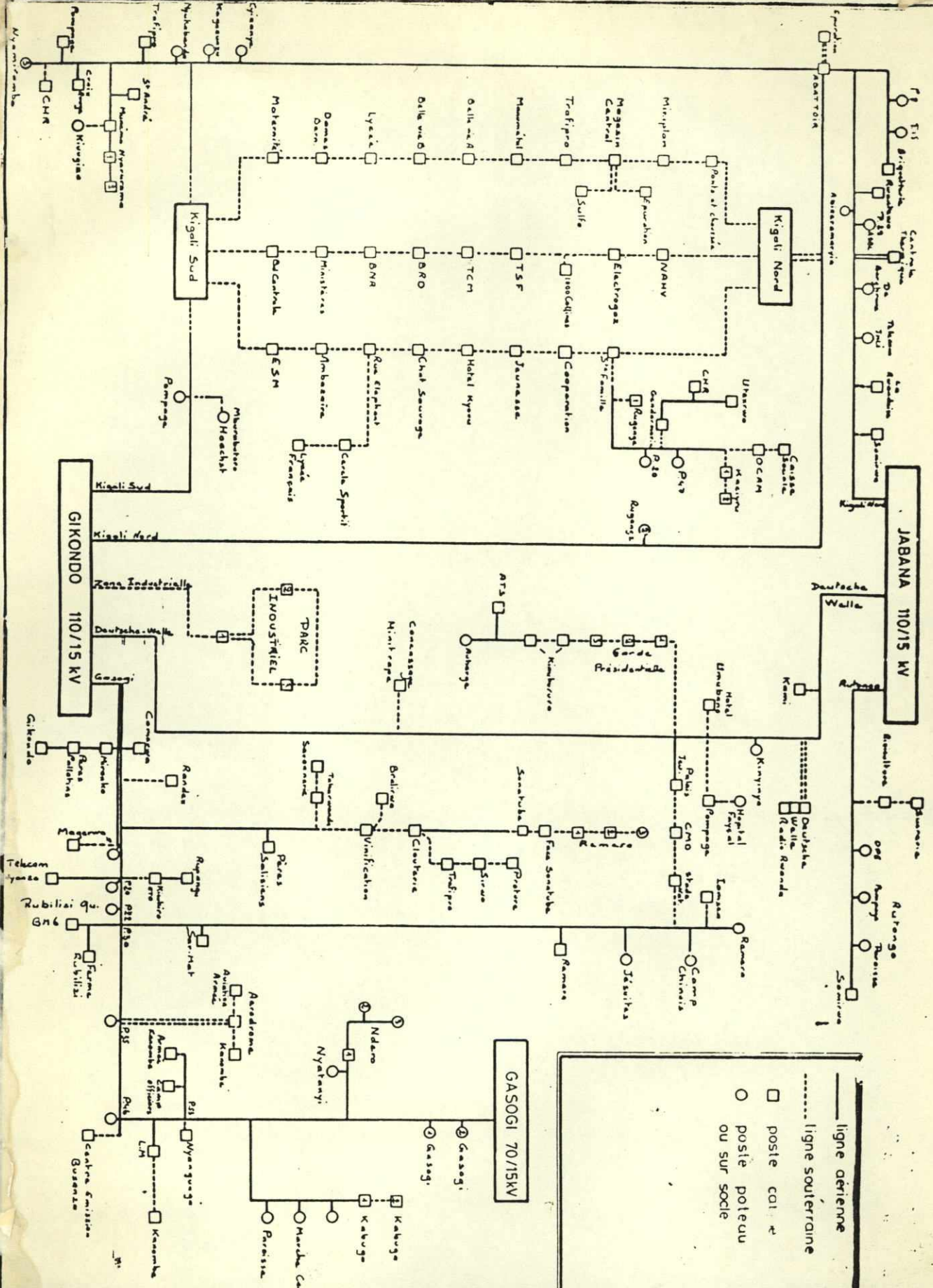


KIGALI 15KV



DOMAINES	PRODUCTION	TRANSPORT	DISTRIBUTION	SECURITE	AFFAIRES GENERALES
----------	------------	-----------	--------------	----------	--------------------

UNIVERSITE NATIONALE DU RWANDA

FACULTE DES SCIENCES APPLIQUEES

DEPARTEMENT D'ELECTROMECHANIQUE

EVALUATION DES BESOINS EN ENERGIE ELECTRIQUE
AU RWANDA JUSQU'A L'AN 2000

PROJET DE FIN D'ETUDES PRESENTE POUR
L'OBTENTION DU GRADE D'INGENIEUR
TECHNICIEN EN ELECTROMECHANIQUE

par

KABASHA P. Canisius
et
RUBAMBANA Josué

Directeur : NDAGIJIMANA Cyprien, Ing. él.

Butare, Septembre 1989

A nos chers Parents .

REMERCIEMENTS

Nos sincères remerciements sont humblement adressés à Tous Ceux qui , dès le bas âge , nous ont manifesté leur attachement et fait part de leur expérience de la vie . Il n' est pas à notre pouvoir de leur témoigner dignement notre reconnaissance , qu' Ils trouvent ici l' expression de notre entière satisfaction .

A tous les Professeurs de la Faculté des Sciences Appliquées , pour leur contribution à notre formation intellectuelle , spécialement à Monsieur NDAGIJIMANA Cyprien , ingénieur électricien , pour avoir proposé le sujet de ce Projet de Fin d' Etudes et accepté de le diriger , pour la sagesse de ses conseils et de ses observations , nous tenons à exprimer notre profonde gratitude.

Nos souhaits les meilleurs à tous nos Condisciples: notre franche collaboration dans une entente mutuelle a été de grande importance pour nos études. Nous ne pouvons que leur souhaiter de réussir dans la vie.

TABLES DE MATIERES .

Remerciments	i
Table de matières	ii
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1 GENERALITES SUR LA PRODUCTION ET LA CONSOMMATION DE L'ENERGIE ELECTRIQUE .	3
1.1. Production de l'énergie électrique, fonction de la demande .	4
1.2. Principaux paramètres électriques .	5
1.2.1. Le courant	5
1.2.2. La tension	6
1.2.3. La puissance	7
1.2.3.1. La puissance active	7
1.2.3.2. La puissance réactive	8
1.2.3.3. La puissance apparente	9
1.2.3.4. La puissance complexe	9
1.2.4. Le facteur de puissance \cos	10
1.2.5. La Fréquence du courant	11
1.3. Elevation et transport de l'énergie électrique	12
1.4. Part de l'électricité dans la consommation de l'énergie électrique .	15
1.5. Constitution d'une centrale hydro-électrique.	16
1.6. Notions de stabilité d'un réseau électrique.	18

CHAPITRE 2	PRODUCTION ET DISTRIBUTION DE L'ENERGIE ELECTRIQUE AU RWANDA .	21
2.1.	Description sommaire du réseau national interconnecté : Réseau Electrogaz .	21
2.2.	Centrales du Rwanda :localisation et caractérisation .	25
2.2.1.	Ntaruka	26
2.2.2.	Gisenyi	26
2.2.3.	Mukungwa	27
2.2.4.	Gihira	28
2.2.5.	Rusizi I	28
2.2.6.	Rusizi II	29
2.2.7.	Gatsata	30
2.3.	Localisation et caractérisation des grands centres de consommation.	31
2.3.1.	Le poste de transformation de Gikondo .	31
2.3.2.	Le poste de transformation de Jabana .	32
2.3.3.	Le poste de transformation de Musha .	33
2.3.4.	Le poste de transformation de Kabarondo	34
2.3.5.	Le poste de transformation de Rwinkwavu	34
2.3.6.	Le poste de transformation de Rulindo .	35
2.3.7.	Le poste de transformation de Gifurwe .	36
2.3.8.	Le poste de transformation de Mukungwa .	37
2.3.9.	Le poste de transformation de Ntaruka .	38
2.3.10.	Le poste de transformation de Ruhengeri .	39
2.3.11.	Le poste de transformation de Kigoma .	40
2.3.12.	Le poste de transformation de Kilinda .	42
2.3.13.	Le poste de transformation de Karongi .	43
2.3.14.	Le poste de transformation de Kibogora .	44
2.3.15.	Le poste de transformation de Mururu I .	45
2.3.16.	Le poste de transformation de Mururu II .	47
CHAPITRE 3	DEMANDE ET OFFRE DE L'ENERGIE ELECTRIQUE	48
3.1.	Etude statistique des demandes et leur rythme de croissance .	48
3.2.	Analyse comparative de la production et de la charge électrique .	59
3.3.	Evaluation des besoins en énergie électrique pour l'an 2000 .	60

3.4.Estimation de la charge électrique de l'an 2000 .	62
CHAPITRE 4 POSSIBILITES DE RECOUVREMENT ET PROPOSITIONS .	66
4.1.Formes d'énergie exploitables et leur rentabilité.	66
4.2.Choix d'une solution optimale	68
CONCLUSION	
BIBLIOGRAPHIE	
ANNEXES	

INTRODUCTION

A cause de sa souplesse de transport et d'utilisation, de son coût relativement faible par rapport aux autres formes d'énergie, la consommation de l'énergie électrique au Rwanda a connu un grand essor durant ces quinze dernières années.

Elle était en effet de 30,36 GWH par an en 1973 et de 120,87 GWH en 1988. Suite à la demande de plus en plus croissante d'énergie électrique, les planificateurs énergéticiens nationaux doivent faire des études permettant d'établir des plans prévisionnels à court, moyen et long terme dans le seul but d'éviter une rupture technico-économique.

Le présent travail, intitulé 'EVALUATION DES BESOINS EN ENERGIE ELECTRIQUE AU RWANDA JUSQU'A L'AN 2000', même si sa définition lui confère uniquement l'aspect de planification, a été effectué dans un cadre académique.

C'est pourquoi, en plus de l'évaluation proprement dite des besoins en énergie électrique, il comprend d'autres notions se rapportant à l'énergie électrique en général et au réseau électrique national en particulier.

Il comporte en tout quatre chapitres.

Le premier chapitre, sous le titre de 'GENERALITES SUR LA PRODUCTION ET LA CONSOMMATION DE L'ENERGIE ELECTRIQUE', est principalement consacré aux définitions se rapportant à l'Electrotechnique.

L'on y trouve les définitions de quelques paramètres électriques, le comportement des systèmes de production d'énergie électrique à la variation de la charge électrique, les considérations techniques de transport de l'énergie électrique, les avantages des réseaux interconnectés et les principales parties d'une centrale hydro-électrique. Quelques paragraphes sont réservés à la consommation de l'énergie électrique au Rwanda.

Le second chapitre, ayant pour titre 'PRODUCTION ET DISTRIBUTION DE L'ENERGIE ELECTRIQUE AU RWANDA', présente le système électrique ~~énergétique~~ dans son ensemble. La localisation géographique des centrales et postes de transformation, la caractérisation de leurs équipements principaux et de quelques lignes électriques font l'objet de ce chapitre.

Le troisième chapitre traite les données statistiques de consommation de l'énergie électrique au Rwanda pour en déduire leurs lois de variation dans le temps. Ce sont ces lois qui ont conduit à estimer les besoins en énergie électrique de l'an 2000 à 313 GWH et la charge électrique à 78 MW.

Le quatrième et dernier chapitre , 'POSSIBILITES DE RECOUVREMENT ET PROPOSITIONS', compare les différentes formes d'énergies convertibles en énergie électrique pour motiver le choix d'une solution optimale à base de considérations techniques et économiques .

Il est difficile d'affirmer que les possibilités de recouvrement suggérées dans ce travail seraient réalisées .

En effet, aucune étude de faisabilité n'a été faite , les sources de financement ne sont pas désignées , nulle part n'est analysée la rentabilité de ces projets , etc ...

Cela constituerait un autre travail à caractère technico-économique .

CHAPITRE 1 : GENERALITES SUR LA PRODUCTION ET LA CONSOMMATION DE L'ENERGIE ELECTRIQUE .

La production de l'énergie électrique, son transport, sa distribution et sa consommation constituent un ensemble très complexe qui impose aux électriciens ^{des} études et recherches très sérieuses. Le stockage de l'énergie ^{électrique} reste encore impossible ; aussi doit-on produire autant que l'on doit consommer.

1.1. Production de l'énergie électrique, fonction de la demande .

La charge électrique connectée à un réseau n'a pas une valeur constante. Elle fluctue dans le temps selon l'heure de la journée et selon les saisons.

Il existe des graphiques de variation de l'appel de puissance de tout réseau.

Il est ici proposé ceux du réseau rwandais aux figures 1 et 2. La figure 1 représente la variation mensuelle de l'énergie électrique produite et importée par le Rwanda.

Elle est semblable à celle de la consommation, compte tenu des pertes d'énergie dans le réseau.

Comme il n'ya pas de nette différence entre les saisons au Rwanda quant à la productivité des usines et à la consommation d'énergie dans les ménages et services publics, la variation saisonnière de l'énergie électrique consommée est peu sensible.

On peut signaler cependant que, de Juillet à Décembre, la quantité d'énergie électrique produite et importée reste au-dessus de douze mille MW (12000 MW) par mois. C'est peut-être le résultat du pouvoir d'achat du paysan rwandais qui augmente dans cette période suite à la campagne-café et aux récoltes de Juin et Juillet et incite les usines à produire plus. Elles consomment par conséquent une plus grande quantité d'énergie électrique.

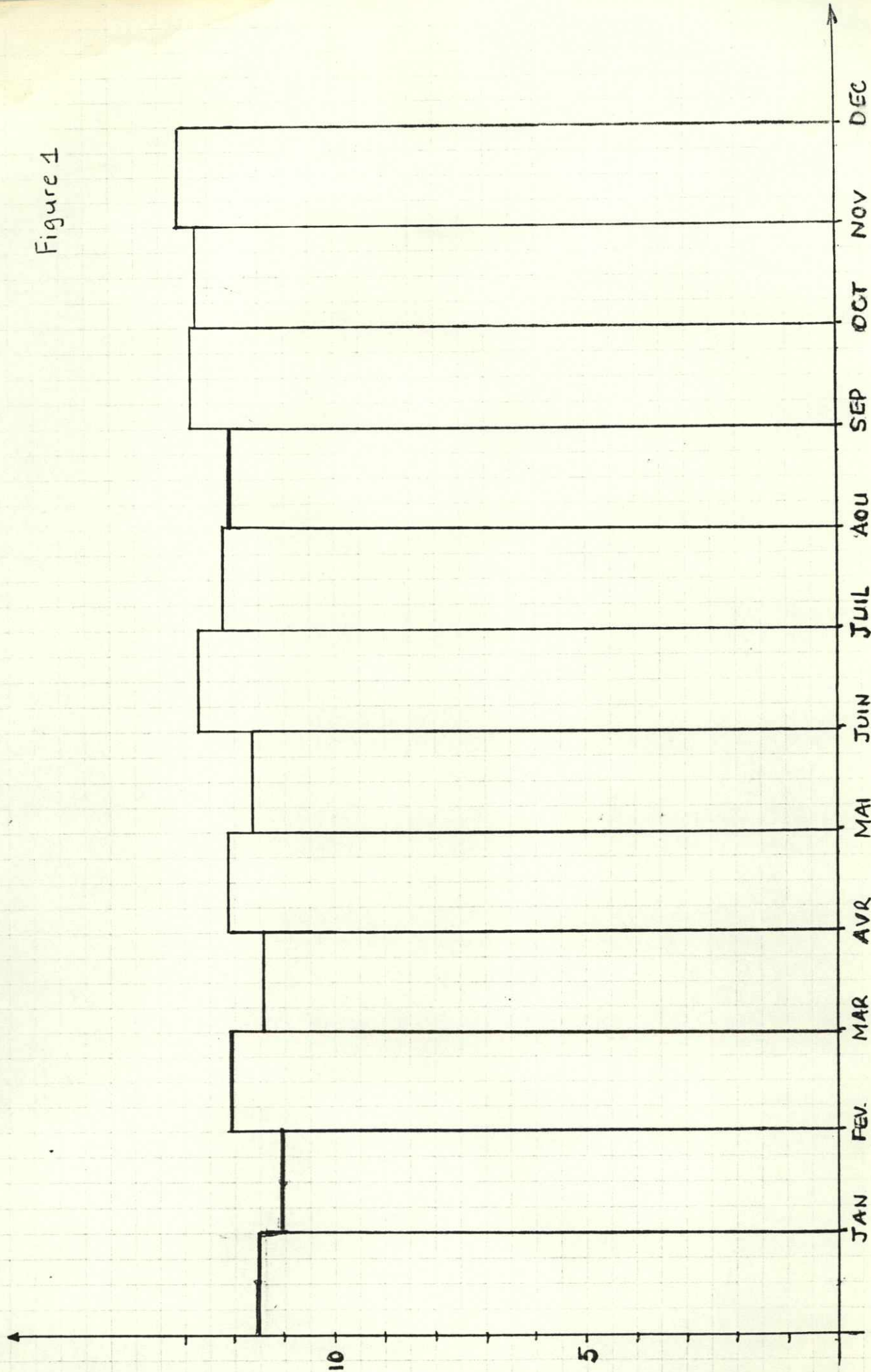
La figure 2, qui est une courbe de production et importation d'énergie électrique du Jeudi 24 Novembre 1988, représente une variation journalière de l'appel de puissance du réseau rwandais.

- La période des heures creuses est entre 0 heure et 5 heures du matin: la charge est autour de 14 MW et correspond surtout à la consommation des usines qui travaillent la nuit, de l'éclairage et autres services publics.

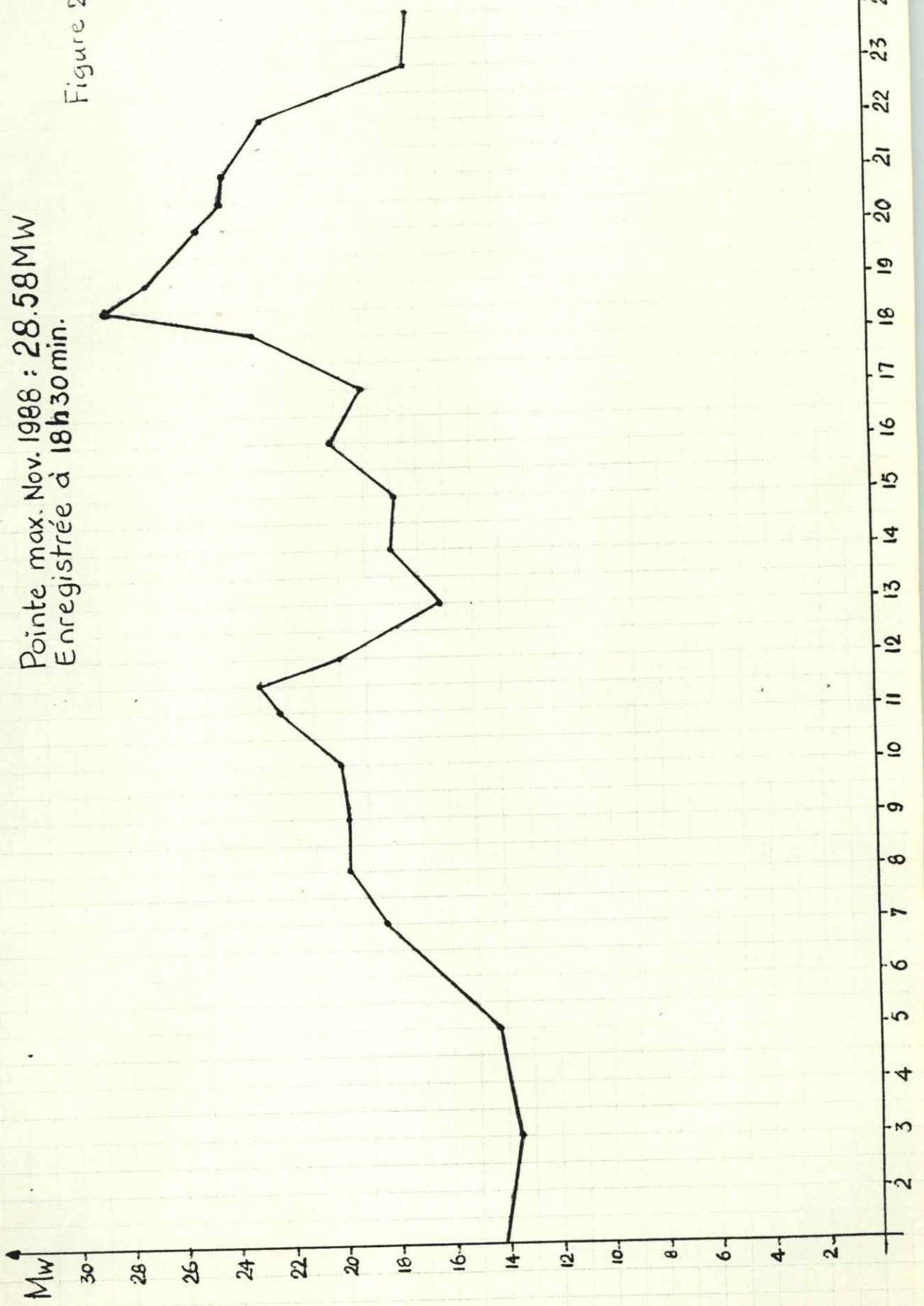
- A partir de 5 heures jusqu'à 8 heures, les appareils ménagers, les services de la radiodiffusion, le démarrage de certaines usines et quelques autres services publics ou privés font monter la charge jusqu'à 19.8 MW.

Courbe de "PRODUCTION ET IMPORTATION D'ENERGIE EN KWH"
Exercice 1988.

Figure 1



Courbe de PRODUCTION DU JEUDI 24 NOV. 1988
Centrales: GIHIRA, GISENYI, MUKUNGWA, NTARUKA et RUSIZI I.



La charge reste plus ou moins constante jusqu'à 10 heures où elle commence à remonter jusqu'à 23 MW à 11 heures 30.

Cette augmentation est due à la charge des appareils ménagers et aux services de la radiodiffusion qui redémarrent à 11 heures.

- De 11 heures 30 à 13 heures, la charge chute et arrive à 16.4 MW. C'est le repos de midi, mais quand même les unités de production à régime continu consomment pendant cette période.

- De 13 heures à 16 heures, on a encore une augmentation de la charge de 16.4 à 20.4 MW: les services qui avaient arrêté pour le repos de midi reprennent l'un après l'autre.

- De 16 heures à 17 heures, quelques unités arrêtent la production pour le contrôle journalier. La charge passe de 20.4 à 19 MW.

- Entre 17 heures et 22 heures, c'est la période des heures de pointe. Presque tous les équipements électriques sont sous tension: appareils d'éclairage publics et privés, appareils électroménagers, usines à équipes tournantes, les services publics à fonctionnement continu, etc...

La pointe de 1988 a été enregistrée le 24 Novembre à 18 heures 30 et était de 28.58 MW. Celle de 1987 est tombée le Mercredi 21 octobre, la charge étant de 24.85 MW.

- A partir de 22 heures, la charge commence à diminuer. Les appareils électroménagers, l'éclairage des maisons et autres petits appareils électriques sont hors tension.

Le réseau se décharge progressivement jusqu'à fonctionner à charges minimales. La période des heures creuses commence aux environs de 0 heure.

Cette variation de la charge électrique conduit à la variation de la puissance électrique consommée. Celle-ci augmente ou diminue avec la charge.

On a que:

$$P_c = RI^2$$

où P_c = puissance électrique consommée [en watts].

R = résistance de la charge [en Ω].

I = courant consommé par la charge [en A].

Lorsque le réseau devient surchargé, c'est à dire quand la puissance consommée P_c devient supérieure à la puissance produite, la vitesse de rotation des turbines diminue et avec elle la fréquence du réseau. C'est ce qu'explique la relation

$$N = \frac{60 f}{p}$$

où N = vitesse de rotation des turbines [en TPM]

f = fréquence [en Hz]

p = nombre de pôles

Il faut ici noter que l'invariance de la fréquence est excellent

indice de qualité de l'énergie électrique et doit être recherchée. Au cas où la puissance consommée par la charge est inférieure à la puissance produite, la vitesse de rotation des turbines augmente, et par voie de conséquence, la fréquence du réseau augmente aussi. Les machines sont ainsi exposées à l'emballement.

Ce régime de fonctionnement varié, encore appelé régime transitoire, est très nuisible et doit être éliminé le plus rapidement possible.

Ainsi donc, la charge électrique totale d'un réseau, par la puissance électrique qu'elle consomme, commande la puissance à produire par les centrales. A toute variation de la puissance consommée correspond une variation dans le même sens de la puissance produite et s'accompagne d'un réajustement de certains paramètres qui doivent rester constants tels que la fréquence. Bref, l'équation PRODUCTION = CONSOMMATION doit être à chaque instant respectée. C'est à ce moment là que le réseau est stable et que les rendements mécanique et électrique ainsi que la durée de vie des installations sont maximaux. C'est le rôle des régulateurs de vitesse automatiques et des dispatchings de faire correspondre la consommation à la production.

Cependant, comme on vient de le voir, l'appel de puissance varie continuellement dans le temps. En ramenant les variations journalières à une base annuelle, on distingue une puissance de base qui dure plus de 70% du temps, une puissance intermédiaire qui peut prendre aux environs de 15% du temps et une puissance de pointe requise pour une courte période. On est alors obligé d'avoir des centrales de base caractérisées surtout par des groupes de très grande puissance, des centrales intermédiaires de moyenne puissance et des centrales de pointe dont la caractéristique commune et dominante est leur démarrage rapide.

1.2. Les principaux paramètres électriques

1.2.1. Le courant .

Par définition, le courant électrique est un déplacement de charges électriques négatives portées par les électrons, les charges positives oscillant autour d'une position fixe. Ce déplacement s'effectue à travers un matériau conducteur sous l'effet d'une force extérieure.

Les électrons porteurs de charges négatives se déplacent du point de plus grand potentiel au point de potentiel moins élevé. Cette différence de potentiel peut être provoquée de plusieurs façons: soit chimiquement comme dans les piles et les

accumulateurs, soit mécaniquement comme dans les dynamos et les alternateurs, soit thermiquement comme dans les thermocouples, soit optiquement comme dans les cellules photovoltaïques. Le point de plus grand potentiel est dit borne négative, celui de potentiel moins élevé borne positive. Ainsi donc, le sens de déplacement des électrons ou du 'courant' se fait de la borne négative à la borne positive.

Toutefois, dans la résolution des exercices pratiques, on se sert du sens inverse, dit CONVENTIONNEL, arbitrairement choisi et reconnu universellement.

Un courant électrique est caractérisé par son intensité I , c'est à dire le nombre de charges Q déplacées par unité de temps t :

$$I = Q / t \quad , \quad [A]$$

Chaque électron porte une charge de 1.6×10^{-19} coulomb . On distingue deux types de courants: le courant continu, unidirectionnel et le courant alternatif variant périodiquement dans le temps.

En courant alternatif , on parle aussi de courant efficace

$$I_{eff} = I_{max} / 2 \quad ; \quad I_{max} = \text{courant de crête.}$$

1.2.2. La tension .

Pour qu'un électron se déplace d'un point à un autre, il faut une dépense d'énergie pour vaincre la résistance R du conducteur et accomplir un travail. Ce déplacement de charges à lieu grâce à une pression extérieure résultant de l'énergie potentielle. L'énergie potentielle est cette énergie que possède toute masse en raison de position dans un champ de forces.

Entre deux bornes (négative et positive), suite à la position des charges, il s'établit une différence de potentiel (d.d.p) . C'est cette d.d.p qu'on appelle la tension dont l'unité est le volt (V).

La différence de potentiel entre deux points a et b est de 1 volt si l'énergie dépensée à déplacer une charge de 1 coulomb entre les deux points est de 1 Joule .

$$V_{ab} = \frac{W_{ab}}{Q}$$

où V_{ab} = d.d.p entre a et b
 W_{ab} = énergie dépensée pour déplacer la charge

Q = charge déplacée.

La tension électrique (ou force électromotrice) est comparée souvent à la pression développée par une pompe hydraulique lorsqu' une valve est fermée: elle peut exister même s'il n'y a pas de courant d'eau.

La valeur de la tension induite (ou f.é.m) dans un conducteur est fonction des lignes de forces 'coupées', dans un champ magnétique. C'est le principe de dynamo et alternateur. Lorsque le flux est coupé en raison d'1 Weber/seconde , une tension d'1 Volt est induite entre les extrémités du conducteur.

$$E = \frac{\phi}{t}$$

où E=tension induite, en volts
 ϕ =flux coupé, en Wébers
t=intervalle de temps, en seconde .

1.2.3. La puissance

La puissance est la quantité de travail accompli par seconde. La puissance électrique fournie par un générateur est proportionnelle à la différence de potentiel et au courant traversant le conducteur ou que le récepteur reçoit.

$$P = \frac{W}{t} = \frac{QV}{t} = VI$$

La puissance absorbée ou fournie par un dispositif électrique est fonction du courant et de la tension. Une source d'énergie fournit donc une puissance $P = EI$ où E est la force électromotrice de la source et I l'intensité du courant débité par la source. L'autre forme de la puissance est $P = RI^2$.

En courant continu, la puissance fournie ou consommée est uniquement $P = EI$ alors qu'en courant alternatif on a des puissances active, réactive, apparente et complexe.

1.2.3.1 La Puissance active

La puissance active d'une source de C.A est la puissance P utile que cette source débite à une charge(active). Cette puissance électrique sert à accomplir un travail. La charge peut être purement active c'est à dire résistive, ou à la fois active et réactive.

La puissance active P est donnée par l'expression

$P = VI \cos \phi$ pour une transmission monophasée.

où P =puissance active en watts.
V =tension efficace en Ampères.
cos ϕ =facteur de puissance.

$P = 3VI \cos \phi$ (triphase).

1.2.3.2. La puissance réactive.

En courant alternatif, le potentiel V et le courant I sont variables dans le temps et il y a échange continuelle de puissance entre les champs électrique E et magnétique H d'une part et la source d'énergie d'autre part .

Cette puissance de va et vient entre la source et le consommateur est exprimée par les relations suivantes:

$Q = UI \sin \phi$ (transmission monophasé).
 $Q_{3\phi} = 3UI \sin \phi$ (transmission monophasé).

ou simplement $Q = Ptg \phi$ où

Q =puissance réactive en VARS
U =tension efficace en VOLT

I =courant efficace en AMPERES

L'appareil auquel est fournie la puissance réactive consomme de l'énergie réactive si Q est positif et produit de l'énergie réactive si Q est négatif .

Le transit de puissance réactive augmente les pertes

dans le réseau les pertes $p = \frac{R(P^2+Q^2)}{V^2}$

et les chutes de tensions parce que $\frac{dV}{V} = \frac{RP+XQ}{V^2}$

L'on doit alors prévoir une compensation de cette puissance réactive pour réaliser des économies dans l'exploitation du réseau.

1.2.3.3. La Puissance apparente .

La puissance apparente S est la puissance totale absorbée par une charge ou débitée par une source .Elle est égale au produit de la tension appliquée et du courant passant dans la charge, ce qui équivaut à ' ' la somme' 'de la puissance active et de la puissance réactive.

Ces deux puissances n'étant pas de même nature, le résultat n'est pas une simple addition. Elle est déduite de la formule :

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$$

où S =puissance apparente ,en VA.

P = puissance active ,en W .

Q =puissance réactive , en VARS .

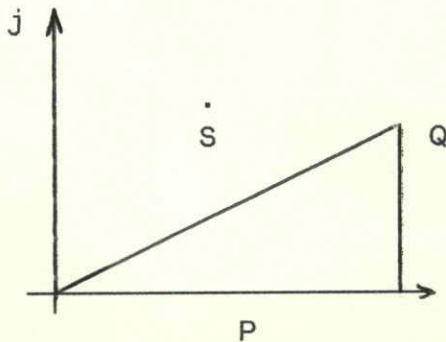
La puissance apparente est l'une des principales caractéristiques des équipements électriques .

1.2.3.4. La puissance complexe .

La puissance complexe \dot{S} est la somme de la puissance active et de la puissance réactive, $\dot{S} = P + jQ$. L'on doit aussi tenir en considération la puissance réactive Q qui est une puissance associée aux éléments réactifs. Ces éléments sont une sorte de mesure de l'énergie dépensée dans l'établissement des champs magnétiques, éléments inductifs, et des champs électriques , éléments capacitifs .

Cette puissance réactive est considérée comme imaginaire d'où la notation jQ et la raison d'être de la puissance complexe .

Diagramme des puissances fournies à un circuit R-L-C série.



$$\dot{S} = P + j Q$$

\dot{S} = Puissance complexe

P =Puissanc active

Q = puissance réactive

La tension fournie à la charge est $\dot{U} = Ue^{j\omega t}$ et le courant $\dot{I} = I e^{j\omega t}$, ce qui veut dire que la puissance complexe fournie à charge, est

$$\begin{aligned}\dot{S} &= \dot{U} \dot{I}^* = Ue^{j\omega t} \cdot Ie^{-j\omega t} \\ &= UIj(\omega L - \omega C)\end{aligned}$$

Comme le facteur de puissance $\cos \phi = \cos(\omega L - \omega C)$, on y tire la relation donnant la puissance complexe $\dot{S} = UI e^{j\phi}$.

Alors $S = UI \cos \phi + jUI \sin \phi$

$S = \dot{U} \dot{I}^*$ où \dot{I}^* est le conjugué du courant complexe.

\dot{U} et \dot{I} sont la tension et le courant complexes. La puissance complexe n'est utile qu'en étude car elle permet la compréhension des puissances active, réactive et apparente.

1.2.4 .Facteur de Puissance $\cos \phi$

Le facteur de puissance d'un circuit ou d'un réseau électrique indique le pourcentage de la puissance apparente qui est active.

$$\cos \phi = \frac{P}{S}$$

Le facteur de puissance indique si le réseau est capacitif, inductif ou résistif. C'est une indication de la réactivité ou de résistivité d'un réseau électrique. Plus il est grand, plus la charge est résistive. Il est capacitif si le courant est en avance sur la tension et il est inductif si le courant est en retard sur la tension.

Habituellement, on évite d'employer des éléments dont le facteur de puissance est petit, puisqu'il faut un courant élevé pour leur fournir une puissance appréciable.

L'utilisation d'un courant élevé entraîne des pertes importantes par effet Joule, le réseau étant alors d'un rendement faible. Ces pertes augmentent inutilement les coûts de l'électricité d'où la nécessité de corriger le facteur de puissance pour qu'il soit aussi voisin que possible de 100% .

1.2.5. La Fréquence du courant .

La production du courant alternatif est basée sur les systèmes tournants . Dans tous les cas un rotor tourne à l'intérieur d'une partie fixe dite stator.

La fréquence indique alors le nombre de tours par seconde effectués par le rotor , elle est exprimée en hertz(Hz).

La fréquence est un critère de performance d'un réseau et doit avoir les qualités suivantes:

a)-INVARIANCE : La vitesse de rotation des machines tournantes
_____ est directement liée à la fréquence par la relation:

$$n = \frac{60f}{p} \quad \text{où } f = \text{fréquence , en Hz .}$$

p = nombre de paires de poles .

n = nombre de tours/sec.

Les variations de la fréquence entraînent de ce fait les variations de la vitesse de rotation et par là les variations du couple avec lequel est fournie l'énergie mécanique . On imposera donc une constance et une précision de la fréquence compatible avec le bon fonctionnement des appareils d'utilisation. Pour les groupes générateurs(alternateurs) il faut non seulement régler la fréquence mais aussi les différences entre phases .

b) PURETE

_____ : il est difficile d'obtenir une tension sinusoïdale sans déformation aux bornes des machines tournantes. Les déformations étant périodiques, elle peuvent être décomposées en harmoniques de tension qui se propagent dans le réseau en

fonction des impédances harmoniques de celui-ci. D'autres appareils sont aussi des générateurs d'harmoniques de tension et de courant. Certains phénomènes engendrent même des sous-harmoniques. La présence de ces systèmes d'harmoniques qui se superposent dans les lignes, dans les transformateurs, dans les condensateurs et dans les appareils d'utilisation entraînent des pertes supplémentaires ou des résonances locales dans certaines installations créant des conditions dangereuses pour le matériel.

Cette seconde qualité de la fréquence est satisfaisante si le taux d'harmoniques est négligeable, l'un des avantages du transport triphasé.

c) L'OPTIMALITE

_____ : la fréquence doit avoir la meilleure valeur possible, autrement dit elle doit être optimale.

Le développement des réseaux d'énergie électrique ne laisse pas de choix pour toute nouvelle machine productrice ou consommatrice à raccorder : la fréquence optimale est celle du réseau préexistant.

La production, le transport et l'utilisation de l'énergie électrique posent des problèmes différents pour le choix de la fréquence.

L'expérience a montré que la fréquence optimale se situe aux environs de 50 Hz. Les seules fréquences industrielles utilisées sont celle de 50 Hz et de 60 Hz.

1.3. Elevation et transport de l'énergie électrique

Les lieux de production de l'énergie électrique sont, dans la presque totalité des cas, éloignés des lieux de consommation. Le transport à basse tension occasionne beaucoup de pertes, ceci par ce que les courants sont énormes à basse tension et l'effet Joule est prononcé.

Pour faciliter le transport, la tension de l'énergie produite est élevée dans un transformateur et son courant diminué. De ce fait l'énergie électrique peut être transportée à grande distance de façon économique, c'est à dire avec de faibles pertes.

