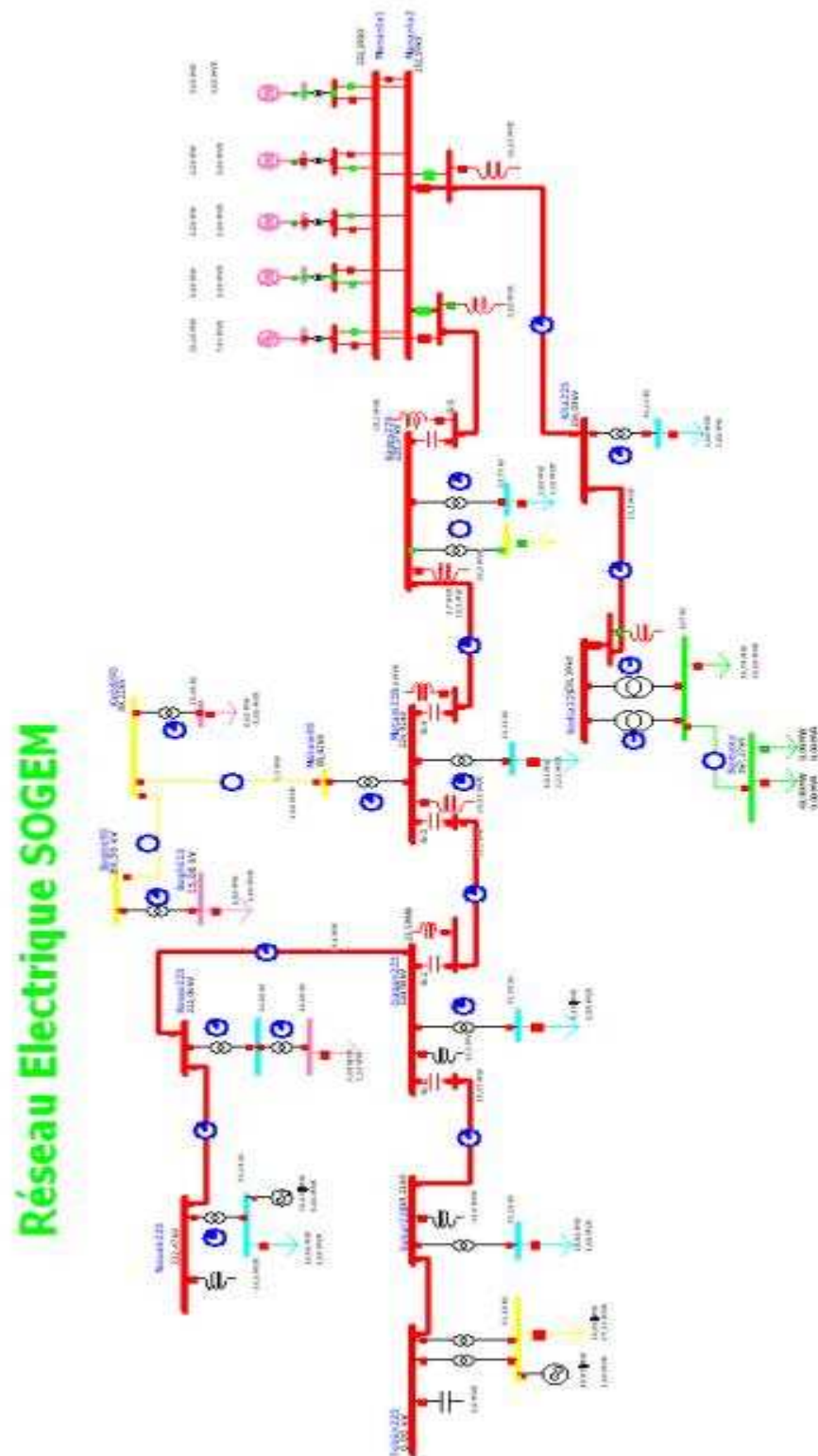


Figure 2.2 : Schéma unifilaire du RIMA

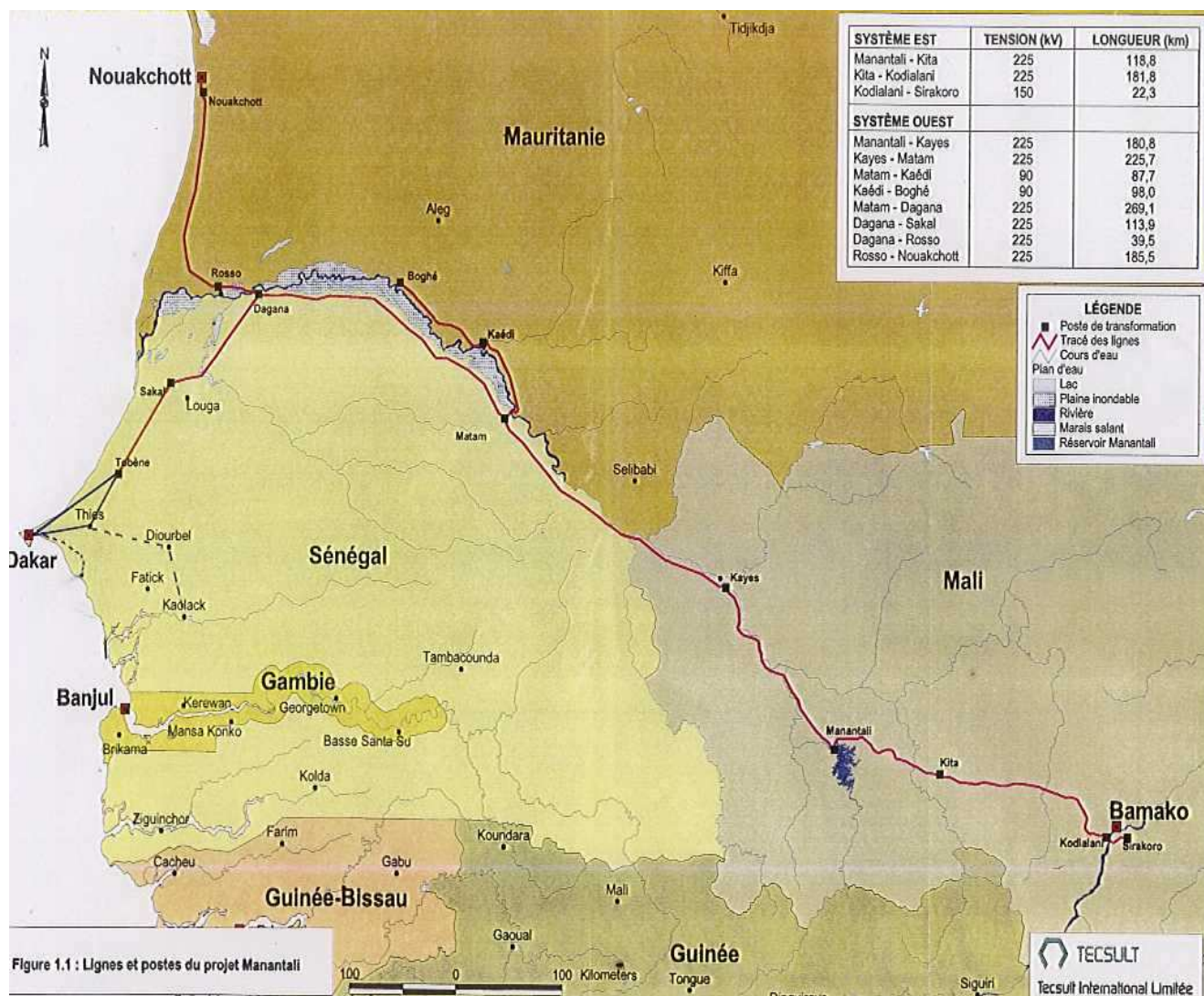


Figure 2.3 : Schéma géographique du RIMA

## 2.2. Outils de supervision et de contrôle (Scada) du RIMA

### 2.2.1. Rôle du Scada

Scada (**S**upervisory **C**ontrol **A**nd **D**ata **A**cquisition) est un ensemble d'outils permettant le contrôle et la supervision des états des équipements du réseau, d'acquérir des données analogiques et numériques (mesure des puissances, tension et fréquence, impulsions de compteur d'énergie, position de disjoncteurs, etc....) sur le réseau en temps réel et de les archiver afin de faire leurs reconstructions à tout moment. Il nous permet de télécommander des équipements de coupure et de faire des études et simulation etc. ....

### 2.2.2. Composants du Scada

Le système proposé est basé sur une plateforme standard ALSPA EMP d' ALSTOM.

Ce logiciel ALSPA EMP est le résultat de l'implication permanente d'ALSTOM depuis plusieurs années dans le domaine des grands systèmes de supervision. Il est composé d'un ensemble de logiciels représentant l'état de l'art dans le domaine des SCADA.

La plateforme EMP se compose :

#### **2.2.2.1. Architecture logicielle :**

- d'un environnement temps réel (RTCE « real time control environnement ») composé d'un ensemble intégré de logiciels et d'outils permettant de créer et d'exécuter des actions en temps réel. Il comprend principalement :
  - un gestionnaire de base de données temps réel (HABITAT).
  - un gestionnaire interface utilisateur graphique (rapport FG).
  - divers logiciels (utilities) permettant la gestion et les échanges des messages entre application, gestion de la configuration informatique, coordination de diverses tâches etc....
- d'un ensemble d'applications dédié à l'analyse primaire (EMP Scada) destiné à la supervision du réseau électrique. Cet ensemble permet de gérer en temps réel un grand nombre de points d'acquisition en provenance de terminaux d'acquisition déportés (RTU).
- d'un ensemble d'applications dédié à l'analyse secondaire orienté production (EMP GENERATION)
- d'un ensemble d'applications dédié à l'analyse secondaire orienté réseau (EMP NETWORK)
- d'un ensemble d'acquisitions dédié à la simulation et l'entraînement des opérateurs (EMP DTS). Cet ensemble n'est pas requis pour le projet Manantali. Par contre, en complément de ces applications de la plate-forme EMP, le logiciel EUROSTAG est intégré dans le système Manantali. Le logiciel d'analyse de stabilité transitoire EUROSTAG s'exécute dans un environnement qui lui est propre et localisé sur le poste opérateur réservé aux études mais non opérationnel au moment de la présente étude.

#### **2.2.2.2. Configuration matérielle**

L'unité d'acquisition RTU (Remote Terminal Unit) est installée dans les postes et il se charge de la collection de données et de la communication avec le dispatching.

Un réseau informatique avec une redondance des différents ordinateurs dédiés permet de faire tous les traitements des informations nécessaires à la conduite du réseau électrique (visualisation des données, génération d'alarmes et de rapport, etc....)

Le schéma ci-dessous représente les principaux composants matériels constituant le système Manantali.



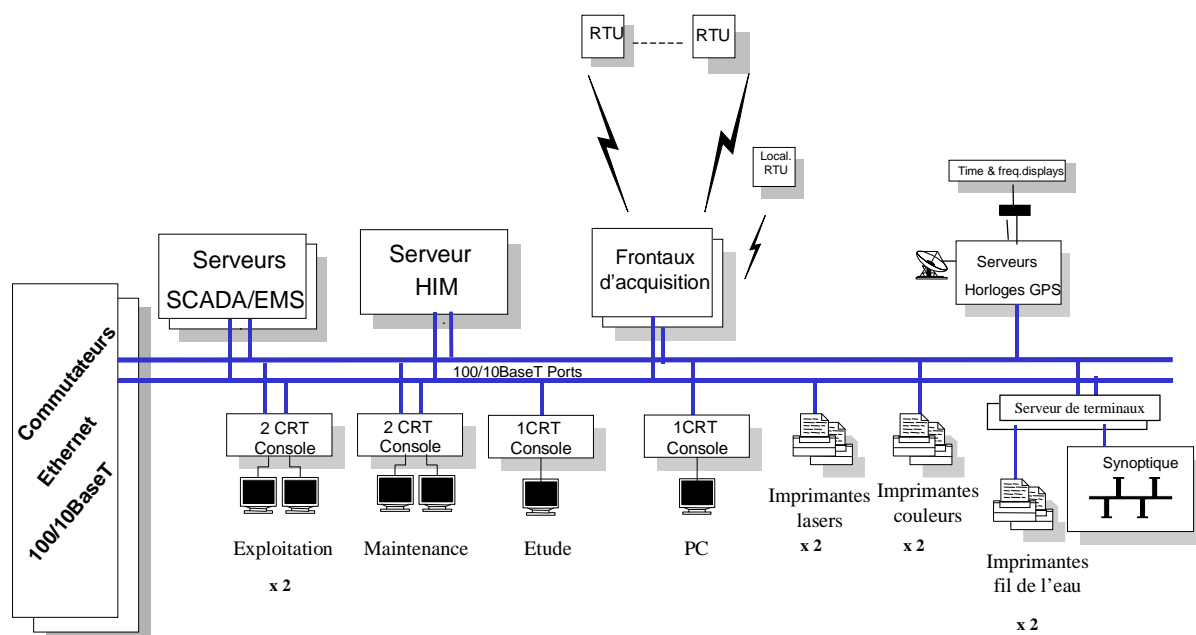


Figure 2.4 : Principaux composants matériels du Scada

## 2.3. Outils de simulation

### 2.3.1 Rôle d'un outil de simulation

L'exploitation des réseaux électriques est une tâche dont la complexité ne cesse de croître. Les décisions doivent intégrer un nombre toujours plus important d'éléments, compte tenu de l'accroissement des échanges entre zones (interconnexion), de la sophistication des matériels et aussi du nombre de contraintes (économiques, environnementales ou liées à la sécurité d'exploitation).

Afin d'optimiser la rentabilité des investissements et de minimiser le coût d'exploitation, les planificateurs et les exploitants doivent disposer de logiciels adéquats pour réaliser, rapidement et de manière fiable, les modélisations et les simulations nécessaires, d'où l'avènement des simulateurs.

Le rôle d'un outil de simulation est d'avoir la solution des grandeurs d'un réseau électrique en fonctionnement normal équilibré, en régime permanent et aussi pendant les incidents ou en régime transitoire. Ces grandeurs sont les tensions aux nœuds, les puissances injectées aux nœuds et celles qui transitent dans les lignes. Les pertes et les courants s'en déduisent.

Un réseau d'énergie électrique contient un ensemble de composants qu'il faut modéliser pour pouvoir établir les équations qui régissent le comportement de l'ensemble.

Les modèles à utiliser seront dépendants de la précision voulue et des moyens de calcul disponibles.

Les équipements à modéliser seront ceux qui ont une influence mesurable sur le comportement d'un réseau, c'est à dire les lignes et les câbles, les transformateurs, les moteurs asynchrones, les moteurs synchrones et les alternateurs.

La modélisation (formulation mathématique) consiste en un groupe d'équations non linéaires reliant les variables aux éléments d'une matrice caractérisant la physique du système. Ces équations sont établies en utilisant les relations de nœud ou de boucle. Leurs coefficients dépendent de la sélection du courant ou de la tension comme variable de base, alors une matrice d'admittances ou d'impédances est utilisée.

La solution du système d'équations décrivant le modèle est basée sur une méthode numérique itérative à cause de leurs non linéarités. Elle doit satisfaire les lois de Kirchhoff dont l'une ou l'autre est utilisée comme test de convergence. Les contraintes considérées sont les limites physiques des génératrices et les tolérances permises sur les amplitudes et les phases des tensions de barres du réseau.

Les études sur un outil de simulation permettent de mieux planifier la construction et l'extension des réseaux électriques ainsi que la conduite et le contrôle de ces réseaux.

### ***2.3.2 Différentes types d'outils de simulation***

De nos jours, différents types d'outils de simulation sont élaborés afin d'améliorer le réseau, tels que Eurostag, Digsilent, Simflow, Powerdesigner, PowerWorld, etc. ...

### ***2.3.3 Outil de simulation utilisé : PowerWorld***

Étant donné l'indisponibilité de l'outil de simulation du dispatching (Eurostag 4.1), nous devrions trouver une solution de rechange afin de pouvoir simuler certains scénarii définis dans le cadre de l'étude. La licence, pour la plupart des logiciels de simulation, coûte chère et les versions d'évaluation sont limitées en capacité et/ou en fonctionnalité.

Nous avons choisi PowerWorld 8 avec une licence universitaire qui comporte toutes les fonctionnalités nécessaires à notre étude.

## **2.4. Conduite du réseau**

### ***2.4.1. Rôle du dispatching***

Le dispatching ou centre de conduite est un maillon essentiel dans un réseau électrique. Il assure la coordination entre les différents acteurs, la surveillance et la conduite tout en respectant les règles d'exploitation sur les systèmes haute tension dans le but de garantir un service de qualité aux clients. Il a pour rôle aussi :

- la conduite du réseau
  - Veiller, à tout instant, à l'équilibre des flux d'électricité. Toute modification de la demande ou de la production d'électricité en un point du réseau se répercute instantanément sur tout le système électrique : Celui-ci doit donc s'adapter en permanence pour que, à tout moment, la production soit strictement égale à la consommation.
  - Un contrôle de l'état des transits de la fréquence et de la tension afin d'honorer les engagements auprès des clients notamment en terme de qualité.
  - Assurer l'exploitation en fonctionnement normal du réseau en toute sécurité et fiabilité. Exploitation signifie les manœuvres de commutations (ouverture ou fermeture de disjoncteurs), de connections (ouverture ou fermeture de sectionneurs), d'essais de sûreté et de mise à la terre.
  - Limiter les conséquences néfastes lors des perturbations sur le réseau en prenant les actions correctives nécessaires pour contenir les incidents.
  - Exécuter les programmes de consignation des générateurs, lignes ou postes lors des travaux d'entretien ou de réparation.
- Assurer la sauvegarde des informations

Le dispatching comme tout centre de conduite dispose d'un journal de l'opérateur où les événements et les communications sont enregistrés de manière chronologique.

### **2.4.2. Dispatching du RIMA**

Le dispatching du réseau interconnecté de Manantali s'inscrit dans le cadre décrit précédemment. Nous vous donnons tout simplement les obligations et responsabilités telles que définies dans la fiche de poste de l'opérateur dispatching :

#### **2.4.2.1. Obligations et responsabilités**

- **Marche de la centrale**
  - Surveiller, en rapport avec l'opérateur de la centrale, la marche de la centrale de Manantali selon les règles d'exploitation en exécutant et en réalisant le programme de production d'énergie électrique
  - Respecter le programme de fourniture d'énergie électrique en prenant soin d'équilibrer la demande et la production et en veillant à la bonne tenue du plan de tension et de la fréquence du réseau.
  - Faire exécuter le programme de consignation des générateurs pour maintenance ou réparation.
- **Bon fonctionnement du réseau de transport**

Assurer la surveillance de la conduite et du fonctionnement du réseau interconnecté haute tension de Manantali, en toute sécurité et fiabilité, selon les normes et directives prescrites :

- En assurant la sécurité du réseau et la sécurité d'alimentation selon les indications de performance.
- En s'assurant que les obligations contractuelles de fourniture d'électricité aux clients sont respectées.

- En veillant, à tout moment, aux règles de sécurité des installations haute tension et du personnel.
- En prenant des actions correctives nécessaires pour contenir les incidents lors des perturbations sur le réseau.

➤ **Etablir le rapport journalier**

- Etablir avec précision, le rapport journalier, le rapport de synthèse des événements apparus sur le réseau interconnecté de Manantali.
- Se conformer aux normes d'hygiène, de sécurité et d'environnement en vigueur au sein d'EEM SA

## **2.5. Détermination des différents paramètres du RIMA pour PowerWorld**

Le simulateur PowerWorld propose les modèles en  $\Pi$  (pi) ou en  $\Gamma$  (gamma) pour la représentation des lignes ou câbles et les transformateurs. Nous avons adopté le modèle en  $\Gamma$  (gamma).

Pour la modélisation des paramètres du RIMA, nous avons besoin des données de bases telles que :

- Pour les lignes :
  - Les résistances directes kilométriques ( $R_d$ ) en  $\Omega/\text{km}$
  - Les réactances directes kilométriques ( $X_d$ ) en  $\Omega/\text{km}$
  - Les capacités kilométriques ( $C_d$ ) en nanofarad/km (nF/km)
  - Les longueurs des différents tronçons des lignes (L) en km.
- Pour les transformateurs :
  - La tension de court circuit en pourcentage ( $U_{cc} \%$ )
  - La puissance de court circuit ( $\Delta P_{cc}$ ) en kW
  - Le courant à vide en pourcentage ( $I_0 \%$ )
  - La puissance à vide ( $\Delta P_0$ ) en kW
  - Les puissances nominales des transformateurs
- Pour les capacités séries :
  - La réactance réelle en  $\Omega$

La plupart des calculs dans les systèmes électriques de puissance se font en traitant des grandeurs adimensionnelles. Ces dernières s'obtiennent en divisant chaque grandeur (tension, courant, puissance, etc. . .) par une grandeur de même dimension, appelée **base**. On dit que les grandeurs sans dimension ainsi obtenues sont exprimées en « **per unit** », ce que l'on note par **pu**.

Dans tout le calcul, nous prendrons  $S_b$  (valeur de base de la puissance) égale à 100MVA et nous prendrons comme tensions de base les tensions nominales des différents tronçons des lignes.

### 2.5.1. Paramètres des lignes

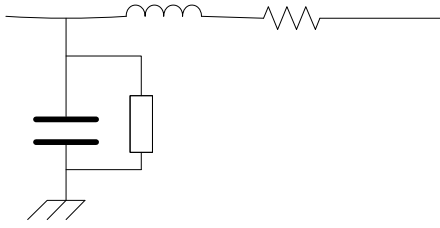


Figure 2.5 : Schéma simplifié d'un tronçon de ligne

#### 2.5.1.1. Calcul de la résistance en pu $R_{pu}$

Ayant  $R_d$  (résistance kilométrique),  $L$  (longueur en fonction des tronçons des lignes) et les valeurs de bases  $S_b$  et  $U_b$ , nous avons calculé  $R_{pu}$  comme suit :

$$R_{pu} = R_d \times \frac{L}{Z_b} \quad 2.1$$

Et nous savons que

$$Z_b = \frac{U_b^2}{S_b} \quad 2.2$$

Ce qui nous amène à poser :

$$R_{pu} = R_d \times L \times \frac{S_b}{U_b^2} \quad 2.3$$

#### 2.5.1.2. Calcul de la réactance en pu $X_{pu}$

Comme précédemment nous avons  $X_d$  (impédance kilométrique),  $L$  (longueur en fonction des tronçons des lignes) et les valeurs de bases  $S_b$  et  $U_b$  permettant de calculer  $X_{pu}$  :

$$X_{pu} = X_d \times \frac{L}{Z_b} \quad 2.4$$

, ayant

$$Z_b = \frac{U_b^2}{S_b} \quad 2.5$$

la formule finale du calcul de  $X_{pu}$  est :

$$X_{pu} = R_d \times L \times \frac{S_b}{U_b^2} \quad 2.6$$



### 2.5.1.3. Calcul de la conductibilité réactive en pu $B_{pu}$

Nous savons que

$$Xc_{pu} = \frac{Xc_d}{Z_b} \quad 2.7$$

Et

$$Xc_d = \frac{1}{\omega \times C_d} \quad 2.8$$

A partir des expressions 2.7 et 2.8, nous obtenons cette expression

$$Xc_{pu} = \frac{1}{Z_b \times \omega \times C_d} \quad 2.9$$

Etant donné

$$B_d = C_d \times \omega = \frac{1}{Xc_d} \quad 2.10$$

Par analogie nous posons la formule comme suit :

$$B_{pu} = C_d \times \omega \times Z_b \quad 2.11$$

Avec

$$Z_b = \frac{U_b^2}{S_b} \quad 2.12$$

la formule finale utilisée est :

$$B_{pu} = \frac{C_d \times \omega \times U_b^2}{S_b} \quad 2.13$$

$C_d$  : capacité kilométrique de la ligne

$B_d$  : conductibilité kilométrique de la ligne

$\omega$ : pulsation électrique =  $2\pi f$  ;  $f = 50\text{hz}$

$B_{pu}$  : conductibilité réactive de la ligne en pu

### 2.5.1.4. Calcul de la conductibilité active en pu $G_{pu}$

Nous négligeons les pertes de puissance dues à l'effet couronne et au courant de fuite (Tension nominale <500 kV).

### 2.5.1.5. Récapitulatif

Les résultats des calculs des différents paramètres des lignes sont indiqués dans les tableaux ci-dessous.

➤ Pour les lignes 225 kV

$S_b$	100,00	MVA
$U_b$	225,00	kV
$Z_b$	506,25	ohm

Tableau 2.3 : Valeurs de bases des tronçons de lignes 225 kV

nœud i	nœud j	$U_n$ kV	$R_d$ ohm/ km	$X_d$ ohm/ km	$C_d$ nF/km	$L$ km	$\omega$ rad*se c	$R_{pu}$	$X_{pu}$	$B_{pu}$
Manantali	Kayes	225	0,0512	0,3095	11,653	184,00	314,16	0,0186	0,1125	0,341
Manantali	Kita		0,0512	0,3095	11,653	118,00		0,0119	0,0721	0,218
Kita	Kodialani		0,0512	0,3095	11,653	188,00		0,0190	0,1149	0,348
Kayes	Matam		0,0512	0,3095	11,653	256,00		0,0259	0,1565	0,474
Matam	Dagana		0,0512	0,3095	11,653	267,00		0,0270	0,1632	0,494
Dagana	Rosso		0,0880	0,427	9,0000	37,00		0,0064	0,0312	0,052
Rosso	Nouakchott		0,0880	0,427	9,0000	189		0,0329	0,1595	0,270
Dagana	Sakal		0,0512	0,3095	11,653	114,00		0,0115	0,0697	0,211
Sakal	Tobène		0,0740	0,1970	11,653	124,00		0,0181	0,0483	0,229

Tableau 2.4 : Paramètres des tronçons de lignes 225 kV

➤ Pour les lignes 90 kV

$S_b$	100,00	MVA
$U_b$	90,00	kV
$Z_b$	81,00	ohm

Tableau 2.5 : Valeurs de bases des tronçons de lignes 90 kV

nœud i	nœud j	$U_n$ kV	$R_d$ ohm/ km	$X_d$ ohm/ km	$C_d$ nF/km	$L$ km	$\omega$ rad*se c	$R_{pu}$	$X_{pu}$	$B_{pu}$
Matam	Kaédi	90	0,1460	0,4126	9,0000	87,00	314,16	0,1568	0,4432	0,019
Kaédi	Boghé					99,00		0,1784	0,5043	0,022

Tableau 2.6 : Paramètres des tronçons de lignes 90 kV

### 2.5.2. Paramètres des transformateurs

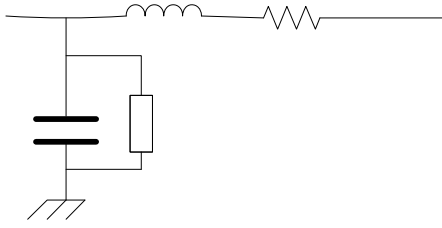


Figure 2.6 : Schéma simplifié d'un tronçon de transformateur

Tous les calculs des paramètres des transformateurs sont ramenés au coté haute tension.

#### 2.5.2.1. Calcul de l'impédance en pu $Z_{Tpu}$

Nous avons

$$Z_T = \frac{U_{cc}(\%) \times U_n^2}{100 \times S_{Tn}} \quad 2.14$$

$$Z_{Tpu} = \frac{Z_T}{Z_b} \quad 2.15$$

Rappelons que nous prenons toujours  $U_b = U_n$  ce qui nous donne l'expression suivante.

$$Z_b = \frac{U_b^2}{S_b} = \frac{U_n^2}{S_b} \quad 2.16$$

Les expressions 2.14 et 2.16 dans 2.15 nous donnent une expression globale :

$$Z_{Tpu} = \frac{U_{cc}(\%) \times S_b}{100 \times S_{Tn}} \quad 2.17$$

#### 2.5.2.2. Calcul de la résistance en pu $R_{Tpu}$

Comme précédemment :

$$R_T = \frac{\Delta P_{cc} \times U_n^2}{S_n^2} \quad 2.18$$

$$R_{Tpu} = \frac{R_T}{Z_b} \quad 2.19$$

Les expressions 2.18 et 2.16 dans 2.19 nous ramènent à une expression globale :

$$R_{Tpu} = \frac{\Delta P_{cc} \times S_b}{S_n^2} \quad 2.20$$

#### 2.5.2.3. Calcul de la réactance en pu $X_{Tpu}$

A partir des expressions 2.17 et 2.20, les calculs ont été faits compte tenu des relations qui existent entre eux :

$$X_{Tpu} = \sqrt{(Z_{Tpu}^2 - R_{Tpu}^2)} \quad 2.21$$

#### 2.5.2.4. Calcul de la conductance en pu $G_{Tpu}$

$G_T$  (paramètre active correspondant au noyau) causant aux pertes de puissance actives dans le noyau (correspondant au courant de Foucault)

Les paramètres permettant de calculer  $G_T$  sont les pertes de puissance à vide ( $\Delta P_0$ ) et la tension nominale côté primaire ( $U_n$ ) :

$$G_T = \frac{\Delta P_0}{U_n^2} \quad 2.22$$

On a aussi

$$G_{Tpu} = \frac{G_T}{Y_b} \quad 2.23$$

Et si on néglige la mutualité entre Z et Y on a

$$Y_b = \frac{S_b}{U_b^2} = \frac{1}{Z_b} \quad 2.24$$

En remplaçant les expressions 2.22 et 2.24 dans l'expression 2.23 ; on aura une formule globale :

$$G_{Tpu} = \frac{\Delta P_0}{S_b} \quad 2.25$$

#### 2.5.2.5. Calcul de l'admittance en pu $Y_{Tpu}$

$Y_T$  (paramètre causant les pertes de puissance dans le noyau) est déterminé par les paramètres  $I_0(\%)$  (le courant à vide en pourcentage),  $S_n$  (la puissance nominale), et  $U_n$  (la tension nominale).

$$Y_T = \frac{(I_0(\%) \times S_n)}{(100 \times U_n^2)} \quad 2.26$$

En unités réduites on a :

$$Y_{Tpu} = \frac{Y_T}{Y_b} \quad 2.27$$

En remplaçant les expressions 2.26 et 2.24 dans l'expression 2.27 ; on aura une formule globale :

$$Y_{Tpu} = \frac{(I_0(\%) \times S_n)}{(100 \times S_b)} \quad 2.28$$

### 2.5.2.6. Calcul de la susceptance en pu $B_{Tpu}$

BT (paramètre réactif correspondant au noyau) causant des pertes de puissance réactives dans le noyau (courant de magnétisation du noyau).

$$\text{Comme } Y_T = \sqrt{(G_T^2 + B_T^2)} \quad 2.29$$

En déduisant à partir de l'expression 2.29, on a :

$$B_{Tpu} = \sqrt{(Y_{Tpu}^2 - G_{Tpu}^2)} \quad 2.30$$

### 2.5.2.7. Récapitulatif

Les résultats des calculs des différents paramètres des lignes sont illustrés dans le tableau ci-dessous.

Postes	Type	$S_n$	$U_{cc}$	$I_0$	$\Delta P_0$	$\Delta P_{CC}$	$R_{Tpu}$	$X_{Tpu}$	$Z_{Tpu}$	$G_{Tpu}$	$B_{Tpu}$	$Y_{Tpu}$
	kV	MVA	(%)	(%)	kW	kW	$10^{-4}$					
			$10^{-2}$									
Manantali	11/225	47	11,6 4	0,49	39	122,92	56	2476	2477	4	23	23
Kita	225/30	20	1023	6	1160	8910	223	5110	5115	1	0	1
Kodialani	225/150	75	975	9	3170	21430	38	1299	1300	3	6	7
Kayes	225/90	20	1019	6	1160	10220	256	5089	5095	1	0	1
	225/30	20	1027	6	1150	8900	223	5130	5135	1	0	1
Matam	225/90	20	1019	6	1160	10220	256	5089	5095	1	0	1
	225/30	20	1027	6	1150	8900	223	5130	5135	1	0	1
Dagana	225/30	20	1027	6	1150	8900	223	5130	5135	1	0	1
Sakal	225/30	20	1027	6	1150	8900	223	5130	5135	1	0	1
Tobène	225/90	75	995	9	3200	21320	38	1327	1327	3	6	7
Rosso	225/33	20	997	20	4045	25363	45	1329	1329	4	14	15
	33/15	20	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Nouakchott	225/33	75	997	20	4045	25363	45	1329	1329	4	14	15
Kaédi	90/15	10	1200	9	600	5000	60	10000	10000	0	120	120
Boghé	90/15	10	1200	9	600	5000	60	10000	10000	0	120	120

Tableau 2.7 : Paramètres des transformateurs

ND : Non Déterminé

- Transformateurs 225/90 kV de Matam= transformateurs 225/90 kV de Kayes.
- Transformateurs 225/30 kV de Matam, Dagana, Sakal=transformateurs 225/30 kV de Kayes.
- Grossièrement nous avons pris les valeurs du transformateur 225/33 kV de Nouakchott=transformateur 225/33 kV alors qu'ils n'ont pas les mêmes puissances nominales.
- Nous n'avons aucune information sur les paramètres du second transformateur 33/15 kV de Rosso.

### 2.5.3. Paramètres des capacités séries

Nous n'avons qu'une valeur à déterminer, celle de la réactance  $X_c$ .

#### 2.5.3.1. Calcul de la réactance en pu $X_{cpu}$

Connaissant  $X_c$ , il nous suffit de calculer  $X_{cpu}$ ,  $Z_b$  étant connu.

$$X_{cpu} = \frac{X_c}{Z_b} \quad 2.31$$

#### 2.5.3.2. Récapitulatif

Les résultats des calculs du paramètre de la capacité série sont illustrés dans le tableau ci-dessous.

$Q_{cn}$	$U_n$	$X_c$	$R_c$	$S_b$	$U_b$	$Z_b$	$X_{cpu}$
MVar	kV	$\Omega$	$\Omega$	MVA	kV	$\Omega$	/
3*7,5	225	30	0	100	225	506,25	0,05926

Tableau 2.8 : Paramètres des capacités séries

### 2.5.4. Paramètres des réactances shunts

Les réactances shunts sont paramétrées par leurs capacités d'absorber la puissance réactive. On a deux sortes de réactances selon leurs puissances réactives. Voir le tableau ci-dessous pour plus d'illustrations.

Paramètre des réactances shunts	
Réactances barres	20 MVar
Réactances lignes	25 MVar

Tableau 2.9 : Paramètres des réactances shunts

....

# Chapitre 3 : Manœuvre des réactances



## 3. Manœuvre des réactances

### 3.1. Base de données des manœuvres issues des relevés du Scada

#### 3.1.1. Constitution des bases de données

Pour la constitution des bases de données des manœuvres, nous avons utilisé le journal complet du SCADA. Le SCADA comporte une application « Alarme » qui génère des alarmes suite à tous les événements sur le réseau électrique et sur l'ensemble de la plateforme EMP (changement d'état, dépassement de limites, erreur systèmes, etc.). Toutes ces alarmes sont archivées continuellement et un fichier est généré quotidiennement (de 08h00 J-1 à 08h00 J).

Nous avons considéré les fichiers alarmes du 1er janvier 2005 au 31 décembre 2008 et nous les avons parcouru afin de déceler les moments où une réactance du RIMA a été manœuvrée.

##### 3.1.1.1. Transfert des fichiers alarmes du Scada sur Excel

Etant donné le nombre important de fichiers alarmes, nous avons utilisé Microsoft Excel pour les éditer et les parcourir (nous avons au moins un fichier à traiter pour une journée, si nous comptabilisons dans l'année, cela fait au moins 365 fichiers à traiter).

Les fichiers édités sous Excel contiennent, en plus des moments des manœuvres des réactances, tous les événements et alarmes d'action passés sur le RIMA. Nous vous donnons ci-dessous un extrait du fichier alarme du 1er janvier 2008 édité sous Excel.

50000	01/08/	11:29	PRI1 SAKAL TRANSF T1 (225/30/15KV)	
( AD)	2005 /	:07	* PLT1 VALEUR IN	CORRECTE
			VALEUR INCORRECTE 0.0 VALEUR LIMITE	1.0
50000	01/08/	11:29	PRI1 SAKAL TRANSF T1 (225/30/15KV)	LA VALEUR
( AE)	2005 /	:07	* PLT1 RETOUR A	CORREC
			VALEUR AVANT 23.0	
			VALEUR ACTUELLE 24.0	
50000	01/08/	11:29	PRI2 SAKAL TRANSF T1 (225/30/15KV)	
( AF)	2005 /	:09	* PLOT SEUIL OPE	R. HAUT
			VALEUR ACTUELLE 24.0 OPER VALEUR	
			LIMITE HAUTE 24.	0
70000	01/08/	11:29	PRI5 KAYES DISJON 225 QF1 REACTANCE 2	COMMANDE
( 07)	2005 /	:58	OUE OUVRI	ENVOYEE
			PAR STATION1	
50000	01/08/	11:30		
( B0)	2005 /	:01	PRI1 KAYES DISJON 225 QF1 REACTANCE 2	OUE OUVERT
50000	01/08/	11:30	PRI1 KAYES TRANSF T1 (225/30/15KV)	
( B1)	2005 /	:43	* PLT1 VALEUR IN	CORRECTE
			VALEUR INCORRECTE 0.0 VALEUR LIMITE	1.0



50000	01/08/	11:30	PRI1 MATAM TRANSF T2 (225/90/15KV)	
( B2)	2005 /	:43	* PLT1 VALEUR IN	CORRECTE
			VALEUR INCORRECTE 0.0 VALEUR LIMITE	1.0
50000	01/08/	11:30	PRI1 MATAM TRANSF T2 (225/90/15KV)	LA VALEUR
( B3)	2005 /	:45	* PLT1 RETOUR A	CORREC
			VALEUR AVANT 12.0	
			VALEUR ACTUELLE 11.0	
50000	01/08/	11:30	PRI1 KAYES TRANSF T1 (225/30/15KV)	LA VALEUR
( B4)	2005 /	:45	* PLT1 RETOUR A	CORREC
			VALEUR AVANT 17.0	
			VALEUR ACTUELLE 16.0	
50000	01/08/	11:30	PRI1 SAKAL TRANSF T1 (225/30/15KV)	
( B5)	2005 /	:45	* PLT1 VALEUR IN	CORRECTE
			VALEUR INCORRECTE 0.0 VALEUR LIMITE	1.0
50000	01/08/	11:30	PRI1 SAKAL TRANSF T1 (225/30/15KV)	LA VALEUR
( B6)	2005 /	:47	* PLT1 RETOUR A	CORREC
			VALEUR AVANT 24.0	

Selon le type d'alarme, le message affiché peut varier dans le contenu (une ligne pour l'ouverture d'un disjoncteur et trois lignes pour un changement de prise d'un régleur en charge).

### ***3.1.1.2. Recensement des moments des manœuvres des réactances sur les fichiers Excel***

Les fichiers édités sous Excel ne comportaient pas exactement le même nombre de colonnes. Nous avons dû faire un premier traitement pour uniformiser le contenu et ensuite nous avons assemblé les fichiers journaliers pour avoir un tableau mensuel.

