

Université des Sciences et de la Technologie d'Alger
École Nationale Polytechnique d'Alger

DEPARTEMENT D'ELECTROTECHNIQUE
FILIERE D'INGENIEUR D'ETAT EN ELECTROTECHNIQUE

امدرسة الوطنية للعلوم الهندسية
PROJET DE FIN D'ETUDES

ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
BIBLIOTHEQUE

**PROJET D'UN POSTE
220 | 60 K V**

16 PLANCHES

PROPOSE PAR :
S. KWIATKOWSKI

REALISE PAR
SKIKDAQUI Mustapha
CHELALI Mustapha

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

Université des Sciences et de la Technologie d'Alger
École Nationale Polytechnique d'Alger

DEPARTEMENT D'ELECTROTECHNIQUE
FILIERE D'INGENIEUR D'ETAT EN ELECTROTECHNIQUE

PROJET DE FIN D'ETUDÈS

**PROJET D'UN POSTE
220 | 60 KV**

PROPOSE PAR
S. KWIATKOWSKI

RÉALISÉ PAR:
SKIKDAOUI Mustapha
CHELALI Mustepha

-o- □) [E □) □ (□ □-) (□ [E □ -o-

- A la mémoire de mon père tombé au champ d'honneur
- A ma mère
 - A mon frère Mohammed qui a été pour moi un soutien indéfectible durant toute ma vie
 - A tous ceux qui me sont chers (R.S)
 - A toute la famille
 - A tous mes amis

je dédie ce travail

Mustapha Skikdaoui

- A la mémoire de ma mère
- A la mémoire de mon père
 - A tous mes frères et soeurs
 - A toute ma famille
 - A tous mes amis

je dédie cet ouvrage

Mustapha Chelali

-o)(o- R E M E R C I E M E N T S -o)(o-

///ous tenons à remercier vivement notre promoteur
M^r S. KWIATKOWSKI pour les précieux conseils qu'il nous a
prodigués tout au long de notre projet.

///os remerciements vont également à tous les
professeurs qui ont contribué à notre formation d'une manière
directe ou indirecte tout au long de notre vie scolaire.

///ous prions toutes les personnes qui ont
collaboré de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste
ouvrage en particulier notre ami Sellali Fatah pour la patience
qu'il a eu pour la frappe, de trouver ici toutes nos grâces
et notre reconnaissance.

==ooooooooooooo00ooooooooooooo==

I N T R O D U C T I O N

Un réseau de transport d'énergie se présente sous la forme d'un maillage de lignes et dont les postes constituent les noeuds. Suivant la fonction qu'ils assument, les postes sont groupés en trois types :

- Postes de transformation.
- " d'interconnexion.
- " de distribution.

Le poste, sujet de notre projet, étant un poste de transformation 220/60 KV permettant également d'alimenter des clients aussi bien en 220 KV qu'en 60 KV ce qui lui confère également le caractère de poste de distribution.

Dans une première étape on établira les schémas de base du poste afin de montrer l'équipement électrique et sa description ainsi que l'architecture du poste tout en respectant les règles de normalisation du CEI. Après description du poste et détermination des distances à respecter, nous ferons un choix judicieux de l'appareillage électrique du poste sur la base du calcul de courant de court-circuit et les efforts électrodynamiques et thermiques auxquels ils sont soumis. Un aperçu général sera donné sur l'équipement basse tension du poste y compris les services auxiliaires dont on dimensionnera les sources alternative et continue. Le système de protection est d'une grande importance pour avoir un bon fonctionnement du réseau de transformation et de distribution de l'énergie. Pour cette raison on terminera notre étude par un choix et un réglage judicieux du système de protection du poste.

-o- D O N N E E S T E C H N I Q U E S -o-

Partie très haute tension :

- 2 lignes d'arrivées centrales 220 KV
- 1 ligne client 220 KV
- 2 J.D.B 220 KV
- 2 transformateurs de puissance 80 MVA
- 1 coupleur

Partie haute tension :

- 2 lignes 60 KV
- 2 lignes clients 60 KV
- 2 J.D.B 60 KV
- 1 coupleur
- La puissance de court-circuit côté 60 KV est 2,5 GVA

Caractéristiques du transformateur de puissance :

- Puissance 80/80/10 MVA
- Tensions nominales 220/60/11 KV
- Couplage $\lambda / \lambda / \Delta$
- Tensions de court-circuit $U_{cc}(220/60) = 17 \%$
 $U_{cc}(220/11) = 10 \%$
 $U_{cc}(60 / 11) = 6 \%$
- Fréquence 50 Hz

Centrales :

- Centrale 1 : 4 alternateurs et 4 transformateurs.
située à 50 Km du poste.
- Centrale 2 : 3 alternateurs et 3 transformateurs
située à 100 Km du poste.

Alternateurs : $S_n = 110$ MVA , $U_n = 15,75$ KV , $X_d'' = 0,12$

Transformateurs : $S_n = 110$ MVA , $(U_{n1}/U_{n2}) = 15,75/242$ KV , $u_{cc} = 0,1$

CHAPITRE I

PRESENTATION DU POSTE

INTRODUCTION :

La réalisation d'un ouvrage complet de poste nécessite deux sortes d'études : l'une électrique l'autre génie-civil.

L'étude électrique concerne le dimensionnement et le choix de l'appareillage électrique qui doit constituer notre poste, choix qui doit présenter une bonne rentabilité aussi bien du point de vue électrique que du point de vue économique ainsi qu'une bonne sécurité pour le personnel exploitant.

Un ensemble de schéma doit accompagner cette étude et illustrer d'une manière claire l'ensemble de cet appareillage, sa disposition, ses dimensions et ses traits généraux. Cette étude électrique concerne aussi bien la partie haute tension du poste que sa partie basse tension.

L'étude Génie-civil quand à elle consiste en un relevé topographique du terrain, une étude géologique du sol ainsi que la conception de l'architecture du poste.

Cette étude ne résulte pas de notre spécialité, nous avons uniquement considéré un plan génie-civil pour donner une idée générale de l'implantation du poste et son architecture.

1. AGENCEMENT DU POSTE :

En ce qui concerne le poste que nous nous proposons d'étudier, nous dirons tout d'abord qu'il s'agit d'un poste de distribution abaisseur de tension 220 KV/60 KV comprenant sur le jeu de barres 220 KV deux arrivées centrales et un départ client et sur le jeu de barres 60 KV, quatre départs dont deux interconnectés à d'autres postes 60 KV et les deux autres servant à alimenter des clients en même tension.

Une travée couplage sur chaque système de jeu de barres permet à l'aide des sectionneurs d'aiguillage le passage d'un jeu de barres à un autre dans le cas où l'un des deux est défaillant ou la protection d'une ligne dont le disjoncteur est en panne.

Entre les deux systèmes de jeux de barres nous avons deux travées transformateurs.

Des travées de réserve sont prévues pour une extension éventuelle du poste et sont au nombre de quatre dont deux pour le poste 220 KV et deux pour le poste 60 KV.

2. PRESENTATION DE LA PARTIE ELECTRIQUE DU POSTE :

Dans cette partie nous parlerons uniquement de l'équipement électrique haute tension, celui de la partie basse tension sera présenté ultérieurement dans le chapitre 6.

La présentation de cet équipement, sa disposition, sa description et ses dimensions sont données dans les différents schémas comme le schéma unifilaire, les coupes de travées, la vue en plan des équipements électriques ainsi que le plan d'installation du transformateur de puissance.

2. 1 Schéma unifilaire : Voir plan n° 1

C'est un schéma électrique qui représente par un seul fil l'ensemble des trois phases et ce pour montrer d'une manière plus claire l'ensemble des connexions.

L'importance du schéma unifilaire dans la définition du poste réside dans le fait qu'il montre la disposition des différentes travées vis à vis l'une de l'autre ainsi que l'ensemble de l'appareillage constituant chacune d'elles et ce d'une manière symbolique.

2. 2 Coupes des travées : Voir plans n° 3 et 4

Ces schémas montrent une vue réelle de plan des différents équipements électriques haute tension, leur disposition dans la travée, leurs dimensions et formes, les distances entre-eux ainsi que le type d'appareillage choisi.

D'ailleurs le schéma n° 5 en donne une vue en plan de dessus détaillée et d'une manière plus claire mais uniquement pour le poste 220 KV.

3. EQUIPEMENT ELECTRIQUE DES DIFFERENTES TRAVEES :

3. 1 Travée ligne : Elle comprend :

- Pour le poste 220 KV :

- 2 sectionneurs d'aiguillage (SA)
- 1 disjoncteur (DISJ)
- 1 sectionneur de ligne (SL)
- 1 sectionneur de mise à la terre (MALT)
- 3 transformateurs de courant (TC) à 3 enroulements
- 3 transformateurs de tension (TT)
- 3 circuits bouchon (CB)

- Pour le poste 60 KV :

Même équipement que la travée ligne 220 KV sauf que le TC est à deux enroulements et qu'il n'y a qu'un seul circuit bouchon qu'on place sur la phase médiane.

3. 2 Travée couplage : Cette travée comprend :

- Pour le poste 220 KV :

- 2 sectionneurs d'aiguillage
- 1 disjoncteur
- 3 transformateurs de courant à un enroulement

- Pour le poste 60 KV :

Dans ce cas , l'équipement est le même que pour le 220 KV sauf qu'il n'y a pas de T.C.

3. 3 Travée transformateur :

Elle comporte un transformateur de puissance à 3 enroulements de tensions nominales respectives 220/60/11KV pouvant transiter une puissance nominale de 80 MVA vers le secondaire et 10 MVA vers le tertiaire et pouvant supporter une surcharge de 25%. Le tertiaire sert à alimenter les services auxiliaires du poste et à créer un circuit pour les harmoniques.

L'installation de ce transformateur est représentée sur le plan n° 6.

Cette travée comporte également :

a) Côté primaire : (220 KV)

a) Côté primaire (220 KV) :

- 2 sectionneurs d'aiguillage
- 1 disjoncteur
- 1 parafoudre
- 1 sectionneur de mise à la terre du neutre
- 3 bushings (TC incorporés dans le transformateur)

b) Côté secondaire (60 KV) :

- 2 sectionneurs d'aiguillage
- 1 disjoncteur
- 3 transformateurs de tension pour le synchronisme (TTS)
- 1 sectionneur de liaison (SDL)
- 1 sectionneur de mise à la terre du neutre
- 3 bushings

c) Côté tertiaire (11 KV) :

- 1 barrette (jouant le rôle de sectionneur)
- 1 transformateur des services auxiliaires (TSA)
de tensions nominales primaire et secondaire
11 000 V/380V
- 3 bushings

3. 4 Remarques :

Ces remarques concernent l'équipement du poste que nous avons cité ci-dessus :

- Les sectionneurs d'aiguillage sont à commande électrique à distance et sont équipés de moteurs électriques à courant continu. Ils possèdent néanmoins un dispositif de secours à manoeuvre locale manuelle et servent également à supporter les jeux de barres.

- Tous les autres sectionneurs sont à commande mécanique manuelle à manoeuvre locale.

- Les disjoncteurs qu'on a choisisont des disjoncteurs tripolaires à faible volume d'huile.

- Le sectionneur de ligne est lié au sectionneur de mise à la terre de la ligne par un système de verrouillage qui permet la non fermeture de ces deux sectionneurs en même temps. La commande de ces deux sectionneurs est mécanique manuelle à manoeuvre locale.

- Les transformateurs de courant sont à 3 enroulements pour les lignes 220 KV : un enroulement de mesure, un enroulement de protection et le troisième pour la protection de réserve. Tandis que les T.C pour les lignes 60 KV sont à deux enroulements l'un de mesure , l'autre de protection. Les T.C de la travée couplage 220 KV sont à un seul enroulement seulement servant pour la protection barres.

- Les transformateurs de tension (TT) sont capacitifs pour les lignes d'arrivées centrales et d'interconnexion, alors qu'ils sont inductifs pour les lignes clients.

- Les lignes clients ne comportent pas de circuits bouchon.

4. PLAN GENIE-CIVIL : Voir plan n° 7

Ce plan représente la disposition réelle de l'ensemble des fondations supportant toutes les charpentes (poteaux), les sectionneurs, disjoncteurs, parafoudres, le transformateur des services auxiliaires, le massif du transformateur et les rails ainsi que la fosse d'évacuation d'huile.

Il regroupe également l'ensemble des caniveaux servant au transport et à la protection des câbles basse tension de commande et de contrôle. Ces caniveaux sont utilisés uniquement comme collecteurs généraux des câbles ou dérivations principales à l'intérieur des travées on réalise des câbles basse tension enterrés à une profondeur de 0,5 m et protégés par des couvre-câbles (buse).

Le plan génie-civil montre aussi comment sont disposés les voies d'accès, les bâtiments de commande et de relaying ainsi que les villas du personnel.

En effet, notre poste est situé à proximité d'une route nationale et s'étend sur une superficie de 46 200 m² soit 4,62 hectares.

Deux types de chaussées permettent l'accès aux différentes parties du poste.

- La chaussée lourde pour le transport du matériel lourd. (transfo)
- La chaussée légère pour le déplacement des voitures et du personnel.

Un bâtiment de commande est situé de telle façon qu'il permet une bonne observation de toutes les parties du poste ainsi que de l'entrée principale. Des villas pour le personnel munis de parking et d'une entrée particulière.

Des bâtiments de relayage sont installés à raison d'un bâtiment pour deux travées pour chaque type de poste 220 et 60 KV. Le tout est entouré par une clôture bétonnée, sauf au niveau des villas où elle est en grillage.

Plan de masse : Voir plan n° 2

Ce plan est une vue réelle de dessus du poste. Il montre la disposition de tous les éléments du poste vis à vis l'un de l'autre que ce soit les éléments électriques (j.d.b, transformateur, lignes,) ou ceux de la partie génie-civil (villas, chaussées, bâtiment de commande,).

CHAPITRE II

- CONDITIONS DE SECURITE -

INTRODUCTION: Pour la réalisation du poste, des conditions doivent être respectées:

Certaines sont relatives aux installations; il s'agit de la sécurité du personnel et du matériel. D'autres sont relatives à l'ensemble du poste, c'est à dire celles qui tiennent compte de sa forme, sa superficie, la disposition des accès, les possibilités de manutention du matériel.

Application des règles de normalisation à l'installation du poste:

Pour chaque type de poste, il est nécessaire de prendre des mesures pour la sécurité du personnel exploitant et de l'appareillage constituant l'installation. Pour éviter donc que des contournements ou des amorçages se produisent en un point quelconque de l'installation pour des valeurs de tension inférieures au niveau de tenue au choc correspondant à l'échelon de tension considéré, il est indispensable de respecter une distance minimale entre pièces sous tension et masse d'une part et entre pièces sous tension de phases différentes d'autre part. A cette distance s'ajoutent des distances d'isolement relatives aux dimensions et à la forme de ces pièces et des distances de travail relatives aux cas éventuels d'intervention du personnel pour changer, réparer ou entretenir une pièce quelconque de l'installation.

1. DISTANCES MINIMALES:

1.1. Distance minimale entre parties sous tension et masse:

Elle correspond à la distance d'amorçage zéro pour cent (0%) qu'on augmente de dix pour cent (10%) afin d'éviter la dispersion.

1.2. Distance minimale entre parties sous tension de phases différentes:

C'est la distance minimale entre parties sous tension et masse augmentée de quinze pour cent (15%).

2. DISTANCES PRATIQUES: Les distances ainsi définies s'entendent à minima, c'est à dire entre pièces sous tension et non entre leurs

axes, car certains appareils présentent une géométrie dissymétrique et leur implantation doit donc tenir compte de leurs formes et leurs dimensions.

D'autres considérations entre également en jeu lors de l'étude de l'installation du matériel, ce sont:

- a) Le balancement des connexions souples sous l'effet du vent.
- b) Mouvements d'oscillation dus aux efforts électrodynamiques engendrés dans les connexions par des valeurs élevées du courant de court-circuit.
- c) L'effet couronne, qui conduit à une augmentation de la distance entre phases ou au choix d'une section des conducteurs à partir de l'échelon de tension 245 kV et ce en utilisant le graphe représentant la tension d'isolement du matériel U_1 en fonction de la distance entre phases. (Voir fig. A)

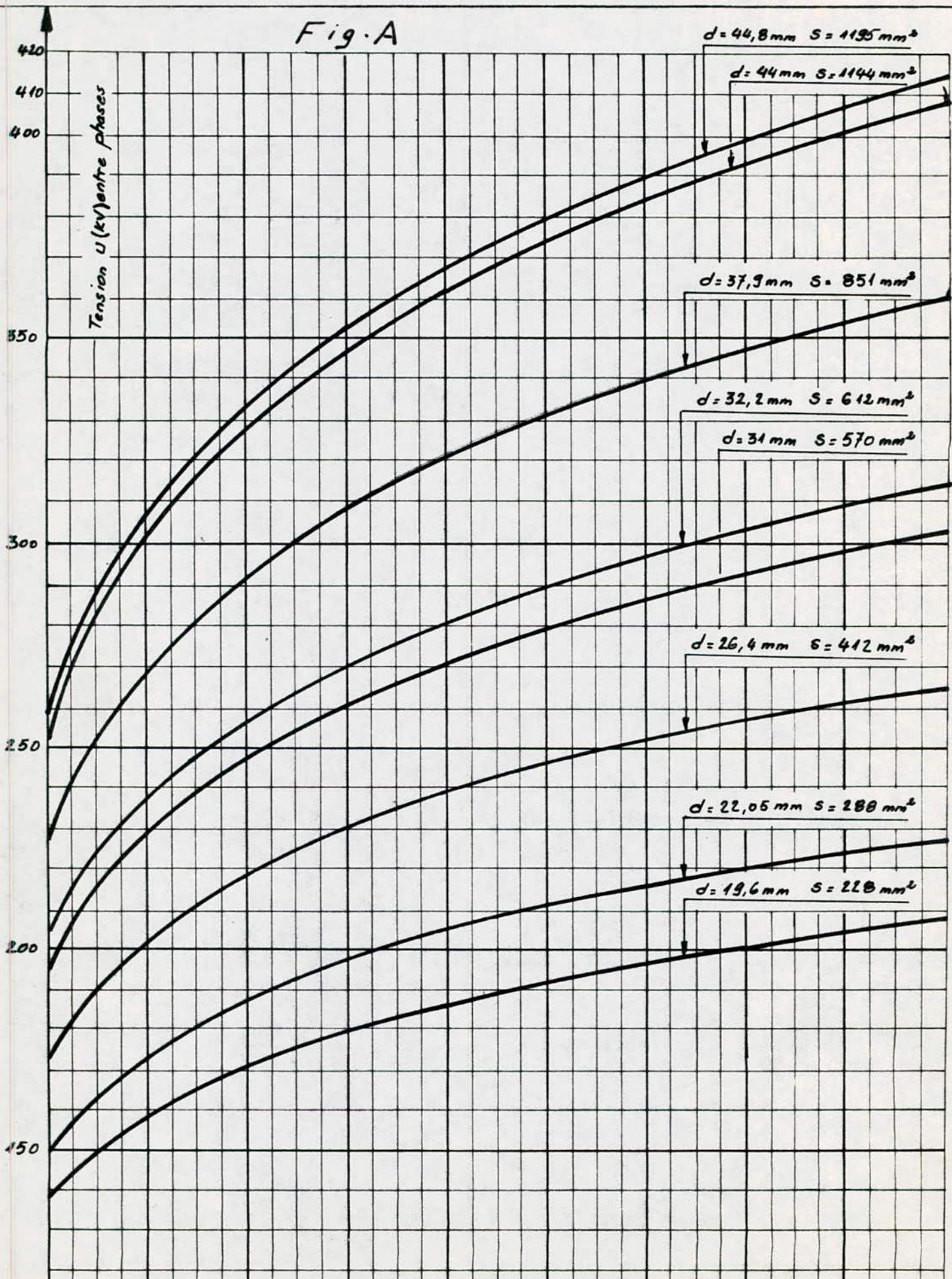
Nous remarquons sur ces courbes que pour éviter l'apparition de l'effet couronne pour un échelon de tension considéré, on a recours soit à l'augmentation de la distance entre phases (D) soit de prendre la section du conducteur normalisée immédiatement supérieure à la plus grande section susceptible de provoquer un effet couronne. Ces courbes ont été tracées en utilisant la formule de PEEK (conditions atmosphériques normales et au niveau de la mer).