Dans un transformateur éleveur ou abaisseur, les tensions et les courants primaires et secondaires sont liés de la façon suivante :

E_1	N_1	I_2
----- = ----- = -----		
E_2	N_2	I_1

où E_1, E_2 : F.é.m primaire et secondaire
 I_1, I_2 : Courants primaire et secondaire
 N_1, N_2 : nombre de spires des enroulements
 primaire et secondaire.

Le rapport E_1/E_2 est appelé rapport de transformation, habituellement représenté par la lettre a . Si ce rapport a est inférieur à l'unité ($a < 1$) le transformateur est appelé "élevateur" puisque la tension secondaire E_2 est supérieure à la tension primaire E_1 .

La tension induite dans le secondaire du transformateur établit un courant I_2 dans le secondaire. De ce courant est générée une force magnetomotrice (FMM) $N_2 I_2$.

Comme on le sait $Z_1 = \frac{V_1}{I_1}$ et $Z_2 = \frac{V_1}{I_2}$, or

$\frac{V_1/I_1}{V_2/I_2} = a^2$ ce qui veut dire que l'impédance du primaire d'un transformateur est égale à $Z_p = a^2 Z_s$
 où Z_p : impédance au primaire .
 Z_s : impédance au secondaire .

L'impédance au primaire apparaît donc plus grande si elle est raccordée au secondaire d'un transformateur abaisseur . Elle est plus petite si elle est raccordée au secondaire d'un transformateur élévateur ($a < 1$).

Toutefois, il faut noter que tout ceci se rapporte à un transformateur parfait ne comportant pas de pertes .

Dans un transformateur réel , il faut considérer les pertes: des pertes par hystéris, des pertes de Foucault (pertes dans le fer) entraînant le passage d'un flux alternatif dans le noyau et des pertes par effet Joule . Ces pertes sont à éviter car elles se manifestent sous forme de chaleur et donnent lieu à une élévation de température et à une diminution de rendement .

L'énergie électrique transformée dans un transformateur est transportée jusqu'aux consommateurs. Le transport de l'énergie électrique est un autre phénomène non moins complexe qui est tenu en considération dans différentes études. Le transport de l'énergie électrique doit satisfaire aux conditions ci-dessous:

- assurer au client la puissance dont il a besoin,
- fournir une tension stable dont les variations n'excèdent pas plus ou moins 10% de la tension nominale ,
- fournir une fréquence stable dont les variations n'excèdent pas plus ou moins 0,5Hz ,
- fournir l'énergie à un prix acceptable ,
- maintenir les normes de sécurité,
- veiller à la protection de l'environnement.

Pour un transport optimisé, la tension , le courant et la section s'expriment en fonction de la puissance, on peut donc calculer les dépenses totales en fonction des deux seuls paramètres du transport, la distance D et la puissance P. Le coût minimal est le coût optimal des dépenses nécessaires au transport, tout autre choix de la tension ou de la section des conducteurs conduit à un coût plus élevé.

Il existe une limite de la puissance qu'une ligne peut transporter pour une bonne régulation. Cette puissance est proportionnelle au rapport E/Z où E est la tension de la ligne et Z l'impédance.

L'impédance de la ligne varie avec la distance de la ligne, alors la tension d'utilisation de la ligne est donnée par :

$$E = K\sqrt{PL}$$

où E=tension de ligne ,en KV .
P=puissance à transporter , en KW.
l=distance de transport ,enKM.
K=facteur dépendant de la régulation permise et du type de ligne .

Comme il est dit dans le paragraphe précédent, le choix de la tension dépend de facteurs économiques de sorte que la tension adoptée la plupart du temps est comprise entre $0,6E$ et $1,5E$.

Si la puissance maximale que peut transporter une ligne est insuffisante , il y a des méthodes qu'on peut employer pour augmenter la puissance transportable :

- utiliser des lignes en parallèle,
- diminuer la réactance de la ligne (mettre des condensateurs en série avec les fils de lignes),
- utiliser des conducteurs en faisceaux.

Le transport de l'énergie électrique se fait en pensant aussi à la sécurité et à la protection de l'environnement, c'est pourquoi on prévoit beaucoup de dispositifs de réglage, de coupure, d'extinction d'arc,...

1.4. Part de l'électricité dans la consommation de de l'énergie au Rwanda.

Au Rwanda, la consommation de l'énergie sous forme électrique connaît une augmentation rapide dans les cinq dernières années grâce à une réhabilitation de nos centrales. L'énergie électrique utilisée est surtout d'origine hydraulique, le Rwanda a quatre centrales électriques de puissance totale installée d'environ 28 MW et de production annuelle de 87 GWH. Si l'on doit tout exprimer en pourcentage, la grande partie d'énergie provient du bois car la consommation d'énergie primaire est de 96,6%, utilisée dans les ménages, les usines et dans les briquetteries et forges. Les produits pétroliers représentent à eux seuls 2.9% de la consommation totale de l'énergie.

Actuellement, on voit que la place qu'occupe l'énergie électrique n'est pas enviable, mais à regarder l'évolution qu'elle connaît et son rendement meilleur comme son exploitation, l'on est sûr que l'énergie électrique doit s'imposer et remplacer le bois qui devient de plus en plus rare.

La place de l'énergie dans l'économie d'un pays, et surtout l'énergie électrique, est très importante car presque toutes les branches de l'économie en dépendent directement :

- les ménages consomment 19,3% de l'énergie électrique,
- l'industrie 39,7%,
- les services publics et le commerce 41% .

D'autres agents tels que le solaire, la tourbe et le gaz représentent 0,1% de la consommation totale et 0,1% de la consommation d'énergie commercialisée sans la cuisson.

La consommation d'énergie électrique est intimement liée avec le développement économique d'un pays et son niveau technique. La population du Rwanda dépasse actuellement 200 habitants/Km², avec un taux annuel de croissance démographique d'environ 3,7%. Son économie est basée essentiellement sur l'agriculture. Le secteur industriel commence à peine à se faire sentir. La population rurale, représentant plus de 90%, ne consomme presque pas de l'énergie électrique; c'est la population

dans les centres ruraux et la population urbaine qui en consomment exclusivement. C'est pour ces raisons que la consommation d'énergie sous forme électrique représente seulement 0,4% de la consommation totale d'énergie .

La puissance des centrales hydro-électriques consommée au Rwanda est actuellement de 26,83 MW . La centrale de MUKUNGWA produit 12MW ,celle de NTARUKA 11,25MW, GIHIRA 1,86 MW, GISENYI 1,12MW et les micro-centrales 0,6MW . Leurs productible annuel est respectivement de 48GWH ,28 GWH, 10GWH ,6 GWH ,et 1 GWH , soit le total de 87 GWH . Comme les besoins en énergie électrique sont chiffrés à 112GWH /an(1989) ,le reste est acheté à RusiziI , centrale du Zaïre .

Comme souligné au paragraphe précédent la production cumulée des quatre centrales du Rwanda ne suffit plus à couvrir tous les besoins actuels du pays .Par exemple la baisse du niveau du lac Bulera en 1981 a occasionné un cas catastrophique , d'où une importation massive depuis Rusizi I.

Les contraintes techniques et économiques qui sont liées à l'approvisionnement et la distribution font que l'énergie électrique est inaccessible à la population du milieu rurale , alors que cette énergie est plus qu'indispensable. Cependant la place qu'occupe l'énergie électrique est plus qu'importante d'autant plus que toutes les branches (ou presque) de l'économie en dépendent . Ceci est d'autant plus évident et est montré par la corrélation étroite existant entre les variations de l'activité économique nationale et celles de la consommation de l'électricité d'un jour à l'autre .

1.5.Constitution d'une centrale hydro-électrique .

Une centrale électrique est une unité très complexe de conversion de l'énergie mécanique en énergie électrique . Suivant le genre de moteur d'entraînement et le procédé de conversion , on distingue des centrales thermiques et des centrales hydrauliques .

Pour les centrales hydrauliques, la source d'énergie est une masse m à une hauteur h et le moteur d'entraînement une turbine hydraulique .

L'énergie totale $E_t = mgh + \frac{mc^2}{2}$ où

- m : masse d'eau considérée .
- h : hauteur au-dessus du plan de référence .
- g : accélération de la pesanteur (9.81 m/s²)
- c : vitesse de déplacement de la masse liquide .

Au niveau de la turbine , cette énergie est sous forme d'énergie cinétique parce que h y est égale à zéro .
La puissance disponible est $P = 9.81 * V * h$; Watts .

où V = Débit en m/sec .

Le relief permet de différencier les centrales hydrauliques en centrales de haute chute , centrales de moyenne chute et les centrales de basse chute . Les premières ont des hauteurs de chute supérieures à 300m et utilisent des turbines du type PELTON ; les secondes sont de hauteurs de chute comprises entre 300 et 30 m et les turbines FRANCIS s'y apprennent facilement ; et les centrales de basse chute, pour des hauteurs de chute inférieures à 30 m, utilisent des turbines KAPLAN ou FRANCIS .

Une centrale hydro-électrique comporte essentiellement:

a) le barrage de retenue et le déversoir pour concentrer les chutes d'eau près des usines en guise de réservoirs d'emmagasinement et sert à évacuer sans dégâts les surplus en temps de pluie.

b) La galerie d'amenée et la conduite forcée sont des canaux qui conduisent l'eau de la prise à la salle des machines , mais la deuxième doit être de section progressivement décroissante de son amont à son aval pour donner à l'eau une plus grande vitesse . Cette croissance de la vitesse s'explique par l'équation de continuité : $V = SC$ où V est le débit en m³/sec ,

S: la section en m²

C : la vitesse en m/sec .

Si le débit est constant à travers chaque section, on se rend compte que si la section décroît , la vitesse augmente proportionnellement.

c) Cheminée d'équilibre et conduite d'échappement :

La première sert à éliminer les surpressions ou ondes de choc en cas de fermeture brusque des vannes de

régulation de débit et la deuxième est un canal de fuite des eaux utilisées .

d) L'usine proprement dite ou salle des machines .

Les turbines , les appareils de commande et de contrôle, les appareils de signalisation et les instruments de mesure , indicateurs et enregistreurs sont logés dans une salle constituant l'usine proprement dite .

Les turbines, qui occupent une place importante de l'usine, comportent des organes fixes et mobiles . Comme organes fixes on peut citer la bêche d'alimentation , les entretoises ou avant-directrices , le distributeur, etc...

Les organes mobiles sont les aubes directrices et principalement la roue qui produit un couple moteur sur le rotor de l'hydro-alternateur. Quand un rotor tourne à l'intérieur d'un stator, on peut recueillir une énergie électrique caractérisée par sa tension et son courant .

En plus, on a à la centrale électrique, des transformateurs (élevateurs ou abaisseurs) , des appareils de protection contre les surtensions(parafoudres ou éclateurs), des sources de courant opérationnel (batteries d'accumulateurs par exemple) et autres .

1.6. Notion de stabilité d'un réseau électrique .

Dans la distribution de l' énergie électrique , la continuité de fourniture est nécessaire pour maintenir la production industrielle, l'activité domestique, la transmission des informations et le fonctionnement de quelques automatismes devenus indispensables tels que la signalisation routière , les salles d'opération des hôpitaux, la conservation des produits dans les réfrigérateurs et chambres froides , etc ...

Les entreprises ou sociétés de distribution de l'énergie électrique doivent donc garantir à tout usager la possibilité d'utiliser la puissance dont il a besoin et à quelque moment que ce soit . Ceci implique la stabilité du réseau .

La stabilité dynamique est la qualité du système énergétique de reprendre le régime de fonctionnement normal après une perturbation brusque en variant beaucoup dans le temps . La fréquence, la tension et la température pour les centrales thermiques, sont les principaux paramètres qui sont les plus affectés lors d'une avarie .

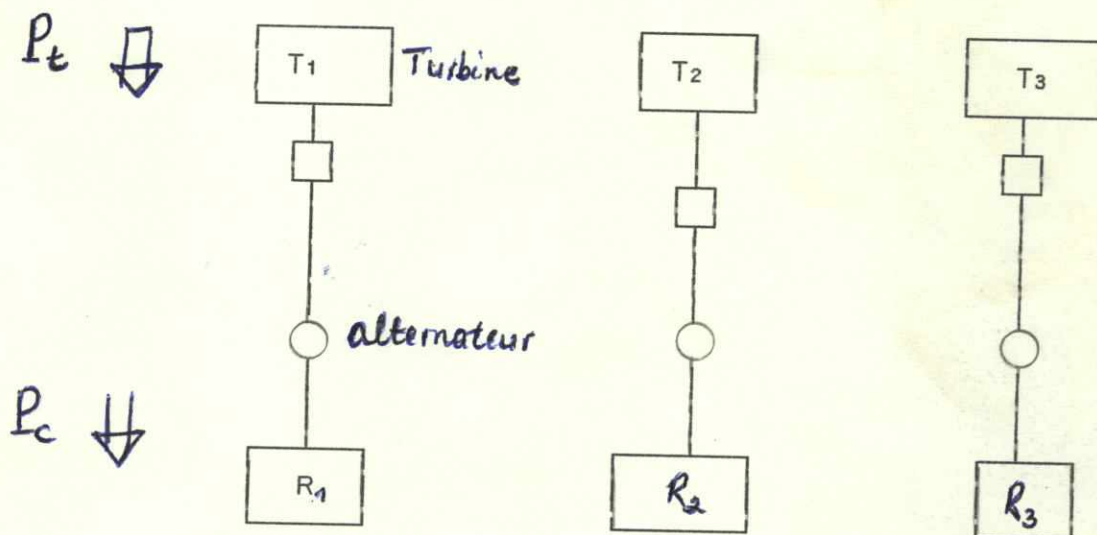
La stabilité statique est cette qualité du système énergétique de reprendre le régime d'avant la perturbation lorsque cette dernière est assez faible et varie peu dans le temps. Les phénomènes transitoires s'amortissent rapidement et le système reprend son régime de fonctionnement.

Pour minimiser les interruptions et les défaillances du service, on doit augmenter la qualité et la protection des matériels composant le réseau, assurer des secours supplémentaires et surtout pratiquer l'interconnection des réseaux.

Par interconnection des réseaux, il faut entendre plusieurs centrales électriques reliées ensemble pour alimenter une ou plusieurs charges différentes. Les centrales ou les charges peuvent être de situations géographiques différentes. L'ensemble interconnecté présente les avantages d'être plus puissant que les réseaux individuels et donc mieux supporter les perturbations, d'assurer un service plus ou moins continu et d'être plus économique par rapport aux réseaux individuels.

Exemples d'illustration :

. Centrales isolées :

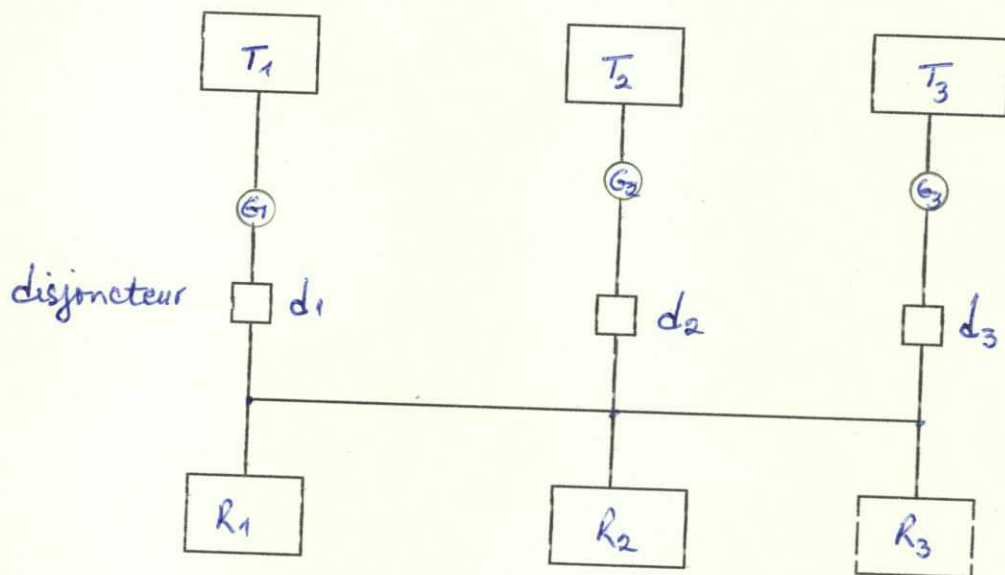


La puissance P_t développée par la turbine est transmise à l'alternateur, qui à son tour débite la puissance P_c dépendamment de l'appel de puissance de la charge. Lorsque $P_t = P_c$, les pertes ayant été négligées, l'alternateur est en équilibre et sa vitesse reste constante. Le réseau est alors stable.

Cependant, l'appel de puissance peut être supérieur à la capacité de production de la centrale (R₁, R₂ ou R₃ très grande); il peut y avoir un défaut au niveau de la turbine ou de l'alternateur (T₁, G₁ ou T₂, G₂ ou T₃, G₃).

Il y a alors arrêt d'alimentation de la charge connectée au réseau endommagé jusqu'à ce que le défaut soit éliminé.

.Centrales reliées ou réseaux interconnectés.



Comme nous le constatons sur le schéma simplifié d'interconnexion des trois centrales, toute augmentation de la charge est supportée par les trois centrales au lieu d'une seule. Le deuxième avantage est que l'on peut ouvrir le disjoncteur d_1 , d_2 ou d_3 en cas de défaut au niveau de la turbine ou de l'alternateur, ou de faire fonctionner une, deux ou toutes les trois centrales selon que la charge est plus ou moins importante, tout en gardant la continuité de service.

Enfin, des considérations économiques plaident en faveur des réseaux interconnectés qui permettent de réduire le coût de fonctionnement: on peut par exemple arrêter une centrale et faire porter toute la charge aux deux autres, plutôt que de faire fonctionner toutes les trois centrales à 30 ou à 40%.

Pour une bonne stabilité d'un réseau électrique, il est donc avantageux de prévoir des protections de toutes sortes et de grouper les centrales à l'aide des lignes d'interconnexion. Un dispatching général sert à répartir la charge totale entre les centrales et à prévoir les variations de la demande quotidienne et saisonnière pour la bonne marche et la stabilité du réseau. Dans ce but, on a souvent recours aux méthodes modernes telles que la télécommande, la télésignalisation et les ordinateurs.

CHAPITRE 2 : PRODUCTION ET DISTRIBUTION DE L'ENERGIE ELECTRIQUE AU RWANDA .

L'énergie électrique consommée au Rwanda est en grande partie produite par des centrales hydrauliques nationales (86,3%), une autre quantité non moins importante est importée(13,6%) et une faible part revient aux groupes électrogènes, à l'énergie solaire et éolienne.

La production ,le transport et la distribution de l'énergie électrique à l'échelle industrielle sont assurés par l'ELECTROGAZ : Etablissement Public de Production, de Transport et de Distribution d'Energie ,d'Eau et de Gaz . Les attributions principales de l'ELECTROGAZ sont surtout l'exploitation et la maintenance alors que la Direction Générale de l'Energie créée au sein du ministère des Travaux Publics, del'Energie et de l'Eau a pour rôle essentiel :

- de coordonner toutes les activités se rapportant au sous-secteur de l'énergie,
- d'élaborer et de faire appliquer la législation sur l'énergie ,
- de planifier et de programmer tous les projets énergétiques,
- d' assurer des relations avec les organismes sous-tutelle et avec les différents opérateurs intervenant dans de le secteur de l'énergie ,
- de faire l'inventaire du patrimoine énergétique ,
- de faire la formation et la sensibilisation à l'utilisation des énergies non conventionnelles .

2.1. Description sommaire du réseau national interconnecté : Réseau Electrogaz.

Cette description s'intéressera au réseau HT/MT, c'est à dire à partir des centrales jusqu'aux postes de transformation HT/MT. Elle sera guidée par le schéma unifilaire du réseau électrique national établi par ELECTROGAZ et qui est présenté à la page suivante. Il a été établi avant l'interconnection avec la Rusizi II, centrale commune aux trois pays membres de la C.E.P.G.L.

En prenant comme repères les lieux de production et le dispatching national de Gikondo, l'on a deux grands axes ou lignes magistrales auxquels sont raccordés les grands centres de transformation. Ces grands axes sont MURURU- GIKONDO-et NTARUKA-MUKUNGWA-GIKONDO.Ces sont ces grands axes que suivra la description du réseau national d'Electrogaz, avec les grands postes de transformation en dérivation.

AXE MURURU -GIKONDO ET SES DERIVATIONS.

Dans le sud-ouest du Rwanda dans la préfecture de Cyangugu, à quelques mètres de la frontière rwando-zaroïse, deux postes de transformation MURURU I et MURURU II reçoivent respectivement les centrales de Rusizi I et RUSIZI II pour débiter dans le réseau national.

La Rusizi I est une centrale du Zaïre avec quatre groupes dont deux de 8,4 MVA et deux autres de 10MVA chacun, soit une puissance totale installée de 37,6MVA. Elle est reliée au poste de MURURU I par un câble souterrain de 600m(3câbles par phase en Al/Ac de 240mm²) sous la tension de 6,6KV.

Pour relier MURURU I au réseau national un grand transformateur de 10 MVA élève la tension de 6,6KV à 110KV .

Quant au poste de MURURU II ,il reçoit la centrale de RUSIZI II, sise en République du Zaïre à environ 6Km de celui-ci. Elle est équipée de trois groupes de 15MVA chacun, ce qui lui fait une puissance totale maximale de 45 MVA et que le Burundi, le Rwanda et le Zaïre se partageront en raison d'un tiers par pays. Il faut signaler que les trois groupes ne sont pas tous fonctionnels , deux fonctionnent actuellement soit une puissance de 26,66MVA. Le troisième le sera en 1995.

Après transformation sur place (6,6/110KV), des conducteurs aériens en Al/Ac de 240mm² véhiculent l'énergie jusqu'au jeu de barres principal de MURURU II en 110KV, à partir duquel se séparent la travée GIKONDO en 110KV, la travée BUBANZA en 70KV et la travée pour SNEL en 70 KV également. Ces deux dernières travées reçoivent donc de l'énergie d'un transformateur 110/70KV situé au poste.

De MURURU II on rejoint MURURU I et la ligne 110KV monte jusqu'à KIBOGORA à une distance de 39.6KM, avec des conducteurs en Al/Ac de 240/40mm².

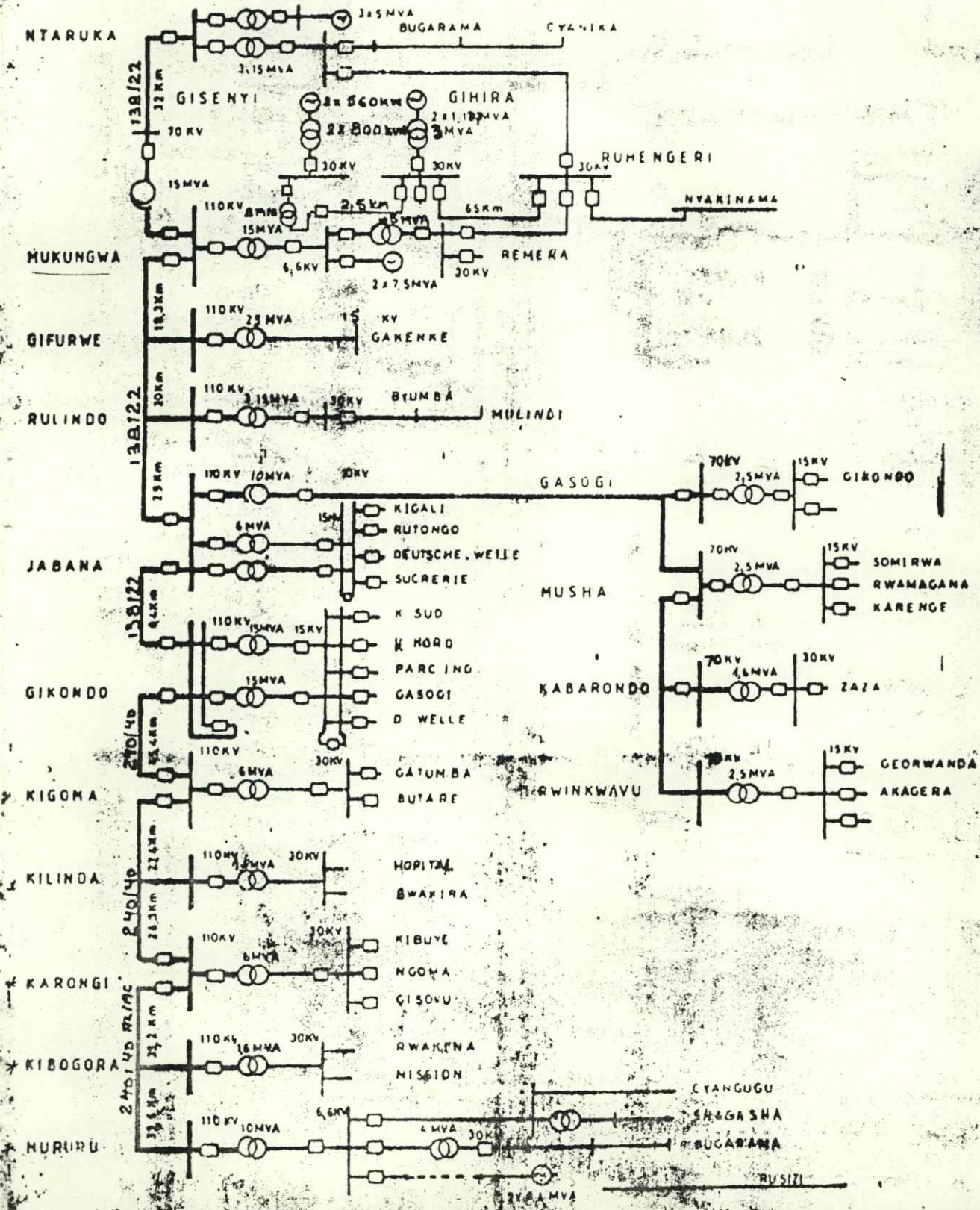
A Kibogora ,un poste de transformation en abaisse 110KV en 30KV . De ce poste partent: le départ qui alimentait RWAKINA, et qui actuellement alimente le centre de KIRAMBO, le départ alimentant l'hôpital de KIBOGORA et les environs.

A 39.2KM de Kibogora se trouve le poste de transformation de KARONGI. Du jeu de barres 110KV , un transformateur 110/30KV de 6MVA alimente: le départ KIBUYE ,le départ NGOMA et le départ GISOVU. Le départ Kibuye dessert la ville de KIBUYE (préfecture), les centres de Rubengera et de Mushubati. Celui de Ngoma alimente l'hôpital de Mugonero, le centre de Mugonero, le centre de santé de Kibingo, les bureaux comunaux de Gishyita et de Rwamatamu et le centre de santé de Mubuga comme le centre de négoce de Mubuga. Le départ Gisovu ravitaille en énergie électrique l'usine à thé de Gisovu et le bureau communal de Gisovu.

DOMAINES	
PRODUCTION	
TRANSPORT	
DISTRIBUTION	
SECURITE	
AFFAIRES GENERALES	

RWANDA

RESEAU NATIONAL D'ELECTROGAZ



De Karongi ,la ligne 110KV continue vers Kilinda à 26,3 KM où un transformateur 110/30 KV de 1,6 MVA alimente l'hôpital de KILINDA et la ligne BWAKIRA -BIRAMBO en 30 KV. Le poste de transformation de Kilinda est aussi un poste en antenne .

A 27,4KM de Kilinda, c'est à dire au poste de transformation de Kigoma, un transformateur 110/30 KV de 6MVA dessert les villes de BUTARE et GIKONGORO par le départ Butare, ainsi que celle de GITARAMA et la région de GATUMBA par un autre départ Gatumba. Ces deux départs sont en 30 KV .

La même ligne 110KV fait 45,4KM de KIGOMA à GIKONDO ,où elle aboutit à un jeu de barres double 110 KV en même temps que l'autre ligne 110KV en provenance du nord-ouest du Rwanda. Le poste de transformation de GIKONDO(Dispatching national)dispose de deux transformateurs de 15MVA chacun, 110/15KV,pour l'alimentation de la ville de KIGALI .On a en tout 7 grands départs en 15KV : le départ Deutche Welle, le départ Kanombe ,le départ Kigali-Sud, le départ Kigali-Nord ,le départ Parc Industriel, le départ Gasogi et une réserve . Le jeu de barres 15 KV est aussi double .

Ainsi finit le premier grand axe MURURU -GIKONDO avec ses dérivations, la description va suivre avec l'axe NTARUKA-MUKUNGWA-GIKONDO .

AXE NTARUKA-MUKUNGWA-GIKONDO ET SES DERIVATIONS

En commençant cette description plus loin dans la préfecture de GISENYI, la centrale de Gisenyi au bord du lac KIVU produit 1,2MW avec deux groupes de 0,6MW chacun.La tension de 0,4 KW aux bornes des alternateurs est élevée à 6,6KV par deux transformateurs de 0,8MVA montés en parallèle. Du jeu de barres 6,6KV partent cinq départs alimentant la ville de Gisenyi et un départ alimentant la ville de Goma au Zaire .Un autre transformateur 6,6/30 KV de 5 MVA relie la centrale de Gisenyi à celle de Gihira à 2,5KM.

La centrale de Gihira produit 1,8MW avec 2 groupes de 1,107MVA chacun. La tension de 6,6 KV du jeu de barres des alternateurs est élevée à 30 KV par un transformateur de 5 MVA . C'est au jeu de barres 30 KV de la centrale de Gihira qu'aboutit la ligne 30 KV en provenance de la centrale de Gisenyi .

De ce jeu de barres 30 KV ,on a un départ vers la BRALIRWA et une ligne 30 KV vers la ville de RUHENGARI à 65KM .

Le jeu de barres 30KV de Ruhengeri reçoit aussi une autre ligne 30 KV provenant de la centrale de MUKUNGWA .

La centrale de MUKUNGWA, sise en préfecture de Ruhengeri ,est en aval des lacs Bulera et Ruhondo et de la centrale de NTARUKA . Elle produit 12 MW avec deux groupes de 7,5 MVA chacun .

La tension de 6,6 KV aux bornes des alternateurs est d'une part , transformée 110 KV par un gros transformateur de 15 MVA qui débite sur le jeu de barres 110 KV, et,d'autre part ,un autre transformateur de 5MVA transforme le 6,6KV en 30 KV .Son jeu de barres 30KV a deux départs: un départ vers REMERA et un autre vers RUHENGERRI. Le jeu de barres 30KV de RUHENGERRI , après avoir reçu les centrales de Gisenyi, Gihira et Ntaruka.

Une ligme 30 KV relie les centrales de NTARUKA et de MUKUNGWA à partir du poste de Ruhengeri.

La centrale hydro-électrique de NTARUKA est en préfecture de Ruhengeri, à 32 KM de celle de MUKUNGWA ,entre les lacs Bulera en amont et Ruhondo en aval. Elle produit 11,25 MW avec trois groupes de 5 MVA chacun.La tension des alternateurs de 6,6 KV est élevée à 70 KV par un transformateur de 5,6 MVA.Une ligne 70 KV rejoint MUKUNGWA où il y a un autotransformateur 70/110KV de 15 MVA(Comme le réseau rwandais est interconnecté ,cette ligne peut être une arrivée ou un départ suivant le sens des flux de puissance) .

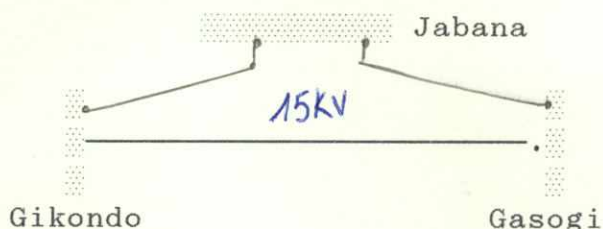
Du jeu de barres 110 KV (à MUKUNGWA) part une ligne vers Gikondo. Elle alimente le poste de transformation de Gifurwe à 18,3 KM de MUKUNGWA, équipé d'un transformateur 110/15 KV de 2,5 MVA qui dessert la région de Gakenke.

A 20 Km de Gifurwe se trouve un autre poste de transformation, à Rulindo ,avec un transformateur 110/30KV de 3,15MVA .Il alimente les régions de Rulindo ,Byumba et l'usine à thé de Mulindi . Les postes de transformation de Gifurwe et de Rulindo sont des postes en antenne.

A une distance de 29 KM à partir de Rulindo, l'on a le poste de transformation de Jabana où deux transformateurs de 6 MVA , 110/15KV alimentent un jeu de barres double 15KV avec quatre départs :Kigali-est, Rutongo, Deutsche-welle et Sucrierie(Kabuye). Le poste de Jabana dessert aussi les régions de l'Est par un autotransformateur 110/70KV de 10MVA.

Cet autotransformateur a été installé pour relier la ligne 110KV à la ligne 70KV pré-existante.

De l'autotransformateur on arrive d'abord au poste de transformation de GASOGI, de 2,5MVA, 70/15KV avec un départ vers le poste de GIKONDO qui boucle le réseau de Kigali de la façon suivante:



La ligne 70 KV continue jusqu'aux postes de transformation de MUSHA, KABARONDO, RWINKWAVU.

Le poste de transformation de Musha, de puissance égale à 2,5 MVA ,abaisse la tension de 70 KV à 15 KV et dessert la région des mines (MUSHA),la ville de RWAMAGANA et la région de KARENGE en commune BICUMBI.

Le poste de KABARONDO a un transformateur 70/30 KV de 1,6 MVA qui alimente la région de ZAZA.

Le poste de RWINKWAVU , avec un transformateur de 2,5 MVA , abaisse la tension de 70 KV à 15 KV pour alimenter la région de RWINKWAVU et l'hôtel AKAGERA .

Le poste de transformation de JABANA est aussi lié au poste de transformation de GIKONDO par une ligne 110 KV ,longue de 8,4KM. Cette ligne est en Al/Ac de 138/22 mm² de section .

Voici en résumé et au seul point de vue électrique la description du réseau national d'ELECTROGAZ.

Elle a omis les appareils de commutation et de sectionnement pour ne pas alourdir le texte, ainsi que les transformateur et départs pour la basse tension de 0,4 KV.

2.2.Centrales du Rwanda : localisation et caractérisation .

Dans cette section intitulée 'Centrales du Rwanda', il sera question des centrales propres au Gouvernement Rwandais et connectées au réseau national d'ELECTROGAZ,de la centrale de RUSIZI II à laquelle le Rwanda prend part par son existence dans la C.E.P.G.L., et aussi à la centrale de RUSIZI I qui appartient exclusivement à la République du Zaïre, mais qui fournit au réseau rwandais une quantité non moins importante d'énergie par le poste de transformation de MURURU I .

Ce sont donc les centrales hydro-électriques de NTARUKA, de GISENYI, de MUKUNGWA, de GIHIRA, de RUSIZI I et II et la centrale thermique de GATSATA qui feront l'objet des paragraphes qui suivent.Il est quand même à remarquer que cette présente

description ne fait pas apparaître les postes de transformation extérieurs des centrales ; ils seront bien détaillés dans la section 2.3 .

2.2.1. NTARUKA .

La centrale hydro-électrique de Ntaruka est située au nord-ouest du Rwanda dans la préfecture de Ruhengeri, commune Ruhondo, entre les lacs Bulera en amont et Ruhondo en aval. Elle a été construite en 1958 avec deux turbines -alternateurs par le royaume de Belgique. A l'indépendance du Zaïre ,elle a passé aux mains du Gouvernement Zaïrois qui l'a cédée à la République Rwandaise en 1977. Le troisième alternateur a été installé en 1976. De 1986 à 1987, le Rwanda a fait effectuer des travaux de réhabilitation de toute l'installation par la compagnie BBC(Suisse).

Caractéristiques techniques :

Hauteur de chute réelle =100 m.
Débit moyen de turbinage $V = 2.8 \text{ m}^3/\text{s}$
Puissance installée =11,25 MW
Productible annuel =28 GWH
Nombre de turbines = 3
Vitesse de rotation $N = 1000 \text{ TPM}$
Vitesse d'emballement $N = 1600 \text{ TPM}$
Type de turbines =Francis à axe horizontal
Type d'alternateurs =Synchrones triphasés
Tension d'alternateur 6,6 KV
Facteur de puissance $\cos\Phi = 0,75$
Puissance nominale des alternateurs =3*5000 KVA
Courant nominal des alternateurs =437,4 A
Fréquence =50 Hz .

2.2.2. GISENYI .

Sise au bord du lac Kivu dans le nord -ouest du Rwanda , la centrale hydro- électrique de GISENYI a été construite en 1958 par le Gouvernement Rwandais. Le premier objectif visé était de pouvoir assurer l'alimentation en énergie électrique de la ville de GISENYI ,mais actuellement la centrale de GISENYI est connectée au réseau national d'Electrogaz. Un problème particulier à cette centrale est la grande quantité de sable contenu dans l'eau de turbinage. Le sable dégrade les performances des roues et aubes directrices des turbines par abrasion .Ceci a conduit à la réhabilitation de centrale dix ans après sa mise en service et les travaux ont duré à peu près deux ans(de 1979 à 1980) .

Caractéristiques techniques :

Hauteur de chute réelle $H = 83$ m
Débit de turbinage $V = 1,70$ m³/s
Puissance installée de la centrale = 1,2 MW
Productible annuel = 6 GWH
Nombre de groupes = 2
Vitesse de rotation $N = 1000$ TPM
Vitesse d'emballement $N = 1600$ TPM
Type de turbines = Francis à axe horizontale
Type d'alternateurs = Synchrones .
Tension d'alternateurs = 400/231 V .
Facteur de puissance $\cos = 0,8$.
Puissance nominale des alternateurs = 2*700 KVA
Courant nominal = 1010 A
Fréquence = 50 Hz.