Nous avons procédé par des tris (fonction intégrée dans Excel) pour faire le recensement des manœuvres de réactance :

- Nous avons effectué un premier tri pour voir tous les messages de manœuvres de réactance. Ceci nous donnait deux messages par manœuvre :

Exemple:

03/08/09 11:47:10 TOBENE DISJON 225 QF1 REACTANCE 1 OUFÉ OUVERT

03/08/09 11:47:06 TOBENE DISJON 225 QF1 REACTANCE 1 PAR STATION1 OUFÉ OUVRIR  
COMMANDE ENVOYEE

OUFÉ : ouvrir fermer ou ouvert fermé

Par la suite nous avons effacé les deux lignes non significatives pour l'étude.

- Nous avons effectué un deuxième tri pour classer les manœuvres selon le poste et la réactance.

Nous présentons ci-dessous un extrait du résultat

01/01/2005	19:01:31	SAKAL REACTANCE 1	OUVERT
01/01/2005	22:40:40	SAKAL REACTANCE 1	FERME
01/01/2005	22:40:45	SAKAL REACTANCE 1	FERME
01/02/2005	01:18:25	TOBENE REACTANCE 1	FERME
01/02/2005	01:18:29	TOBENE REACTANCE 1	FERME
01/02/2005	09:23:33	TOBENE REACTANCE 1	OUVERT
01/02/2005	18:34:22	SAKAL REACTANCE 1	OUVERT
01/02/2005	19:26:09	MATAM REACTANCE 2	OUVERT
01/02/2005	19:27:25	DAGANA REACTANCE 2	OUVERT
01/02/2005	20:41:15	DAGANA REACTANCE 2	FERME
01/02/2005	22:31:03	MATAM REACTANCE 2	FERME
01/02/2005	23:27:53	SAKAL REACTANCE 1	FERME
01/03/2005	00:09:16	TOBENE REACTANCE 1	FERME
01/03/2005	07:11:22	TOBENE REACTANCE 1	OUVERT
01/03/2005	15:27:18	SAKAL REACTANCE 1	OUVERT
01/03/2005	19:36:22	MATAM REACTANCE 2	OUVERT
01/03/2005	22:39:11	MATAM REACTANCE 2	FERME
01/03/2005	23:08:27	SAKAL REACTANCE 1	FERME
01/04/2005	00:50:03	TOBENE REACTANCE 1	FERME
01/04/2005	06:22:16	TOBENE REACTANCE 1	OUVERT
01/04/2005	11:56:36	SAKAL REACTANCE 1	OUVERT
01/05/2005	06:47:56	SAKAL REACTANCE 1	OUVERT
01/04/2005	23:49:58	SAKAL REACTANCE 1	FERME
01/04/2005	19:02:17	MATAM REACTANCE 2	OUVERT
01/04/2005	23:08:37	MATAM REACTANCE 2	FERME
01/05/2005	19:08:40	DAGANA REACTANCE 2	OUVERT
01/05/2005	19:54:52	MATAM REACTANCE 2	OUVERT

### ***3.1.2. Statistiques sur les manœuvres***

Nous ne pouvons pas établir une statistique complète sur toute la période choisie au préalable (2005-2008) puisque nous ne disposons pas de tous les fichiers alarmes Scada à certaines dates. Le tableau 3.1 ci-dessous donne la situation des fichiers alarmes Scada traités et ceux indisponibles.

Fichiers manquants en jour				
Mois	Année			
	2005	2006	2007	2008
Janvier	D	D	D	D
Février	D	D	De 20 à 28	D
Mars	D	D	D	D
Avril	D	D	Une partie de 30	10, 11 ; de 25 à 30
Mai	D	D	D	Sauf 17, 18,19
Juin	D	D	D	D
Juillet	D	D	D	3, 13,14
Août	D	D	D	D
Septembre	D	D	D	D
Octobre	D	D	31	D
Novembre	D	D	1	D
Décembre	D	1	Sauf le 1	31

Tableau 3.1 : Statistiques sur les manœuvres

D: Disponible (tous les fichiers du mois traités)

Les chiffres indiquent le nombre de jours dans le mois correspondant aux fichiers manquants.

Le tableau ci-dessous indique le nombre mensuel de manœuvres pour chaque année.

Synthèse des manœuvres				
Mois	Année			
	2005	2006	2007	2008
Janvier	168	186	125	200
Février	188	189	140	208
Mars	218	248	196	195
Avril	197	243	222	136
Mai	227	210	184	16
Juin	177	254	177	238
Juillet	173	182	186	248
Août	164	201	186	216
Septembre	207	183	219	229
Octobre	178	206	215	308
Novembre	164	200	236	252
Décembre	209	140	1	149
Maximum	227	254	236	308
Minimum	164	140	125	149

Tableau 3.2 : Synthèses des manœuvres

- Les chiffres en rouge indiquent le maximum des nombres de manœuvres au cours de l'année
- Les chiffres en vert indiquent le minimum des nombres de manœuvres au cours de l'année

**NB :** Dans la détermination des maxima et minima nous avons ignoré les chiffres de décembre 2007 et de Mai 2008 en tenant compte du nombre important de fichiers manquants.

### **3.1.3. Choix des périodes pour la reconstruction**

Notre étude se fera sur différentes périodes de l'année ; des périodes de fortes charges, des périodes de faibles charges et aussi des périodes des fortes manœuvres et des périodes de faibles manœuvres des réactances.

D'autre part, nous avons tenu compte des changements temporaires de scenarios de production dans le réseau notamment l'installation de deux centrales de 40 MW (AGGREKO) produisant pour le compte du RIMA (Sogem). La première centrale AGGREKO 1 était à Dakar du 26 mars au 15 novembre 2007. La deuxième centrale AGGREKO 2 à Nouakchott produit au compte de la Sogem du 15 août 2007 au 15 août 2008 ; elle continue de produire au compte de EDM-SA.

A partir de ces considérations les choix des périodes sont basés sur trois critères que nous développons ci-dessous.

#### **3.1.3.1. Premier critère : choix à partir des nombres de manœuvres**

Il est basé sur les nombres de manœuvres faites au cours des années de 2005 à 2008. Ces nombres de manœuvres sont classés par mois comme indiqué dans le tableau 3.3 en faisant ressortir le nombre de manœuvres (maximum et minimum).

Pour chaque année, nous avons choisi les mois avec le maximum et ceux avec le minimum de manœuvres ; nous avons reparti les manœuvres par semaine du mois considéré. De cette répartition nous avons considéré la semaine du maximum ou du minimum de manœuvres selon le cas, ensuite nous avons choisi trois (03) jours dans la semaine correspondante.

Le tableau suivant indique les périodes devant faire l'objet de reconstruction des manœuvres selon le critère du nombre.

<b>Choix des périodes en se basant sur les nombres de manœuvres</b>				
<b>Année</b>	<b>Maximum</b>		<b>Minimum</b>	
	<b>Mois</b>	<b>Jour</b>	<b>Mois</b>	<b>Jour</b>
<b>2005</b>	Mai et Juin	Du 30 mai (de 08h) au 1 <sup>er</sup> juin (à 08h)	Novembre	Du 15 (de 08h) au 17 (à 08h)
<b>2006</b>	Juin	Du 09 (de 08h) au 11 (à 08h)	Décembre	Du 17 (de 08h) au 19 (à 08h)
<b>2007</b>	Novembre	Du 05 (de 08h) au 07 (à 08h)	Janvier	Du 27 (de 00h) au 29 (à 08h)
<b>2008</b>	Octobre	Du 15 (de 08) au 17 (22h)	Janvier et Décembre	De 12 à 14 Janvier et 08 Décembre (de 00h à 01h)

Tableau 3.3 : Choix des périodes en se basant sur les nombres de manœuvres

Compte tenu de l'indisponibilité des fichiers Scada pour la reconstruction de la période antérieure à juillet 2006, le nombre de manœuvres reconstruites n'est plus conforme exactement au tableau précédent.

- Aucune manœuvre de 2005 ne sera reconstruite
- Aucune manœuvre du 1er Janvier au 30 Juin 2006 ne sera reconstruite. Pour les besoins de notre étude, nous avons remplacé les périodes de Juin par des jours de Juillet.

- En 2008, nous avons obtenu deux minimums successifs, ce qui nous a amené à prendre les périodes de Janvier et Décembre

### 3.1.3.2. Deuxième critère : choix à partir des scénarios de charges (puissance produite)

Il est basé sur les scénarios de charges (puissance produite) observés au cours des années de 2005 au 2008.

A partir des relevés horaires de paramètres du SCADA, nous avons compilé un tableau indiquant le maximum, la moyenne et le minimum de la puissance produite du mois.

En bas du tableau nous avons indiqué le maximum et le minimum de puissance produite pour chaque année en fonction du mois. Le tableau ci-dessous illustre bien la production de Manantali de janvier 2005 à décembre 2008.

<b>Synthèse des relevés de puissance produite en excluant les productions de moins de 20 MW</b>												
<b>Année</b>	<b>2005</b>			<b>2006</b>			<b>2007</b>			<b>2008</b>		
<b>Scénario</b>	<b>Max</b>	<b>Moy</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Moy</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Moy</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Moy</b>	<b>Min</b>
<b>Janvier</b>	142,26	63,61	29,21	159,89	76,23	30,30	100,31	60,35	32,91	151,26	66,20	21,26
<b>Février</b>	158,76	75,56	30,42	159,76	88,80	51,73	85,54	58,40	37,09	155,39	76,84	23,53
<b>Mars</b>	177,43	89,62	23,84	198,17	105,84	58,57	148,71	74,74	26,89	191,01	86,90	20,67
<b>Avril</b>	199,26	103,41	44,59	191,13	107,28	60,28	131,90	69,69	23,40	193,76	97,89	27,11
<b>Mai</b>	184,81	89,73	37,63	181,40	105,58	39,39	123,16	67,52	23,24	183,92	103,63	21,14
<b>Juin</b>	177,09	100,77	40,31	180,44	109,45	39,25	125,36	61,04	20,49	173,26	114,27	28,88
<b>Juillet</b>	185,88	127,99	40,29	170,96	108,65	43,49	121,74	71,92	21,71	168,77	97,49	21,64
<b>Août</b>	187,49	96,23	40,14	133,42	68,59	26,05	130,71	58,72	20,29	154,66	85,17	23,10
<b>Septembre</b>	175,95	103,79	38,65	150,09	69,68	23,80	144,70	66,89	20,35	161,93	94,78	21,48
<b>Octobre</b>	189,24	115,62	33,14	184,16	94,46	2,30	143,10	61,46	20,03	199,42	108,09	22,50
<b>Novembre</b>	198,81	119,74	54,10	188,85	106,03	43,88	156,63	71,94	20,11	158,71	60,83	20,04
<b>Décembre</b>	198,08	105,16	31,42	ND	ND	ND	151,24	61,61	20,49	187,21	44,62	20,00
<b>Maximum</b>	199,26			198,17			156,63			199,42		
<b>Minimum</b>	23,84			23,80			20,03			20,00		

Tableau 3.4 : Synthèse des relevés de puissance produite en excluant les productions de moins de 20 MW

- Les chiffres en rouge correspondent au maximum de charges (puissance produite) dans l'année.
- Les chiffres en vert correspondent au minimum de charges (puissance produite) dans l'année.
- ND = Non Disponible
- Pour le mois : Max= maximum, Moy= moyenne, Min= minimum

A chaque valeur extrême de charge correspond une heure spécifique du mois que nous n'avons pas indiqué dans le tableau pour ne pas l'encombrer. Chaque jour incluant l'heure spécifique de la charge extrême est bornée selon le besoin.

Pour la reconstruction et pour chaque année, nous avons choisi trois (03) jours incluant l'heure à laquelle le maximum et le minimum de charge ont été observés.

Voici, ci-dessous, dans le tableau, les périodes choisies à partir des scénarios des charges extrêmes.

<b>Choix des périodes à partir des scénarios des charges extrêmes</b>				
<b>Année</b>	<b>Maximum</b>		<b>Minimum</b>	
	<b>Mois</b>	<b>Jour</b>	<b>Mois</b>	<b>Jour</b>
<b>2005</b>	Mars	De 06 (de 08h) au 08 (à 08h)	Avril	De 19 (de 08h) au 21 (à 08h)
<b>2006</b>	Mars	De 18 (de 08h) au 20 (à 08h)	Septembre	Le 22 à 07h
<b>2007</b>	Novembre	De 20 (de 08h) au 21 (à 08h)	Octobre	Le 12 à 04h
<b>2008</b>	Octobre	De 15 (de 08h) au 17 (à 22h)	Décembre	23 à 04h

Tableau 3.5 : Choix des périodes à partir des scénarios des charges extrêmes

Toutes les cases colorées en rouge ne seront pas reconstruites à cause de l'indisponibilité des fichiers SCADA correspondant.

Les périodes de Mars 2006 colorées en vert seront remplacées par les périodes d'Octobre 2006.

### 3.1.3.3. Troisième critère : Choix dû aux insertions des AGGREKO sur le RIMA

L'introduction des centrales AGGREKO 1 et 2 a beaucoup joué sur le flux des puissances dans le RIMA ; donc nous avons jugé nécessaire d'inclure ces périodes aux choix des manœuvres à reconstruire.

Les périodes choisies par les événements des deux AGGREKO sont données dans le tableau ci-dessous.

<b>Choix des périodes dû aux insertions des AGGREKO sur le RIMA</b>		
<b>AGGREKO 1</b>	Mars 2007	26 (de 8h) au 27 (à 8h)
	Avril 2007	11 (de 8h) au 13 (à 8h)

Tableau 3.6 : Choix des périodes dû aux insertions des AGGREKO sur le RIMA

### 3.1.4. Reconstruction des manœuvres sur le Scada

La procédure (manuel du constructeur) pour la reconstruction d'un événement est la suivante :

	<i><b>Action Opérateur</b></i>	<i><b>Réponse Système</b></i>
<b>1.</b>	Depuis l'image « <b>HDR Contrôle d'une Reconstruction</b> », cliquer sur le bouton « <b>Début</b> ».	L'application RECON est démarrée.
<b>2.</b>	Vérifier les dates et heures des fichiers transférés : bouton « <b>Date et Heure reconstruction</b> ».	
<b>4.</b>	Compléter les autres champs de paramètres utiles pour la reconstruction (« <b>Temps entre pas enregistrements</b> » et « <b>Vitesse de reproduction</b> »).	
<b>3.</b>	Saisir la Date et l'heure de début de reconstruction souhaitée. Cliquer sur le bouton « <b>Date et Heure début Reconstruction</b> ».	
<b>5.</b>	Cliquer sur le bouton « <b>Reproduction</b> » pour démarrer le rejeu. Le rejeu peut aussi se faire pas à pas.	La date et l'heure s'affichent, un message « Prêt pour action » apparaît. Le fichier qui sera utilisé est repéré par une flèche. Le message « Reconstruction Complète » s'affiche.  Vérifier les messages apparaissant pour détecter d'éventuelles erreurs. La date et l'heure doivent évoluer.

Tableau 3.7 : Procédure pour la reconstruction des événements

Il existe une liaison entre Microsoft Excel et le SCADA qui permet d'enregistrer, directement dans les feuilles de calcul Excel, les mesures et tout ce qui est donnée acquise par le SCADA.

La reconstruction sur le Scada permet de ressortir l'état du réseau. Le server d'historisation (ordinateur du réseau EMS/SCADA cf. figure 3.1) enregistre continuellement l'état du réseau sous forme de fichier pouvant être rejoué comme un film permettant ainsi de revoir les événements ou tout paramètre du réseau. Comme la mémoire du dit server est limitée, il faut chaque fois sauvegarder les événements enregistrés sur la mémoire du Scada sur un disque externe et purger la mémoire pour assurer un nouvel enregistrement.

Pour les besoins de notre étude, les paramètres que nous avons retenus pour la base de données sont (pour chaque poste):

- Les tensions aux nœuds HT (jeu de barres 225, 150 et 90 kV)
- Les puissances actives et réactives aux nœuds HT (225, 150 et 90 kV) et sur les sorties des transformateurs (33, 30 et 15 kV)
- Les positions des régulateurs en charge des transformateurs
- L'état des réactances (disjoncteur 225 kV)

Nous donnons ci-dessous un extrait de la base de données des reconstructions du Scada enregistrées dans la feuille de calcul Microsoft Excel

Date	Heure	LIEU ET REACTANCE	MANŒUVRE	INSTANT	KODIALANI									KITA			
					Tension JdB 225 kV	Tension JdB 150 kV	Transfo 225/150 kV		Réactance	ligne 150 kV kalaban		ligne 225 kV Manantali		Tension JdB 30 kV	Transfo 225/30 kV		
							Prise régulateur T1	Prise régulateur T2		Puissance active (MW)	Puissance réactive (MVAR)	Puissance active (MW)	Puissance réactive (MVAR)		Puissance active (MW)	Puissance réactive (MVAR)	Prise régulateur
17/10/2008	20:53:08	DAGANA REACTANCE 2	OUVERT	Avant 2s	0,40	0,23	13	13	Ouvert	0,17	0,06	0,03	-0,16	0,00	0,00	0,01	13
				Après 2s													
				Après 5mn													

INSTANT	MANANTALI									KAYES									
	Ligne Est		Réactance	JdB 1/225 kV	Ligne Ouest		Réactance	JdB 2/225 kV	Nb Groupes	Tension JdB 225 kV	Réactance BARRE	ligne 225 kV Manantali		Réactance LIGNE	Transfo 225/30 kV			ligne 225 kV Matam	
	MW	MVAR		kV	MW	MVAR		kV				Puissance active (MW)	Puissance réactive (MVAR)		Charge MW	Charge MVAR	Prise régulateur	Puissance active (MW)	Puissance réactive (MVAR)
Avant 2s	0,46	0,57	Fermé	1,05	79,57	-14,78	Ouvert	239,60		234,89	Fermé	-77,94	18,15	Fermé	4,84	3,37	12	88,34	-38,86
Après 2s																			

INSTANT	MATAM												DAGANA											
	Ligne Kayes		Réactance LIGNE	JdB 225 kV	Réactance BARRE	Transfo 225/30 kV			Ligne Dagana		Transfo 225/90 kV		Ligne Matam		Réactance LIGNE	Réactance BARRE	JdB 225 kV	Transfo 225/30 kV			Ligne Sakal		Ligne Rosso	
	MW	MVAR		kV		Charge MW	Charge MVAR	Prise régulateur	MW	MVAR	Charge MW	Prise régulateur	MW	MVAR			kV	Charge MW	Charge MVAR	Prise régulateur	MW	MVAR	MW	MVAR
Avant 2s	-66,38	23,61	Fermé	234,56	Fermé	6,74	2,34	13	61,70	-35,28	1,76	20	-63,54	15,25	Fermé	Ouvert	229,75	6,19	1,66	16	55,92	3,33	0,40	-17,59



INSTANT	SAKAL									TOBENE					
	Tension JdB 225 kV	ligne 225 kV Dagana		Transfo 225/30 kV			Réactanc e BARRE	ligne 225 kV Tobène		Tension JdB 225 kV	Transfo 225/90 kV		Réactanc e BARRE	ligne 225 kV Sakal	
		Puissance active (MW)	Puissance réactive (MVAR)	Charge MW	Charge MVAR	Prise régleur		Puissance active (MW)	Puissance réactive (MVAR)		Prise régleur T1	Prise régleur T2		Puissance active (MW)	Puissance réactive (MVAR)
Avant 2s	221,33	-56,99	-25,62	3,00	-0,13	13,00	Ouvert	49,71	0,00	218,72	20,00	20,00	Fermé	-32,98	-37,99
Après 2s															
Après 5mn															

INSTANT	ROSSO								NOUAKCHOTT						
	Tension JdB 225 kV	Transfo 225/33 kV			ligne 225 kV Dagana		ligne 225 kV Nouakchott		Tension JdB 225 kV	Transfo 225/33 kV			Réactanc e BARRE	ligne 225 kV Rosso	
		Charge MW	Charge Mvar	Prise régleur	Puissance active (MW)	Puissance réactive (MVAR)	Puissance active (MW)	Puissance réactive (MVAR)		Charge MW	Charge Mvar	Prise régleur		Puissance active (MW)	Puissance réactive (MVAR)
Avant 2s	230,00	1,56	0,93	10	-8,19	5,06	-0,82	-12,11	229,41	-0,75	-6,38	13,17	Fermé	1,41	-14,43
Après 2s															
Après 5mn															

INSTANT	KAEDI							BOGHE				
	Tension JdB 90 kV	Transfo 90/15 kV		ligne 90 kV Matam		ligne 90 kV Boghé		Tension JdB 90 kV	Transfo 90/15 kV		ligne 90 kV Kaédi	
		Charge MW	Prise régleur	Puissance active (MW)	Puissance réactive (MVAR)	Puissance active (MW)	Puissance réactive (MVAR)		Charge MW	Prise régleur	Puissance active (MW)	Puissance réactive (MVAR)
Avant 2s	97,25	1,05	12,53	-2,04	1,82	0,60	-2,32	90,00	0,78	13,00	0,78	0,45
Après 2s												

Tableau 3.8 : Extrait d'une reconstruction

## **3.2. Etudes des scénarios retenus**

### ***3.2.1. Statistiques sur les scénarios retenus***

Après récapitulation des périodes choisies et cela par différents critères, nous avons recensé 136 manœuvres à reconstruire et analyser à travers le graphique et les valeurs et 21 manœuvres pour l'analyse à travers la simulation.

#### ***3.2.1.1. Périodes pour l'analyse à travers le graphique et les valeurs***

Pour bien coordonner cette analyse, puisque ce sont des cas réels, nous avons divisé chaque période en trois sous périodes qui seront reconstruites que nous désignons « étapes »

Première étape

Cette étape consiste à savoir quel était la situation du réseau avant la manœuvre de la réactance (puisque ici chaque période correspond à une manœuvre de l'une des douze réactances) vue cotés puissances, tensions, états des régleurs en charge et des réactances. Pour plus de précision dans notre étude, nous avons choisi deux (2) secondes avant la manœuvre (car cela minimiserait l'impact des autres changements du réseau pour notre analyse).

Deuxième étape

Nous avons choisi dans cette étape deux (2) secondes après la manœuvre (car cela minimiserait l'impact des autres changements du réseau pour notre analyse) pour savoir la situation immédiate du réseau due à cette manœuvre.

Troisième étape

Le but de la manœuvre ici est de corriger les plans de tension sur le RIMA, donc cela nécessite d'attendre un certain temps pour voir l'impact de la manœuvre sur le réseau (stabilité des plans de tensions) d'où notre choix de prendre cinq (05) minutes après la manœuvre.

Les étapes 1 et 2 permettent de déterminer le gradient de variation de la tension au nœud de raccordement de la réactance.

L'étape 3 permet d'apprécier l'effet de la manœuvre en régime établi (variations des plans de tensions)

#### ***3.2.1.2. Périodes pour l'analyse à travers la simulation***

Pour prévoir des recommandations sur les positions des réactances et des régleurs en charge en fonction des charges et d'incidents, un simulateur est nécessaire pour satisfaire nos requêtes.

L'analyse se fera sur des cas réels et puis, enfin, donner des recommandations adéquates. Des séries de manœuvres des réactances et des régleurs en charge sur le simulateur seront faites.

Les périodes prises sont soit en fonction des charges maximales (pointe) ou bien en fonction des plus grands nombres de manœuvres.

➤ Périodes à travers des scénarios de charges

Comme les périodes de scénarios de charges ont été déterminées à travers les relevés horaires, nous choisirons les heures exactes pendant lesquelles ont eu lieu ces niveaux de charges de pointe.

Vus certains niveaux de production incohérents dans les relevés horaires dus aux arrêts de la centrale pour maintenance et à certaines anomalies des télémesures, nous avons exclu toutes les productions inférieures à 20 MW dans les relevés horaires puisque le fonctionnement normal de la centrale ne doit pas être moins de 20 MW.

- Périodes à travers les plus grands nombres de manœuvres

Les périodes par les nombres de manœuvres extrêmes sont ramenés à 24 heures puis bornées de façon graduelle. Mais, ici, dans le cas de l'analyse par le simulateur, nous les avons ramenées à une heure seulement et nous avons choisi dans cette heure la manœuvre qui a été la plus influente dans le RIMA s'il n'y avait plus qu'une manœuvre sinon nous ne prendrons que la seule.

### **3.2.2. Synthèses des études**

Compte tenu des contraintes que nous avons eu au cours des études, et malgré les contournements de certaines contraintes, certaines périodes sont exclues ; donc les analyses ne seront restreintes que par le graphique et les valeurs ainsi que par le simulateur.

#### **3.2.2.1. Synthèses des études à travers le graphique et les valeurs**

Les nombres de manœuvres à analyser et des périodes à reconstruire à travers le graphique et les valeurs en fonction des années sont données dans le tableau ci-dessous.

<b>Nombre des manœuvres à analyser et des périodes à reconstruire</b>					
<b>Année</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>Totales</b>
<b>Nombre de manœuvres</b>	0	21	66	49	136
<b>Période à reconstruire</b>	0	63	198	147	408

Tableau 3.9 : Nombre des manœuvres à analyser et des périodes à reconstruire

NB :

- Chaque manœuvre à analyser est multipliée par trois pour la reconstruction
- Pour toute l'année 2005 et de janvier à juin 2006: manque de fichiers Scada pour la reconstruction

#### **3.2.2.2. Synthèses des études à travers le simulateur**

Les nombres de périodes à simuler et à analyser à travers le simulateur en fonction des années sont donnés dans le tableau ci-dessous.

Les périodes à simuler ont été reconstruites.

<b>Nombres des périodes à reconstruire et à analyser</b>					
<b>Année</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>Totales</b>
<b>Période à reconstruire</b>	0	0	9	12	21
<b>Période à analyser</b>	0	0	4	4	8

Tableau 3.10 : Nombres des périodes à reconstruire et à analyser à travers le simulateur

NB :

- Pour toute l'année 2005 et de Janvier à juin 2006: manque de fichiers Scada pour la reconstruction.

- On a 4 périodes à analyser pour chaque année sauf 2005 et 2006 puisque nous avons 2 périodes pour chaque critère selon le maximum et le minimum de charges ou de manœuvres.
- Exemple pour 2007 : On a 9 périodes à reconstruire.
  - Une période pour le maximum de charge au cours de l'année dans le mois où on a enregistré le maximum de charge.
  - Une période pour le minimum de charge au cours de l'année dans le mois où on a enregistré le minimum de charge.
  - Une seule manœuvre de la réactance pour le minimum de manœuvres des réactances au cours de l'année dans le mois où on a enregistré le minimum de manœuvres des réactances donc nous avons cette seule manœuvre pour l'analyse sinon nous prendrions la manœuvre qui a été la plus influente sur le RIMA.
  - Six manœuvres des réactances pour le maximum de manœuvres des réactances au cours de l'année dans le mois où on a enregistré le maximum de manœuvres des réactances, une seule manœuvre de la réactance sera retenue pour l'analyse qui serait la manœuvre la plus influente sur le réseau.

Les mêmes procédures ont été adoptées pour l'année 2008.

### **3.3. Simulations des écoulements de charges et des manœuvres**

#### **3.3.1. *Validations des simulations***

Pendant la modélisation du réseau, nous avons eu beaucoup de difficultés puisque nous n'avons pas eu les paramètres de certains équipements. Malgré cela, nous avons contourné les problèmes en estimant leurs paramètres vus les similitudes qu'il ya entre certains équipements. Donc nous ne pouvons pas avoir les mêmes résultats que dans les cas réels, cela même si nous avons tous les paramètres. L'essentiel est d'avoir des plans de tension comparables à la réalité et c'est ce que nous avons dans les simulations.

Nous vous montrons ci-dessous un exemple illustrant les écarts entre les cas réels et dans le simulateur.

Exemple : Période du 12 Octobre 2007 à 04h00mn.

Tendances entre les cas réels et dans le simulateur (Positions des réactances)			
Emplacement	Nom	Etat des réactances	
		Cas dans le simulateur	Cas réel
Manantali	R <sub>xl</sub> Est	F	F
	R <sub>xl</sub> Ouest	O	O
Kodialani	R <sub>xl</sub>	F	F
Kayes	R <sub>xl</sub>	F	F
	R <sub>xb</sub>	F	F
Matam	R <sub>xl</sub>	F	F
	R <sub>xb</sub>	F	F
Dagana	R <sub>xl</sub>	F	F
	R <sub>xb</sub>	F	F
Sakal	R <sub>xb</sub>	O	O
Tobène	R <sub>xb</sub>	F	F
Nouakchott	R <sub>xb</sub>	F	F

Tableau 3.11 : Tendances entre les cas réels et dans le simulateur (Positions des réactances)

Plan des tensions					
Poste	Jeu de barre	Tendances entre les cas réels et dans le simulateur (Tensions aux différents nœuds) en kV		Ecart	
		Cas dans le simulateur	Cas réel	kV	%
Manantali	225 KV	227,14	228,02	-0,88	-0,39
	225 KV	227,14	227,07	0,06	0,03
Kita	225 KV	224,83	ND	ND	ND
Kodialani	225 KV	214,43	214,63	-0,19	-0,09
	150 KV	154,64	153,59	1,05	0,68
Kayes	225 KV	225,94	222,72	3,22	1,45
Matam	225 KV	226,84	225,63	1,20	0,53
	90 KV	89,36	ND	ND	ND
Dagana	225 KV	224,48	225,37	-0,89	-0,39
Sakal	225 KV	223,29	219,79	3,51	1,60
Tobène	225 KV	221,95	221,24	0,71	0,32
	90 KV	93,90	ND	ND	ND
Rosso	225 KV	225,65	226,09	-0,44	-0,19
Nouakchott	225 KV	226,02	225,12	0,90	0,40
Kaédi	90 KV	89,96	92,29	-2,34	-2,53
Boghé	90 KV	90,33	90,00	0,33	0,36

Tableau 3.12 : Tendances entre les cas réels et dans le simulateur (Tensions aux différents nœuds) en kV

- Rxl : Réactance ligne
- Rxb : Réactance barre
- F : Disjoncteur de la réactance fermé
- O : Disjoncteur de la réactance ouvert
- ND : Non Déterminé
- Même répartition des puissances actives et réactives puisque nous avons incorporé dans le simulateur les mêmes scénarios de charges réels.

Compte tenu des écarts que nous avons observés pendant toutes les reproductions des cas réels, nous pouvons valider la simulation et formuler des recommandations.

### ***3.3.2. Synthèses des simulations***

Des simulations ont été faites en tenant compte d'abord des apports des réactances pour, enfin, déterminer les schémas optimums.

Pour chaque cas réel reproduit pour la détermination des schémas optimums dans le simulateur, nous avons fait deux (02) simulations en ressortant les états des réactances et les plans des tensions.

# Chapitre 4 : Analyses et résultats



## 4. Analyses et résultats

### 4.1. Compilation des relevés selon la réactance et la manœuvre

Après les reconstructions sur le Scada, nous avons relevé les résultats sur Excel, nous avons fait des classements suivant les postes et les manœuvres permettant de faire les graphiques mais, avant, des calculs ont été fait.

#### 4.1.1. Premiers calculs

Ces premiers calculs font apparaître les variations des tensions qui ont eu lieu entre 2 secondes avant la manœuvre et 2 secondes après la manœuvre d'une réactance et cela pour connaître l'influence de cette manœuvre sur ce poste et sur le reste du RIMA.

Nous vous donnons un extrait des calculs qui ont été faits pour illustration.

Exemple : Cas des ouvertures de la réactance de Kodialani.

Date	Heure	Mi	KODIALANI Tension JdB 225 kV	MANANTALI JdB 1/225 kV	MANANTALI JdB 2/225 kV	KAYES Tension JdB 225 kV
07/26/2006	21:43:25	M 10	6,40	1,33	1,47	1,07
12/17/2006	18:22:06	M 11	7,58	2,76	2,63	1,86
12/18/2006	18:19:27	M 12	6,33	1,77	1,93	0,96
01/28/2007	19:01:08	M 13	7,00	1,79	1,48	1,32
03/26/2007	18:42:29	M 14	7,79	3,16	0,00	2,60
04/12/2007	15:13:37	M 15	7,03	1,84	1,79	1,57
04/12/2007	19:02:30	M 16	7,25	1,91	0,87	1,47
11/05/2007	18:27:21	M 17	7,20	1,84	1,92	1,43
11/06/2007	18:18:53	M 18	7,38	1,73	1,89	0,00
11/20/2007	18:16:10	M 19	6,27	1,66	1,63	1,42
01/12/2008	18:36:40	M 20	7,25	1,94	1,89	1,57
01/13/2008	18:46:18	M 21	7,57	2,38	2,41	2,13
01/14/2008	18:26:51	M 22	8,06	2,79	1,54	2,28
10/16/2008	18:47:15	M 23	7,11	0,00	0,00	0,00
10/17/2008	18:38:56	M 24	6,78	1,46	1,45	1,86
10/17/2008	21:54:18	M 25	7,54	1,83	1,98	2,02

Tableau 4.1 : Exemple d'un cas d'ouverture de la réactance de Kodialani (Premiers calculs)

NB :

- Mi : correspond à un numéro affecté à chaque manœuvre.
- Pour plus de détails, voir le reste des tableaux dans l'annexe\_11.



#### 4.1.2. Deuxièmes calculs

Comme précédemment, nous avons les mêmes calculs à effectuer mais la différence est le temps de la variation qui a eu lieu entre 2 secondes avant la manœuvre et 5 minutes après la manœuvre d'une réactance.

Notons bien qu'on peut avoir des manœuvres dans ce temps (entre 2 secondes avant la manœuvre et 5 minutes après la manœuvre) mais ce sont des cas rares dus à des incidents sur le réseau ou à des erreurs de manœuvres.

Voir dans le tableau ci-dessous, pour illustration, le cas des ouvertures de la réactance de Kodialani.

Date	Heure	Mi	KODIALANI Tension JdB 225 kV	MANANTALI JdB 1/225 kV	MANANTALI JdB 2/225 kV	KAYES Tension JdB 225 kV
07/26/2006	21:43:25	M 10	13,75	3,02	3,12	2,89
12/17/2006	18:22:06	M 11	13,93	4,78	4,95	4,38
12/18/2006	18:19:27	M 12	12,73	3,13	3,29	2,51
01/28/2007	19:01:08	M 13	13,00	2,92	2,89	2,20
03/26/2007	18:42:29	M 14	13,74	4,20	0,00	3,96
04/12/2007	15:13:37	M 15	15,37	4,22	4,52	3,88
04/12/2007	19:02:30	M 16	12,49	3,46	3,29	2,75
11/05/2007	18:27:21	M 17	15,15	3,89	4,32	3,28
11/06/2007	18:18:53	M 18	13,90	3,65	3,40	1,27
11/20/2007	18:16:10	M 19	6,27	1,66	1,63	1,42
01/12/2008	18:36:40	M 20	14,33	3,75	4,03	3,09
01/13/2008	18:46:18	M 21	13,15	6,79	6,78	7,00
01/14/2008	18:26:51	M 22	18,05	6,06	6,05	5,80
10/16/2008	18:47:15	M 23	7,66	1,51	1,43	0,89
10/17/2008	18:38:56	M 24	6,77	1,46	1,45	1,08
10/17/2008	21:54:18	M 25	9,54	4,77	4,95	7,16

Tableau 4.2 : Exemple d'un cas de fermeture de la réactance de Kodialani (Deuxièmes calculs)

- Mi : correspond à un numéro affectant à chaque manœuvre.
- Pour plus de détails, voir le reste des tableaux dans l'annexe\_12.

#### 4.2. Corrélation entre les manœuvres des réactances, les variations du plan des tensions et les variations des charges (Analyse à travers le graphique et les valeurs)

De façon explicite, nous savons que le plan des tensions change en fonction des charges.

Dans notre cas, nous n'allons pas analyser l'impact de la variation des charges sur le plan des tensions mais puisque nous avons pris des manœuvres de réactances comme référence pour notre analyse, nous allons plutôt analyser pour :

- En premier lieu voir l'impact de la manœuvre d'une réactance (variation de tension sur les jeux de barres) sur les autres postes du RIMA.
- En deuxième lieu connaître des variations des tensions suivant les différents scénarios de charges.

#### **4.2.1. Corrélation entre les manœuvres et le plan des tensions**

Certaines réactances n'ont pas été concernées dans ces analyses telles que toutes les réactances de ligne sauf la réactance de Kodialani, et la réactance barre de Nouakchott. Cela est dû :

- Au fait que, suivant les différents critères de scénarios que nous avons pris pour l'analyse, les manœuvres de ces réactances n'ont pas été incluses
- Et aussi au fait que :
  - La réactance de Nouakchott est presque tout le temps fermée.
  - Toutes les réactances de lignes ne sont manœuvrées qu'en cas d'incidents sauf la réactance de Kodialani, d'après les données en notre possession.

Après reconstructions, nous avons ressorti pour chaque poste le nombre de manœuvres total et en détaillant par les manœuvres de l'ouverture et de fermeture des réactances.

Voir ci-dessous le tableau illustrant le travail.

Poste	Nombre de manœuvres		
	Fermeture	Ouverture	Total 2
<b>Dagana</b>	9	7	<b>16</b>
<b>Kayes</b>	2	2	<b>4</b>
<b>Kodialani</b>	16	16	<b>32</b>
<b>Matam</b>	15	14	<b>29</b>
<b>Sakal</b>	14	16	<b>31</b>
<b>Tobène</b>	12	12	<b>24</b>
<b>Total 1</b>	<b>68</b>	<b>67</b>	<b>135</b>

Tableau 4.3 : Nombre de manœuvres

- Total 1 : correspond à la somme des nombres d'une manœuvre (fermeture ou ouverture) dans tous les postes.
- Total 2 : correspond à la somme totale des nombres de toutes les manœuvres par poste.

L'analyse que nous ferons dans le sous paragraphe suivant sera seulement sur le deuxième calcul tout en gardant le premier calcul comme vérification au cas où il ya manœuvre dans la période de deux (02) secondes avant la manœuvre et cinq (05) minutes après la manœuvre.