- d) L'altitude à laquelle est construit l'ouvrage: Les valeurs indiquées sont valables jusqu'à l'altitude 1000m, au delà et jusqu'à 3000m les distances doivent être majorées de 1,25% par 100m

La tension disruptive varie en fonction de l'altitude. Cette variation (diminution) est représentée par un coefficient empirique dit "coefficient de diminution de la tension disruptive en fonction de l'altitude" et qu'on représente dans le tableau suivant:

Altitude en m au dessus du niveau de la mer	0	150	300	450	600	750	900	1200	1500
Coefficient	1	098	096	094	092	091	089	086	077

Fig. A



3. DISTANCES DE SECURITE.

Ce sont des distances nécessaires au personnel d'exploitation et d'entretien afin de lui permettre de circuler et d'intervenir en tout point du poste. Elle s'ajoutent aux distances définies précédemment qui, elles, correspondent aux conditions de fonctionnement du poste.

3. 1. Distance minimale entre le sol et les parties sous tension:

Cette distance vise uniquement la circulation du personnel et s'entend à minima entre le niveau de circulation et la partie inférieure des pièces nues sous tension. Elle est égale à la plus grande des distances ainsi définies :

- $2,30 + 0,0075.U_i$ avec un minimum de 3 m.

U_i est la tension nominale d'isolement du matériel sous tension pour l'échelon de tension considéré.

- Distance minimale à la masse (définie au § 2.1) augmentée de 2,25 m hauteur d'un opérateur bras levé, avec un minimum de 3 m.

La hauteur 2,25 m doit être vérifiée également entre le sol et la première jupe de l'isolateur.

3. 2. Distances de travail : Ces distances permettent au personnel d'intervenir et sont comptées verticalement et horizontalement entre pièces sous tension et masse et entre pièces sous tension tout en considérant que la largeur d'un opérateur bras tendus est 1,75 m et la hauteur qu'il peut dépasser par rapport au plan de travail est 1,25 m. Ces distances sont donc :

a) Horizontalement : 1,75 m + la distance à la masse pour l'échelon de tension considéré avec un minimum de 3 m.

b) Verticalement : 1,25 m + la distance à la masse pour l'échelon de tension considéré avec un minimum de 3 m.

Remarque : L'opérateur ne peut tenir qu'un outillage portatif courant. On définit alors la zone de sécurité comme étant la zone dans laquelle l'opérateur peut intervenir librement sans atteindre toutefois la zone de distance à la masse.

TENSION NOMINALE		TENSION DE TENUE AU CHOC (KVcrête)	DISTANCE D'AMORÇAGE 0% (cm)	Distances minimal		DISTANCES (cm)		
DU RÉSEAU U_n (KVeff)	D'ISOLÉ DU MATÉRIEL U_i (KVeff)			à La masse (cm)	entre Phases (cm)	minimale DU SOL	de Travail	
						sous connexions	Horizont.	Vertical.
10	12	75	12	13	30	minimum	minimum	minimum
63	72,5	325	63	70	80	300	300	300
225	245	900	196	216	250	445	391	341

3.3. Distances de sécurité pour les manutentions:

Ce sont les distances permettant le transport du matériel à travers les chaussées (lourde et légère). Ces distances doivent tenir compte de la largeur du gabarit maximal susceptible d'être occupé par le matériel et de la hauteur du transport, c'est à dire du camion plus la hauteur de l'appareil. On ajoute à la largeur la distance phase-masse de part et d'autre de la chaussée et à la hauteur la distance phase-masse au-dessus du point le plus haut du système matériel-camion.

Ajoutons à cela la clôture extérieure qui doit avoir une hauteur minimum de 2 m à 2,60 m, et doit être placée à une distance de sécurité au matériel HT. Les bâtiments eux doivent ^{être} construits de manière à ce que leur toit soit éloigné d'une distance de sécurité par rapport aux connexions.

4. VALEURS PRATIQUES CONSIDERÉES.

Nous résumerons les distances considérées dans notre poste dans le tableau suivant:

	Poste 220kV	Poste 60kV
Distances entre barres voisines	6,00 m	2,50 m
Distances entre conducteurs voisins	4,40 m	1,50 m
Distance minimale à la masse	2,16 m	0,70 m
Distances minimales au sol	3 m	3 m

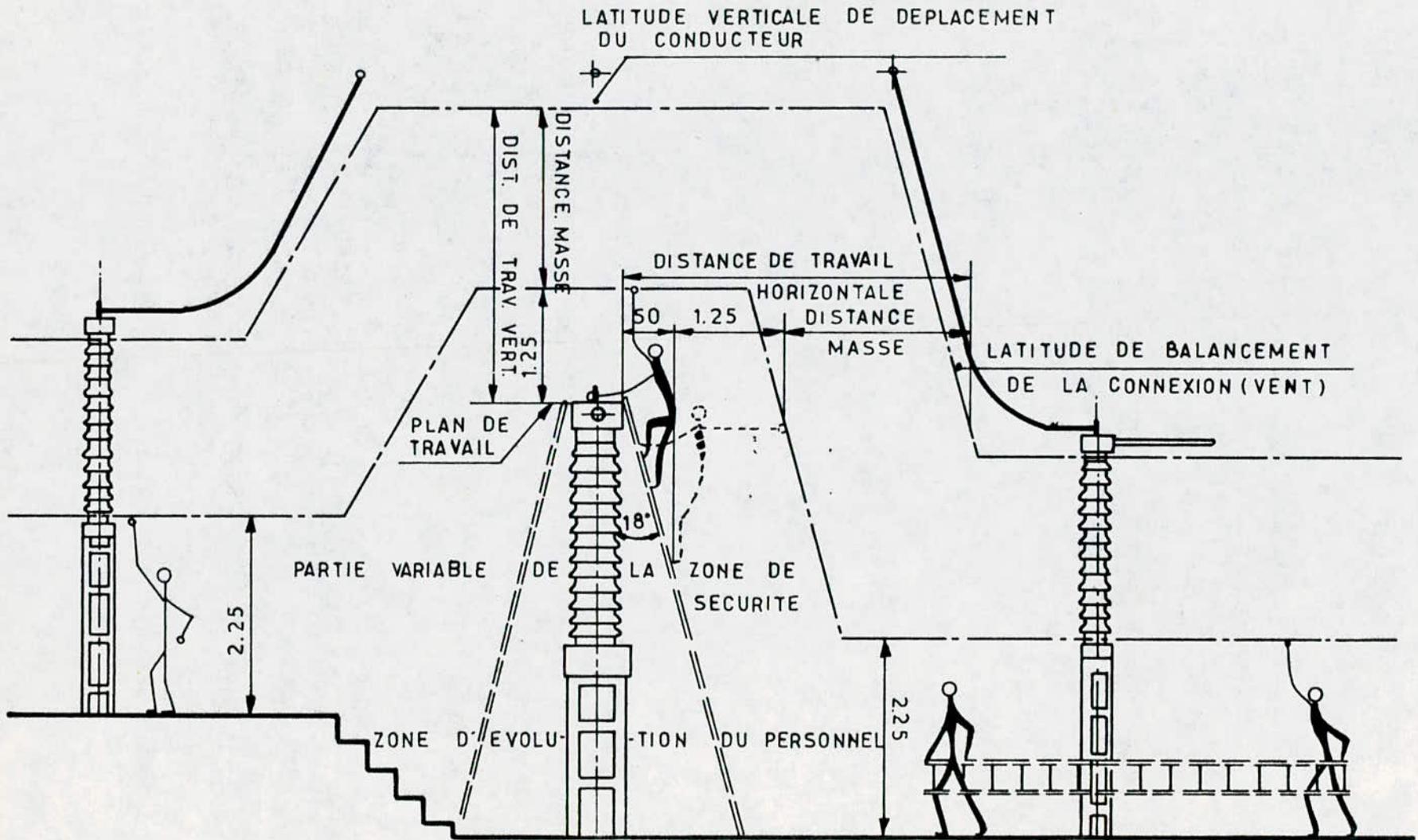
Pour les jeux de barres et les conducteurs de phases, les distances considérées ont été choisies de manière à vérifier la distance minimale entre phases, à éviter largement l'apparition de l'effet couronne et de permettre aux barres de résister aux

efforts électrodynamiques qui apparaissent en cas de défaut.

La tension d'isolement de l'échelon de tension 220 kV est 245 kV. En se référant aux courbes de la figure A, cette tension correspond, pour une distance minimale entre conducteurs de 2,5 m augmentée de 15% soit au total $d=2,875$ m, à une section légèrement inférieure à 570 mm^2 . Pour éviter donc l'apparition de l'effet couronne, il faut utiliser des conducteurs de section:

$$S \geq 570 \text{ mm}^2$$

FIG.B : DISTANCES . DE SECURITE .



CHAPITRE III

COURT-CIRCUITS

INTRODUCTION :

Les court-circuits dans les réseaux électriques proviennent d'un contact imprévu entre conducteurs de potentiels différents. Ils représentent des avaries très dangereuses avec les conséquences négatives qu'ils entraînent telles que les forces électrodynamiques qui prennent des valeurs importantes et causent ainsi des dégâts au niveau de l'équipement et un surchauffement des conducteurs et des barres qui peut même causer leur fusion.

Les divers types de court-circuits qui existent sont :

- Court-circuit monophasé : il se présente le plus fréquemment et est causé par une mise accidentelle à la terre d'un fil de phase du réseau. Il représente 65% des cas de court-circuit.

- Court-circuit biphasé-terre : il est causé par la mise à la terre de deux phases et représente 20% des cas.

- Court-circuit biphasé : il est causé par le contact de deux phases entre-elles et représente quand à lui 10% des cas.

- Court-circuit triphasé : il est causé par la mise des trois phases à la terre ou par le contact des trois phases entre-elles. Il représente 5% des cas de court-circuit.

L'étude des court-circuits triphasés, malgré leur faible probabilité d'apparition, sert de base pour le calcul des autres types de court-circuits ainsi que pour le réglage des protections et le choix du matériel.

Cette étude étant très compliquée, nous la simplifierons en adoptant les hypothèses suivantes sans trop affecter les valeurs à calculer.

- Les circuits magnétiques sont non saturés, les caractéristiques sont donc linéaires.

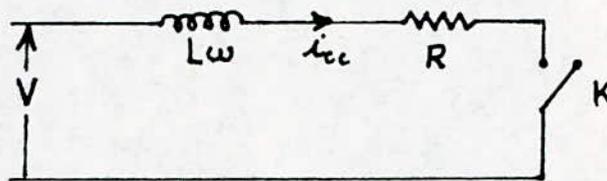
- Les capacités des lignes sont négligeables.

- Les courants de magnétisation des transformateurs sont négligeables.

- La résistance de l'arc dû au court-circuit est négligeable.

1. RAPPEL SUR LE COURT-CIRCUIT TRIPHASE :

Nous supposons pour cette étude le schéma d'une phase suivant :



D'après la loi d'OHM on a l'équation suivante :

$$V = V_m \sin(\omega t + \psi) = R i_{cc} + L \frac{d i_{cc}}{dt}$$

ψ : phase initiale, R et L sont les paramètres de la ligne.

La résolution de cette équation donne :

$$i_{cc}(t) = \frac{V_m}{\sqrt{R^2 + (L\omega)^2}} \left[\sin(\omega t + \psi - \phi) - \sin(\psi - \phi) e^{-\frac{R}{L}t} \right]$$

ϕ est l'angle de court-circuit donné par :

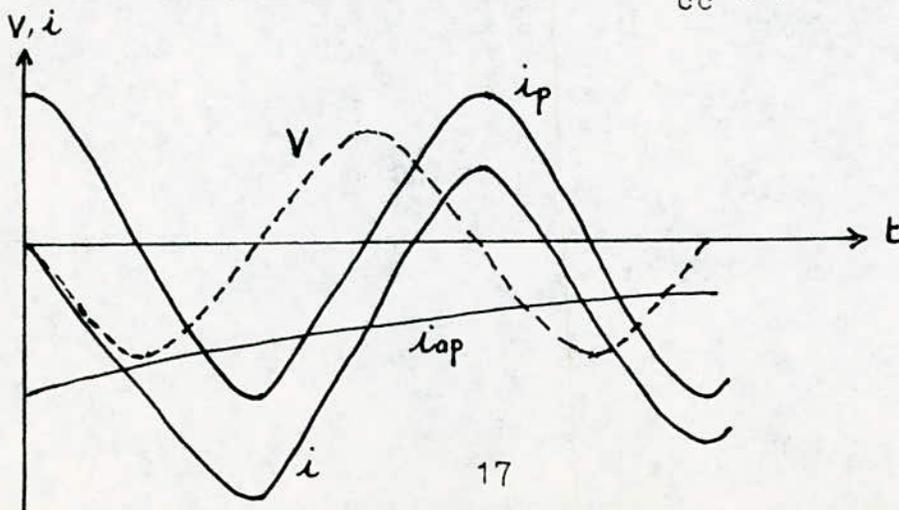
$$\phi = \text{Arctg} \frac{L\omega}{R}$$

D'après l'expression de $i_{cc}(t)$, on voit que c'est la somme de deux composantes l'une périodique i_p et l'autre apériodique i_{ap} telles que :

$$i_p = \frac{V_m}{\sqrt{R^2 + (L\omega)^2}} \left[\sin(\omega t + \psi - \phi) \right]$$

$$i_{ap} = \frac{-V_m}{\sqrt{R^2 + (L\omega)^2}} \left[\sin(\psi - \phi) e^{-\frac{R}{L}t} \right]$$

Nous schématiserons l'allure de $i_{cc}(t)$ dans le graphe suivant :



Cas particulier : c'est le cas où $\psi = \phi = \frac{\pi}{2}$

dans ce cas $\text{tg } \phi$ est infinie et il en est de même pour $\frac{L\omega}{R}$
 c'est à dire $\frac{L\omega}{R} \rightarrow \infty$ ce qui fait que R est négligeable devant
 $X = L\omega$ dans ce cas

$$i_{ap} = 0 \text{ et } i_{cc}(t) = i_p(t) = \frac{V_m}{X_{ce}} \sin \omega t$$

2. UTILISATION DES COMPOSANTES SYMETRIQUES POUR LE CALCUL DES COURANTS DE COURT-CIRCUIT.

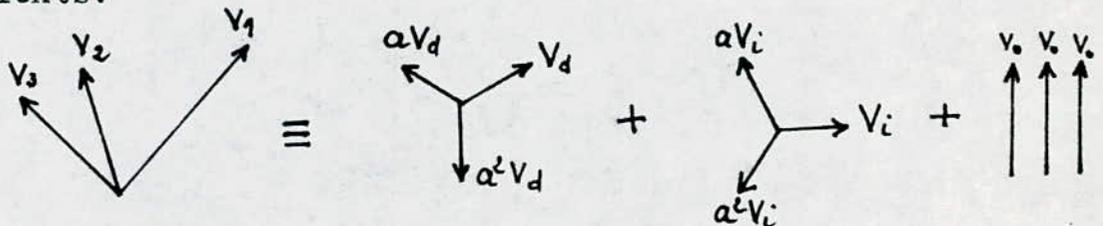
Dans la distribution de l'énergie électrique, le réseau à haute tension constitue un système équilibré ou symétrique, mais lors d'un défaut dans ce réseau, le système se trouve déséquilibré ou dissymétrique. L'étude de ce déséquilibre permet de connaître les conséquences résultant de ce défaut et peut nous renseigner quant aux mesures à prendre pour protéger le réseau contre ces conséquences : Elle se fait en employant la méthode des composantes symétriques.

2. 1 Généralités :

Un système quelconque $\bar{V}_1, \bar{V}_2, \bar{V}_3$, peut être considéré comme étant la résultante de trois systèmes symétriques qui sont :

- Système symétrique direct : composé de trois vecteurs \bar{V}_d de même module et décalés de $\frac{2\pi}{3}$ l'un par rapport à l'autre.
- Système symétrique inverse : composé de trois vecteurs \bar{V}_i de même module et décalés de $\frac{2\pi}{3}$
- Système homopolaire : composé de trois vecteurs \bar{V}_0

équipollents.



Les trois tensions V_1, V_2, V_3 du système sont exprimées alors comme suit :

$$(A) \begin{cases} V_1 = V_d + V_i + V_o \\ V_2 = a^2 V_d + a V_i + V_o \\ V_3 = a V_d + a^2 V_i + V_o \end{cases}$$

a étant un opérateur vectoriel représentant une rotation de $\frac{2\pi}{3}$

$$a = e^{j\frac{2\pi}{3}} = -\frac{1}{2} + j\frac{\sqrt{3}}{2}$$

Puisqu'on a un court-circuit triphasé alors $V_1 = V_2 = V_3 = 0$ et le système (A) devient :

$$(B) \begin{cases} V_d + V_i + V_o = 0 \\ a^2 V_d + a V_i + V_o = 0 \\ a V_d + a^2 V_i + V_o = 0 \end{cases}$$

La résolution du système (B) donne : $V_d = V_i = V_o = 0$

Comme l'alternateur donne des tensions et des courants symétriques, alors : $E_i = E_o = 0$

$$\text{et } E_d = V_d + Z_d \cdot I_d = Z_d \cdot I_d \implies I_d = \frac{E_d}{Z_d} = I_{cc}$$

Généralement on suppose que la chute de tension représente 10% de la tension nominale :

$$\text{donc : } E_n = V_n + 0,1 V_n = 1,1 V_n$$

finalement

$$I_{cc} = \frac{1,1 V_n}{Z_d} = \frac{1,1 U_n}{\sqrt{3} \cdot Z_d}$$

Le rapport $\frac{R}{X}$ est généralement légèrement inférieur à 0,1 pour les générateurs et les transformateurs et il est de l'ordre de 0,15 pour les lignes. Nous négligerons donc les résistances devant les réactances, (Z_d est donc équivalente à X_d) pour le calcul du courant de court-circuit, alors que pour la

conclusion :

constante de temps du coefficient de choc, on suppose que R_{eq}/X_{eq} est de l'ordre de 0,1.

3. CALCUL DES COURANTS DE COURT-CIRCUIT :

Pour le calcul des courants de court-circuit nous envisageons deux points dans lesquels se produit le défaut K_1 et K_2 .

K_1 sur le jdb 220 KV et K_2 sur le jdb 60 KV.

Le j.d.b 220 kV étant alimenté à partir de deux centrales.

La centrale 1 : constituée de 4 alternateurs et 4 transformateurs.

La centrale 2 : constituée de 3 alternateurs et 3 transformateurs.