2.2.3. MUKUNGWA.

La centrale hydro-électrique de Mukungwa se situe au Nord - ouest du Rwanda en préfecture de Ruhengeri. Elle est en aval des lacs Bulera et Ruhondo et de la centrale de NTARUKA. C'est l'eau qui a turbiné à NTARUKA dont on se sert à MUKUNGWA . Elle est la première source d'énergie électrique aménagée exclusivement par la République Rwandaise. Les études ont démarré en 1973 et la production en 1982. L'aménagement se compose d'un barrage en béton en aval du lac Ruhondo d'une prise d'eau reliée à la centrale par une galerie d'amenée et conduite forcée, du poste de transformation 6,6/110KV qui assure l'interconnexion de l'usine au réseau national. Les coûts de l'investissement se sont élevés à 3,66 Milliards de FRW. Source de financement: la CEE/FED, la BADEA, l'OPEP et le Budget de Développement Rwandais.

Caractéristiques techniques :

Hauteur de chute réelle = 114 m
Débit moyen de turbinage $V = 6,1$ m³
Puissance installée $P = 2*6$ MW = 12 MW
Productible annuel = 48 GWH
Nombre de groupes = 2
Vitesse de rotation $N = 600$ TPM
Type de turbines : Francis à axe horizontal
Type d'alternateurs = synchrones triphasés .
Tension d'alternateur = 6,6 KV

Facteur de puissance $\cos \phi = 0,83$
Puissance nominale des alternateurs = $2 * 7,5 \text{ MVA}$
Courant nominal = 656 A
Fréquence du courant = 50 Hz

2.2.4. GIHIRA .

La centrale hydro-électrique de GIHIRA est aussi au nord-ouest du Rwanda sur la SEBEYA en préfecture de GISENYI, près de la ville. Les études ont débuté en 1982 et la production en 1985. Elle a été financée par la République Fédérale d'Allemagne.

Les travaux de génie civil ont été effectués par les chinois (HECC) et l'équipement électromécanique et constructions métalliques par le Groupement BBC (Brown, Boveri CIE AG,) de la RFA. La prise d'eau et le déssableur ont été minutieusement étudiés à cause de la haute teneur en sable .

Caractéristiques techniques

Hauteur de chute réelle $H = 62,4 \text{ m}$
Débit moyen de turbinage $V = 3,2 \text{ m}^3/\text{s}$
Puissance installée $P = 1,86 \text{ MW}$
Productible annuel = 10 GWH
Nombre de groupes : 2
Vitesse de rotation $N : 750 \text{ TPM}$
Type de turbines : Francis , axe horinzotal
Type d'alternateurs : synchrones triphasés
Tension d'alternateurs : $6,6 \text{ KV}$
Facteur de puissance $\cos \phi = 0,8$
Puissance nominale des alternateurs = 1050 KV
Courant nominal des alternateurs = 98.4 A
Fréquence = 50 Hz .

2.2.5. RUSIZI I .

La centrale hydro-électrique de RUSIZI I se situe sur la rivière de RUSIZI qui sert de frontière entre le Rwanda et le Zaïre au sud-ouest du Rwanda. Elle appartient au Zaïre et nous fournit de l'énergie à travers notre poste de MURURU I à 600 m de la centrale.

Caractéristiques techniques.

Hauteur de chute réelle H = 24 m
Débit de turbinage V = 42,8 m³/s
Puissance installée P = 29,24 MW
Productible annuel = 150 GWH
Nombre de groupes = 4
Vitesse de rotation N = 230,8 TPM (III et IV)
250 TPM (I et II)
Type de turbines = Kaplan .
Type d'alternateurs = synchrones triphasés
Tension d'alternateurs = 6,6 KV
Facteur de puissance $\cos\phi = 0,8$ (III et IV) et
 $\cos\phi = 0,75$ pour les groupes I
et II.
Puissance nominale des alternateurs = 15 MVA
Courant nominal des alternateurs = 910,7A

2.2.6. RUSIZI II

La centrale hydro- électrique de RUSIZI II est construite sur la rivière RUSIZI , frontière entre le sud-ouest du RWANDA et le ZAIRE. Elle est en aval de la centrale de RUSIZI I . La RUSIZI II est la première oeuvre réalisée par la C.E.P.G.L. , Communauté Economique des Pays des Grands Lacs , établie entre le BURUNDI, le RWANDA et le ZAIRE . Les travaux de construction ont débuté en 1986 et la première phase qui comprend le Génie Civil, l'installation de deux premiers groupes- turbines-alternateurs, le poste extérieur de la centrale et le poste de transformation de MURURU II se terminera fin 1989 . La phase d'installation du 3^e groupe est pour l'année 1995 . Les trois pays membres de la Communauté se partageront l'énergie en raison d'un tiers par pays.

Caractéristiques techniques

Hauteur de chute réelle H = 30 m
Débit de turbinage V = 80 (90) m³/s
Puissance installée P = 3*14,63MW = 43,89MW
Productible annuel = 200 GWH
Nombre de groupes = 3
Vitesse de rotation N = 187,5 TPM
Type de turbines = Francis à axe vertical
Type d'alternateurs = synchrones triphasés
Tension d'alternateurs = 6,6 KV

Facteur de puissance $\cos \Phi = 0,8$
Puissance nominale des alternateurs = 15MVA
Courant nominal des alternateurs = 1312 A
Fréquence = 50Hz

Transformateurs :

- 2 transformateurs , 2*10 MVA , 6,6/70K
- 2 transformateurs , 2*5,25 MVA, 6,6/15kv
- 3 transformateurs , 3* 1 MVA , 6,6/15KV
- 2 transformateurs , 2*0,25MVA , 6,6/0,4KV

2.2.7. GATSATA

La centrale thermique de GATSATA est en Commune Rutongo dans la préfecture de KIGALI .Elle a été installée en 1978. Trois groupes Diesel produisent chacun 0,67 MW .Elle sert de centrale de secours ,c'est à dire qu'elle est démarrée lorsque la demande d'énergie a tendance à dépasser la production totale des centrales hydro-électriques ou en cas de panne de ces dernières pour alimenter les endroits stratégiques.

Caractéristiques technique

Combustible = gas oil
Puissance installée = $0,67*3 = 2,1$ MW
Productible annuel = 15 GWH
Nombre de groupes = 3
Vitesse de rotation = 1000 TPM
Type de moteurs = 6M 282 AK
Type d'alternateurs = 400/231V (0,4/0,231 KV)
Facteur de puissance $\cos \Phi = 0,8$
Puissance nominale des alternateurs = 800 KVA * 3
Courant nominal des alternateurs = 1210 A
Fréquence = 50 Hz

2.3. Localisation et caractérisation des grands centres de consommation .

L'énergie électrique produite par les centrales est transportée par des lignes aériennes ou par des câbles souterrains jusqu'aux consommateurs.

Les consommateurs sont classés par catégories :

- consommateurs MT, et
- consommateurs BT.

Les grands centres de consommation sont branchés, soit directement sur les lignes, soit sur les postes de transformation.

Un poste de transformation est d'autant plus important que la charge qu'il recouvre est plus élevée.

Pour localiser et caractériser les grands centres de consommation du réseau national d'Electrogaz, il sera nécessaire de déceler les principales caractéristiques des postes de transformation suivant leurs schémas unifilaires. Ces schémas ont été établis par Electrogaz.

Le réseau national d'Electrogaz étant interconnecté, cette description commencera par le poste de transformation de Gikondo. Celui-ci est un poste central qui sert aussi de dispatching à tout le réseau rwandais. La description débutera donc du centre (Gikondo) vers le nord, puis du centre vers le sud-ouest. Elle s'occupera exclusivement des postes de transformation HT / MT. L'on notera que, pour des raisons de simplicité, là où l'on dit un disjoncteur (un sectionneur), cela représente un disjoncteur (un sectionneur) triphasé ou encore trois disjoncteurs (trois sectionneurs) en prenant un pour chaque phase. cela s'applique aussi pour les transformateurs de courant (TC ou TI), les transformateurs de potentiel (TP ou TT), etc...

2.3.1. Le poste de transformation de Gikondo (110 / 15 KV)

Le poste de transformation de Gikondo se trouve dans la préfecture de Kigali, à Gikondo. Il reçoit les centrales du nord par le poste de transformation de Jabana et celles du sud par celui de Kigoma. Au poste de transformation de Gikondo se trouvent deux jeux de barres que l'on peut coupler. Pour l'arrivée Kigoma, la tension est de 110KV. On arrive directement à un parafoudre du type AHL 102KV, et puis à un sectionneur de terre avant d'atteindre un sectionneur (C^{de} CE150-800A-15KV) pour la coupure visible.

On passe ensuite dans le TI (50-100-200 / 5-5, 30VA CL 0.5 ou 60VA CL 10P10) et le TT pour les mesures.

Le disjoncteur DELLE ALSTHOM (ORG 16 C^{de} BNR4, 1250A 110KV) qui suit peut couper un courant maximal de 1250A.

Pour arriver aux jeux de barres, on passe par deux sectionneurs de barres du type CE 150, 800A-145KV. De ces deux jeux de barres 110KV, on a trois départs:

- Un départ pour Jabana
- Deux départs alimentant deux transformateurs 110 / 16KV, 6MVA, (YNyno Ucc 9%) chacun.
- Tranche Couplage.

Les deux transformateurs sont montés en parallèle et alimentent les jeux de barres 15KV en passant par les transformateurs de mesure (TI, TP) et les sectionneurs. Des jeux de barres 15KV , on alimente les différents départs:

- départ DEUTCHE WELLE
- départ KANOMBE
- départ KIGALI-NORD
- départ KIGALI-SUD
- départ PARC INDUSTRIEL
- départ GASOGI
- UNE RESERVE
- UNE TRANCHE COUPLAGE

Il faut remarquer que la ville de Kigali peut être aussi alimentée par le poste de transformation de Jabana. L'on notera encore que chaque appareil ou dispositif se trouvant dans le poste est mis à la terre.

2.3.2. Le poste transformation de Jabana (110 / 70 KV , 110 / 15 KV)

Le poste de transformation de Jabana est aussi en préfecture de Kigali, à 8Km de celui de Gikondo, sur la route Kigali-Byumba. Aujeu de barres 110Kv, on a deux arrivées: arrivée MUKUNGWA et arrivée GIKONDO.

Avant d'atteindre le sectionneur-fusible de pouvoir de coupure de 800A à 170Kv, on a d'abord l'installation des parafoudres (AHL 102Kv) et un dispositif de filtrage (circuit-bouchon), (micafil KSN 142, 4575PF). Le sectionneur peut être manoeuvré manuellement. Après le sectionneur, le courant passe dans le disjoncteur (1250A -2500MVA -145Kv) du type DELLE ALSTHOM ORIG C^{de} BR400. Vient ensuite le TI (25 / 5.5) pour les mesures, et on arrive à un autotransformateur de puissance 10MVA, 110 / 70Kv, (YNyno Ucc 5.88%). Le jeu de barres 70Kv est précédé par un TI (50.100 / 5.5 ,30VA CL 0.5 et 60VA CL 10P10).

Par l'autotransformateur, Jabana dessert les postes de transformation de Gasogi, de Musha, de Kabarondo et de Rwinkwavu.

A Gasogi, un transformateur 70 / 15KV, de puissance égale à 2.5MVA , alimente le poste de transformation de Gikondo. Le transformateur qui est à Musha (70/15 KV, 2.5 MVA) alimente Rwamagana, Karengé et la région des mines(départ SOMIRWA) ; celui de Kabarondo (70 / 30KV , 1.6MVA) alimentant la région de Zaza. Le poste de transformation terminal pour ce tronçon est celui de Rwinkwavu équipé d'un transformateur 70 / 15KV, de puissance de 2.5MVA , alimentant la région des mines de Rwinkwavu (départ GEORWANDA)) et l'Hotel AKAGERA. Par deux transformateurs (110 / 15KV, 6MVA) montés en parallèle, le poste de transformation de Jabana alimente aussi la ville de KIGALI, RUTONGO, DEUTCHE-WELLE et la SUCRERIE de KABUYE .

2.3.3. Le poste de transformation de Musha
(70 / 15 KV)

Le poste de transformation de Musha est alimenté à partir du jeu de barres 110KV de Jabana et se trouve dans la préfecture de Kigali, en commune Gikoro. Du jeu de barres 70KV de Jabana, on entre dans un sectionneur de barres (LEL TYPE III P) pouvant couper un courant de 400A et pouvant supporter une tension de 92KV , puis on arrive à un parafoudre ACEC ASV 7B et enfin à un sectionneur-fusible (LEL TYPE IIIP) de pouvoir de coupure de 50A. Après ce sectionneur on entre dans le transformateur (70 / 15KV , 2.5MVA , YNyno , Ucc = 7.5%), puis dans un TI 75/50/5.5 après un sectionneur de terre et enfin dans un disjoncteur (EIB A20 / 300 / 6 , 630A , 300MVA , 20 / 24 KV).

Le jeu de barres 15 KV a quatre départs:

- départ RWAMAGANA
- départ KARENGE
- départ SERVICES AUXILIAIRES , et
- départ SOMIRWA qui alimente la région des mines et les environs de l'ancienne SOMIRWA.

Les départs RWAMAGANA , KARENGE et SOMIRWA ont chacun un disjoncteur SHUNTE , hors cellule , pour la coupure de la ligne. Il suit ensuite un TI 75 - 50 / 5-5 pour les mesures , un sectionneur de terre et un parafoudre. Les trois lignes-départs sont identiques pour ce qui est des appareils , sauf le TI de la ligne KARENGE qui a un rapport de transformation de 40 / 5-5 . Les services auxiliaires sont alimentés en fermant un sectionneur-fusible du transformateur 15 / 0.4 KV , 50 KVA , Dyll, Ucc = 4.35% .

2.3.4. Le poste de transformation de Kabarondo (70 / 30 KV)

Il se trouve en préfecture de KIBUNGO à l'Est du pays , dans la commune de Kabarondo . Il est alimenté à partir du poste de transformation de Musha .

Du coté amont du poste , après le parafoudre (ASEA XBC 66) et le circuit-bouchon , on arrive au disjoncteur qui met hors tension le jeu de barres 30KV . Suivent alors le sectionneur MESA GATICA, SGPT 630A , 78.5KV , le TI (type BALTEAU SCD 72,10VA,CL 0.5 ou 10VA , CL 5P20) , le TT , le disjoncteur (EIB HPFA,72KV,800A, C^de CRR 500F) et on arrive dans le transformateur 70 / 30KV , de puissance 1.6MVA , (YNyno) . Le primaire du transformateur est protégé contre la foudre par un parafoudre du type PAUWEL .

Du coté aval du transformateur, le courant passe d'abord dans un TI du type BALTEAU 3DD36 de 30 / 5-5 et 15VA CL 0.5 , dans un disjoncteur EIB AE / 36 / 500 / 6 , 630A , 36KV , dans un sectionneur de terre et dans un sectionneur de barres . Le jeu de barres 30KV est équipé d'un parafoudre ASEA et les mesures de tension sont recueillies à partir d'un TT type BALTEAU UEL 52 $\frac{36}{\sqrt{3}}$ / $\frac{0.11}{\sqrt{3}}$

Le jeu de barres alimente deux départs : -départ Zaza , et
-Services auxiliaires

Pour le départ Zaza , le ^{courant} passe d'abord par un sectionneur de barres (Concordia Sprecher TRLF 1 / 36 / 680 / 4EUV 630A) , puis dans un TI (BALTEAU SSD 36 , 30 / 5.5 , 15VA CL 5P20) , dans un disjoncteur (EIB PIE 36 / 500 / 6 , 630A , 36KV , 500MVA) et enfin dans un sectionneur de ligne (type Concordia Sprecher TRLF 1 / 36 / 630 EUV) .

Les services auxiliaires sont alimentés par un sectionneur-fusible (Concordia Sprecher XCF 30 TRLF 1 / 36 / 630 UH EUV) calibré à 5A. Après le sectionneur-fusible, on arrive à un transformateur 30 / 0.4KV de 100KVA (Yzn 11 Ucc = 4.5%).

2.3.5. Le poste de transformation de Rwinkwavu (70 / 15 KV)

Le poste de transformation de Rwinkwavu est alimenté à partir du poste de ^{Jabano} Musha où il y a un disjoncteur alimentant les ^{postes} de Kabarondo et de Rwinkwavu .

Au poste extérieur de Rwinkwavu , juste à l'arrivée Kabarondo , on passe d'abord par un circuit-bouchon (micafil 5600PF) pour la téléphonie , puis par un disjoncteur et un sectionneur de terre, et enfin par un sectionneur de barres 70KV .

Du jeu de barres 70KV vers le transformateur , le courant passe par un sectionneur(LEL type IIIP 400A , 92KV) , par un parafoudre (ACE ASV 79) et par un sectionneur-fusible de 50A . Le poste est équipé d'un transformateur de puissance égale à 2.5MVA , 70 / 15 KV , qui est du type TOCH , YNyno , Ucc = 602% . Du coté secondaire et avant d'arriver au jeu de barres 15KV , on passe par un TI (75. 150 / 5.5) et par un disjoncteur 20 / 24KV, 630A, qui est du type EIB A 20 / 300 / 6 .

Le jeu de barres 15KV alimente trois départs :

-départ Hotel AKAGERA,

-départ GEORWANDA qui alimente la région des mines , et

-départ SERVICES AUXILIAIRES.

Un disjoncteur TYPE EIB20 / 200 / 5, 20KV, 500A et un TI de 75.150 / 5.5 pour les mesures et la protection des appareils de mesure d'intensité séparent le jeu de barres 15KV de la ligne-départ GEORWANDA.

Pour le départ AKAGERA , il y a d'abord un disjoncteur pouvant supporter un courant de 630A et une tension de 17.5KV , type DELLE ALSTHOM , HL 420 HL 458 , et puis un TI mis à la terre par un sectionneur de terre .

Les services auxiliaires sont alimentés par un sectionneur-fusible fonctionnant en interrupteur , à partir duquel est alimenté un transformateur , type PYRANOL , 15 / 0.4KV , 50KVA , de couplage Dy 11 , Ucc = 4.35 % .

Le jeu de barres 15KV a trois TT ($\frac{15}{\sqrt{3}}$ / $\frac{0.1}{\sqrt{3}}$ / $\frac{0.1}{3}$) , soit

un par phase , pour les mesures de la tension .

2.3.6. Le poste de transformation de Rulindo (110 / 30 KV)

Le poste de transformation de Rulindo , sis à 29 Km de celui de Jabana dans la préfecture de Kigali , dessert en grande partie la préfecture de Byumba . Il est alimenté de Gikondo et de Mukungwa en soutirant de l'énergie par simple piquage réalisé sur l'axe 110KV . Il est en antenne et protégé par un disjoncteur . A l'arrivée des trois phases se suivent l'un après l'autre un parafoudre (type AHL 102KV) , un circuit-bouchon , un fusible (1mH 200A) , un sectionneur (type SH 170 , commande manuelle) pouvant supporter un courant de 800A et une tension de 170KV, de construction DELLE ALSTHOM , un disjoncteur DELLE ALSTHOM , type OR16 Cde BR 400 , 2500MVA , 145KV , pouvant supporter un courant de 1250A , un TI (BALTEAU SEV 138 , 25-50-100 / 5-5 , 30VA CL 0.5 ou 60VA CL 10P10 pour arriver au transformateur 110 / 70 / 30 KV , de 3.15- 2.015MVA , YNyno , Ucc = 7.5% , MAC 17 , construit par ALSTHOM SAVOISIENNE .

Le jeu de barres 30 KV du poste intérieur a une arrivée transformateur , trois départs(BYUMBA,RULINDO et S.AUXILIAIRES) et une réserve .

Le départ BYUMBA est alimenté en fermant le sectionneur (AEG 630A , TG 506 / 30) , suivi par un TI (30 / 5) AEG 3Y30C, un disjoncteur AEG 630A D 506 / 30 et un autre sectionneur type AEG 630A , TG 506 / 30 . La ligne RULINDO-BYUMBA n'a pas de fil de garde . Le départ RULINDO a les mêmes appareils que le départ BYUMBA . Les services auxiliaires sont mis sous tension par un sectionneur type CONCORDIA SPRECHER TRLF 1 / 36 / 360 UH ELLF , suivi par un sectionneur de terre et un fusible 16A .

Le transformateur 30 / 0.4 KV a une puissance de 250KVA . Il est prévu un disjoncteur capable de mettre les services auxiliaires hors tension et un TT $\frac{30}{\sqrt{3}}$ / $\frac{0.1}{\sqrt{3}}$ pour les mesures de tension

et la protection des appareils du jeu de barres 30KV .

2.3.7. Le poste de transformation de Gifurwe (110 / 30 KV)

Le poste de transformation de Gifurwe est en préfecture de Ruhengeri , à 20 Km de celui de Rulindo . C'est un poste en antenne .

Il dessert les régions de Gakenke et les services auxiliaires . Du pylône situé tout près du poste , on aboutit au sectionneur après les dispositifs de protection (parafoudre et fusible) le circuit-bouchon . Le dit sectionneur est du type SPE 170 , de commande manuelle , capable de supporter une tension de 145KV . On a encore affaire à un disjoncteur OR 16 , de commande BR 400 , 1250A , 145KV , 2500MVA . L' énergie continue dans les TI type BALTEAU SEV 138 , 30VA CL 0.5 ou 60VA CL 10P10 pour les mesures et entre dans le transformateur 110 / 70 / 15KV, 2.5MVA , couplage YNyn0 , Ucc = 7.5% , de commande MAC 27 et de marque ALSTHOM SAVOISIENNE .

Avant d' arriver au jeu de barres 15 KV , le courant passe d'abord dans un TI (ALSTHOM SAVOISIENNE , de 50-100 / 5-5 , 15VA CL 0.5 ou 30 VA CL 3 pour les mesures puis dans un sectionneur de barres CONCORDIA SPRECHER , TRLF 1 / 24 / 630 . Un TT $\frac{15}{\sqrt{3}}$ / $\frac{0.1}{\sqrt{3}}$ / $\frac{0.1}{3}$ est monté en parallèle avec le jeu

de barres 15 KV .

Un départ 15KV va vers GAKENKE et alimente l'hôpital de NEMBA. Pour les services auxiliaires , on part du jeu de barres 15KV pour entrer d'abord dans le sectionneur CONCORDIA SPRECHER TRLF 1 / 24 / 630 UH , ensuite dans le fusible 16A , et enfin dans le transformateur TRANSUNEL , 15 / 0.4 KV , 100KVA , Yzn5 .

En sortant du transformateur, on arrive au disjoncteur(M2G,C250A) pour la coupure générale des services auxiliaires .

2.3.8. Le poste de transformation de Mukungwa
(110 / 70 KV , 110 / 6.6 KV , 6.6 / 30 KV)

Le poste de transformation de Mukungwa est situé en préfecture de Ruhengeri , à 18.3 Km de celui de Gifurwe . Il sert de poste extérieur à la centrale hydro-électrique de Mukungwa . Le jeu de barres 110 KV qui est à Mukungwa peut être alimenté par la Mukungwa , la Ntaruka et/ou le poste de Gikondo .

Du jeu de barres 110KV vers le poste de transformation de Ntaruka, un sectionneur DELLE ALSTHOM Cde CE 150 , 800A , 170KV , est suivi par un disjoncteur DELLE ALSTHOM OR16 Cde BNR4 , 1250A, 145KV, d'un TI type BALTEAU SEV 138, de rapport de transformation 25-50-100 / 1-1 , de puissance 30VA CL 0.5 ou 60VA CL 10P10 et d'un parafoudre AEG type AHL .

Pour la transformation 110 / 70 KV , un autotransformateur de construction ALSTHOM SAVOISIENNE ,15MVA , YNyno ,Ucc = 4.4% , sépare le 110 du 70 KV . On a la ligne Mukungwa-Ntaruka en 70 KV. A la sortie de l' autotransformateur , on entre d'abord dans un TI 75-150 / 1-1, 30VA CL 0.5 pour les mesures d'intensité , puis dans un disjoncteur DELLE ALSTHOM 1250A , 145 KV , pour la coupure de la ligne , dans un sectionneur pour la coupure visible, dans un sectionneur de terre , dans un parafoudre , et enfin dans un TT type BALTEAU UEC B2, $\frac{70}{\sqrt{3}}$ / $\frac{0.11}{\sqrt{3}}$ / $\frac{0.11}{3}$.

Du jeu de barres 110 KV qui est à Mukungwa , il part aussi une ligne 110KV vers le poste de transformation central de Gikondo . Avant d'arriver au disjoncteur, on passe d'abord par un sectionneur DELLE ALSTHOM (SH170 Cde CE 150), 170KV , 800 A . Le disjoncteur DELLE ALSTHOM OR1G , Cde BNR 4 , 1250 A ,145 KV est suivi par un TI type BALTEAU SEV 138 , 25-50-100 / 1-1 , 30 VA CL 0.5 ou 60 VA CL 10P10 , un sectionneur DELLE ALSTHOM SH 70, Cde CE 150 , 170 KV , 800 A , un sectionneur de terre , un TT type BALTEAU VEX 138 , de rapport de transformation

$\frac{110}{\sqrt{3}}$ / $\frac{0.11}{\sqrt{3}}$ / $\frac{0.11}{3}$, et de puissance de

300 VA CL 0.5 ou 600 VA 3P , un circuit-bouchon MICAFIL KSN 145 HS 5600PF et un parafoudre AEG TYPE AHL 102 KV .

Il faut remarquer que si l'on veut intervenir sur un appareil se trouvant entre le jeu de barres 110KV et le départ Gikondo , on coupe le courant en suivant les règles de coupure .Les sectionneurs sont là pour la coupure visible et manoeuvrés manuellement après le disjoncteur .

De la centrale de Mukungwa , le jeu de barres 110 KV est alimenté via un transformateur 6.6 / 110 KV , de puissance égale à 15MVA , de couplage Ynd 5 ,de tension de court-circuit $U_{cc} = 12\%$ et de construction ALSTHOM SAVOISIENNE . Suivent ensuite un parafoudre, un TI , un disjoncteur DELLE ALSTHOM OR1G Cde BNR4 , 1250A , 145KV et un sectionneur de barres .

La centrale de Mukungwa est équipée de deux groupes turbines-alternateurs alimentant le jeu de barres 6.6 KV , à partir duquel on entre dans un transformateur 6.6 / 30 KV, type D.R 5000/ 30MR, Cde MR , de puissance 5 MVA , $U_{cc} = 7.3\%$. A sa sortie vient directement un sectionneur DELLE ALSTHOM Cde CE 150 , 500A , puis un TI ALSTHOM SAVOISIENNE THE 51 , 25-50 / 1-1 , 30 VA CL 0.5 ou 60 VA CL 10P10 et on arrive au jeu de barres 30KV . Ce jeu de barres offre deux départs : le départ vers RWAZA et le départ vers RUHENGARI . En quittant le jeu de barres 30KV , le courant passe par un sectionneur DELLE ALSTHOM BH 72 , Cde CE 150 , 50A, 72 KV, par un disjoncteur de même construction pouvant supporter 1000 A sous 36 KV et par un TI de construction ALSTHOM SAVOISIENNE , 25-50 / 1-1 , 30 VA CL 0.5 ou 60 VA CL 10P10 . Un TT ($\frac{30}{\sqrt{3}}$ / $\frac{0.11}{\sqrt{3}}$) mesure la tension du jeu de barres .

L'appareil de commutation est le sectionneur SH 720 Cde manuelle. Les départs RWAZA et RUHENGARI ont des appareils identiques . Notons que les transformateurs 6.6 / 110 KV , 6.6 / 30 KV et l'autotransformateur 70 / 110 KV du poste de transformation de Mukungwa , comme tout autre transformateur en général , peuvent travailler en éleveurs ou en abaisseurs suivant le sens d'écoulement des flux de puissances .

2.3.9. Le poste de transformation de Ntaruka (70 / 30 KV , 6.6 / 70)

Le poste de transformation de Ntaruka est aussi en préfecture de Ruhengeri , à 32 Km de celui de Mukungwa . Il joue le rôle de poste extérieur à la centrale hydro-électrique de Ntaruka .

Le poste dispose de quatre transformateurs principaux :
-Deux transformateurs IEL type TOCH de 5.6 MVA chacun , 6.6 / 72 KV , de couplage Dy 11 , $U_{cc} = 5.6\%$.
-Un transformateur ALSTHOM SAVOISIENNE de 5.6 MVA , 6.6 / 70 KV , de couplage Ynd 11 , $U_{cc} = 6\%$ pour le troisième groupe turbine - alternateur .
-Un transformateur ALSTHOM SAVOISIENNE de 3.15 MVA , 70 / 30 KV , de couplage YNyn0 , $U_{cc} = 7.52\%$ pour alimenter CYANIKA via BUGARAMA , RUHENGARI et GISENYI .

En suivant le parcours du courant du jeu de barres 6.6 KV des alternateurs au jeu de barres 70 KV , le courant entre d'abord dans les 3 transformateurs 6.6 / 70 KV ci-haut décrits , un par groupe , puis dans un parafoudre du type ASEA SW , dans un disjoncteur DELLE ALSTHOM HPGE 9112E , 800A , un TI type BALTEAU SCH 85 de rapport de transformation de 50 / 5-5 , de 30VA CL 1 ou 60VA CL 1 pour mesurer l'intensité du courant et enfin par un sectionneur MALIGATI pouvant supporter une tension de 92KV et un courant de 600A .On est au jeu de barres 70 KV où aboutit aussi l'arrivée Mukungwa après avoir passé par un circuit-bouchon , un sectionneur 92 KV 600A , un TT type BALTEAU UNE 85 de rapport de transformation $\frac{70}{\sqrt{3}} / \frac{0.11}{\sqrt{3}} / \frac{0.11}{3}$, un TI 100-200 / 5-5 ,

un disjoncteur et finalement par un sectionneur de barres . Ces deux derniers appareils de commutation sont semblables à ceux des arrivées Ntaruka .Cette arrivée a aussi un sectionneur de terre et un dispositif de mise à la terre .

Le poste de transformation de Ntaruka a deux départs 30KV :

- Un départ alimentant les régions du Bugarama et de Cyanika , et
- un départ alimentant le poste de distribution de Ruhengeri .

Du jeu de barres 70 KV , on alimente le transformateur 70 / 30 KV en fermant le sectionneur MALIGATI 92 KV 600A et le disjoncteur DELLE ALSTHOM HPGE 9112E 800A Cde BNR UME . Ce départ a aussi un TI type BALTEAU SEV 85 , 50 / 5-5 , 30VA CL 1 ou 30VA CL 5P10 et TT type BALTEAU $\frac{70}{\sqrt{3}} / \frac{0.11}{\sqrt{3}} / \frac{0.11}{3}$ et un dispositif

de protection contre les surtensions . Au jeu de barres 30 KV , les départs Bugarama et Ruhengeri ont des appareils de commutation identiques :un sectionneur DRIESCHER OEF 10 et un disjoncteur EIB 800A AE 45 / 1000 / 8 45 / 52 KV . Le TI du départ Ruhengeri est du type BALTEAU GIE 80 25-50 / 5-5 , 15VA CL 0.5 ou 30 VA CL 1 et celui du départ Ruhengeri du type WTW GIE 20 50 / 5-5 , 15 VA CL 0.5 ou 30 VA CL 10P10 .

2.3.10. Le poste de distribution de Ruhengeri.

Le poste de distribution de Ruhengeri est un poste qu'on peut caractériser de poste d'interconnexion . Il se trouve dans la circonscription urbaine de la ville de Ruhengeri . Son jeu de barres 30 KV reçoit les centrales de Gisenyi , de Mukungwa et de Ntaruka et offre deux départs :NYAKINAMA et ELECTROGAZ . L' arrivée Gisenyi passe d'abord par un circuit-bouchon pour la téléphonie Haute Fréquence ,ensuite par un sectionneur CONCORDIA SPRECHER TRF 1 / 36 / 400 EU , par un TI WTW GIE 30 2x50 / 5-5 , 15 VA CL 0.5 ou 30 VA CL 10P10 , par un disjoncteur MAGRINI GALILEO 38 KV 1250A Cde BM20 et enfin par un sectionneur de

barres DRIESCHER 30 / 36 KV 400 A . Cette arrivée a aussi un parafoudre SIEMENS Sx3 , 36 KV , 10 KA , un sectionneur de terre et un TT $\frac{30}{\sqrt{3}}$ / $\frac{0.1}{\sqrt{3}}$ / $\frac{0.1}{3}$ en parallèle avec le jeu de

barres 30 KV pour les mesures de la tension du jeu de barres . L'arrivée Ntaruka passe par un sectionneur CONCORDIA SPRECHER , un TI WTW GIF 20 2x50 / 5-5 , 15 VA CL 0.5 ou 30 VA CL 10P10 , un disjoncteur MAGRINI GALILEO pouvant supporter une tension de 38 KV et un courant de 1250 A , Cde BM 20 et un sectionneur de barres DRIESCHER 30 / 36 KV 400 A PLA 15 6416 . ELLE dispose également d'un parafoudre SIEMENS type 5x30 4000PF 36 KV d'un sectionneur de terre .

L'arrivée Mukungwa passe par un circuit-bouchon pour la téléphonie , par un sectionneur CONCORDIA SPRECHER , par un TI WTW GIF 30 , 2x50 / 5-5 , 15 VA CL 0.5 ou 30 VA CL 10P10 , par un disjoncteur MAGRINI GALILEO 38 KV 1250 A Cde BM 20 et enfin par un sectionneur de barres du type CONCORDIA SPRECHER pour arriver au jeu de barres 30 KV . Il y a aussi un parafoudre SIEMENS Sx30 10 KA et un sectionneur de terre .

Le départ Electrogaz passe par un sectionneur de ligne CONCORDIA SPRECHER TRF 1 / 36 / 400 EU , par un disjoncteur pouvant supporter 1250 A et 38 KV , par un TI BALTEAU SPE 2x25 / 5-5 , 15 VA CL 0.5 ou 30 VA CL 10P10 , suivi par un sectionneur CONCORDIA SPRECHER TRF 1 / 36 / 400 EU . Suivent alors un sectionneur de terre et un circuit-bouchon .

Il faut rappeler que , suite à l'interconnexion du réseau électrique national , à un moment donné certaines arrivées peuvent être des départs et vice-versa .

2.3.11. Le poste de transformation de Kigoma (110 / 30 KV) .

Le poste de transformation de Kigoma est situé en préfecture de Gitarama , à 45.4 Km de celui de Gikondo et à 27.4 Km de celui de Kilinda . Il est équipé de deux jeux de barres : 110 et 30 KV . Le jeu de barres 110 KV a une arrivée Karongi et un départ vers Gikondo alors que celui de 30 KV a une arrivée Transformateur et trois départs : -BUTARE

-GATUMBA et

-SERVICES AUXILIAIRES .

La ligne Karongi-Kigoma arrive au dispositif de protection qui est un parafoudre AEG type AHL 102 KV et au circuit bouchon pour la téléphonie . Le circuit-bouchon a une bobine de 1 mH 200 A et un condensateur de 5575 pF .

Du circuit-bouchon on aboutit à un sectionneur DELLE ALSTHOM SPE 170 Cde CE 150 145 KV 800 A , à un sectionneur de terre , à un TI type BALTEAU SEV 150 , 50-100-200 / 5-5 , de puissance 30 VA CL 0.5 ou de 60 VA CL 10P10 , à un disjoncteur DELLE ALSTHOM OR1 2500MVA 110KV 1250A Cde BNR 4 , et à un sectionneur du type DELLE ALSTHOM SPE 170 Cde CE 150 pouvant supporter un courant de 800 A et une tension de 145 KV .

Le jeu de barres 110 KV a deux départs :

-départ transformateur 110 / 30 KV (actuellement 110 / 31.2 KV)

-départ Gikondo .

Il a aussi un TT type BALTEAU UEX 138 , $\frac{110}{\sqrt{3}}$ / $\frac{0.1}{\sqrt{3}}$ / $\frac{0.1}{3}$

pour les mesures et la protection .

Du côté amont du transformateur 110 / 31.2 KV, l'énergie venant du jeu de barres 110 KV passe par un sectionneur de barres du type DELLE ALSTHOM SPE 170 Cde CE 150 800 A 145 KV avant d'arriver au disjoncteur DELLE ALSTHOM OR1G Cde BNR4 1250 A 145 KV , par un TI type BALTEAU SEV 150 , 50 / 5-5 , 30 VA CL 0.5 ou 60 VA CL 5P20 et entre dans un transformateur 110 / 30 KV , 6 MVA ,YNyn0 , Ucc = 8.69 % . Il est aussi installé un parafoudre AEG type AHL . Du côté aval du transformateur 110 / 30 KV , on arrive à un sectionneur de terre , à un sectionneur AEG 630 A , à un disjoncteur SHUNTE , à un TI AEG SY 30 C de rapport de transformation de 150 / 5-5 , de puissance 15 VA CL 1 ou 30 VA CL 5P10 et à un sectionneur de barres AEG 630 A T6 506 / 30 pour aboutir au jeu de barres 30 KV .