##### **4.2.1.1. Analyses et interprétations suivant le deuxième calcul**

Nous faisons les analyses poste par poste pour connaître l'effet de chaque réactance sur le réseau, nous suivrons l'ordre établie sur le tableau\_4.3

###### **4.2.1.1.1. Poste de Dagana**

- **Cas de fermeture de la réactance barre (voir annexe\_02 le tableau correspondant)**

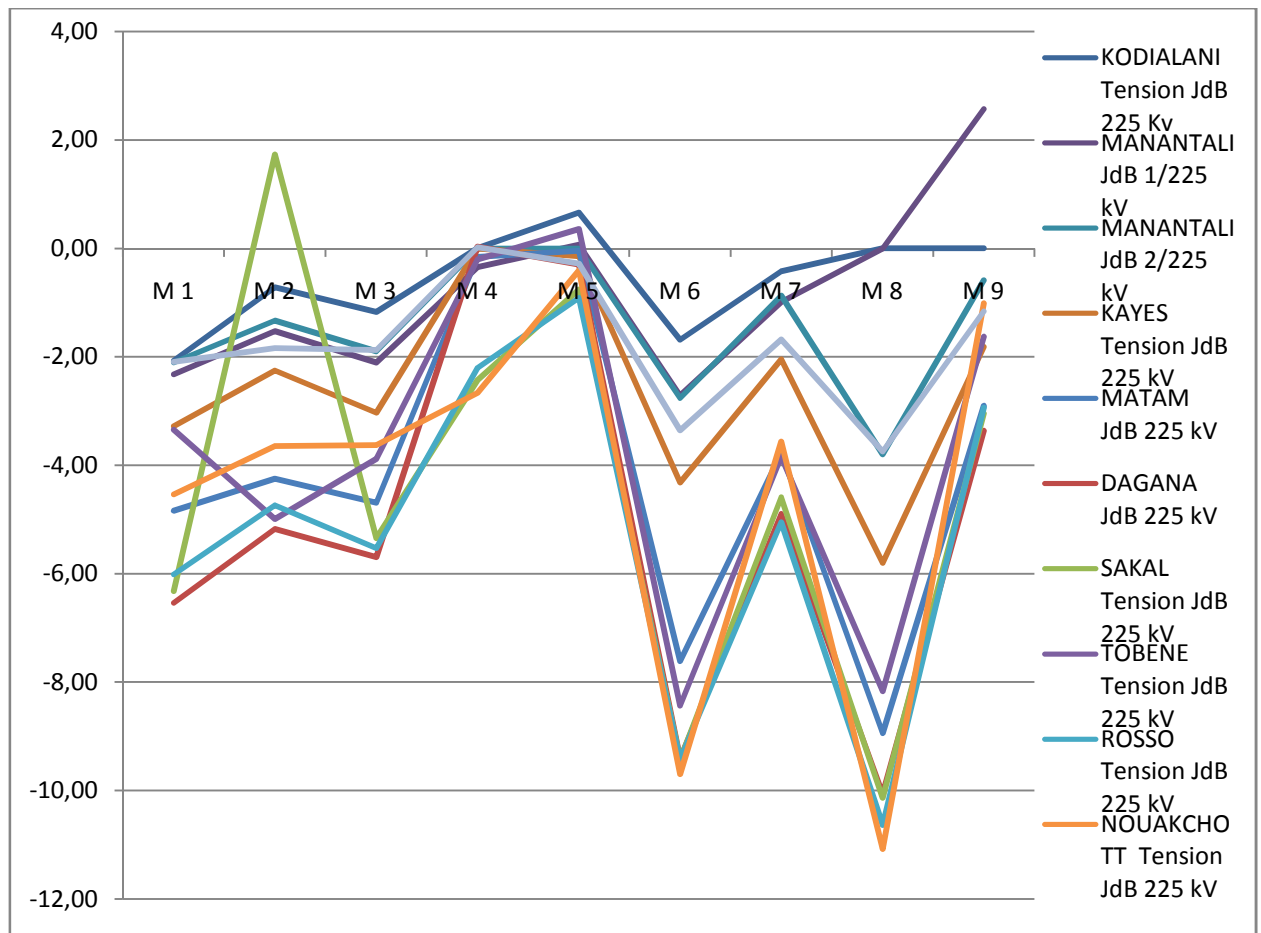


Figure 4.1 : Corrélation entre les manœuvres et le plan des tensions

- Aux points M (1, 2, 3, 7) nous n'avons pas d'autres manœuvres au cours des cinq (05) minutes après la manœuvre.
- Aux points M (8, 9) : manœuvres faisant suite au déclenchement du disjoncteur de couplage barres à Manantali le 17 octobre 2008.
- Au point M 6 nous avons observé la fermeture de RxB de Tobène, (48) secondes après la manœuvre de Dagana.
- Aux points M 4, 5, fermeture de RxL de Dagana au même moment de la fermeture de sa RxB, due aux problèmes Scada (remise en service du SCADA après interruption) du poste, ce qui explique une variation nulle.
- Nous enlevons les points incidents et les points pour lesquels nous avons eu d'autres manœuvres, et nous vous montrons ci-dessous le graphique modifié.

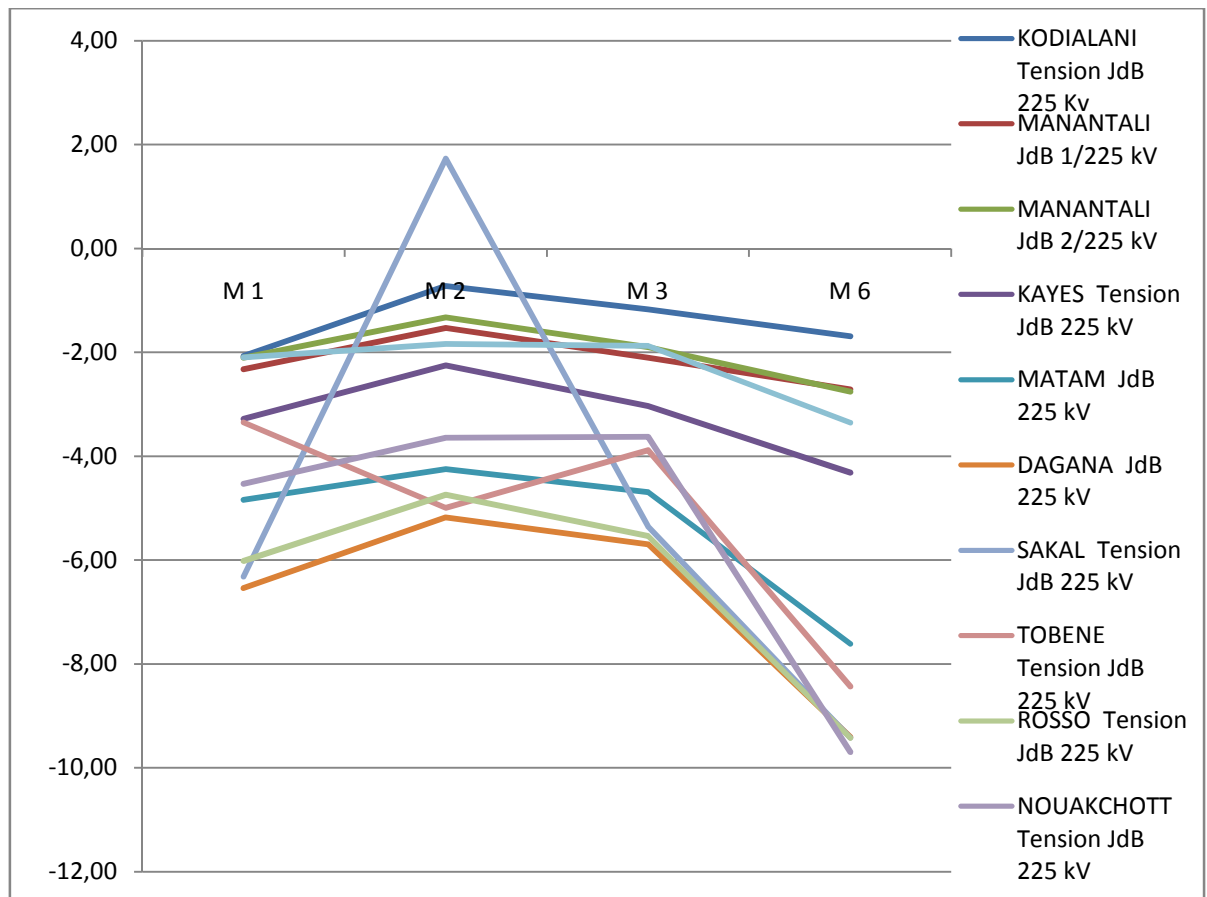


Figure 4.2 : Corrélation entre les manœuvres et le plan des tensions

- Nous observons des variations dues aux manœuvres de -7 à -10 kV sur le poste de Dagana.
- La manœuvre influe beaucoup sur Matam, Sakal, Tobène, Rosso, Nouakchott de l'ordre de -4 à -10 kV selon les postes. Sur les autres postes, l'influence est minime. Elle est de l'ordre de -2 à -5 kV selon les postes.
- Le pic est positif. Il est d'environ 2 kV au point M 2, au poste de Sakal. Il est dû certainement à des variations de production de -8,25 MW. Des investigations, à travers le premier calcul, nous donnent une variation nulle.
- Les postes influencés, suivant leur variation moyenne de tension, sont: Kayes -3,22 kV ; Matam -5,35 kV ; Sakal -4,84 kV ; Tobène -5,16 kV ; Rosso -6,43 kV ; Nouakchott -5,37 kV ; Kaédi -2,29 kV.

➤ **Cas d'ouverture de la réactance barre (voir annexe\_04 le tableau correspondant)**

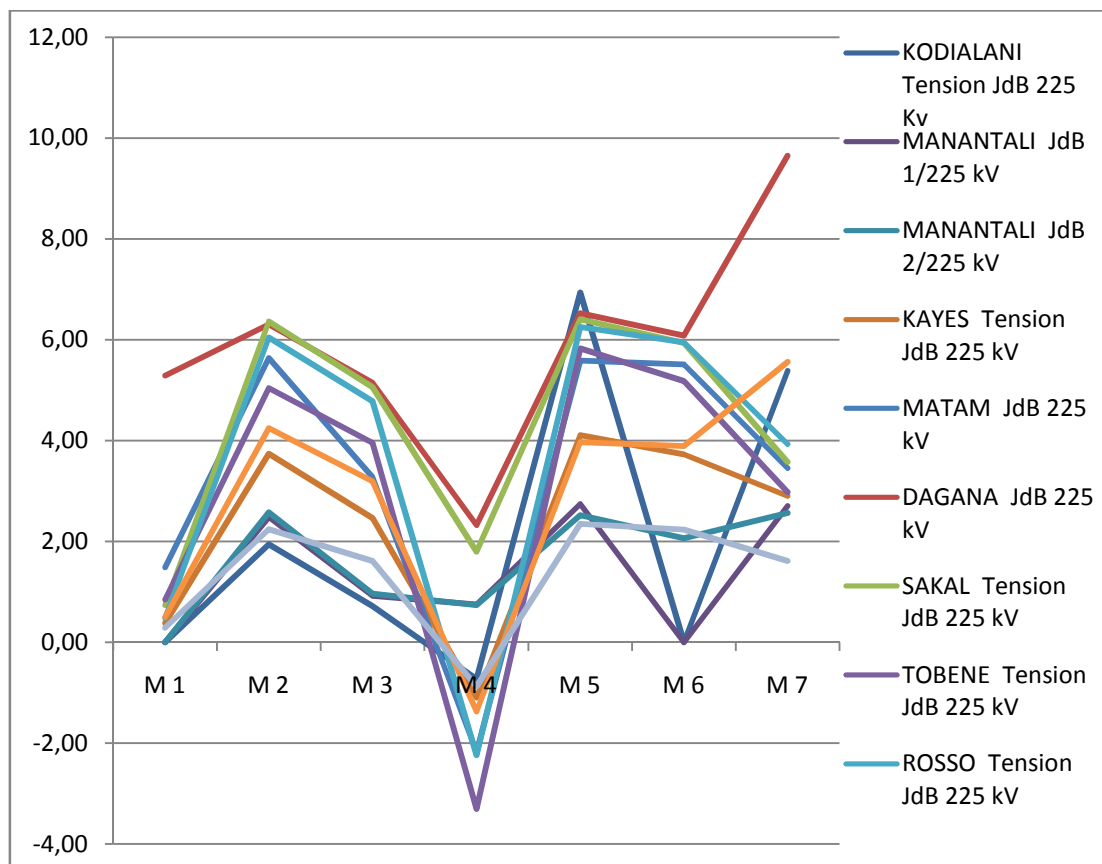


Figure 4.3 : Corrélation entre les manœuvres et le plan des tensions

- Ouverture de RX de Kodialani aux points M (5, 7) respectivement à 3 mn 13 s et 4 mn 50 s après les manœuvres.
- Point M 6: Déclenchement du disjoncteur de couplage barres à Manantali le 17 octobre 2008.
- Le point M 4 est dû à l'augmentation du transit de puissance sur la ligne Kayes de Matam (-63 à -73 MW en cinq minutes) ; on enregistre +4,7 kV sur le JdB 225 kV de Dagana deux secondes après la manœuvre ; des analyses à travers le premier calcul nous donnent des variations nulles, hormis aux postes de Dagana, Sakal.
- Visualisons le graphique ci-dessous sans les points imprévus.

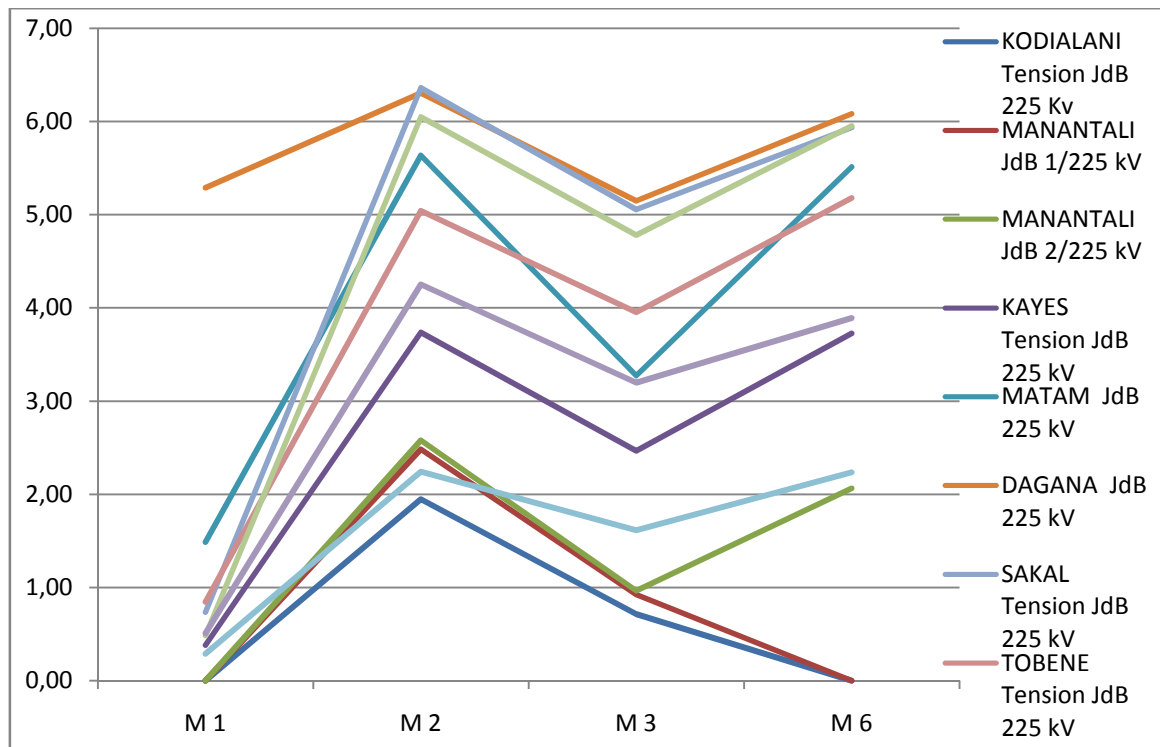


Figure 4.4 : Corrélation entre les manœuvres et le plan des tensions

- Variation de 5 à 7 kV au poste Dagana
- Les postes influencés à plus de 3 kV sont : Nouakchott, Rosso, Sakal, Tobène, Matam hormis au point M 1.
- Le déclenchement du disjoncteur de couplage barres à Manantali a fait dissocier les deux (02) départs à Manantali, et la manœuvre de la réactance barre de Dagana n'a pas eu d'effet sur le jeu de barres 1 de Manantali et le poste de Kodialani au point M6.
- Les postes influencés avec leur variation de tension moyenne sont: Matam 3,98 kV ; Sakal 4,52 kV ; Tobène 3,75 kV ; Rosso 4,32 kV.

#### 4.2.1.1.2. Poste de Kayes

Pour la période de reconstructions choisie, nous n'avons enregistré que quatre manœuvres de réactance au poste HT de Kayes. Ce nombre est insuffisant pour confirmer formellement les résultats obtenus, néanmoins nous faisons les mêmes analyses que précédemment.

➤ **Cas de fermeture de la réactance barre (voir annexe\_06 le tableau correspondant)**

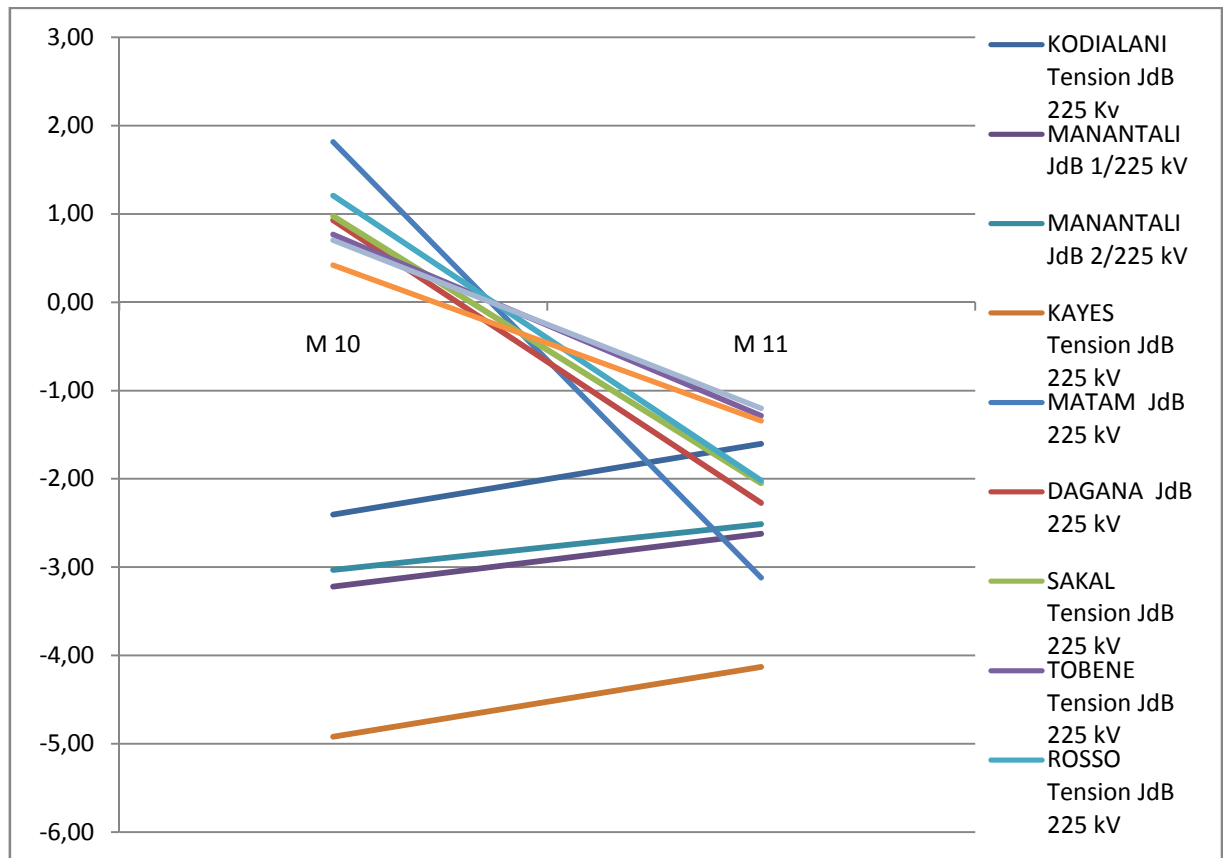


Figure 4.5 : Corrélation entre les manœuvres et le plan des tensions

- Pas d'autres manœuvres pendant les variations.
- Au point M 10, on remarque une légère augmentation de la tension JdB 225 kV dans les postes en aval du poste de Kayes due à la variation de la production 3,5 MW et 9,8 Mvar. D'après les analyses, suivant le premier calcul, les variations sont moindres.
  - Au point M 11 la manœuvre était un test du disjoncteur 225 kV de la réactance suite à un appoint de gaz SF6
  - Variations de -4 à -5 kV sur le JdB 225 kV de Kayes.
  - Aucun poste influencé.
  -

➤ **Cas d'ouverture de la réactance barre (voir annexe\_08 le tableau correspondant)**

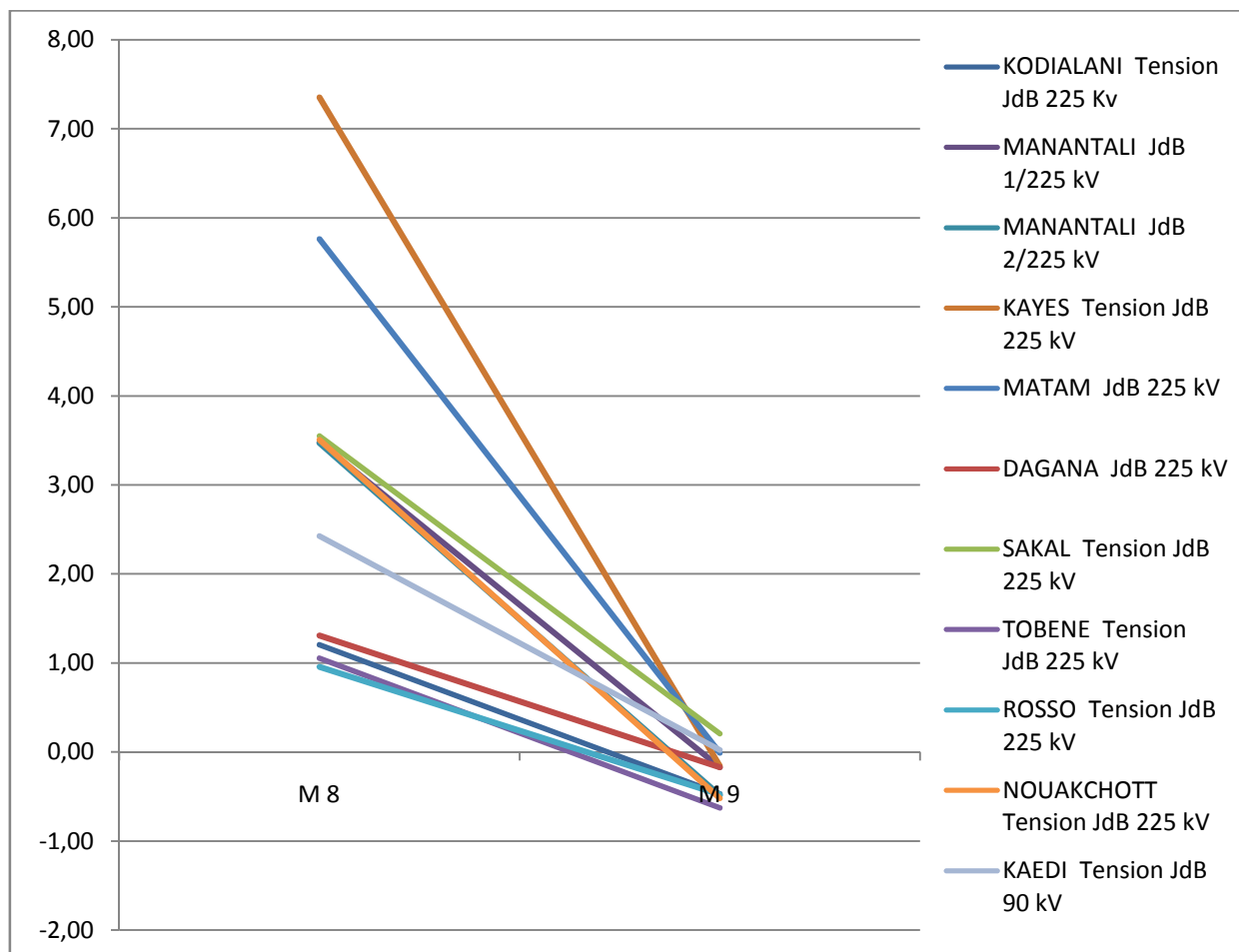


Figure 4.6 : Corrélation entre les manœuvres et le plan des tensions

- Manœuvre au point M 9 (Fermeture de  $R_{XB}$  de Kayes 2 mn 4 s après la manœuvre). Ces deux manœuvres (ouverture et fermeture) étaient un test du disjoncteur 225 kV de la réactance suite à un appoint de gaz SF6 ; les investigations apportées par le premier calcul au point M 9 indiquent des variations de tension aux différents postes sauf dans quelques postes.
  - Variation de 9 kV au poste de Kayes.
  - Aucun poste influencé.



#### 4.2.1.1.3. Poste de Kodialani

- Cas de fermeture de la réactance ligne (voir annexe\_10 le tableau correspondant)

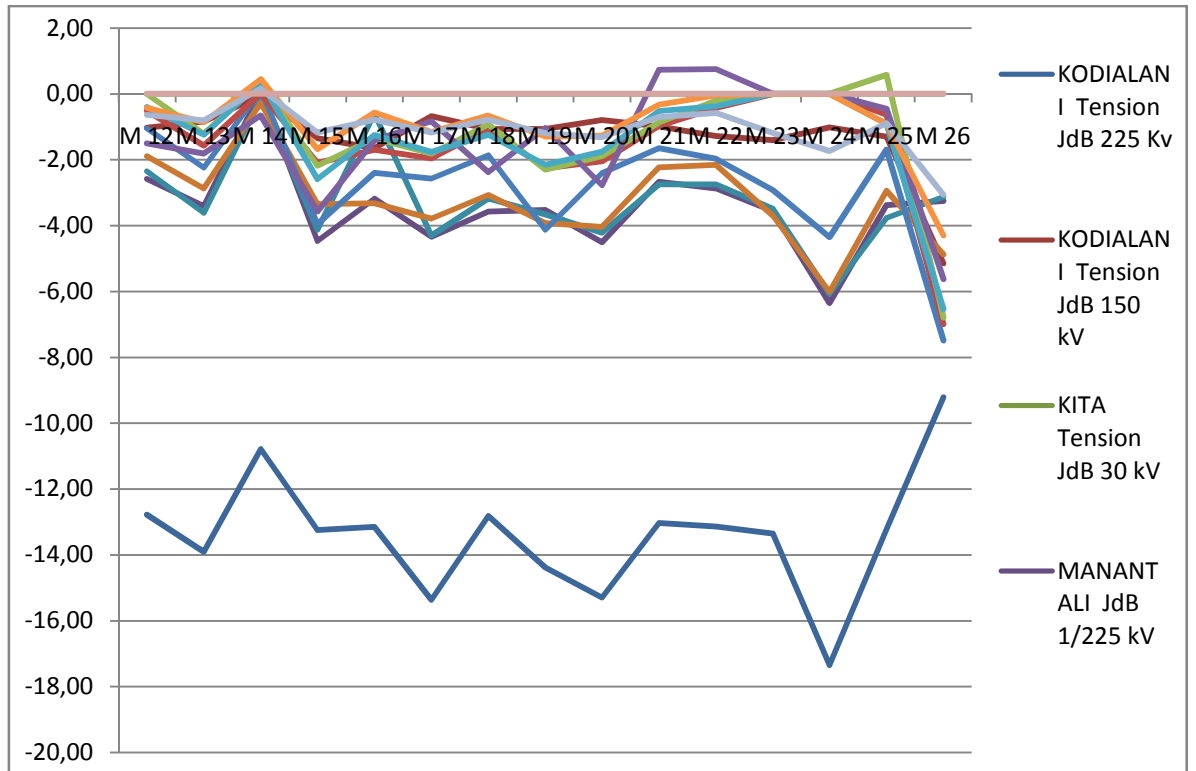


Figure 4.7 : Corrélation entre les manœuvres et le plan des tensions

- Fermeture de  $R_{xB}$  de Matam au point M 26 à 1mn 44s après la manœuvre.
- Variation au poste de Kodialani de -10 à 18 kV.
- Les postes influencés avec une variation moyenne de tension sont : Manantali - 3,67 kV et Kayes -3,06 kV.

➤ **Cas d'ouverture de la réactance ligne (voir annexe\_12 le tableau correspondant)**

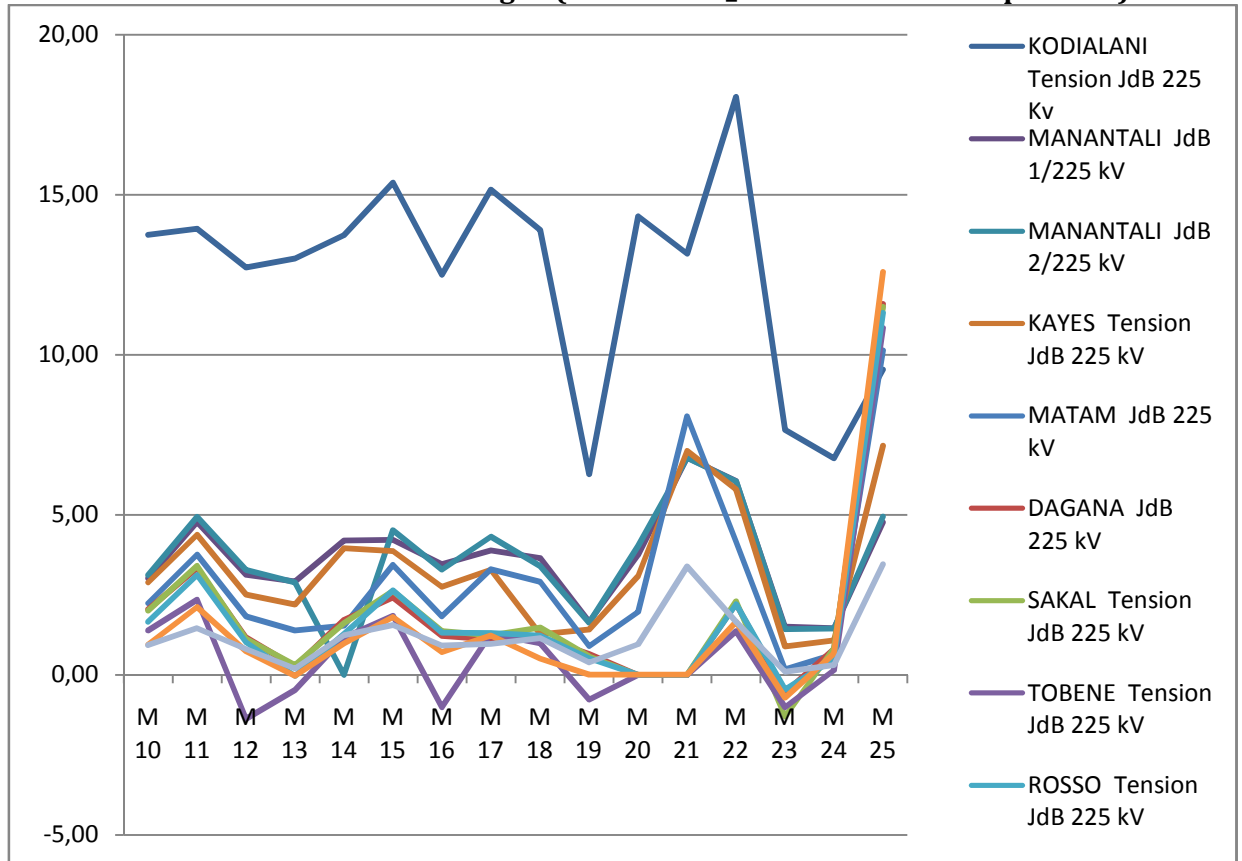


Figure 4.8 : Corrélation entre les manœuvres et le plan des tensions

- Pas d'autres manœuvres pendant toutes les périodes M.
- Variations au poste de Kodialani de 6 à 18 kV.
- Les postes influencés sont : Manantali avec 3,7 kV de Variation en moyenne, Kayes avec 3,35 kV, Matam avec 3,01 kV.

#### 4.2.1.1.4. Poste de Matam

- Cas de fermeture de la réactance barre (voir annexe\_14 le tableau correspondant)

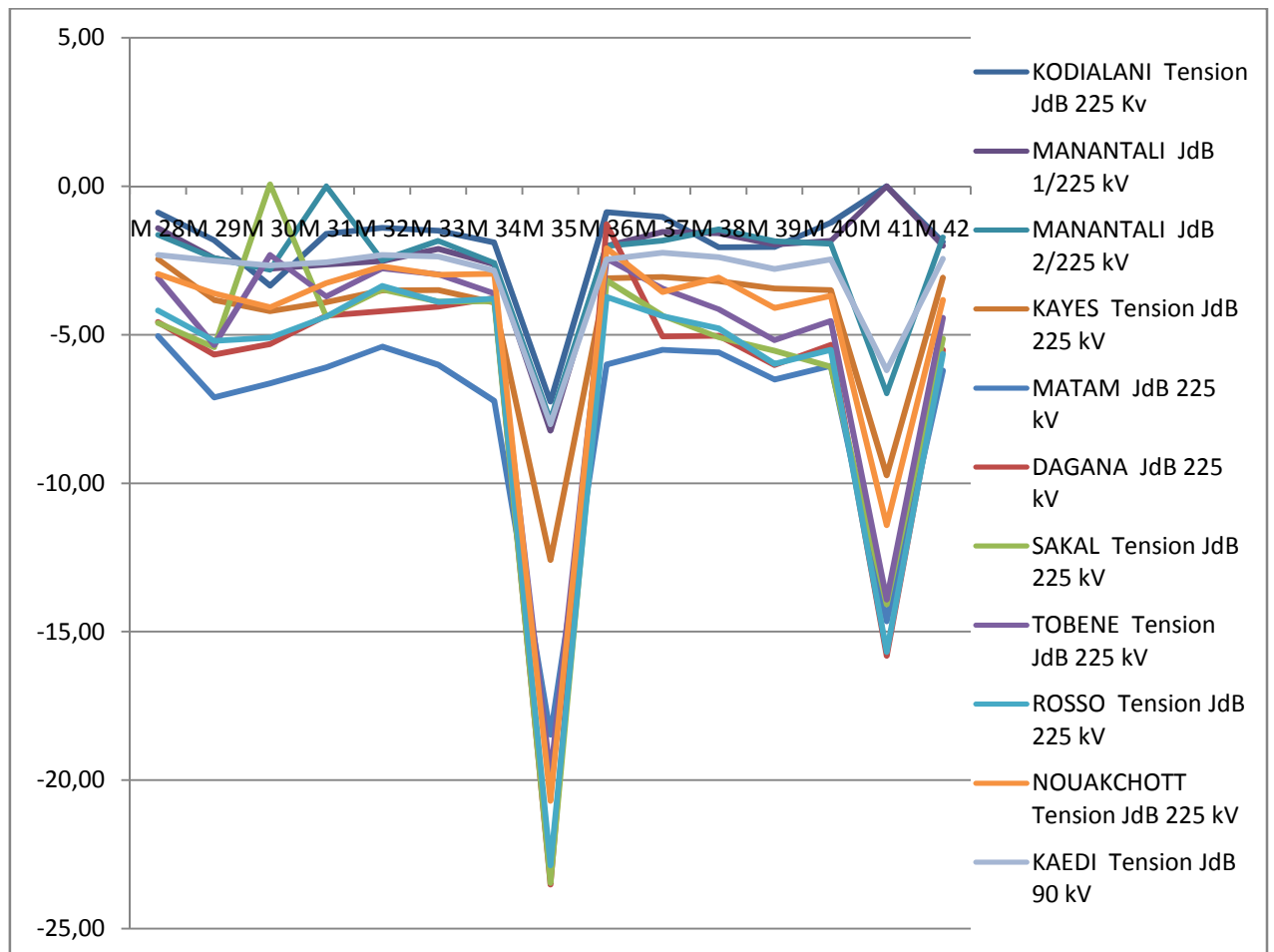


Figure 4.9 : Corrélation entre les manœuvres et le plan des tensions

- Les fermetures des  $R_{xB}$  de Sakal et de Tobène à la période M 35 respectivement à 1 mn 40 s et à 42 s après la manœuvre et les fermetures des  $R_{xB}$  de Dagana et de Tobène au point M 41 respectivement à 3 mn 22 s et à 3 mn à 02 s après la manœuvre.
- Variations importantes de -10 à -24 kV à la période M 35 sur les jeux de barres de Sakal, Kayes, Nouakchott, Rosso, Matam, Dagana, Tobène dues à des manœuvres (fermeture) des  $R_{xB}$  de Sakal, et de Tobène dans cette période.
- Aussi, des variations importantes de -10 à -15 kV à la période M 41 sont notées sur les jeux de barres de Sakal, Kayes, Nouakchott, Rosso, Matam, Dagana, Tobène dues à des manœuvres (fermeture) de  $R_{xB}$  de Dagana et de Tobène.
- Présentons le graphique sans les points M 35 et M 41

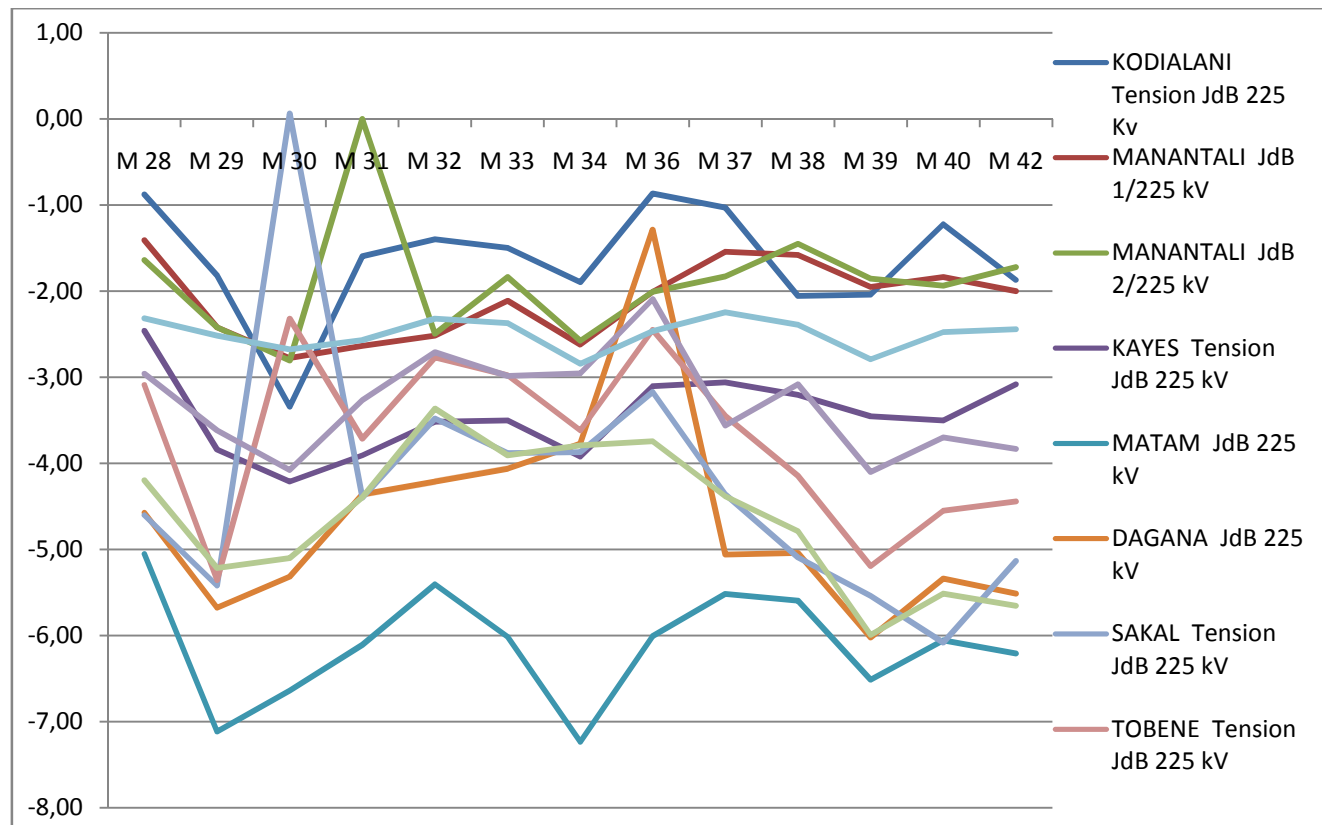


Figure 4.10 : Corrélation entre les manœuvres et le plan des tensions

- Variations de -5 à -8 kV sur le poste de Matam.
- Variation au poste de Kaédi entre -2 à 3 kV
- Les postes influencés sont : Kayes, Dagana, Sakal, Tobène, Rosso, Nouakchott, Kaédi entre -3 et -6 kV de variation en moyenne et le poste de Kaédi avec une variation en moyenne de -2,45 kV.