Les caractéristiques des alternateurs et des transformateurs sont les suivantes :

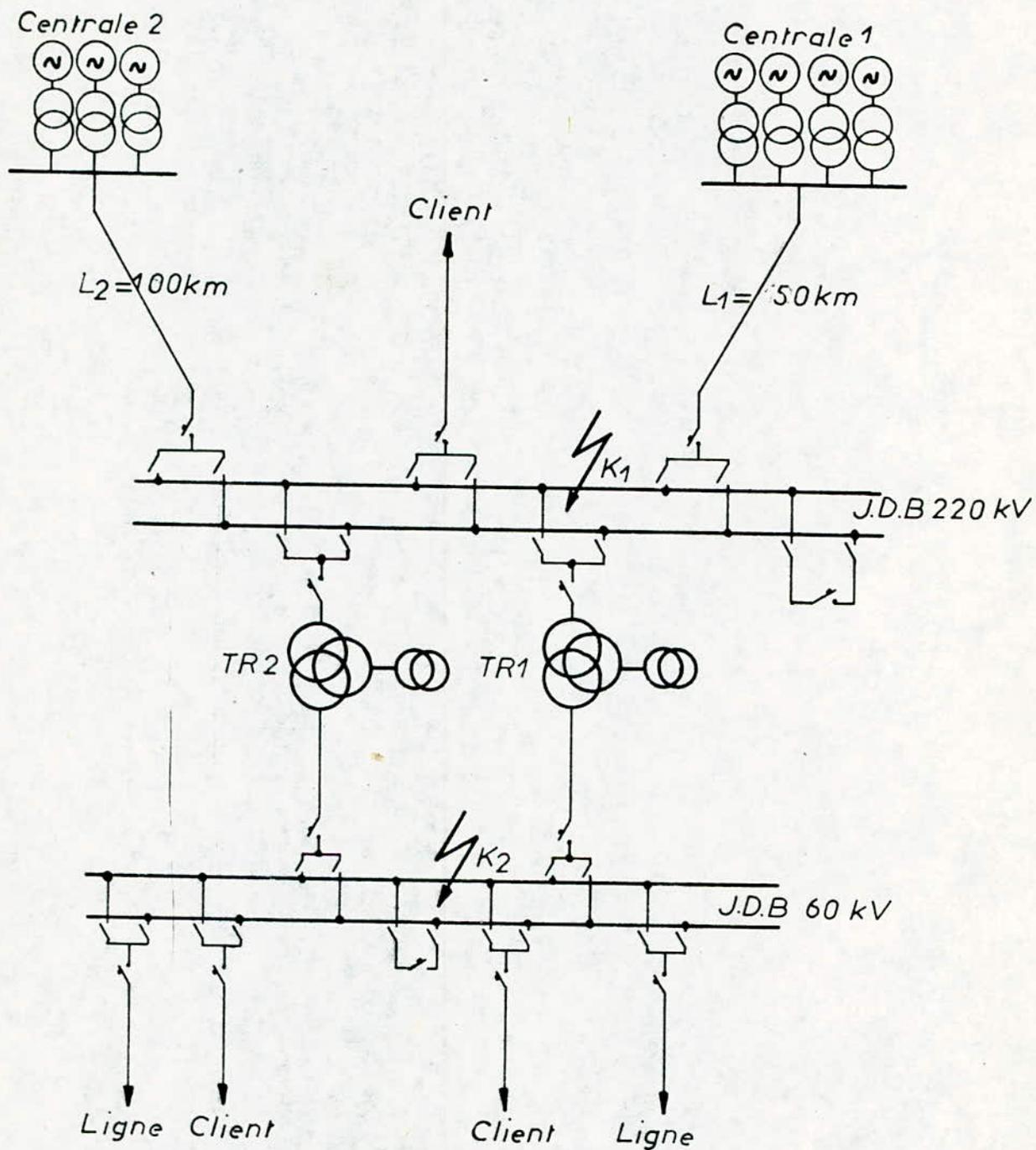
- Alternateurs : Tension nominale $U_n = 15,75$ KV
Puissance nominale $P_n = 100$ MW
Facteur de puissance $\cos \phi = 0,9$
Réactance subtransitoire $X_d'' = 0,12$
- Transformateurs : Côté primaire $U_{n1} = 15,75$ KV
Côté secondaire $U_{n2} = 242$ KV
Puissance nominale $S_n = 110$ MVA
Tension de court-circuit $u_{cc} = 10\%$

Nous noterons que la puissance de court-circuit sur le j.d.b 60 KV est de 2,5 GVA.

3. 1 Calcul des différentes réactances :

3. 1.1 Réactance des alternateurs : Elle est exprimée par :

$$X_A = X_d'' \cdot \frac{U_n^2}{S_n}, \quad S_n = \frac{P_n}{\cos \phi} = \frac{100}{0,9} \approx 110 \text{ MVA}$$



$$X_A = 0,12 \cdot \frac{(15,75)^2}{110} = 0,27 \Omega$$

Réactance ramenée au secondaire du transformateur (242 KV) :

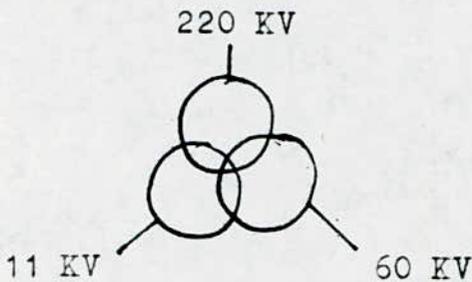
$$X_{Ar} = X_A \cdot \left(\frac{U_{n2}}{U_{n1}} \right)^2 = 0,27 \cdot \left(\frac{242}{15,75} \right)^2 = 63,7 \Omega$$

3. 1.2 Réactance des transformateurs :

a) Transformateurs des centrales : Ce sont des transformateurs à 2 enroulements.

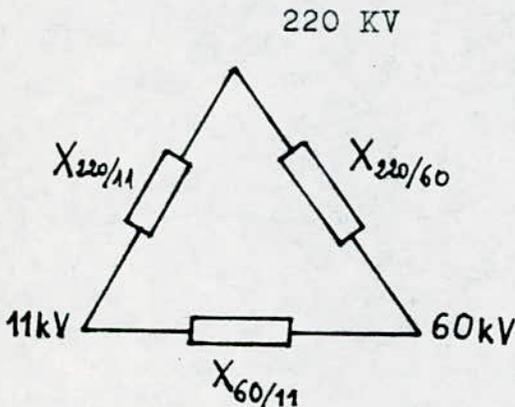
$$X_{Tr} = u_{cc} \cdot \frac{U_n^2}{S_{nT}} = 0,1 \cdot \frac{(242)^2}{110} = 53,24 \Omega$$

b) Transformateurs du poste : Ce sont des transformateurs à 3 enroulements.



$$\begin{aligned} u_{cc}(220/60) &= 17\% \\ u_{cc}(220/11) &= 10\% \\ u_{cc}(60/11) &= 6\% \end{aligned}$$

L'enroulement du transformateur peut-être représenté par le schéma équivalent suivant :



$$X_{220/60} = u_{cc}(220/60) \cdot \frac{U_{1n}^2}{S_{1n}}$$

$$X_{220/11} = u_{cc}(220/11) \cdot \frac{U_{1n}^2}{S_{1n}}$$

$$X'_{60/11} = u_{cc}(60/11) \cdot \frac{U_{2n}^2}{S_{2n}}$$

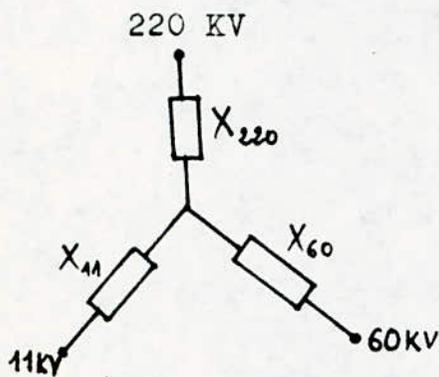
$X'_{60/11}$ déterminée au niveau du secondaire (60 KV) doit être ramenée au côté primaire (220 KV).

Donc :

$$X_{60/11} = X'_{60/11} \cdot \left(\frac{U_{1n}}{U_{2n}} \right)^2 = u_{cc} (60/11) \cdot \frac{U_{2n}^2}{S_{2n}} \cdot \left(\frac{U_{1n}}{U_{2n}} \right)^2 =$$

$$u_{cc} (60/11) \cdot \frac{U_{1n}^2}{S_{2n}}$$

Transfiguration du schéma triangle du transformateur en étoile :



$$X_{220} = \frac{1}{2} (X_{220/60} + X_{220/11} - X_{60/11})$$

$$X_{60} = \frac{1}{2} (X_{220/60} + X_{60/11} - X_{220/11})$$

$$X_{11} = \frac{1}{2} (X_{220/11} + X_{60/11} - X_{220/60})$$

APPLICATION :

$$U_{1n} = 220 \text{ KV} \quad S_{1n} = S_{2n} = 80 \text{ MVA}$$

$$X_{220/60} = 0,17 \cdot \frac{(220)^2}{80} = 102,85 \Omega$$

$$X_{220/11} = 0,1 \cdot \frac{(220)^2}{80} = 60,5 \Omega$$

$$X_{60/11} = 0,06 \cdot \frac{(220)^2}{80} = 36,3 \Omega$$

d'où les réactances :

$$X_{220} = \frac{1}{2} (102,85 + 60,5 - 36,3) = \frac{1}{2} (127) = 63,5 \Omega$$

$$X_{60} = \frac{1}{2} (102,85 + 36,3 - 60,5) = \frac{1}{2} (78,65) = 39,3 \Omega$$

$$X_{11} = \frac{1}{2} (60,5 + 36,3 - 102,85) = -\frac{1}{2} (6,05) = -3 \Omega$$

3. 1.3 Réactances des lignes :

La réactance par unité de longueur (km) est :

$$X_0 = 0,42 \Omega/\text{km}$$

d'où les réactances des lignes L_1 et L_2 .

$$X_{L1} = 0,42 \cdot 50 = 21 \Omega$$

$$X_{L2} = 0,42 \cdot 100 = 42 \Omega$$

3. 1.4 Réactance de court-circuit côté 60 KV :

$$S_{cc} = 2,5 \text{ GVA}$$

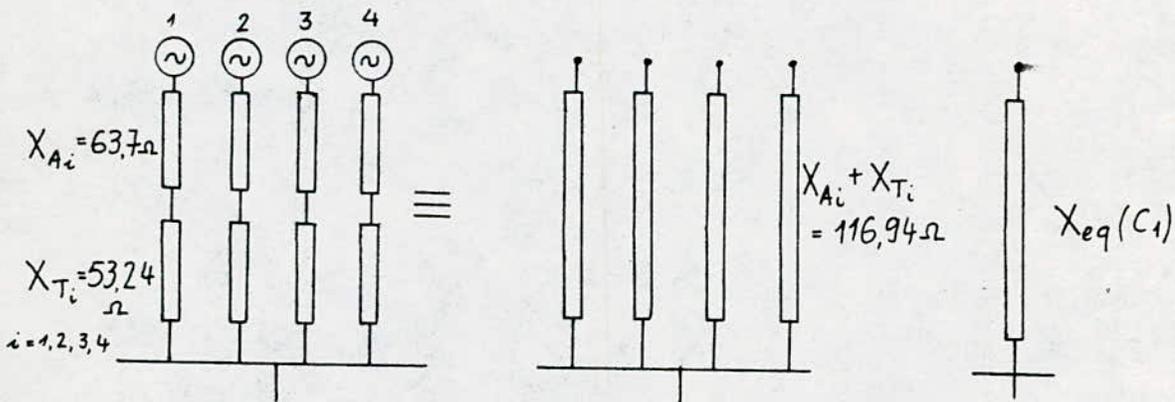
$$X'_{cc} = \frac{U_n^2}{S_{cc}} = \frac{(60)^2}{2500} = \frac{3600}{2500} = 1,44 \Omega$$

On ramène cette réactance au niveau primaire du transformateur (220 KV)

$$X_{cc} = X'_{cc} \cdot \left(\frac{U_{n1}}{U_{n2}} \right)^2 = 1,44 \left(\frac{220}{60} \right)^2 = 19,36 \Omega$$

3. 1.5 Réactances équivalentes des centrales 1et 2 :

a) Centrale 1 :

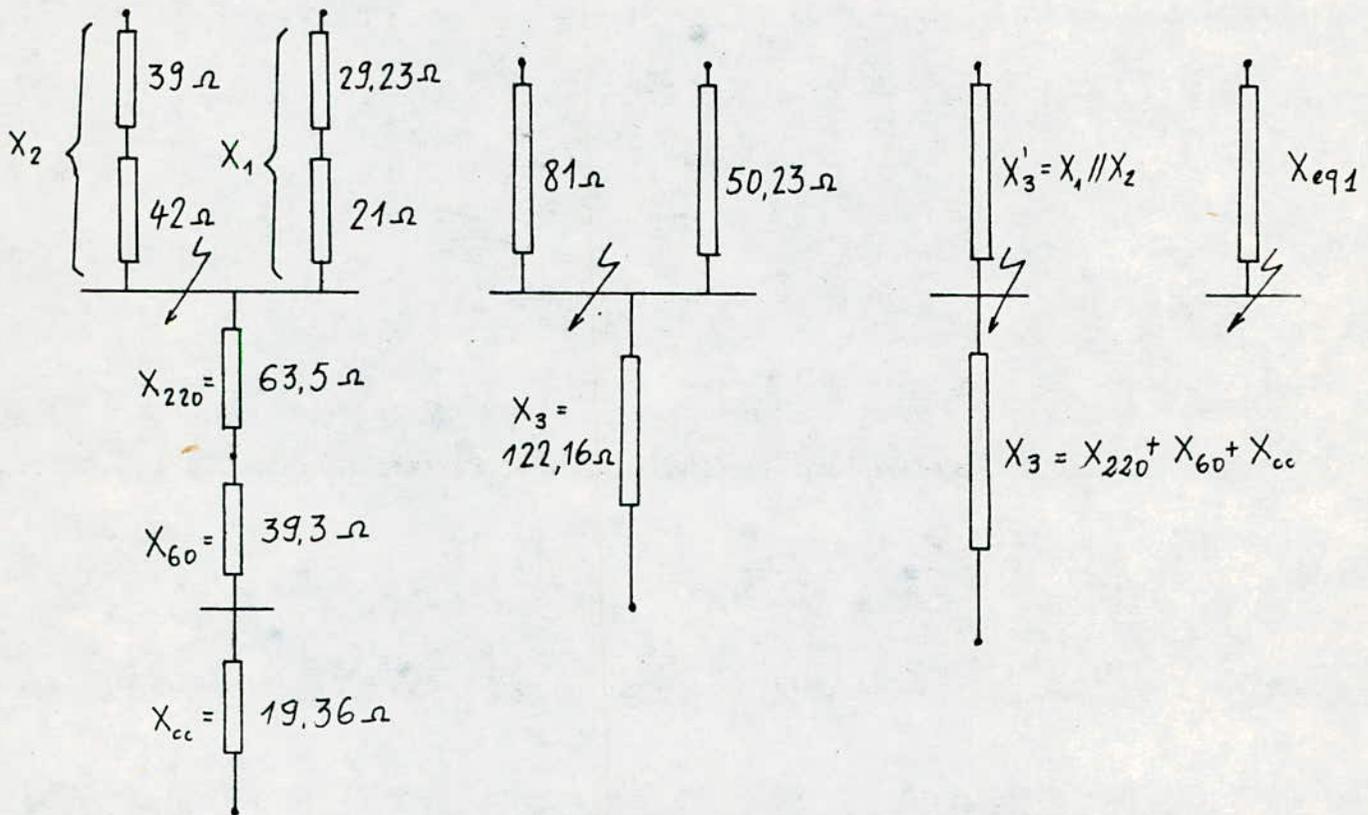


$$X_{eq}(C_1) = \frac{X_{Ai} + X_{Ti}}{4} = \frac{116,94}{4} = 29,23 \Omega$$

b) Centrale 2 : Même calcul mais avec 3 branches :

$$\text{donc : } X_{eq}(C_2) = \frac{X_{Ai} + X_{Ti}}{3} = \frac{116,94}{3} = 39 \Omega$$

3. 2 Calcul du courant de court-circuit sur le J.D.B 220KV (K₁) :



$$X'_3 = X_1 // X_2 = \frac{X_1 \cdot X_2}{X_1 + X_2} = \frac{50,23 \times 81}{50,23 + 81} = 31\ \Omega$$

$$X_{eq1} = X_3 // X'_3 = \frac{X_3 \cdot X'_3}{X_3 + X'_3} = \frac{31 \cdot 122,16}{31 + 122,16} = 24,73\ \Omega$$

d'où la valeur du courant de court-circuit au point K₁.

$$I_{cc} = \frac{1,1 U_n}{\sqrt{3} \cdot X_{eq1}} = \frac{1,1 \cdot 220}{\sqrt{3} \cdot 24,73} = 5,650\ \text{KA}$$

:: Calcul des courants dans les branches :

$$I_{X'_3} = \frac{X_3}{X_3 + X'_3} \cdot I_{cc} = \frac{122,16}{122,16 + 31} \cdot 5,650 = 4,506\ \text{KA}$$

$$I_{X_3} = \frac{X_3}{X_3 + X'_3} \cdot I_{cc} = \frac{31}{122,16 + 31} \cdot 5,650 = 1,144 \text{ KA}$$

$$X'_3 = X_1 // X_2 \quad ; \quad X_3 = X_{220} + X_{60} + X_{cc}$$

$I_{X'_3}$: courant traversant la réactance équivalente des deux lignes "centrales 1 et 2".

I_{X_3} : courant dans l'enroulement THT (220 KV) du trans. de puis.

$$\begin{aligned} \cdot \text{ Courant dans la ligne } C_1 : I_{X_1} &= \frac{X_2}{X_1 + X_2} \cdot I_{X'_3} = \frac{81}{81 + 50,23} \cdot 4,506 \\ &= 2,784 \text{ KA} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \cdot \text{ Courant dans la ligne } C_2 : I_{X_2} &= \frac{X_1}{X_1 + X_2} \cdot I_{X'_3} = \frac{50,23}{81 + 50,23} \cdot 4,506 \\ &= 1,722 \text{ KA} \end{aligned}$$

Courant dans l'enroulement HT (60 KV) du trans. DE PUISSANCE:

$$I_{X_{3r}} = I_{X_3} \cdot \left(\frac{220}{60}\right) = 1,144 \cdot \frac{220}{60} = 4,195 \text{ KA}$$

• Courants dans les lignes (L_1 et L_2 : 60 KV) :

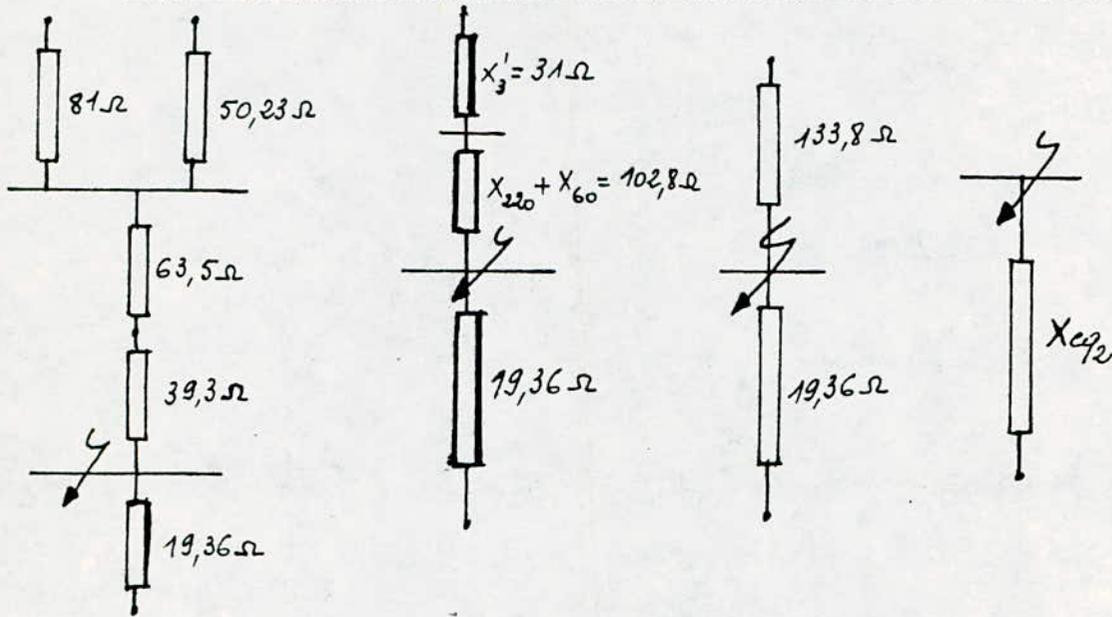
On suppose que $X_{L1} = X_{L2}$:

$$I_{L1} = I_{L2} = \frac{1}{2} \cdot I_{X_{3r}} = \frac{4,195}{2} = 2,097 \text{ KA}$$

Tableau récapitulatif :

Branche Valeur de	$I_{X_1}(C_1)$	$I_{X_2}(C_2)$	I_{THT}	I_{HT}	$I_{L_1} = I_{L_2}$	K_1
U_n (KV)	220	220	220	60	60	220
I_{cc} (KA)	2,784	1,722	1,144	4,195	2,097	5,650

3. 3 Calcul du courant de court-circuit sur le J.D.B 60 KV(K₂):



$$X_{eq2} = (X'_3 + X_{220} + X_{60}) // X_{cc} = \frac{133,8 \times 19,36}{133,8 + 19,36} = 16,91 \Omega$$

D'où le courant de court-circuit au point K₂ mais au niveau 220 KV.

$$I_{ccr} = \frac{1,1 \cdot U_{n1}}{\sqrt{3} \cdot X_{eq2}} = \frac{1,1 \cdot 220}{\sqrt{3} \cdot 16,91} = 8,262 \text{ KA}$$