Le jeu de barres 30 KV ravitaille trois départs : -départ BUTARE
-départ GATUMBA
-SERVICES
AUXILIAIRES

Pour le départ Butare , en quittant le jeu de barres 30 KV , on arrive à un sectionneur de barres AEG 630 A T6 506 / 30 , à un TI 100 / 5-5 , à un disjoncteur AEG HP 307FS 1250 A 30 / 36 KV , à un sectionneur de ligne AEG T6 506 / 30 et à un sectionneur de terre . Le départ Butare alimente les villes de Butare et de Gikongoro .

Le départ Gatumba passe par un sectionneur de barres DRIESCHER 400 A H 22EK , un TI AKW 36R 30 / 5-5 , un disjoncteur AEG 400 A TA 450 / 20 30 / 36 KV , un sectionneur de ligne AEG T6 506 / 30 et on arrive au sectionneur de terre . Il alimente la ville de Gitarama et les environs .

L'énergie utilisée dans les services auxiliaires passe d'abord par un sectionneur CONCORDIA SPRECHER TRLF 1 / 36 / 630 UH , puis par un fusible de 16 A , ensuite par un TT $\frac{30}{\sqrt{3}}$ / $\frac{0.1}{\sqrt{3}}$ et

enfin par un transformateur de puissance TAENCABINE UNELEC
100 KVA 30 / 0.4KV Yzn5 Ucc = 4.48 % .

Le départ Gikondo commence par un sectionneur de barres DELLE
ALSTHOM SPE 170 Cde CE 150 800 A 145 KV . Fermé , il alimente
un disjoncteur DELLE ALSTHOM ORIG Cde BNR 4 1250 A 110 KV de
2500 MVA . De ce disjoncteur , le courant attaque un TI type
BALTEAU SEV 150 50-100-200 / 5-5 30 VA CL 0.5 ou 60 VA CL 10P10
et un sectionneur de ligne de type DELLE ALSTHOM SPE 170
Cde CE 150 145KV 800 A . L'on a , après ce dernier sectionneur,
un sectionneur de terre , un circuit-bouchon et un parafoudre
AEG type AHL .

2.3.12. Le poste de transformation de Kilinda
(110 / 30 KV) .

Le poste de transformation de Kilinda se trouve en
préfecture de Kibuye , à 27 Km de celui de Kigoma . Il peut être
alimenté les postes de transformation de Mururu I ou de Mururu II
via celui de Karongi ou encore par le poste de transformation de
Kigoma en prenant Gikondo comme source d'énergie .
Il ravitaille en énergie électrique l'Hopital de Kilinda , la
région de Bwakira et les services auxiliaires du poste .
Du jeu de barres 110 KV , on arrive d'abord au parafoudre AHL
102 KV , puis au circuit-bouchon , au sectionneur DELLE ALSTHOM
SPE 170 Cde manuelle 800 A 145 KV , à un TI BALTEAU SEV 100P
25 / 5-5 60 VA CL 10P10 , ensuite à un disjoncteur DELLE ALSTHOM
ORIG Cde BR 400 2500 MVA 1250 A 110 KV et enfin dans un
transformateur ALSTHOM SAVOISIENNE , 110 / 31.7 KV , 1.6 MVA ,
YNyn0 , Ucc = 7.5 % . Du côté secondaire du transformateur , le
courant passe dans un TI DEMONTES VIRGES GIF 30 de rapport de
transformation 50 / 5 et dans un sectionneur de barres
CONCORDIA SPRECHER TRLF 1 / 30 / 630 pouvant supporter un courant
de 630 A et une tension de 36 KV pour arriver au jeu de barres
30 KV . Un TT de rapport de transformation $\frac{30}{\sqrt{3}} / \frac{0.1}{\sqrt{3}} / \frac{0.1}{\sqrt{3}}$

et de construction VIRGES (UEF 30) permet les mesures de la
tension du jeu de 30 KV et la protection des équipements .
Les services auxiliaires sont alimentés par le jeu de barres
30 KV à travers un sectionneur CONCORDIA SPRECHER TRLF
1 / 30 / 630 UH et un fusible de protection de 16 A . Le
transformateur 30 / 0.4 KV est du type GMBH OH 100 , 100 KVA,
5 PRISES , Yzn5 , Ucc = 4 % . En sortant de ce transformateur ,
on arrive par câbles à une armoire ayant un commutateur -
interrupteur (NZmg 250 A 0.4KV) qui une fois fermé alimente les
services auxiliaires.

Les départs Hôpital et Bwakira sont alimentés à partir du jeu de barres 30 KV. Chaque départ a un sectionneur CONCORDIA SPRECHER TRLF 1 / 36 / 630 UH et un fusible de protection.

2.3.13. Le poste de transformation de Karongi
(110 / 30 KV)

Le poste de transformation de Karongi se trouve aussi dans la préfecture de Kibuye , à 26.3 Km de celui de Kilinda . Il reçoit les postes de transformation de Mururu I ou de Mururu II et offre 4 départs 30 KV : les départs Kibuye , Ngoma , Gisovu et Services Auxiliaires . Après le parafoudre , l'arrivée Mururu I ou II passe par un circuit-bouchon MICAFIL KSN 145 de capacité égale à 5575pF et dont la bobine est de 1mH 200 A . Après le sectionneur de terre , le courant entre dans un sectionneur DELLE ALSTHOM SPE 170 145 KV 800 A , dans un TI type BALTEAU SEV 150 50-100-200 / 5-5 30VA CL 0.5 ou 60 VA CL 10P10 , dans un disjoncteur DELLE ALSTHOM SPE 170 Cde CE 150 145 KV 800 A et dans un sectionneur de barres de mêmes caractéristiques que celui dernièrement décrit pour aboutir au jeu de barres 110 KV .

Le jeu de barres 110 KV a deux départs :

- le départ Kigoma en 110KV et
- le départ transformateur 110 / 30 KV .

Ce jeu de barres est équipé d'un TT BALTEAU SEV 138 de rapport de transformation $\frac{110}{\sqrt{3}} / \frac{0.1}{\sqrt{3}} / \frac{0.1}{3}$ pour les mesures de sa

tension et sa protection .

Le départ Kigoma commence par un sectionneur DELLE ALSTHOM SPE 170 Cde CE 150 145 KV 800 A suivi par un disjoncteur de même construction 110 KV 1250 A . Il y a ensuite un TI BALTEAU SEV 150 50-100-200 / 5-5 30 VA CL 0.5 ou 60 VA CL 10P10 , un sectionneur de ligne , un sectionneur de terre , un circuit-bouchon et un parafoudre .

En partant du jeu de barres 110 KV vers le transformateur 110 / 30 KV , on entre d'abord dans un sectionneur DELLE ALSTHOM SPE 170 Cde CE 150 145 KV 800 A , puis dans un disjoncteur DELLE ALSTHOM et un TI BALTEAU . Les caractéristiques du disjoncteur et du TI sont respectivement de 110 KV 1250 A et de 50-100-200 / 5-5 30 VA CL 0.5 ou 60 VA CL 10P10 .

Le transformateur 110 / 30 KV est de construction ALSTHOM SAVOISIENNE Cde MAC 17 6 MVA Ucc = 8.7 % YNyn0 (actuellement 110 / 31.9 KV) .

Du côté aval du transformateur , il ya d'abord un sectionneur de terre suivi par un autre sectionneur CONCORDIA SPRECHER pouvant supporter 630 A et par un TI 2x180 / 5-5 .

C' est ce TI qui donne dans un disjoncteur SPRECHER HP 307 FS 760 MVA 30 / 36 KV 1250 A , suivi par un sectionneur de barres 1000 A . Fermé , il met le jeu de barres 30 KV sous tension , Les appareils alimentant les départs Kibuye , Ngoma et Gisovu ayant les mêmes caractéristiques , nous décrivons un seul départ : celui de Kibuye . Il est alimenté grace aux appareils échelonnés dans l'ordre suivant :

- Un sectionneur CONCORDIA SPRECHER 3548 1000 A
- Un disjoncteur SPRECHER HP 307FS 1250 A 30 / 36 KV 760 MVA
- Un TI de rapport de transformation 2x100 / 5-5
- Un sectionneur CONCORDIA SPRECHER 630 A et
- Un sectionneur de terre .

Le départ Services Auxiliaires l'est par un sectionneur CONCORDIA SPRECHER à coupure rapide , un fusible 20 / 30 KV et par un transformateur de puissance GMBH type OH 100 / 30 30 / 0.4 KV 100 KVA Yzn5 Ucc = 4 % . Après la transformation vient un disjoncteur 0.4 KV .

2.3.14. Le poste de transformation de Kibogora (110 / 30 KV)

Le poste de transformation de Kibogora , sis en préfecture de Cyangugu , se trouve à 39.2 Km de celui de Karongi . C' est un poste en antenne qui alimente l' Hôpital de Kibogora (départ MISSION) et la région de l' ancienne usine de RWAKINA . Il recueille l' énergie venant de Mururu I ou II par simple piquage réalisé sur l' axe 110 KV vers Karongi . En arrivant au poste le courant arrive d' abord à un parafoudre , puis à un sectionneur DELLE ALSTHOM SPE 170 Cde MANUELLE 145 KV 800 A , ensuite à un TI BALTEAU SEV 110P 25 / 5 60 VA CL 10P10 pour les mesures de courant et enfin à disjoncteur DELLE ALSTHOM 110 KV 1250 A 2500 MVA pour entrer dans le transformateur de puissance construit par une société norvégienne NATIONAL INDUSTRIE NORVEGE de type TK TO - O 110 / 30 KV (actuellement 110 / 31.75 KV) 1.6 MVA YNyn0 Ucc = 7.5 % . Du côté aval du transformateur , on a un TI WTW type UEF 30 de rapport de transformation 50 / 5 et de puissance 15 VA CL 1 , un sectionneur de barres CONCORDIA SPRECHER TRLF 1 / 36 / 630 UH . Le jeu de barres 30 KV a un TT de rapport de transformation égal à $\frac{30}{\sqrt{3}} / \frac{0.1}{\sqrt{3}} / \frac{0.1}{3}$ pour les mesures de la tension et la protection des équipements . Il a trois départs :

- le départ CYESHA
- le départ MISSION et
- le départ Services Auxiliaires .

Chacun de ces trois départs commence par un sectionneur et un fusible .

Les Services Auxiliaires sont alimentés à travers un transformateur de puissance GMBH type OH 100 30 / 0.4 KV 100KVA Yzn5 Ucc = 4 % , à partir duquel des câbles aboutissent à un disjoncteur (commutateur-interrupteur) NzMg 250 A . Un fusible protège chaque départ des Services Auxiliaires .

2.3.15. Le poste de transformation de Mururu I
(6.6 / 110 KV , 6.6 / 30 KV)

Le poste de transformation de Mururu I , sis en préfecture de Cyangugu , est un poste appartenant à la République Rwandaise , mais qui reçoit de l'énergie électrique de la centrale de Rusizi I de la Société SNL du Zaïre . La centrale est équipée de quatre groupes turbines-alternateurs de 37.6 MVA au total . L' énergie arrive au poste par câbles souterrains .

Le poste de Mururu I a trois transformateurs :

- un transformateur 6.6 / 110 KV
- un transformateur 6.6 / 30 KV et
- un transformateur 6.6 / 0.4 KV .

De la centrale au jeu de barres 6.6 KV , l' énergie passe par un sectionneur CONCORDIA SPRECHER 10KV 1250 A , un TI , un TT , un disjoncteur et un sectionneur de barres .

Le jeu de barres 6.6 KV offre quatre départs :

- départ Karongi (via un transformateur 6.6 / 110 KV)
- départ vers transformateur 6.6 / 30 KV
- départ Cyangugu , et
- départ Services Auxiliaires .

Départ Karongi :

Du jeu de barres 6.6 KV vers le transformateur 6.6 / 110 KV , on a respectivement un sectionneur CONCORDIA SPRECHER , un disjoncteur 1250 VA 10 / 12 KV 350 MVA et un TI de 2x500 / 5-5 15VA CL 0.5 ou 30 VA CL 10P10 . Le transformateur est de construction ALSTHOM ATLANTIQUE , de puissance 10 MVA , 6.6 / 110 KV , YNd11 , Ucc = 9.6 % . Du côté secondaire , l' énergie entre dans un disjoncteur DELLE ALSTHOM OR 16 Cde BR 400 110 KV 1250 A . C' est un disjoncteur à SF₆ . Elle continue dans un TI de type BALTEAU UEV 110P 4x50 / 5-5 30 VA CL 0.4 ou 60 VA CL 10P10 suivi par un TT de même type $\frac{110}{\sqrt{3}} / \frac{0.1}{\sqrt{3}} / \frac{0.1}{3}$, par un sectionneur de ligne DELLE ALSTHOM SPE 170 Cde CE 150 145 KV 800 A , par un sectionneur et un parafoudre .

Départ transformateur 6.6 / 30 KV :

Du jeu de barres 6.6 KV vers le jeu de barres 30 KV , le courant passe d'abord par un sectionneur CONCORDIA SPRECHER 10 KV 630 A et un disjoncteur de même construction 10 / 12 KV 600 A 350 MVA , puis entre dans un TI 2x500 / 5-5 15 VA CL 0.5 ou 30 VA CL 10P10 et arrive enfin au transformateur ALSTHOM SAVOISIENNE Cde MAC 17 6.6 / 30 KV 4 MVA YNd11 Ucc = 7.9 % .

Par câbles , le courant quitte le jeu de barres 30 KV du transformateur vers le jeu de barres 30 KV se trouvant dans la cabine intérieure . Les câbles aboutissent à un TI , un disjoncteur et un sectionneur de barres .

Le jeu de barres 30 KV a deux départs : -départ MASHYUZA et
-départ SHAGASHA .

Un TT $\frac{30}{\sqrt{3}} / \frac{0.1}{3}$ monté en parallèle avec le jeu de barres 30 KV

permet les mesures de la tension et la protection de celui-ci . Le départ Mashyuza commence par un sectionneur CONCORDIA SPRECHER suivi par un disjoncteur SPRECHER SCHUH 30 / 36 KV 1250 A 750 MVA , un TI 50 / 5-5 , un sectionneur de ligne et un sectionneur de terre .

Le départ Shagasha passe par des appareils identiques à ceux du départ Mashyuza .

Départ Cyangugu (en 6.6 KV) .

La ville de Cyangugu est alimentée en 6.6 KV par une ligne aérienne allant du jeu de barres 6.6 KV de Mururu I à Cyangugu . Un sectionneur CONCORDIA SPRECHER 10 KV 1250A donne à un disjoncteur SPRECHER SCHUH , suivi par un TP $\frac{6.6}{\sqrt{3}} / \frac{0.11}{\sqrt{3}} / \frac{0.11}{3}$,

un TC 2x500 / 5-5 15 VA CL 0.5 ou 30 VA CL 10P10 et un sectionneur de ligne .

Départ Services Auxiliaires

Un sectionneur 10 KV 630 A , un disjoncteur identique à celui des départs précédents et un TI 10 / 5-5 30 VA CL 10P10 alimentent un transformateur 6.6 / 0.4 KV qui dessert les services auxiliaires du poste . Il est du type OH 100 S.G et ses caractéristiques sont : -puissance apparente S = 100 KVA

-couplage Yzn 5

-tension de court - circuit Ucc = 4 % .

Son secondaire donne à un disjoncteur qui , une fois fermé , permet l' alimentation des Services Auxiliaires .

Avec la construction de la centrale de RUSIZI II et de son poste de transformation de MURURU II , le poste de Mururu I connaît une situation nouvelle . Il est actuellement

alimenté par MURURU II et fonctionne en abaisseur : il reçoit le 110 KV et le transforme en 6.6 KV pour alimenter le jeu de barres 6.6 KV et le transformateur 6.6 / 30 KV.

2.3.16. Le poste de transformation de Mururu II
(110 / 70 KV)

Le poste de transformation de Mururu II est situé sur le territoire rwandais dans la préfecture de Cyangugu , à 1 Km de celui de Mururu I . Il appartient à l' E.G.L , organe de la C.E.P.G.L. chargé de l' Electricité de Grands Lacs . Il reçoit la centrale de Rusizi II en 110 KV sur le jeu de barres principal et offre trois principaux départs :
-départ GIKONDO sur la travée ELECTROGAZ en 110 KV
-départ BUBANZA sur la travée BUBANZA en 70 KV et
-départ SNEL sur la travée SNEL en 70 KV .
Les deux derniers départs (en 70 KV) sont alimentés à partir d' un transformateur 110 / 70 KV installé sur place .
Du jeu de barres ELECTROGAZ est alimenté le poste de Mururu I en 110 KV .
Il faut noter que l'utilisation simultanée des deux centrales , Rusizi I et Rusizi II , n' est pas actuellement possible pour le réseau national d'Electrogaz . Un disjoncteur verrouillé bloque Rusizi I chaque fois que le réseau rwandais est alimenté par Rusizi II et inversement .

CHAPITRE 3 : DEMANDE ET OFFRE DE L'ENERGIE ELECTRIQUE AU RWANDA

Les demandes de raccordements au réseau électrique national sont adressés à l'Electrogaz .Les abonnés sont de deux catégories : les abonnés BT ,qui sont plus nombreux , et les abonnés MT .

Toutefois , de 1979 à 1987 , la consommation des abonnés MT a été chaque année supérieure à celle des abonnés BT . Pour l'année 1988, le nombre d'abonnés BT passa de 13,355 à 16,452 , soit 3,097 nouveaux abonnés BT contre 14 nouveaux abonnés MT ;aussi l'énergie consommée par les abonnés BT devint -elle supérieure à celle consommée par les abonnés MT .

3.1. Etude statistique des demandes et leur rythme de croissance .

On va dans cette section examiner la croissance du nombre d'abonnés BT et MT ainsi que la croissance de l'énergie électrique consommée sur une durée de 10 ans ,de 1979 à 1988 . On établira ensuite leurs lois de variation dans le temps.

TABLEAU DES RESULTATS : (Electrogaz ,Exploitation Electricité)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Années	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Abonnés BT	4069	4366	5097	5784	6819	7550	8908	10542	13355	16452
GWH consom.	21,8	23	25,9	28,0	29,8	38,1	43,7	44	52	63,06
Abonnés MT	100	111	122	125	126	141	143	152	162	176
GWH consom.	31,5	34,7	37,9	45,6	45,6	45,8	48,7	51	52,2	57,81
Total GWH	53,3	57,7	63,8	73,4	75,4	83,9	92,4	95,0	105,2	120,87

CONSOMMATION BT

Energie consommée en fonction du temps (ANNEES)

Tableau:

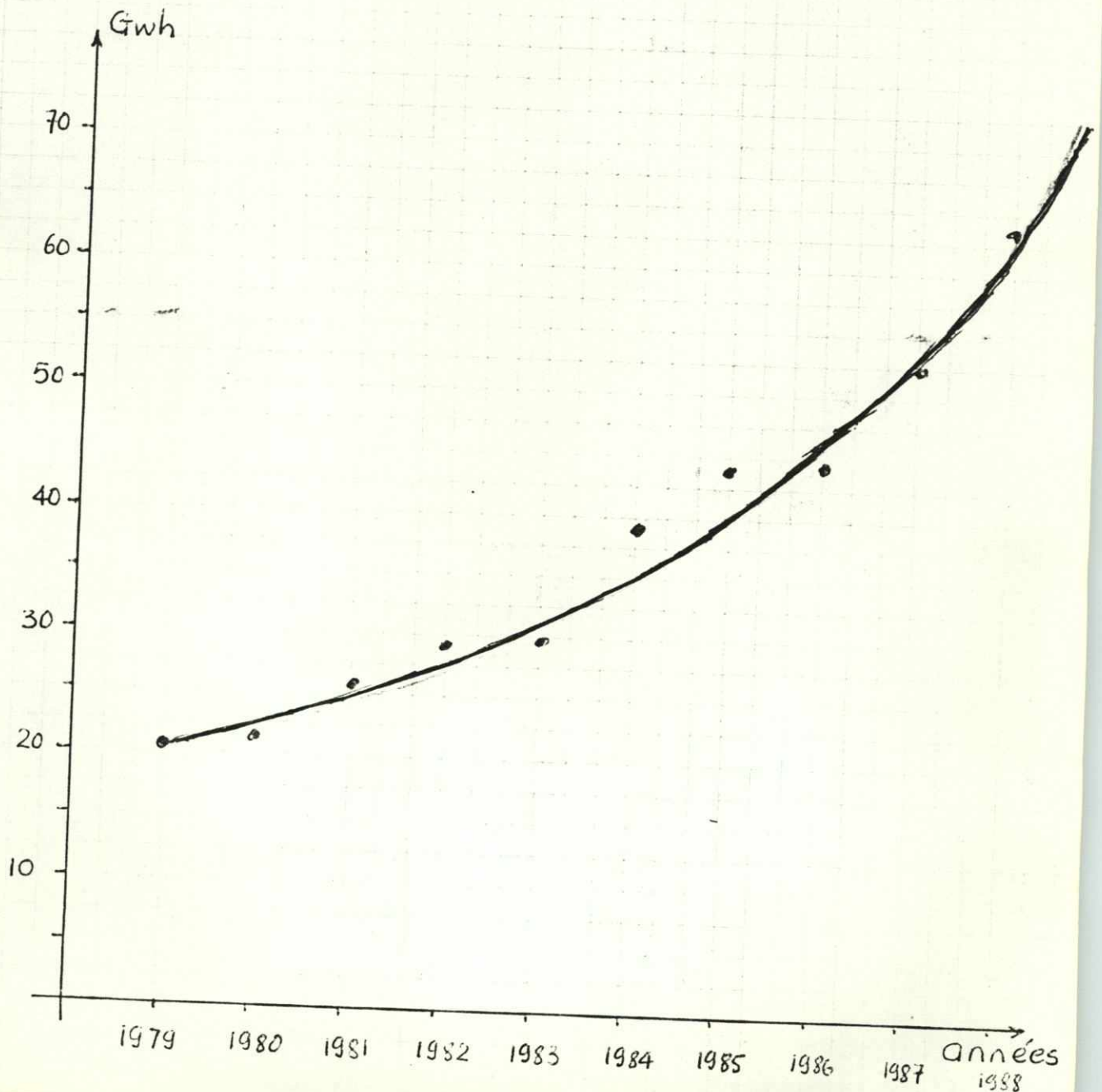
1979 → 1
1980 → 2
1988 → 10

X_i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Y_i	21.8	23	25.9	28.0	29.8	38.1	43.7	44	52	63.06

X = années

Y = énergie consommée en Gwh

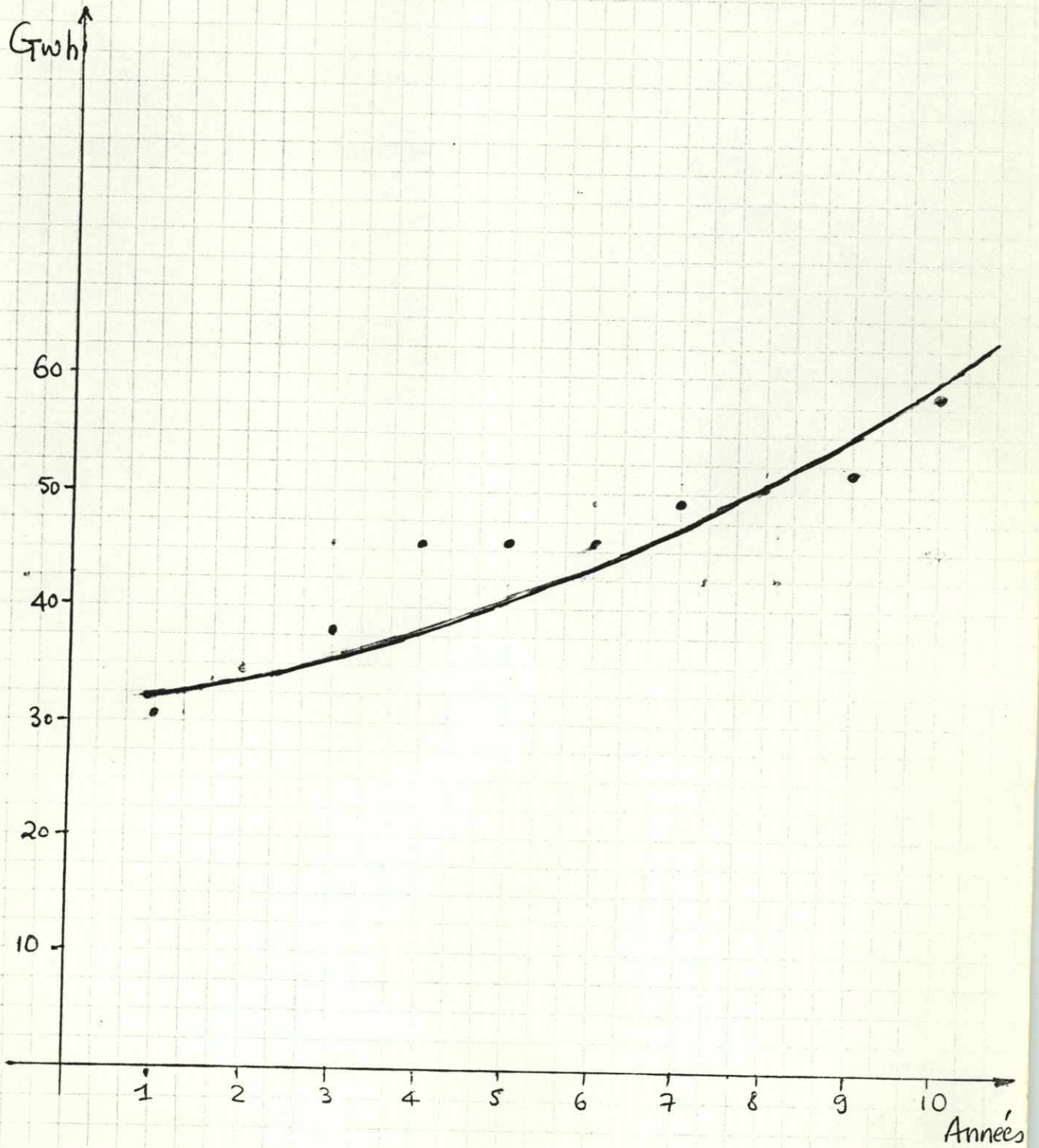
Graphique:



Electrogaz

Courbe de Consommation MT en fonction du temps (ANNEES)

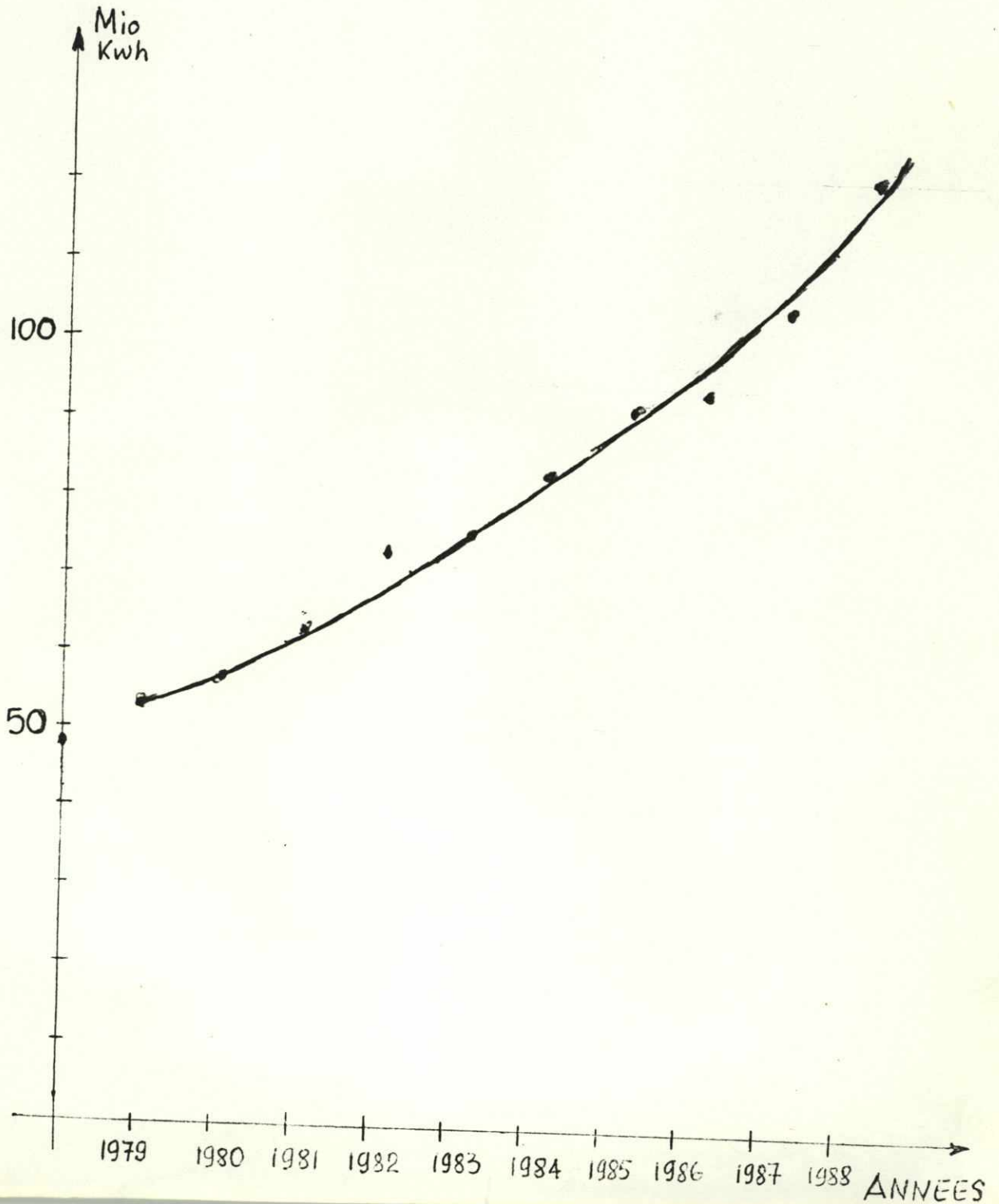
X_i	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Y_i	31.5	34.7	37.9	45.6	45.6	45.8	48.7	51.0	52.2	57.81



Electrogaz
Résultats d'Exploitation - Electricité

Energie Consommée.

ANNEE	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
MILLIONS DE KWH	53.3	57.7	63.8	73.43	75.4	83.9	92.4	95.04	105.24	120.9



La courbe de variation de l'énergie consommée en fonction du temps (années) est de la forme $ax^2 + bx + c$. Par la méthode dite des MOINDRES CARRES, on va déterminer la loi de variation de l'énergie consommée en fonction du temps. On va choisir les paramètres a, b et c de manière que leurs valeurs, d'après le théorème de la condition d'existence d'extrémum, vérifient le système d'équations :

$$\left. \begin{array}{l} \frac{\delta s}{\delta a} = 0 \\ \frac{\delta s}{\delta b} = 0 \\ \frac{\delta s}{\delta c} = 0 \end{array} \right\} S(a,b,c) = \sum [y_i - (ax^2_i + bx_i + c)]^2$$

$$\left. \begin{array}{l} \frac{\delta s}{\delta a} = -2 \sum [y_i - (ax^2_i + bx_i + c)] * \sum x^2_i = 0 \\ \frac{\delta s}{\delta b} = -2 \sum [y_i - (ax^2_i + bx_i + c)] * \sum x_i = 0 \\ \frac{\delta s}{\delta c} = -2 \sum [y_i - (ax^2_i + bx_i + c)] = 0 \end{array} \right\}$$

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{\delta s}{\delta a} &= -\sum y_i x_i^2 + a \sum x_i^4 + b \sum x_i^3 + c \sum x_i^2 = 0 \\ \frac{\delta s}{\delta b} &= -\sum y_i x_i + a \sum x_i^3 + b \sum x_i^2 + c \sum x_i = 0 \\ \frac{\delta s}{\delta c} &= -\sum y_i + a \sum x_i^2 + b \sum x_i + 10 c = 0 \end{aligned} \right.$$

$$\left\{ \begin{aligned} 25333 a + 3025 b + 385 c &= 38163,18 \\ 3025 a + 385 b + 55 c &= 5097,5 \\ 385 a + 55 b + 10 c &= 821,11 \end{aligned} \right.$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} 25333 & 3025 & 385 \\ 3025 & 385 & 55 \\ 385 & 55 & 10 \end{vmatrix} = 435600$$

$$\begin{vmatrix} 38163,18 & 3025 & 385 \\ 5097,5 & 385 & 55 \\ 821,11 & 55 & 10 \end{vmatrix}$$

$$a = \frac{\quad}{\Delta} = 0,29375$$

$$a = 0,294$$

25333	38163,18	385
3025	5097,5	55
385	821,11	10

$$b = \frac{\quad}{\Delta} = 3,81596$$

$$b = 3,82$$

25333	3025	38163,18
3025	385	5097,5
385	55	821,11

$$c = \frac{\quad}{\Delta} = 49,814049$$

$$c = 49,81$$

La courbe de variation de l'énergie consommée en fonction du temps a donc pour équation :

$$y = 0,294 x^2 + 3,82 x + 49,8$$

Si on vérifie pour quelques points du tableau :

par exemple : $x = 2$; $y = 58,616$

$x = 5$; $y = 76,25$

$x = 9$; $y = 107,994$

$x = 10$; $y = 117,4$

On remarque que les valeurs calculées d'après l'équation de la courbe sont très proches des valeurs réelles, c'est-à-dire des résultats du tableau.

On peut ici, en supposant le même rythme de croissance de l'énergie consommée en fonction des années, c'est à dire en considérant l'équation encore valable jusqu'à l'an 2000, faire les premières approximations de la quantité d'énergie dont on aura besoin à l'an 2000.

En prenant $x = 22$ (nombre d'années entre 1979 et 2000) on a que la quantité d'énergie:

$$y = 0,294 * (22)^2 + 3,82 * 22 + 49,8 = 276,138 \text{ GWH}$$

Loi de variation des abonnés BT en fonction du temps (années).

Années	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nombre d'abonnés BT en fonction du temps /1000	4,1	4,4	5,1	5,8	6,8	7,5	8,9	10,5	13,3	16,4

La courbe étant de la forme $ax^2 + bx + c$, on va encore une fois résoudre le problème par la méthode des moindres carrés .

$$\begin{cases} 25333 a + 3025 b + 385 c = 4425,8 \\ 3025 a + 385 b + 55 c = 560,4 \\ 385 a + 55 b + 10 c = 82,8 \end{cases}$$

$$= 435600$$

$$\begin{array}{|ccc|} \hline 4425,8 & 3025 & 385 \\ \hline 560,4 & 385 & 55 \\ \hline 82,8 & 55 & 10 \\ \hline \end{array}$$

$$a = \frac{\Delta}{\Delta} = 0,157$$

$$\begin{array}{|ccc|} \hline 25333 & 4425,8 & 385 \\ \hline 3025 & 560,4 & 55 \\ \hline 385 & 82,8 & 10 \\ \hline \end{array}$$

$$b = \frac{\Delta}{\Delta} = - 0,457$$

$$\begin{array}{|ccc|} \hline 25333 & 3025 & 4425,5 \\ \hline 3025 & 385 & 560,4 \\ \hline 385 & 55 & 82,8 \\ \hline \end{array}$$

$$c = \frac{\Delta}{\Delta} = 4,73$$

L'équation de la courbe est

$$y = 0,157 x^2 - 0,457 x + 4,73$$

Vérifions : $x = 1$; $y = 4,43$

$x = 5$; $y = 6,37$

$x = 10$; $y = 15,86$

Ces valeurs calculées s'écartent peu des résultats réels .
Considérons seulement l'évolution des abonnés BT sur les cinq dernières années .

x_i	1	2	3	4	5
y_i	7,5	8,9	10,5	13,3	16,4

$$\begin{cases} 979 a + 225 b + 55 c = 760,4 \\ 225 a + 55 b + 15 c = 192 \\ 55 a + 15 b + 5 c = 56,6 \end{cases}$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} 979 & 225 & 55 \\ 225 & 55 & 15 \\ 55 & 15 & 5 \end{vmatrix} = 700$$

L'équation de la courbe est

$$y = 0,157 x^2 - 0,457 x + 4,73$$

Vérifions : $x = 1$; $y = 4,43$

$x = 5$; $y = 6,37$

$x = 10$; $y = 15,86$

Ces valeurs calculées s'écartent peu des résultats réels .
Considérons seulement l'évolution des abonnés BT sur les cinq dernières années .

x_i	1	2	3	4	5
y_i	7,5	8,9	10,5	13,3	16,4

$$\begin{cases} 979 a + 225 b + 55 c = 760,4 \\ 225 a + 55 b + 15 c = 192 \\ 55 a + 15 b + 5 c = 56,6 \end{cases}$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} 979 & 225 & 55 \\ 225 & 55 & 15 \\ 55 & 15 & 5 \end{vmatrix} = 700$$

$$a = \frac{\begin{vmatrix} 760,4 & 225 & 55 \\ 192 & 55 & 15 \\ 56,6 & 15 & 5 \end{vmatrix}}{\Delta} = 0,33$$

$$b = \frac{\begin{vmatrix} 979 & 760,4 & 55 \\ 225 & 192 & 15 \\ 55 & 56,6 & 55 \end{vmatrix}}{\Delta} = 0,25$$

$$c = \frac{\begin{vmatrix} 979 & 225 & 760,4 \\ 225 & 55 & 192 \\ 55 & 15 & 56,6 \end{vmatrix}}{\Delta} = 6,96$$

On a l'équation $y = 0,33 x^2 + 0,25 x + 6,96$.
Vérifions : $x = 1$; $y = 7,54$

$$x = 3$$
 ; $y = 10,68$

$$x = 5$$
 ; $y = 16,46$

La loi de variation des abonnés BT en fonction du temps est régie par l'équation:

$$y = 0,33 x^2 + 0,25x + 6,96$$

On peut , à partir de cette équation , estimer le nombre d'abonnés BT pour l'an 2000.