➤ **Cas d'ouverture de la réactance barre (voir annexe\_16 le tableau correspondant)**

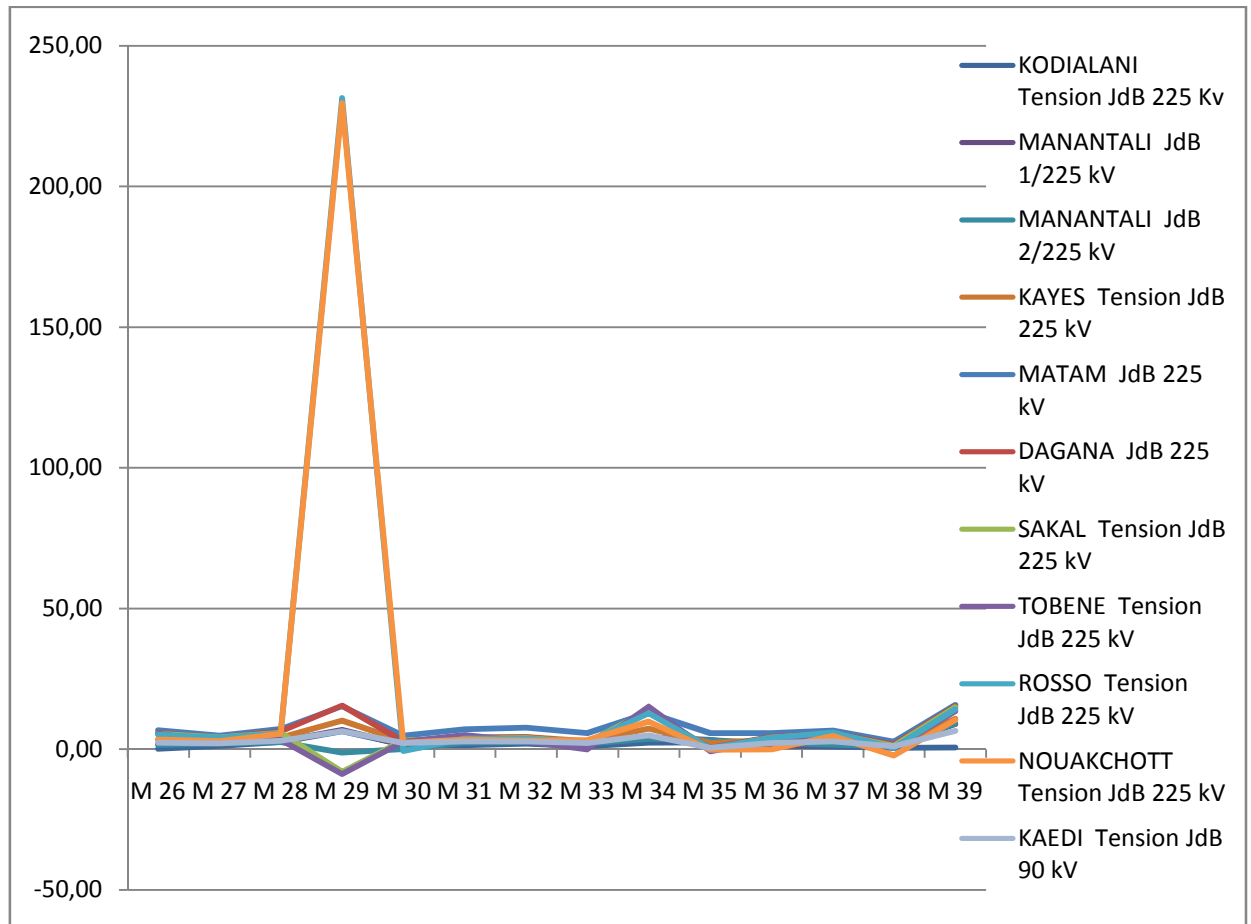


Figure 4.11 : Corrélation entre les manœuvres et le plan des tensions

- Nous voyons des pics jusqu'à 230 kV sur les postes de Nouakchott et de Rosso dus à la remise en service des lignes Dagana-Rosso et Rosso-Nouakchott le 26/03/07.
- Les fermetures des  $R_{xB}$  de Dagana et de Tobène au moment M 39 respectivement à 3 mn 41 s et à 3 mn après la manœuvre (reprise de service après déclenchement du disjoncteur de couplage barres à Manantali le 17 octobre 2008).
- Pour bien voir les autres variations, nous excluons les point M 29 et 39.

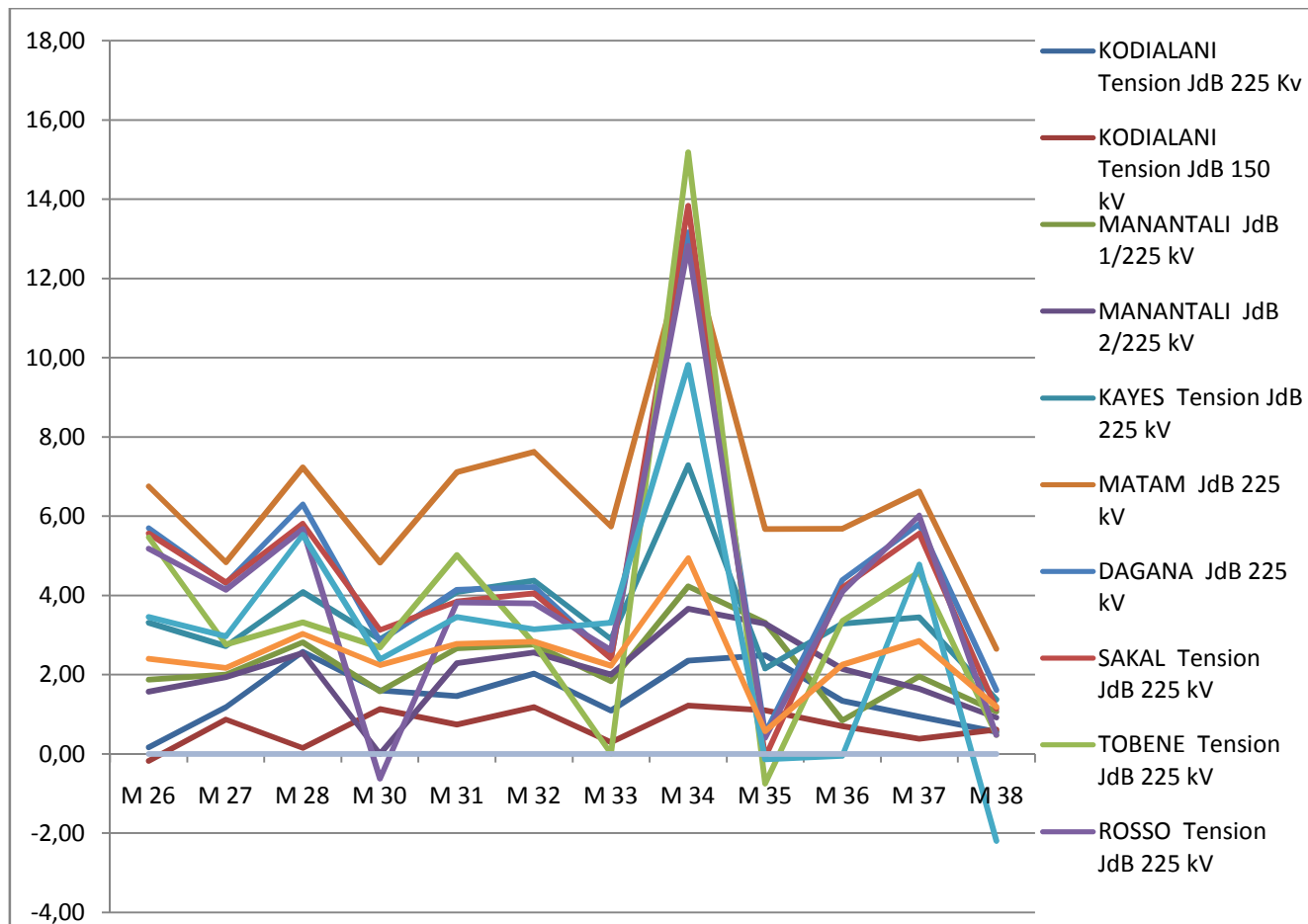


Figure 4.12 : Corrélation entre les manœuvres et le plan des tensions

- Le point M 34 est du à la variation de production des groupes.
- Sur les autres points, nous enregistrons au poste de Matam des variations de 3 à 8 kV
- Les variations :
  - aux postes de Kayes, Dagana, Sakal, Tobène, Rosso et Nouakchott vont de +3,33 kV (Kayes) à + 4,72 kV (Dagana)
  - aux postes de Manantali et Kodialani sont inférieures à + 3 kV
  - au poste de Kaédi sont en moyenne de 2,34 kV soit 2,6% de la tension nominale

#### 4.2.1.1.5. Postes de Sakal

- Cas de fermeture de la réactance barre (voir annexe\_18 le tableau correspondant)

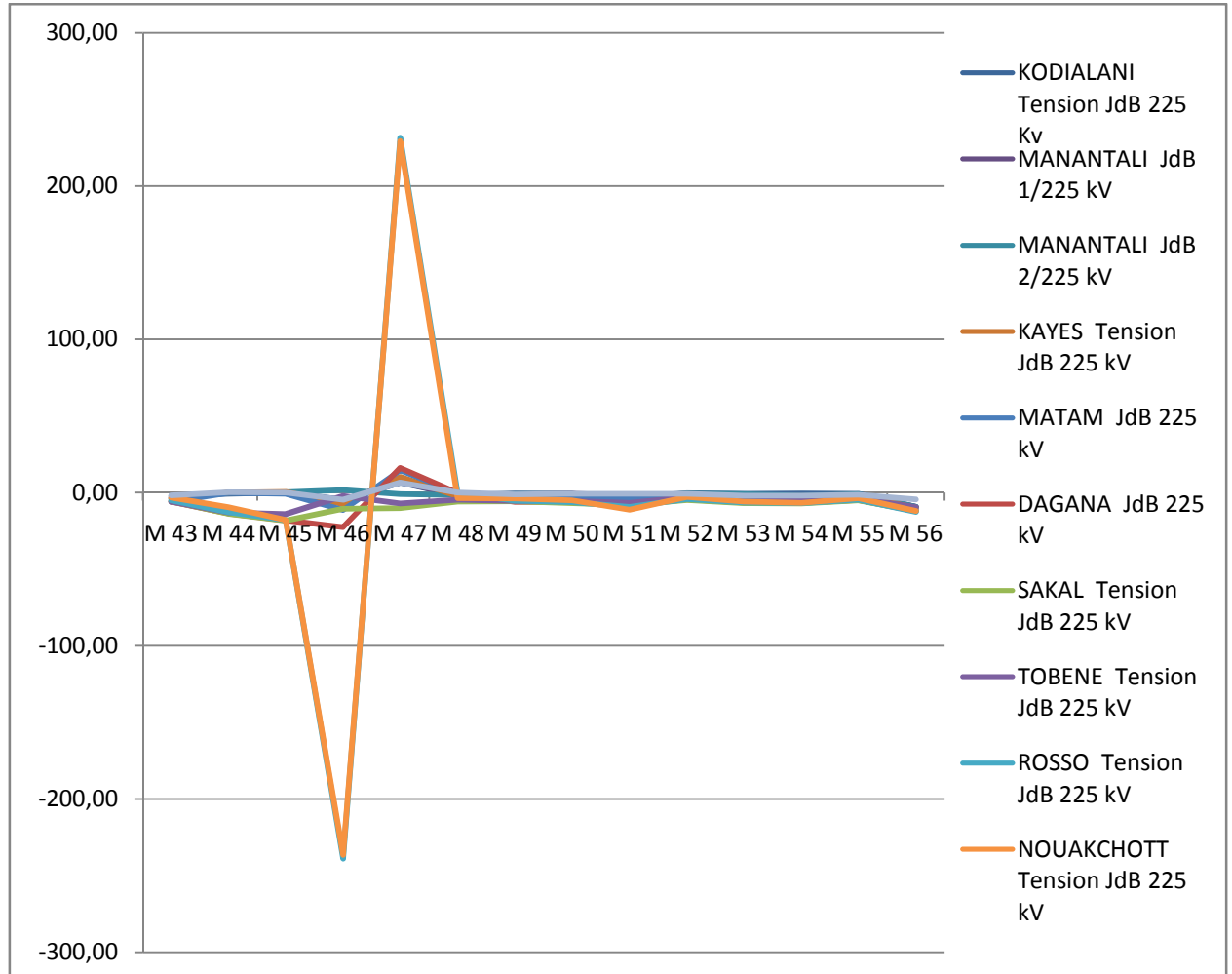


Figure 4.13 : Corrélation entre les manœuvres et le plan des tensions

- Des pics de variations aux périodes M 46, M 47 Sur Matam-Dagana jusqu'à 240 kV dus aux incidents après vérification.
- Ouvertures au point M 51 des RxB de Matam à 5 mn et de Tobène à 3 mn 54 s après la manœuvre.
- Supprimons les points M 46 47 et 51

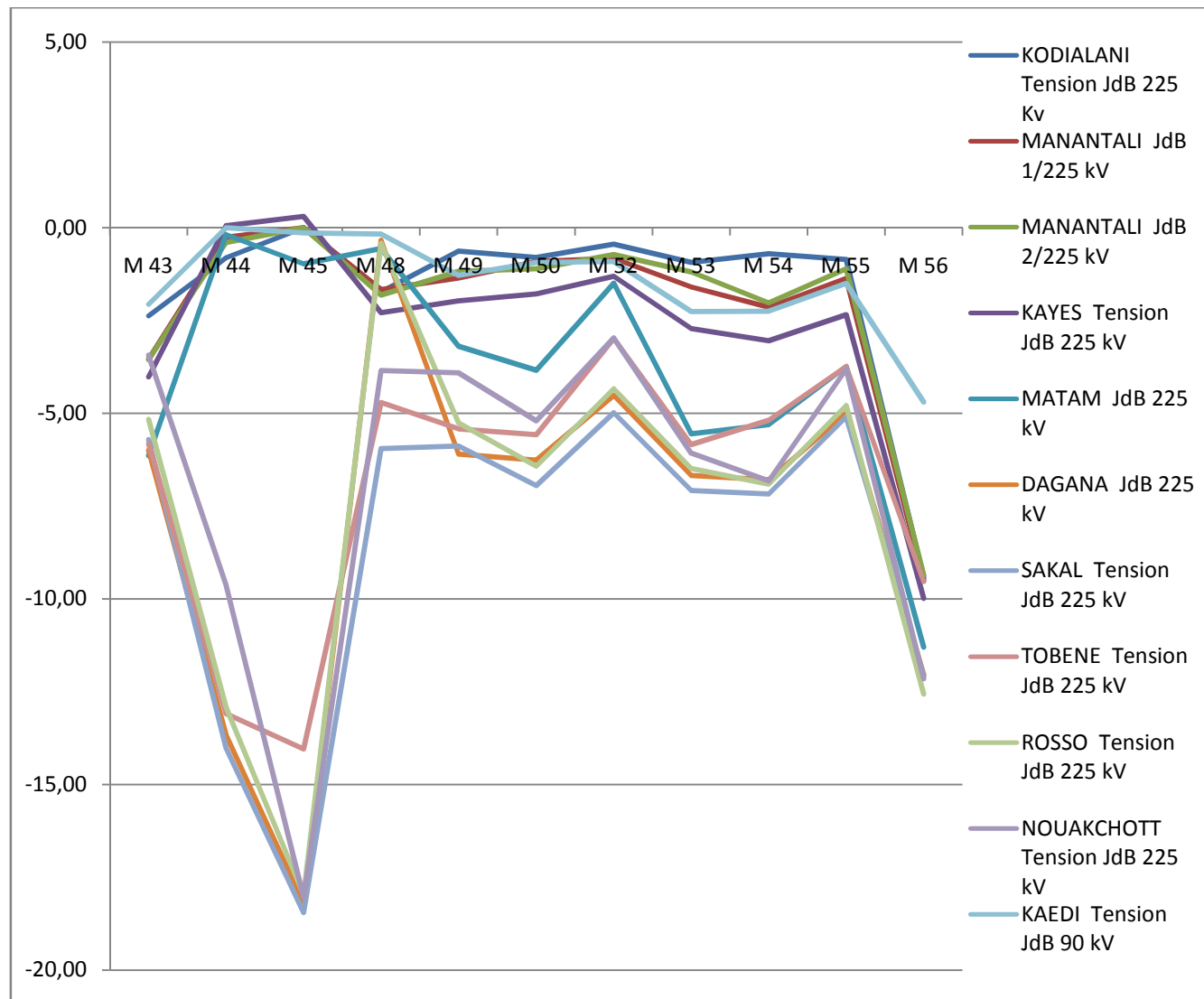


Figure 4.14 : Corrélation entre les manœuvres et le plan des tensions

- Variations au poste de Sakal -5 à -18 kV.
- Les postes influés suivant leur variation moyenne de tension sont: Matam (-3,85 kV) ; Dagana (-7,78 kV) ; Tobène (-6,91 kV) ; Rosso (-7,57 kV) ; Nouakchott (-6,9 kV).



➤ **Cas d'ouverture de la réactance barre (voir annexe\_20 le tableau correspondant)**

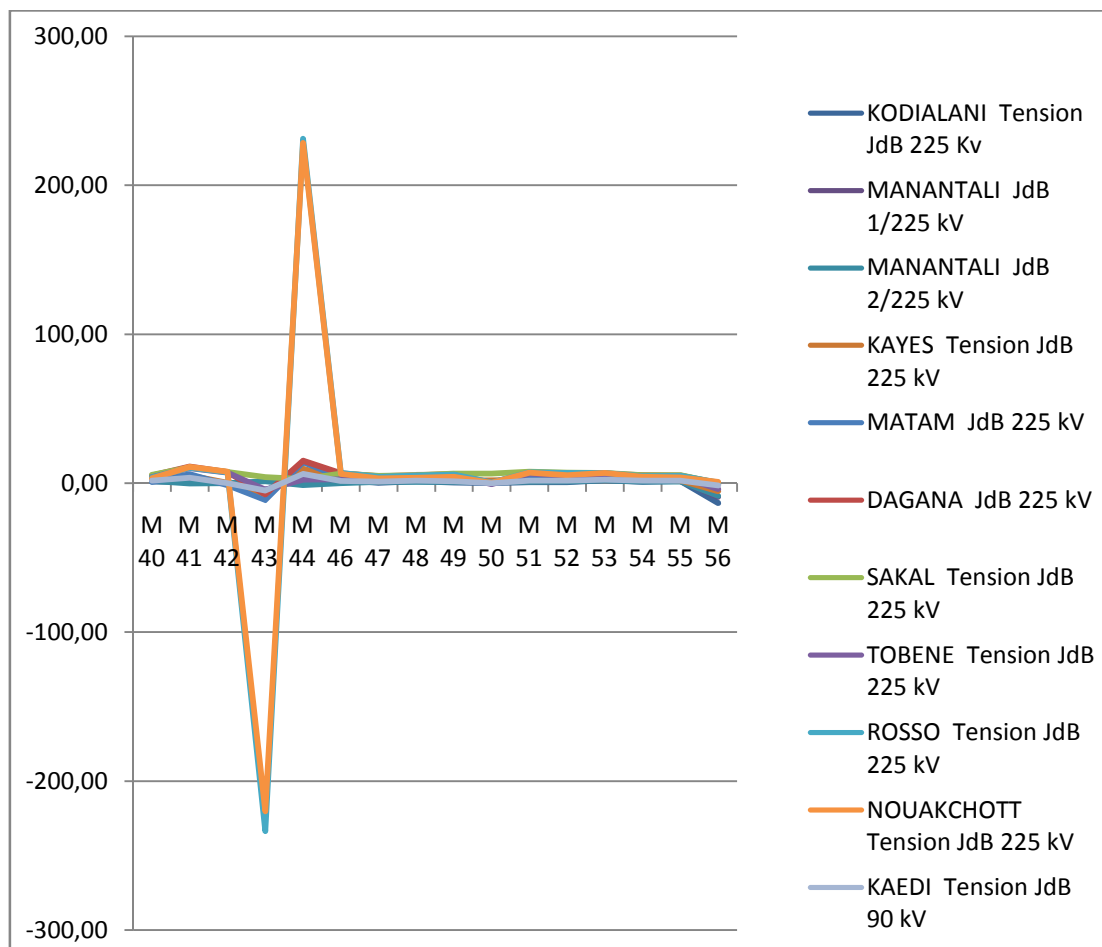


Figure 4.15 : Corrélation entre les manœuvres et le plan des tensions

- Des pics aux périodes M 43, M 44, sur Matam-Dagana jusqu'à 240 kV dus aux incidents après vérification.
- Fermeture de  $R_{xB}$  de Dagana au point M 41 à 2mn 17s après la manœuvre.
- Des fermetures de  $R_{xB}$  de Sakal aux points M 42, M 43, M 44 respectivement à 3mn 19s, à 26s, à 26s après la manœuvre.
- Ouverture de  $R_{xB}$  de Matam au point M 56 à 4mn 22s après la manœuvre.
- Supprimons les points M 41, 42, 43, 44, 56

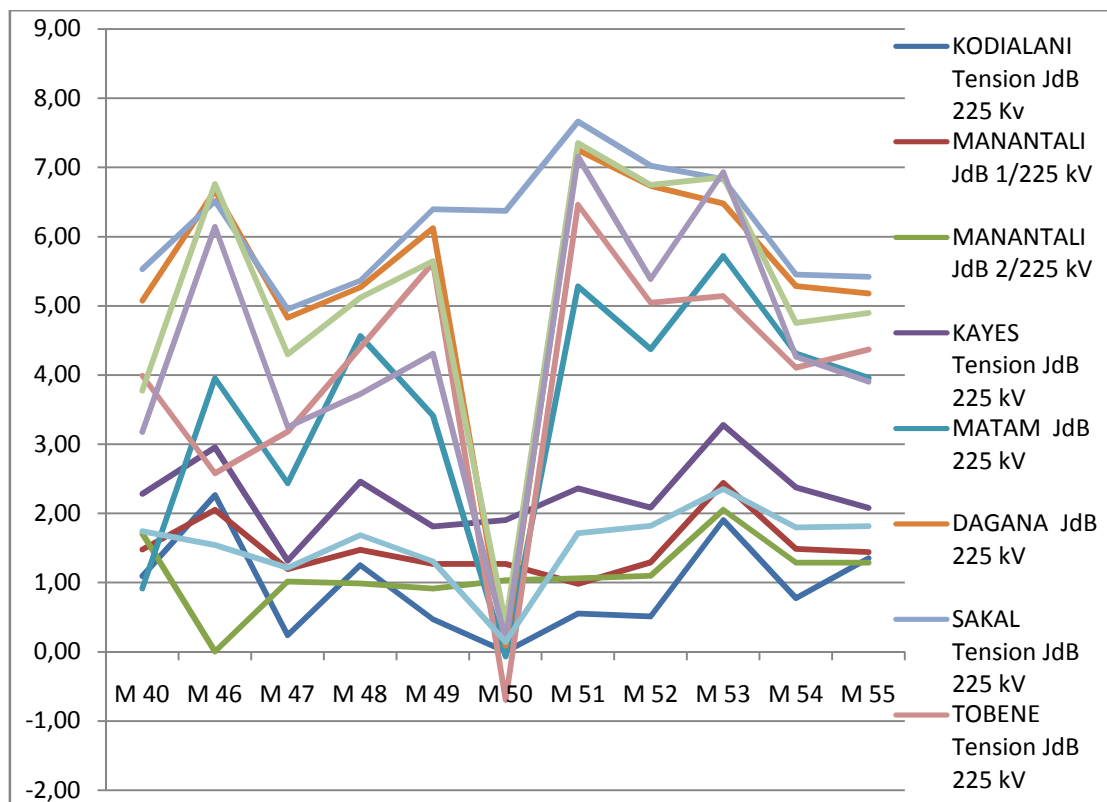


Figure 4.16 : Corrélation entre les manœuvres et le plan des tensions

- Variation de 0 à 8 kV au poste de Sakal.
- Les postes influencés suivant leur variation moyenne de tension sont: Matam (3,53 kV) ; Dagana (5,36 kV) ; Tobène (4,02 kV) ; Rosso (5,15 kV) ; Nouakchott (4,4 kV).

#### 4.2.1.1.6. Poste de Tobène

- Cas de fermeture de la réactance barre (voir annexe\_22 le tableau correspondant)

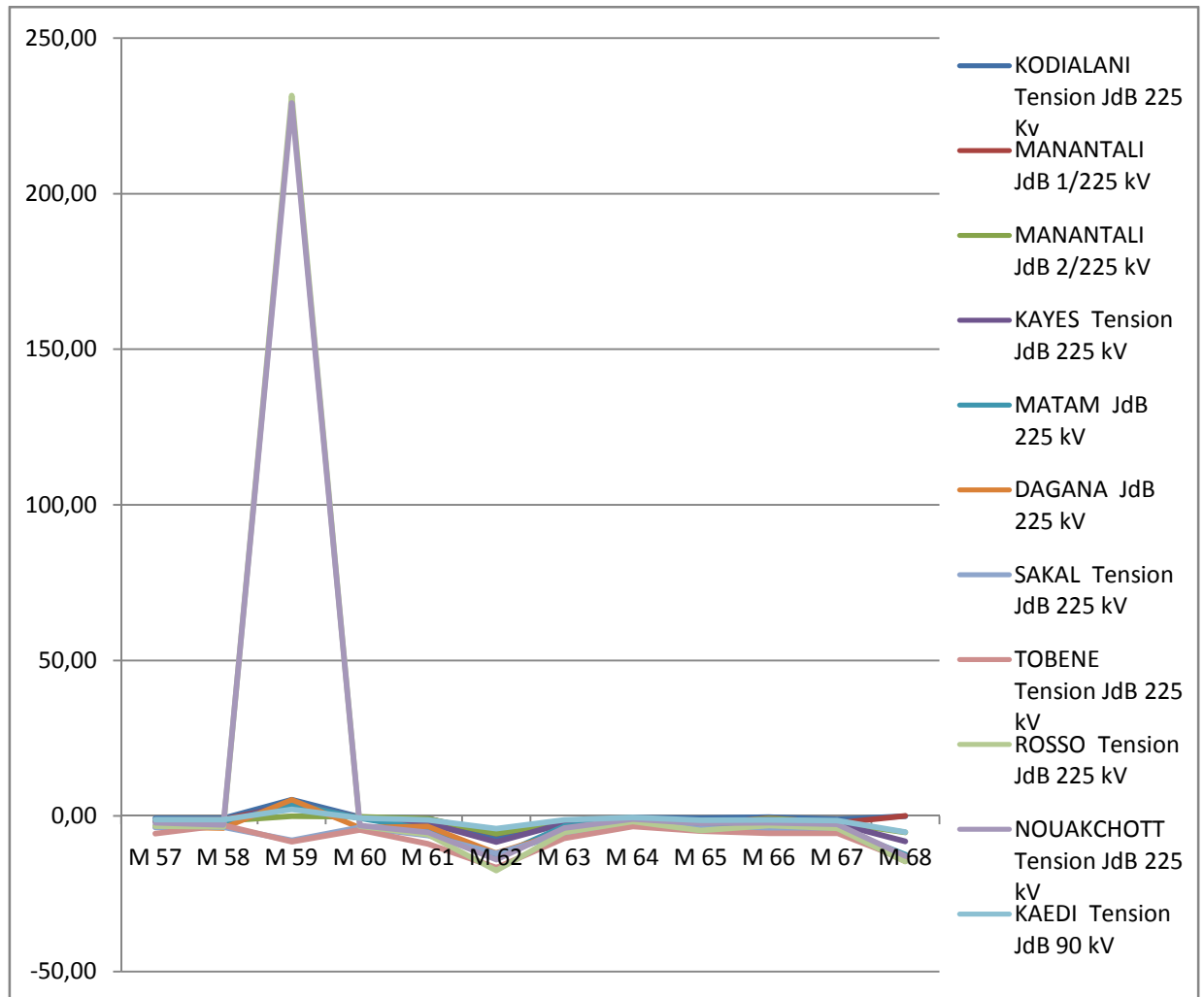


Figure 4.17 : Corrélation entre les manœuvres et le plan des tensions

- Des pics au point M 59, sur Nouakchott et Rosso jusqu'à 230 kV dus à l'incident survenu sur les lignes Dagana-Rosso-Nouakchott après vérification.
- Fermeture  $R_{xB}$  de Dagana au point M 59 à 4mn 45s après la manœuvre.
- Ouverture  $R_{xB}$  de Tobène au point M 62 à 4mn 52s après la manœuvre.
- Fermeture  $R_{xB}$  de Sakal au point M 62 à 58s après la manœuvre.
- Fermeture  $R_{xB}$  de Dagana au point M 68 à 20s après la manœuvre.
- Nous supprimons les points M 59, 62, 68 pour bien scruter les autres schémas.
- Voir ci-dessous le schéma contenant les autres courbes.

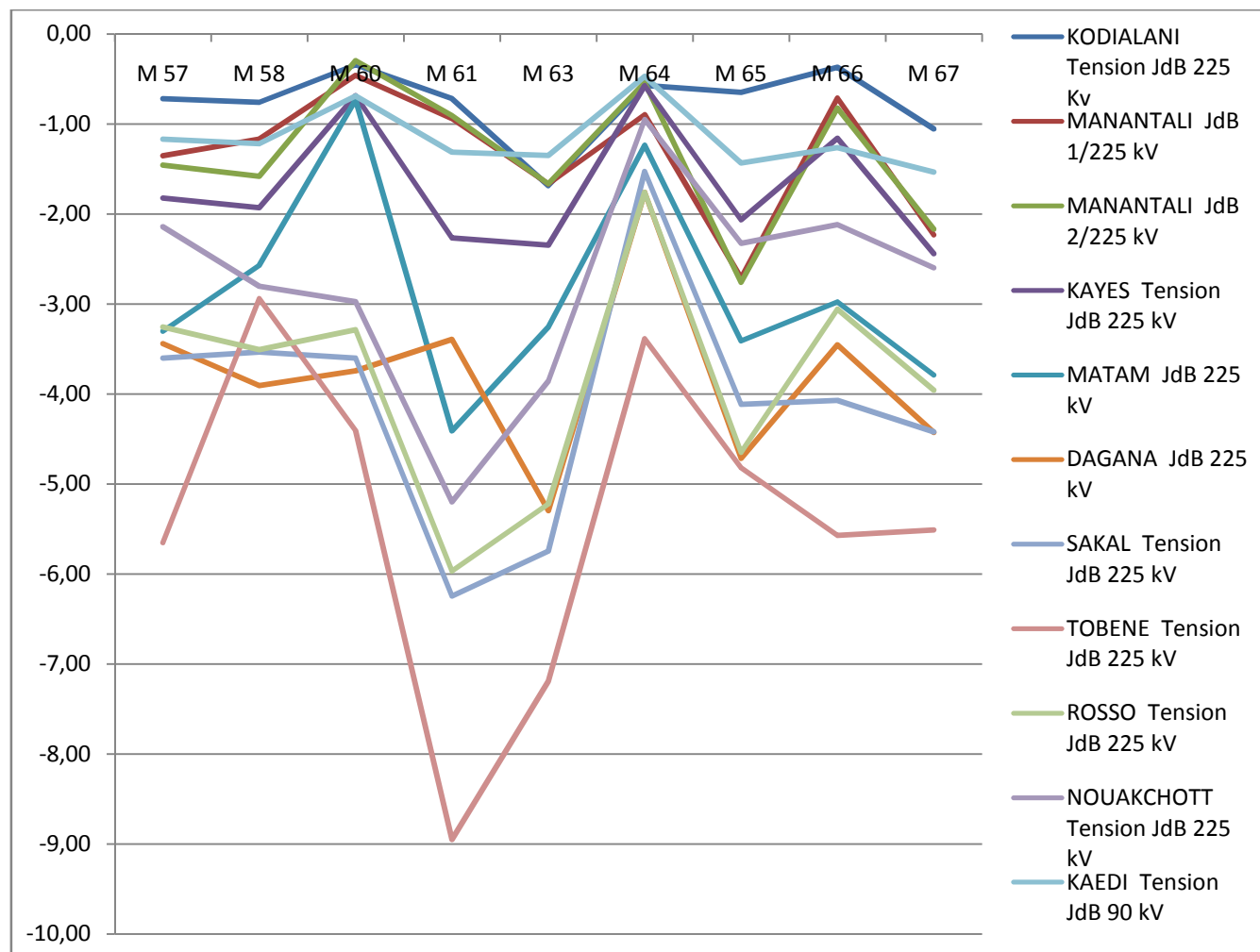


Figure 4.18 : Corrélation entre les manœuvres et le plan des tensions

- Variation de -3 à -9 kV au poste de Tobène.
- Les postes influencés, suivant leur variation moyenne de tension, sont: Dagana (-3,79 kV) ; Sakal (-4,1 kV) ; Rosso (-3,85 kV).

➤ Cas d'ouverture de la réactance (voir annexe\_24 le tableau correspondant)

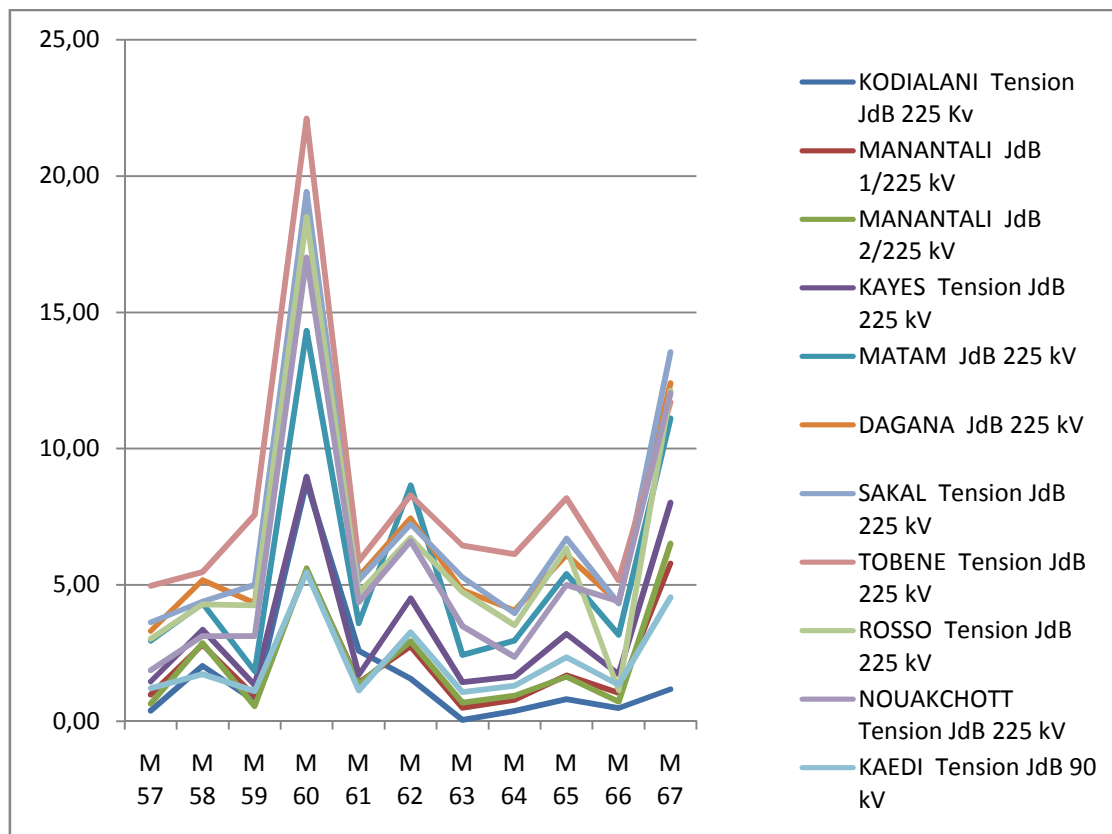


Figure 4.19 : Corrélation entre les manœuvres et le plan des tensions

- Des pics au point M 60, dus à la variation de charge.
- Ouverture de  $R_{xB}$  de Dagana au M 67 à 1mn 41s après la manœuvre.
- Supprimons les points M 60 et 67 pour scruter bien les autres courbes.

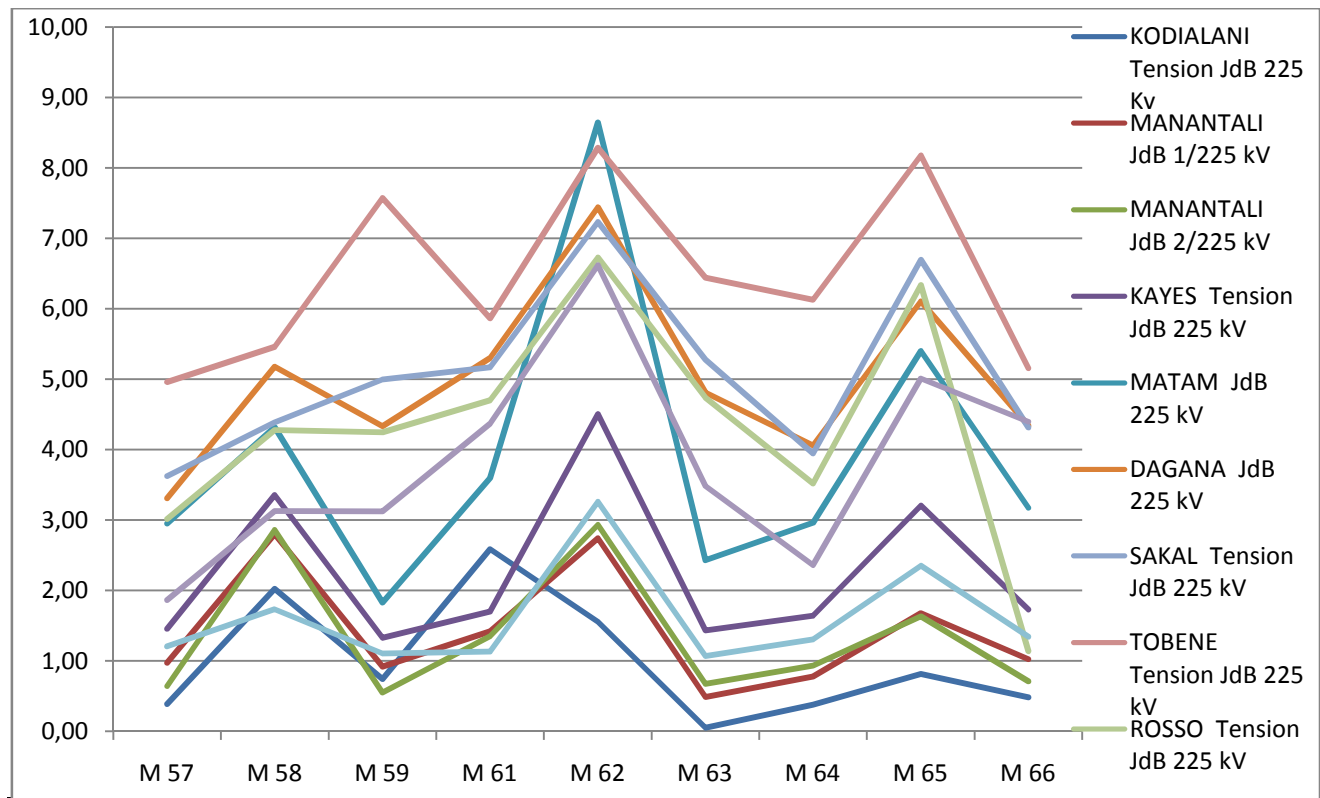


Figure 4.20 : Corrélation entre les manœuvres et le plan des tensions

- Variations au poste de Tobène de 5 à 9 kV.
- Les postes influencés, suivant leur variation moyenne de tension, sont: Matam (3,92 kV) ; Dagana (3,92 kV) ; Sakal (5,07 kV) ; Rosso (4,3 kV) Nouakchott (3,82 kV).