On ramène cette valeur au niveau 60 KV.

$$I_{cc} = I_{ccr} \cdot \frac{220}{60} = 8,262 \cdot \frac{220}{60} = 30,294 \text{ KA}$$

Courant dans chaque branche :

$$I_{rX} = \frac{X_{cc}}{X_{cc} + X} I_{rcc} = \frac{19,36}{19,36 + 133,8} \cdot 8,262 = 1,045 \text{ KA}$$

D'où :

$$I_{X_1} = \frac{81}{81 + 50,23} \cdot 1,045 = 0,645 \text{ KA}$$

$$\text{ET } I_{X_2} = \frac{50,23}{81 + 50,23} \cdot 1,045 = 0,400 \text{ KA}$$

Courant dans l'enroulement HT du transfo. de puissance :

$$I_{HT} = I_{rX} \cdot \frac{220}{60} = 3,832 \text{ KA}$$

$$I_{rX_{cc}} = \frac{X}{X_{cc} + X} \cdot I_{rcc} = \frac{133,8}{19,36 + 133,8} \cdot 8,262 = 7,217 \text{ KA}$$

$$X = X_{220} + X_{60} + X_3'$$

$I_{rX_{cc}}$: courant de court-circuit sur X_{cc} mais au niveau 220 KV
sa valeur au niveau 60 KV est :

$$I_{X_{cc}} = I_{rX} \cdot \left(\frac{220}{60}\right) = 7,217 \left(\frac{220}{60}\right) = 26,462 \text{ KA}$$

Comme $X_{L1} = X_{L2} \Rightarrow I_{L1} = I_{L2} = \frac{26,462}{2} = 13,231 \text{ KA}$

Tableau récapitulatif :

Branche	$I_{X1}(C_1)$	$I_{X2}(C_2)$	I_{THT}	I_{HT}	$I_{L1}=I_{L2}$	K_2
Valeur de U_n (KV)	220	220	220	60	60	60
I_{cc} (KA)	0,645	0,400	1,045	3,832	13,231	30,30

4. COURANT DE CHOC :

4. 1 Définition : Le courant de choc est défini comme étant la valeur maximale du courant de court-circuit apparaissant après un temps $t = 0,01$ s du temps d'apparition du défaut. Sa valeur est la somme de la composante périodique maximale et de la composante aperiodique du courant de court-circuit.

$$I_{ch} = I_{pmax} + I_{ap} = \sqrt{2} \cdot K_{ch} \cdot I_{cc}$$

K_{ch} est le coefficient de choc défini par :

$$K_{ch} = 1 + e^{-\frac{0,01}{T_a}}$$

Ta est la constante de temps donnée par : $T_a = \frac{X_{eq}}{\omega \cdot R_{eq}}$

4. 2 Application :

$$\frac{R_{eq}}{X_{eq}} \approx 0,1 \quad \text{d'où } T_a = \frac{10}{3,14} \approx 0,032$$

Le coefficient de choc est donc :

$$K_{ch} = 1 + e^{-\frac{0,01}{0,032}} = 1,73$$

D'où les valeurs des courants de choc :

a- Sur le J.D.B 220 KV $I_{ch1} = \sqrt{2} \cdot 1,73 \cdot 5,65 = 13,823 \text{ KA}$

b- Sur le J.D.B 60 KV $I_{ch2} = \sqrt{2} \cdot 1,73 \cdot 30,294 = 74,120 \text{ KA}$

===oooooooooooooooo000))((oooooooooooooooo===

CHAPITRE IV

DIMENSIONNEMENT DES JEUX DE BARRES

INTRODUCTION :

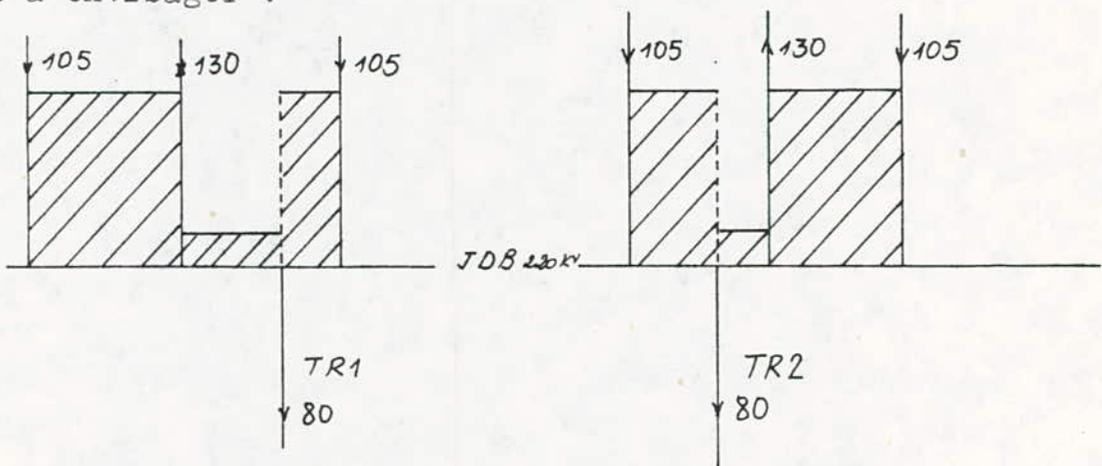
Ce chapitre consiste à déterminer la section des barres en fonction du courant admissible qui y circule et vérifier ensuite que la section trouvée doit permettre à la barre de supporter les régimes d'avaries tant au point de vue électrodynamique qu'au point de vue thermique.

Le courant admissible circulant dans les barres collectrices dépend de la disposition des départs et des arrivées le long de ces barres. Pour l'établir, on doit prévoir les régimes suivants :

- Le régime normal de fonctionnement.
- Le régime particulier permettant la continuité d'alimentation des clients dans le cas d'avarie (ligne coupée par exemple).

1. DIMENSIONNEMENT DES J.D.B 220 KV :

1. 1 Régime normal de fonctionnement : Dans ce cas il y a deux cas à envisager :



1^{er} cas : Transformateur 1
en fonctionnement

2^{ème} cas : Transform. 2
en fonctionnement

Les deux cas sont similaires et correspondent à puissance maximale de 105 MVA sur un tronçon de la barre.

Le courant circulant sur ce tronçon de barre est :

$$I_1 = \frac{S_{nl}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{105 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 220} = 275,5 \text{ A}$$

1. 2 Régime particulier :

Si l'une des deux lignes L_1 ou L_2 est déconnectée, l'autre ligne doit assurer l'alimentation du client 220 KV et du transformateur. Elle transite donc une puissance de

$$130 + 80 = 210 \text{ MVA} = 2S_{nl}$$

le courant dans la barre devient :

$$I_2 = \frac{2S_{nl}}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{210 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 220} = 551,1 \text{ A}$$

$$I_2 > I_1$$

Notre choix se fera donc à partir de I_2 . La valeur normalisée immédiatement supérieure est :

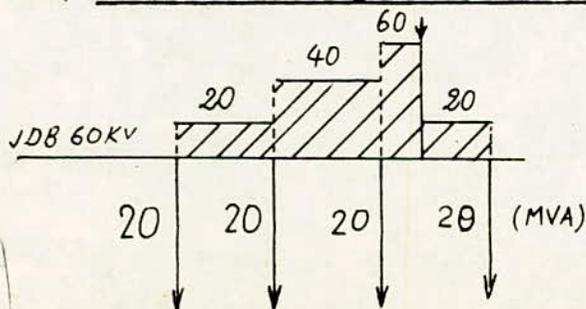
$$I_{ad} = 950 \text{ A (Tableau 1)}$$

Pour une barre tubulaire en A.G.S, la section correspondante à cette valeur de I_{ad} est :

$$S = 707 \text{ mm}^2 \quad \text{avec } D_{in} = 40 \text{ mm et } D_{ext} = 50 \text{ mm}$$

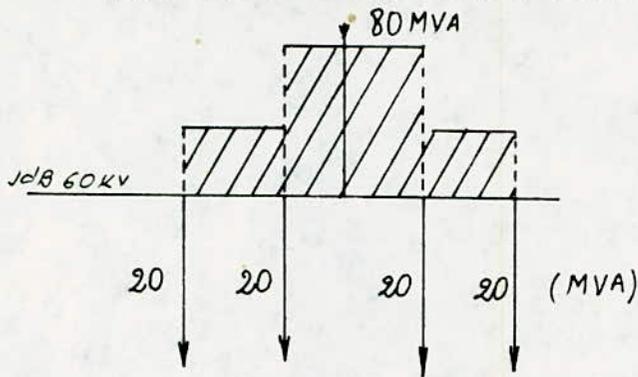
2. DIMENSIONNEMENT DU J.D.B 60 KV :

a) Alimentation par le transformateur 1 :



$$I_1 = \frac{60 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 60} = 577,3 \text{ A}$$

b) Alimentation par le transformateur 2 :



$$I_2 = \frac{40 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 60} = 385 \text{ A}$$

Le courant choisi est : $I_1 = 577,3 \text{ A}$

Le tableau 1 donne pour I_{ad} normalisé = 950 A

$$S = 707 \text{ mm}^2 \quad \text{avec} \quad D_{in} = 40 \text{ mm} \quad \text{et} \quad D_{ext} = 50 \text{ mm}$$

TABLEAU N° 1

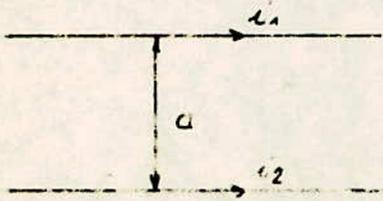
CARACTERISTIQUES ET CONDITIONS D'EMPLOI DES TUBES EN ALLIAGE ALUMINIUM-MAGNESIUM-SILICIUM (A.G.S)

Diam. des tubes mm D_{in}/D_{ex}	Masse au m. linéai. (kg)	section (cm^2)	moment d'inert. (cm^4)	moment de résistance (cm^3)	Intensité admissible $t=40^\circ\text{C}$ (kg)
21 / 25	0,39	144,5	0,963	0,77	304
26 / 30	0,475	176	1,734	1,156	380
22 / 30	0,883	327	2,825	1,884	500
40 / 50	1,91	707	18,08	7,23	950
50 / 60	2,33	864	32,88	10,96	1160
60 / 70	2,76	1021	54,14	15,47	1350
70 / 80	3,18	1178	83,05	20,7	1560
80 / 90	3,40	1340	121	27	1760
90 / 100	4,03	1492	168,5	33,70	1960
104 / 120	7,65	2800	443	74	2800

2. VERIFICATION AUX EFFETS ELECTRODYNAMIQUES :

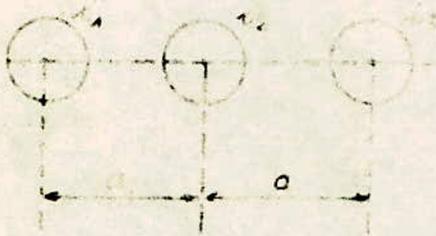
2.1 Détermination de la force de choc :

Deux barres parcourues par les courants électriques i_1 et i_2 sont soumises à une force électrodynamique qui s'exprime par :



$$f = \frac{\mu_0}{2\pi a} i_1 i_2 \quad \mu_0 \text{ étant la perméabilité du milieu.}$$

Cas d'un circuit triphasé de 3 barres parallèles et dans le même plan :



$$\begin{aligned} i_1 &= I_m \sin \omega t \\ i_2 &= I_m \sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right) \\ i_3 &= I_m \sin \left(\omega t - \frac{4\pi}{3} \right) \end{aligned}$$

Ce qui donne pour les forces exercées sur chaque barre :

$$\text{barres 1 et 3 : } f_1 = f_3 = \frac{\mu_0}{2\pi a} i_1 i_2 + \frac{\mu_0}{2\pi (2a)} i_1 i_3$$

$$\text{barre 2 : } f_2 = \frac{\mu_0}{2\pi a} (i_1 i_2 - i_2 i_3) = \frac{\mu_0}{2\pi a} i_2 (i_1 - i_3)$$

Ces deux équations peuvent s'écrire autrement si on remplace les courants par leurs expressions.

$$f_1 = \frac{\mu_0}{2\pi a} I_m^2 \sin^2 \omega t \left[\sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right) + \frac{1}{2} \sin \left(\omega t - \frac{4\pi}{3} \right) \right]$$

$$f_2 = \frac{\mu_0}{2\pi a} I_m^2 \sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right) \left[\sin \left(\omega t - \frac{2\pi}{3} \right) - \sin \left(\omega t - \frac{4\pi}{3} \right) \right]$$

Les valeurs extrêmes de ces forces sont obtenues en annulant les dérivées premières.

On obtient :

$$f_{1\max} = f_{3\max} = 0,81 \frac{\mu_0}{2\pi a} I_m^2 \quad (1'')$$

$$f_{2\max} = 0,87 \frac{\mu_0}{2\pi a} I_m^2 \quad (2'')$$

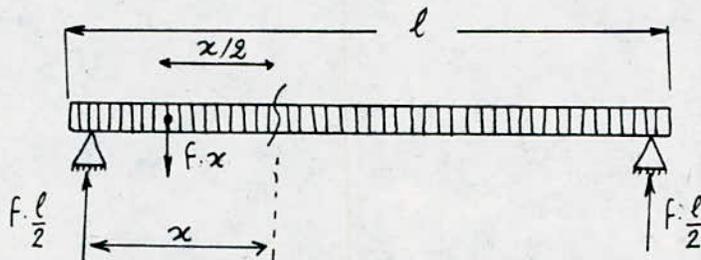
On remarque que la plus grande force est appliquée à la barre du milieu ($0,87 > 0,81$). On se propose alors de la calculer pour des courants correspondant au court-circuit et plus précisément pour les courants de choc.

donc :

$$f_{2\text{ch}} = 0,87 \frac{\mu_0}{2a} I_{\text{ch}}^2 = 1,74 \frac{I_{\text{ch}}^2}{a} 10^{-7}$$

2. 2 Efforts statiques :

Considérons une barre avec appuis aux extrémités :



le moment fléchissant est : $M_x = (f_2 \cdot \frac{l}{2}) x - (f_2 \cdot x) \frac{x}{2}$

le moment maximum correspond à $x = \frac{l}{2}$

d'où :

$$M_{\max} = (f_2 \cdot \frac{l}{2}) \frac{l}{2} - (f_2 \cdot l) \frac{l}{2} = f_2 \cdot \frac{l^2}{8}$$

Pour une barre à double encastrement $M_{\max} = f_2 \cdot \frac{l^2}{12}$.

Dans notre cas on a un état intermédiaire au double appui et au double encastrement c'est à dire on a plusieurs appuis.

On prend donc pour le moment max. une valeur moyenne des 2 cas.

$$M_{\max} = f_2 \cdot \frac{l^2}{10}$$

La sollicitation (contrainte) statique maximale est :

$$\sigma_{\max \text{ st.}} = \frac{M_{\max}}{W}$$

W : module de résistance de la section de la barre ; pour une section tubulaire il est donné directement par les tableaux. La contrainte statique maximale doit vérifier la condition suivante :

$$\sigma_{\max \text{ st.}} < \sigma_{\text{ad}}$$

Cette condition est nécessaire pour que la barre résiste.

σ_{ad} = sollicitation à la contrainte élastique.

pour l'AGS on a : $\sigma_{\text{ad}} = 1700 \text{ kgf / cm}^2$

2. 3 Efforts dynamiques :

Revenons à l'expression de f_2 :

$$f_2 = \frac{\mu_0}{2\pi a} i_2 (i_1 - i_3)$$

Les expressions des courants de court-circuit.

$$i_1 = I_{\text{pm}} \left[\sin(\omega t + \psi) - e^{-t/Ta} \cdot \sin \psi \right]$$

$$i_2 = I_{\text{pm}} \left[\sin\left(\omega t + \psi - \frac{2\pi}{3}\right) - e^{-t/Ta} \cdot \sin\left(\psi - \frac{2\pi}{3}\right) \right]$$

$$i_3 = I_{\text{pm}} \left[\sin\left(\omega t + \psi - \frac{4\pi}{3}\right) - e^{-t/Ta} \cdot \sin\left(\psi - \frac{4\pi}{3}\right) \right]$$

D'où l'expression de f_2 :

$$f_2 = \frac{\mu_0}{2\pi a} I_{\text{cc}}^2 \sqrt{3} \left[\sin\left(2\omega t + 2\psi - \frac{\pi}{3}\right) - 2e^{-t/Ta} \cdot \sin\left(\omega t + 2\psi - \frac{\pi}{3}\right) + e^{-2t/Ta} \cdot \sin\left(2\psi - \frac{\pi}{3}\right) \right]$$

périodique de fréquence $2f$, l'autre périodique amortie avec Ta de fréquence f et la troisième aperiodique amortie avec $Ta/2$.

Pour éviter donc le phénomène de résonance, il faut que la fréquence propre de la barre soit différente de $2f$ et de f . La sollicitation dynamique maximale est donnée par :

$$\sigma_{\max \text{ dyn.}} = K \cdot \sigma_{\max \text{ st.}}$$

$$K = f \left(\frac{f_0}{f_n} \right)$$

f_0 : fréquence propre de la barre.

f_n : fréquence nominale du réseau.

La contrainte dynamique doit être inférieure à $\sigma_{\max \text{ st.}}$.

Ce qui donne $0 < K < 1 \Rightarrow$

$$\begin{cases} 0 < \frac{f_0}{f_n} < 0,5 \\ 3,4 < \frac{f_0}{f_n} < 4 \end{cases}$$

Determination de f_0 : Elle est donnée par :

$$f_0 = C_1 \cdot C_2 \cdot \frac{3}{4l^2} \sqrt{\frac{E \cdot J}{\rho \cdot S}}$$

C_1 : (=1) pour une barre simple.

C_2 : Coefficient qui tient compte du nombre de derivations.

l : Distance entre 2 isolateurs rigides.

E : Module d'élasticité .

J : Moment d'inertie de la section considérée de la barre .

ρ : Densité du matériau .

S : Section de la barre .

2. 4 APPLICATION :

2. 4.1 Verification à l'effort statique :

a- j.d.b 220 KV : On a. $a = 6 \text{ m}$, $l = 15 \text{ m}$, $S = 707 \text{ mm}^2$,
 $W = 7,23 \text{ cm}^3$, $I_{\text{ch}} = 13,823 \text{ KA}$.

$$\begin{aligned} f_{2\text{ch}} &= 0,87 \cdot \frac{\mu_0}{2\pi a} \cdot I_{\text{ch}}^2 = 1,74 \cdot \frac{(13,823)^2}{6} \cdot 10^{-7} \\ &= 5,54 \text{ N/m} . \end{aligned}$$

On en déduit $\sigma_{\max \text{ st.}} = \frac{\sigma_{\max}}{W} = \frac{1210,04}{7,23} = 175,75 \text{ Kgf/cm}^2$

b- j.d.b 60 KV : On a. $a = 2,5 \text{ m}$, $l = 6 \text{ m}$, $I_{\text{ch}} = 74,12 \text{ KA}$

$$f_{2\text{ch}} = 1,74 \cdot \frac{(74,12)^2}{2,5} \cdot 10^{-7} = 382,37 \text{ N/m}$$

Le moment max. est : $M_{\max} = 382,37 \cdot \frac{6^2}{10} \cdot \frac{100}{9,81} = 14031,8 \text{ Kgf.cm}$

$$\sigma_{\max \text{ st.}} = \frac{14031,8}{7,23} = 1940,77 \text{ Kgf/cm}^2$$

On remarque que la condition $\sigma_{\max \text{ st.}} < \sigma_{\text{ad}} = 1700 \text{ Kgf/cm}^2$ est vérifiée pour le j.d.b 220 KV alors qu'elle ne l'est pas pour le j.d.b 60 KV. Pour ce dernier on choisira donc la section normalisée immédiatement supérieure :

$$S = 864 \text{ mm}^2 \quad \text{avec } D_{\text{in}} = 50 \text{ mm}, \quad D_{\text{ex}} = 60 \text{ mm}.$$

Dans ce cas la contrainte Max. sera :

$$\sigma_{\max \text{ st.}} = \frac{M_{\max}}{W} = \frac{14031,8}{10,96} = 1280,27 \text{ Kgf/cm}^2.$$

On voit bien que : $\sigma_{\max \text{ st.}} < 1700 \text{ Kgf/cm}^2$

2. 4.2 Vérification au phénomène de résonance :

a- j.d.b 220 KV : Dans notre cas on a.

$$C_1 = C_2 = 1, \quad l = 15 \text{ m}, \quad E = 7000 \text{ Kg/mm}^2$$

$$S = 707 \text{ mm}^2, \quad \rho = 2,7 \cdot 10^3 \text{ Kgf/m}^3, \quad J = 18,08 \text{ cm}^4$$

$$\text{D'où } f_0 = C_1 \cdot C_2 \cdot \frac{3}{4l^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot J}{\rho \cdot S}} = \frac{3}{4(15)^2} \sqrt{\frac{7 \cdot 10^9 \cdot 18,08 \cdot 10^{-8}}{2,7 \cdot 10^3 \cdot 707 \cdot 10^{-6}}} = 0,086 \text{ Hz}$$

$$\text{alors } \frac{f_0}{f_n} = \frac{0,086}{50} = 1,72 \cdot 10^{-3}$$

b- j.d.b 60 KV : $l = 6 \text{ m}$, $S = 864 \text{ mm}^2$, $J = 32,88 \text{ cm}^4$

$$f_0 = \frac{3 \cdot 10^2}{4(6)^2} \cdot \frac{7 \cdot 32,88}{2,7 \cdot 864} = 0,654 \text{ Hz}, \quad \frac{f_0}{f_n} = \frac{0,654}{50} = 13,08 \cdot 10^{-3}$$

dynamiques.