En prenant $x = 17$ (correspondant à l'an 2000) ,

$$y = 10,580 \text{ abonnés BT}$$

Rythme de croissance des abonnés MT sur une durée de cinq ans (de 1984 à 1988).

x_i	1	2	3	4	5	Années
y_i	1,41	1,43	1,52	1,62	1,76	Nombre d'abonnés MT par centaines

$$972 a + 225 b + 55 c = 90,73$$

$$225 a + 55 b + 15 c = 24,11$$

$$55 a + 15 b + 5 c = 7,74$$

$$\Delta = 700$$

$$a = 0,018$$

$$b = -0,018$$

$$c = 1,406$$

La loi de variation est :

$$y = 0,018 x^2 - 0,018 x + 1,406$$

Vérifions:

$$x = 1 ; y = 1,406$$

$$x = 3 ; y = 1,622$$

$$x = 5 ; y = 1,766$$

En l'an 2000, le nombre d'abonnés MT sera égal à 630 .

Variation de l'énergie électrique consommée par les abonnés BT en fonction du temps (de 1979 à 1988).

Tableau :

x_i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
y_i	21,8	23	25,9	28	29,8	38,1	43,7	44	52	63,03

Par la méthode des moindres carrés ,on a le système d'équation

$$\begin{cases} 25333 a + 3025 b + 385 c = 18386,8 \\ 3025 a + 385 b + 55 c = 2391,6 \\ 385 a + 55 b + 10 c = 369,36 \end{cases}$$

$$\Delta = 435600$$

$$a = 0,39 ; b = 0,092 ; c = 21,475$$

L'équation de la loi de variation est :

$$y = 0,39 x^2 + 0,092 x + 21,475$$

$$\text{Vérifions : } x = 2 ; y = 23,219$$

$$x = 5 ; y = 31,685$$

$$x = 10 ; y = 61,395$$

Pour l'an 2000 , l'énergie qui sera consommée par les abonnés BT sera égale à 212,259 GWH .

A défaut d'une planification des abonnements MT jusqu'à l'an 2000, on va aussi évaluer l'énergie qui sera consommée par cette catégorie d'abonnés par la même méthode des moindres carrés à partir des données statistiques(d'Electrogaz) de 1984 à 1988 .

Tableau :

x_i	1	2	3	4
y_i	45,8	48,7	51,0	53,2

$$\begin{cases} 979 a + 225 b + 55 c = 2995,8 \\ 225 a + 55 b + 15 c = 798 \\ 55 a + 15 b + 5 c = 256,5 \end{cases}$$

$$\Delta = 700 \quad ; a = 0,235 \quad ; b = 1,436 \quad ; c = 44,4$$

$$\text{Equation : } 0,235 x^2 + 1,436 x + 44,4$$

$$\text{Vérifions : } x = 1 \quad ; y = 46,071$$

$$x = 3 \quad ; y = 50,823$$

$$x = 5 \quad ; y = 57,455$$

Pour l'an 2000, $y = 136,727$ GWH.

En additionnant les consommations BT et MT pour l'an 2000 , on a que l'énergie électrique totale qui sera consommée est égale à :

$$(136,727 + 212,259) = 348,986 \text{ GWH}$$

On a jusqu'ici deux valeurs calculées d'énergie électrique à consommer en l'an 2000 : $(136,727 + 212,259) = 348,986$ GWH

On va prendre la moyenne arithmétique de ces deux valeurs comme valeur approchée de la consommation de l'énergie :

$$\frac{348,986 + 278,138}{2} = 313 \text{ GWH}$$

3.2. Analyse comparative de la production et de la charge électrique .

C'est l'augmentation des abonnements BT et MT au cours du temps, par conséquent l'augmentation des équipements électriques et de l'énergie consommée, qui caractérise l'évolution de la charge électrique connectée à un réseau électrique. Les institutions ayant la production de l'énergie électrique dans leurs attributions doivent à tout instant être à mesure de répondre à l'appel de puissance des abonnés. C'est pourquoi l'évolution de la charge doit aller de paire avec celle de la production .

A défaut de moyens d'augmenter la production, on recourt aux importations d'énergie pour satisfaire les demandes des consommateurs .La présente analyse de la production d'énergie électrique au Rwanda et de la charge électrique connectée du réseau national se bornera sur les 10 dernières années. Trois quantités fondamentales qui sont : la puissance installée, la pointe moyenne et l'importation d'énergie permettront de faire cette analyse .

De 1979 à 1982 ,le pays avait une puissance installée de 14,3MW dans les centrales de Ntaruka ,Gisenyi,Gatsata et autres groupes électrogènes . La puissance de pointe a respectivement été de 9,8MW ,de 12,3 MW et de 14,3 MW .Cette augmentation progressive de la charge sans augmentation de la puissance installée a conduit à une croissance des importations d'énergie .

On a importé de Rusizi I 31663 MWH en 1979 ,48492 MW en 1980 et 56949 MWH en 1981 ,soit plus de 70 % de la consommation totale de cette année.

En 1982 ,avec la mise en service de la Mukungwa ,la puissance installée devint égale à 26,75 MW. Les importations de Rusizi I commencèrent à diminuer jusqu'à 30 % .La pointe moyenne a été de 16,1 MW .

En 1983 ,la puissance installée n'a pas varié, mais la pointe moyenne a monté à 17,1 MW .Les importations ont chuté jusqu'à 12448MWH .

En 1984, l'arrêt de quelques groupes électrogènes diminua la puissance installée de 0,15 MW .La pointe moyenne monta à 18 MW .

L'exploitation de Mukungwa minimisa les importations à 10,3 % ou 10867 MWH .

En 1985 ,une nouvelle centrale vit le jour et augmenta la puissance installée qui devint égale à 28,4 MW .C'est la centrale hydro-électrique de GIHIRA .La pointe moyenne de l'année fut égale à 19,4 MW, les importations de 20674 MWH .

Les années 1986,1987 et 1988 furent aussi caractérisées par une puissance installée constante de 28,4 MW et une très grande augmentation de la charge électrique puisque la pointe moyenne a été respectivement de 21,8MW , de 24,85 MW et de 28,58 MW . Les importations ont oscillé autour de 20 GWH : 21,8 ; 18,3 et 19,9 MW . On peut ici signaler cette augmentation de la puissance installée par la mise en service en 1989 de la Rusizi II ,commune aux trois pays de la C.E.P.G.L.

L'on remarque alors que notre pays ne se suffit pas en énergie électrique parce que nos centrales ne sont pas à mesure de supporter la charge électrique des consommateurs.On a ,dans notre analyse ,confronter la pointe moyenne à la puissance totale installée qui se montre quand même encore supérieure. Quelqu'un se demanderait alors le pourquoi des importations d'énergie . La réponse est que la puissance installée est très théorique parce qu'elle n'est pas toujours disponible: les pannes et les réparations ,la diminution du débit de turbinage ,les travaux techniques périodiques comme les révisions et les réhabilitations,le manque de combustible pour la thermo-électricité et tant d'autres variables aléatoires fluctuent la quantité de puissance produite. Pour la continuité de service du réseau ,la puissance installée doit être supérieure à la charge maximale ou complétée par des achats ,cas actuel du Rwanda .

3.3 Evaluation des besoins en énergie électrique pour l'an 2000.

Pour pouvoir planifier la production de l'énergie électrique, c'est à dire le nombre et la puissance des centrales existantes et à construire ,ou prévoir les modalités d'importation,les énergéticiens sont tenus à évaluer approximativement la charge à recouvrir pour un temps donné.Ils font des enquêtes,étudient les plans de développement des différents secteurs consommateurs d'énergie électrique ,font des analyses sérieuses des orientations politiques,de la situation socio-économique de la population et des résultats statistiques des temps passés.

Ce travail restera dans les normes d'étude statistique, les autres méthodes ci-haut mentionnées pouvant y apporter quelques précisions. Par la méthode des moindres carrés utilisée dans la section 3.1.1, il a été établie quelques lois de variation de la variable énergie électrique consommée en fonction du temps.

Ce sont ces lois qui permettront d'évaluer la situation de l'an 2000.

a) ENERGIE TOTALE CONSOMMEE EN FONCTION DU TEMPS :

$$y = 0,294 x^2 + 3,82 x + 49,8$$

où y = énergie électrique consommée en GWH .
 x = années (à compter à partir de 1979).

Pour l'an 2000 , $x = 22$ et $y = 276,138$ GWH .

b) ENERGIE CONSOMMEE PAR ABONNES MT EN FONCTION DU TEMPS:

$$y = 0,235 x^2 + 1,436 x + 44,4$$

Al'an 2000 ($x = 17$) , $y = 136,727$ GWH

c) ENERGIE CONSOMMEE PAR ABONNES BT EN FONCTION DU TEMPS:

$$y = 0,39 x^2 + 0,092 x + 21,475$$

Pour l'an 2000 ($x = 22$) , $y = 212,259$ GWH

d) ENERGIE TOTALE A CONSOMMER EN L'AN 2000:

$$(212,259 + 136,727) \text{ GWH} = 348,986 \text{ GWH.}$$

Avec deux quantités d'énergie électrique à consommer en l'an 2000 , au lieu de rejeter l'une et de garder l'autre, il est plus logique de faire la moyenne arithmétique des deux valeurs .Ce calcul montre que ,fin l'an 2000, les centrales raccordées au réseau rwandais devront avoir pu débiter dans ce dernier une énergie électrique qui est autour de 313 GWH en plus des pertes :

$$\frac{276,138 + 348,986}{2} = 313,562 \text{ GWH .}$$

2

$$= 313 \text{ GWH .}$$

3.4. Estimation de la charge électrique de l'an 2000

Ayant la quantité d'énergie électrique à consommer pour l'an 2000, il manque le temps de charges maximales T_{max} pour pouvoir approximer la charge électrique maximale qui sera connectée au réseau rwandais.

$$T_{max} = \frac{A}{P_{max}} \quad \text{où : } A = \text{énergie électrique consommée,}$$

P_{max} = puissance de pointe,

T_{max} = temps de charges maximales

Variation de T_{max} au cours des 10 dernières années.

Années	Energie consommée [GWH]	Pointe [MW]	T_{max} [heures]
1979	53,3	9,8	5439
1980	57,7	12,3	4691
1981	63,8	14,3	4461
1982	73,4	16,1	4559
1983	75,4	17,1	4409
1984	83,9	18	4661
1985	92,4	19,4	4763
1986	95	21,8	4358
1987	105,2	24,85	4242
1988	120,87	28,58	4226

ΔS_1 = pertes dans les lignes .

$$= x_0 l = \left(0,144 \log \frac{D_m}{r_c} + 0,016 \right) l$$

x_0 = résistance inductive spécifique des conducteurs .

D_m = distance moyenne entre conducteurs de phase .

r_c = rayon de la section des conducteurs.

l = longueur de la ligne .

r_1 = résistance active de la ligne
 $= r_0 * l$

r_0 = résistance spécifique des conducteurs

$$r_0 = \frac{\rho}{F} = \frac{1000}{\gamma F}$$

= résistivité du conducteur

F = section des conducteurs
1000

$$\gamma = \frac{1000}{\rho} = \text{conductance spécifique}$$

On voit que si la charge ($P + j Q$) augmente , les deux types de pertes vont aussi augmenter. Lorsque le $\cos\phi$ d'un réseau est mauvais , les pertes de puissance (et d'énergie) dans ce réseau augmentent. C'est ce qui arrive avec les extensions quand on met sous tension une nouvelle ligne au bout de laquelle n'est raccordée qu'une petite charge .

La puissance réactive générée par la capacité linéique augmente aussi les pertes dans le réseau. Elle est fonction de la longueur, de la tension et de la conductance réactive de la ligne :

$$Q_L = U_1 b_0 l .$$

En calculant T_{max} de chaque année, l'énergie totale facturée au consommateurs x et la pointe maximale annuelle ont été utilisées dans la formule :

$$T_{max} = \frac{A}{P_{max}}$$

L'expression d'énergie (au numérateur) ne tenant pas compte des pertes dans le réseau contrairement à P_{max} qui inclut les pertes de puissance dans le réseau (au dénominateur), et, suivant ce qui vient d'être dit plus haut, il est clair que T_{max} doit aller en diminuant.

En approximant T_{max} du réseau rwandais à 4000 heures pour l'an 2000, et ayant l'énergie totale d'énergie à consommer pour l'an 2000, il est possible d'estimer l'ordre de grandeur de la charge électrique à recouvrir en l'an 2000 par la formule :

$$P_{max} = \frac{A}{T_{max}}$$
$$= \frac{313 \text{ GWh}}{4000 \text{ h}} = \underline{\underline{78 \text{ MW}}}$$

Les centrales qui seront connectées au réseau rwandais en l'an 2000 devront pouvoir produire 78 MW pour répondre à l'appel de puissance des consommateurs d'énergie électrique.

CHAPITRE 4 : POSSIBILITES DE RECOUVREMENT ET PROPOSITIONS .

Jusqu 'ici , il était question d 'étudier l' évolution des besoins en énergie électrique et de la charge au Rwanda . Ce chapitre essayera de proposer des moyens susceptibles de recouvrir ces besoins . Comme il a été mentionné au premier chapitre , l' équilibre entre l' énergie électrique produite et consommée est techniquement imposé : l' on produit autant que l' on doit consommer .

La consommation totale d' énergie électrique pour l' an 2000 , comme estimée au point 3.1 , est quelque peu supérieure à 300 GWH. Considérant la puissance totale installée de nos centrales et leur productible annuel , il s' avère indispensable de construire d' autres centrales pour pouvoir couvrir les besoins en énergie électrique qui seront supérieurs à la capacité de production nationale (+ Rusizi II) d' ici une année . Pour l' an 2000 , les centrales qui seront connectées au réseau rwandais devront avoir au moins une puissance totale installée de 78 MW .

Actuellement , la puissance totale installée des centrales hydro-électriques et de la centrale thermique de Gatsata est de 29.93 MW . Si on y inclut celle de Rusizi II (8.89 MW) et des micro-centrales (0.6 MW) , l' on arrive à une puissance installée de 38 MW seulement . La différence de 40 MW est à installer progressivement à partir de 1991 au moins .

4.1. Formes d' énergies exploitables et leur rentabilité .

L' hydro-électricité :

C' est la production de l' énergie électrique à partir de l' énergie hydraulique des masses d' eau des lacs et des rivières. Elle est la plus exploitée au Rwanda parce que la presque totalité des centrales sont hydro-électriques . Ces centrales sont les mieux indiquées parce qu' elles sont relativement moins chères . Le potentiel hydraulique rwandais n' est pas négligeable parce que son relief et ses précipitations le favorisent . Le Rwanda possède des rivières intérieures exploitables pour aménager des centrales ou des micro-centrales . Toutefois , le potentiel hydraulique le plus élevé se trouve sur des sites frontaliers . Leur exploitation au sein des communautés économiques régionales est à encourager .

Pour des rivières intérieures la politique énergétique nationale pourrait envisager la construction des centrales hydro-électriques sur la Nyabarongo, la Mukungwa, la Kagitumba et des micro-centrales sur de petites rivières qui seraient rentables dans des régions éloignées du réseau électrique nationale.

La thermo-électricité:

A défaut de gisements de charbon, de produits pétroliers ou d'Uranium, la thermo-électricité n'est pas recommandable pour recouvrir les besoins en énergie électrique en cas du Rwanda.

L' on a seulement une centrale thermique (centrale diesel) de Gatsata qui sert de centrale de secours au réseau rwandais. Elle fonctionne au gas oil importé de l'étranger. Il serait aberrant de recourir à la thermo-électricité pour recouvrir les besoins de l'an deux mille parce que le combustible coûterait cher.

La géothermie:

Il s'agit de la production de l'énergie électrique à partir des eaux chaudes contenues dans les roches provenant de la croûte terrestre. L'eau et la vapeur géothermiques à haute température sont utilisées dans la production de l'énergie électrique à bas prix comparativement à la thermo-électricité puisque l'on se passe de la chaudière et du combustible. Les sites de Mashyuza (Cyangugu) et de Kivaga (Gisenyi) sont des cas à étudier techniquement et économiquement.

L'énergie éolienne :

Les mouvements des masses d'air de l'atmosphère dus aux différences de température créées par les différences d'absorption solaire sont transformables en énergie mécanique capable d'entraîner des générateurs. La puissance de l'éolienne est assez suffisante pour l'éclairage d'une ou deux maison(s) d'habitation, mais elle ne mérite pas d'être recommandée comme solution aux problèmes énergétiques.

4.2. Choix d'une solution optimale.

L'énergie électrique devient de plus en plus un besoin de tout rwandais à revenu moyen de telle sorte que les demandes de raccordement pourraient augmenter dans les années à venir.

La charge que devra supporter le réseau rwandais a été estimée à 78 MW pour l'an 2000 dans les chapitres précédents. Les possibilités de recouvrement de cette charge sont à choisir parmi les différentes formes de production de l'énergie électrique ci-haut exposées et à les compléter par des importations au cas où la production nationale serait à la quantité requise .

Le potentiel hydraulique vient à la tête des autres ressources énergétiques dont dispose le Rwanda pour produire de l'énergie électrique .

Les rivières de la Mukungwa , de la Rukarara et de la Nyabarongo présente des sites intérieurs exploitables , sans oublier des sites frontaliers que l'on peut exploiter au sein des communautés économiques régionales (la C.E.P.G.L. et l'O.B.K.) .

Il serait aussi possible et rentable de construire des micro-centrales sur les petites rivières intérieures .

Dans un cas comme dans l'autre , des études technico-économiques sont à promouvoir par les planificateurs énergéticiens .

CONCLUSION

Sans avoir l'assurance de mettre en évidence les valeurs exactes de l'énergie électrique à consommer et de la charge électrique à recouvrir à l'an 2000 au Rwanda, ce travail a exploité une méthode de planification qui a montré l'ordre de grandeur des inconnues recherchées .

En étudiant l'évolution réelle de la quantité d'énergie électrique consommée par an sur une durée de dix ans, il a été établi une loi de variation dans le temps qui a permis d'évaluer les besoins de l'an 2000. La charge maximale à recouvrir a été déduite de la formule :

$$P_{\max} = \frac{A}{T_{\max}}, \text{ où } P_{\max} \text{ est la charge}$$

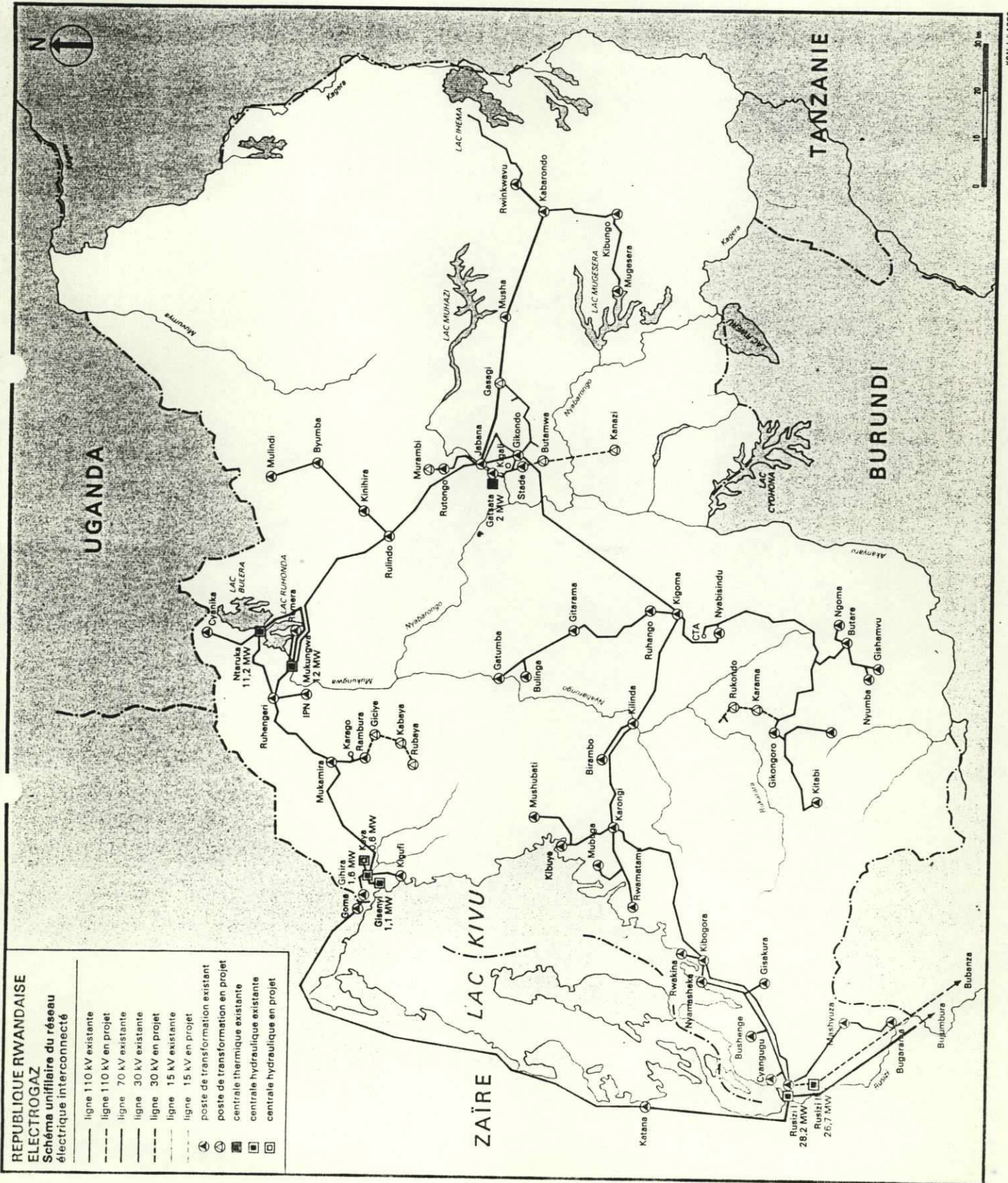
maximale en question , A l'énergie électrique estimée pour l'an 2000 et T_{\max} le temps de charges maximales approximé à 4000 h après avoir examiné sa variation de 1979 à 1988 .

Les valeurs de 313 GWH et de 78 MW calculées pourraient être légèrement modifiées par l'analyse de quelques autres données techniques et socio-économiques que ce travail s'est passé de faire . Les conditions dans lesquelles il a été effectué ont fait qu'il soit tel qu'il est .

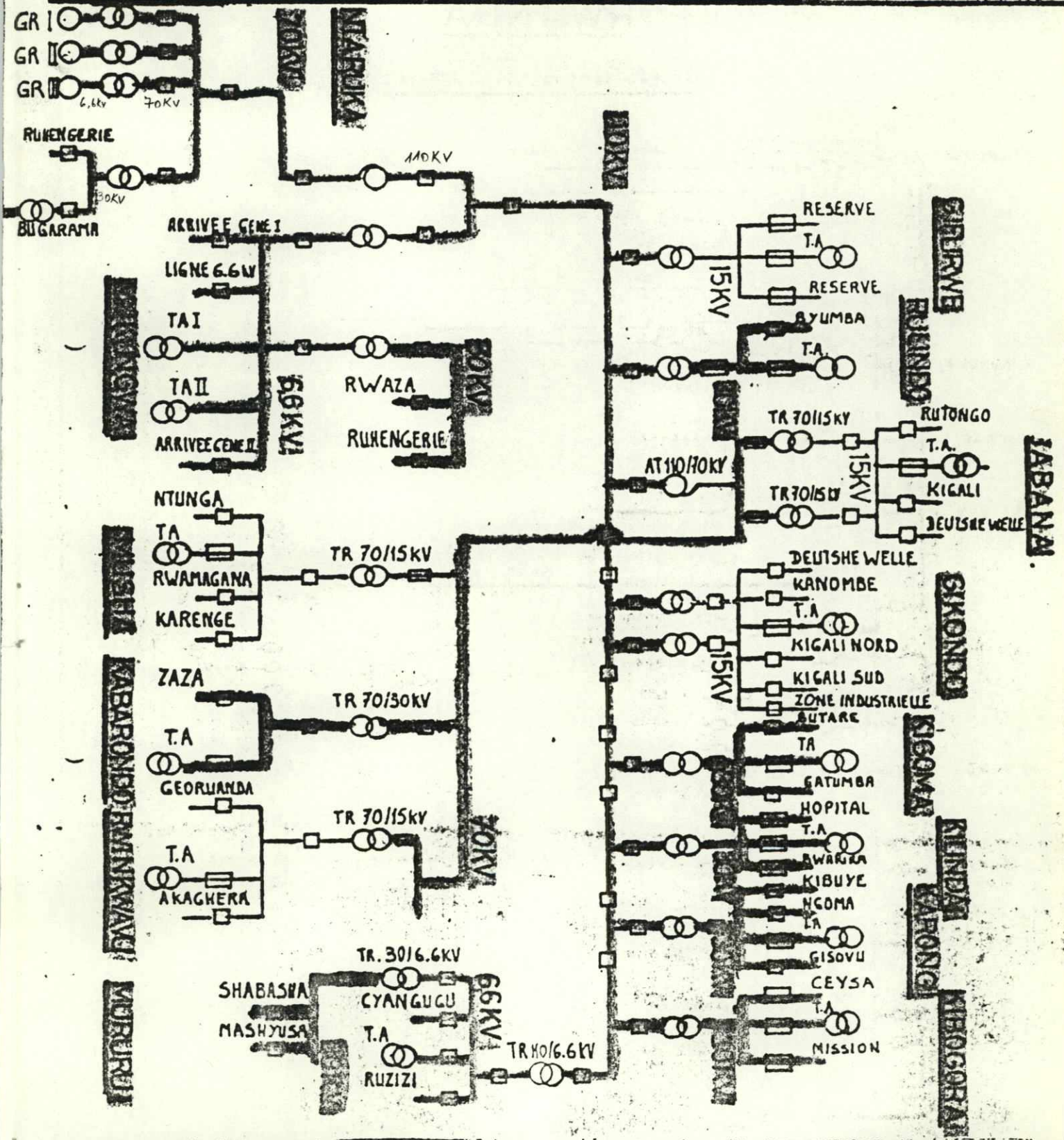
BIBLIOGRAPHIE:

1. PELISSIER , R : 1971, Les réseaux d' énergie électrique, Paris, Ed. DUNOD , 254 p, avec illustrations, tome 1.
2. PELISSIER , R : 1971, Les réseax d'énergie électrique, Paris, Ed. DUNOD , 278 p, avec illustrations, tome 3
3. L.BOYLESTAD , R : 1985, Analyse de Circuits, Ottawa, Ed. du Renouveau Pédagogique Inc., 758 p, avec illustrations
4. WILDI , T : 1978, Electrotechnique, Québec , Les Presses de l'Université LAVAL, 932 p, avec illustrations .
5. NDAGIJIMANA , C : 1989, Distribution de l' Energie Electrique (Notes de Cours), Butare .
6. NDAGIJIMANA , C : 1989, Production de l' Energie Electrique (Notes de Cours), Butare .
7. NYAMINANI , F : 1989, Utilisation de l' Energie Electrique (Notes de Cours), Butare .
8. MINISTERE DES RESSOURCES NATURELLES : 1983, Politique Energétique du Rwanda, Kigali , 28 p .
9. MINISTERE DES RESSOURCES NATURELLES (BUNEP/EPFL): 1983, Etude du Secteur Energétique au Rwanda, Synthèse Générale, Kigali, 97 p .

A N N E X E S



DOMAINES	
PRODUCTION	
TRANSPORT	
DISTRIBUTION	
SECURITE	
AFFAIRES GENERALES	



ELECTRICITE DE FRANCE INTERNATIONALE

MISSION DE CONSEIL
A.

ELECTROGAZ.