#### 4.2.1.2. Conclusion

- Si nous regardons le nombre de manœuvres des réactances de Kayes, nous constatons qu'il est inférieur aux autres, cela peut s'expliquer par le fait que le poste est proche du poste de Manantali et qu'il est un peu régulé par Manantali. Ceci est confirmé par le graphique que l'influence de cette manœuvre sur le reste du réseau est peu significative.
- Le poste de Dagana est relié à trois (03) autres postes du RIMA avec des lignes 225 kV, ce poste peut être régulé par l'un de ces trois postes proches tout en laissant ouverte ou fermée suivant que la charge est forte ou faible; ce qui s'explique à travers son nombre de manœuvre, son graphique et les graphiques des postes lui sont contiguës. Nous remarquons que les manœuvres sur cette réactance sont influentes.
- Le plus grand nombre de manœuvres sur Sakal s'explique par les incidents survenus sur le réseau.
- Sur les postes Kodialani, Matam, et Tobène, les influences des manœuvres de leurs réactances sont significatives et ce sont des points stratégiques pour réguler la tension.

Des études plus poussées sur les  $R_{XB}$  des trois postes Kodialani, Matam et Tobène feront l'objet du sous chapitre suivant.

## 4.2.2. Corrélation entre les variations de tensions et les charges

Dans ce sous chapitre, nous observerons les courbes des variations des tensions par rapport à la charge et donnerons, s'il ya lieu, une corrélation entre les variations des tensions et les charges. L'observation se fera sur les postes de Kodialani, Matam et Tobène.

Retenons que dans les analyses suivantes nous enlevons les variations de tension et les charges correspondantes des points précédés ou suivis d'incidents et/ou de manœuvres durant la période de référence.

### 4.2.2.1. Analyses et interprétations

#### 4.2.2.1.1. Poste de Kodialani

➤ Fermeture de la réactance (voir annexe\_25 le tableau correspondant)

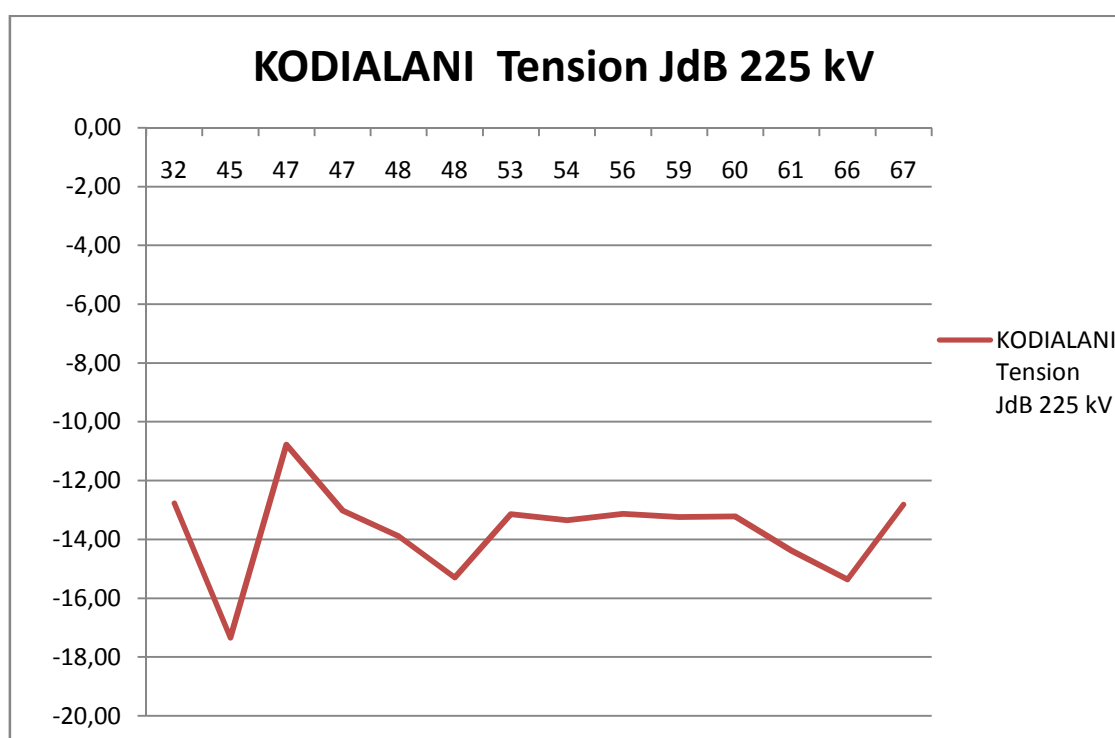


Figure 4.21 : Corrélation entre les variations de tensions et les charges

- Charge : Transit de puissance, poste de Kodialani-ligne 225 kV Manantali
- Nous remarquons des variations de -14 kV en moyenne.
- Nous remarquons aussi que les mêmes valeurs de charges n'ont pas les valeurs de tensions et vice versa.
- Pas de linéarités entre valeurs de charges et les valeurs des variations de tensions.

➤ **Ouverture de la réactance (voir annexe\_26 le tableau correspondant)**

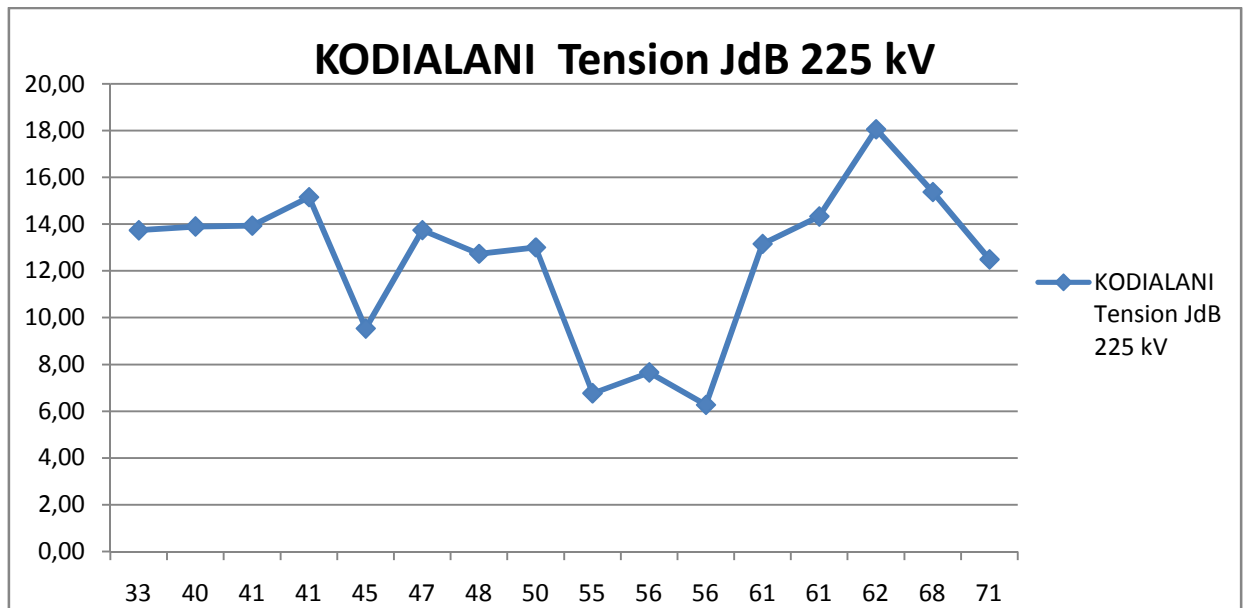


Figure 4.22 : Corrélation entre les variations de tensions et les charges

- Charge : Transit de puissance poste de Kodialani-ligne 225 kV Manantali
- Variation de tension suivant les charges de 6 à 18 kV.
- Pas de linéarité entre variation de tension et la charge

#### 4.2.2.1.2. Postes de Matam

➤ **Fermeture de la réactance (voir annexe\_27 le tableau correspondant)**

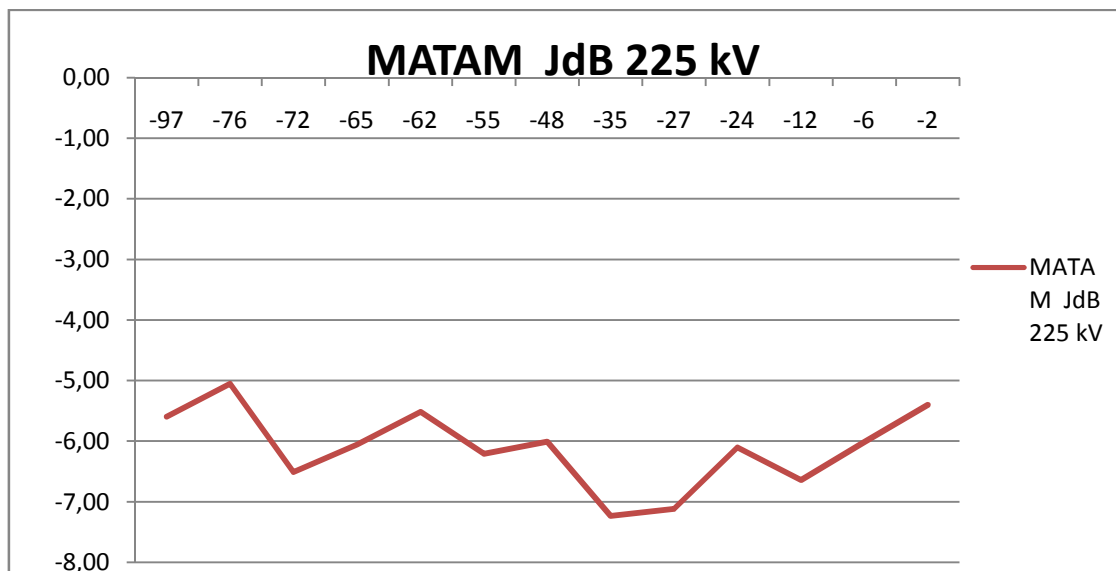


Figure 4.23 : Corrélation entre les variations de tensions et les charges

- Charge : Transit de puissance poste de Matam-ligne 225 kV Kayes



- variations de -6 kV en moyenne, les variations de tensions ne sont pas fonction de la charge.
- Variations de tension entre -5 et -8 kV.

➤ Ouverture de la réactance (voir annexe\_28 le tableau correspondant)

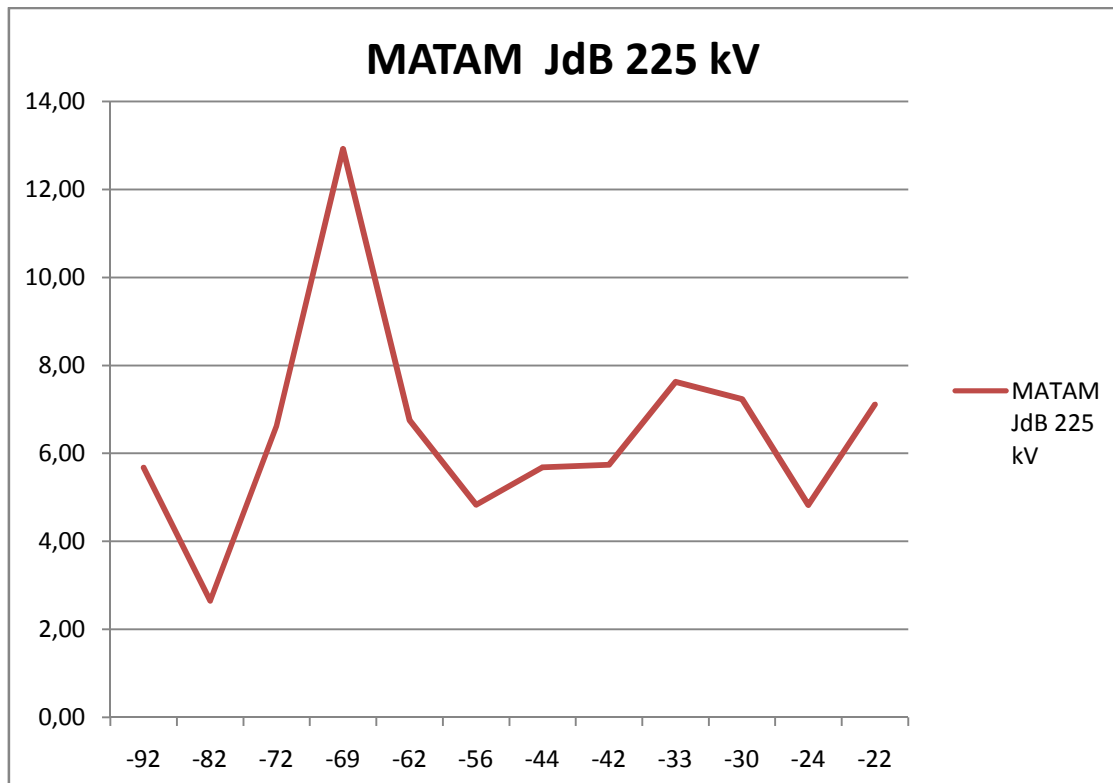


Figure 4.24 : Corrélation entre les variations de tensions et les charges

- Charge : Transit de puissance poste de Matam-ligne 225 kV Kayes.
- Le pic de variation de tension d'environ 12 kV est dû à la variation brusque de la charge ainsi que le pic de variation de tension de 2,65 kV.
- Pas de linéarité.

#### 4.2.2.1.3. Poste de Tobène

➤ Fermeture de la réactance (voir annexe\_29 le tableau correspondant)

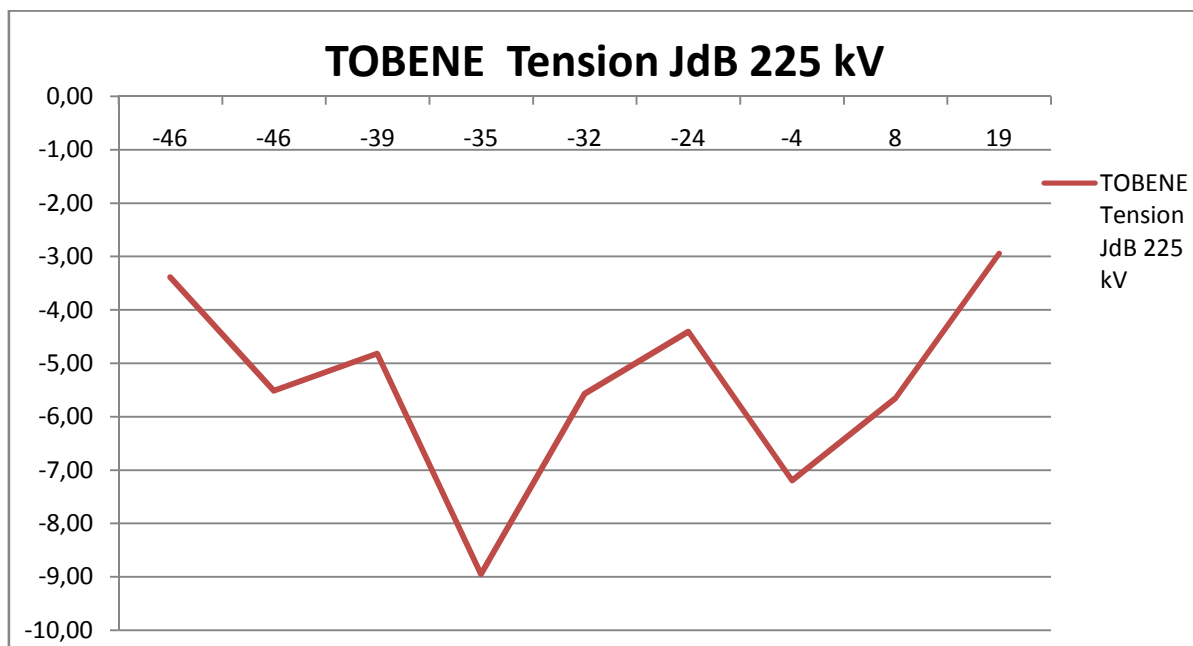


Figure 4.25 : Corrélation entre les variations de tensions et les charges

- Charge : Transit de puissance poste de Tobène-ligne 225 kV Sakal.
  - Variation de tension, suivant la charge, de -3 à -9 kV.
  - Aucune linéarité entre variation de tension et charge venant du poste.
- Ouverture de la réactance (voir annexe\_30 le tableau correspondant)

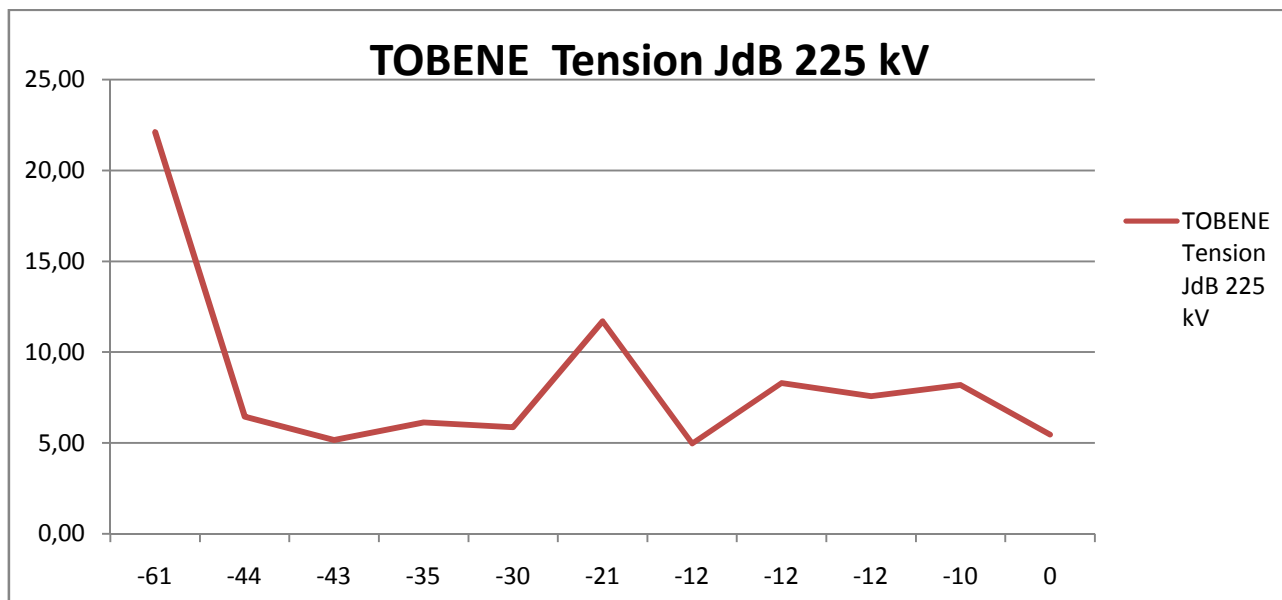


Figure 4.26 : Corrélation entre les variations de tensions et les charges

- Charge : Transit de puissance poste de Tobène-ligne 225 kV Sakal.
- Le pic de variation de tension de 22,11 kV est dû à la variation de charge (puissance active : de 113,98 à 90,85 MW ; Puissance réactive : de 25,73 à -7,92 Mvar).
- Variation de tension suivant les charges entre 5 et 12 kV.
- Pas de corrélation entre la variation de tension et la charge au cours des manœuvres de la réactance.

#### 4.2.2.2. Conclusions

Retenons que la plage de temps (entre 2s avant la manœuvre et 5mn après la manœuvre des réactances) prise pour la variation de tension est trop grande comme nous l'avons constaté au cours des analyses, nous avons enregistré beaucoup de manœuvres des réactances et des variations de charges importantes durant ces plages.

D'après l'observation des différentes courbes, nous n'avons pas une linéarité exacte entre variation de tensions et la charge (ou transit de puissance) d'un poste. Nous ne pouvons pas déterminer exactement les valeurs des variations de tension par rapport à des niveaux de charges données, selon les postes. Néanmoins, nous pouvons déterminer une valeur moyenne de la variation de tension selon le type de manœuvre ; cette moyenne est valable pour tous les niveaux de charge.

Par la suite nous allons déterminer les apports des réactances selon les manœuvres dans différents scénarios de charges.

Pour remédier à notre quête, nous donnerons les apports de chaque réactance en tension selon les scénarios de production à travers le simulateur. Le sous chapitre suivant fera l'objet de cette requête et d'autres.

### 4.3. Apport des réactances en tension selon les scénarios de production et de charges sur le simulateur

D'après la conclusion précédente, les remarques ont été faites qu'il est nécessaire d'analyser les apports des réactances en tension en fonction des scénarios de production.

Des simulations ont été faites en manœuvrant alternativement chacune des douze (12) réactances toujours en partant du cas réel reproduit (chaque manœuvre de la réactance sera faite à partir du cas réel) selon les scénarios de production.

Les plans de tension et les états des réactances ont été pris durant les simulations. Ci-dessous, nous vous montrons un extrait du travail fait.

Ex : Tableau pour la détermination des apports des réactances (Faible production : Etats des réactances). Voir dans les annexes 33, 36, 39 les tableaux traduisant les états des réactances pour les trois (03) scénarios de production.

Tableau des états des réactances (Faible production: 20,15 MW)														
Emplacement	Nom	Etat des réactances												
		CR	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12
Manantali	R <sub>xl</sub> Est	F	F	O	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
	R <sub>xl</sub> Ouest	F	F	F	O	F	F	F	F	F	F	F	F	F
Kodialani	R <sub>xl</sub>	O	F	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Kayes	R <sub>xl</sub>	F	F	F	F	O	F	F	F	F	F	F	F	F
	R <sub>xb</sub>	F	F	F	F	F	O	F	F	F	F	F	F	F
Matam	R <sub>xl</sub>	F	F	F	F	F	F	O	F	F	F	F	F	F
	R <sub>xb</sub>	F	F	F	F	F	F	F	O	F	F	F	F	F
Dagana	R <sub>xl</sub>	F	F	F	F	F	F	F	F	O	F	F	F	F
	R <sub>xb</sub>	F	F	F	F	F	F	F	F	F	O	F	F	F
Sakal	R <sub>xb</sub>	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	F	O	O
Tobène	R <sub>xb</sub>	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	O	F
Nouakchott	R <sub>xb</sub>	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	O

Tableau 4.4 : Tableau des scénarios des charges (Etat des réactances)

Exemple: Tableau pour la détermination des apports des réactances (Faible production : Plan des tensions). Voir dans les annexes 33, 36, 39 les tableaux traduisant les plans des tensions des postes pour les trois (03) scénarios de production.

Tableau des plans de tension des postes (Faible production: 20,15 MW)														
Poste	Jeu de barre	Tension observée au cours de la simulation en kV												
		CR	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12
Manantali	225 kV	229	241	241	221	238	237	236	235	234	233	226	233	232
	225 kV	229	241	241	221	238	237	236	235	234	233	226	233	232
Kita	225 kV	226	244	238	219	235	234	233	233	232	230	223	230	229
Kodialani	225 kV	214	240	227	209	224	223	222	221	220	219	211	218	217
Kayes	225 kV	227	238	238	221	241	237	235	235	234	233	223	232	231
Matam	225 kV	228	236	236	222	239	235	241	237	236	234	222	233	232
	90 kV	90	93	93	88	94	93	95	93	93	92	88	92	91
Dagana	225 kV	224	230	230	221	232	230	234	231	234	232	218	231	229
Sakal	225 kV	223	229	229	220	230	228	232	230	233	231	216	230	228
Tobène	225 kV	222	227	226	219	228	226	229	227	230	228	216	229	226
Rosso	225 kV	226	231	231	222	233	230	234	232	235	233	219	232	231
Nouakchott	225 kV	226	229	229	223	230	229	231	230	232	231	221	230	234
Kaédi	90 kV	90	94	93	88	94	93	95	94	93	93	88	92	92
Boghé	90 kV	91	94	94	89	95	94	96	94	94	93	89	93	92

Tableau 4.5 : Tableau des scénarios des charges (Plan des tensions des postes)

- CR : Cas Réel
- R1 : Réactance ligne Manantali de Kodialani
- R2 : Réactance ligne Est de Manantali
- R3 : Réactance ligne Ouest de Manantali
- R4 : Réactance ligne Manantali de Kayes
- R5 : Réactance barre de Kayes
- R6 : Réactance ligne Kayes de Matam
- R7 : Réactance barre de Matam
- R8 : Réactance ligne Matam de Dagana
- R9 : Réactance barre de Dagana
- R10 : Réactance barre de Sakal
- R11 : Réactance barre de Tobène
- R12 : Réactance barre de Nouakchott
- F : Disjoncteur de la réactance fermé.
- O: Disjoncteur de la réactance Ouvert.
- F, O en rouge désigne les réactances manœuvrées au cours de la simulation.

Après avoir eu des valeurs issues des simulations, nous avons fait des calculs faisant ressortir les variations de tension aux différents postes suite aux manœuvres des réactances selon les scénarios de production.

Un extrait de ces calculs vous sera montré ci-dessous.

Exemple : Tableau pour la détermination des apports des réactances (Faible production : Apports des réactances). Voir dans les annexes 33, 36, 39 les tableaux traduisant les apports des réactances pour les trois (03) scénarios de production.

Tableau des apports des réactances (Faible production: 20,15 MW)														
Poste	Jeu de barre	Variations des tensions observées au cours de la simulation en kV												
			Kodialani ligne R1 (O)	Manantali ligne Est R2 (O)	Manantali ligne Ouest R3 (F)	Kayes ligne R4 (O)	Kayes barre R5 (O)	Matam ligne R6 (O)	Matam barre R7 (O)	Dagana ligne R8 (O)	Dagana barre R9 (O)	Sakal barre R10 (F)	Tobène barre R11 (O)	Nouakchott barre R12 (O)
Manantali	225 kV	Manantali 225 kV	4	7	-7	6	5	4	4	3	3	-2	2	2
	225 kV	Manantali 225 kV	4	7	-7	6	5	4	4	3	3	-2	2	2
Kita	225 kV	Kita225 kV	5	6	-6	5	4	4	3	3	2	-2	2	1
Kodialani	225 kV	Kodialani225 kV	7	4	-4	3	3	2	2	2	1	-1	1	1
Kayes	225 kV	Kayes225 kV	3	6	-6	11	7	6	5	5	4	-3	3	2
Matam	225 kV	Matam225 kV	3	5	-5	9	5	12	8	7	5	-5	4	3
	90 kV	Matam90 kV	1	2	-2	3	2	5	3	3	2	-2	2	1
Dagana	225 kV	Dagana225 kV	2	3	-3	6	4	8	5	9	7	-6	6	5
Sakal	225 kV	Sakal225 kV	2	3	-3	6	4	8	5	9	7	-7	6	4
Tobène	225 kV	Tobène225 kV	1	3	-3	5	3	7	4	7	6	-6	7	4
Rosso	225 kV	Rosso225 kV	2	3	-3	5	3	8	5	8	7	-6	6	5
Nouakchott	225 kV	Nouakchott225 kV	1	2	-2	4	2	5	3	6	4	-4	4	8
Kaédi	90 kV	Kaédi90 kV	1	2	-2	3	2	5	3	3	2	-2	2	1
Boghé	90 kV	Boghé90 kV	1	2	-2	3	2	5	3	3	2	-2	2	1

Tableau 4.6 : Tableau des scénarios des charges (Variations des tensions observées au cours de la simulation en kV)

- (O) : Disjoncteur de la réactance ouvert.
- (F) : Disjoncteur de la réactance fermé.
- Les valeurs en rouge indiquent les variations dues aux manœuvres de leurs réactances.

Des graphiques seront faits suivant les différents scénarios de charges et de productions montrant la variation en tension sur le poste dans lequel la réactance est manœuvrée et le reste du RIMA.

#### 4.3.1. Scénario de faible production (voir annexe\_33 le tableau correspondant)

Positions des réactances en cas réel (CR) : Faible production (20,15 MW)												
Réactance	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12
Position en CR	F	F	O	F	F	F	F	F	F	O	F	F

Tableau 4.7 : Positions des réactances en cas réel (CR) : Faible production (20,15 MW)

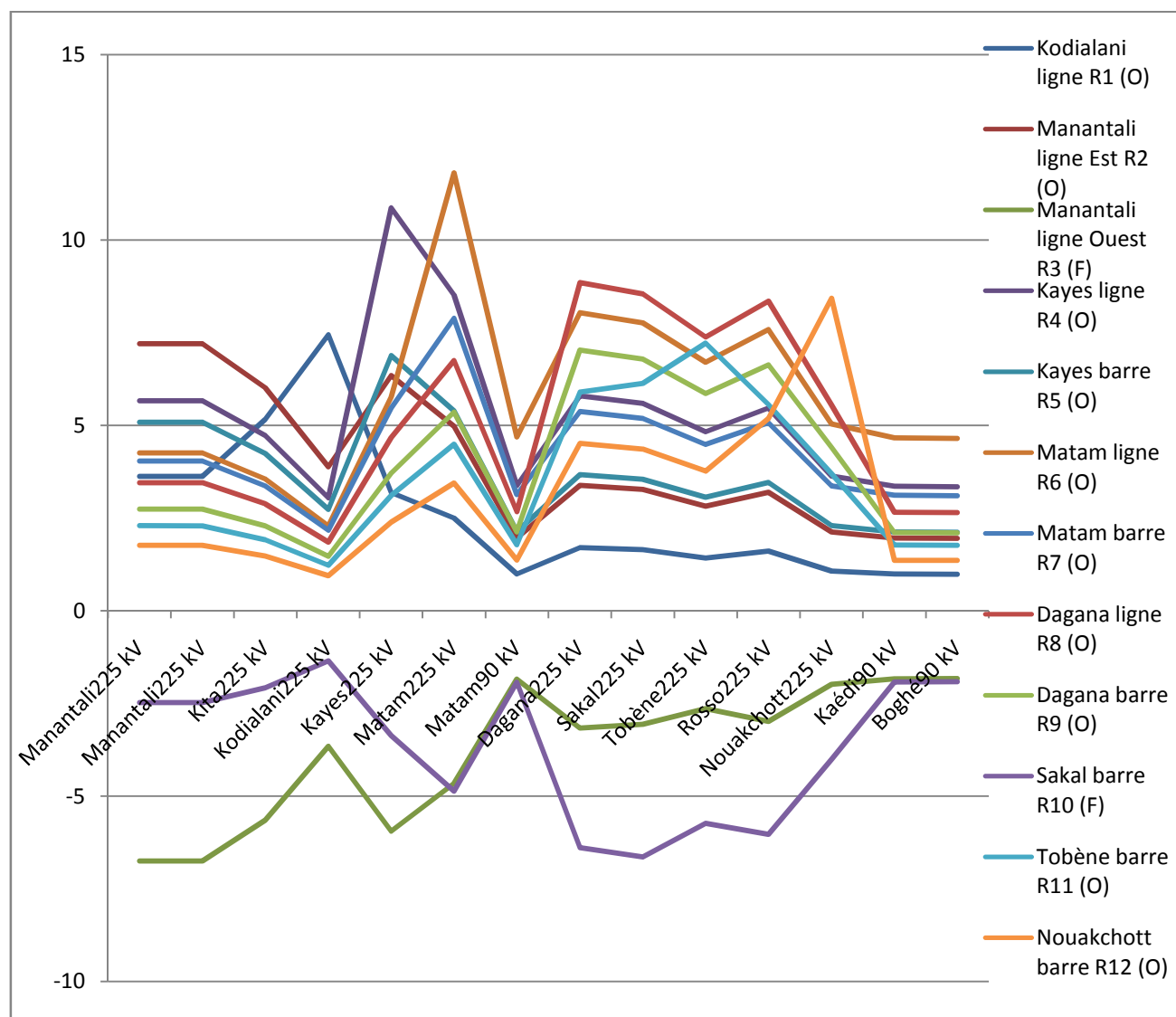


Figure 4.27 : Apport des réactances en tension selon les scénarios de production et de charges sur le simulateur

Les variations des tensions suite aux manœuvres des réactances sont dans la plage 7 à 12 kV.

Nous remarquons que les réactances les plus influentes sur leurs postes et le reste du RIMA en variation de tension sont celles de :

- Réactance ligne de Kayes de 11 kV
- Réactances de Matam de 12 kV
- Réactances de Dagana de 9 kV.

Les autres réactances sont entre 7 à 8 kV de variation au cours de leurs manœuvres dans leurs postes respectifs.

Remarquons que ce sont les réactances lignes qui sont influentes majoritairement par rapport aux réactances barres.

#### 4.3.2. Scénario de forte production (voir annexe\_36 le tableau correspondant)

Positions des réactances en cas réel (CR) : Forte production (199,33 MW)												
Réactance	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12
Position en CR	O	F	O	F	F	F	O	F	O	O	O	F

Tableau 4.8 : Positions des réactances en cas réel (CR) : Forte production (199,33 MW)

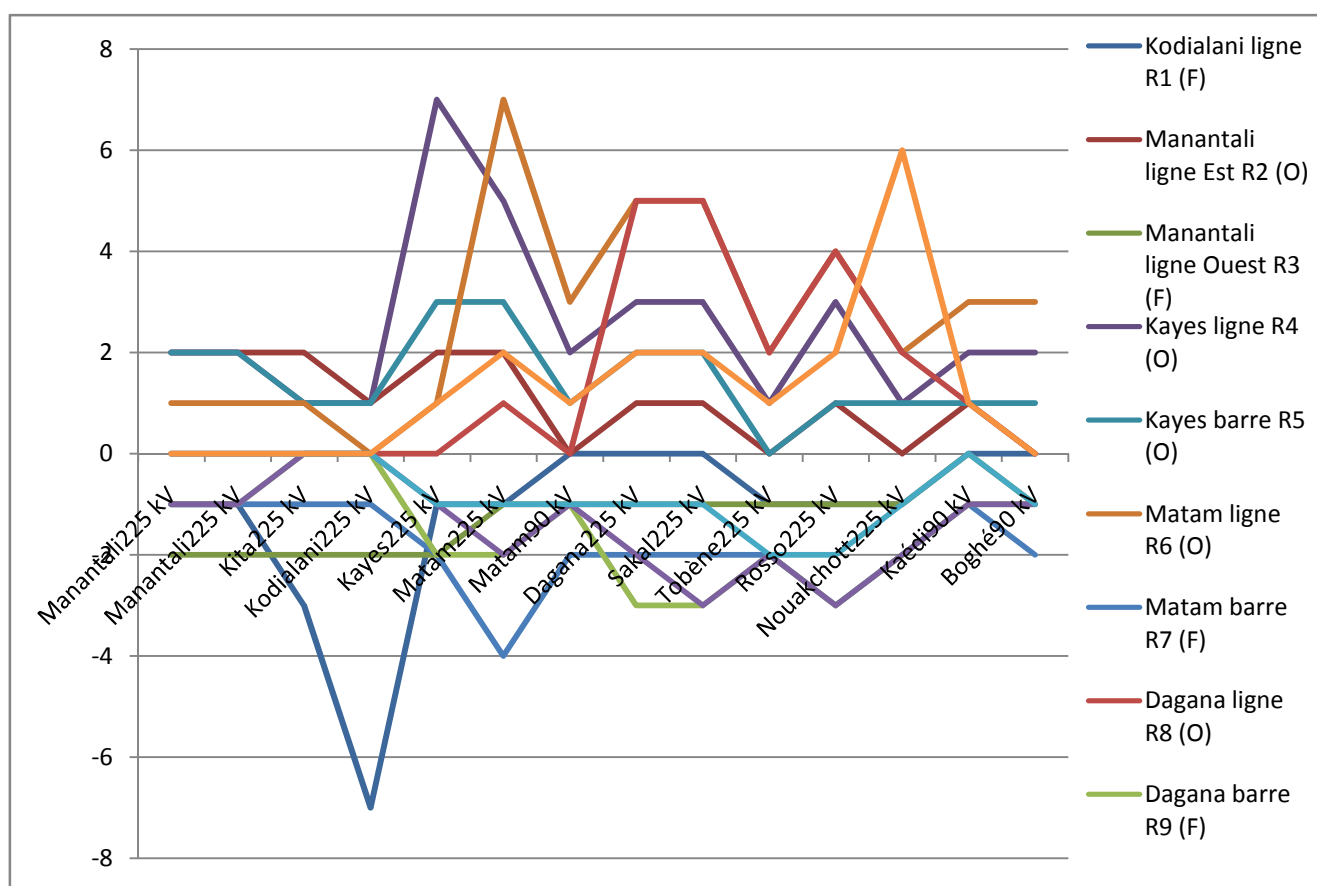


Figure 4.28 : Apport des réactances en tension selon les scénarios de production et de charges sur le simulateur



Les variations des tensions suite aux manœuvres des réactances sont dans la plage 2 à 7 kV.

Nous remarquons dans ce scénario de production, les variations de tension sont inférieures à 8 kV.

Toutes les réactances lignes font varier la tension entre 5 à 7 kV sauf celles des deux réactances lignes de Manantali qui sont à 2 kV dues aux compensations de puissances réactives des groupes de Manantali.

Toutes les réactances barres font varier la tension de moins de 5 kV.