3. VERIFICATION AUX EFFETS THERMIQUES :

Lors du régime normal de fonctionnement les j.d.b se trouvent à une température initiale θ_i qui est en relation avec celle du milieu ambiant. Lorsqu'un court-circuit apparait, ces barres seront exposées à un suréchauffement qui conduit à une augmentation $\Delta\theta$ de leurs températures qui dépend de la durée d'action de la protection (durée de court-circuit). Pour que les barres résistent aux effets thermiques, il faut que la valeur finale de la température de ces barres ne dépasse pas une valeur limite qui est la température admissible du matériau constituant.

Pour des barres en A.G.S : $\theta_{ad} = 200 \text{ }^\circ\text{C}.$

En général la durée de déclenchement des disjoncteurs est de 0,2 s, mais nous supposons le cas défavorable où la protection est défaillante et c'est la protection de réserve qui déclenche, ce qui correspond à un temps d'action d'une seconde.

Pour les tubes en A.G.S , l'échauffement maximum lors du régime normal de fonctionnement est : $\theta_i = 60 \text{ }^\circ\text{C}.$ La courbes $\Delta\theta = f(I_{cc})$ d'échauffement des tubes A.G.S de diamètres $D_{in} = 40 \text{ mm}$ et $D_{ex} = 50 \text{ mm}$ (J.D.B 220 KV) et $D_{in} = 50 \text{ mm}$, $D_{ex} = 60 \text{ mm}$ (J.D.B 60 KV) nous donnent les suréchauffements $\Delta\theta_1$ et $\Delta\theta_2$ relatives au courant de court-circuit d'une seconde.

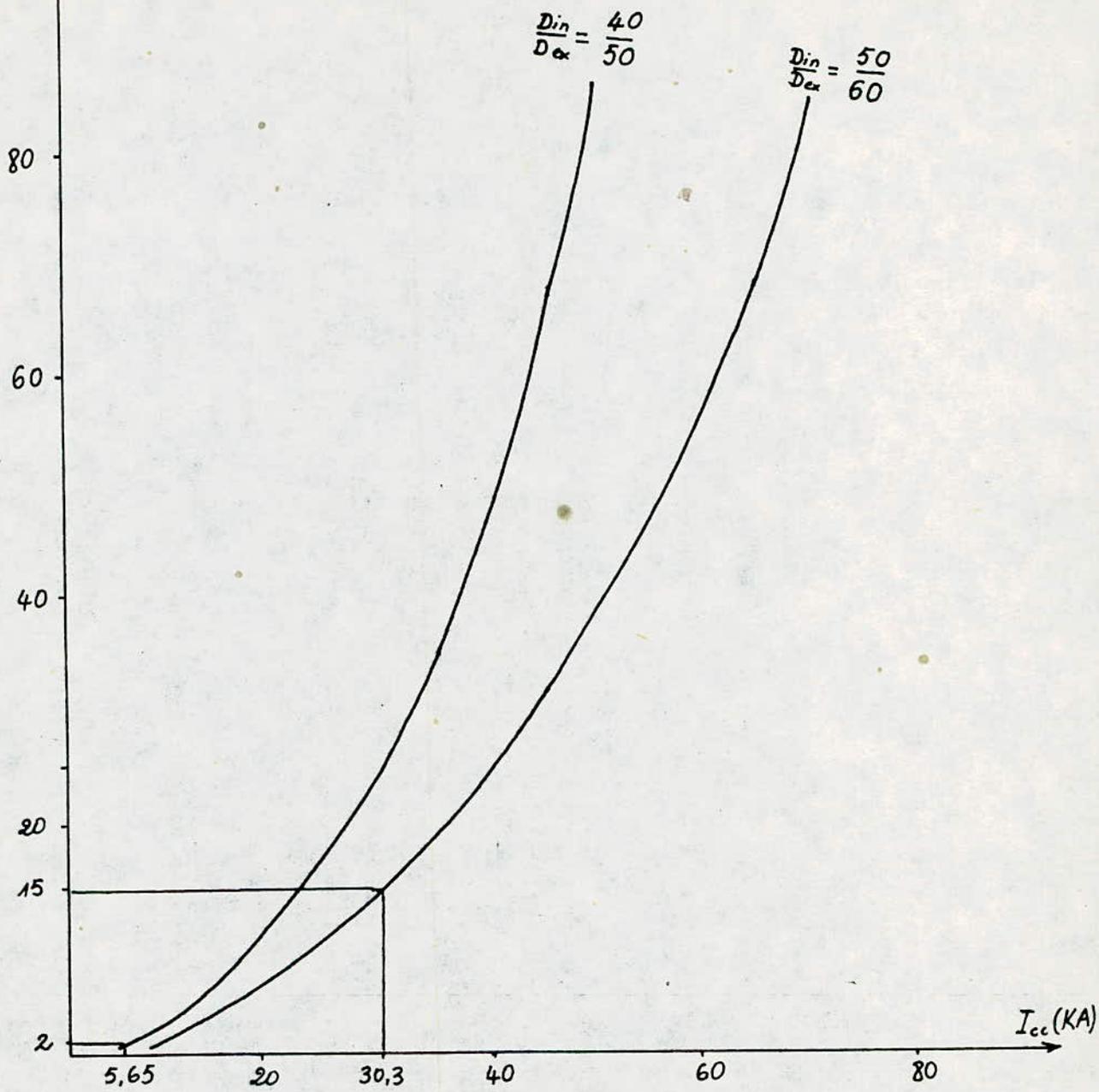
a- J.D.B 220 KV : $I_{cc} = 5,65 \text{ KA} \rightarrow \Delta\theta_1 = 2^\circ\text{C}$

Ce qui donne : $\theta_f = 60 + 2 = 62^\circ\text{C}.$

b- J.D.B 60 KV : $I_{cc} = 30,3 \text{ KA} \rightarrow \Delta\theta_2 = 15^\circ\text{C}$

Ce qui donne : $\theta_f = 60 + 15 = 75^\circ\text{C}.$

Nous remarquons que dans les deux cas, la température atteint une valeur inférieure à $200^\circ\text{C}.$ Ce qui montre que les barres choisies pour le poste 220 KV et pour le poste 60 KV résistent bien aux effets thermiques lors de l'apparition du court-circuit.



COURBES D'ECHAUFFEMENT DES TUBES EN A.G.S SOUMIS A UN COURT-CIRCUIT D'UNE SECONDE.

courant admissible qui est susceptible d'y circuler.
Le courant nominal en fonctionnement normal est de :

$$\begin{aligned} \text{Poste 220 KV : } I_{n1} &= \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_{n1}} = \frac{80}{\sqrt{3} \cdot 220} = 210 \text{ A} \\ \text{Poste 60 KV : } I_{n2} &= \frac{S_n}{\sqrt{3} \cdot U_{n2}} = \frac{80}{\sqrt{3} \cdot 60} = 770 \text{ A} \end{aligned}$$

Le transformateur peut supporter les surcharges admissibles permanentes suivantes en fonction de la température ambiante :

- 5% à 50°C
- 20% à 35°C
- 25% à 25°C

Nous adopterons la surcharge maximale soit 25% qui donne les courants admissibles suivants :

$$I_{ad1} = I_{n1} + 25\%I_{n1} = 262,5 \text{ A}$$

$$I_{ad2} = I_{n2} + 25\%I_{n2} = 962,5 \text{ A}$$

Ce qui correspond aux valeurs normalisées suivantes :

$$I_{ad1n} = 270 \text{ A} \quad \text{et} \quad I_{ad2n} = 1150 \text{ A}$$

Le tableau N°2, nous donne alors les caractéristiques pour des conducteurs homogènes en ALMELEC.

Les sections trouvées sont alors :

$$\text{poste 220 KV : } S = 93,3 \text{ mm}^2$$

$$\text{poste 60 KV : } S = 851 \text{ mm}^2$$

Or pour le poste 220 kV, il faut une section minimale de 570 mm² afin d'éviter l'apparition de l'effet couronne. (Voir Ch II - §4)

La section 93,3 mm² ne vérifie pas cette condition. On adoptera donc une section de 570 mm².

-oooooooooooooOooooooooooooo-

TABLEAU N°2. CARACTERISTIQUES DES CONDUCTEURS HOMOGENES EN ALMELEC.

Module d'élasticité $E = 890 \text{ daN/mm}^2$. Coefficient de dilatation lin. =

Section nominale (mm ²)	constitution du conduct. nb de fils x diam.	Diamètre extérieur (mm)	Masse (Kg/m)	Effort de rupture (daN)	resistance électrique à 20°C /km	Intensité admissible en perman. (A)
93,3	19 x 2,5	12,5	0,258	2700	0,357	270
117	19 x 2,8	14	0,324	3400	0,285	315
148,1	19 x 3,15	15,75	0,410	4300	0,225	365
288	37 x 3,15	22,05	0,799	8200	0,116	550
366	37 x 3,55	24,85	1,016	10400	0,0912	630
408	37 x 3,75	26,25	1,140	11800	0,0813	700
475	61 x 3,15	28,35	1,324	13050	0,0706	725
570	61 x 3,45	31,00	1,590	15850	0,0588	840
604	61 x 3,55	31,9	1,685	16600	0,0556	860
851	91 x 3,65	37,9	2,370	25000	0,0393	1150
1144	91 x 4	44	3,180	33350	0,0294	1600

INTRODUCTION :

Le choix d'appareillage constituant le poste doit être fait d'une manière convenable de façon à avoir un bon fonctionnement du poste c'est à dire une mesure efficace et une protection appropriée. Les appareils essentiels faisant l'objet de choix convenable dans ce chapitre sont les disjoncteurs, les sectionneurs, les transformateurs de courant et de tension ainsi que les isolateurs.

1. CHOIX DES DISJONCTEURS :

Le disjoncteur est un appareil ayant un grand pouvoir de coupure et permet l'ouverture ou la fermeture d'un circuit en charge. Il est choisi à l'aide des caractéristiques suivantes :

- Tension nominale : tension nominale de service.
- Courant nominal : qui doit être plus grand que le courant maximum qui passe par le disjoncteur.
- Type d'installation : intérieure ou extérieure.
- Pouvoir de coupure : donné par le fabricant et doit être plus grand que le courant de court-circuit au moment où commence la séparation des contacts du disjoncteur.

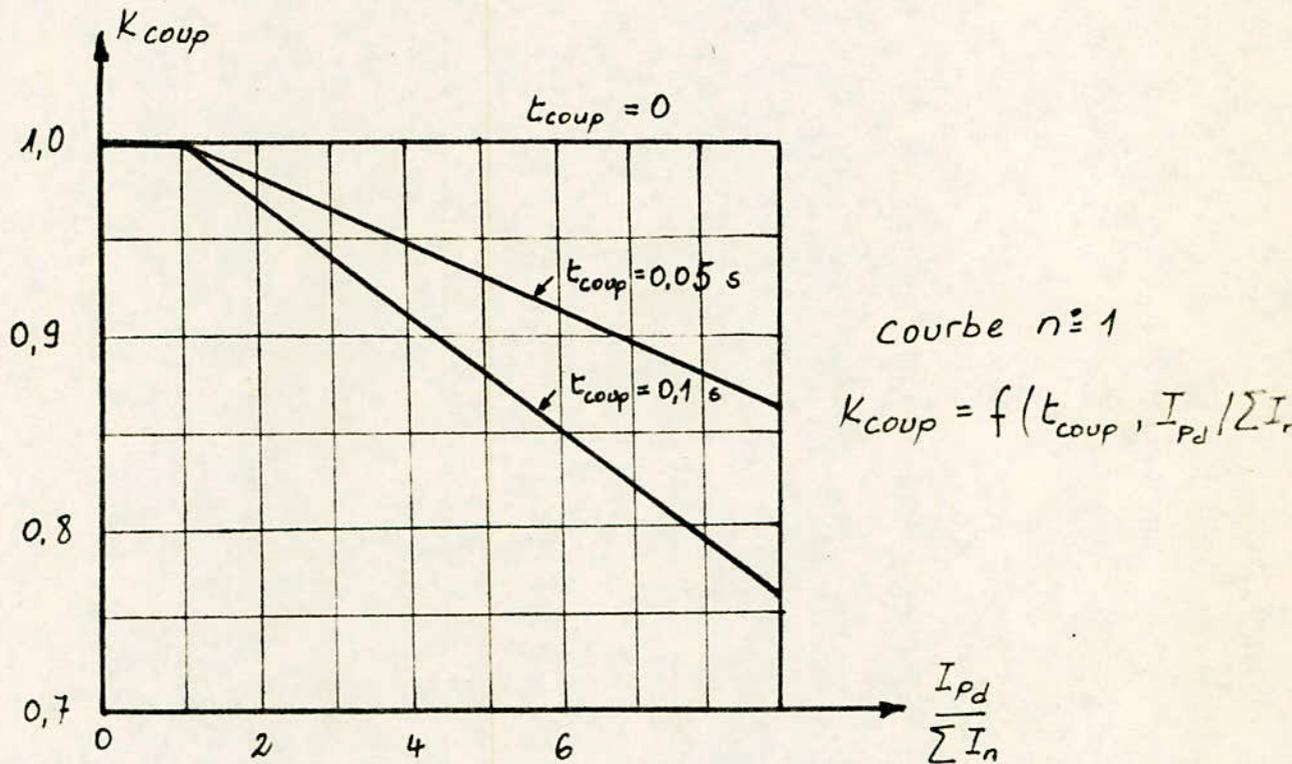
On choisira un temps d'ouverture de 0,1 s par rapport au moment d'apparition du court-circuit. Dans ces conditions on ne considère que la composante périodique.

La puissance de coupure est donnée par :

$$S_{\text{coup}} = \sqrt{3} \cdot U_n \cdot I_{\text{coup}}$$

$$I_{\text{coup}} = K_{\text{coup}} \cdot I_p \quad ; \quad I_p = m \cdot I_{\text{pd}}$$

K_{coup} : Coefficient de coupure obtenu de la courbe n° 1
 $m = 1$ pour un court-circuit triphasé ($I_{\text{cc}} = I_{\text{pd}}$)



Or il est impossible d'avoir la valeur exacte de K_{coup} étant donné que les courants nominaux des générateurs ne sont connus que partiellement (côté 220 KV), ce qui nous amène à prendre $K_{\text{coup}} = 1$ du côté 220 KV ($I_{\text{cc}} / \sum I_n \approx 1$) et $K_{\text{coup}} = 0$ du côté 60 KV ($(I_{\text{cc}} / \sum I_n) > 1$).

220 KV	Ligne C ₂	275,5	800	656,2	1500
	Ligne cli.	341,2	800	2153,0	2500
	Transfo.	210	800	435,9	1500
	Couplage	551,1	800	2135,0	2500
60 KV	Lignes L ₁ ,L ₂	192,5	800	1595	2500
	Client 1,2	192,5	800	2834,0	3500
	Ar. Transfo.	769,8	800	392,4	1500
	Couplage	769,8	800	2834,0	3500

2. CHOIX DES SECTIONNEURS :

Le sectionneur est un appareil servant à éliminer une portion du circuit en cas de nécessité et ne s'actionne qu'à vide. Son choix est fait à l'aide des caractéristiques suivantes

- Tension nominale
- Courant nominal
- Type d'installation (intérieure ou extérieure)

Dans notre cas on résume les sectionneurs choisis dans le tableau suivant :

Poste	Travée	I _n (A) service	I _n (A) normalisé	Nbre
220 KV	Ligne centrale	275,5	800	8
	Ligne client	341,2	800	4
	Couplage	551,1	800	2
	Transformateur	210	800	6
60 KV	Ligne	192,5	500	16
	Couplage	769,8	800	2
	Ar. transfo.	769,8	800	8

tripolaires, sauf ceux de la mise à la terre des neutres des transformateurs de puissance qui sont unipolaires.

3. TRANSFORMATEURS DE COURANT ET DE TENSION :

Ce sont des appareils qui transforment respectivement le courant et la tension à des valeurs réduites mesurables qu'on transmet aux enroulements secondaires afin d'alimenter les appareils de mesure et de protection que ce soit en régime normal de fonctionnement ou en régime perturbé.

3. 1 Transformateur de courant :

C'est un transformateur de mesure pour lequel le courant secondaire est pratiquement proportionnel au courant primaire et en phase avec celui-ci.

Dans la construction des transformateurs de courant deux cas principaux se présentent suivant l'utilisation de ses enroulements secondaires.

- Enroulement mesure : C'est un enroulement à noyau rapidement saturable et ce afin de présenter une protection suffisante des instruments raccordés.

- Enroulement protection : C'est un enroulement à noyau de saturation tardive et transformation linéaire jusqu'à un grand multiple du courant nominal et ce afin d'assurer le fonctionnement des dispositifs de protection en cas de défaut.

- Deuxième enroulement de protection : C'est un enroulement de même propriété physique que le premier auquel sont raccordés la protection de réserve et la protection de défaut de commande du disjoncteur.

Remarques : Les propriétés d'un noyau de protection sont caractérisées par l'indication de la classe de protection suivie du chiffre du facteur limite de précision XPN.

Pour ce choix il est d'abord nécessaire de déterminer les puissances consommées par les appareils de mesure et de protection raccordés aux enroulements secondaires de ces T.C.

Ces puissances sont déterminées suivant le type et le nombre d'appareils utilisés . Nous regrouperons ces valeurs dans un tableau, mais auparavant on donnera un exemple de choix d'un T.C.

:: Choix du T.C ligne 220 KV

a) Enroulement mesure :

Appareils	Puiss. absorbée (VA)	Nombre d'app.	Consommation
Ampèremètre	3	1	3
Compteur d'éne.	2,5	4	10
Wattmètre	3	1	3
Varemètre	3	1	3
Convertisseur	2	1	2
Total			21

On prend le T.C de puissance normalisée 35 VA et on s'arrange que l'excès de puissance soit $35 - 21 = 14VA$ est consommé par la filerie dont on détermine alors la section. Le courant circulant dans celle-ci est 5 A.

$$RI^2 = 14VA \quad R = \frac{14}{25} = 0,56 \Omega$$

$$\text{Or } R = \rho \cdot \frac{1}{S} \quad \text{d'où } S = \rho \cdot \frac{1}{R}$$

$$\text{D'où } \rho = 1,8 \cdot 10^{-2} \Omega \cdot \text{mm}^2 / \text{m}$$

La longueur de la filerie du T.C au bâtiment de relaying (BR) est :

$$l = 85 \text{ m} \quad \text{d'où la longueur aller-retour est :}$$

$$l_t = 85 \times 2 = 170 \text{ m}$$

donc la section :

$$S = \rho \cdot \frac{l}{R} = 1,8 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{170}{0,56} = 5,46 \text{ mm}^2$$

On prend une section normalisée : $\underline{S = 6 \text{ mm}^2}$

b) Enroulement protection :

Appareils	Puissance (VA)
Protection de distance	4
Protection complémentaire	16
Réenclencheur	10
Localisateur de défaut	1
Total	31

$$P_n = 45 \text{ VA} \quad 45 - 31 = 14 \text{ VA} \quad \text{d'où une résistance}$$

$$R = \frac{14}{25} = 0,56 \Omega \quad \text{la section } S = 1,8 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{170}{0,56} = 5,46 \text{ mm}^2$$

$$\text{D'où } \underline{S = 6 \text{ mm}^2}$$

Appareils	Puissance (VA)
Protection de distance de secours	4
Protection d'intensité	4,5
Protection différentielle barres	0,3
Total	8,8

$$P_{\text{norm}} = 30 \text{ VA}$$

$$30 - 8,8 = 21,2 \text{ VA}$$

$$RI^2 = 21,2 \text{ VA}$$

$$R = \frac{21,2}{25} = 0,848 \Omega$$

25

La section $S = 3,6 \text{ mm}^2$; on prend $S = 4 \text{ mm}^2$

On résume le calcul pour le choix des autres T.C dans le tableau suivant avec la classe de précision. Cette dernière est déterminée suivant les types d'appareils à raccorder et selon les exigences de service.