Code : 6/017

Date : 6.11.86

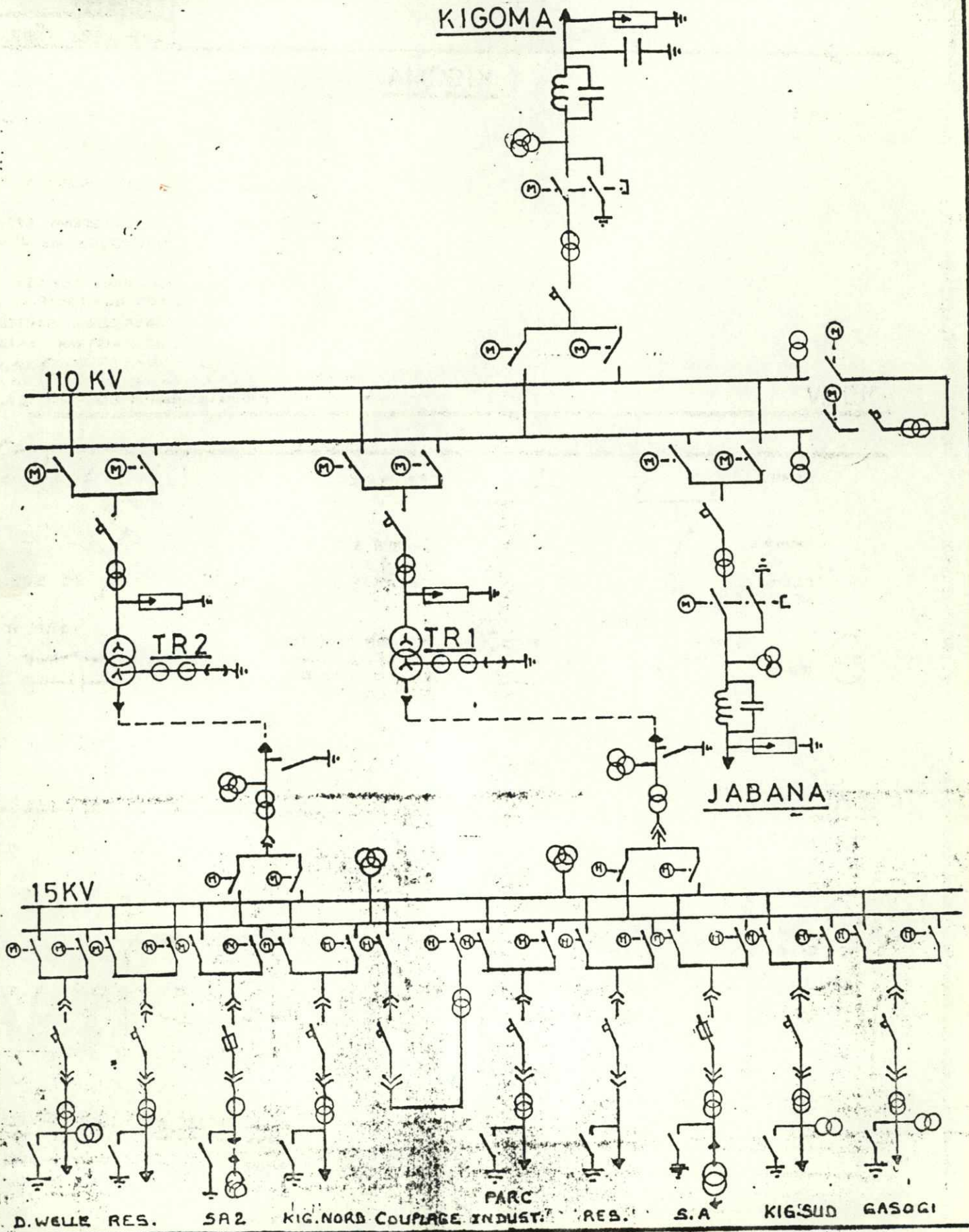
110KV
70KV
30KV
15KV
6.6KV

ELECTROGAZ

Service Electricité
Section Exploitation
Bureau Central de Maintenance

POSTE 110/15KV

DE
GIKONDO

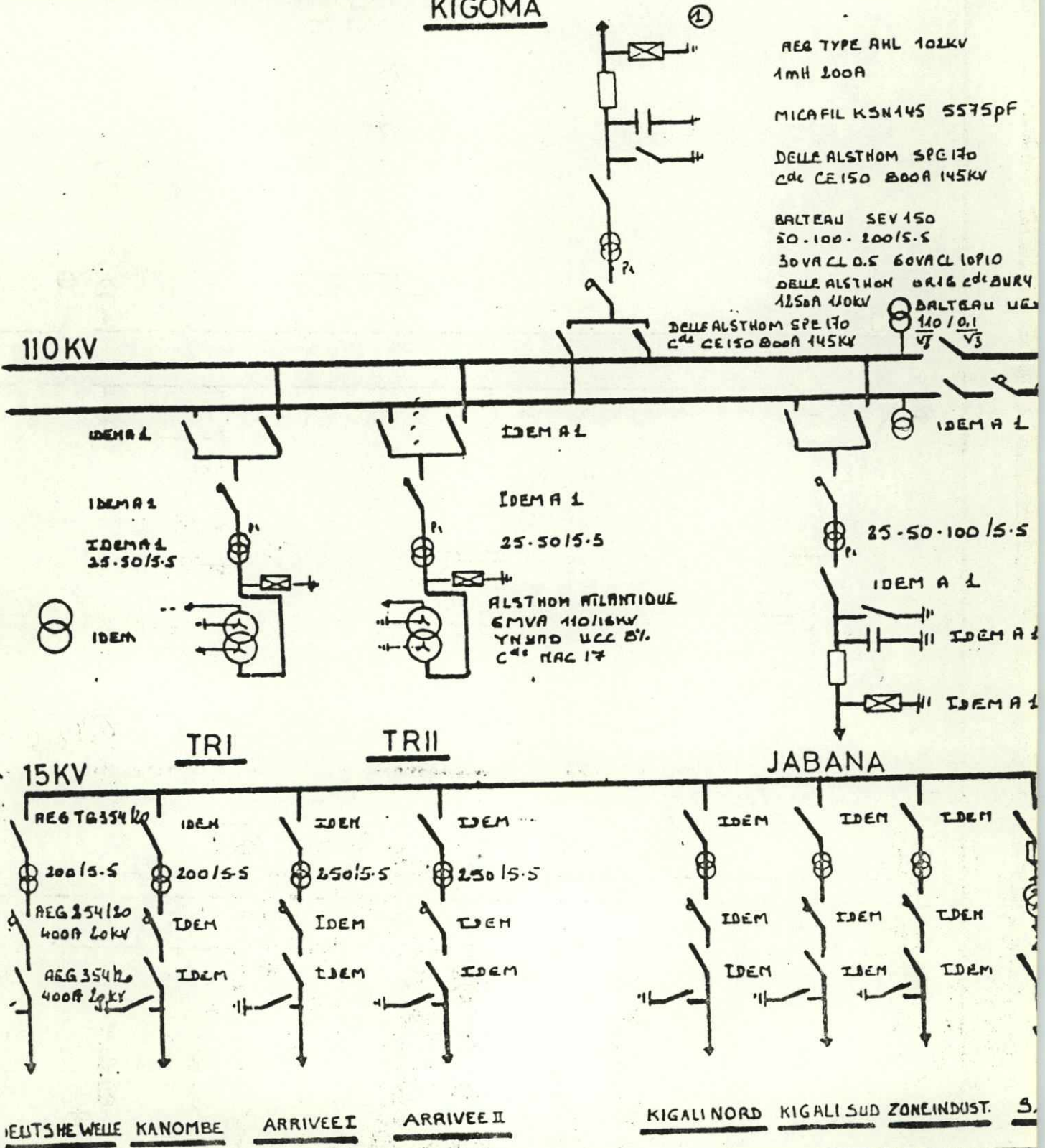


ETABLISSEMENT PUBLIC DE PRODUCTION
DE TRANSPORT ET DE DISTRIBUTION
D'ELECTRICITE D'EAU ET DE GAZ
ELECTROGAZ

GIKONDO

DOMAINES	
PRODUCTION	
TRANSPORT	
DISTRIBUTION	
SECURITE	
AFFAIRES GENERALES	

KIGOMA



ELECTRICITE DE FRANCE INTERNATIONALE

MISSION DE CONSEIL

Code : 6/010

Date : 11.11.86

ETABLISSEMENT PUBLIC DE PRODUCTION
DE TRANSPORT ET DE DISTRIBUTION
D'ELECTRICITE, D'EAU ET DE GAZ
ELECTROGAZ

JABANA

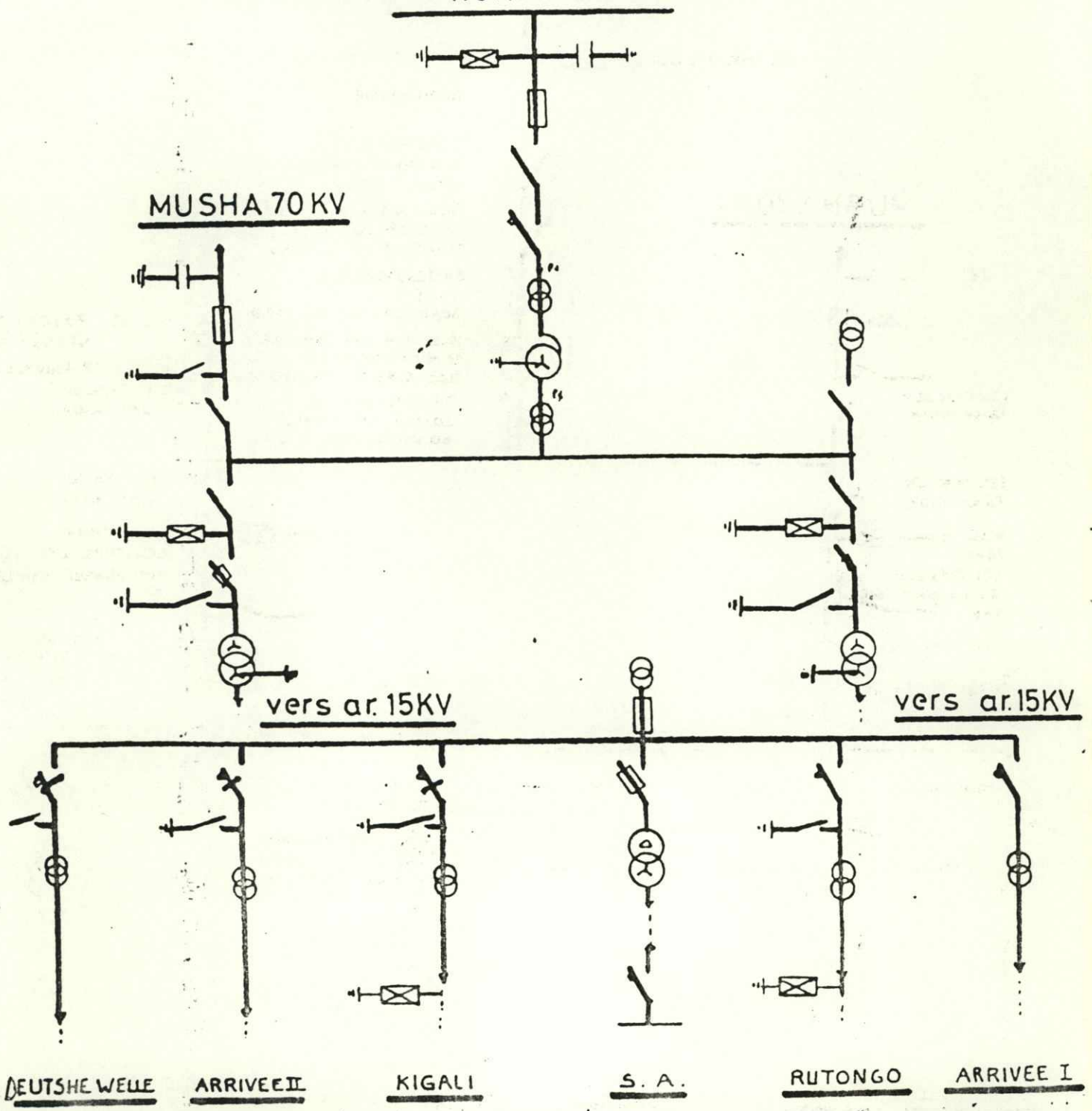
DOMAINES	
PRODUCTION	
TRANSPORT	
DISTRIBUTION	
SECURITE	
AFFAIRES GENERALES	

MUKUNGWA

GIKONDO

110KV

MUSHA 70KV



DEUTSHE WELLE


ARRIVEE II

KIGALI

S. A.

RUTONGO

ARRIVEE I

 **ELECTRICITE DE FRANCE INTERNATIONAL**

Code : 61010

MISSION DE CONSEIL
A

Date : 11.11.86

ETABLISSEMENT PUBLIC DE PRODUCTION
DE TRANSPORT ET DE DISTRIBUTION
D'ELECTRICITE D'EAU ET DE GAZ

ELECTROGAZ

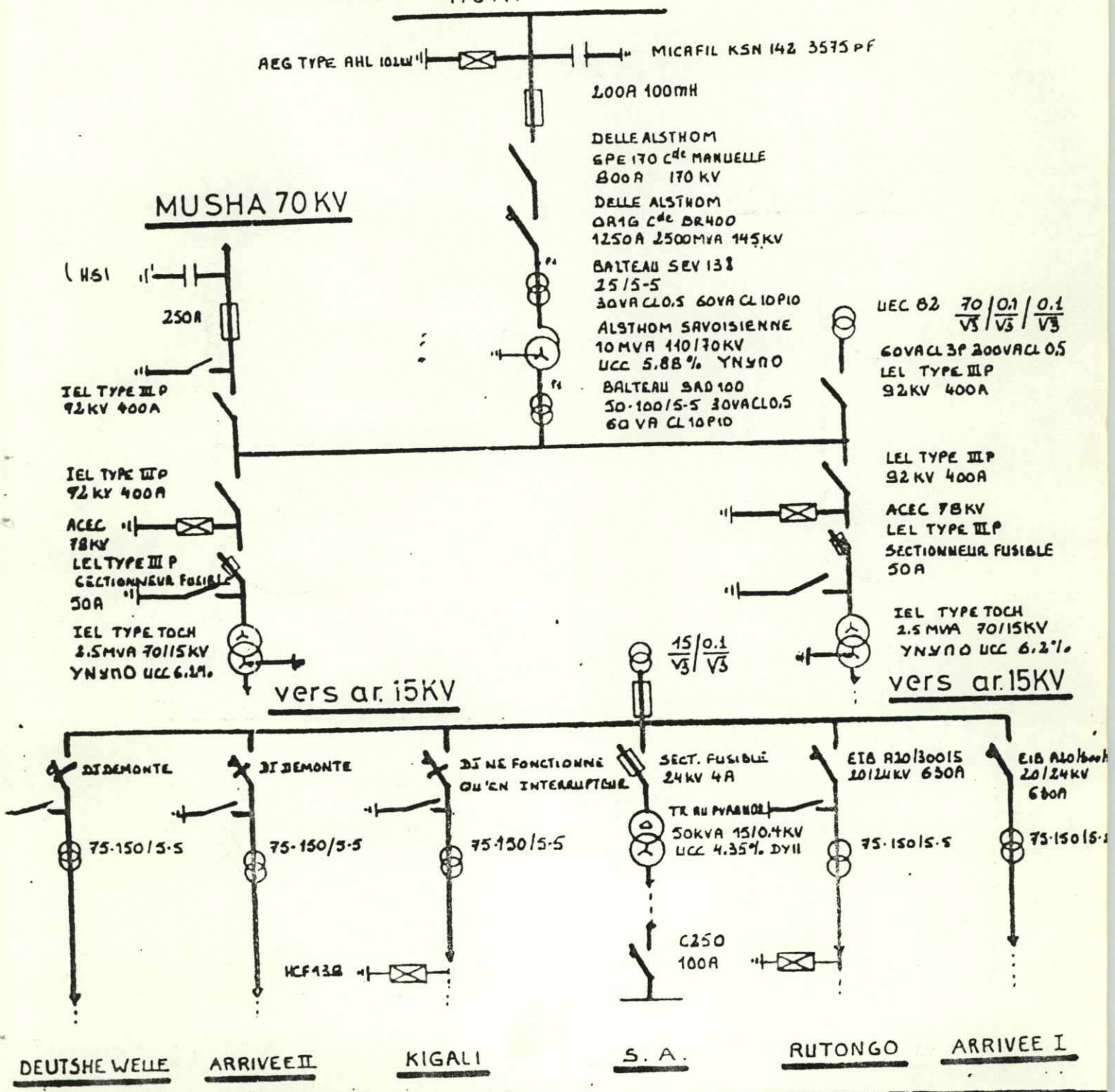
JABANA

DOMAINES	
PRODUCTION	
TRANSPORT	
DISTRIBUTION	
SECURITE	
APPAIRES GENERALES	

MUKUNGWA

GIKONDO

110KV



ELECTRICITE DE FRANCE INTERNATIONAL

MISSION DE CONSEIL
A

Code : 61010

Date : 11.11.86

ETABLISSEMENT PUBLIC DE PRODUCTION
DE TRANSPORT ET DE DISTRIBUTION
D'ELECTRICITE D'EAU ET DE GAZ

ELECTROGAZ

MUSHA

DOMAINES

PRODUCTION

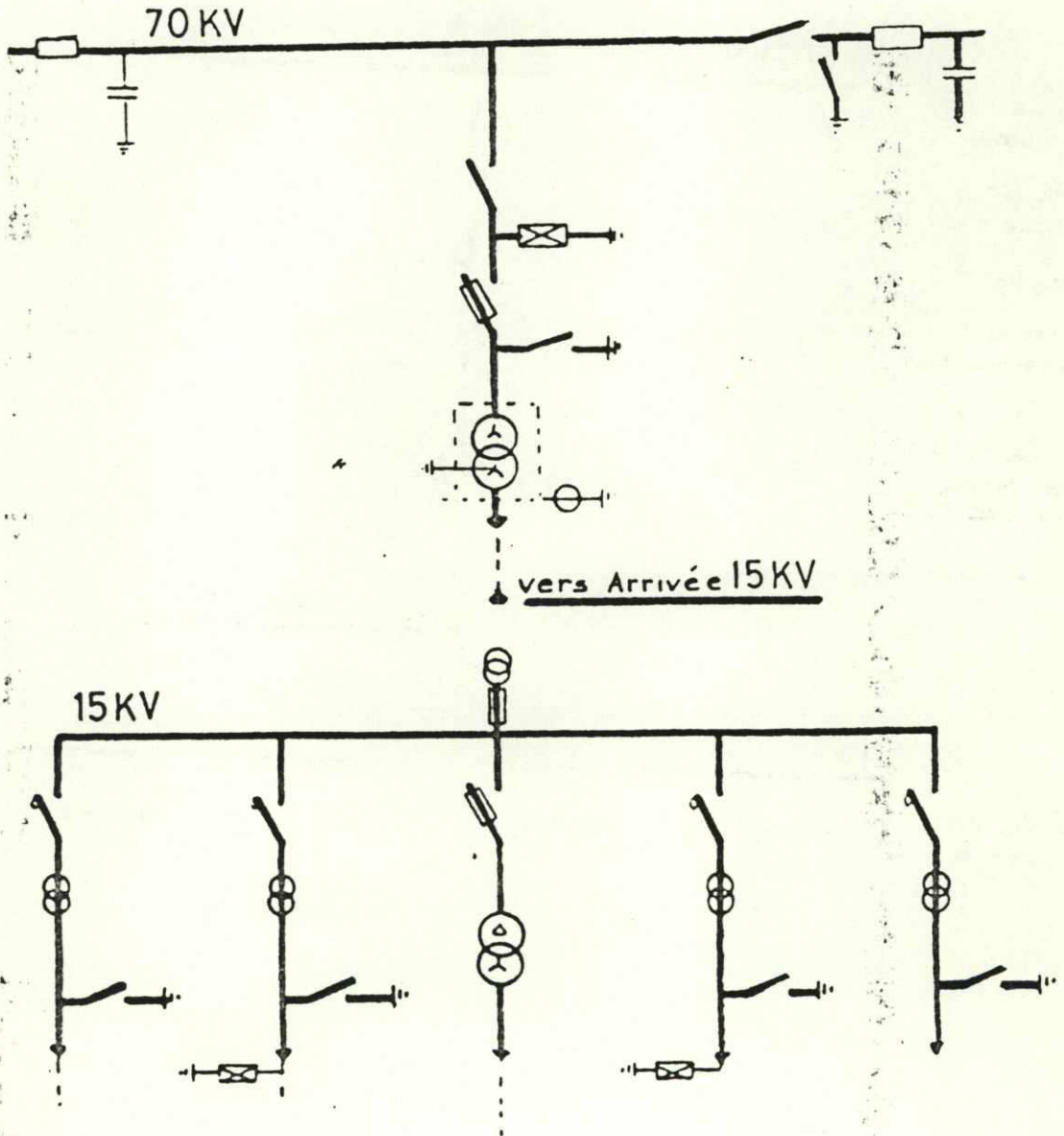
TRANSPORT

DISTRIBUTION

SECURITE

AFFAIRES GENERALES

JABANA



ARRIVEE TR MUSHA SERVICES AUX RWAMAGANA KARENGE



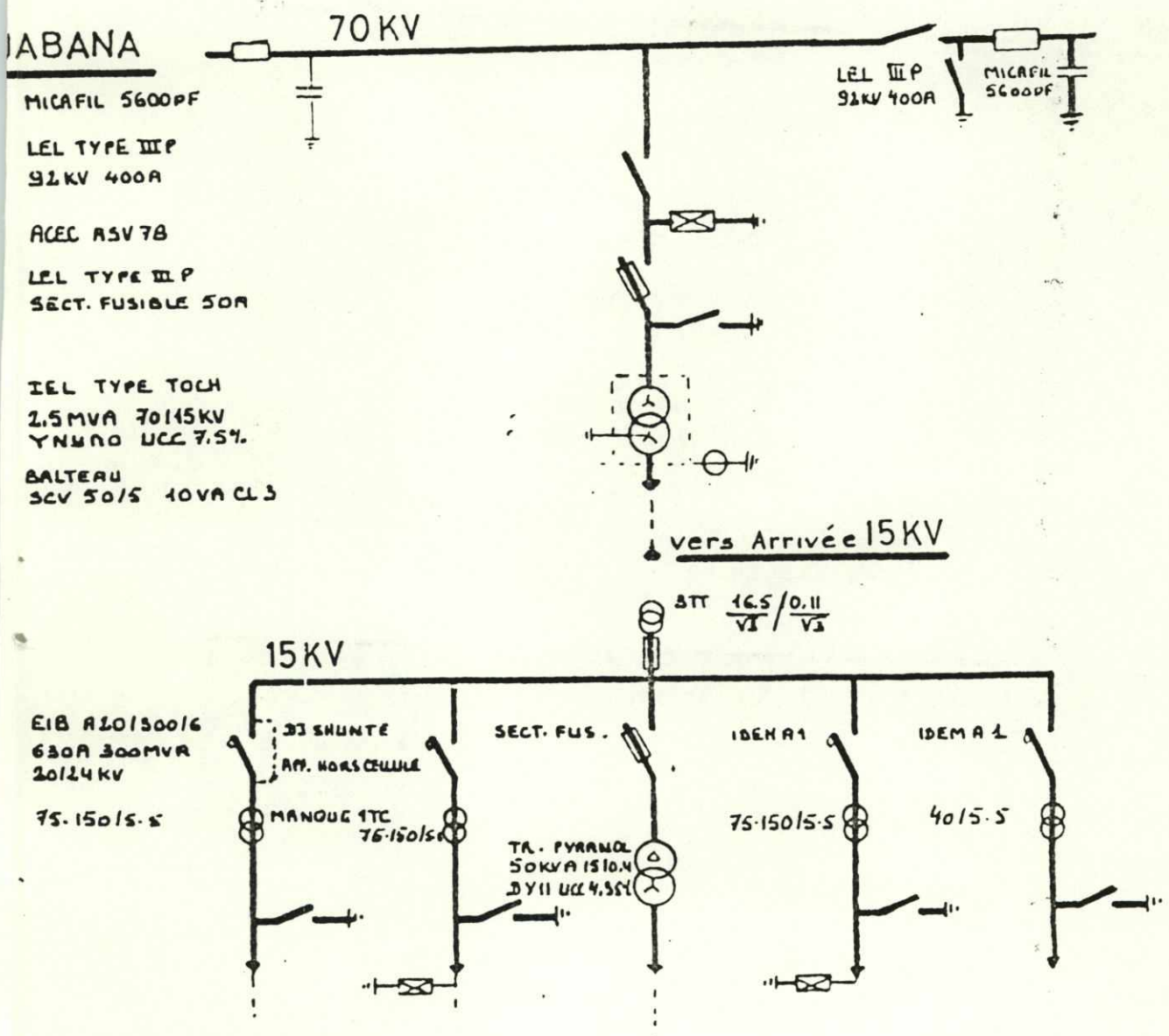
ELECTRICITE DE FRANCE INTERNATIONAL

MISSION DE CONSEIL
A

Code : 5/010

Date : 11.11.86

ETABLISSEMENT PUBLIC DE PRODUCTION DE TRANSPORT ET DE DISTRIBUTION D'ELECTRICITE D'EAU ET DE GAZ ELECTROGAZ	<h1>MUSHA</h1>		DOMAINES
			PRODUCTION
			TRANSPORT
			DISTRIBUTION
			SECURITE
		APPAIRES GENERALES	



ARRIVEE TR MUSHA SERVICES. AUX. RWAMAGANA KARENGE
 SOMIRWA

ETABLISSEMENT PUBLIC DE PRODUCTION
DE TRANSPORT ET DE DISTRIBUTION
D'ELECTRICITE D'EAU ET DE GAZ

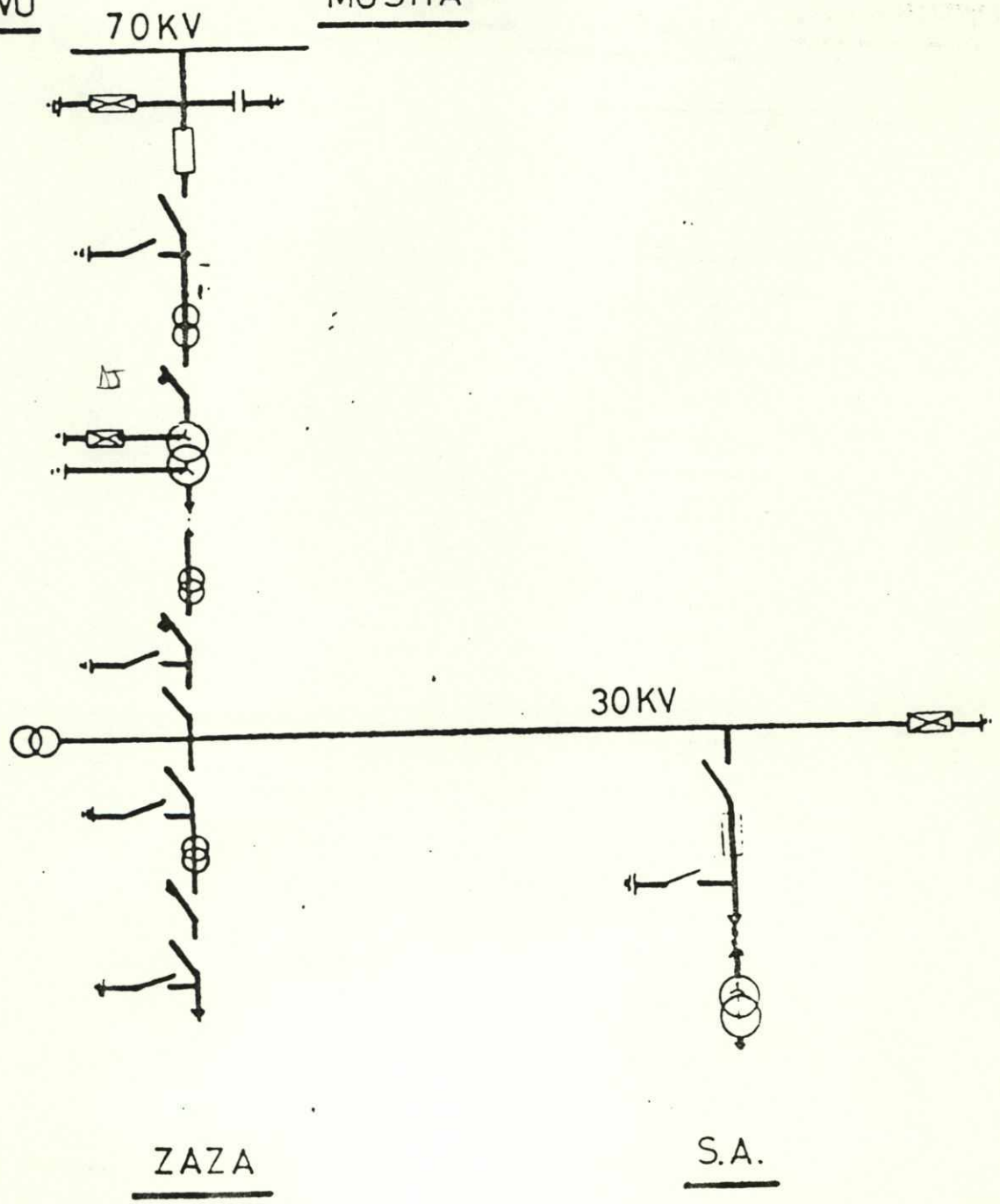
ELECTROGAZ

KABARONDO

DOMAINES
PRODUCTION
TRANSPORT
DISTRIBUTION
SECURITE
AFFAIRES GENERALES


RWINKWAVU

MUSHA



ZAZA

S.A.

 ELECTRICITE DE FRANCE INTERNATIONAL

MISSION DE CONSEIL
A

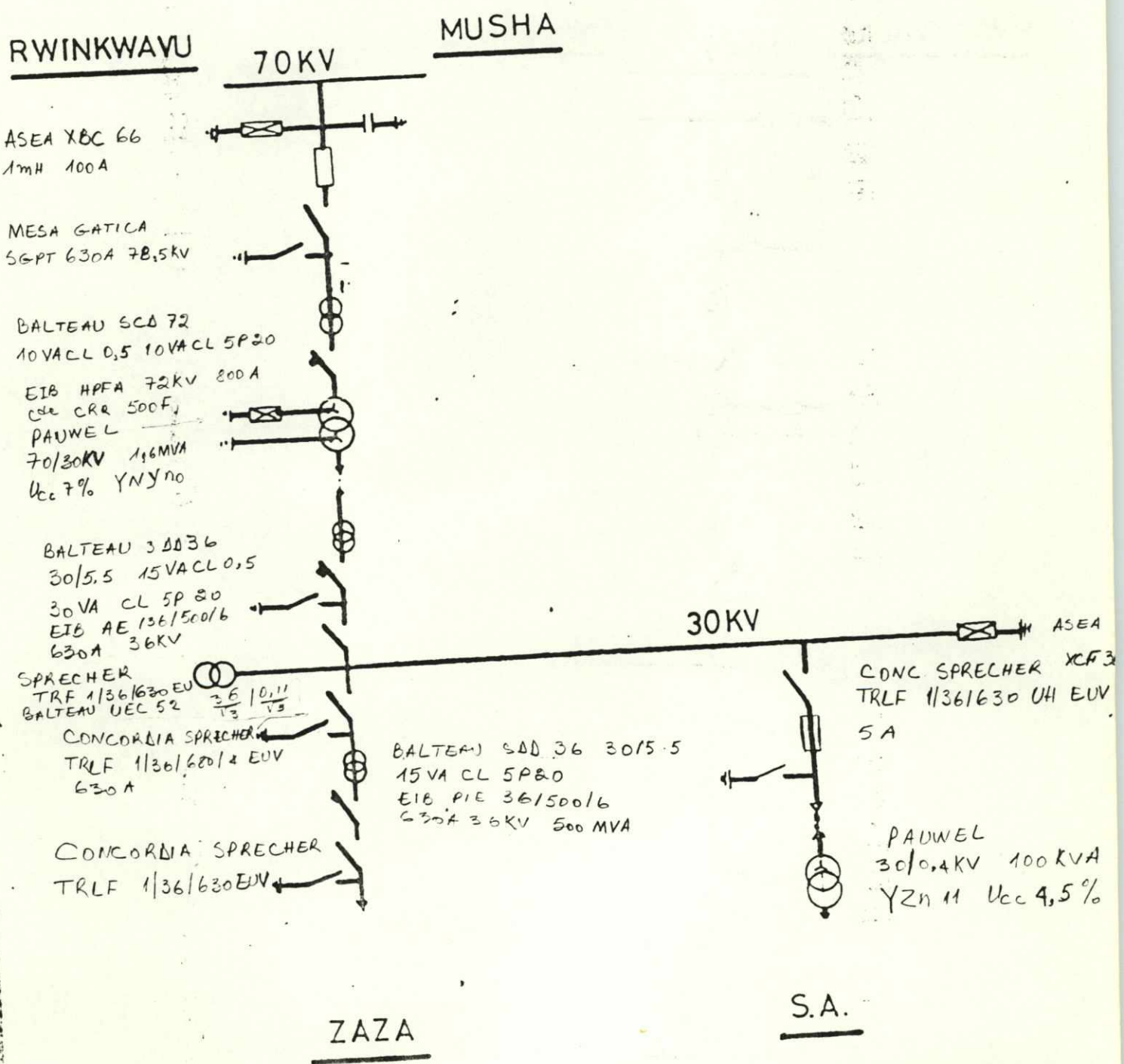
Codé : 5/010

Date : 11.11.86

ETABLISSEMENT PUBLIC DE PRODUCTION
DE TRANSPORT ET DE DISTRIBUTION
D'ELECTRICITE D'EAU ET DE GAZ
ELECTROGAZ

KABARONDO

DOMAINES	
PRODUCTION	
TRANSPORT	
DISTRIBUTION	
SECURITE	
AFFAIRES GENERALES	



ELECTRICITE DE FRANCE INTERNATIONAL
MISSION DE CONSEIL

Codé : 5/010
Date : 11.11.86

ETABLISSEMENT PUBLIC DE PRODUCTION
DE TRANSPORT ET DE DISTRIBUTION
D'ÉLECTRICITÉ N'EAU ET DE GAZ

ELECTROGAZ

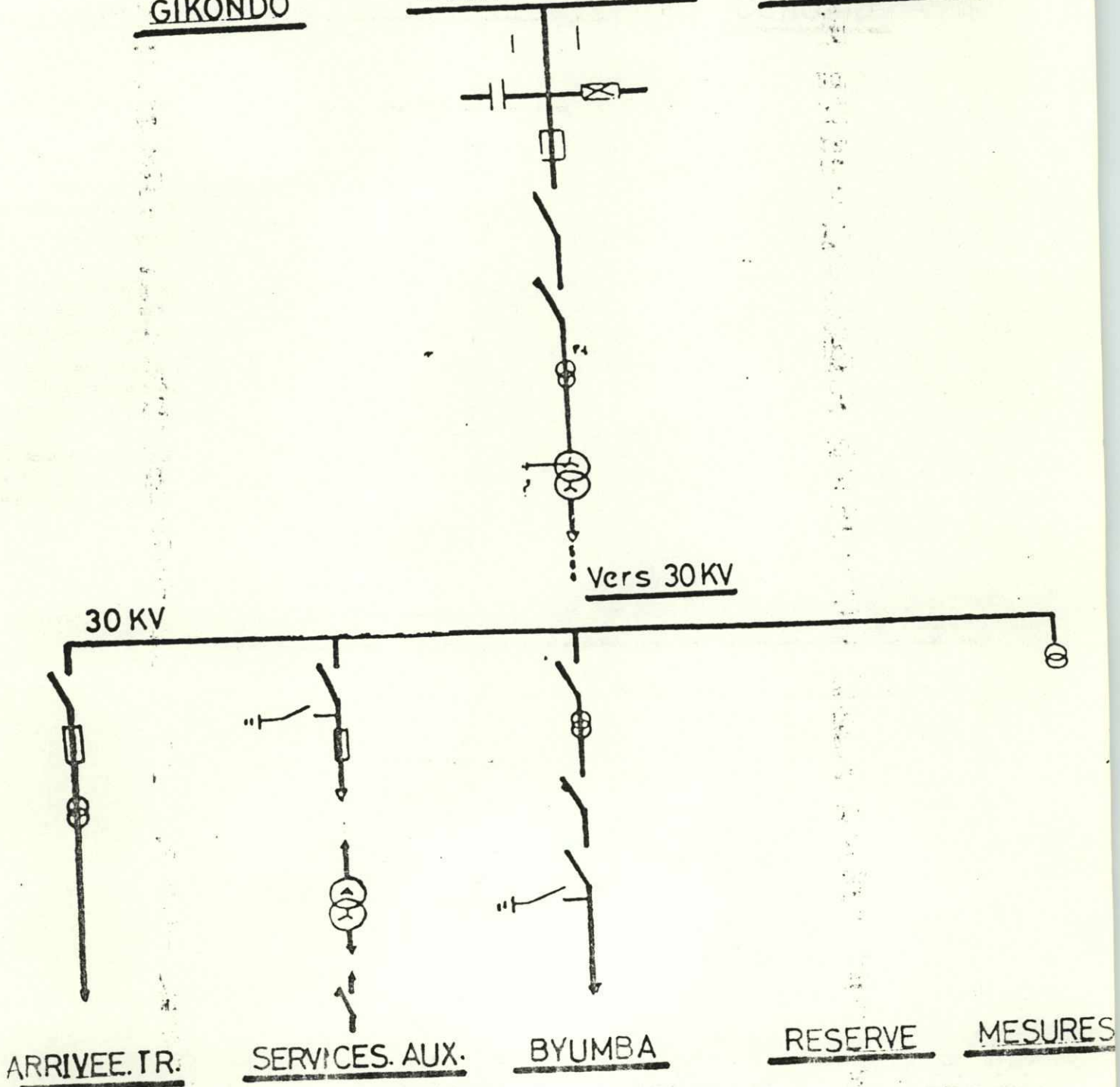
RULINDO


DOMAINES	
PRODUCTION	
TRANSPORT	
DISTRIBUTION	
SECURITE	
AFFAIRES GENERALES	

GIKONDO

110 KV

MUKUNGWA



 ELECTRICITE DE FRANCE INTERNATIONAL

MISSION DE CONSEIL
A

ELECTROGAZ

Code : 6/010

Date : 11.11.86

ETABLISSEMENT PUBLIC DE PRODUCTION
DE TRANSPORT ET DE DISTRIBUTION
D'ELECTRICITE D'EAU ET DE GAZ

ELECTROGAZ

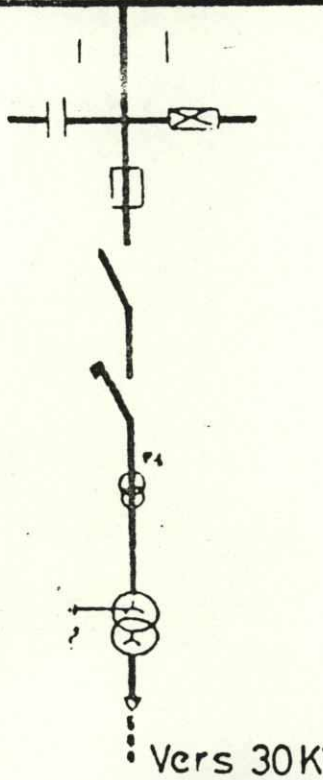
RULINDO

DOMAINES	
PRODUCTION	
TRANSPORT	
DISTRIBUTION	
SECURITE	
AFFAIRES GENERALES	

GIKONDO

110KV

MUKUNGWA

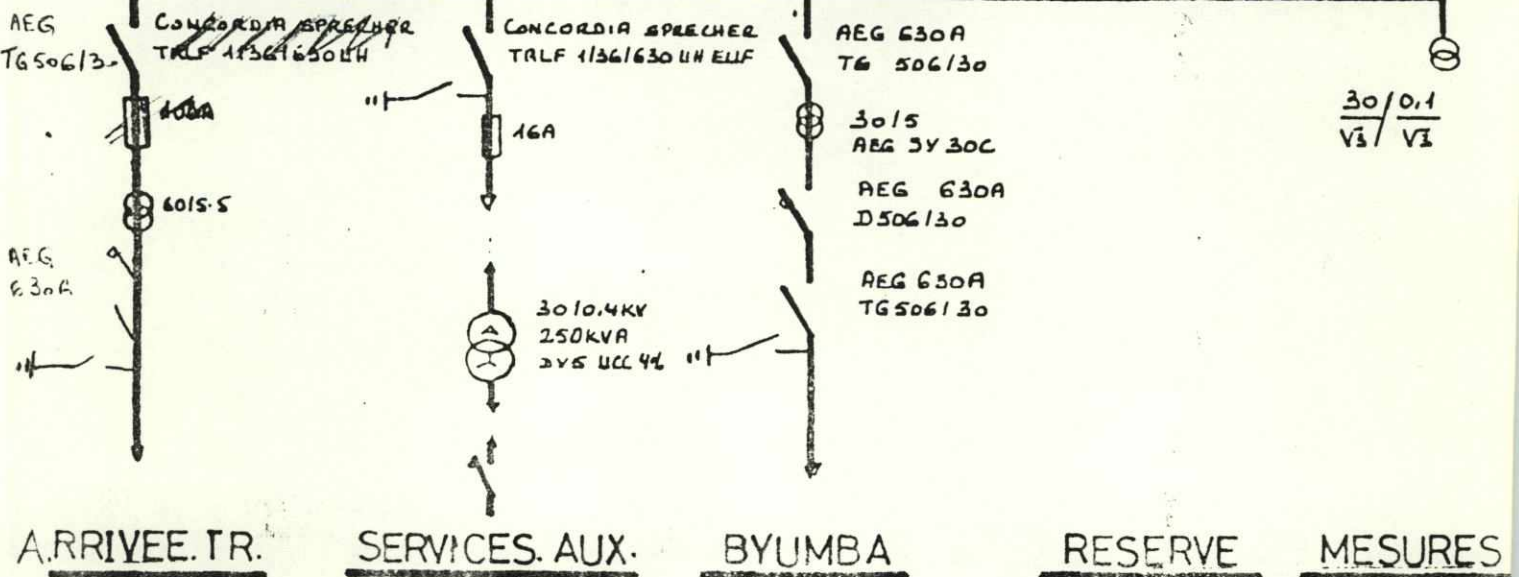


- REG TYPE AHL 102KV
- 1MH 200A
- DELLE ALSTHOM
TYPE SH170 CAC MANUELLE
800A 170KV
- DELLE ALSTHOM
ORIG CAC BR400
4250A 2500MVA 145KV
- BALTEAU SEV138
25.50.100/5.5
30VA CLO.5 60VA CL 10P10
- ALSTHOM SAVOISIENNE
110/70/130KV 3.15-2.015MV
YNYNO UCL 7.5% HAC17