#### 4.3.3. Scénario de production moyenne (voir annexe\_39 le tableau correspondant)

Positions des réactances en cas réel (CR) : Production moyenne (59,81 MW)												
Réactance	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12
Position en CR	F	F	F	F	F	F	F	F	F	O	F	F

Tableau 4.9 : Positions des réactances en cas réel (CR) : Production moyenne (59,81 MW)

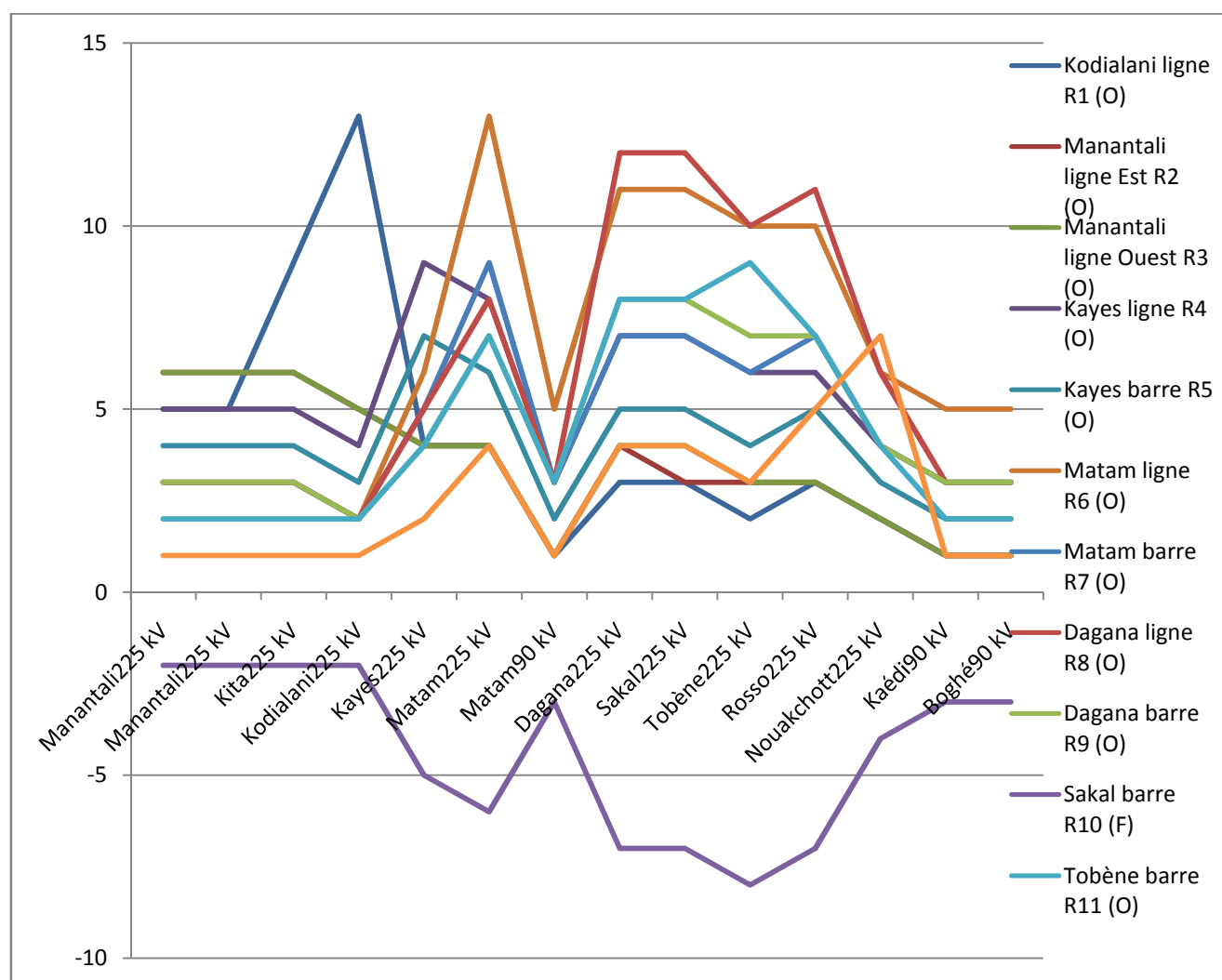


Figure 4.29 : Apport des réactances en tension selon les scénarios de production et de charges sur le simulateur

Les variations des tensions suite aux manœuvres des réactances sont dans la plage 6 à 13 kV.

Toutes les manœuvres des réactances lignes occasionnent des variations de tension de 9 à 13 kV sauf les deux réactances lignes de Manantali qui entraînent une variation de 6 kV. Celles des réactances barres font varier la tension de 7 à 9 kV.

#### 4.3.4. Conclusion

Les variations de tension, suite aux manœuvres des réactances lignes, sont importantes à celles dues aux manœuvres des réactances barres.

Nous déduisons, à partir de ces trois (03) scénarios, que les variations de tension au cours des manœuvres des réactances ne sont pas linéaires et ne dépendent pas des scénarios de puissance active transitant sur les tronçons de lignes respectives. Nous devons tenir compte des deux puissances active et réactive, en somme de la puissance apparente, circulant dans les tronçons des lignes respectives.

A partir des simulations faites suivant les différents scénarios de production, les apports des réactances sont dans des limites qu'elles ne peuvent franchir.

- Pour les réactances lignes, nous enregistrons des variations de 5 à 15 kV sauf les réactances lignes de Manantali en scénario de forte production où nous avons 2 kV.
- Pour les réactances barres, nous avons 2 à 10 kV.

Connaissant les apports des réactances sur leurs postes respectifs et leurs influences sur le reste du RIMA, nous pouvons agir selon les scénarios de charges et les plans de tensions et ainsi, faire le bon choix durant la régulation.

#### 4.4. Scénarios de Load flow optimisé

Nous avons déduit les scénarios de Load flow optimisés à partir des schémas optimums qui offrent le meilleur plan de tension avec le minimum de pertes. Les plans de tension sont donnés dans les tableaux 4.13, 4.15 et 4.17. Les annexes 40 à 45 donnent le détail des écoulements de puissance.

Le tableau ci-dessous résume les pertes de puissance active des différents schémas.

Scénario de production		Production du RIMA (MW)	Charge (MW)	Perte (MW)
Forte production	Schémas 1	199,33	182,83	16,5
	Schémas 2	199,33	182,81	16,52
Faible production	Schémas 1	35,87	34,86	1,01
	Schémas 2	35,87	34,63	1,24
Production moyenne	Schémas 1	93,62	90,05	3,57
	Schémas 2	93,62	89,96	3,66

Tableau 4.10 : Résumés des pertes de puissance active des différents schémas.

## 4.5. Schémas optimums d'exploitation du RIMA

Comme nous avons eu à déterminer les apports de chaque réactance sur leur poste respectif et sur le reste du RIMA, nous donnerons l'état des réactances selon les scénarios de production pour de bons plans de tension.

Deux schémas seront donnés suivant chaque scénario de production adopté.

Les plages de tensions à respecter sont  $\pm 10\%$  des tensions nominales. Toutefois, l'idéal est d'être dans  $\pm 5\%$  des tensions nominales.

Le tableau des plages de tension est donné ci-dessous.

Plages de tension en kV				
Tension nominale	Tension à 10%	Tension à 5%	Tension à -5%	Tension à -10%
225	247,5	236,3	213,8	202,5
150	165,0	157,5	142,5	135,0
90	99,0	94,5	85,5	81,0
33	36,3	34,7	31,4	29,7
30	33,0	31,5	28,5	27,0
15	16,5	15,8	14,3	13,5

Tableau 4.11 : Plages de tension en kV

### 4.5.1. Scénario de fortes productions

Schémas optimums d'exploitation du RIMA (fortes productions : 199,33 MW)			
Emplacement	Nom	Etat des réactances	
		Etat 1	Etat 2
Manantali	R <sub>xl</sub> Est	F	O
	R <sub>xl</sub> Ouest	F	F
Kodialani	R <sub>xl</sub>	O	O
Kayes	R <sub>xl</sub>	O	O
	R <sub>xb</sub>	O	O
Matam	R <sub>xl</sub>	O	O
	R <sub>xb</sub>	O	O
Dagana	R <sub>xl</sub>	O	O
	R <sub>xb</sub>	O	O
Sakal	R <sub>xb</sub>	O	O
Tobène	R <sub>xb</sub>	O	O
Nouakchott	R <sub>xb</sub>	O	O

Tableau 4.12 : Schémas optimums d'exploitation du RIMA (fortes productions : 199,33 MW)

Plan de tension pour les schémas optimaux d'exploitation du RIMA (fortes production : 199,33 MW)			
Poste	Jeu de barre	Plan de tension en kV	
		Plan de tension état 1	Plan de tension état 2
Manantali	225 kV	234	237
	225 kV	234	237
Kita	225 kV	232	234
Kodialani	225 kV	222	223
	150 kV	153	154
Kayes	225 kV	237	239
Matam	225 kV	238	240
	90 kV	95	95
Dagana	225 kV	230	230
Sakal	225 kV	224	225
Tobène	225 kV	213	214
Rosso	225 kV	230	231
Nouakchott	225 kV	227	227
Kaédi	90 kV	94	95
Boghé	90 kV	94	94

Tableau 4.13 : Plan de tension pour les schémas optimaux d'exploitation du RIMA (fortes production : 199,33 MW)

Remarquons que dans le réseau de transport où les lignes de transport d'énergie électrique sont chargées, il est commode de trouver des sources d'énergie de puissances réactives pour compenser la consommation de puissances réactives.

Nous n'avons pas de sources d'énergie de puissances réactives à part les groupes de production d'énergie électrique. Etant donné que les groupes sont limités en puissance réactive, il est commode de délester au maximum les sources qui absorbent les puissances réactives sur les lignes.

#### 4.5.2. Scénario de faibles productions

Schémas optimaux d'exploitation du RIMA (faibles productions : 35,87 MW)			
Emplacement	Nom	Etat des réactances	
		Etat 1	Etat 2
Manantali	$R_{xl}$ Est	F	F
	$R_{xl}$ Ouest	F	F
Kodialani	$R_{xl}$	O	O
Kayes	$R_{xl}$	F	F
	$R_{xb}$	F	F
Matam	$R_{xl}$	F	F
	$R_{xb}$	F	F
Dagana	$R_{xl}$	F	F
	$R_{xb}$	F	O
Sakal	$R_{xb}$	O	O
Tobène	$R_{xb}$	F	F
Nouakchott	$R_{xb}$	F	F

Tableau 4.14 : Schémas optimaux d'exploitation du RIMA (faibles productions : 35,87 MW)

<b>Plan de tension pour les schémas optimaux d'exploitation du RIMA (faibles productions : 35,87 MW)</b>			
<b>Poste</b>	<b>Jeu de barre</b>	<b>Plan de tension en kV</b>	
		<b>Plan de tension état 1</b>	<b>Plan de tension état 2</b>
Manantali	<b>225 kV</b>	224	227
	<b>225 kV</b>	224	227
Kita	<b>225 kV</b>	225	228
Kodialani	<b>225 kV</b>	220	222
	<b>150 kV</b>	153	154
Kayes	<b>225 kV</b>	224	228
Matam	<b>225 kV</b>	226	232
	<b>90 kV</b>	90	93
Dagana	<b>225 kV</b>	224	231
Sakal	<b>225 kV</b>	223	230
Tobène	<b>225 kV</b>	223	229
Rosso	<b>225 kV</b>	225	232
Nouakchott	<b>225 kV</b>	224	229
Kaédi	<b>90 kV</b>	90	93
Boghé	<b>90 kV</b>	90	93

Tableau 4.15 : Plan de tension pour les schémas optimaux d'exploitation du RIMA (faibles productions : 35,87 MW)

Dans le réseau sous chargé, les installations d'équipement d'absorption d'énergie réactive sont très recommandées vu les générations d'énergie réactive à travers les lignes de transport.

Dans notre cas, nous disposons des réactances comme moyen de régulation de la tension et de ce fait, il est commode de prendre certaines dispositions comme :

- Mettre les réactances sous tension pour atténuer au maximum les puissances réactives sur le réseau.
- Ne pas ouvrir les réactances près des sources de production d'énergie afin de relever son facteur de puissance.
- Corriger, en cas de déficit de tension, avec les réactances de Sakal, Dagana, Matam, Kayes.

#### 4.5.3. Scénario de productions moyennes

Schémas optimums d'exploitation du RIMA (productions moyennes : 93,62 MW)			
Emplacement	Nom	Etat des réactances	
		Etat 1	Etat 2
Manantali	R <sub>xl</sub> Est	F	F
	R <sub>xl</sub> Ouest	O	F
Kodialani	R <sub>xl</sub>	O	O
Kayes	R <sub>xl</sub>	F	F
	R <sub>xb</sub>	F	F
Matam	R <sub>xl</sub>	F	F
	R <sub>xb</sub>	O	O
Dagana	R <sub>xl</sub>	O	O
	R <sub>xb</sub>	F	F
Sakal	R <sub>xb</sub>	F	F
Tobène	R <sub>xb</sub>	F	F
Nouakchott	R <sub>xb</sub>	F	O

Tableau 4.16 : Schémas optimums d'exploitation du RIMA (productions moyennes : 93,62 MW).

Plan de tension pour les schémas optimums d'exploitation du RIMA (productions moyennes : 93,62 MW)			
Poste	Jeu de barre	Plan de tension en kV	
		Plan de tension état 1	Plan de tension état 2
Manantali	225 kV	235	232
	225 kV	235	232
Kita	225 kV	234	232
Kodialani	225 kV	226	225
	150 kV	156	156
Kayes	225 kV	232	230
Matam	225 kV	232	232
	90 kV	93	93
Dagana	225 kV	228	230
Sakal	225 kV	225	227
Tobène	225 kV	223	224
Rosso	225 kV	228	230
Nouakchott	225 kV	222	228
Kaédi	90 kV	92	92
Boghé	90 kV	92	92

Tableau 4.17 : Plan de tension pour les schémas optimums d'exploitation du RIMA (productions moyennes : 93,62 MW).

Dans le cas de production moyenne, la recommandation est de se situer entre les deux extrêmes (Fortes productions et faibles productions) pour réguler la tension.

Nous pouvons avoir des émissions en puissance active de chacun des trois (03) SDE (il s'agit des trois sociétés d'électricité : EDM S.A, SENELEC, et SOMELEC) ou deux (02) ou un (01) ou aucun. Suivant le cas, il ya des procédures à suivre.

- Dans le cas des apports d'au moins un (01) SDE

Il est préférable de laisser les réactances sous tension près des sources d'émission de puissance active et hors tension, les réactances qui sont en bout de ligne 225 kV qui n'émet pas de puissance active.

Toutefois, l'une des deux réactances lignes de Manantali peut être hors tension selon le besoin mais fermée, la réactance ligne correspondante du poste près de Manantali.

Chercher à réguler la tension avec les réactances lignes ou barres de Sakal, de Dagana et Matam ; le cas échéant avec les réactances de Kayes.

➤ Dans le cas des apports d'aucun SDE,

Il est préférable de laisser ouvertes les réactances situées en bout de lignes afin d'éviter les chutes de tensions.

L'une des deux réactances lignes de Manantali peut être hors tension selon le besoin mais fermée, la réactance ligne correspondante du poste près de Manantali.

La régulation peut se faire avec les réactances lignes ou barres de Sakal, Dagana et Matam ; le cas échéant avec les réactances de Kayes.

#### **4.6. Recommandations d'améliorations du système**

Vus les projets d'interconnexion avec la Cote d'Ivoire, d'adhésion de la Guinée à l'OMVS, de nouvelles centrales d'OMVS qui ne sont pas tellement imminents, les recommandations proposées au réseau actuel peuvent ne pas être conformes au réseau d'avenir. Pour cela, il est commode de dissocier les recommandations selon le réseau actuel ou futur.

➤ Pour le réseau actuel

De part nos analyses et des difficultés encourues, le RIMA a des défaillances techniques pour une bonne conduite du réseau. Nous énumérerons et commenterons les différents aspects des recommandations.

- Vision de l'ensemble du réseau et le problème de télémessure

La vision correcte du réseau et la précision sur les télémessures améliorent le réglage de la tension.

- Installations des capacitances shunts sur le réseau

D'après notre analyse, pendant une situation de forte production de Manantali où nous n'avons pas les apports des SDE, les installations des capacitances shunts, surtout aux cotés des SdE, sont très sollicitées pour compenser l'énergie réactive afin de réguler la tension. Cela est de même pendant les moyennes productions où nous n'avons pas les émissions d'aucun SdE ou les émissions d'un (01) de SDE ou de deux (02).

D'après les analyses sur le simulateur et les cas réels observés, l'installation des trois (03) capacitances de 20 MVar sur les postes de Kodialani, Tobène, et Nouakchott réglerait le problème de tension.

Le calcul et le dimensionnement de ces capacitances shunts à installer au niveau des trois postes se font par des analyses plus rigoureuses.

- Remise en service de la réactance ligne Ouest de Manantali

L'absence de cette réactance peut créer une surtension surtout à Kayes et à Manantali pendant les périodes de faibles productions et de charges.

La mise sous tension de la ligne Ouest lors de son déclenchement n'est pas rassurant avec l'absence de cette réactance.

➤ Pour le réseau d'avenir

Avec le réseau d'avenir, surtout à la réussite du projet WAP, le RIMA serait un carrefour du transit d'énergie, ce qui nécessite des capacitances shunts plutôt que des réactances shunts. Une étude préalable est recommandée pour accueillir le futur réseau.

#### **4.7. Coûts de l'application des recommandations**

Compte tenu du temps imparti et du volume de travail, l'évaluation du coût des recommandations n'a pas pu être effectuée.



# Conclusion générale

## 5. Conclusion générale

A travers cette étude, nous concluons que le maintien, dans les limites admissibles, de la tension sur les réseaux de transport nécessite le maintien du transit de la puissance réactive à des proportions acceptables sur les réseaux.

Cet objectif est atteint en adaptant une compensation adéquate à chaque type de réseau, d'abord en fonction du niveau de tension de ligne et ensuite en tenant compte de la nature du réseau (transport, distribution).

Tous les types de compensateurs statiques ne présentent pas les mêmes possibilités. Il est aussi difficile de bien évaluer les problèmes liés à la circulation d'énergie réactive dans les réseaux. C'est pourquoi il est important de faire au préalable une analyse des divers aspects possibles du problème général de la régulation de la tension tel qu'il peut se poser réellement au concepteur d'une installation.

Les compensateurs statiques améliorent la stabilité de la consommation de puissance réactive et de la tension. Cependant, leurs efficacités sont assurées si leurs types et leurs positions sont correctement calculés suivant les scénarios de charges et de productions.

L'étude de cette optimisation du plan de tension par les manœuvres des équipements de compensation statique mérite de bien modéliser le RIMA et les SDE et d'avoir un outil de simulation à jour afin de bien distinguer les incorrrections dans le RIMA et de prédire les éventuelles dispositions à prendre, c'est d'une importance capitale pour tout entreprise qui veut bien gérer la conduite du réseau, le transport d'énergie, et les équipements sous tension. Pour cela, l'étude faite n'est qu'une introduction du détail. Nous proposons à l'entreprise de bien tenir compte de nos requêtes qui sont fondées sur des analyses que nous avons eu à faire et d'en faire une section de bureau d'études.

Nous espérons néanmoins que ce travail sera un support pour l'entreprise pour la conduite de son réseau électrique et tiendra compte de nos recommandations bien fondées.

## Liste des tableaux

- 01 : Tableau 2.1 : Composants du système Est
- 02 : Tableau 2.2 : Composants du système Ouest
- 03 : Tableau 2.3 : Valeurs de bases des tronçons de lignes 225 kV
- 04 : Tableau 2.4 : Paramètres des tronçons de lignes 225 kV
- 05 : Tableau 2.5 : Valeurs de bases des tronçons de lignes 90 kV
- 06 : Tableau 2.6 : Paramètres des tronçons de lignes 90 kV
- 07 : Tableau 2.7 : Paramètres des transformateurs
- 08 : Tableau 2.8 : Paramètres des capacitances séries
- 09 : Tableau 2.9 : Paramètres des réactances shunts
- 10 : Tableau 3.1 : Statistiques sur les manœuvres
- 11 : Tableau 3.2 : Synthèses des manœuvres
- 12 : Tableau 3.3 : Choix des périodes en se basant sur les nombres de manœuvres
- 13 : Tableau 3.4 : Synthèse des relevés de puissance produite en excluant les productions de moins de 20 MW
- 14 : Tableau 3.5 : Choix des périodes à partir des scénarios des charges extrêmes
- 15 : Tableau 3.6 : Choix des périodes dû aux insertions des AGGREKO sur le RIMA
- 16 : Tableau 3.7 : Procédure pour la reconstruction des événements
- 17 : Tableau 3.8 : Extrait d'une reconstruction
- 18 : Tableau 3.9 : Nombre des manœuvres à analyser et des périodes à reconstruire
- 19 : Tableau 3.10 : Nombres des périodes à reconstruire et à analyser à travers le simulateur
- 20 : Tableau 3.11 : Tendances entre les cas réels et dans le simulateur (Positions des réactances)
- 21 : Tableau 3.12 : Tendances entre les cas réels et dans le simulateur (Tensions aux différents nœuds) en kV
- 22 : Tableau 4.1 : Exemple : Cas d'ouverture de la réactance de Kodialani (Premiers calculs)
- 23 : Tableau 4.2 : Exemple : Cas de fermeture de la réactance de Kodialani (Deuxièmes calculs)
- 24 : Tableau 4.3 : Nombre de manœuvres
- 25 : Tableau 4.4 : Tableau des scénarios des charges (Etat des réactances)
- 25 : Tableau 4.5 : Tableau des scénarios des charges (Plan des tensions des postes)
- 26 : Tableau 4.6 : Tableau des scénarios des charges (Variations des tensions observées au cours de la simulation en kV)
- 28 : Tableau 4.7 : Positions des réactances en cas réel (CR) : Faible production (20,15 MW)

- 29 : Tableau 4.8 : Positions des réactances en cas réel (CR) : Forte production (199,33 MW)
- 30 : Tableau 4.9 : Positions des réactances en cas réel (CR) : Production moyenne (59,81 MW)
- 31: Tableau 4.10 : Résumés des pertes de puissance active des différents schémas.
- 32 : Tableau 4.11 : Plages de tension en kV
- 33 : Tableau 4.12 : Schémas optimums d'exploitation du RIMA (fortes productions : 199,33 MW)
- 34 : Tableau 4.13 : Plan de tension pour les schémas optimums d'exploitation du RIMA (fortes production : 199,33 MW)
- 35 : Tableau 4.14 : Schémas optimums d'exploitation du RIMA (faibles productions : 35,87 MW)
- 36 : Tableau 4.15 : Plan de tension pour les schémas optimums d'exploitation du RIMA (faibles productions : 35,87 MW)
- 37 : Tableau 4.16 : Schémas optimums d'exploitation du RIMA (productions moyennes : 93,62 MW).
- 38 : Tableau 4.17 : Plan de tension pour les schémas optimums d'exploitation du RIMA (productions moyennes : 93,62 MW).

## Bibliographies

- [1] Fichtner, Etude d'exploitation du système Energétique de Manantali, 2000
- [2] B. Cissouma : Etude de la Compensation de la puissance réactive des réseaux électriques Application d'un SVC
- [3] L. BAGHLI : Réalisation d'un Environnement Graphique avec Base de Données pour l'Analyse et la Simulation de Réseaux Electriques
- [4] P. Grégory : Réactances de compensation : Vibrations et gêne acoustique
- [5] Techniques de l'ingénieur : Outils de simulation dynamique des réseaux électriques
- [6] Cours : Formation SOGEM – INPG Etude de stabilité des réseaux haute tension 2007 :

# Annexes

## Annexe\_01

Corrélations entre les manoeuvres et le plan des tensions (Cas des fermetures de la réactance barre de Dagana) : Première calcul													
Date	Heure	Mi	KODIALANI Tension JdB 225 kV	MANANTALI JdB 1/225 kV	MANANTALI JdB 2/225 kV	KAYES Tension JdB 225 kV	MATAM JdB 225 kV	DAGANA JdB 225 kV	SAKAL Tension JdB 225 kV	TOBENE Tension JdB 225 kV	ROSSO Tension JdB 225 kV	NOUAKCHOTT Tension JdB 225 kV	KAEDI Tension JdB 90 kV
07/26/2006	02:36:25	M 1	-1,25	-2,70	-2,61	-3,54	-5,73	-10,41	-7,84	-7,88	-6,51	-0,89	-2,63
10/19/2006	00:40:01	M 2	-0,72	-1,53	-1,33	-2,25	-6,22	-6,91	0,00	-4,86	-5,13	-3,95	-2,08
10/20/2006	01:17:07	M 3	-1,89	0,00	0,00	0,00	-4,46	-6,42	0,00	-3,09	-6,90	-3,57	-2,64
03/26/2007	09:32:42	M 4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,35	0,00	0,00	0,00
03/26/2007	10:13:57	M 5	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,55	0,00
10/15/2008	01:53:12	M 6	-1,04	0,00	0,00	0,00	-4,93	-6,25	-5,82	-3,30	-5,12	-3,85	0,00
10/16/2008	00:12:04	M 7	-0,45	-0,99	-0,87	-1,98	-3,61	-4,72	-2,09	-3,74	-4,89	-3,32	-1,96
10/17/2008	20:53:08	M 8	0,00	0,00	-1,52	0,00	-5,04	-6,86	-5,59	-4,44	-5,51	-3,83	0,00
10/17/2008	21:15:16	M 9	0,00	2,00	-0,91	-2,67	-3,74	-4,84	-4,52	-3,61	-5,91	-4,04	-2,58

## Annexe\_02

Corrélations entre les manœuvres et le plan des tensions (Cas des fermetures de la réactance barre de Dagana) : Deuxième calcul													
Date	Heure	Mi	KODIALANI Tension JdB 225 kV	MANANTALI JdB 1/225 kV	MANANTALI JdB 2/225 kV	KAYES Tension JdB 225 kV	MATAM JdB 225 kV	DAGANA JdB 225 kV	SAKAL Tension JdB 225 kV	TOBENE Tension JdB 225 kV	ROSSO Tension JdB 225 kV	NOUAKCHOTT Tension JdB 225 kV	KAEDI Tension JdB 90 kV
07/26/2006	02:36:25	M 1	-2,07	-2,32	-2,10	-3,28	-4,84	-6,54	-6,32	-3,34	-6,02	-4,53	-2,09
10/19/2006	00:40:01	M 2	-0,72	-1,53	-1,33	-2,25	-4,25	-5,18	1,73	-4,99	-4,74	-3,64	-1,84
10/20/2006	01:17:07	M 3	-1,17	-2,10	-1,90	-3,03	-4,69	-5,70	-5,35	-3,88	-5,53	-3,63	-1,87
03/26/2007	09:32:42	M 4	0,00	-0,34	0,00	0,00	-0,16	0,03	-2,43	-0,21	-2,21	-2,66	0,02
03/26/2007	10:13:57	M 5	0,66	0,07	0,00	-0,14	-0,04	-0,30	-0,76	0,36	-0,91	-0,40	-0,28
10/15/2008	01:53:12	M 6	-1,69	-2,71	-2,76	-4,32	-7,61	-9,40	-9,42	-8,43	-9,43	-9,69	-3,35
10/16/2008	00:12:04	M 7	-0,42	-0,99	-0,87	-2,04	-3,77	-4,89	-4,59	-3,85	-5,05	-3,56	-1,68
10/17/2008	20:53:08	M 8	0,00	0,00	-3,80	-5,80	-8,94	-10,05	-10,13	-8,16	-10,64	-11,07	-3,74
10/17/2008	21:15:16	M 9	0,00	2,57	-0,59	-1,81	-2,90	-3,36	-3,05	-1,63	-2,94	-1,01	-1,16

## Annexe\_03

Corrélations entre les manœuvres et le plan des tensions (Cas des ouvertures de la réactance barre de Dagana) : Première calcul													
Date	Heure	Mi	KODIALANI Tension JdB 225 kV	MANANTALI JdB 1/225 kV	MANANTALI JdB 2/225 kV	KAYES Tension JdB 225 kV	MATAM JdB 225 kV	DAGANA JdB 225 kV	SAKAL Tension JdB 225 kV	TOBENE Tension JdB 225 kV	ROSSO Tension JdB 225 kV	NOUAKCHOTT Tension JdB 225 kV	KAEDI Tension JdB 90 kV
07/26/2006	21:18:16	M 1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,11	0,00	0,00	0,00
10/18/2006	18:55:05	M 2	0,84	1,56	1,36	2,14	4,41	5,44	5,53	4,17	4,72	3,21	1,59
10/19/2006	19:08:06	M 3	0,71	0,92	0,96	2,08	3,23	5,19	5,09	5,43	4,98	3,54	0,00
10/15/2008	18:53:54	M 4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,70	4,44	0,00	0,00	0,00	0,00
10/16/2008	18:44:23	M 5	0,34	0,88	0,63	1,94	3,77	4,02	4,69	3,37	4,48	0,00	1,16
10/17/2008	20:58:55	M 6	0,00	0,00	1,70	2,82	0,00	4,71	4,91	4,04	4,59	3,02	1,98
10/17/2008	21:49:28	M 7	0,35	0,57	0,00	0,41	0,39	5,68	0,00	0,00	0,39	0,35	0,16

## Annexe\_04

Corrélations entre les manœuvres et le plan des tensions (Cas des ouvertures de la réactance barre de Dagana) : Deuxième calcul													
Date	Heure	Mi	KODIALANI Tension JdB 225 kV	MANANTALI JdB 1/225 kV	MANANTALI JdB 2/225 kV	KAYES Tension JdB 225 kV	MATAM JdB 225 kV	DAGANA JdB 225 kV	SAKAL Tension JdB 225 kV	TOBENE Tension JdB 225 kV	ROSSO Tension JdB 225 kV	NOUAKCHOTT Tension JdB 225 kV	KAEDI Tension JdB 90 kV
07/26/2006	21:18:16	M 1	0,00	0,00	0,00	0,38	1,48	5,29	0,73	0,84	0,48	0,51	0,29
10/18/2006	18:55:05	M 2	1,95	2,48	2,58	3,73	5,64	6,30	6,36	5,04	6,05	4,25	2,24
10/19/2006	19:08:06	M 3	0,71	0,92	0,96	2,46	3,27	5,15	5,05	3,95	4,78	3,20	1,61
10/15/2008	18:53:54	M 4	-0,72	0,75	0,73	-1,10	-2,18	2,32	1,80	-3,30	-2,24	-1,37	-0,88
10/16/2008	18:44:23	M 5	6,94	2,74	2,52	4,11	5,59	6,53	6,40	5,83	6,25	3,97	2,35
10/17/2008	20:58:55	M 6	0,00	0,00	2,06	3,72	5,51	6,08	5,93	5,18	5,95	3,89	2,23
10/17/2008	21:49:28	M 7	5,38	2,70	2,56	2,90	3,45	9,65	3,57	2,98	3,93	5,56	1,61

## Annexe\_05

Corrélations entre les manœuvres et le plan des tensions (Cas des fermetures de la réactance barre de Kayes) : Première calcul													
Date	Heure	Mi	KODIALANI Tension JdB 225 kV	MANANTALI JdB 1/225 kV	MANANTALI JdB 2/225 kV	KAYES Tension JdB 225 kV	MATAM JdB 225 kV	DAGANA JdB 225 kV	SAKAL Tension JdB 225 kV	TOBENE Tension JdB 225 kV	ROSSO Tension JdB 225 kV	NOUAKCHOTT Tension JdB 225 kV	KAEDI Tension JdB 90 kV
11/21/2007	01:05:40	M 10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,65	0,41	0,42	1,19	0,88	0,00	0,36
10/16/2008	08:15:39	M 11	-1,22	-2,65	-2,51	-4,55	-3,87	-2,76	-2,75	0,00	-2,02	-1,34	-1,36

## Annexe\_06

Corrélations entre les manœuvres et le plan des tensions (Cas des fermetures de la réactance barre de Kayes) : Deuxième calcul													
Date	Heure	Mi	KODIALANI Tension JdB 225	MANANTALI JdB 1/225 kV	MANANTALI JdB 2/225 kV	KAYES Tension JdB 225 kV	MATAM JdB 225 kV	DAGANA JdB 225 kV	SAKAL Tension JdB 225 kV	TOBENE Tension JdB 225 kV	ROSSO Tension JdB 225 kV	NOUAKCHOTT Tension JdB 225 kV	KAEDI Tension JdB 90 kV
11/21/2007	01:05:40	M 10	-2,41	-3,22	-3,03	-4,92	1,81	0,93	0,97	0,77	1,20	0,42	0,70
10/16/2008	08:15:39	M 11	-1,61	-2,62	-2,51	-4,13	-3,12	-2,27	-2,05	-1,29	-2,02	-1,34	-1,20

## Annexe\_07

Corrélations entre les manœuvres et le plan des tensions (Cas des ouvertures de la réactance barre de Kayes) : Première calcul													
Date	Heure	Mi	KODIALANI Tension JdB 225 kV	MANANTALI JdB 1/225 kV	MANANTALI JdB 2/225 kV	KAYES Tension JdB 225 kV	MATAM JdB 225 kV	DAGANA JdB 225 kV	SAKAL Tension JdB 225 kV	TOBENE Tension JdB 225 kV	ROSSO Tension JdB 225 kV	NOUAKCHOTT Tension JdB 225 kV	KAEDI Tension JdB 90 kV
11/20/2007	08:35:25	M 8	1,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
10/16/2008	08:13:35	M 9	0,00	2,45	2,02	3,97	3,11	0,00	0,00	0,00	0,00	1,23	1,19



## Annexe\_08

Corrélations entre les manœuvres et le plan des tensions (Cas des ouvertures de la réactance barre de Kayes) : Deuxième calcul													
Date	Heure	Mi	KODIALANI Tension JdB 225 kV	MANANTALI JdB 1/225 kV	MANANTALI JdB 2/225 kV	KAYES Tension JdB 225 kV	MATAM JdB 225 kV	DAGANA JdB 225 kV	SAKAL Tension JdB 225 kV	TOBENE Tension JdB 225 kV	ROSSO Tension JdB 225 kV	NOUAKCHOTT Tension JdB 225 kV	KAEDI Tension JdB 90 kV
11/20/2007	08:35:25	M 8	1,20	3,48	3,47	7,35	5,76	1,31	3,55	1,05	0,96	3,51	2,42
10/16/2008	08:13:35	M 9	-0,47	-0,17	-0,49	-0,16	-0,01	-0,17	0,21	-0,63	-0,48	-0,52	0,02

## Annexe\_09

Corrélations entre les manœuvres et le plan des tensions (Cas des fermetures de la réactance barre de Kodialani) : Première calcul													
Date	Heure	Mi	KODIALANI Tension JdB 225 kV	MANANTALI JdB 1/225 kV	MANANTALI JdB 2/225 kV	KAYES Tension JdB 225 kV	MATAM JdB 225 kV	DAGANA JdB 225 kV	SAKAL Tension JdB 225 kV	TOBENE Tension JdB 225 kV	ROSSO Tension JdB 225 kV	NOUAKCHOTT Tension JdB 225 kV	KAEDI Tension JdB 90 kV
07/26/2006	00:13:53	M 12	-4,44	0,00	0,00	0,00	-1,98	-1,78	0,00	-0,78	0,00	0,00	-0,82
12/17/2006	22:26:45	M 13	-8,36	-3,21	-2,84	-1,93	-1,17	-0,50	-0,48	-1,14	-1,15	-1,02	-0,53
12/18/2006	22:51:04	M 14	-8,68	-2,53	-2,63	-1,88	-0,86	0,00	0,00	-1,95	-0,56	-0,59	-0,22
01/28/2007	22:43:23	M 15	-8,75	0,00	0,00	-1,43	-1,69	0,00	-2,18	-1,98	-1,98	-0,47	0,00
03/26/2007	23:43:00	M 16	-9,09	-1,78	-0,23	-1,55	-1,56	-1,24	-1,23	-1,74	-0,90	-0,65	-0,75
04/11/2007	23:49:30	M 17	-9,06	-3,57	-2,29	-3,38	-1,56	-1,06	-0,84	-0,39	-0,91	-0,99	0,00
04/12/2007	15:37:45	M 18	-8,90	0,00	0,00	-2,16	-1,83	-1,68	-1,83	-2,49	-1,77	-1,32	-0,93
04/12/2007	23:17:47	M 19	-8,46	0,00	0,00	-2,05	-2,33	-1,70	-2,23	-1,60	-1,29	-0,57	-0,73
11/05/2007	23:02:20	M 20	-9,81	-2,32	-2,20	-2,17	-0,58	-0,79	-0,56	0,00	-0,89	-1,26	-1,01
11/06/2007	22:53:27	M 21	-8,70	0,00	0,00	0,00	-0,68	-1,35	0,00	0,00	-1,11	-0,28	-0,88
11/20/2007	23:48:27	M 22	-10,23	-2,10	-2,16	-1,90	-1,08	-0,60	0,00	-0,56	-0,59	-0,69	-0,71
01/12/2008	22:01:26	M 23	-9,25	-2,64	-1,80	-2,29	-0,04	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,56
01/13/2008	23:55:23	M 24	-9,51	-2,51	-2,38	-2,46	-1,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,95
01/14/2008	22:47:39	M 25	-9,10	0,00	0,00	-1,69	-0,76	-0,99	0,00	-0,64	-0,83	-0,46	-0,90
10/16/2008	00:17:56	M 26	-7,53	0,00	0,00	-1,07	-0,46	-0,59	-0,53	-0,43	-0,88	-0,76	-0,37
10/17/2008	21:15:04	M 27	0,00	-5,64	-5,56	1,73	3,89	4,01	4,05	-1,77	0,53	1,64	-1,54

## Annexe\_10

Corrélations entre les manœuvres et le plan des tensions (Cas des fermetures de la réactance barre de Kodialani) : Deuxième calcul													
Date	Heure	Mi	KODIALANI Tension JdB 225 kV	MANANTALI JdB 1/225 kV	MANANTALI JdB 2/225 kV	KAYES Tension JdB 225 kV	MATAM JdB 225 kV	DAGANA JdB 225 kV	SAKAL Tension JdB 225 kV	TOBENE Tension JdB 225 kV	ROSSO Tension JdB 225 kV	NOUAKCHOTT Tension JdB 225 kV	KAEDI Tension JdB 90 kV
07/26/2006	00:13:53	M 12	-12,78	-2,58	-2,35	-1,89	-1,05	-0,51	-0,01	-1,51	-0,40	-0,42	-0,64
12/17/2006	22:26:45	M 13	-13,90	-3,40	-3,61	-2,88	-2,25	-1,57	-1,21	-1,81	-1,24	-0,86	-0,80
12/18/2006	22:51:04	M 14	-10,79	0,07	-0,12	-0,28	0,11	0,02	0,34	-0,66	0,36	0,45	0,16
01/28/2007	22:43:23	M 15	-13,25	-4,46	-4,13	-3,36	-3,95	-2,09	-2,18	-3,58	-2,59	-1,68	-1,18
03/26/2007	23:43:00	M 16	-13,14	-3,18	-0,60	-3,32	-2,40	-1,69	-1,34	-1,42	-1,25	-0,57	-0,78
04/11/2007	23:49:30	M 17	-15,37	-4,34	-4,30	-3,79	-2,57	-1,96	-1,81	-0,83	-1,77	-1,16	-1,18
04/12/2007	15:37:45	M 18	-12,82	-3,57	-3,17	-3,07	-1,86	-1,05	-0,93	-2,38	-1,24	-0,66	-0,78
04/12/2007	23:17:47	M 19	-14,39	-3,52	-3,66	-3,92	-4,13	-2,26	-2,30	-1,04	-2,15	-1,30	-1,19
11/05/2007	23:02:20	M 20	-15,30	-4,51	-4,22	-4,05	-2,41	-2,04	-1,89	-2,78	-1,76	-1,27	-1,32
11/06/2007	22:53:27	M 21	-13,03	-2,67	-2,75	-2,23	-1,65	-0,96	-0,88	0,73	-0,52	-0,33	-0,71
11/20/2007	23:48:27	M 22	-13,14	-2,87	-2,75	-2,16	-1,97	-0,43	-0,20	0,75	-0,37	-0,04	-0,58
01/12/2008	22:01:26	M 23	-13,36	-3,57	-3,48	-3,70	-2,93	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,19
01/13/2008	23:55:23	M 24	-17,35	-6,35	-6,07	-6,02	-4,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1,74
01/14/2008	22:47:39	M 25	-13,23	-3,38	-3,77	-2,94	-1,69	-0,63	0,58	-0,45	-0,91	-0,91	-0,90
10/16/2008	00:17:56	M 26	-9,21	-3,25	-3,13	-4,88	-7,49	-7,00	-6,80	-5,63	-6,54	-4,31	-3,07
10/17/2008	21:15:04	M 27	0,00	-7,13	-7,14	-0,52	0,62	0,65	1,05	-3,00	-2,85	0,63	-2,63