T.C	Type d'enrou.	Longueur de la filer. (m)	consomm. S_n (VA)	sect. de la fil. (mm^2)	classe
LIGNE 220 KV	mesure	170	35	6	$1F_s \leq 5$
	prot. 1	170	45	6	5P20
	prot. 2	170	30	4	5P20
LIGNE 60 KV	mesure	90	30	2,5	$1F_s \leq 5$
	prot.	90	40	4	5P20
Bushing 220KV	prot.	50	30	2,5	5P15
Bushing 60KV	prot.	50	30	2,5	5P15
Bushing 11KV	prot.	50	30	2,5	5P15

Le facteur de sécurité F_s est le multiple du courant nominal pour lequel la valeur de l'erreur de courant atteint 10%.

$F_s \leq 5$ veut dire que pour une valeur $5 \cdot I_n$ l'enroulement de mesure se sature.

Remarque : Les classes de précision des bushings ont été directement relevées de la plaque signalétique du transformateur.

3. 3 TRANSFORMATEUR DE TENSION :

C'est un transformateur de mesure dans lequel la tension secondaire est pratiquement proportionnelle à la tension primaire et en phase avec celle-ci. Il transforme la tension du réseau en une tension réduite mesurable alimentant les appareils de mesure et de protection.

3. 4 CHOIX DES TRANSFORMATEURS DE TENSION :

Dans notre cas on a utilisé des TT de rapports de transformations $\frac{220}{\sqrt{3}} / \frac{0,1}{\sqrt{3}}$ Kv et $\frac{60}{\sqrt{3}} / \frac{0,1}{\sqrt{3}}$ Kv, les tensions secondaires sont donc de 57,7 V.

TABLEAU donnant l'appareillage raccordé aux secondaires des TT et leurs consommations.

TYPE D'APPAREILLAGE	Puiss. CONS.(VA)
Compteur d'énergie	1
Convertisseur pour télémesures	2
Enregistreur pour puissances	1,5
Voltmètre	1,5
Voltmètre différentiel	1,5
Fréquencemètre (FS)	1
Fréquencemètre (FM)	1

Protection complémentaire	6
Protection de distance	6
Localisateur de défauts	1
Réenclencheur	10
Protection de distance de secours	6

On considère que la chute de tension dans la filerie est de 0,1% soit 0,1 V.

:: Choix du TT ligne 220 KV (centrale 2) :

$$U = 0,1 \text{ V}$$

Puissance consommée par les différents appareils de mesure et de protection d'une ligne 220 KV est 162 VA.

a) Section de la filerie TT-BR :

$$I = \frac{56,5}{\sqrt{3} \cdot U} = \frac{56,5}{\sqrt{3} \cdot 100} = 0,33 \text{ A}$$

$$R = \frac{\Delta U}{\sqrt{3} \cdot I} = \frac{0,1}{\sqrt{3} \cdot 0,33} = 0,175 \Omega$$

La distance entre le transformateur de tension et le B.R est : $l = 95 \text{ m}$.

$$\text{La section } S = \rho \cdot \frac{l}{R} = 1,8 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{95}{0,175} = 9,77 \text{ mm}^2$$

$$\text{D'où } \underline{S = 10 \text{ mm}^2}$$

b) Section de la filerie B.R - B^{cde} :

$$l = 160 \text{ m} ; \quad I = \frac{30}{3 \cdot 100} = 0,173 \text{ A} ; \quad R = \frac{0,1}{3 \cdot 0,173} = 0,33$$

$$\text{D'où } S = 1,8 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{160}{0,33} = 8,7 \text{ mm}^2 \quad \underline{S = 10 \text{ mm}^2}$$

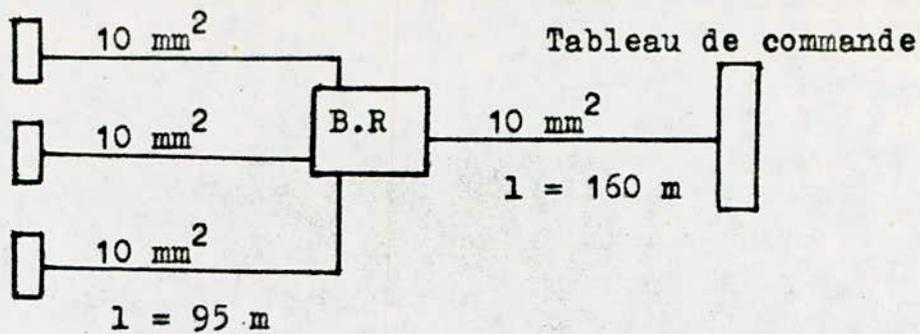


Tableau résumant les calculs des autres TT.

T.T	Consomm. (VA)		Long. fil. (m)		Sec. fil. mm ²		Nbre	
	TT-BR	BR-BC	TT-BR	BR-BC	TT-BR	BR-BC		
Barres 220 KV	30		110		4		2	
Lignes 220 KV	C ₁	57	30	95	100	10	6	6
	C ₂	57	30	95	160	10	10	
Ligne client 220 KV		58	30	95	130	10	10	3
Barres 60 KV	30		70		4		2	
Lignes 60 KV	L ₁	47	30	45	100	4	6	6
	L ₂	47	30	45	85	4	6	
Lignes clients 60 KV	L ₁	49	30	45	70	4	4	6
	L ₂	49	30	45	95	4	6	
Travée transfo.	10		72		2,5		6	

Jusqu'à ce niveau on a déterminé tous les transformateurs permettant l'alimentation des différents appareils de mesure et de protection en tension et en courant.

Or dans le domaine pratique, il est préférable de commander un lot d'appareils (TT ou TC) de même puissance de précision pour chaque niveau de tension, ceci reviendrait moins cher que de commander plusieurs appareils de puissances différentes.

4. ISOLATEURS :

Le rôle des isolateurs est de retenir mécaniquement les conducteurs aux structures qui les supportent et d'assurer l'isolement électrique entre ces deux éléments. Leurs qualités électrique et mécanique ne devront être détruites par aucune contrainte quelque soit sa nature.

Il en existe deux types :

- Les isolateurs rigides : constitués par un seul bloc, supportant les barres et les conducteurs lors de leurs dérivations aux différents appareils (HT).

- Les isolateurs suspendus : constitués par une chaîne de plusieurs éléments rigides dont le type principal est celui dénommé "capot-tige".

Le choix du type d'isolateurs est fonction de la région d'implantation du poste. On doit donc éviter les régions fortement polluées, autrement on serait amené à utiliser les isolateurs anti-pollution avec différentes lignes de fuites spécifiques suivant l'importance de la pollution dans cette région. Le minimum des lignes de fuites spécifiques est de 2,5 cm / KV. Considérant que notre poste se situe dans une région un peu polluée on choisira une ligne de fuite spécifique de 3 cm / KV.

"capot-tige" ayant les caractéristiques suivantes :

●) Pour le poste 220 KV :

- Diamètre	280 mm
- Pas	146 mm
- Tension de tenue au choc	120 KV
- Tension de tenue à fréq. industrielle	
● à sec	80 KV
● sous pluie	45 KV
Longueur de la ligne de fuite (Le)	445 mm
Effort mécanique garanti	12 tonnes

La longueur de fuite totale de la chaîne est :

$$L_{ft} = 3 \cdot 220 = 660 \text{ cm}$$

Le nombre d'éléments est : $\frac{\text{Longueur de fuite totale de la chaîne}}{\text{Longueur de fuite d'un él^é de la chaîne}}$

$$n = \frac{L_{ft}}{L_e} = \frac{660}{44,5} = 14,83 \quad \text{on prendra } \underline{n = 15 \text{ éléments}}$$

●) Pour le poste 60 KV :

- Diamètre	254 mm
- Pas	130 mm
- Tension de tenue au choc	
o) à sec	72 KV
o) sous pluie	45 KV
- Tension de tenue à fréq. industrielle	
o) à sec	60 KV
o) sous pluie	40 KV
Longueur de la ligne de fuite	286 mm
- Effort mécanique garanti	10 tonnes

La longueur de fuite totale de la chaîne est :

$$L_{ft} = 3 \cdot 60 = 180 \text{ cm} \quad \text{d'où} \quad n = \frac{180}{28,6} = 6,29$$
$$\underline{n = 7 \text{ éléments}}$$

INTRODUCTION :

L'équipement basse tension du poste est l'ensemble des circuits électriques de commande et de contrôle des installations haute tension ainsi que l'ensemble des sources d'énergie basse tension. L'ensemble est regroupé dans deux compartiments différents le bâtiment de commande et les bâtiments de relaiage.

Dans les bâtiments de relaiage sont regroupés certains organes de mesure et tous ceux de protection, dont les renseignements (mesure, signalisations, ...) recueillis par ces derniers sont transmis vers le bâtiment de commande.

1. BATIMENT DE RELAYAGE :

Chaque bâtiment de relaiage reçoit le matériel intéressant deux travées du poste extérieur et a pour rôle :

- De rassembler le plus près possible des travées intéressées tout le matériel de contrôle et de protection qui ne nécessite pas une observation permanente.
- De regrouper les câbles issus des appareils haute tension pour ne diriger vers le poste central de commande qu'un minimum de câbles multiconducteurs de faibles sections.
- De permettre la distribution des circuits auxiliaires de puissance à partir des réseaux bouclés ou en antennes.

L'installation de ces bâtiments est réalisée sur des châssis métalliques. Un châssis de relaiage (ligne) comprend :

- Des disjoncteurs de tranches .
- les protections (distance ,de re serve, complémentaire, d'int ensite) ainsi qu'un reenclecheur et un localisateur de defauts.
- Les interrupteurs(de signalisation et de tranches).
- Les borniers d'alimentation généraux et de sortie.
- Un comptage d'énergie active et réactive.
- Des court-circuiteurs(CCP pour protection et CCM pour mesure).

2. BATIMENT DE COMMANDE.

C'est un batiment dans lequel se trouve la salle de commande, salle des services auxiliaires, et son installation de secours à partir du groupe électrogène et des batteries, ainsi que la salle HF. Il est placé et orienté de telle sorte que l'exploitant puisse avoir une vue d'ensemble sur le poste.

2. 1 Salle de commande : Dans cette salle sont regroupés :

- Un tableau de commande.
- Un tableau d'information.
- Une table de quart.

2.1.1 Tableau de commande : Voir Folio N° 7

a) Presentation du tableau de commande : C'est un tableau comportant les boutons poussoirs qui effectuent la commande à distance ainsi que les appareils de mesure et les lampes de signalisation des positions des disjoncteurs et des sectionneurs

Dans ce tableau le matériel équipant les tranches de commande (Commutateurs, boutons poussoirs, organes de signalisation de défauts, appareils de mesure, représentation synoptique des j.d.b) est fixé sur des platines de dimension unitaire 48 X 48 mm réalisées de façon qu'elles puissent s'ajuster facilement sur des chassis supports qui (en outre) reçoivent les connecteurs terminaux des câbles multiconducteurs de liaison avec l'appareillage HT ou le chassis de relayage.

b) Constitution du tableau de commande : Il comprend le schéma synoptique des installations HT, la commande des différentes travées avec signalisations ainsi que les appareils de mesure et ceux destinés à vérifier les conditions de synchronisation entre les tensions ligne et barre. Suivant le nombre et la disposition de l'ensemble des travées (même de réserve) on a adopté un tableau de dimension normalisée 4,9 X 1,7 m.

2.1.2 Tableau information : Voir Folio N° 8

Il est composé de :

a) E.M.S : (Enregistreur de manoeuvres et de signalisations)

L'EMS permet à l'exploitant d'être informé immédiatement de tout événement nouveau apparaissant dans l'installation que ce soit un événement normal tel que manoeuvre d'un sectionneur ou d'un disjoncteur ou anormal tel que alarme ou défaut révélé par le fonctionnement des protections. Il permet le control permanent de 60 événements donc un EMS pour 3 travées ce qui donne un ensemble de 2 EMS pour le poste 220 kV (6 travées) et 3 pour le poste 60 kV (7 travées).

b) Oscilloperturbographe : C'est un appareil doté de mémoire, il permet de connaître sur un diagramme enregistré sur papier l'évolution d'un incident d'origine quelconque. Cette bande est directement exploitable et donne les temps, de fonctionnement des relais et de commande des disjoncteurs.

c) Enregistreurs de puissances(active et réactive) : Pour chaque départ ligne 220 kV.

Le tableau information est constitué de deux tableaux juxtaposés de dimensions :

2,1 x 1,35 m pour 220 kV
et 2,8 x 1,35 m pour 60 kV

D'où une dimension finale de : 4,9 x 1,35 m.

2.2 Salle des services auxiliaires : L'exploitation du poste nécessite de l'énergie électrique auxiliaire basse tension en vue d'assurer des fonctions diverses telles que commandes, protections, FM (force motrice), éclairage, chauffage, ...

2.2.1 Ensemble et classification des services auxiliaires :

a) Services auxiliaires essentiels : Ce sont ceux qui maintiennent l'installation en état de fonctionnement; ils doivent être disponibles en permanence et ne pas être perturbés par un défaut affectant un circuit à HT. Ils assurent l'alimentation des services relatifs aux équipements de commande et de contrôle qui sont :

- Equipements de protection et d'automatisme assurant la maintenance ou la reprise du service.
- Circuits de commande de contrôle et de signalisations des appareils à HT (disjoncteurs, sectionneurs, ...)

- Equipements de télécommunications.

b) Services auxiliaires "principaux" ou "secours": Ce sont ceux qui peuvent tolérer des interruptions de courtes durées, mais leur défaillance prolongée peut provoquer des perturbations graves dans l'exploitation du poste. Ils assurent l'alimentation des services relatifs à l'appareillage auxiliaire du matériel HT qui sont :

- Moteurs des disjoncteurs, sectionneurs, transformateurs.
- Circuits de chauffage du matériel auxiliaire et l'éclairage de secours.
- Dispositifs de charge des batteries 127 V et 48 V.

c) Services auxiliaires normaux : Ce sont ceux qui peuvent admettre des arrêts de plus longues durées (quelques heures). Leur perte bien que gênante, ne compromet pas l'exploitation du poste. Ce sont les services relatifs à l'alimentation des équipements et installations annexes, qui sont :

- Traitement d'huile.
- Les alimentations principales ou de secours aéro-refrigérants des transformateurs de puissance.
- Chauffage et prise de courant des locaux ainsi que l'éclairage des installations intérieures et extérieures.
- Electrification Villa 1 et Villa 2 .

2.2.1 Sources d'énergie des services auxiliaires : Voir Folio N°9
On en distingue deux formes :

- Source alternative 380/220 V.
- Source continue 127 V et 48 V.

a) Source alternative : C'est l'ensemble des TSA et du groupe électrogène avec la remarque que les deux TSA ne fonctionnent jamais en parallèle, cette source alimente:

a1) Un jeu de barres à courant alternatif "Réseau" : 380/220 V

A ce j.d.b sont raccordés les services auxiliaires normaux. Il est alimenté à partir d'un TSA, le second sert à remplacer le premier en cas de travaux d'entretien ou d'avarie.

a2) Un jeu de barres à courant alternatif "Secours" : 380/220 V

A ce j.d.b sont raccordés les services auxiliaires principaux.

Il est alimenté à partir du j.d.b réseau, mais en cas de défaillance de cette source, il sera connecté au groupe électrogène (à démarrage automatique) qui est constitué par un moteur diesel et un alternateur de puissance 65 KVA.

b) Source continue : La source à courant continu de l'unité des services auxiliaires est constituée par l'ensemble redresseurs et batteries (127 V et 48 V) et assure l'alimentation du j.d.b 127 V auquel sont raccordés les circuits essentiels du poste dont la consommation doit être augmentée au moment de la manoeuvre des appareils à haute tension, et celui de 48 V qui alimente les services de télécommunication.

La batterie d'accumulateurs fonctionne normalement en floating c'est à dire qu'après avoir été chargée elle est maintenue en cet état par le chargeur qui fournit en même temps le courant permanent absorbé par l'installation. En cas d'absence du redresseur ou manque alternatif elle assure la fourniture du courant permanent, en cas de rétablissement de ces derniers le chargeur assure, outre sa fonction normale, la charge à fond de la batterie. Le régime de floating est à nouveau repris en fin de charge.

c) Bilan de puissance : Ce bilan est fait pour déterminer la puissance du TSA d'une part et dimensionner les batteries d'autre part.

CONSOMMATION EN ~

AUXILIAIRES NON SECOURUS	
Nom du recepteur	Puiss.
Aérorefri. TR 1 ou 2	6,4
Redresseur groupe .	0,5
CH et PC B ^t auxil.	25
CH et PC B ^t comman.	42
CH et PC des BR	25,4
Villa 1	50
Villa 2	50
TOTAL ≈	200

AUXILIAIRES "SECOURUS"	
Nom du recepteur	Puiss.
redresseur 127 V	10,2
redresseur 48 V	6,5
Eclairage B ^t de rel.	1,2
Eclair. poste ext.	5
" B ^t de com.	8
Alim. tab. synop.	0,4
Eclai. B ^t auxil.	2
TOTAL ≈	33,5

CONSOMMATION ~~en~~ CONTINU (=)

BATTERIE 127 V

RECEPTEUR	Consommation(kW)	
	Permanente	pointe
Reserve équipée	250	1500
Eclairage secours auxiliaires	100	420
Formation + S	50	50
Regleur TR 1	127	1016
Regleur TR 2	127	1016
Boucle de commande poste THT	127	508
" " " " HT	127	508
Antenne FM poste THT	127	1524
Boucle FM " HT	127	1524
Total	1162	8066

BATTERIE 48 V

RECEPTEUR	Consommation(kW)	
	Permanente	pointe
TRanche générale	96	480
Armoire HF (poste 60 kV)	432	864
Armoire HF (poste 220 kV)	144	288
Armoire interphonie	48	144
Telecontrôle	768	768
Capteurs	192	192
Teleprotection	168	168
Total	1848	2904

c1 Determination de la puissance du TSA : Le transformateur des SA alimente les j.d.b réseau, secours et les redresseurs 127 V et 48 V. Il doit donc fournir l'énergie demandée par ces derniers.

La puissance totale transitée par le TSA est :

$$\begin{aligned}
 & - \text{J.D.B réseau } 380/220 \text{ V} && 200 \\
 & - \text{J.D.B secours } 380/220 \text{ V} && + 33,5 \\
 & && \hline
 & && = 233,5 \text{ kVA}
 \end{aligned}$$

On utilise des TSA de puissance nominale : $S_n = 250 \text{ kVA}$

e2 Dimensionnement des batteries : La capacité des batteries se détermine en faisant le bilan de consommation des différents circuits à courant continu, ce qui conduit à rechercher le courant permanent et le courant de pointe absorbés par l'installation en cas de panne de l'alimentation en courant alternatif. Elle doit être suffisante pour faire face aux 2 éventualités suivantes :

- La panne des redresseurs.
- Le manque de courant alternatif secouru (cas de non démarrage ou d'indisponibilité du groupe de secours).