30 KV

Vers 30KV

30KV INTERIEUR



ELECTRICITE DE FRANCE INTERNATIONAL

MISSION DE CONSEIL
A

Code : 6/010

Date : 11.11.86

ETABLISSEMENT PUBLIC DE PRODUCTION
DE TRANSPORT ET DE DISTRIBUTION
D'ELECTRICITE D'EAU ET DE GAZ

ELECTROGAZ

GIFURWE

DOMAINES

PRODUCTION

TRANSPORT

DISTRIBUTION

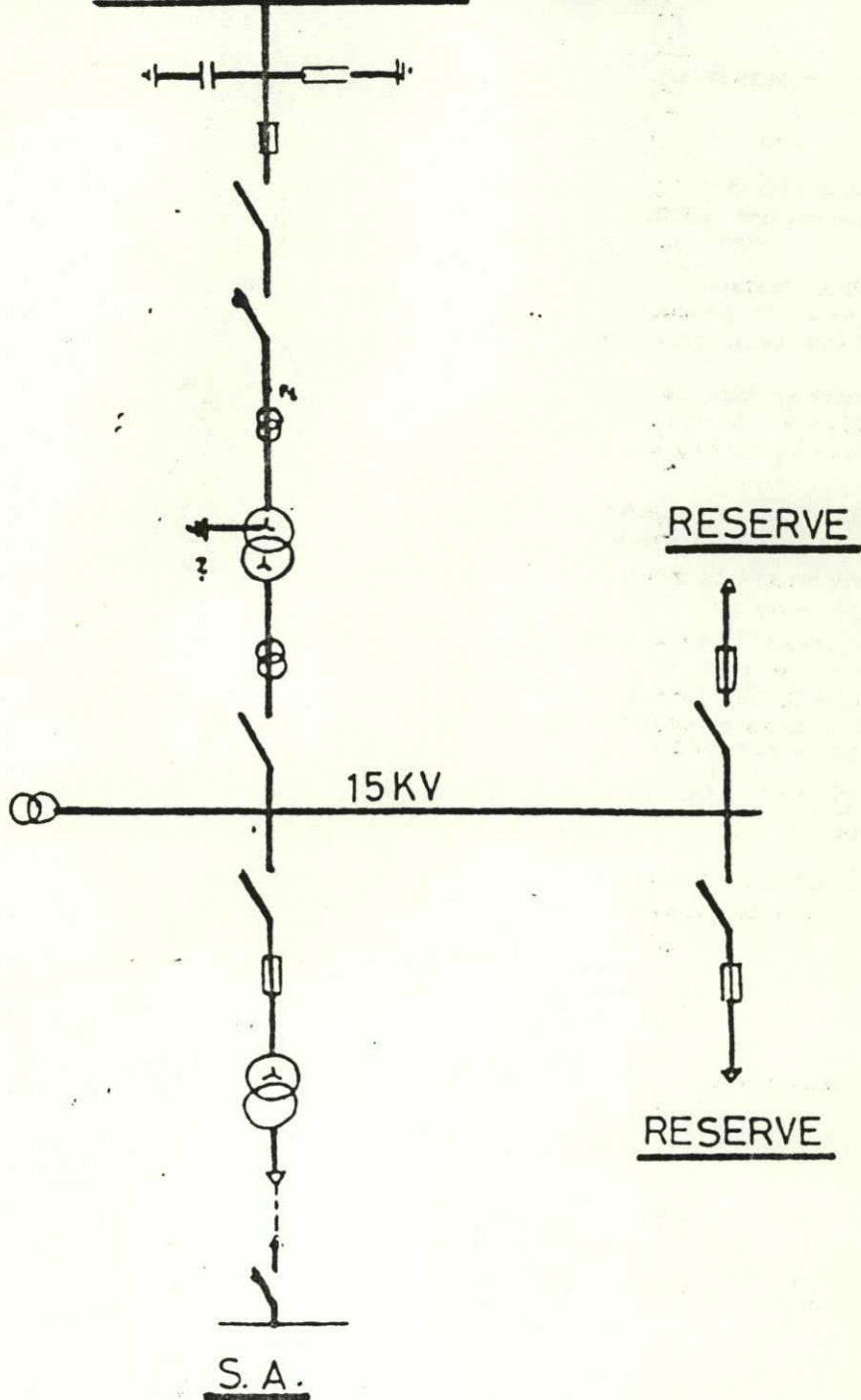
SECURITE

AFFAIRES GENERALES

MUKUNGWA

110KV

GIKONDO



ELECTRICITE DE FRANCE INTERNATIONAL

MISSION DE CONSEIL

A

Code : 6/010

Date : 11.11.86

ETABLISSEMENT PUBLIC DE PRODUCTION
DE TRANSPORT ET DE DISTRIBUTION
D'ELECTRICITE D'EAU ET DE GAZ

ELECTROGAZ

GIFURWE

DOMAINES	
PRODUCTION	
TRANSPORT	
DISTRIBUTION	
SECURITE	
AFFAIRES GENERALES	

MUKUNGWA

110KV

GIKONDO

MICAFIL K3N145HS
5600PF
200A 1MH

DELLE ALSTHOM
8PE 170 C^{de} MANUELLE
145KV

DELLE ALSTHOM
OR16 C^{de} BR400
4250A 145KV 2500MVA

BATEAU SEV128
25/5.5 30VA CL0,5
COVACL 10P10

ALSTHOM SAVOISIENNE
110/170/115KV 2,5MVA
YNYNO UCC 7,5%
C^{de} MAC 27

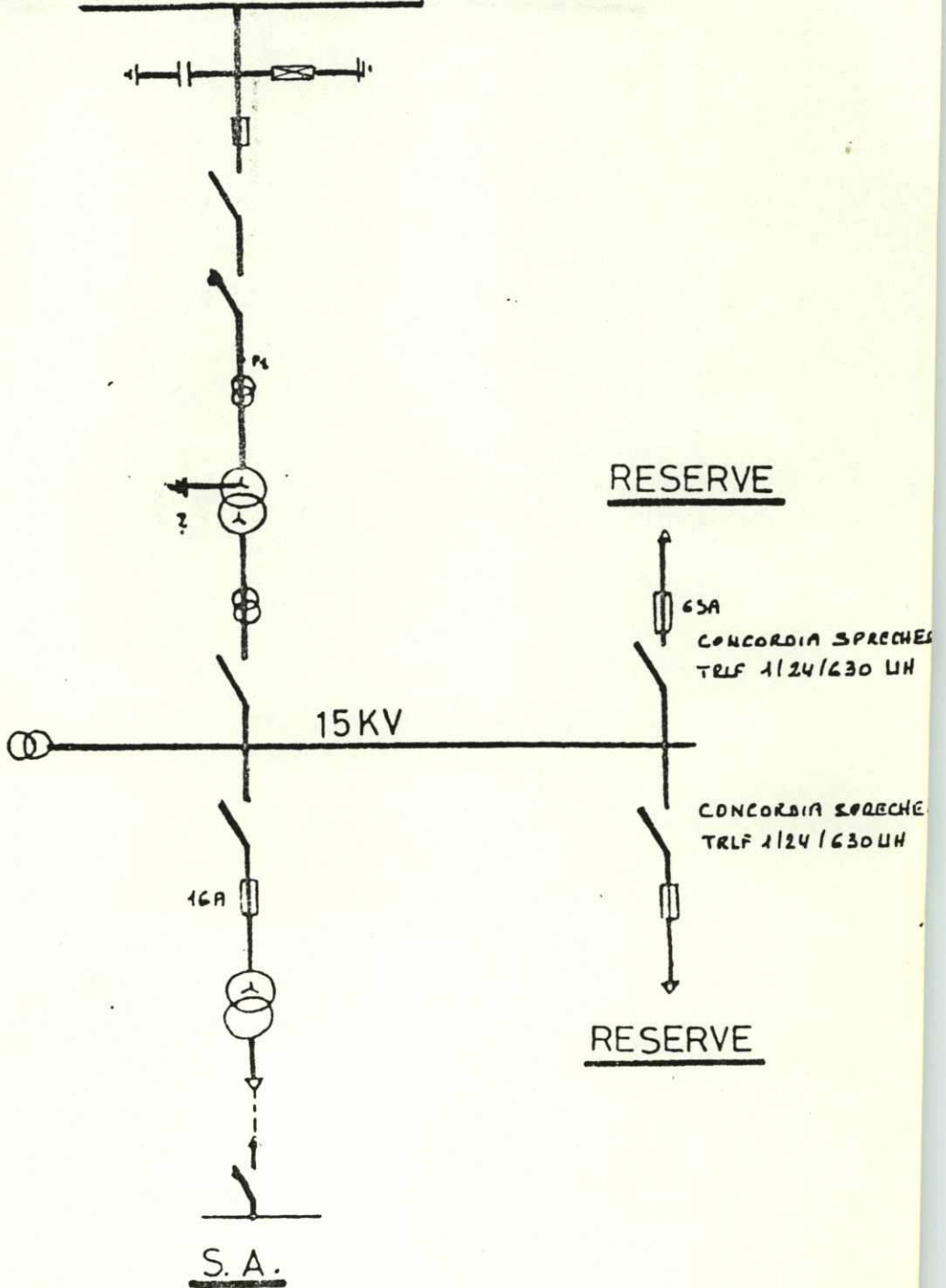
ALSTHOM SAVOISIENNE
50.100/5.5
15VA CL 0,5 30VA CL 3
CONCORDIA SPRECHER
TRLF 1124/630

15/0,1/0,1
V₁ V₂ 3

CONCORDIA SPRECHER
TRLF 1124/630UH

TRANSUNEL
100KVA 15/0,4KV
YZN5

M2G
C250A



ELECTRICITE DE FRANCE INTERNATIONAL

MISSION DE CONSEIL
A

Code : 6/010

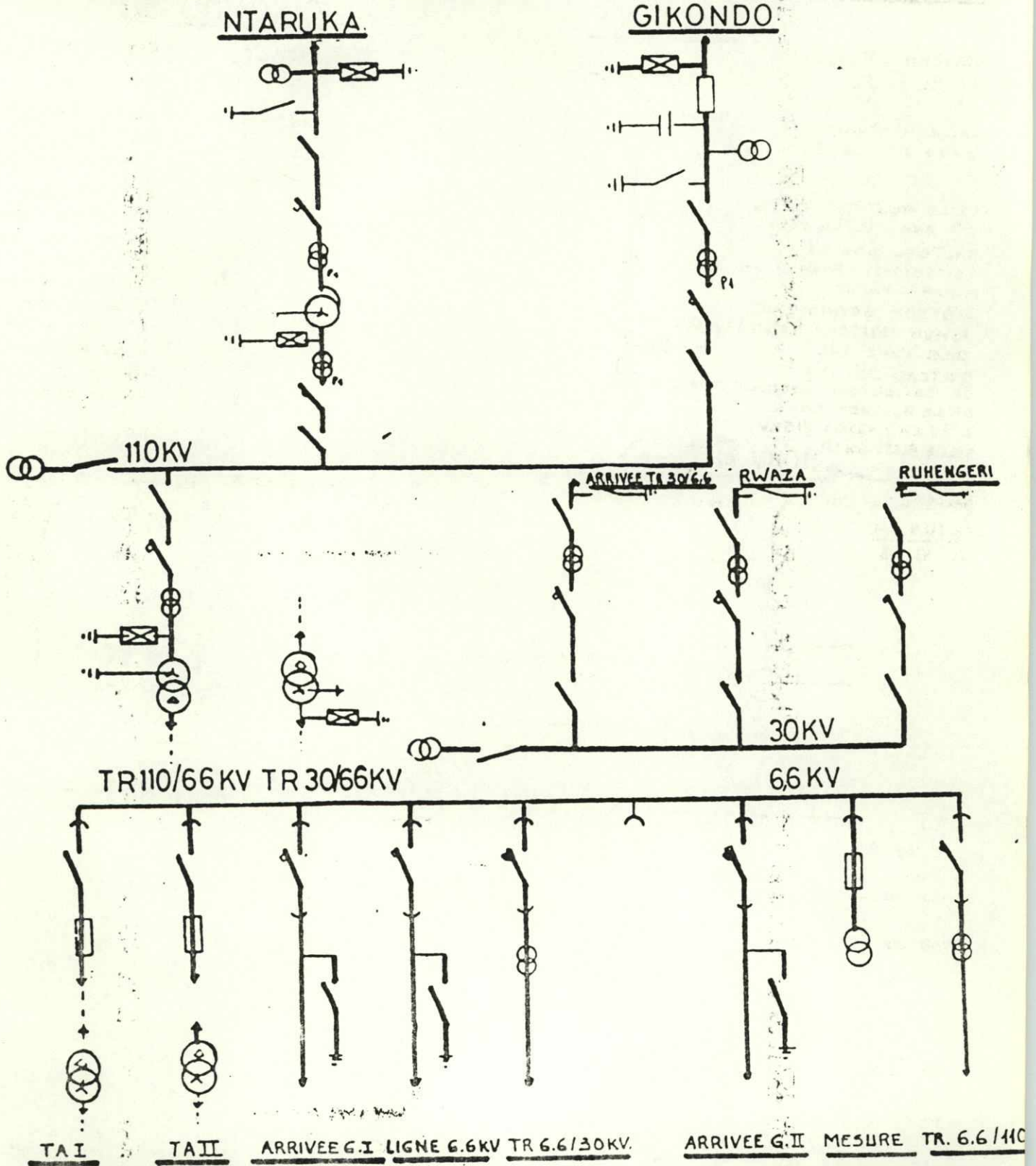
Date : 11.11.86


ETABLISSEMENT PUBLIC DE PRODUCTION
DE TRANSPORT ET DE DISTRIBUTION
D'ELECTRICITE D'EAU ET DE GAZ

ELECTROGAZ

MUKUNGWA

DOMAINES	
PRODUCTION	
TRANSPORT	
DISTRIBUTION	
SECURITE	
APPAIRES GENERALES	



 **ELECTRICITE DE FRANCE INTERNATIONAL**

MISSION DE CONSEIL

A

ELECTROGAZ

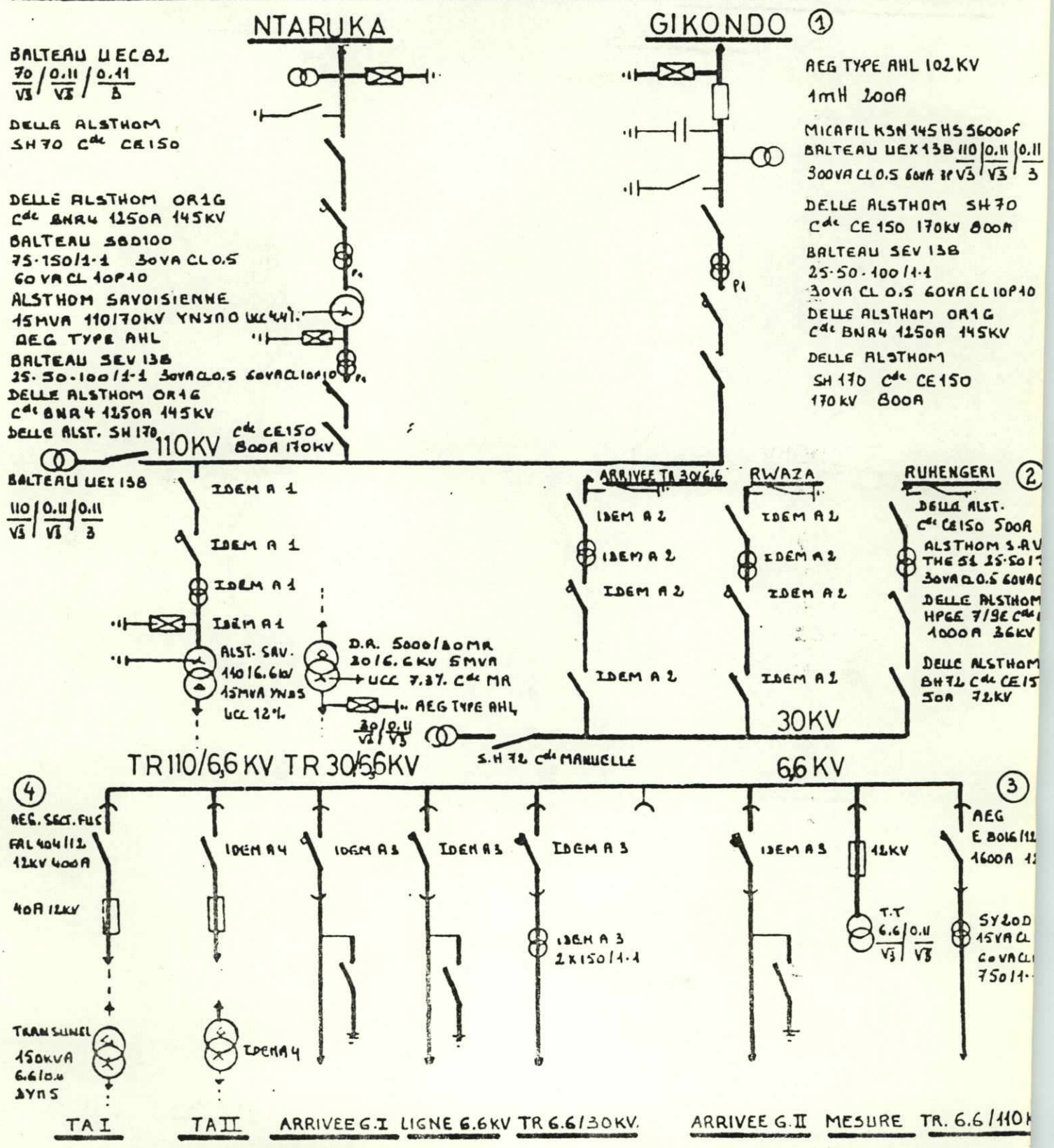
Code : 6/010

Date : 11.11.86

ETABLISSEMENT PUBLIC DE PRODUCTION
DE TRANSPORT ET DE DISTRIBUTION
D'ELECTRICITE D'EAU ET DE GAZ
ELECTROGAZ

MUKUNGWA

DOMAINES	
PRODUCTION	
TRANSPORT	
DISTRIBUTION	
SECURITE	
APFAIRES GENERALES	



ELECTRICITE DE FRANCE INTERNATIONAL

MISSION DE CONSEIL
A

Code : 6/010

Date : 11.11.86

ETABLISSEMENT PUBLIC DE PRODUCTION
DE TRANSPORT ET DE DISTRIBUTION
D'ELECTRICITE D'EAU ET DE GAZ

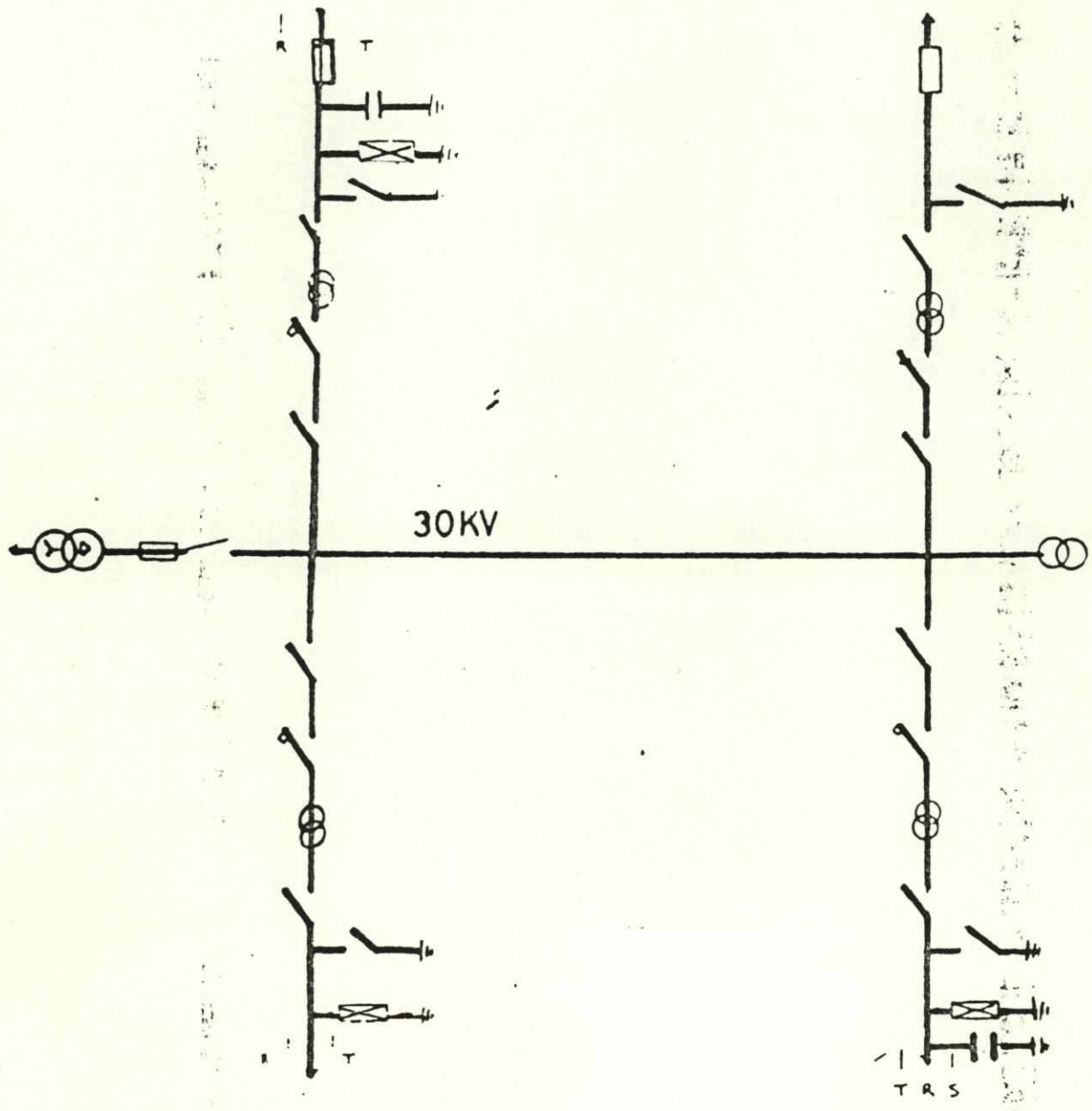
ELECTROGAZ

RUHENGERI

DOMAINES	
PRODUCTION	
TRANSPORT	
DISTRIBUTION	
SECURITE	
APPAIRES GENERALES	


MUKUNGWA

ELECTROGAZ



NTARUKA

GISENYI

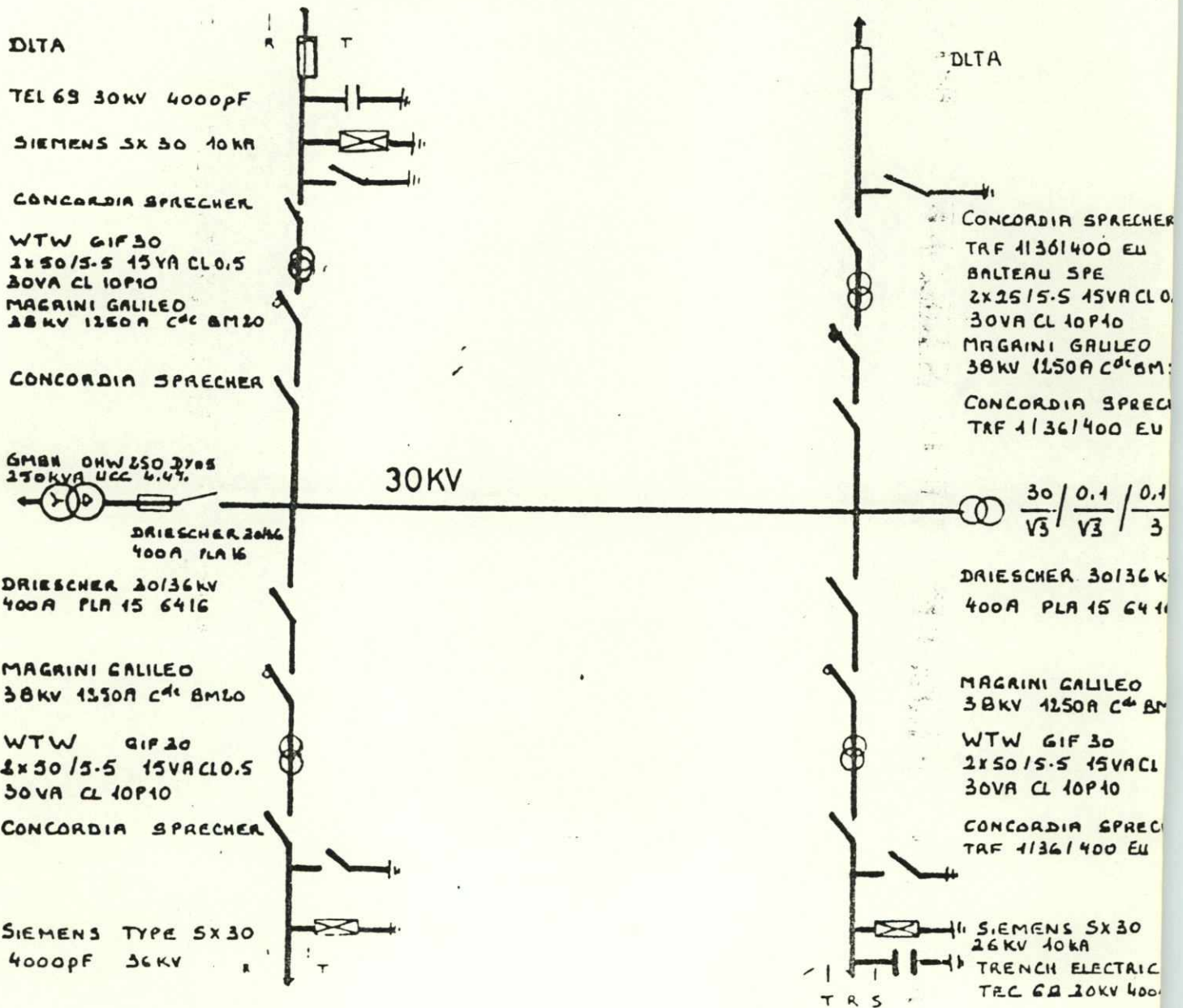
 **ELECTRICITE DE FRANCE INTERNATIONAL**
MISSION DE CONSEIL
A

Code : 4/010
Date : 11.86

DOMAINES	
PRODUCTION	
TRANSPORT	
DISTRIBUTION	
SECURITE	
APPAIRES GENERALES	

MUKUNGWA

ELECTROGAZ



NTARUKA

GISENYI



ELECTRICITE DE FRANCE INTERNATIONAL

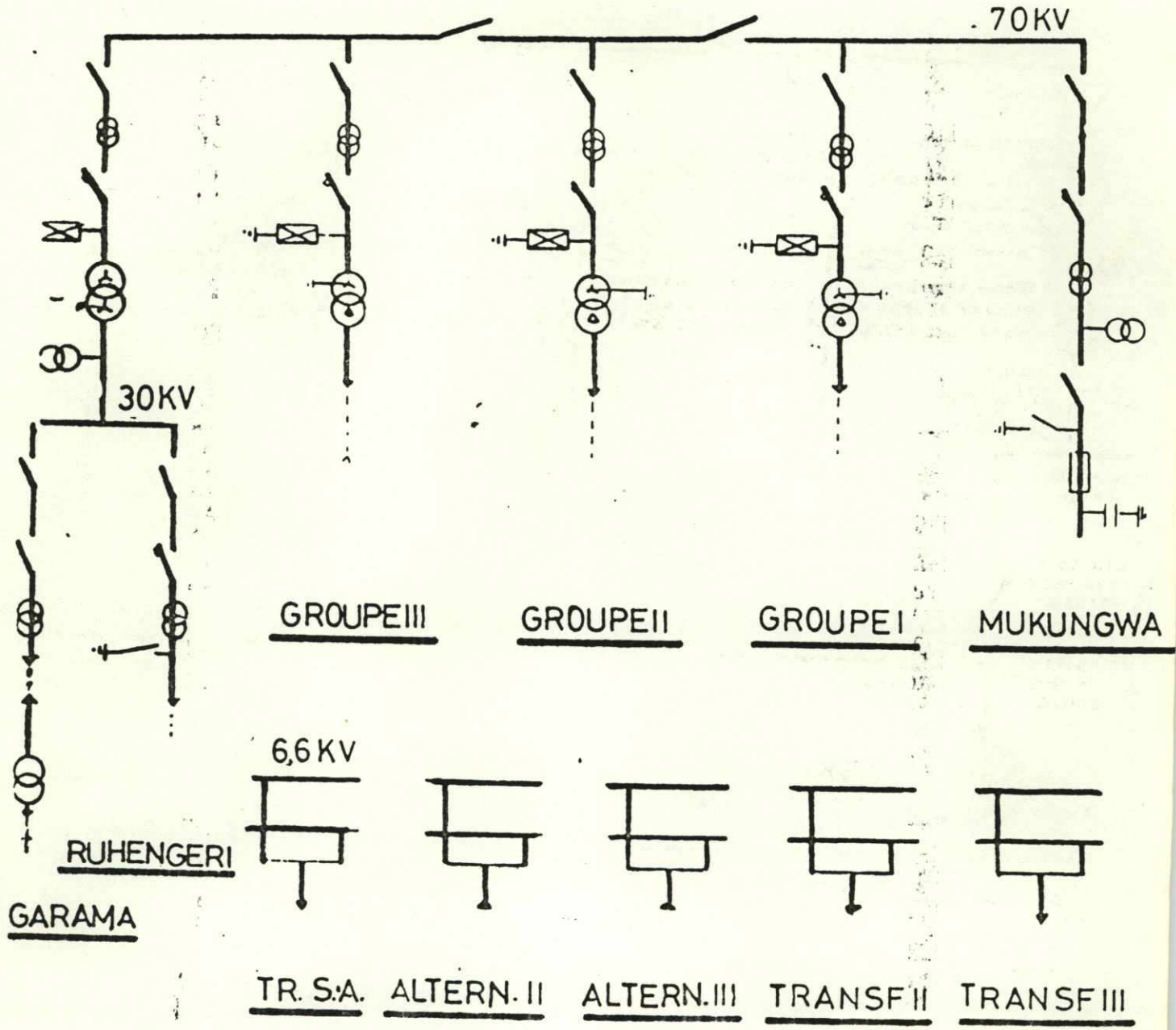
MISSION DE CONSEIL

A

Code : 4/010

Date : 11.11.86

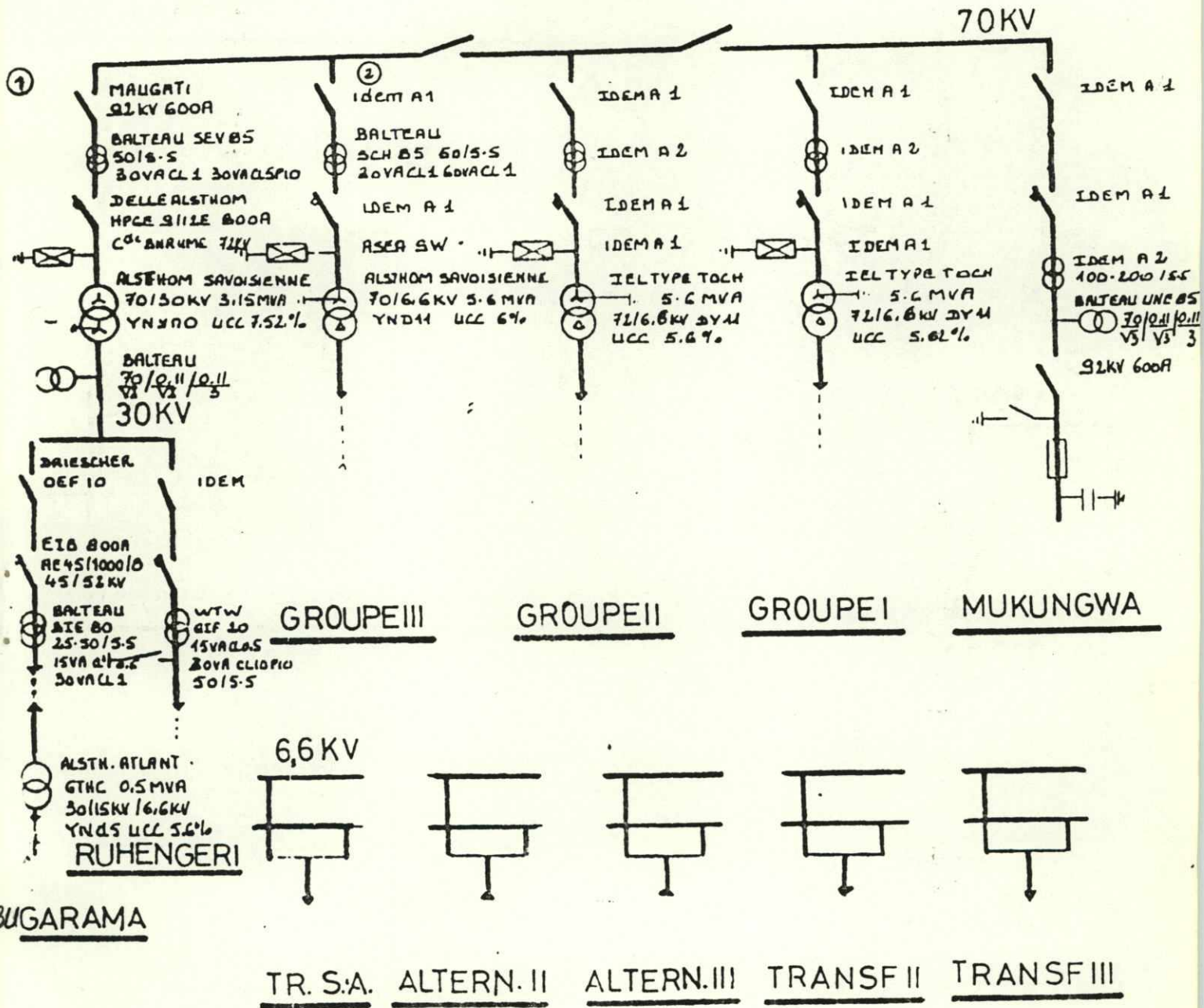
PRODUCTION	
TRANSPORT	
DISTRIBUTION	
SECURITE	
APPAIRES GENERALES	

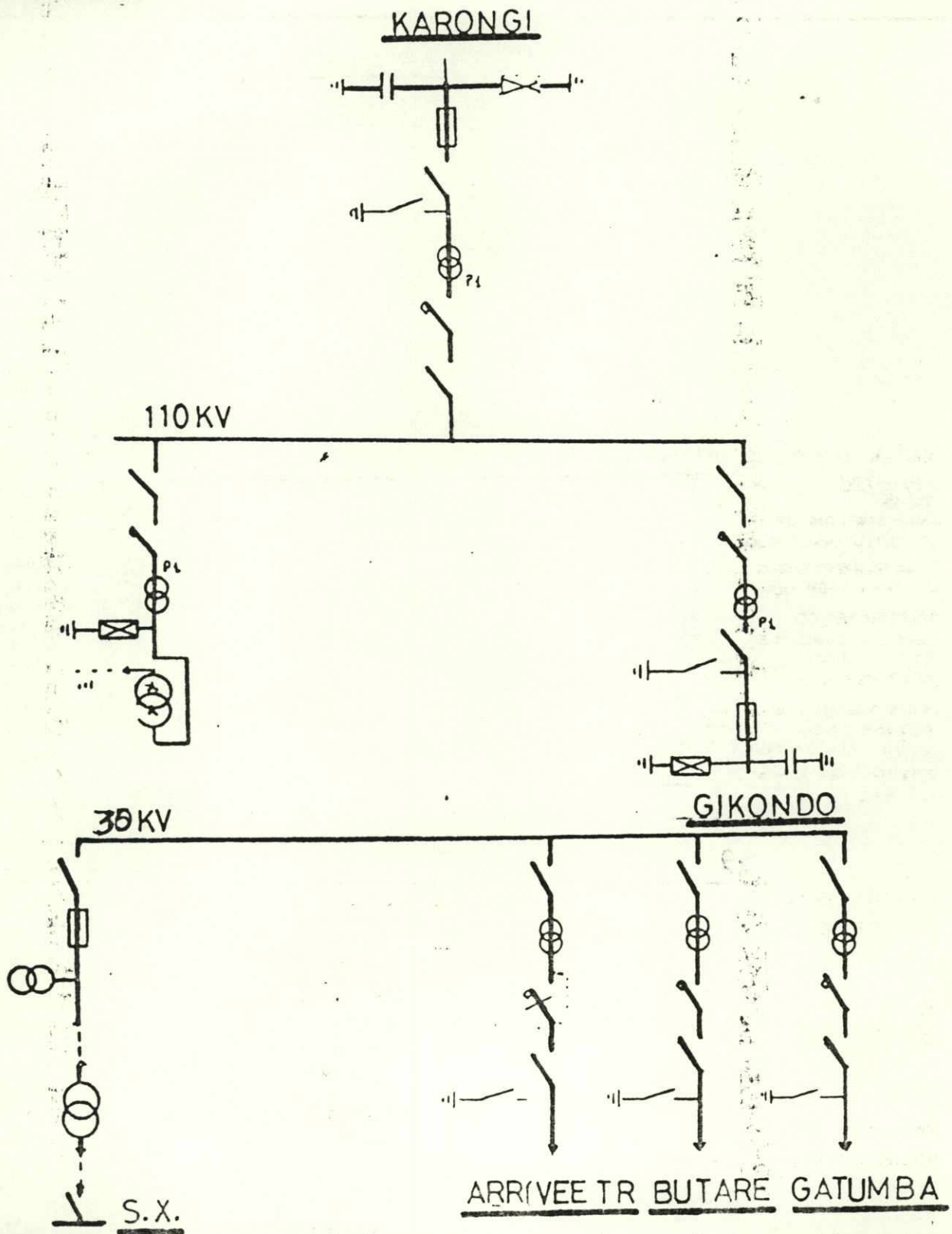


ELECTRICITE DE FRANCE INTERNATIONAL
MISSION DE CONSEIL
ELECTROGAZ.

Code : 5/010
Date : 11.11.86

PRODUCTION	
TRANSPORT	
DISTRIBUTION	
SECURITE	
APFAIRES GENERALES	





DOMAINES	
PRODUCTION	
TRANSPORT	
DISTRIBUTION	
SECURITE	
APFAIRES GENERALES	

KARONGI

MICAFIL KSN145 5575pF

REG TYPE AHL 102KV
1mlt 200A

DELLE ALSTHOM
SPE 170 Cde CE 150
800A 145KV

BALTEAU SEV 150
50-100-200/5-5
30VACL.6 60VACL.10P10

DELLE ALSTHOM
ORIG 2500MVA 110KV
1250A Cde BNA4

DELLE ALSTHOM
SPE 170 Cde CE 150
800A 145KV

DELLE ALSTHOM
SPE 170 Cde CE 150
145KV 800A

DELLE ALSTHOM
ORIG Cde BNA4
1250A 110KV 2500MVA

BALTEAU SEV 150
50-100-200/5-5
30VACL.5 60VACL.10P10

DELLE ALSTHOM
SPE 170 Cde CE 150
145KV 800A
1mlt 200A

BALTEAU UEX138
110/0.1/0.1
V_B/V_S/S

DELLE ALSTHOM SPE170
Cde CE150 145KV 800A

DELLE ALSTHOM ORIG
Cde BNA4 1250A 110KV

BALTEAU SEV150
50/5-5 30VACL.0.5
60VACL.5P20
REG TYPE AHL

VERS ARRIVEE 30KV
ALSTHOM SAVOIS
CMVA 110/31.8KV
YNYNO UCL 8.67
Cde MAC 17

110 KV

PL

PL

REG TYPE AHL
MICAFIL KSN 145 5575pF

20 KV

GIKONDO

CONC. SPRECHER
TALF 11361630UH

16A

30/0.1
V_B/V_S

TRANCABINE
LINELEC 100WA
3010.4 UCL 4.487
YZNS

LINELEC 150A

S.X.