## Annexe\_11

Corrélations entre les manœuvres et le plan des tensions (Cas des ouvertures de la réactance barre de Kodialani) : Première calcul													
Date	Heure	Mi	KODIALANI Tension JdB 225 kV	MANANTALI JdB 1/225 kV	MANANTALI JdB 2/225 kV	KAYES Tension JdB 225 kV	MATAM JdB 225 kV	DAGANA JdB 225 kV	SAKAL Tension JdB 225 kV	TOBENE Tension JdB 225 kV	ROSSO Tension JdB 225 kV	NOUAKCHOTT Tension JdB 225 kV	KAEDI Tension JdB 90 kV
07/26/2006	21:43:25	M 10	6,40	1,33	1,47	1,07	1,32	0,97	0,72	0,00	0,75	0,47	0,29
12/17/2006	18:22:06	M 11	7,58	2,76	2,63	1,86	0,88	1,61	1,42	1,96	0,85	1,23	0,70
12/18/2006	18:19:27	M 12	6,33	1,77	1,93	0,96	0,96	0,00	0,93	-0,73	0,46	0,99	0,48
01/28/2007	19:01:08	M 13	7,00	1,79	1,48	1,32	0,76	0,96	1,54	-1,95	0,43	0,64	0,43
03/26/2007	18:42:29	M 14	7,79	3,16	0,00	2,60	1,33	1,47	1,57	1,27	1,29	0,83	0,86
04/12/2007	15:13:37	M 15	7,03	1,84	1,79	1,57	2,27	1,48	1,17	1,86	1,24	1,00	0,48
04/12/2007	19:02:30	M 16	7,25	1,91	0,87	1,47	1,41	0,73	1,05	-1,48	0,84	0,36	0,44
11/05/2007	18:27:21	M 17	7,20	1,84	1,92	1,43	2,23	0,64	0,78	0,00	0,81	0,53	0,51
11/06/2007	18:18:53	M 18	7,38	1,73	1,89	0,00	2,65	0,00	1,00	0,00	0,79	0,00	0,77
11/20/2007	18:16:10	M 19	6,27	1,66	1,63	1,42	0,90	0,64	0,58	-0,77	0,52	0,00	0,38
01/12/2008	18:36:40	M 20	7,25	1,94	1,89	1,57	0,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,52
01/13/2008	18:46:18	M 21	7,57	2,38	2,41	2,13	1,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,72
01/14/2008	18:26:51	M 22	8,06	2,79	1,54	2,28	2,03	1,00	1,21	0,62	1,21	0,75	0,70
10/16/2008	18:47:15	M 23	7,11	0,00	0,00	0,00	1,11	0,98	0,96	1,11	0,73	0,00	0,40
10/17/2008	18:38:56	M 24	6,78	1,46	1,45	1,86	1,46	0,76	1,18	-0,57	0,05	0,67	0,00
10/17/2008	21:54:18	M 25	7,54	1,83	1,98	2,02	0,38	1,42	1,27	-0,82	0,49	0,00	0,00

## Annexe\_12

Corrélations entre les manœuvres et le plan des tensions (Cas des ouvertures de la réactance barre de Kodialani) : Deuxième calcul													
Date	Heure	Mi	KODIALANI Tension JdB 225 kV	MANANTALI JdB 1/225 kV	MANANTALI JdB 2/225 kV	KAYES Tension JdB 225 kV	MATAM JdB 225 kV	DAGANA JdB 225 kV	SAKAL Tension JdB 225 kV	TOBENE Tension JdB 225 kV	ROSSO Tension JdB 225 kV	NOUAKCHOTT Tension JdB 225 kV	KAEDI Tension JdB 90 kV
07/26/2006	21:43:25	M 10	13,75	3,02	3,12	2,89	2,23	2,05	2,01	1,39	1,66	0,95	0,93
12/17/2006	18:22:06	M 11	13,93	4,78	4,95	4,38	3,76	3,34	3,40	2,35	3,12	2,12	1,45
12/18/2006	18:19:27	M 12	12,73	3,13	3,29	2,51	1,82	1,17	1,13	-1,37	1,02	0,73	0,81
01/28/2007	19:01:08	M 13	13,00	2,92	2,89	2,20	1,38	0,26	0,30	-0,47	-0,03	-0,04	0,19
03/26/2007	18:42:29	M 14	13,74	4,20	0,00	3,96	1,53	1,71	1,61	1,17	1,28	0,97	1,24
04/12/2007	15:13:37	M 15	15,37	4,22	4,52	3,88	3,44	2,41	2,62	1,85	2,64	1,80	1,56
04/12/2007	19:02:30	M 16	12,49	3,46	3,29	2,75	1,83	1,22	1,37	-1,01	1,32	0,71	0,92
11/05/2007	18:27:21	M 17	15,15	3,89	4,32	3,28	3,30	1,11	1,24	1,29	1,31	1,23	0,97
11/06/2007	18:18:53	M 18	13,90	3,65	3,40	1,27	2,91	1,17	1,48	1,00	1,23	0,50	1,14
11/20/2007	18:16:10	M 19	6,27	1,66	1,63	1,42	0,90	0,64	0,58	-0,77	0,52	0,00	0,38
01/12/2008	18:36:40	M 20	14,33	3,75	4,03	3,09	1,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,96
01/13/2008	18:46:18	M 21	13,15	6,79	6,78	7,00	8,08	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,38
01/14/2008	18:26:51	M 22	18,05	6,06	6,05	5,80	4,15	2,21	2,29	1,38	2,20	1,66	1,66
10/16/2008	18:47:15	M 23	7,66	1,51	1,43	0,89	0,16	-0,55	-1,30	-1,01	-0,46	-0,71	0,10
10/17/2008	18:38:56	M 24	6,77	1,46	1,45	1,08	0,63	0,81	0,84	0,15	0,50	0,67	0,31
10/17/2008	21:54:18	M 25	9,54	4,77	4,95	7,16	10,14	11,59	11,49	10,84	11,30	12,58	3,45

## Annexe\_13

Corrélations entre les manœuvres et le plan des tensions (Cas des fermetures de la réactance barre de Matam) : Première calcul													
Date	Heure	Mi	KODIALANI Tension JdB 225 kV	MANANTALI JdB 1/225 kV	MANANTALI JdB 2/225 kV	KAYES Tension JdB 225 kV	MATAM JdB 225 kV	DAGANA JdB 225 kV	SAKAL Tension JdB 225 kV	TOBENE Tension JdB 225 kV	ROSSO Tension JdB 225 kV	NOUAKCHOTT Tension JdB 225 kV	KAEDI Tension JdB 90 kV
07/26/2006	22:05:29	M 28	-0,88	0,00	0,00	-2,46	-4,66	-4,45	-4,25	-4,74	-4,57	-3,30	-3,24
10/19/2006	03:21:05	M 29	-2,20	-2,07	-2,04	-4,16	-0,83	-5,73	-6,88	-5,30	0,00	-1,79	-3,87
12/19/2006	04:14:17	M 30	-1,73	-1,94	-2,01	-3,13	-5,64	-4,21	0,67	-3,00	-4,63	-3,59	-2,12
03/26/2007	16:38:53	M 31	-2,14	-2,64	0,00	-3,54	-5,76	-3,82	0,00	-2,50	-4,39	-2,66	-3,47
04/12/2007	00:48:04	M 32	-1,40	-2,91	-2,86	-4,77	-8,67	-5,74	-4,73	-3,84	-4,06	-4,29	-2,45
04/13/2007	00:32:16	M 33	-1,14	-2,55	-1,37	-5,58	-6,93	-4,88	-4,19	-4,84	-4,16	-2,81	-2,05
11/05/2007	17:21:26	M 34	-1,49	-2,95	-2,30	-5,23	-7,85	-4,95	-4,78	-5,16	-3,95	-2,44	0,00
11/06/2007	16:32:40	M 35	0,00	-3,07	-2,86	-4,95	-5,80	0,00	-5,28	-2,58	-3,93	-2,70	-3,72
11/07/2007	00:15:24	M 36	-0,87	-3,66	-1,00	-4,20	-7,30	-2,43	-4,66	-3,64	-3,42	-2,13	-2,61
10/15/2008	16:38:20	M 37	-2,00	-1,54	-0,90	-3,06	-5,52	-4,65	-4,29	-3,52	-4,39	-3,27	-2,78
10/15/2008	23:15:46	M 38	-0,62	-1,54	-1,45	-3,40	-6,04	-5,09	-4,92	-3,96	-4,65	-2,66	-3,06
10/17/2008	00:19:40	M 39	-0,96	-1,60	-1,47	-3,00	0,00	-5,98	-3,34	-4,67	0,00	-3,03	-2,44
10/17/2008	16:15:14	M 40	-0,73	-1,98	-1,94	-3,73	-9,16	-5,47	-5,31	-3,46	-4,30	-3,16	-2,50
10/17/2008	20:49:46	M 41	0,00	0,00	-2,89	-4,02	-5,99	-4,67	-7,67	-3,51	-4,05	-3,51	-2,95
10/17/2008	21:59:26	M 42	-0,90	0,00	0,00	0,00	-4,98	-5,05	-3,52	-0,78	-3,92	-3,52	-3,04

## Annexe\_14

Corrélations entre les manœuvres et le plan des tensions (Cas des fermetures de la réactance barre de Matam) : Deuxième calcul													
Date	Heure	Mi	KODIALANI Tension JdB 225 kV	MANANTALI JdB 1/225 kV	MANANTALI JdB 2/225 kV	KAYES Tension JdB 225 kV	MATAM JdB 225 kV	DAGANA JdB 225 kV	SAKAL Tension JdB 225 kV	TOBENE Tension JdB 225 kV	ROSSO Tension JdB 225 kV	NOUAKCHOTT Tension JdB 225 kV	KAEDI Tension JdB 90 kV
07/26/2006	22:05:29	M 28	-0,88	-1,41	-1,64	-2,46	-5,05	-4,57	-4,60	-3,09	-4,20	-2,96	-2,32
10/19/2006	03:21:05	M 29	-1,82	-2,42	-2,42	-3,84	-7,12	-5,68	-5,42	-5,36	-5,21	-3,62	-2,52
12/19/2006	04:14:17	M 30	-3,34	-2,78	-2,81	-4,21	-6,64	-5,32	0,06	-2,32	-5,10	-4,08	-2,68
03/26/2007	16:38:53	M 31	-1,60	-2,64	0,00	-3,91	-6,11	-4,36	-4,40	-3,71	-4,39	-3,27	-2,57
04/12/2007	00:48:04	M 32	-1,40	-2,52	-2,50	-3,52	-5,40	-4,21	-3,48	-2,77	-3,36	-2,71	-2,32
04/13/2007	00:32:16	M 33	-1,50	-2,11	-1,84	-3,50	-6,02	-4,06	-3,88	-2,98	-3,91	-2,98	-2,37
11/05/2007	17:21:26	M 34	-1,90	-2,62	-2,58	-3,92	-7,23	-3,77	-3,87	-3,62	-3,79	-2,96	-2,85
11/06/2007	16:32:40	M 35	-7,25	-8,23	-7,89	-12,58	-18,46	-23,52	-23,46	-19,86	-22,87	-20,69	-8,01
11/07/2007	00:15:24	M 36	-0,87	-2,01	-2,01	-3,11	-6,01	-1,29	-3,17	-2,45	-3,74	-2,09	-2,47
10/15/2008	16:38:20	M 37	-1,03	-1,54	-1,83	-3,06	-5,52	-5,06	-4,36	-3,45	-4,38	-3,56	-2,25
10/15/2008	23:15:46	M 38	-2,06	-1,58	-1,45	-3,20	-5,59	-5,04	-5,09	-4,14	-4,79	-3,08	-2,39
10/17/2008	00:19:40	M 39	-2,04	-1,95	-1,86	-3,45	-6,51	-6,02	-5,54	-5,19	-5,99	-4,10	-2,79
10/17/2008	16:15:14	M 40	-1,22	-1,84	-1,94	-3,50	-6,05	-5,34	-6,08	-4,55	-5,51	-3,70	-2,48
10/17/2008	20:49:46	M 41	0,00	0,00	-6,97	-9,73	-14,64	-15,82	-14,08	-13,93	-15,69	-11,41	-6,20
10/17/2008	21:59:26	M 42	-1,87	-2,00	-1,72	-3,08	-6,21	-5,52	-5,13	-4,44	-5,65	-3,83	-2,45

## Annexe\_15

Corrélations entre les manœuvres et le plan des tensions (Cas des ouvertures de la réactance barre de Matam) : Première calcul													
Date	Heure	Mi	KODIALANI Tension JdB 225 kV	MANANTALI JdB 1/225 kV	MANANTALI JdB 2/225 kV	KAYES Tension JdB 225 kV	MATAM JdB 225 kV	DAGANA JdB 225 kV	SAKAL Tension JdB 225 kV	TOBENE Tension JdB 225 kV	ROSSO Tension JdB 225 kV	NOUAKCHOTT Tension JdB 225 kV	KAEDI Tension JdB 90 kV
10/18/2006	18:24:24	M 26	0,93	1,88	1,57	2,96	5,42	4,20	4,49	5,11	4,30	3,68	2,30
10/19/2006	09:09:12	M 27	1,19	1,64	1,60	2,71	4,95	4,31	4,05	1,15	4,14	3,54	2,42
12/17/2006	18:00:39	M 28	1,51	2,19	1,95	3,01	3,05	4,80	3,77	0,52	4,14	2,97	1,69
03/26/2007	10:08:34	M 29	2,44	4,02	-0,73	6,27	10,62	9,73	0,00	0,73	0,00	0,00	4,64
04/12/2007	09:47:09	M 30	1,14	0,00	0,00	0,00	5,27	4,28	0,00	0,00	0,00	0,00	2,57
11/05/2007	09:12:13	M 31	1,86	3,24	0,91	3,67	5,98	0,00	3,46	0,00	0,00	2,91	3,14
11/06/2007	08:51:28	M 32	1,74	2,51	2,20	3,59	7,04	3,57	3,45	2,92	3,34	2,64	2,83
11/06/2007	16:39:20	M 33	1,80	2,57	2,02	3,80	6,31	3,69	3,72	1,77	3,45	2,53	2,80
10/15/2008	08:33:59	M 34	0,72	1,66	1,28	2,54	4,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,72
10/15/2008	19:03:58	M 35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,48	0,00	0,00	-0,37	0,00
10/16/2008	07:26:34	M 36	1,34	0,00	0,59	2,95	4,80	3,82	3,66	2,81	4,00	0,00	2,32
10/17/2008	15:00:17	M 37	0,58	1,22	1,27	2,76	5,07	0,00	4,22	0,00	0,00	2,83	1,83
10/17/2008	18:57:17	M 38	0,48	1,07	0,92	2,11	4,06	3,63	3,59	2,38	3,39	2,65	2,14
10/17/2008	21:45:47	M 39	0,00	1,71	1,66	2,31	5,04	4,00	4,09	2,86	3,49	2,17	2,19

## Annexe\_16

Corrélations entre les manœuvres et le plan des tensions (Cas des ouvertures de la réactance barre de Matam) : Deuxième calcul													
Date	Heure	Mi	KODIALANI Tension JdB 225 kV	MANANTALI JdB 1/225 kV	MANANTALI JdB 2/225 kV	KAYES Tension JdB 225 kV	MATAM JdB 225 kV	DAGANA JdB 225 kV	SAKAL Tension JdB 225 kV	TOBENE Tension JdB 225 kV	ROSSO Tension JdB 225 kV	NOUAKCHOTT Tension JdB 225 kV	KAEDI Tension JdB 90 kV
10/18/2006	18:24:24	M 26	0,17	1,88	1,57	3,31	6,75	5,70	5,56	5,47	5,18	3,46	2,40
10/19/2006	09:09:12	M 27	1,19	2,00	1,95	2,73	4,84	4,32	4,32	2,76	4,14	2,97	2,18
12/17/2006	18:00:39	M 28	2,58	2,82	2,55	4,09	7,23	6,30	5,81	3,32	5,68	5,53	3,03
03/26/2007	10:08:34	M 29	6,40	6,86	-1,22	10,17	15,31	15,54	-8,05	-8,79	231,53	229,66	6,39
04/12/2007	09:47:09	M 30	1,61	1,58	0,00	2,89	4,83	2,84	3,13	2,69	-0,62	2,39	2,24
11/05/2007	09:12:13	M 31	1,46	2,66	2,30	4,09	7,11	4,14	3,85	5,02	3,82	3,46	2,78
11/06/2007	08:51:28	M 32	2,03	2,77	2,56	4,38	7,63	4,22	4,05	2,79	3,80	3,15	2,84
11/06/2007	16:39:20	M 33	1,10	1,84	2,01	2,90	5,74	2,43	2,41	0,01	2,62	3,31	2,22
10/15/2008	08:33:59	M 34	2,36	4,23	3,67	7,29	12,93	13,17	13,84	15,19	12,82	9,82	4,94
10/15/2008	19:03:58	M 35	2,49	3,31	3,29	2,16	5,68	0,52	-0,09	-0,75	0,41	-0,13	0,58
10/16/2008	07:26:34	M 36	1,34	0,84	2,15	3,29	5,69	4,39	4,20	3,36	4,09	-0,04	2,25
10/17/2008	15:00:17	M 37	0,94	1,95	1,65	3,45	6,63	5,81	5,56	4,59	6,02	4,79	2,85
10/17/2008	18:57:17	M 38	0,56	1,07	0,92	1,38	2,65	1,61	1,14	0,48	0,48	-2,19	1,19
10/17/2008	21:45:47	M 39	0,64	8,94	9,17	10,91	15,76	15,36	14,99	13,62	14,27	10,38	6,56

## Annexe\_17

Corrélations entre les manœuvres et le plan des tensions (Cas des fermetures de la réactance barre de Sakal) : Première calcul													
Date	Heure	Mi	KODIALANI Tension JdB 225 kV	MANANTALI JdB 1/225 kV	MANANTALI JdB 2/225 kV	KAYES Tension JdB 225 kV	MATAM JdB 225 kV	DAGANA JdB 225 kV	SAKAL Tension JdB 225 kV	TOBENE Tension JdB 225 kV	ROSSO Tension JdB 225 kV	NOUAKCHOTT Tension JdB 225 kV	KAEDI Tension JdB 90 kV
01/28/2007	04:58:48	M 43	-1,29	-1,55	-1,67	-1,76	-4,53	-6,07	-5,78	-5,03	-4,09	-3,76	-2,21
03/26/2007	09:42:52	M 44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,69	-9,98	-12,78	-11,31	-9,59	-6,57	0,00
03/26/2007	09:52:19	M 45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,31	-16,32	-16,41	-13,54	-15,97	-17,79	0,00
03/26/2007	10:01:41	M 46	0,36	0,00	0,00	0,00	0,83	-16,88	-14,24	0,00	-16,05	-15,09	0,00
03/26/2007	10:07:10	M 47	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-22,48	-16,50	0,00	0,00	0,00
04/12/2007	18:35:31	M 48	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
11/06/2007	01:06:39	M 49	-1,11	-1,74	-1,18	-2,45	-3,82	-8,88	-8,56	-7,64	-5,88	-4,35	-2,14
11/06/2007	12:38:36	M 50	-0,80	-2,16	-0,45	-1,97	-6,40	-7,80	-8,41	-7,12	-6,56	-4,58	-1,43
11/06/2007	16:34:20	M 51	-1,07	-1,63	-1,82	-2,59	-3,84	-8,38	-9,10	0,00	-6,83	-4,75	-1,51
11/06/2007	23:33:28	M 52	-0,79	-0,82	-1,09	-1,80	-2,36	-5,56	-6,07	-4,08	-5,41	-5,01	-1,79
10/15/2008	02:00:22	M 53	-0,53	-1,60	-1,19	-1,91	-4,35	-5,29	-6,84	-5,50	-4,72	-2,99	-1,63
10/16/2008	06:05:10	M 54	-1,11	0,00	0,00	0,00	0,00	-4,60	-5,32	-3,69	-5,33	-2,93	0,00
10/17/2008	03:48:42	M 55	-0,86	-2,09	-0,67	-2,32	0,00	-6,40	-6,01	-3,02	0,00	-3,30	0,00
10/17/2008	21:28:20	M 56	-1,62	-1,64	-1,50	-2,12	-3,53	-4,55	-4,44	-3,43	-5,25	-3,92	-0,48

Corrélations entre les manœuvres et le plan des tensions (Cas des fermetures de la réactance barre de Sakal) : Deuxième calcul													
Date	Heure	Mi	KODIALANI Tension JdB 225 kV	MANANTALI JdB 1/225 kV	MANANTALI JdB 2/225 kV	KAYES Tension JdB 225 kV	MATAM JdB 225 kV	DAGANA JdB 225 kV	SAKAL Tension JdB 225 kV	TOBENE Tension JdB 225 kV	ROSSO Tension JdB 225 kV	NOUAKCHOTT Tension JdB 225 kV	KAEDI Tension JdB 90 kV
01/28/2007	04:58:48	M 43	-2,38	-3,54	-3,55	-4,02	-6,15	-5,99	-5,71	-5,82	-5,16	-3,43	-2,06
03/26/2007	09:42:52	M 44	-0,81	-0,26	-0,40	0,06	-0,19	-13,67	-14,02	-13,09	-12,92	-9,62	0,00
03/26/2007	09:52:19	M 45	0,00	0,00	0,00	0,30	-0,97	-18,20	-18,45	-14,04	-17,97	-18,04	-0,14
03/26/2007	10:01:41	M 46	-4,68	-5,29	1,49	-7,61	-11,45	-22,61	-10,65	-2,26	-238,92	-236,62	-4,84
03/26/2007	10:07:10	M 47	6,41	6,86	-1,22	10,10	14,34	15,94	-10,23	-7,10	231,56	229,27	6,46
04/12/2007	18:35:31	M 48	-1,73	-1,66	-1,81	-2,29	-0,56	-0,34	-5,95	-4,71	-0,42	-3,85	-0,16
11/06/2007	01:06:39	M 49	-0,63	-1,35	-1,18	-1,97	-3,20	-6,10	-5,88	-5,42	-5,26	-3,91	-1,28
11/06/2007	12:38:36	M 50	-0,80	-0,91	-1,11	-1,78	-3,84	-6,26	-6,95	-5,58	-6,43	-5,20	-0,93
11/06/2007	16:34:20	M 51	-4,63	-1,95	-2,71	-2,59	-3,54	-7,90	-8,32	-6,66	-9,30	-11,38	-0,94
11/06/2007	23:33:28	M 52	-0,45	-0,82	-0,72	-1,31	-1,50	-4,52	-4,98	-2,98	-4,34	-2,96	-0,91
10/15/2008	02:00:22	M 53	-0,93	-1,60	-1,19	-2,72	-5,56	-6,67	-7,08	-5,84	-6,48	-6,07	-2,26
10/16/2008	06:05:10	M 54	-0,70	-2,14	-2,03	-3,04	-5,30	-6,79	-7,17	-5,19	-6,91	-6,82	-2,25
10/17/2008	03:48:42	M 55	-0,86	-1,36	-1,11	-2,34	-3,74	-5,00	-5,09	-3,74	-4,79	-3,80	-1,50
10/17/2008	21:28:20	M 56	-9,43	-9,50	-9,36	-9,98	-11,30	-12,05	-12,07	-9,54	-12,56	-12,15	-4,69

Corrélations entre les manœuvres et le plan des tensions (Cas des ouvertures de la réactance barre de Sakal) : Première calcul													
Date	Heure	Mi	KODIALANI Tension JdB 225 kV	MANANTALI JdB 1/225 kV	MANANTALI JdB 2/225 kV	KAYES Tension JdB 225 kV	MATAM JdB 225 kV	DAGANA JdB 225 kV	SAKAL Tension JdB 225 kV	TOBENE Tension JdB 225 kV	ROSSO Tension JdB 225 kV	NOUAKCHOTT Tension JdB 225 kV	KAEDI Tension JdB 90 kV
12/18/2006	12:51:55	M 40	1,09	1,49	1,54	1,98	-0,42	4,24	4,88	3,54	3,38	2,79	1,48
03/26/2007	09:30:25	M 41	0,60	1,60	0,00	1,92	0,36	5,27	5,55	4,61	5,05	3,04	1,33
03/26/2007	09:49:00	M 42	0,00	0,00	0,00	0,38	-0,65	12,61	12,94	8,98	12,63	13,11	0,00
03/26/2007	10:01:15	M 43	0,00	0,00	0,00	0,00	-0,62	14,08	13,41	0,00	3,06	13,84	0,00
03/26/2007	10:06:44	M 44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	13,83	9,52	0,00	0,00	0,00
03/26/2007	10:08:00	M 45	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,04	8,50	0,00	0,00	0,00
03/26/2007	15:13:52	M 46	0,87	1,23	0,00	2,18	2,73	5,39	5,31	0,00	4,72	3,46	1,07
04/11/2007	19:40:07	M 47	0,59	1,20	1,02	1,71	2,91	5,30	5,41	3,71	5,07	3,15	1,12
04/12/2007	19:59:04	M 48	0,00	1,13	0,99	2,09	0,00	5,54	5,57	4,95	3,83	0,00	0,18
11/05/2007	10:14:57	M 49	0,47	0,86	0,91	1,81	4,18	6,07	6,02	5,15	5,27	3,88	1,30
11/06/2007	09:17:34	M 50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,96	-2,32	0,00	-0,52	0,00
11/06/2007	14:19:08	M 51	0,64	1,50	0,00	1,99	4,60	2,23	6,33	5,80	5,62	0,41	0,00
11/06/2007	18:40:38	M 52	0,54	1,23	1,10	1,59	2,94	5,21	5,77	0,00	4,94	3,66	1,26
10/15/2008	06:48:44	M 53	1,08	1,48	1,23	1,53	3,47	3,29	3,48	3,43	3,04	2,14	1,38
10/16/2008	11:03:30	M 54	0,77	1,14	0,89	2,03	3,95	4,57	4,93	3,67	3,88	3,07	1,45
10/17/2008	04:10:42	M 55	1,00	1,44	0,93	1,68	3,32	0,00	0,00	0,00	0,00	3,05	0,89
10/17/2008	21:41:25	M 56	1,25	0,00	0,00	0,00	3,28	3,68	4,09	0,00	3,82	2,59	0,19

## Annexe\_20

Corrélations entre les manœuvres et le plan des tensions (Cas des ouvertures de la réactance barre de Sakal) : Deuxième calcul													
Date	Heure	Mi	KODIALANI Tension JdB 225 kV	MANANTALI JdB 1/225 kV	MANANTALI JdB 2/225 kV	KAYES Tension JdB 225 kV	MATAM JdB 225 kV	DAGANA JdB 225 kV	SAKAL Tension JdB 225 kV	TOBENE Tension JdB 225 kV	ROSSO Tension JdB 225 kV	NOUAKCHOTT Tension JdB 225 kV	KAEDI Tension JdB 90 kV
12/18/2006	12:51:55	M 40	1,09	1,48	1,71	2,28	0,91	5,07	5,53	3,99	3,77	3,17	1,74
03/26/2007	09:30:25	M 41	0,77	2,43	-0,11	5,11	6,05	11,25	10,49	10,05	10,29	10,93	3,63
03/26/2007	09:49:00	M 42	0,00	0,00	0,00	0,27	-1,34	7,54	7,43	7,15	7,29	7,75	0,11
03/26/2007	10:01:15	M 43	-4,68	-5,29	1,49	-7,25	-11,41	-7,59	4,21	-4,23	-233,66	-220,26	-4,84
03/26/2007	10:06:44	M 44	5,54	6,55	-1,11	9,70	14,05	15,09	2,80	2,45	231,17	228,35	6,29
03/26/2007	15:13:52	M 46	2,27	2,05	0,00	2,95	3,95	6,66	6,52	2,58	6,76	6,14	1,54
04/11/2007	19:40:07	M 47	0,24	1,20	1,02	1,32	2,44	4,83	4,95	3,18	4,30	3,25	1,21
04/12/2007	19:59:04	M 48	1,25	1,47	0,99	2,46	4,56	5,27	5,36	4,39	5,12	3,72	1,69
11/05/2007	10:14:57	M 49	0,47	1,27	0,91	1,81	3,41	6,12	6,39	5,63	5,64	4,31	1,30
11/06/2007	09:17:34	M 50	0,00	1,27	1,03	1,90	-0,07	0,09	6,38	-0,70	0,41	0,17	0,14
11/06/2007	14:19:08	M 51	0,55	0,98	1,06	2,36	5,28	7,25	7,66	6,46	7,35	7,15	1,71
11/06/2007	18:40:38	M 52	0,51	1,29	1,10	2,09	4,38	6,73	7,02	5,04	6,75	5,39	1,82
10/15/2008	06:48:44	M 53	1,90	2,44	2,05	3,28	5,72	6,48	6,83	5,14	6,86	6,93	2,35
10/16/2008	11:03:30	M 54	0,77	1,48	1,29	2,38	4,31	5,29	5,45	4,11	4,75	4,26	1,80
10/17/2008	04:10:42	M 55	1,35	1,44	1,29	2,08	3,96	5,18	5,42	4,37	4,89	3,90	1,81
10/17/2008	21:41:25	M 56	-13,38	-9,33	-8,64	-5,33	-0,52	0,02	0,07	-3,91	0,41	0,86	-1,37

## Annexe\_21

Corrélations entre les manœuvres et le plan des tensions (Cas des fermetures de la réactance barre de Tobène) : Première calcul													
Date	Heure	Mi	KODIALANI Tension JdB 225 kV	MANANTALI JdB 1/225 kV	MANANTALI JdB 2/225 kV	KAYES Tension JdB 225 kV	MATAM JdB 225 kV	DAGANA JdB 225 kV	SAKAL Tension JdB 225 kV	TOBENE Tension JdB 225 kV	ROSSO Tension JdB 225 kV	NOUAKCHOTT Tension JdB 225 kV	KAEDI Tension JdB 90 kV
10/15/2008	01:53:50	M 57	-0,65	0,00	0,00	-1,67	-3,08	-3,53	-3,25	-5,39	-3,46	0,00	-1,44
10/16/2008	01:01:24	M 58	-0,37	-0,71	-0,82	-0,92	-3,25	0,00	-3,99	-5,27	-3,06	-2,50	-0,94
10/17/2008	00:31:48	M 59	-0,36	-1,06	-0,85	-1,11	0,00	-4,08	-4,13	0,00	-4,03	-2,67	-0,60
10/17/2008	20:52:48	M 60	0,00	0,00	0,00	-2,41	0,00	-5,67	-0,45	-6,88	-0,84	0,00	0,00
10/20/2006	06:25:55	M 61	-1,21	0,00	0,00	0,00	0,00	-4,31	-4,77	-6,38	0,00	0,00	-1,93
01/28/2007	23:22:56	M 62	-0,76	-1,17	-1,22	-1,93	-3,14	-4,83	-3,83	-5,68	-3,10	-2,35	-0,94
03/26/2007	10:09:12	M 63	0,00	0,00	0,00	0,36	-0,16	0,00	-21,92	-18,96	0,00	0,00	0,00
11/05/2007	22:56:12	M 64	-0,71	-0,87	-0,67	-1,01	-2,05	-5,89	-5,88	-8,84	-4,23	-3,41	-1,14
11/06/2007	15:20:42	M 65	-0,35	-0,59	-0,54	-1,50	-4,36	-2,09	-4,83	-6,91	-5,26	-3,36	-1,20
11/06/2007	16:33:22	M 66	-0,94	-1,17	-0,94	-1,85	-2,70	0,89	0,75	-9,21	-4,35	1,38	-0,56
11/07/2007	06:59:57	M 67	-1,51	0,00	0,00	-2,00	-2,61	-4,24	-4,48	-6,34	-5,02	-3,16	-1,34
11/20/2007	23:54:07	M 68	0,00	-0,90	-0,41	-0,88	-2,40	-3,85	-3,71	0,00	-3,97	-2,59	-0,27

## Annexe\_22

Corrélations entre les manœuvres et le plan des tensions (Cas des fermetures de la réactance barre de Tobène) : Deuxième calcul													
Date	Heure	Mi	KODIALANI Tension JdB 225 kV	MANANTALI JdB 1/225 kV	MANANTALI JdB 2/225 kV	KAYES Tension JdB 225 kV	MATAM JdB 225 kV	DAGANA JdB 225 kV	SAKAL Tension JdB 225 kV	TOBENE Tension JdB 225 kV	ROSSO Tension JdB 225 kV	NOUAKCHOTT Tension JdB 225 kV	KAEDI Tension JdB 90 kV
10/20/2006	06:25:55	M 57	-0,72	-1,35	-1,46	-1,82	-3,30	-3,44	-3,60	-5,65	-3,25	-2,14	-1,17
01/28/2007	23:22:56	M 58	-0,76	-1,17	-1,58	-1,93	-2,57	-3,91	-3,54	-2,94	-3,51	-2,80	-1,22
03/26/2007	10:09:12	M 59	5,24	3,53	-0,09	4,13	3,91	5,21	-7,85	-8,22	231,53	229,17	2,08
11/05/2007	22:56:12	M 60	-0,34	-0,46	-0,30	-0,68	-0,73	-3,74	-3,60	-4,41	-3,29	-2,97	-0,69
11/06/2007	15:20:42	M 61	-0,72	-0,94	-0,91	-2,27	-4,41	-3,39	-6,25	-8,95	-5,97	-5,20	-1,31
11/06/2007	16:33:22	M 62	-6,92	-5,68	-5,68	-8,38	-13,07	-12,00	-12,06	-16,69	-17,54	-14,01	-4,09
11/07/2007	06:59:57	M 63	-1,68	-1,66	-1,66	-2,35	-3,25	-5,30	-5,75	-7,19	-5,22	-3,86	-1,35
11/20/2007	23:54:07	M 64	-0,57	-0,90	-0,54	-0,57	-1,23	-1,76	-1,53	-3,39	-1,76	-0,95	-0,47
10/15/2008	01:53:50	M 65	-0,65	-2,71	-2,76	-2,07	-3,41	-4,71	-4,11	-4,82	-4,65	-2,32	-1,43
10/16/2008	01:01:24	M 66	-0,37	-0,71	-0,82	-1,16	-2,98	-3,45	-4,07	-5,57	-3,06	-2,12	-1,26
10/17/2008	00:31:48	M 67	-1,05	-2,23	-2,17	-2,44	-3,79	-4,43	-4,42	-5,51	-3,96	-2,60	-1,53
10/17/2008	20:52:48	M 68	0,00	0,00	-5,31	-8,21	-12,41	-14,58	-14,41	-14,05	-14,65	-12,84	-5,18

## Annexe\_23

Corrélations entre les manœuvres et le plan des tensions (Cas des ouvertures de la réactance barre de Tobène) : Première calcul													
Date	Heure	Mi	KODIALANI Tension JdB 225 kV	MANANTALI JdB 1/225 kV	MANANTALI JdB 2/225 kV	KAYES Tension JdB 225 kV	MATAM JdB 225 kV	DAGANA JdB 225 kV	SAKAL Tension JdB 225 kV	TOBENE Tension JdB 225 kV	ROSSO Tension JdB 225 kV	NOUAKCHOTT Tension JdB 225 kV	KAEDI Tension JdB 90 kV
10/18/2006	08:52:06	M 57	0,40	0,96	1,14	1,73	3,27	3,78	3,61	0,96	3,45	2,74	0,98
01/28/2007	18:37:33	M 58	2,03	2,80	2,86	3,36	4,32	5,18	4,39	5,46	4,28	3,13	1,73
03/26/07	10:08:00	M 59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	10,04	8,50	0,00	0,00	0,00
11/05/2007	18:58:36	M 60	0,39	0,55	0,55	0,98	2,16	3,95	4,47	5,24	3,77	3,10	0,55
11/06/2007	10:11:14	M 61	2,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	6,72	0,00	0,00	0,00
11/06/2007	16:06:46	M 62	0,61	0,91	0,99	1,20	2,12	4,46	4,62	-0,58	4,03	3,04	0,68
11/06/2007	16:38:14	M 63	0,46	0,91	0,57	1,16	2,91	4,26	4,00	6,42	3,32	2,32	0,73
11/20/2007	10:06:00	M 64	0,41	-0,37	0,00	1,43	2,79	5,01	5,18	0,00	4,74	3,05	0,92
10/15/2008	10:04:49	M 65	0,00	0,78	0,93	1,30	2,50	3,11	3,33	4,98	2,66	1,84	0,74
10/16/2008	09:16:05	M 66	0,00	0,77	0,55	1,45	2,47	2,75	3,29	4,99	2,88	1,63	0,97
10/17/2008	10:03:55	M 67	0,48	0,68	0,71	1,38	2,42	3,33	3,44	4,79	0,38	2,29	1,04
10/17/2008	21:48:47	M 68	0,00	1,30	1,09	1,95	3,16	3,02	0,00	5,45	2,97	2,55	1,18



# Annexe\_24

Corrélations entre les manœuvres et le plan des tensions (Cas des ouvertures de la réactance barre de Tobène) : Deuxième calcul													
Date	Heure	Mi	KODIALANI Tension JdB 225 kV	MANANTALI JdB 1/225 kV	MANANTALI JdB 2/225 kV	KAYES Tension JdB 225 kV	MATAM JdB 225 kV	DAGANA JdB 225 kV	SAKAL Tension JdB 225 kV	TOBENE Tension JdB 225 kV	ROSSO Tension JdB 225 kV	NOUAKCHOTT Tension JdB 225 kV	KAEDI Tension JdB 90 kV
10/18/2006	08:52:06	M 57	0,39	0,97	0,64	1,46	2,95	3,31	3,63	4,96	3,02	1,87	1,21
01/28/2007	18:37:33	M 58	2,03	2,80	2,86	3,36	4,32	5,18	4,39	5,46	4,28	3,13	1,73
11/05/2007	18:58:36	M 59	0,74	0,92	0,55	1,33	1,83	4,34	5,00	7,57	4,25	3,13	1,10
11/06/2007	10:11:14	M 60	8,78	5,51	5,61	8,97	14,32	18,86	19,41	22,11	18,50	17,02	5,46
11/06/2007	16:06:46	M 61	2,59	1,42	1,35	1,70	3,59	5,30	5,17	5,87	4,70	4,37	1,13
11/06/2007	16:38:14	M 62	1,56	2,74	2,93	4,51	8,64	7,44	7,23	8,29	6,73	6,62	3,26
11/20/2007	10:06:00	M 63	0,05	0,49	0,68	1,43	2,43	4,81	5,28	6,45	4,74	3,48	1,07
10/15/2008	10:04:49	M 64	0,38	0,78	0,93	1,64	2,96	4,06	3,95	6,13	3,52	2,36	1,30
10/16/2008	09:16:05	M 65	0,82	1,68	1,63	3,21	5,40	6,11	6,70	8,18	6,34	5,01	2,35
10/17/2008	10:03:55	M 66	0,48	1,02	0,71	1,73	3,17	4,34	4,32	5,16	1,14	4,40	1,34
10/17/2008	21:48:47	M 67	1,18	5,79	6,51	8,02	11,10	12,40	13,54	11,70	12,11	12,03	4,55