:: Dimensionnement des batteries 127 V et 48 V :

Les courants permanents absorbés par l'installation sont :

$$I_{c1} = \frac{\text{Puissance permanente}}{\text{Tension de la batterie}} = \frac{1162}{127} = 9,15 \text{ A}$$

$$I_{c2} = \text{ " " " } = \frac{1148}{48} = 36,5 \text{ A}$$

Les batteries 127 V et 48 V doivent fournir les courants permanents I_{c1} et I_{c2} successivement pour des durées de 4 h et 2 h environ, d'où les capacités permanentes :

$$Q_{c1} = 4 \cdot I_{c1} = 36,6 \text{ A.h}$$

$$Q_{c2} = 2 \cdot I_{c2} = 77 \text{ A.h}$$

Le courant de pointe absorbé par l'installation 127 v est le courant absorbé au moment du manoeuvre d'appareille H2 est :

$$I_{p1} = \frac{\text{Puissance de pointe}}{\text{Tension de la batterie}} = \frac{8066}{127} = 63,5 \text{ A}$$

Le courant de pointe absorbé par l'installation 48 v :

$$I_{p2} = \text{ " " " } = \frac{2904}{48} = 60,5 \text{ A}$$

Les capacités de pointes pour des durées de 2 heures sont :

$$Q_{p1} = I_{p1} \cdot t = 63,5 \cdot 2 = 127 \text{ A.h}$$

$$Q_{p2} = I_{p2} \cdot t = 60,5 \cdot 2 = 121 \text{ A.h}$$

On prends des batteries de capacités normalisées :

$$Q_p = 150 \text{ A.h (Batterie 127 V)}$$

$$Q_p = 150 \text{ A.h (" 48 V)}$$

:: Détermination du nombre d'éléments :

Les batteries utilisées sont du type batteries au plomb qui peuvent être soit semi-fixe au plomb(SFP) soit stationnaire compact au plomb(SCP)qui s'accomode bien en régime floating. La tension floating par élément est :

$$V_e = 2,17 \text{ V}$$

D'où les nombres d'éléments des batteries :

$$N_1 = \frac{127}{2,17} = \frac{127}{2,17} \approx 58 \text{ éléments}$$

$$N_2 = \frac{48}{V_e} = \frac{48}{2,17} \approx 22 \text{ éléments}$$

2.3 Salle HF: C'est une salle dans laquelle sont regroupés toutes les armoires concernant le système de télécommunication.

--ooooooooooooo0ooooooooooooo--

CHAPITRE VII

PROTECTIONS

INTRODUCTION :

L'étude des protections occupe une place importante dans l'exploitation du poste. En effet le poste doit-être muni d'un système de protections contre les défauts qui peuvent apparaître à n'importe quel moment en tout lieu de l'installation.

On distingue alors la protection contre les surintensités qui proviennent d'un contact accidentel entre conducteurs de potentiels différents ou de surcharges suite à une demande exagérée de puissance, la protection contre les surtensions dont la source principale réside dans les phénomènes atmosphériques notamment dans les décharges de foudre. Nous devons prévoir également l'établissement d'un réseau de terre afin de protéger l'équipement électrique et surtout le personnel exploitant.

1. PROTECTION DE LA LIGNE 220 KV :

Un schéma bloc de cette protection est représenté dans le Folio n° 1. Elle est constituée par :

1.1 Protection de distance :

Elle permet de réaliser le déclenchement du disjoncteur en un temps dépendant de l'éloignement du défaut. Ce temps étant fixé par une caractéristique se présentant sous forme de gradins :

1^{er} stade : Ne couvre que 80% de la longueur de la ligne pour un temps de déclenchement t_1 (80 à 150 ms, temps de fonctionnement des divers relais).

2^{ème} stade : Effectue une mesure d'impédance qui correspond à 120% de la longueur de la ligne pour un temps de déclenchement t_2 (0,1 à 0,3s).

Il y a également un 3^{ème} et un 4^{ème} stade qui correspondent à la longueur maximum que l'on espère surveiller.

Constitution d'une protection de distance :

- a- Relais de mesure,
- b- Relais de commutation,
- c- Relais de selection de phases.

Il y a également un relais de puissance qui permet à la protection d'inverser son fonctionnement suivant le sens d'écoulement de l'énergie.

La mesure s'effectue à l'aide des deux grandeurs :

- Courant (I_{sec}) : provenant du TC ligne 220 KV

Rapport de transformation = 400/5 A

- Tension (U_{sec}) : provenant du TT ligne 220 KV

Rapport de transformation = $\frac{220}{\sqrt{3}} / \frac{0,1}{\sqrt{3}}$ KV

Pour une longueur L (Lieu du défaut) de la ligne correspond une impédance Z_{pr} qui sera interprétée par le rapport $\frac{U_{sec}}{I_{sec}}$.

$$\text{Or } I_{cc}(sec) = I_{cc}(pr) \cdot \frac{I_{sec}}{I_{pr}}$$

$$\text{et } U_{cc}(sec) = U_{cc}(pr) \cdot \frac{U_{sec}}{U_{pr}}$$

$$\text{d'où } Z_L(sec) = \frac{U_{cc}(sec)}{I_{cc}(sec)} = \frac{U_{cc}(pr)}{I_{cc}(pr)} \cdot \left(\frac{U_{sec}}{U_{pr}}\right) \cdot \left(\frac{I_{pr}}{I_{sec}}\right) = K \cdot Z_L(pr)$$

:: LIGNE CENTRALE 1 (220 KV) : Sa longueur est $l_1 = 50$ Km

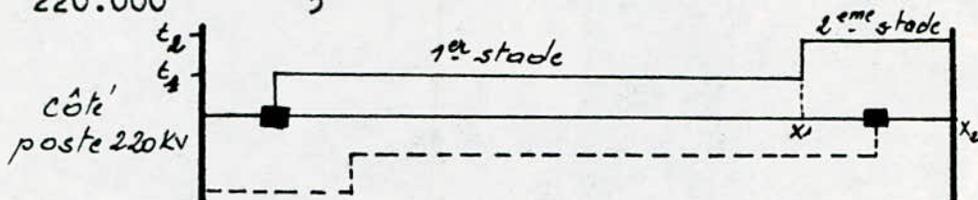
Longueur du premier stade = $0,8 l_1 = 0,8 \cdot 50 = 40$ Km ce qui correspond à une réactance $X_1 = 40 \cdot 0,42 = 16,8 \Omega$

Longueur du deuxième stade = $l_1 = 50$ Km, ce qui correspond à une réactance $X_2 = 50 \cdot 0,42 = 21 \Omega$

Règlage du relais de distance : Pour une réactance $X_1 = 16,8 \Omega$ au primaire correspond une autre au secondaire des transformateurs de mesure qui vaut :

$$X_1(\text{sec}) = K \cdot X_1(\text{pr})$$

$$K = \frac{100}{220.000} \cdot \frac{400}{5} = 0,036, \quad X_1(\text{sec}) = 0,36 \times 16,8 = 0,61 \Omega$$



Pour un défaut situé dans la portion du premier stade ($X_{pr} < X_{1pr} = 16,8 \Omega$, $X_{sec} < 0,61 \Omega$), le déclenchement se produit en un temps t_1 . Pour la partie restante 20%, c'est à dire 10 Km de la ligne, elle entre dans la portion du second stade.

RESULTATS :

Ligne	1er stade			2 stade		
	Long.(Km)	React.(Ω)	Regl.(Ω)	L.(Km)	R.(Ω)	Rg(Ω)
CENTRALE 1	40	16,8	0,61	50	21	0,76
CENTRALE 2	80	33,6	1,22	100	42	3,63

La ligne client 220 KV est également protégée par une protection de distance sans relais de puissance (sens unique d'énergie) et réglée suivant la longueur totale de cette ligne.

1.2 Protection complémentaire : Dans le cas où la protection de distance n'est pas sensible aux défauts résistants dont la résistance excède environ 35Ω , il lui sera associé une protection directionnelle de terre qui constitue son complément indispensable assurant ainsi le déclenchement de secours.

1.3 Protection de reserve : Elle est reliée au second enroulement du TC ligne 220 KV, elle comporte 3 relais à maximum d'intensité temporisés .

Le courant de court-circuit de la branche ligne C1 est :
 $I_{cc}(C1) = 2,784 \text{ KA}$. On utilisera un TC de rapport 400/5, a son secondaire on a :

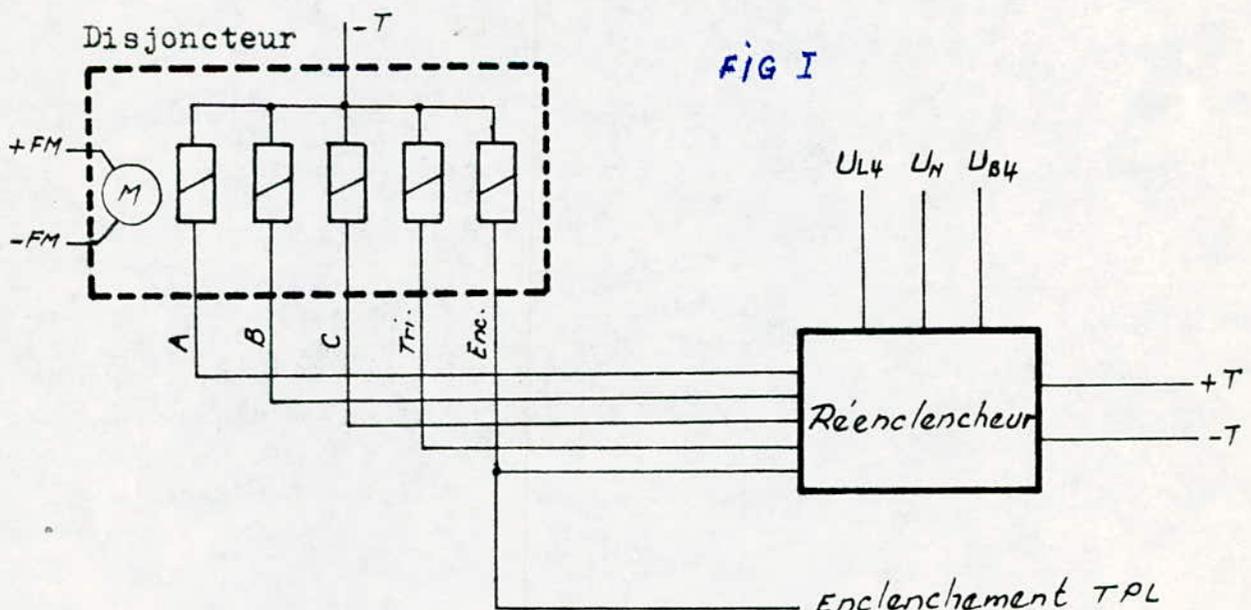
$$I = \frac{2784 \times 5}{400} = 34,8 \text{ A} \approx 7 \cdot I_n$$

On prendra comme courant de réglage : $I_r = 4 \cdot I_n$

1.4 Réenclencheur (RE) : Il est associé à la protection de distance. Son rôle est de remettre en service la ligne à la suite d'un déclenchement monophasé ou triphasé.

Dans le cas d'un défaut monophasé il aiguille le déclenchement sur le disjoncteur de la phase atteinte seulement. Si le défaut affecte plus d'une phase, il provoque le déclenchement triphasé (Bobine Tri. Fig. I). Ensuite il commande le reencenchement après avoir effectué le contrôle des tensions (C'est à dire la tension U_{B4} des jeux de barre est au moins 80% de la tension nominale "0,80.220 = 176 KV" et que la tension de la ligne U_{L4} est nulle ($U_B \geq 176 \text{ KV} ; U_L = 0$)). Si le défaut persiste il ordonne un déclenchement triphasé définitif.

1.5 Localisateur de défauts (LD) : Il permet de localiser à l'aide des deux grandeurs (courant, tension) les défauts fugitifs ou permanents qui affectent la ligne. Les boitiers (LD) des 3 lignes 220 KV sont installés sur le chassis de relayage et ne sont utilisés que sur une extrémité de la ligne. Un ensemble numérique permet d'interpréter la réactance X de la ligne en un éloignement L.



U_{L4} : Tension de ligne (phase 4)

U_{B4} : Tension de la barre(")

1.6 Protection de "défaillance disjoncteur" : C'est un relais à MAX I raccordé au secondaire(3^{eme} enroulement) du TC ligne 220 KV et qui agit dans le cas d'un défaut de commande du disjoncteur ligne, son temps d'action est fixé supérieur à celui de la protection principale de secours.

2. PROTECTION DU TRANSFORMATEUR :

Les deux causes principales des défauts d'isolement sont constituées par les surtensions d'origine atmosphérique et par l'échauffement inadmissible des enroulements du transformateur.

Le Folio N° 2 montre un schéma bloc de protection du transformateur qui comprend :

2.1 Protection d'intensité : Elle est assurée par des relais à maximum de courant temporisés et ce pour chaque enroulement du transformateur.

Réglage :

a- Côté THT (220 KV) : Le rapport de transformation du TC est $\frac{300}{5}$
Le courant de court-circuit traversant cette branche est :

$$I_{cc} = 1,144 \text{ KA}$$

Ce qui donne au secondaire du TC un courant .

$$I_{cc}(\text{sec}) = \frac{1144 \times 5}{300} = 19,06 \text{ A} = 3,81 \cdot I_n$$

On règle donc le relais pour un courant : $I_r = 2 \cdot I_n$

b- Côté HT (60 KV) : Le rapport de transformation du TC est $\frac{800}{5}$
Le courant de court-circuit y est de : $I_{cc} = 3,832 \text{ KA}$.

$$I_{cc}(\text{sec}) = \frac{3832 \times 5}{800} = 23,95 \text{ A} = 4,79 \cdot I_n$$

On prendra pour le réglage : $I_r = 2 \cdot I_n$

2.2 Protection principale (ou Buchholz) : Elle est constituée par un ensemble de trois relais Buchholz : Buchholz transfo. , Buchholz régleur et Buchholz réfrigérant .

Les arcs qui prennent à l'intérieur de la cuve du transformateur provoquent un dégagement gazeux dans l'huile. Les bulles de gaz dégagées dans la cuve viennent s'amasser sous le plateau et provoquent lors d'une avarie de faible importance l'abaissement

d'un flotteur f_1 , qui ferme un contact C_1 commandant un signal d'alarme. S'il se produit un dégagement assez violent, le passage des grosses bulles fait culbuter un flotteur f_2 qui ferme un contact C_2 lequel commande le déclenchement des disjoncteurs placés en aval et en amont du transformateur.

2.3 Protection de surcharge thermique : La protection de surcharge thermique est destinée à mettre hors service le transformateur lorsque, par suite d'une surcharge, il est soumis à un échauffement susceptible de détériorer ses isolants. Elle réalise une image thermique du transformateur dont la loi d'échauffement est semblable à celle de cet appareil. Le temps de déclenchement est d'autant plus court que la surcharge est plus importante.
Caractéristique de cette protection :

- Courant de réglage : Ajustable à dix valeurs par progression de 6% : de 3,75 à 6,40 A.
- Constante de temps: Réglable entre 20 et 80 mn par gradins de 3 mn .

Le temps de retour en position repos après un fonctionnement est de 2 mn environ .

REGLAGE :

- Courant de réglage: il doit correspondre à celui que le transformateur peut supporter en permanence. Il est en général supérieur au courant nominal du transformateur et tient compte de la température ambiante.

- Rapport de transformation du TC (bushing) : 800 / 5 .

- Courant permanent admissible à $t_{amb} = 40^{\circ}C$ est : 962,3 A .

Ramené au secondaire du TC il vaut : $\frac{962,3 \times 5}{800} = 6,01 A$.

On prend un courant $I_{rég} = 6 A$

Constante de temps (T) : Elle est déterminée par le nombre de disques qu'on peut insérer dans le relais, chaque disque correspond à une variation de 3 mn de la constante de temps.

. Tous les disques insérés $T_{max} = 80$ mn.

. Aucun disque n'est inséré $T_{min} = 20$ mn.

La constante (T_{im}) de l'image doit être plus petite et aussi voisine que possible à celle du transformateur (T_{tr}). Elle correspond au temps au bout duquel l'échauffement est égal à 63% de l'échauffement permanent qui est dans notre cas 140 °C.

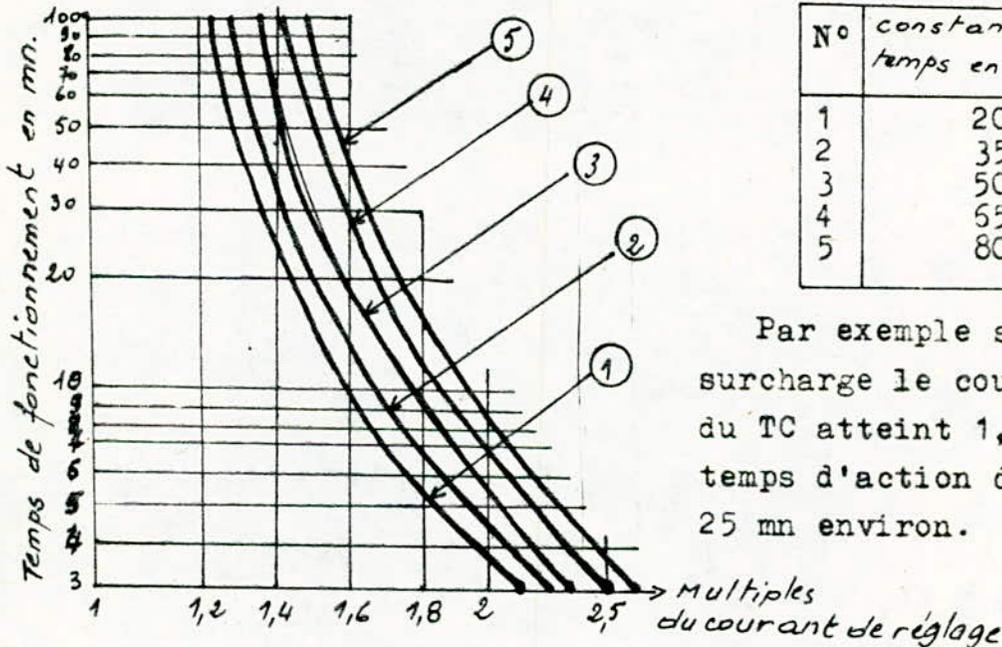
Prenons $T_{tr} = 60$ mn, le nombre de disques est :

$$\frac{60 - 20}{3} = \frac{40}{3} = 13,3$$

On prend 13 disques, d'où la constante de temps de réglage :

$$T = 13 \times 3 = 39 \text{ mn}$$

Temps de fonctionnement : Connaissant le multiple du courant de réglage et la constante de temps de l'image, on détermine le temps de fonctionnement à l'aide des caractéristiques suivantes :



N°	constante de temps en mn	Nombre de disques
1	20	0
2	35	5
3	50	10
4	65	15
5	80	20

Par exemple si lors d'une surcharge le courant au second. du TC atteint $1,6I_r = 9,6$ A. Le temps d'action du relais sera 25 mn environ.

2.5 Protection masse-cuve : Tout amorçage à l'intérieur de la cuve du transformateur donne naissance à un courant de défaut qui se dirige vers la terre par l'intermédiaire de la cuve en empruntant les différents chemins qui lui sont offerts (rails de roulement, ferrures, ...). La protection masse-cuve est une jonction directe, peu résistante, entre la cuve du transformateur et la prise de terre du poste dont la presque totalité du courant empruntera pour rejoindre la terre. On place alors sur cette jonction un TC et un relais ampèremétrique sensible et robuste afin de détecter

le passage du courant de défaut.

Reglage de la protection masse-cuve : Le reglage de la protection de masse tel que celle-ci demeure sensible aux défauts se produisant sur le transformateur mais reste insensible aux défauts ayant leur siège à l'extérieur du transformateur (lignes en particulier). Ce qui correspond à un courant de réglage J_0 tel que :

$$J_{RL} < J_0 < J_{RT} \quad \text{ou} \quad K_1 J_L < J_0 < K_2 J_T$$

J_{RL} et J_{RT} = Courants traversant le TC lors d'un défaut respectivement à la ligne et sur le transformateur.

J_L : Courant maximal de défaut à la terre en ligne.

J_T : Le plus faible courant de défaut que l'on désire déceler sur le transformateur protégé.

Dans le cas pratique on trouve généralement $J_0 = 6\% J_L$.