REG 630A
T6 506/30
REG SY 30C
150/5-5
15VACL
30VACL SP10

REG 630A

REG 630A
T6 506/30
100/5-5

REG
HP307FS
1250A 80/30

REG
T6 506/30

DRIESCHER
400A HLEK

AKW 26A
30/5-5

REG 400A
TA 450/20
30/36KV

REG
T6 506/30

ARRIVEE TR BUTARE GATUMBA

ETABLISSEMENT PUBLIC DE PRODUCTION
DE TRANSPORT ET DE DISTRIBUTION
D'ELECTRICITE D'EAU ET DE GAZ

ELECTROGAZ

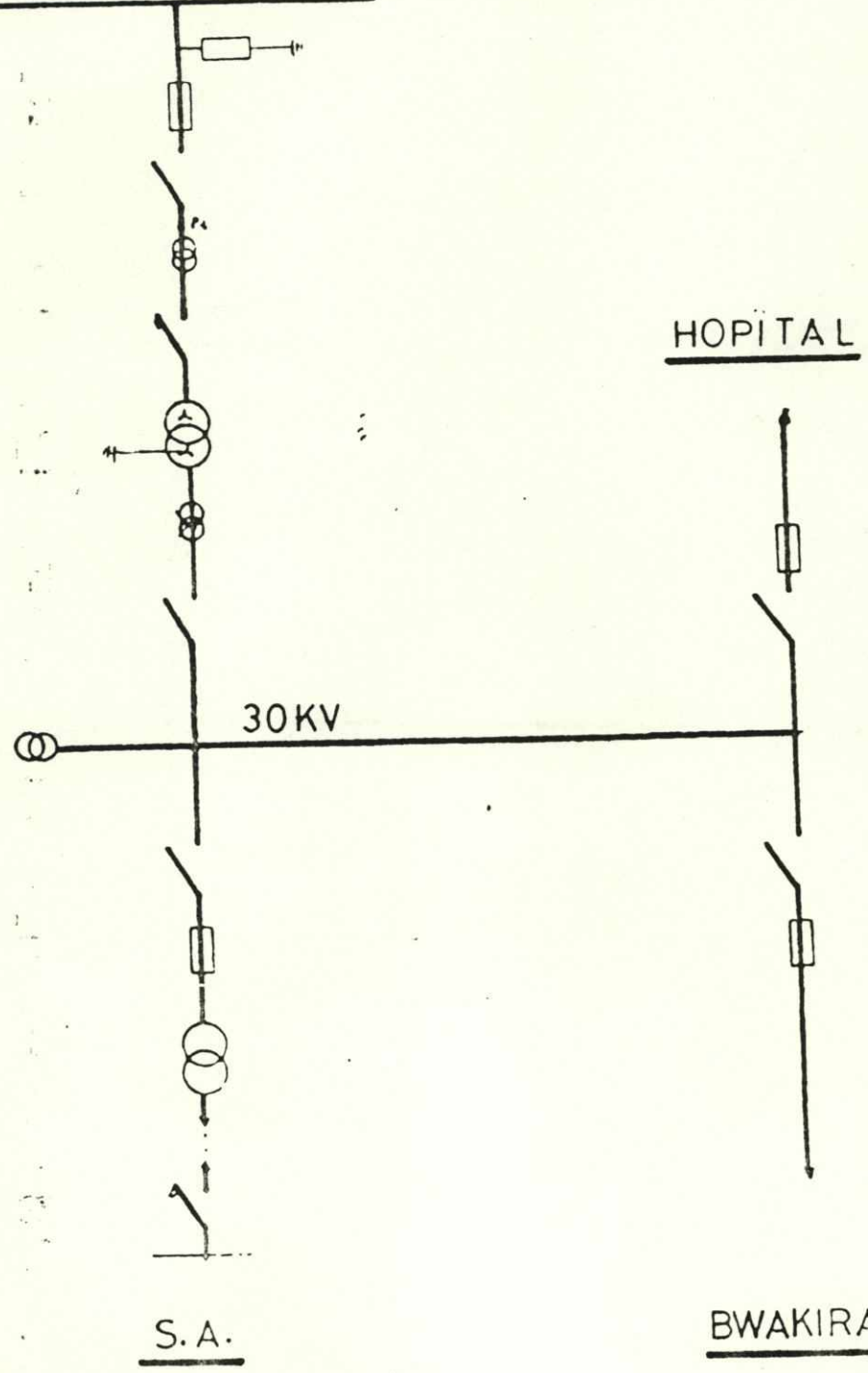
KILINDA

DOMAINES	
PRODUCTION	
TRANSPORT	
DISTRIBUTION	
SECURITE	
AFFAIRES GENERALES	

IRURU

KARONGI

110KV



S.A.

BWAKIRA



ELECTRICITE DE FRANCE INTERNATIONAL

MISSION DE CONSEIL

Code : 6/010

Date : 11.11.86

ETABLISSEMENT PUBLIC DE PRODUCTION
DE TRANSPORT ET DE DISTRIBUTION
D'ELECTRICITE D'EAU ET DE GAZ

ELECTROGAZ

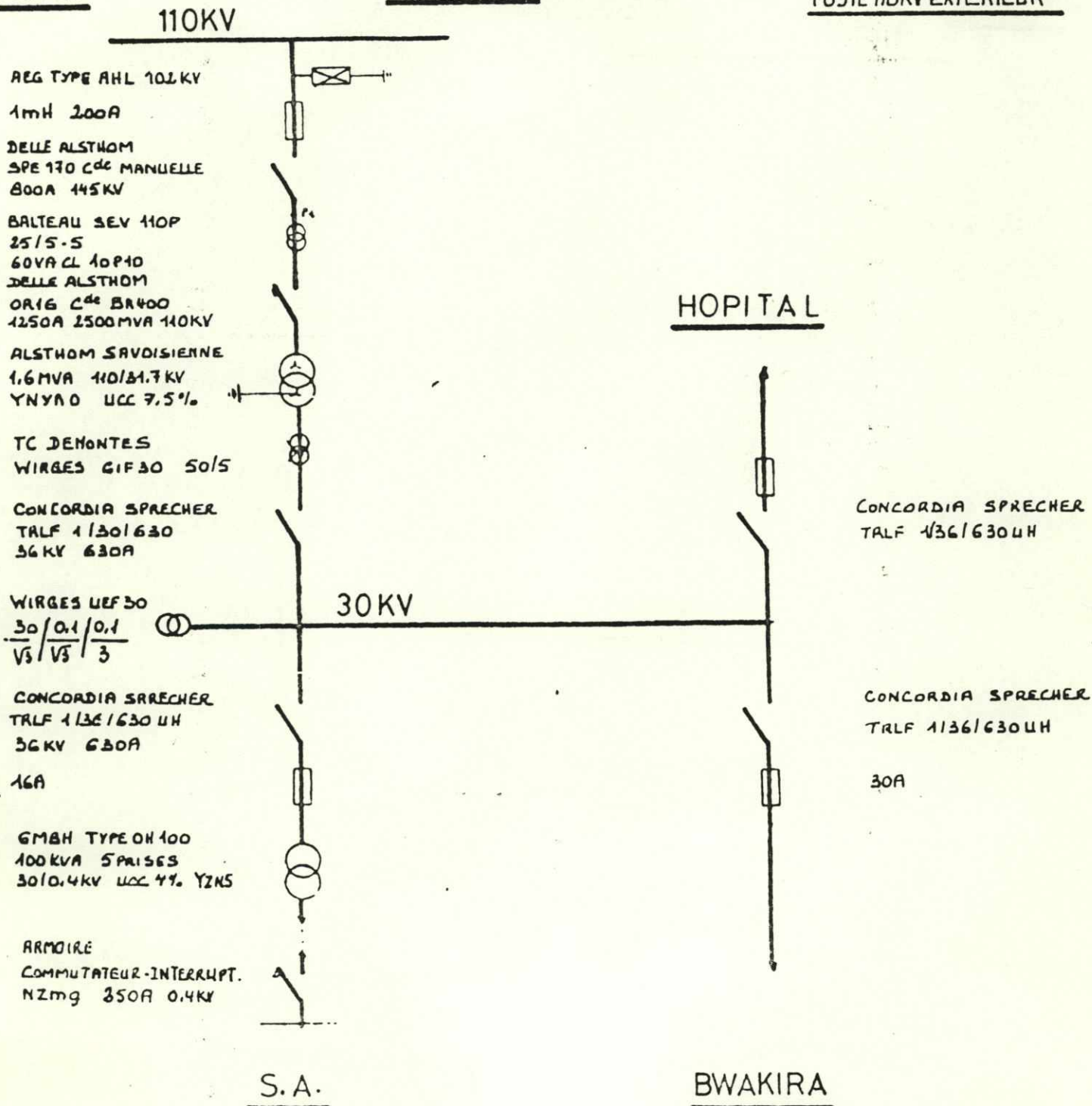
KILINDA


DOMAINES	
PRODUCTION	
TRANSPORT	
DISTRIBUTION	
SECURITE	
AFFAIRES GENERALES	

MURURU

KARONGI

POSTE 110KV EXTERIEUR



 ELECTRICITE DE FRANCE INTERNATIONAL

Code : 6/010

MISSION DE CONSEIL

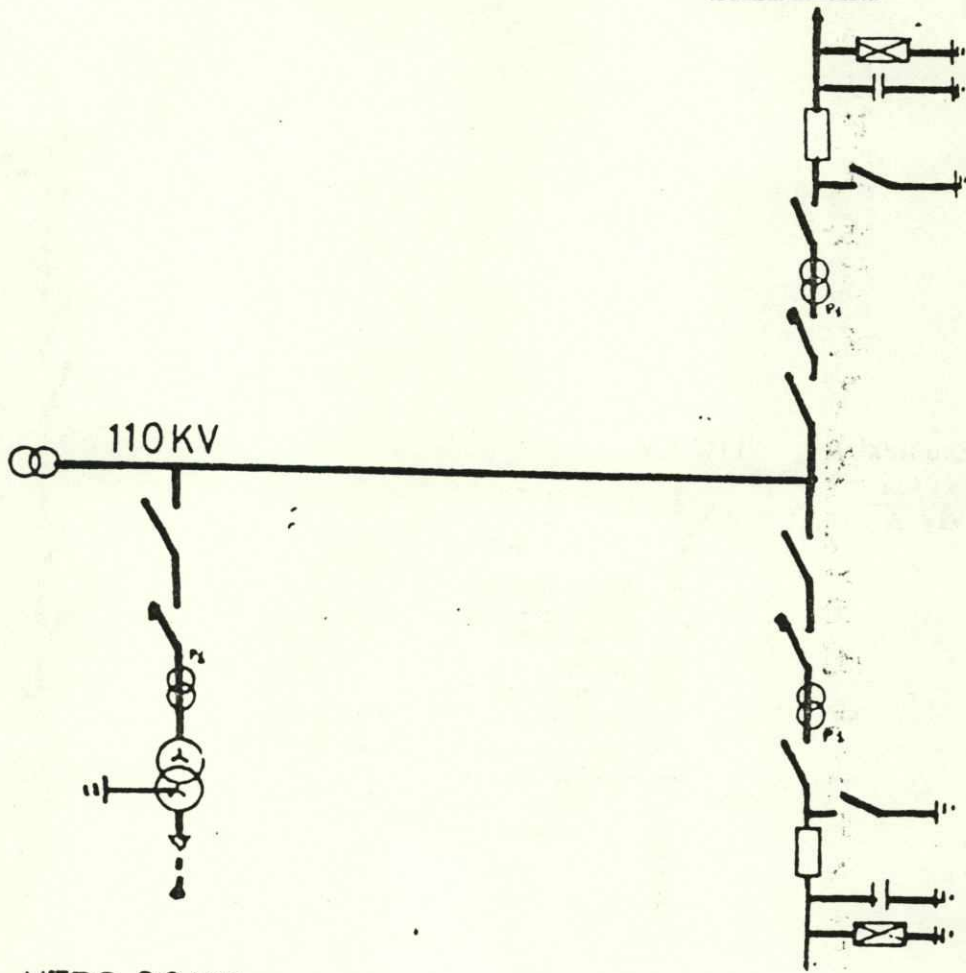
Date : 11.11.86

A

ELECTROGAZ

DOMAINES	
PRODUCTION	
TRANSPORT	
DISTRIBUTION	
SECURITE	
AFFAIRES GENERALES	

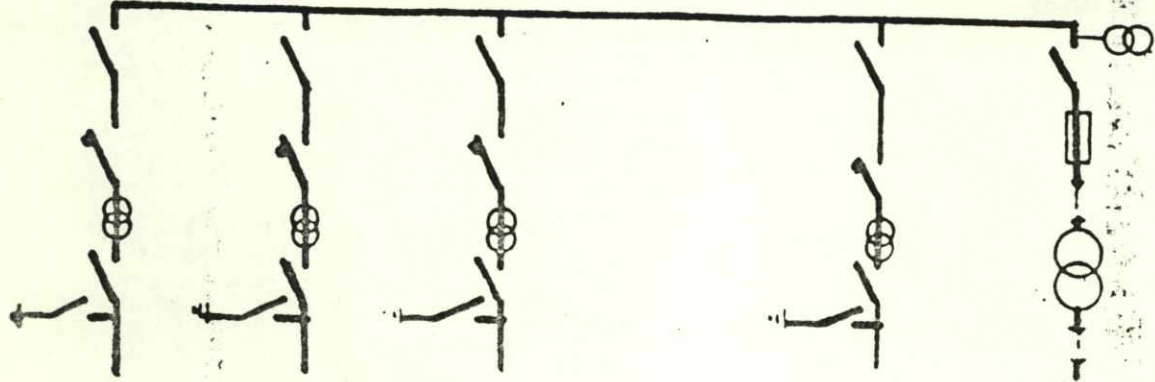
KIGOMA



VERS 30KV

30KV

MURURU



KIBUYE

NGOMA

ARRIVEE

GISOVU

S.A.



ELECTRICITE DE FRANCE INTERNATIONAL

MISSION DE CONSEIL

Code : 6/010

Date : 11.11.86

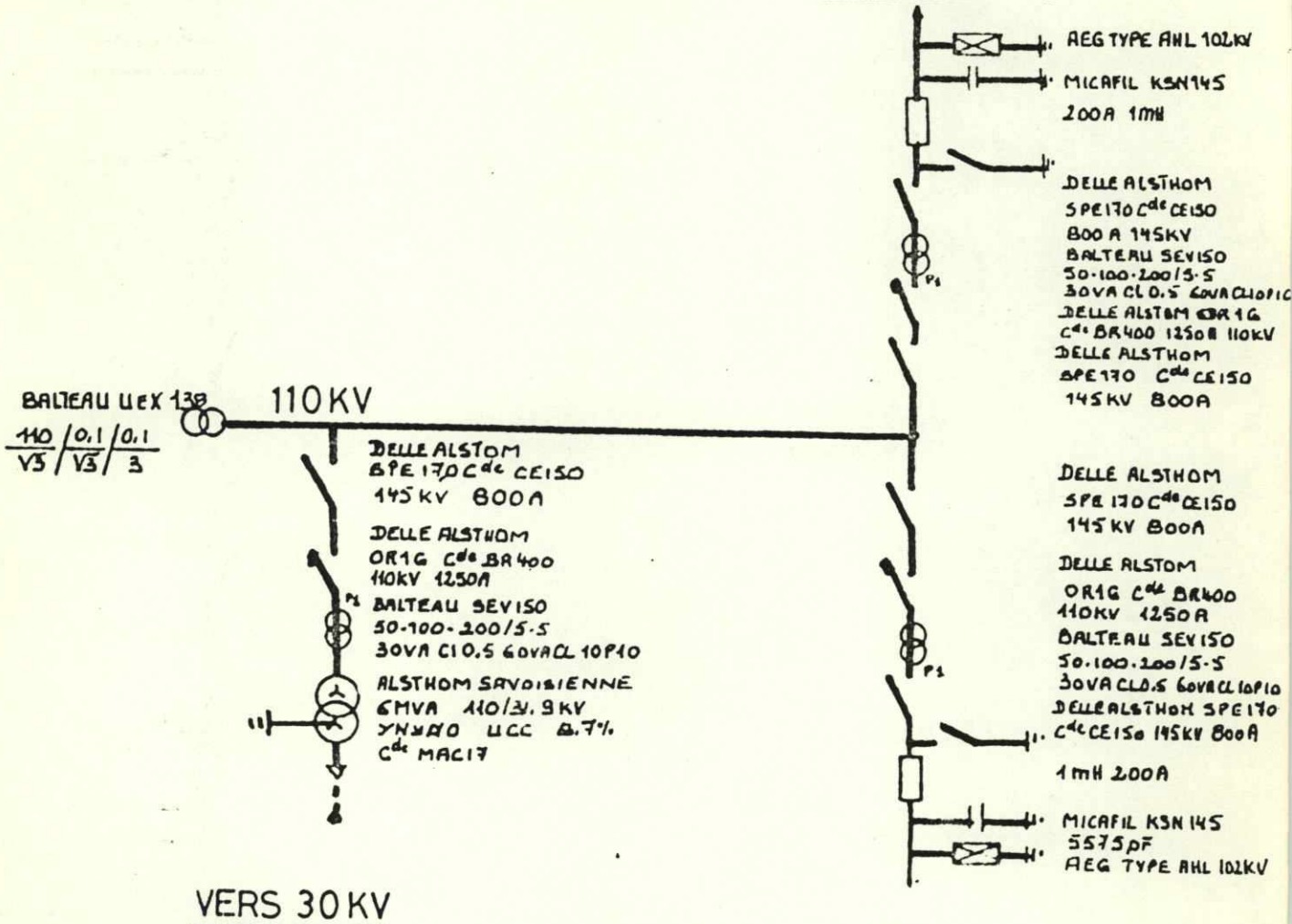
ETABLISSEMENT PUBLIC DE PRODUCTION
DE TRANSPORT ET DE DISTRIBUTION
D'ELECTRICITE D'EAU ET DE GAZ

ELECTROGAZ

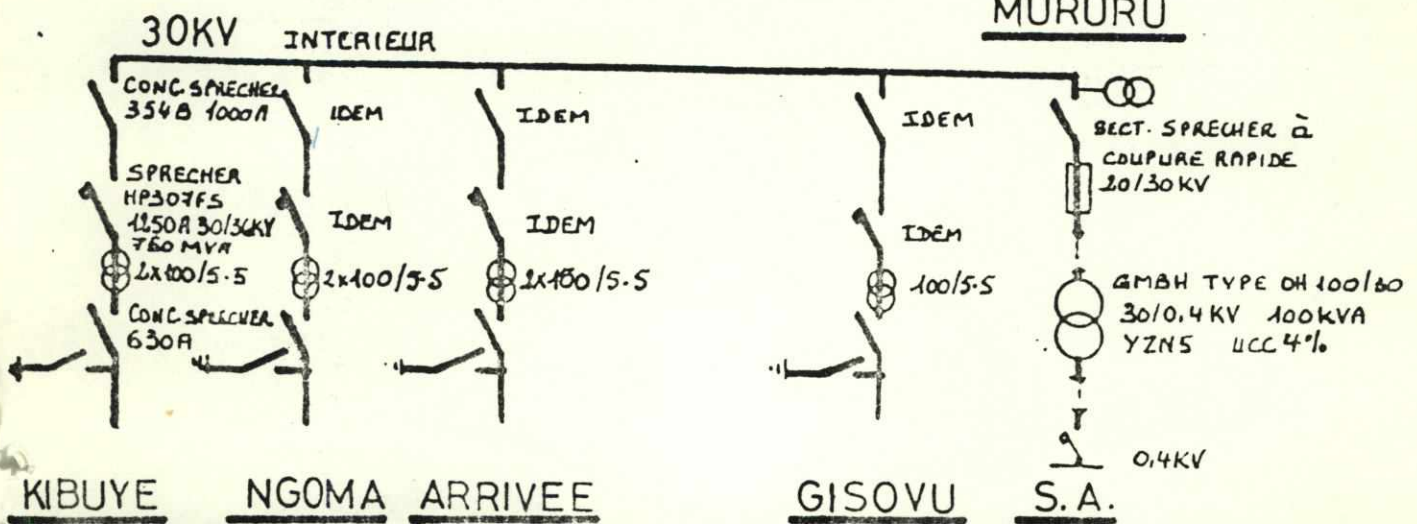
KARONGI

DOMAINES	
PRODUCTION	
TRANSPORT	
DISTRIBUTION	
SECURITE	
AFFAIRES GENERALES	

KIGOMA



MURURU



ELECTRICITE DE FRANCE INTERNATIONAL

MISSION DE CONSEIL

Code : 6/010

Date : 11.11.86

ETABLISSEMENT PUBLIC DE PRODUCTION
DE TRANSPORT ET DE DISTRIBUTION
D'ELECTRICITE D'EAU ET DE GAZ

ELECTROGAZ

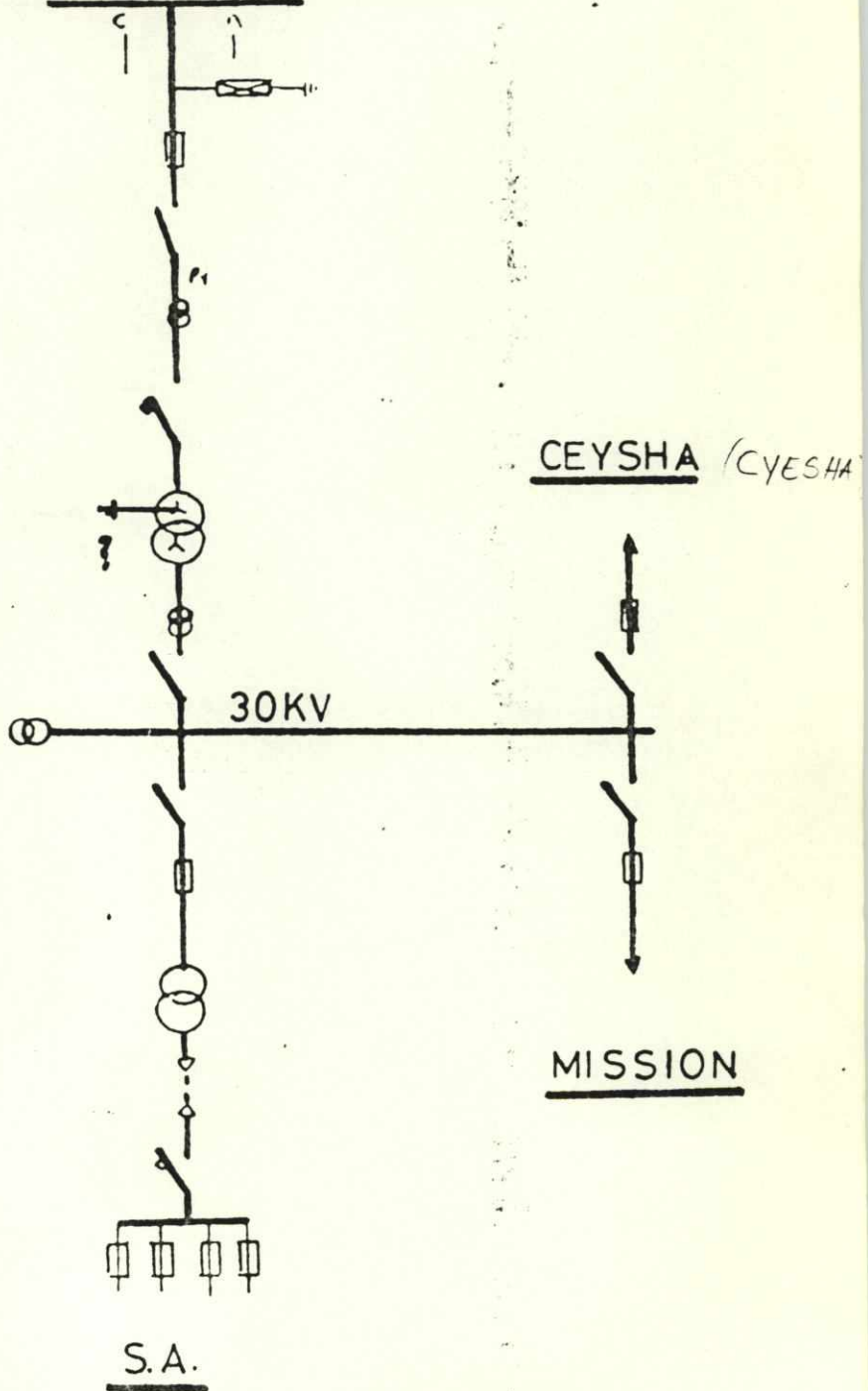
KIBOGORA

DOMAINES
PRODUCTION
TRANSPORT
DISTRIBUTION
SECURITE
APPAIRES GENERALES

MURURU

110 KV

KARONGI



CEYSHA (CYESHA)

30KV

MISSION

S.A.



ELECTRICITE DE FRANCE INTERNATIONAL

MISSION DE CONSEIL

A

Code : 6/010

Date : 11.11.86

ETABLISSEMENT PUBLIC DE PRODUCTION
DE TRANSPORT ET DE DISTRIBUTION
D'ELECTRICITE D'EAU ET DE GAZ

ELECTROGAZ

KIBOGORA

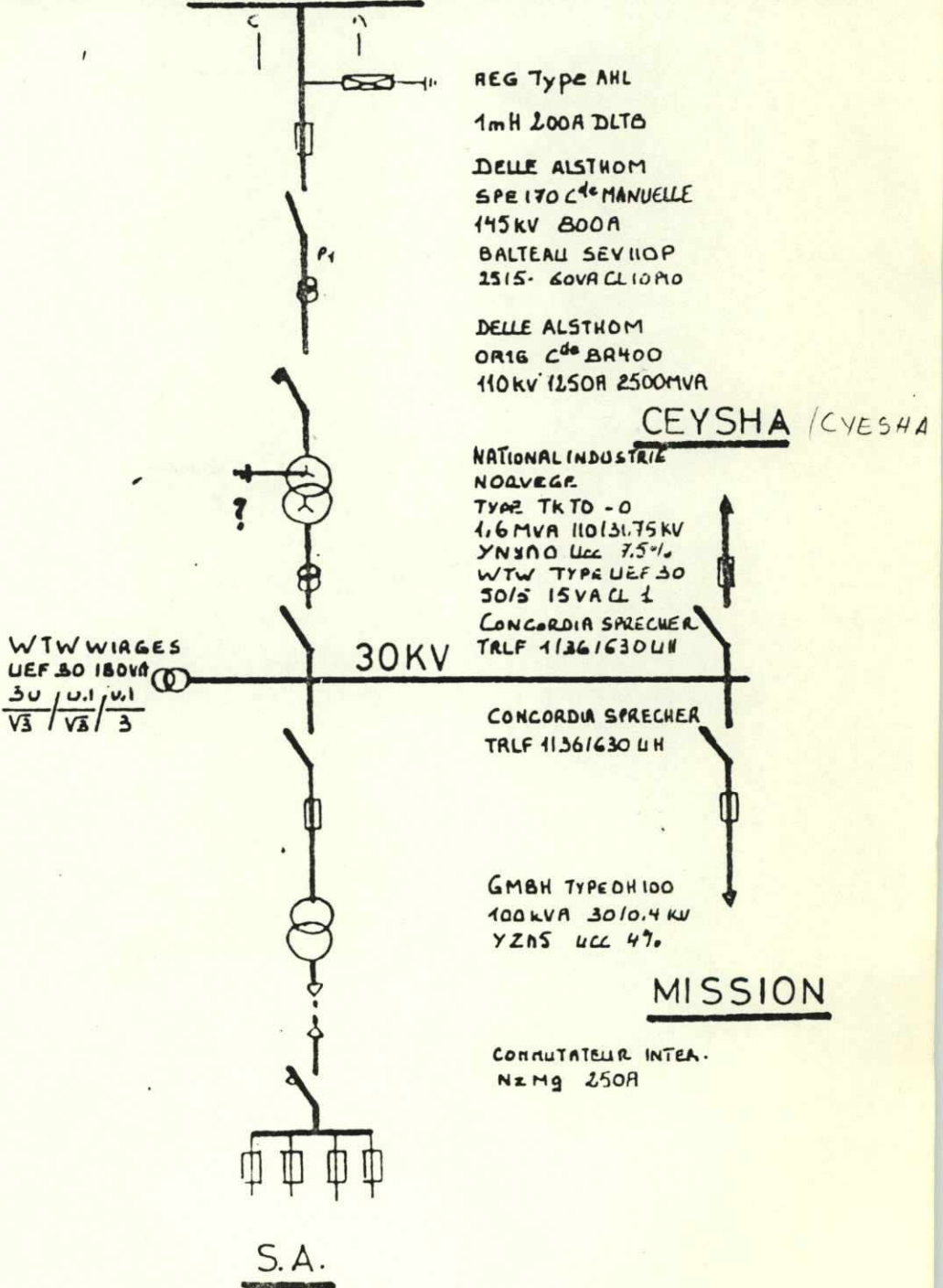
DOMAINES
PRODUCTION
TRANSPORT
DISTRIBUTION
SECURITE
AFFAIRES GENERALES

MURURU

110 KV

KARONGI

POSTE EXTERIEUR



ELECTRICITE DE FRANCE INTERNATIONAL

MISSION DE CONSEIL

A

Code : 6/010

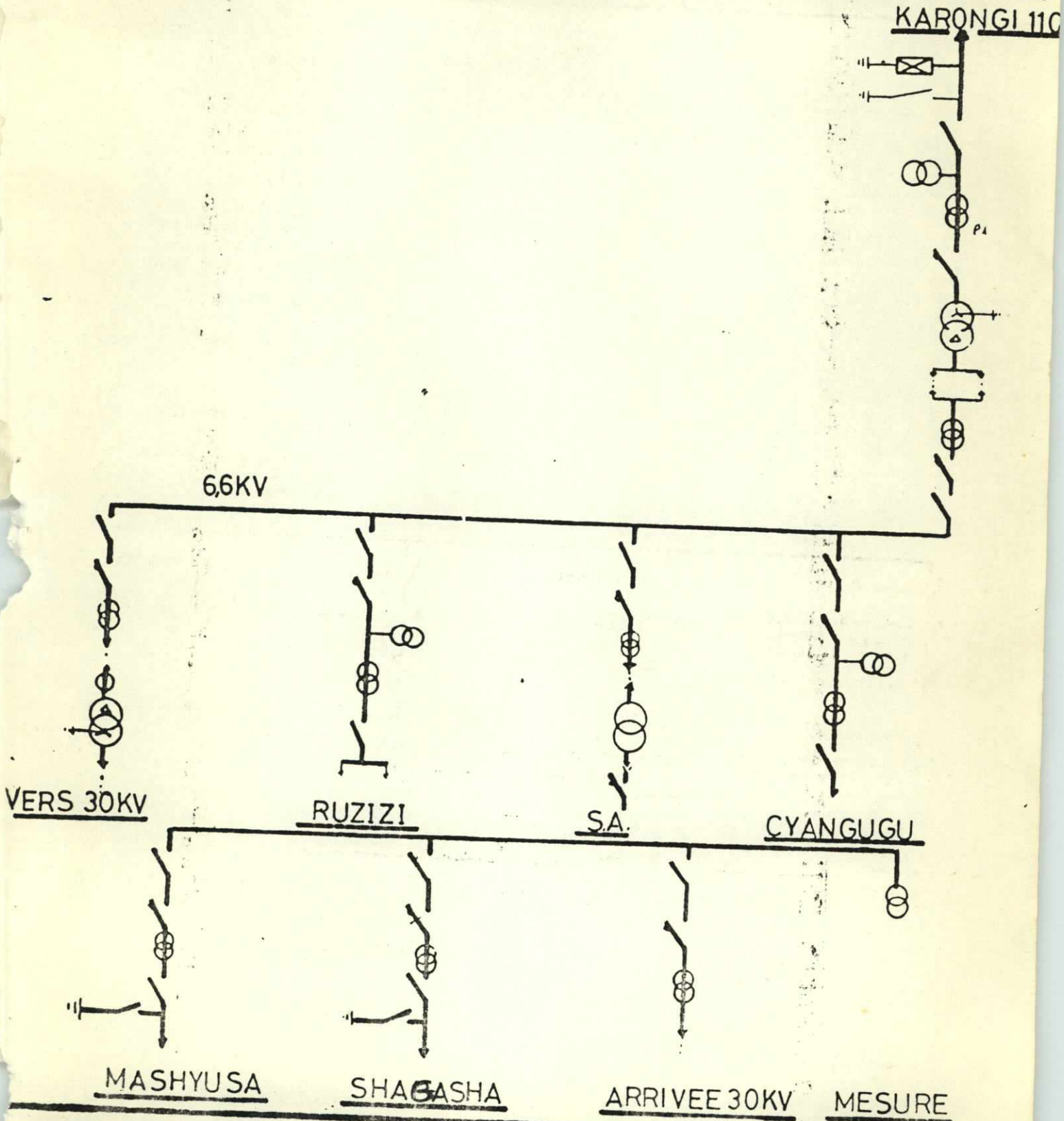
Date : 11.11.86


ETABLISSEMENT PUBLIC DE PRODUCTION
DE TRANSPORT ET DE DISTRIBUTION
D'ELECTRICITE D'EAU ET DE GAZ

ELECTROGAZ

MURURU

DOMAINES	
PRODUCTION	
TRANSPORT	
DISTRIBUTION	
SECURITE	
APPAIRES GENERALES	



 ELECTRICITE DE FRANCE INTERNATIONAL

MISSION DE CONSEIL

Code : 6/010

Date : 11.11.86

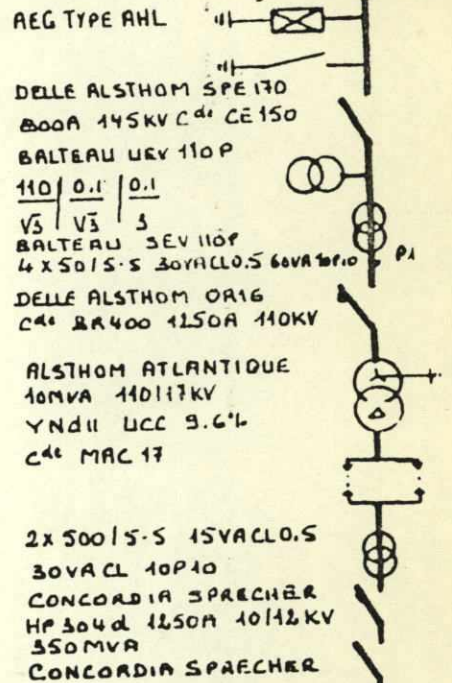
ETABLISSEMENT PUBLIC DE PRODUCTION
DE TRANSPORT ET DE DISTRIBUTION
D'ELECTRICITE D'EAU ET DE GAZ

ELECTROGAZ

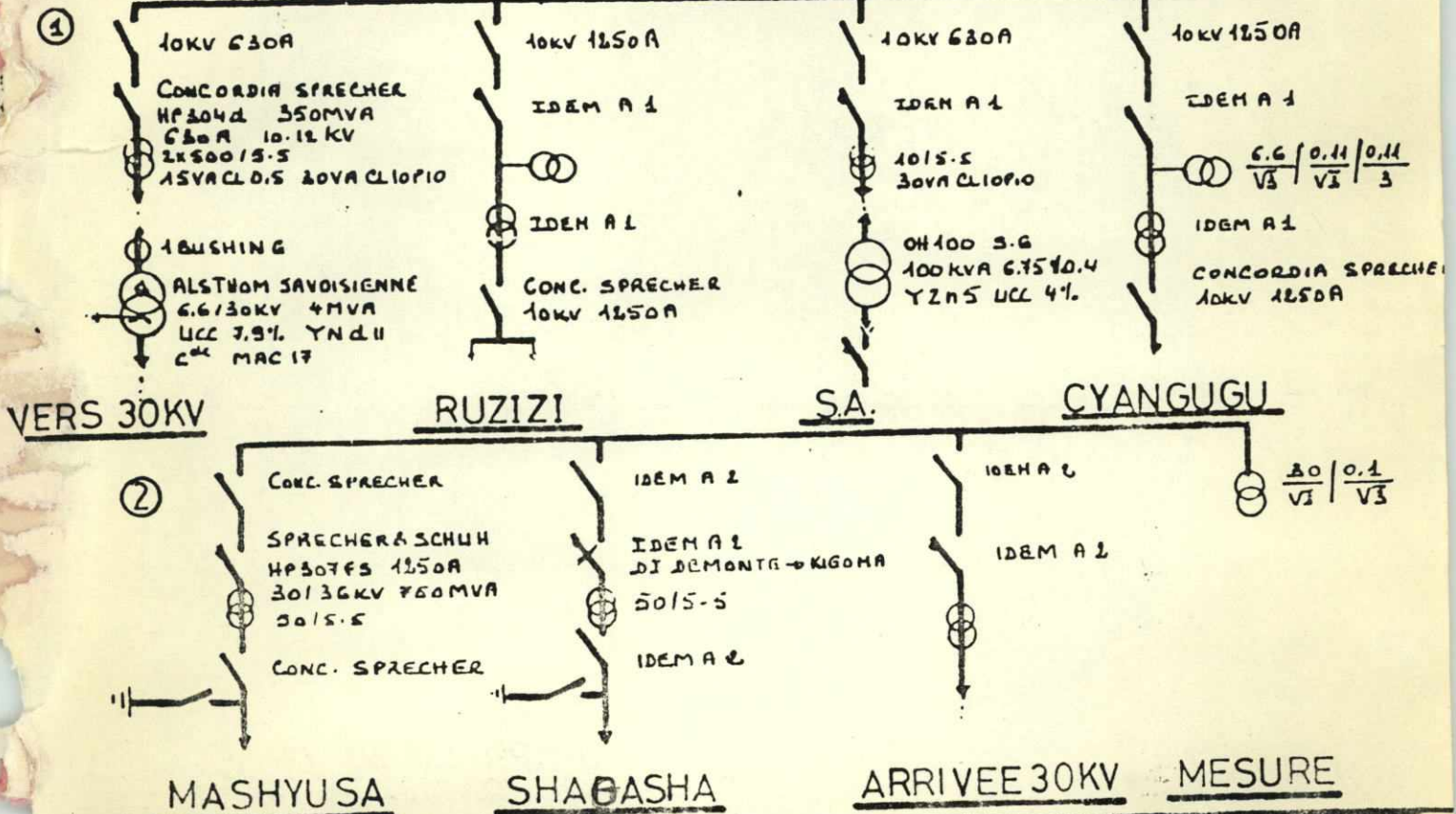
MURURU

DOMAINES	
PRODUCTION	
TRANSPORT	
DISTRIBUTION	
SECURITE	
APPAIRES GENERALES	

KARONGI 110kV



6,6KV



ELECTRICITE DE FRANCE INTERNATIONAL

MISSION DE CONSEIL
A

Code : 6/010

Date : 11.11.86