Annexe\_25

Corrélations entre les variations de tensions et les charges (Cas des fermetures de la réactance barre de Kodialani)				
Date	Heure	Mi	Puissance active (MW)	KODIALANI Tension JdB 225 kV
10/17/2008	21:15:04	M 27	0	0,00
07/26/2006	00:13:53	M 12	32	-12,78
01/13/2008	23:55:23	M 24	45	-17,35
12/18/2006	22:51:04	M 14	47	-10,79
11/06/2007	22:53:27	M 21	47	-13,03
10/16/2008	00:17:56	M 26	47	-9,21
12/17/2006	22:26:45	M 13	48	-13,90
11/05/2007	23:02:20	M 20	48	-15,30
03/26/2007	23:43:00	M 16	53	-13,14
01/12/2008	22:01:26	M 23	54	-13,36
11/20/2007	23:48:27	M 22	56	-13,14
01/28/2007	22:43:23	M 15	59	-13,25
01/14/2008	22:47:39	M 25	60	-13,23
04/12/2007	23:17:47	M 19	61	-14,39
04/11/2007	23:49:30	M 17	66	-15,37
04/12/2007	15:37:45	M 18	67	-12,82

Annexe\_26

Corrélations entre les variations de tensions et les charges (Cas des ouvertures de la réactance barre de Kodialani)				
Date	Heure	Mi	Puissance active (MW)	KODIALANI Tension JdB 225 kV
03/26/2007	18:42:29	M 14	33	13,74
11/06/2007	18:18:53	M 18	40	13,90
12/17/2006	18:22:06	M 11	41	13,93
11/05/2007	18:27:21	M 17	41	15,15
10/17/2008	21:54:18	M 25	45	9,54
07/26/2006	21:43:25	M 10	47	13,75
12/18/2006	18:19:27	M 12	48	12,73
01/28/2007	19:01:08	M 13	50	13,00
10/17/2008	18:38:56	M 24	55	6,77
10/16/2008	18:47:15	M 23	56	7,66
11/20/2007	18:16:10	M 19	56	6,27
01/13/2008	18:46:18	M 21	61	13,15
01/12/2008	18:36:40	M 20	61	14,33
01/14/2008	18:26:51	M 22	62	18,05
04/12/2007	15:13:37	M 15	68	15,37
04/12/2007	19:02:30	M 16	71	12,49

Annexe\_27

Corrélations entre les variations de tensions et les charges (Cas des fermetures de la réactance barre de Matam)				
Date	Heure	Mi	Puissance active (MW)	MATAM JdB 225 kV
10/15/2008	23:15:46	M 38	-97	-5,59
07/26/2006	22:05:29	M 28	-76	-5,05
10/17/2008	00:19:40	M 39	-72	-6,51
10/17/2008	20:49:46	M 41	-66	-14,64
10/17/2008	16:15:14	M 40	-65	-6,05
10/15/2008	16:38:20	M 37	-62	-5,52
10/17/2008	21:59:26	M 42	-55	-6,21
11/07/2007	00:15:24	M 36	-48	-6,01
11/05/2007	17:21:26	M 34	-35	-7,23
11/06/2007	16:32:40	M 35	-30	-18,46
10/19/2006	03:21:05	M 29	-27	-7,12
03/26/2007	16:38:53	M 31	-24	-6,11
12/19/2006	04:14:17	M 30	-12	-6,64
04/13/2007	00:32:16	M 33	-6	-6,02
04/12/2007	00:48:04	M 32	-2	-5,40

Annexe\_28

Corrélations entre les variations de tensions et les charges (Cas des ouvertures de la réactance barre de Matam)				
Date	Heure	Mi	MW	MATAM JdB 225 kV
10/15/2008	19:03:58	M 35	-92	5,68
10/17/2008	18:57:17	M 38	-82	2,65
10/17/2008	15:00:17	M 37	-72	6,63
10/15/2008	08:33:59	M 34	-69	12,93
10/18/2006	18:24:24	M 26	-62	6,75
10/17/2008	21:45:47	M 39	-60	15,76
10/19/2006	09:09:12	M 27	-56	4,84
10/16/2008	07:26:34	M 36	-44	5,69
11/06/2007	16:39:20	M 33	-42	5,74
11/06/2007	08:51:28	M 32	-33	7,63
12/17/2006	18:00:39	M 28	-30	7,23
04/12/2007	09:47:09	M 30	-24	4,83
11/05/2007	09:12:13	M 31	-22	7,11
03/26/2007	10:08:34	M 29	-6	15,31

Corrélations entre les variations de tensions et les charges (Cas des fermetures de la réactance barre de Tobène)				
Date	Heure	Mi	Puissance active (MW)	TOBENE Tension JdB 225 kV
11/05/2007	22:56:12	M 64	-46	-3,39
11/07/2007	06:59:57	M 67	-46	-5,51
11/06/2007	15:20:42	M 65	-39	-4,82
11/20/2007	23:54:07	M 68	-36	-14,05
10/20/2006	06:25:55	M 61	-35	-8,95
11/06/2007	16:33:22	M 66	-32	-5,57
10/17/2008	20:52:48	M 60	-24	-4,41
01/28/2007	23:22:56	M 62	-10	-16,69
03/26/2007	10:09:12	M 63	-4	-7,19
10/17/2008	00:31:48	M 59	3	-8,22
10/15/2008	01:53:50	M 57	8	-5,65
10/16/2008	01:01:24	M 58	19	-2,94

Corrélations entre les variations de tensions et les charges (Cas des ouvertures de la réactance barre de Tobène)				
Date	Heure	Point	Puissance active (MW)	TOBENE Tension JdB 225 kV
11/06/2007	10:11:14	M 60	-61	22,11
11/20/2007	10:06:00	M 63	-44	6,45
10/17/2008	10:03:55	M 66	-43	5,16
10/15/2008	10:04:49	M 64	-35	6,13
11/06/2007	16:06:46	M 61	-30	5,87
10/17/2008	21:48:47	M 67	-21	11,70
10/18/2006	08:52:06	M 57	-12	4,96
11/06/2007	16:38:14	M 62	-12	8,29
11/05/2007	18:58:36	M 59	-12	7,57
10/16/2008	09:16:05	M 65	-10	8,18
01/28/2007	18:37:33	M 58	0	5,46

# Annexe\_31

Tableau des états des réactances (Faible production: 20,15 MW)														
Emplacement	Nom	Etat des réactances												
		CR	Kodialani ligne R1 (O)	Manantali ligne Est R2 (O)	Manantali ligne Ouest R3 (F)	Kayes ligne R4 (O)	Kayes barre R5 (O)	Matam ligne R6 (O)	Matam barre R7 (O)	Dagana ligne R8 (O)	Dagana barre R9 (O)	Sakal barre R10 (F)	Tobène barre R11 (O)	Nouakchott barre R12 (O)
Manantali	R <sub>xl</sub> Est	F	F	O	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
	R <sub>xl</sub> Ouest	O	O	O	F	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Kodialani	R <sub>xl</sub>	F	O	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
Kayes	R <sub>xl</sub>	F	F	F	F	O	F	F	F	F	F	F	F	F
	R <sub>xb</sub>	F	F	F	F	F	O	F	F	F	F	F	F	F
Matam	R <sub>xl</sub>	F	F	F	F	F	F	O	F	F	F	F	F	F
	R <sub>xb</sub>	F	F	F	F	F	F	F	O	F	F	F	F	F
Dagana	R <sub>xl</sub>	F	F	F	F	F	F	F	F	O	F	F	F	F
	R <sub>xb</sub>	F	F	F	F	F	F	F	F	F	O	F	F	F
Sakal	R <sub>xb</sub>	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	F	O	O
Tobène	R <sub>xb</sub>	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	O	F
Nouakchott	R <sub>xb</sub>	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	O

# Annexe\_32

Tableau des plans de tension des postes (Faible production: 20,15 MW)														
Poste	Jeu de barre	Tension observée au cours de la simulation en kV												
		CR	Kodialani ligne R1 (O)	Manantali ligne Est R2 (O)	Manantali ligne Ouest R3 (F)	Kayes ligne R4 (O)	Kayes barre R5 (O)	Matam ligne R6 (O)	Matam barre R7 (O)	Dagana ligne R8 (O)	Dagana barre R9 (O)	Sakal barre R10 (F)	Tobène barre R11 (O)	Nouakchott barre R12 (O)
Manantali	225 kV	229	232	236	222	234	234	233	233	232	231	226	231	230
	225 kV	229	232	236	222	234	234	233	233	232	231	226	231	230
Kita	225 kV	226	231	232	221	231	230	230	230	229	228	224	228	228
Kodialani	225 kV	216	223	220	212	219	218	218	218	218	217	214	217	217
Kayes	225 kV	227	230	233	221	238	234	233	232	232	231	224	230	229
Matam	225 kV	227	230	232	223	236	233	239	235	234	233	223	232	231
	90 kV	92	93	94	90	95	94	96	95	94	94	90	94	93
Dagana	225 kV	224	226	228	221	230	228	232	230	233	231	218	230	229
Sakal	225 kV	223	225	226	220	229	227	231	228	232	230	217	229	228
Tobène	225 kV	222	223	225	219	227	225	228	226	229	228	216	229	225
Rosso	225 kV	226	227	229	223	231	229	233	231	234	232	220	231	231
Nouakchott	225 kV	226	227	228	224	229	228	231	229	231	230	222	229	234
Kaédi	90 kV	92	93	94	91	96	94	97	95	95	94	90	94	94
Boghé	90 kV	93	94	95	91	96	95	97	96	95	95	91	94	94

## Annexe\_33

Tableau des apports des réactances (Faible production: 20,15 MW)														
Poste	Jeu de barre	Variations des tensions observées au cours de la simulation en kV												
			Kodialani ligne R1 (O)	Manantali ligne Est R2 (O)	Manantali ligne Ouest R3 (F)	Kayes ligne R4 (O)	Kayes barre R5 (O)	Matam ligne R6 (O)	Matam barre R7 (O)	Dagana ligne R8 (O)	Dagana barre R9 (O)	Sakal barre R10 (F)	Tobène barre R11 (O)	Nouakchott barre R12 (O)
Manantali	225 kV	Manantali225 kV	4	7	-7	6	5	4	4	3	3	-2	2	2
	225 kV	Manantali225 kV	4	7	-7	6	5	4	4	3	3	-2	2	2
Kita	225 kV	Kita225 kV	5	6	-6	5	4	4	3	3	2	-2	2	1
Kodialani	225 kV	Kodialani225 kV	7	4	-4	3	3	2	2	2	1	-1	1	1
Kayes	225 kV	Kayes225 kV	3	6	-6	11	7	6	5	5	4	-3	3	2
Matam	225 kV	Matam225 kV	3	5	-5	9	5	12	8	7	5	-5	4	3
	90 kV	Matam90 kV	1	2	-2	3	2	5	3	3	2	-2	2	1
Dagana	225 kV	Dagana225 kV	2	3	-3	6	4	8	5	9	7	-6	6	5
Sakal	225 kV	Sakal225 kV	2	3	-3	6	4	8	5	9	7	-7	6	4
Tobène	225 kV	Tobène225 kV	1	3	-3	5	3	7	4	7	6	-6	7	4
Rosso	225 kV	Rosso225 kV	2	3	-3	5	3	8	5	8	7	-6	6	5
Nouakchott	225 kV	Nouakchott225 kV	1	2	-2	4	2	5	3	6	4	-4	4	8
Kaédi	90 kV	Kaédi90 kV	1	2	-2	3	2	5	3	3	2	-2	2	1
Boghé	90 kV	Boghé90 kV	1	2	-2	3	2	5	3	3	2	-2	2	1

## Annexe\_34

Tableau des états des réactances (Forte production: 199,33 MW)														
Emplacement	Nom	Etat des réactances												
		CR	Kodialani ligne R1 (F)	Manantali ligne Est R2 (O)	Manantali ligne Ouest R3 (F)	Kayes ligne R4 (O)	Kayes barre R5 (O)	Matam ligne R6 (O)	Matam barre R7 (F)	Dagana ligne R8 (O)	Dagana barre R9 (F)	Sakal barre R10 (F)	Tobène barre R11 (F)	Nouakchott barre R12 (O)
Manantali	R <sub>xl</sub> Est	F	F	O	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
	R <sub>xl</sub> Ouest	O	O	O	F	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Kodialani	R <sub>xl</sub>	O	F	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Kayes	R <sub>xl</sub>	F	F	F	F	O	F	F	F	F	F	F	F	F
	R <sub>xb</sub>	F	F	F	F	O	F	F	F	F	F	F	F	F
Matam	R <sub>xl</sub>	F	F	F	F	F	F	O	F	F	F	F	F	F
	R <sub>xb</sub>	O	O	O	O	O	O	O	F	O	O	O	O	O
Dagana	R <sub>xl</sub>	F	F	F	F	F	F	F	F	O	F	F	F	F
	R <sub>xb</sub>	O	O	O	O	O	O	O	O	O	F	O	O	O
Sakal	R <sub>xb</sub>	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	F	O	O
Tobène	R <sub>xb</sub>	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	F	O
Nouakchott	R <sub>xb</sub>	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	O

## Annexe\_35

Tableau des plans de tension des postes (Forte production: 199,33 MW)														
Poste	Jeu de barre	Tension observée au cours de la simulation en KV												
		CR	Kodialani ligne R1 (F)	Manantali ligne Est R2 (O)	Manantali ligne Ouest R3 (F)	Kayes ligne R4 (O)	Kayes barre R5 (O)	Matam ligne R6 (O)	Matam barre R7 (F)	Dagana ligne R8 (O)	Dagana barre R9 (F)	Sakal barre R10 (F)	Tobène barre R11 (F)	Nouakchott barre R12 (O)
Manantali	225 KV	238	237	240	236	240	240	239	237	238	237	237	238	238
	225 KV	238	237	240	236	240	240	239	237	238	237	237	238	238
Kita	225 KV	235	232	237	233	236	236	236	234	235	235	235	235	235
Kodialani	225 KV	224	217	225	222	225	225	224	223	224	224	224	224	224
Kayes	225 KV	231	230	233	229	238	234	232	229	231	229	230	230	232
Matam	225 KV	226	225	228	225	231	229	233	222	227	224	224	225	228
	90 KV	90	90	90	89	92	91	93	88	90	89	89	89	91
Dagana	225 KV	216	216	217	215	219	218	221	214	221	213	214	215	218
Sakal	225 KV	212	212	213	211	215	214	217	210	217	209	209	211	214
Tobène	225 KV	207	206	207	206	208	207	209	205	209	205	205	205	208
Rosso	225 KV	217	216	218	216	220	218	221	214	221	214	214	215	219
Nouakchott	225 KV	214	213	214	213	215	215	216	212	216	212	212	213	220
Kaédi	90 KV	89	89	90	89	91	90	92	88	90	88	88	89	90
Boghé	90 KV	89	89	89	88	91	90	92	87	89	88	88	88	89

## Annexe\_36

Tableau des apports des réactances (Forte production: 199,33 MW)														
Poste	Jeu de barre	Variations des tensions observées au cours de la simulation en kV												
			Kodialani ligne R1 (F)	Manantali ligne Est R2 (O)	Manantali ligne Ouest R3 (F)	Kayes ligne R4 (O)	Kayes barre R5 (O)	Matam ligne R6 (O)	Matam barre R7 (F)	Dagana ligne R8 (O)	Dagana barre R9 (F)	Sakal barre R10 (F)	Tobène barre R11 (F)	Nouakchott barre R12 (O)
Manantali	225 kV	Manantali225 kV	-1	2	-2	2	2	1	-1	0	-1	-1	0	0
	225 kV	Manantali225 kV	-1	2	-2	2	2	1	-1	0	-1	-1	0	0
Kita	225 kV	Kita225 kV	-3	2	-2	1	1	1	-1	0	0	0	0	0
Kodialani	225 kV	Kodialani225 kV	-7	1	-2	1	1	0	-1	0	0	0	0	0
Kayes	225 kV	Kayes225 kV	-1	2	-2	7	3	1	-2	0	-2	-1	-1	1
Matam	225 kV	Matam225 kV	-1	2	-1	5	3	7	-4	1	-2	-2	-1	2
	90 kV	Matam90 kV	0	0	-1	2	1	3	-2	0	-1	-1	-1	1
Dagana	225 kV	Dagana225 kV	0	1	-1	3	2	5	-2	5	-3	-2	-1	2
Sakal	225 kV	Sakal225 kV	0	1	-1	3	2	5	-2	5	-3	-3	-1	2
Tobène	225 kV	Tobène225 kV	-1	0	-1	1	0	2	-2	2	-2	-2	-2	1
Rosso	225 kV	Rosso225 kV	-1	1	-1	3	1	4	-3	4	-3	-3	-2	2
Nouakchott	225 kV	Nouakchott225 kV	-1	0	-1	1	1	2	-2	2	-2	-2	-1	6
Kaédi	90 kV	Kaédi90 kV	0	1	0	2	1	3	-1	1	-1	-1	0	1
Boghé	90 kV	Boghé90 kV	0	0	-1	2	1	3	-2	0	-1	-1	-1	1

## Annexe\_37

Tableau des états des réactances (Production moyenne: 59,81 MW)														
Emplacement	Nom	Etat des réactances												
		CR	Kodialani ligne R1 (O)	Manantali ligne Est R2 (O)	Manantali ligne Ouest R3 (O)	Kayes ligne R4 (O)	Kayes barre R5 (O)	Matam ligne R6 (O)	Matam barre R7 (O)	Dagana ligne R8 (O)	Dagana barre R9 (O)	Sakal barre R10 (F)	Tobène barre R11 (O)	Nouakchott barre R12 (O)
Manantali	R <sub>xl</sub> Est	F	F	O	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
	R <sub>xl</sub> Ouest	F	F	F	O	F	F	F	F	F	F	F	F	F
Kodialani	R <sub>xl</sub>	F	O	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
Kayes	R <sub>xl</sub>	F	F	F	F	O	F	F	F	F	F	F	F	F
	R <sub>xb</sub>	F	F	F	F	F	O	F	F	F	F	F	F	F
Matam	R <sub>xl</sub>	F	F	F	F	F	F	O	F	F	F	F	F	F
	R <sub>xb</sub>	F	F	F	F	F	F	F	O	F	F	F	F	F
Dagana	R <sub>xl</sub>	F	F	F	F	F	F	F	F	O	F	F	F	F
	R <sub>xb</sub>	F	F	F	F	F	F	F	F	F	O	F	F	F
Sakal	R <sub>xb</sub>	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	F	O	O
Tobène	R <sub>xb</sub>	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	O	F
Nouakchott	R <sub>xb</sub>	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	O

## Annexe\_38

Tableau des plans de tension des postes (Production moyenne: 59,81 MW)														
Poste	Jeu de barre	Tension observée au cours de la simulation en KV												
		CR	Kodialani ligne R1 (O)	Manantali ligne Est R2 (O)	Manantali ligne Ouest R3 (O)	Kayes ligne R4 (O)	Kayes barre R5 (O)	Matam ligne R6 (O)	Matam barre R7 (O)	Dagana ligne R8 (O)	Dagana barre R9 (O)	Sakal barre R10 (F)	Tobène barre R11 (O)	Nouakchott barre R12 (O)
Manantali	225 KV	233	238	239	239	238	237	236	236	236	236	231	235	234
	225 KV	233	238	239	239	238	237	236	236	236	236	231	235	234
Kita	225 KV	232	241	238	238	237	236	235	235	235	235	230	234	233
Kodialani	225 KV	224	237	229	229	228	227	226	226	226	226	222	226	225
Kayes	225 KV	230	234	234	234	239	237	236	235	235	234	225	234	232
Matam	225 KV	227	231	231	231	235	233	240	236	235	234	221	234	231
	90 KV	91	92	92	92	94	93	96	94	94	94	88	94	92
Dagana	225 KV	222	225	226	226	229	227	233	229	234	230	215	230	226
Sakal	225 KV	220	223	223	224	227	225	231	227	232	228	213	228	224
Tobène	225 KV	218	220	221	221	224	222	228	224	228	225	210	227	221
Rosso	225 KV	223	226	226	226	229	228	233	230	234	230	216	230	228
Nouakchott	225 KV	221	223	223	223	225	224	227	225	227	225	217	225	228
Kaédi	90 KV	91	92	92	92	94	93	96	94	94	94	88	93	92
Boghé	90 KV	91	92	92	92	94	93	96	94	94	94	88	93	92



## Annexe\_39

Tableau des apports des réactances (Production moyenne: 59,81 MW)														
Poste	Jeu de barre	Variations des tensions observées au cours de la simulation en kV												
			Kodialani ligne R1 (O)	Manantali ligne Est R2 (O)	Manantali ligne Ouest R3 (O)	Kayes ligne R4 (O)	Kayes barre R5 (O)	Matam ligne R6 (O)	Matam barre R7 (O)	Dagana ligne R8 (O)	Dagana barre R9 (O)	Sakal barre R10 (F)	Tobène barre R11 (O)	Nouakchott barre R12 (O)
Manantali	225 kV	Manantali225 kV	5	6	6	5	4	3	3	3	3	-2	2	1
	225 kV	Manantali225 kV	5	6	6	5	4	3	3	3	3	-2	2	1
Kita	225 kV	Kita225 kV	9	6	6	5	4	3	3	3	3	-2	2	1
Kodialani	225 kV	Kodialani225 kV	13	5	5	4	3	2	2	2	2	-2	2	1
Kayes	225 kV	Kayes225 kV	4	4	4	9	7	6	5	5	4	-5	4	2
Matam	225 kV	Matam225 kV	4	4	4	8	6	13	9	8	7	-6	7	4
	90 kV	Matam90 kV	1	1	1	3	2	5	3	3	3	-3	3	1
Dagana	225 kV	Dagana225 kV	3	4	4	7	5	11	7	12	8	-7	8	4
Sakal	225 kV	Sakal225 kV	3	3	4	7	5	11	7	12	8	-7	8	4
Tobène	225 kV	Tobène225 kV	2	3	3	6	4	10	6	10	7	-8	9	3
Rosso	225 kV	Rosso225 kV	3	3	3	6	5	10	7	11	7	-7	7	5
Nouakchott	225 kV	Nouakchott225 kV	2	2	2	4	3	6	4	6	4	-4	4	7
Kaédi	90 kV	Kaédi90 kV	1	1	1	3	2	5	3	3	3	-3	2	1
Boghé	90 kV	Boghé90 kV	1	1	1	3	2	5	3	3	3	-3	2	1

Détermination des pertes (Faible production schémas 1)				
Point 1	Point 2	Puissance active (MW)	Puissance réactive (MVar)	Perte (MW)
Groupe 1	Transf 1	35,4	9,8	0,07
Groupe 2	Transf 2	0	0	0
Groupe 3	Transf 3	0	0	0
Groupe 4	Transf 4	0	0	0
Groupe 5	Transf 5	0	0	0
Transf 1	Mananta1	35,3	6,8	0
Transf 1	Mananta2	0	0	0
Transf 2	Mananta1	0	0	0
Transf 2	Mananta2	0	0	0
Transf 3	Mananta1	0	0	0
Transf 3	Mananta2	0	0	0
Transf 4	Mananta1	0	0	0
Transf 4	Mananta2	0	0	0
Transf 5	Mananta1	0	0	0
Transf 5	Mananta2	0	0	0
Mananta1	Mananta2	34,8	2,7	0
Mananta1	Est	0	0	0
Mananta1	Ouest	0,5	4,1	0
Mananta2	Est	34,8	2,7	0
Mananta2	Ouest	0	0	0
Est	Kita225	34,8	-22,2	0,16
Kita225	Kita30	1,5	0,5	0
Kita225	Arriv_Ko	33,2	-1,8	0,25
Kodia225	Arriv_Ko	-32,9	-30,8	0
Kodia225	Kodia150	16,5	15,4	0,02
Kodia225	Kodia150	16,5	15,4	0,02
Ouest	Sc5	0,5	-20,8	0
Sc5	Kayes225	0,5	-11,8	0
Kayes225	Kayes90	0	0	0
Kayes225	Kayes30	3,1	3	0
Kayes225	Sc4	-2,6	-34,6	0,03
Sc4	Matam225	-2,6	-12,6	0
Matam225	Matam90	0,8	0,2	0
Matam225	Matam30	3,2	0,9	0
Matam225	Sc3	-6,6	-33,8	0
Sc3	Sc2	-6,6	-33,1	0,03
Sc2	Dagan225	-6,6	-9,5	0
Dagan225	Dagan30	2,9	0,5	0
Dagan225	Sc1	-6,6	-14,7	0
Dagan225	Rosso225	-2,9	-15,1	0,01
Sc1	Sakal225	-6,6	-14,5	0,01
Sakal225	Sakal30	19,1	5,5	0,13
Sakal225	Tobèn225	-25,7	0,6	0,15
Tobèn225	Tobèn90	-12,9	1,6	0,11
Tobèn225	Tobèn90	-13	1,6	0,01
Rosso225	Rosso33	1,1	0,9	0
Rosso225	Nouak225	-4	-10,4	0,01
Nouak225	Nouak33	-4	-1,9	0
Kaédi90	Kaédi15	0,5	0,1	0
Kaédi90	Boghé90	0,3	0,1	0
Boghé90	Boghé15	0,3	0,1	0
Somme des pertes				1,01

Détermination des pertes (Faible production schémas 2)				
Point 1	Point 2	Puissance active (MW)	Puissance réactive (Mvar)	Perte (MW)
Groupe 1	Transf 1	35,6	4,3	0,07
Groupe 2	Transf 2	0	0	0
Groupe 3	Transf 3	0	0	0
Groupe 4	Transf 4	0	0	0
Groupe 5	Transf 5	0	0	0
Transf 1	Mananta1	35,5	1,4	0
Transf 1	Mananta2	0	0	0
Transf 2	Mananta1	0	0	0
Transf 2	Mananta2	0	0	0
Transf 3	Mananta1	0	0	0
Transf 3	Mananta2	0	0	0
Transf 4	Mananta1	0	0	0
Transf 4	Mananta2	0	0	0
Transf 5	Mananta1	0	0	0
Transf 5	Mananta2	0	0	0
Mananta1	Mananta2	34,9	5,8	0
Mananta1	Est	0	0	0
Mananta1	Ouest	0,7	-4,4	0
Mananta2	Est	34,9	5,8	0
Mananta2	Ouest	0	0	0
Est	Kita225	34,9	-19,7	0,15
Kita225	Kita30	1,5	0,5	0
Kita225	Arriv_Ko	33,2	1,2	0,27
Kodia225	Arriv_Ko	-32,9	-34,4	0
Kodia225	Kodia150	16,5	17,2	0,02
Kodia225	Kodia150	16,5	17,2	0,02
Ouest	Sc5	0,7	-29,9	0,03
Sc5	Kayes225	0,7	-21	0
Kayes225	Kayes90	0	0	0
Kayes225	Kayes30	3,1	3	0
Kayes225	Sc4	-2,4	-44,3	0,1
Sc4	Matam225	-2,5	-21,9	0
Matam225	Matam90	0,8	0,2	0
Matam225	Matam30	3,2	0,9	0
Matam225	Sc3	-6,4	-44,1	0
Sc3	Sc2	-6,4	-43	0,1
Sc2	Dagan225	-6,5	-18,7	0
Dagan225	Dagan30	2,9	0,4	0
Dagan225	Sc1	-6,6	-8,7	0
Dagan225	Rosso225	-2,9	-10,2	0
Sc1	Sakal225	-6,6	-8,7	0,01
Sakal225	Sakal30	19,1	5,5	0,13
Sakal225	Tobèn225	-25,7	7,9	0,18
Tobèn225	Tobèn90	-12,9	5,3	0,11
Tobèn225	Tobèn90	-13	5,4	0,01
Rosso225	Rosso33	1,1	0,9	0
Rosso225	Nouak225	-4	-5,2	0,04
Nouak225	Nouak33	-4	3,8	0
Kaédi90	Kaédi15	0,5	0,1	0
Kaédi90	Boghé90	0,3	0,1	0
Boghé90	Boghé15	0,3	0,1	0
Somme des pertes				1,24

Détermination des pertes (Forte production schémas 1)				
Point 1	Point 2	Puissance active (MW)	Puissance réactive (Mvar)	Perte (MW)
Groupe 2	Transf 2	38,6	0,3	0,08
Groupe 3	Transf 3	38,5	0,3	0,08
Groupe 4	Transf 4	38,3	0,3	0,08
Groupe 5	Transf 5	38,6	0,3	0,08
Transf 1	Mananta1	43,2	-3,4	0
Transf 1	Mananta2	0	0	0
Transf 2	Mananta1	0	0	0
Transf 2	Mananta2	38,5	-2,8	0
Transf 3	Mananta1	38,4	-2,8	0
Transf 3	Mananta2	0	0	0
Transf 4	Mananta1	0	0	0
Transf 4	Mananta2	38,3	-2,8	0
Transf 5	Mananta1	38,5	-2,8	0
Transf 5	Mananta2	0	0	0
Mananta1	Mananta2	-15,5	26,6	0
Mananta1	Est	0	0	0
Mananta1	Ouest	135,6	-35,7	0
Mananta2	Est	61,3	21	0
Mananta2	Ouest	0	0	0
Est	Kita225	61,3	-6,1	0,42
Kita225	Kita30	0,6	0,5	0
Kita225	Arriv_Ko	60,2	14,3	0,84
Kodia225	Arriv_Ko	-59,4	-44,6	0
Kodia225	Kodia150	29,7	22,3	0,05
Kodia225	Kodia150	29,7	22,3	0,05
Ouest	Sc5	135,6	-62,7	3,49
Sc5	Kayes225	132,1	-45,7	0
Kayes225	Kayes90	0	0	0
Kayes225	Kayes30	5	3,9	0,01
Kayes225	Sc4	127,1	-40,5	3,8
Sc4	Matam225	123,3	-10,3	0
Matam225	Matam90	1,7	1,2	0
Matam225	Matam30	6,9	3	0,01
Matam225	Sc3	114,6	-6,5	0
Sc3	Sc2	114,6	0,4	3,37
Sc2	Dagan225	111,3	32,4	0
Dagan225	Dagan30	6,4	2,2	0,01
Dagan225	Sc1	94,1	49,7	0
Dagan225	Rosso225	10,7	-11,6	0,01
Sc1	Sakal225	94,1	56,1	1,4
Sakal225	Sakal30	20,1	5,4	0,13
Sakal225	Tobèn225	72,6	64,3	2,01
Tobèn225	Tobèn90	35,3	40,3	0,25
Tobèn225	Tobèn90	35,2	40,4	0,16
Rosso225	Rosso33	1,7	1,3	0
Rosso225	Nouak225	9	-7,1	0,04
Nouak225	Nouak33	9	22	0,03
Kaédi90	Kaédi15	0,9	0,7	0
Kaédi90	Boghé90	0,8	0,5	0
Boghé90	Boghé15	0,8	0,4	0
Somme des pertes				16,40

Détermination des pertes (Forte production schémas 2)				
Point 1	Point 2	Puissance active (MW)	Puissance réactive (Mvar)	Perte (MW)
Groupe 2	Transf 2	38,6	-4,1	0,08
Groupe 3	Transf 3	38,5	-4,2	0,08
Groupe 4	Transf 4	38,3	-4,2	0,08
Groupe 5	Transf 5	38,6	-4,1	0,08
Transf 1	Mananta1	43,3	-7,9	0
Transf 1	Mananta2	0	0	0
Transf 2	Mananta1	0	0	0
Transf 2	Mananta2	38,5	-7,3	0
Transf 3	Mananta1	38,4	-7,3	0
Transf 3	Mananta2	0	0	0
Transf 4	Mananta1	0	0	0
Transf 4	Mananta2	38,3	-7,3	0
Transf 5	Mananta1	38,5	-7,3	0
Transf 5	Mananta2	0	0	0
Mananta1	Mananta2	-15,4	10,6	0
Mananta1	Est	0	0	0
Mananta1	Ouest	135,6	-33,2	0
Mananta2	Est	61,3	-4	0
Mananta2	Ouest	0	0	0
Est	Kita225	61,3	-4	0,41
Kita225	Kita30	0,6	0,5	0
Kita225	Arriv_Ko	60,3	16,9	0,86
Kodia225	Arriv_Ko	-59,4	-47,6	0
Kodia225	Kodia150	29,7	23,8	0,05
Kodia225	Kodia150	29,7	23,8	0,05
Ouest	Sc5	135,6	-60,8	3,39
Sc5	Kayes225	132,2	-42,4	0
Kayes225	Kayes90	0	0	0
Kayes225	Kayes30	5	3,9	0,01
Kayes225	Sc4	127,2	-37,5	3,73
Sc4	Matam225	123,5	-6,2	0
Matam225	Matam90	1,7	1,2	0
Matam225	Matam30	6,9	3	0,01
Matam225	Sc3	114,8	-2,5	0
Sc3	Sc2	114,8	4,4	3,39
Sc2	Dagan225	111,4	36,7	0
Dagan225	Dagan30	6,4	2,2	0,01
Dagan225	Sc1	94,3	53,5	0
Dagan225	Rosso225	10,7	-10,8	0,01
Sc1	Sakal225	94,3	60,1	1,45
Sakal225	Sakal30	20,1	5,4	0,13
Sakal225	Tobèn225	72,7	68,2	2,11
Tobèn225	Tobèn90	35,3	42,2	0,25
Tobèn225	Tobèn90	35,2	42,3	0,16
Rosso225	Rosso33	1,7	1,3	0
Rosso225	Nouak225	9	-6,3	0,05
Nouak225	Nouak33	9	23	0,03
Kaédi90	Kaédi15	0,9	0,7	0
Kaédi90	Boghé90	0,8	0,4	0
Boghé90	Boghé15	0,8	0,4	0
Somme des pertes				16,42

Détermination des pertes (Production moyenne schémas 1)				
Point 1	Point 2	Puissance active (MW)	Puissance réactive (Mvar)	Perte (MW)
Groupe 2	Transf 2	56,4	1,1	0,16
Groupe 3	Transf 3	0	0	0
Groupe 4	Transf 4	19,1	-1,3	0,02
Groupe 5	Transf 5	19,1	-1,3	0,02
Transf 1	Mananta1	0	0	0
Transf 1	Mananta2	0	0	0
Transf 2	Mananta1	0	0	0
Transf 2	Mananta2	56,3	-6	0
Transf 3	Mananta1	0	0	0
Transf 3	Mananta2	0	0	0
Transf 4	Mananta1	0	0	0
Transf 4	Mananta2	19,1	-1,9	0
Transf 5	Mananta1	19,1	-1,9	0
Transf 5	Mananta2	0	0	0
Mananta1	Mananta2	-42,2	20,8	0
Mananta1	Est	0	0	0
Mananta1	Ouest	61,3	-22,8	0
Mananta2	Est	33,1	12,9	0
Mananta2	Ouest	0	0	0
Est	Kita225	33,1	-14,2	0,12
Kita225	Kita30	0,9	0,3	0
Kita225	Arriv_Ko	32,2	8,5	0,31
Kodia225	Arriv_Ko	-31,8	-43,1	0
Kodia225	Kodia150	15,9	21,6	0,02
Kodia225	Kodia150	15,9	21,6	0,02
Ouest	Sc5	61,3	-22,8	0,65
Sc5	Kayes225	60,7	-16,7	0
Kayes225	Kayes90	0	0	0
Kayes225	Kayes30	3,3	3	0
Kayes225	Sc4	57,4	-39	0,85
Sc4	Matam225	56,6	-20,3	0
Matam225	Matam90	1,4	0,2	0
Matam225	Matam30	4,8	2,3	0,01
Matam225	Sc3	50,3	-20,8	0
Sc3	Sc2	50,3	-19,2	0,67
Sc2	Dagan225	49,6	27	0
Dagan225	Dagan30	5,6	2,1	0,01
Dagan225	Sc1	41,2	7,6	0
Dagan225	Rosso225	2,8	-1,4	0
Sc1	Sakal225	41,2	8,7	0,23
Sakal225	Sakal30	19,8	3,4	0,13
Sakal225	Tobèn225	21,2	5,3	0,13
Tobèn225	Tobèn90	10,6	4,1	0,1
Tobèn225	Tobèn90	10,5	4,1	0,01
Rosso225	Rosso33	1,2	1,1	0
Rosso225	Nouak225	1,7	3,2	0,1
Nouak225	Nouak33	1,6	11,8	0,01
Kaédi90	Kaédi15	0,7	0,1	0
Kaédi90	Boghé90	0,7	0,1	0
Boghé90	Boghé15	0,7	0,1	0
Somme des pertes				3,57

Détermination des pertes (Production moyenne schémas 2)				
Point 1	Point 2	Puissance active (MW)	Puissance réactive (Mvar)	Perte (MW)
Groupe 2	Transf 2	56,2	6,1	0,16
Groupe 3	Transf 3	0	0	0
Groupe 4	Transf 4	19,3	3,7	0,02
Groupe 5	Transf 5	19,3	3,7	0,02
Transf 1	Mananta1	0	0	0
Transf 1	Mananta2	0	0	0
Transf 2	Mananta1	0	0	0
Transf 2	Mananta2	56	-1	0
Transf 3	Mananta1	0	0	0
Transf 3	Mananta2	0	0	0
Transf 4	Mananta1	0	0	0
Transf 4	Mananta2	19,3	3	0
Transf 5	Mananta1	19,3	3	0
Transf 5	Mananta2	0	0	0
Mananta1	Mananta2	-42,2	8	0
Mananta1	Est	0	0	0
Mananta1	Ouest	61,4	-5	0
Mananta2	Est	33,1	10	0
Mananta2	Ouest	0	0	0
Est	Kita225	33,1	-16,6	0,13
Kita225	Kita30	0,9	0,3	0
Kita225	Arriv_Ko	32,1	5,7	0,29
Kodia225	Arriv_Ko	-31,8	-39,8	0
Kodia225	Kodia150	15,9	19,9	0,02
Kodia225	Kodia150	15,9	19,9	0,02
Ouest	Sc5	61,4	-31,5	0,69
Sc5	Kayes225	60,7	-26,1	0
Kayes225	Kayes90	0	0	0
Kayes225	Kayes30	3,3	3	0
Kayes225	Sc4	57,5	-47,9	0,95
Sc4	Matam225	56,5	-30,2	0
Matam225	Matam90	1,4	0,2	0
Matam225	Matam30	4,8	2,3	0,01
Matam225	Sc3	50,3	-30,5	0
Sc3	Sc2	50,3	-28,6	0,66
Sc2	Dagan225	49,6	18,1	0
Dagan225	Dagan30	5,6	2,1	0,01
Dagan225	Sc1	41,2	9,4	0
Dagan225	Rosso225	2,8	-12,6	0,01
Sc1	Sakal225	41,2	10,4	0,24
Sakal225	Sakal30	19,8	3,4	0,13
Sakal225	Tobèn225	21,2	7,1	0,14
Tobèn225	Tobèn90	10,6	5	0,11
Tobèn225	Tobèn90	10,5	5	0,01
Rosso225	Rosso33	1,2	1,1	0
Rosso225	Nouak225	1,6	-7,9	0,02
Nouak225	Nouak33	1,6	21,5	0,02
Kaédi90	Kaédi15	0,7	0,1	0
Kaédi90	Boghé90	0,7	0,1	0
Boghé90	Boghé15	0,7	0,1	0
Somme des pertes				3,66