On remarque également qu'il y'a un thermostat et une protection de défaut de commande des disjoncteurs. Cette dernière est réglée pour un temps de déclenchement supérieur à celui de la protection d'intensité.

3. PROTECTION DES JEUX DE BARRES 220 KV :

L'importance d'une telle protection est considérable car l'apparition d'un défaut sur le j.d.b, qui est plutôt rare, produit souvent de grand dégats ainsi qu'une grave perturbation dans l'exploitation. Il s'agit de surveiller les j.d.b en formant la différence entre l'ensemble des courants arrivants et les courants partants et ce à l'aide d'une protection différentielle (Fig. II).

A cette armoire entrent tous les courants provenant des TC auxiliaires 5/1 A des travées suivantes :

- Lignes centrales 1 et 2.
- Ligne client 220 KV.
- Couplage.
- Transformateurs 1 et 2.

Un dispositif permet d'aiguiller l'ordre de déclenchement au j.d.b où le défaut apparait. Cette opération " Selection de la barre en défaut " n'existera plus (supprimée par interloques) dans le cas où le disjoncteur du couplage est ouvert.

4. PROTECTION CONTRE LES SURTENSIONS :

Les surtensions, en augmentant les contraintes diélectriques, peuvent produire des avaries de matériel par destruction locale de l'isolation, elles sont alors à l'origine d'interruption de service et le cas échéant, d'incendies et d'accidents de personnes.

On distingue les surtensions d'origine interne comme les surtensions de manoeuvre, des surtensions résultant de défaut à la terre et les surtensions d'origine externe : ce sont celles qui résultent d'un contact entre réseaux à tensions différentes, et des coups de foudre direct ou indirect.

:: Dispositif de protections contre les surtensions :

Ils sont destinés à réduire (et non à supprimer) les contraintes dues aux surtensions. Les appareils utilisés à cet effet sont essentiellement les éclateurs et les parafoudres à résistance variable.

4.1 Eclateurs :

Ils sont montés sur les chaînes d'isolateurs d'ancrage des conducteurs de ligne sur les charpentes du poste. On utilise l'éclateur à tiges pour les deux postes 220 KV et 60 KV dont le réglage est donné dans le tableau suivant :

Matériel à protéger			Eclateurs		Tension d'amorçage	
Tension nom. KV	Tension nom. d'isol. KV	Tension de Tenue au choc KV	TYPE	Dist.	U_{FI} Fré. ind KV	U_c (choc) KV
60	72,5	325	à tiges	28	160	250
220	245	900 ^t à 1050 ^a	à tiges	90	460	660

t : valeur pour les transformateurs.

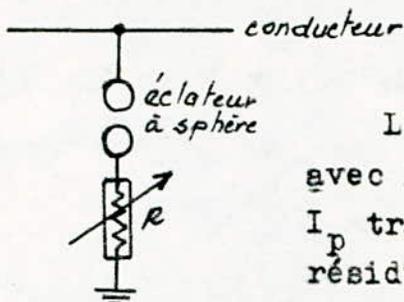
a : valeur pour les disjoncteurs et l'appareillage.

Remarque : Pour les échelons de tensions inférieures à 60 KV c'est l'éclateur type "à cornes" qui est utilisé.

4.2 Parafoudre :

C'est un appareil, inséré en dérivation entre le conducteur et la terre et destiné à protéger le matériel électrique contre les surtensions d'origine atmosphérique en écoulant automatiquement à la terre la majeure partie des ondes de surtension dès que leur amplitude atteint une valeur déterminée.

On a utilisé des parafoudres de type "à résistance variable".



L'insertion de cette résistance en série avec l'éclateur donne lieu, lorsqu'un courant I_p traverse le parafoudre, à une tension résiduelle.

$$U_r = R \cdot I_p$$

La résistance est faite d'une substance dont la résistivité diminue avec l'augmentation du courant.

: Caractéristiques du parafoudre utilisées :

Grandeurs	KV
Tension nominale	252
Tension d'amorçage à fréquence indus.	378
Tension max. d'amorçage 100% au choc de foudre (ordre 1,2/50)	570

Tension résiduelle maximale pour des courants de décharge en forme d'onde 8/20 de :

I_p (KA)	1	5	10	20
U_r (KV)	420	550	605	690

4.3 Fils de garde :

Ce sont des conducteurs fixés et électriquement reliés aux sommets des pylônes.

Leur connexion à la terre du poste amélioré l'écoulement des courants, lors de défauts se produisant aussi bien dans le poste qu'en ligne. Les fils de garde utilisés dans le poste sont des conducteurs en Almelec-Acier de section $147,1 \text{ mm}^2$ pour le poste 220 KV et 94 mm^2 pour le poste 60 KV.

5. RESEAU GENERAL DE TERRE :

C'est l'ensemble formé par les terres de service et de protection, le câble de garde et les dispositifs permettant les mises à la terre pour travaux. Son rôle est d'écouler les surtensions (de manoeuvre ou de foudre) et les surintensités résultant d'un défaut à la terre.

Il est constitué par un réseau maillé (voir plan n° 8) en câbles nus en cuivre dont les sections sont déterminées suivant les courants maximaux de court-circuit qui peuvent s'y écouler.

I_{cc} efficace (KA) \leq à	20	31,5	40	63
S (mm^2)	75,5	116,2	147,11	181,6

Les valeurs des courants de court-circuit sont :
5,65 KA pour le poste 220 KV et 30,30 KA pour le 60 KV.

Ce qui correspond à des sections respectives du câble de $75,5 \text{ mm}^2$ et $116,2 \text{ mm}^2$.

Or le réseau de terre est un maillage de conducteurs sans interruptions c'est à dire qu'il est préférable de choisir un même câble pour tout le réseau ce qui nous conduit à prendre pour tout le poste (220 KV et 60 KV) la même section du câble du réseau de terre.

Soit $S = \underline{116 \text{ mm}^2}$

C O N C L U S I O N

Dans l'étude qu'on vient de faire, on a essayé de donner les traits généraux et les directives essentielles pour la réalisation du poste.

On a commencé par décrire le poste aussi bien du point de vue équipement électrique et son installation que de son architecture. Un ensemble de plans et de schémas a accompagné notre étude pour donner une vision plus claire de cette dernière.

Dans une deuxième étape et afin de permettre un choix judicieux de l'appareillage électrique, on a déterminé les courants de court-circuit dans les points K_1 et K_2 sur les J.D.B 220 KV et 60 KV ainsi que dans toutes les branches et les efforts électrodynamiques auxquels sont soumises les barres. Pour permettre une continuité de service et une sécurité du réseau on a fait un choix du système de protection et son réglage dans la mesure du possible. L'ignorance de l'endroit d'implantation du poste et du reste du réseau nous a causé beaucoup de problèmes notamment pour le réglage de la protection.

Enfin, on a remarqué que l'étude du projet de poste est très vaste et doit faire le sujet de plusieurs projets de fin d'études afin d'étudier chaque partie convenablement.

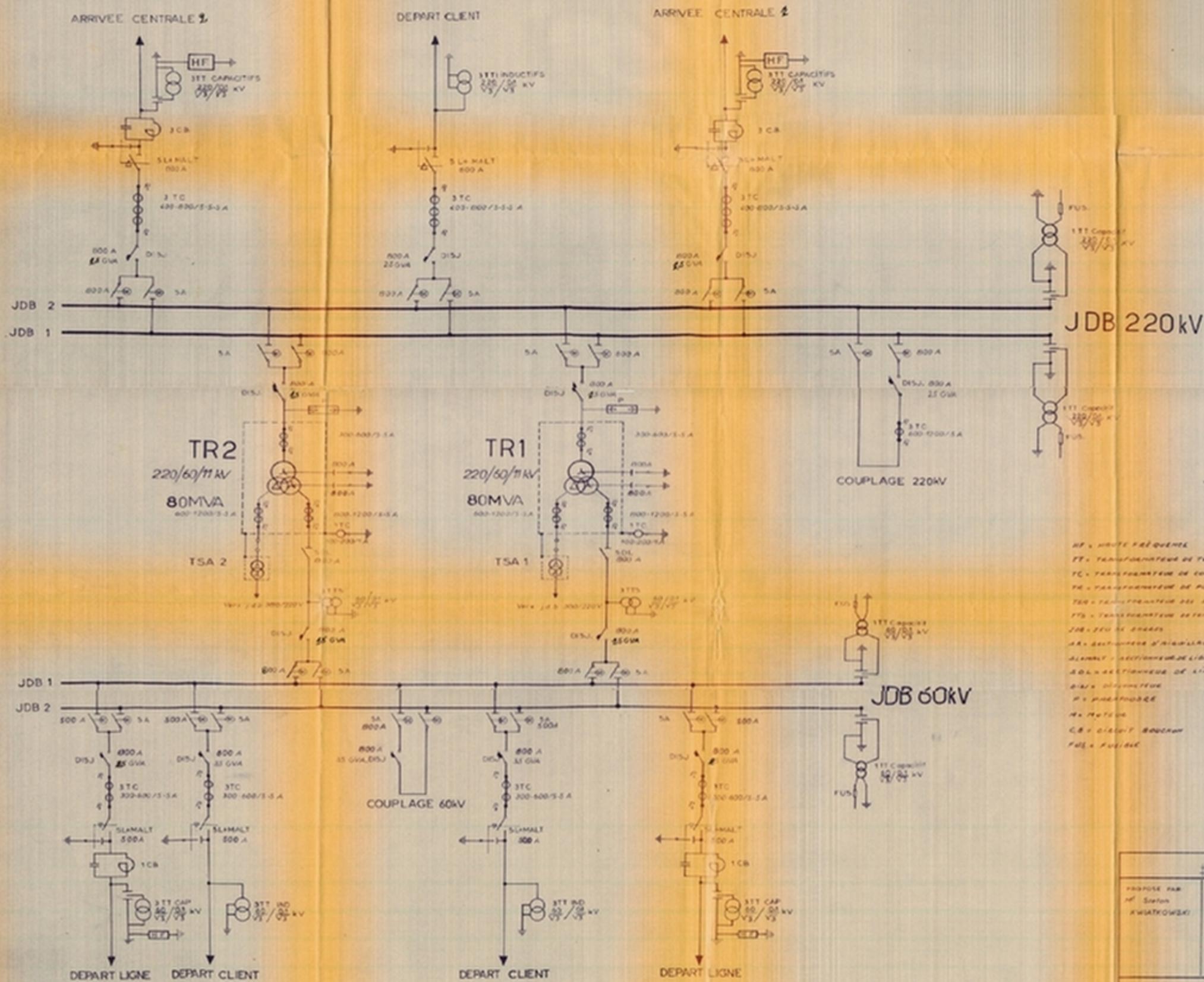
	Page
<u>INTRODUCTION</u>	2
<u>CHAPITRE I</u> : PRESENTATION DU POSTE	3
1. Agencement du poste	3
2. Presentation de la partie électrique du poste	4
3. Equipement électrique des differentes travées.	5
4. Plan Génie-Civil	7
<u>CHAPITRE II</u> : CONDITIONS DE SECURITE	9
1. Distances minimales	9
2. " pratiques	9
3. " de sécurité	12
4. Valeurs pratiques considérées	13
<u>CHAPITRE III</u> : COURT-CIRCUITS	16
1. Rappel sur le C.C triphasé	17
2. Utilisation des composantes symétriques pour le calcul des courants de C.C	18
3. Calcul des courants de C.C	20
4. Courants de choc	28
<u>CHAPITRE IV</u> : DIMENSIONNEMENT DES J.D.B	
1. Dimensionnement des j.d.b 220 KV	28
2. " " " 60 KV	29
3. Vérification aux efforts électrodynamiques .	31
4. " " effets thermiques	36
<u>CHAPITRE V</u> : CHOIX D'APPAREILLAGE	40
1. Choix des disjoncteurs	40
2. " " sectionneurs	42
3. Transformateurs de courant et de tension ..	43
4. Isolateurs	50

<u>CHAPITRE VI</u> : EQUIPEMENT BASSE TENSION DU POSTE	52
1. Batiment de relayage	52
2. " " commande	53
<u>CHAPITRE VII</u> : PROTECTIONS	60
1. Protection de la ligne 220 KV	60
2. " du transformateur	64
3. " des j.d.b 220 KV	67
4. " contre les surtensions	68
5. Réseau général de terre	70
<u>CONCLUSION</u>	71

--=oooooooooooo00))((00oooooooooooo==-

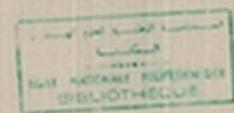
B I B L I O G R A P H I E

- A. MAUDUIT : Installations Electriques
- Revue BROWN BOVERI
- Revue SCHLUMBERGER
- EDGAR GILLOU : Cours de electrotechnique.
- Projets de fin d'études
- Cahiers de charge SONEGAZ
- Revue générale d'électricité 1975 et 1977
- Notes de cours de Mr KWIATKOWSKI - (F 221).
- J. FAYRAUD :

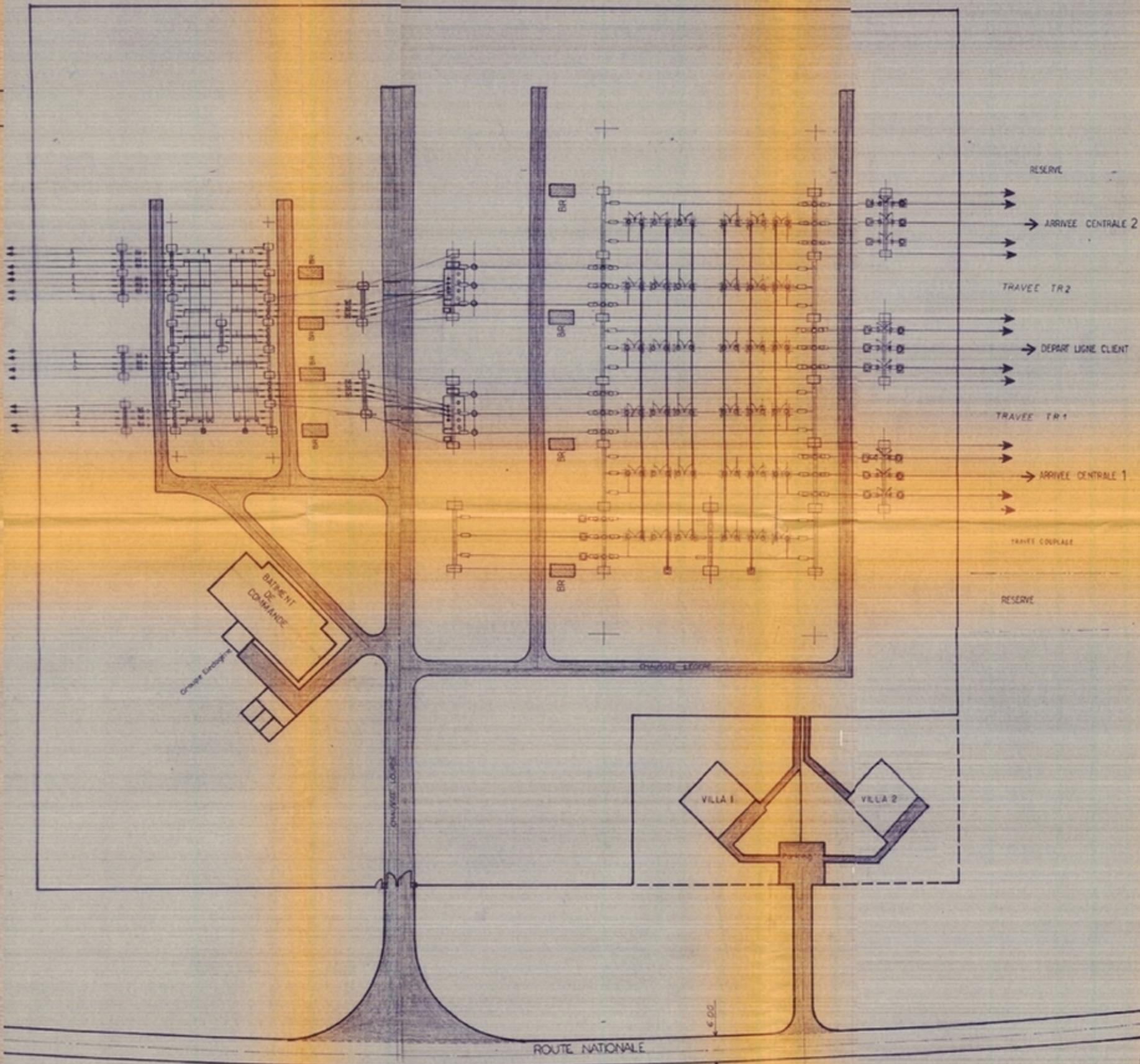


—●— LEGENDE —●—

- HF = HAUTE FREQUENCE
- TT = TRANSFORMATEUR DE TENSION
- TC = TRANSFORMATEUR DE COURANT
- TR = TRANSFORMATEUR DE PUISSANCE
- TSS = TRANSFORMATEUR DES SERVICES AUXILIAIRES
- TSB = TRANSFORMATEUR DE SERVICE DE SENSIBILISATION
- JDB = JEU DE BARRES
- AR = ARRETEUR D'ARC (ou combineur de barres)
- SLAMALT = SECTIONNEUR DE LIGNE + SECTIONNEUR DE HAUTE ALAIERE
- SDA = SECTIONNEUR DE L'AIR
- DISJ = DISJONCTEUR
- P = PHASEE
- HA = HAUTE
- CB = CIRCUIT BOUCHEUR
- FUS = FUSIBLE



E N D A		
PROPPOSE PAR M. Siaton KWIATKOWSKI	TITRE SCHEMA UNIFILAIRE	REALISE PAR M. CHELALI M. SKIKDAOU M.



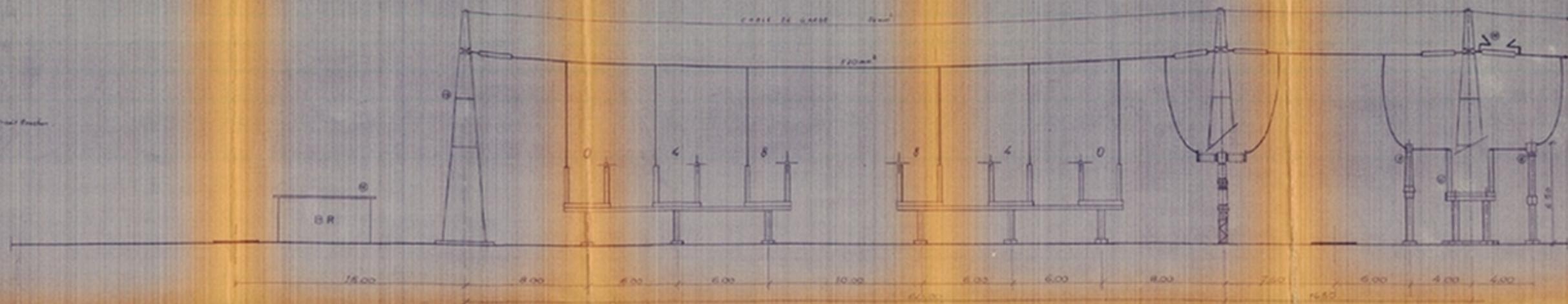
المكتبة الوطنية
 المكتبة
 ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
 BIBLIOTHÈQUE

ENPA		
PROPOSÉ PAR M. Stefan KWATKOWSKI	TITRE PLAN DE MASSE	RÉALISÉ PAR MM. CHELALI M. SKIRDAOUM

Promotion: JAN 83 N° 2 Echelle: 1/500

- ① TRANSMISSION DE PUISSANCE
- ② ISOLATEUR
- ③ SUPPORT DE CÂBLE
- ④ SUPPORT DE LIGNE
- ⑤ TRANSMISSION DE COURANT
- ⑥ TRANSMISSION DE TENSION COURTE PAR CHÂSSIS FONDS
- ⑦ COLLECTEUR ÉLECTRIQUE
- ⑧ COLLECTEUR MÉCANIQUE
- ⑨ MANIVÈRE
- ⑩ MANIVÈRE COURTE
- ⑪ CAPSULE LÉGÈRE
- ⑫ ÉQUIPEMENT DE DÉCLAYAGE
- ⑬ PÂLE
- ⑭ DÉCLAYEUR

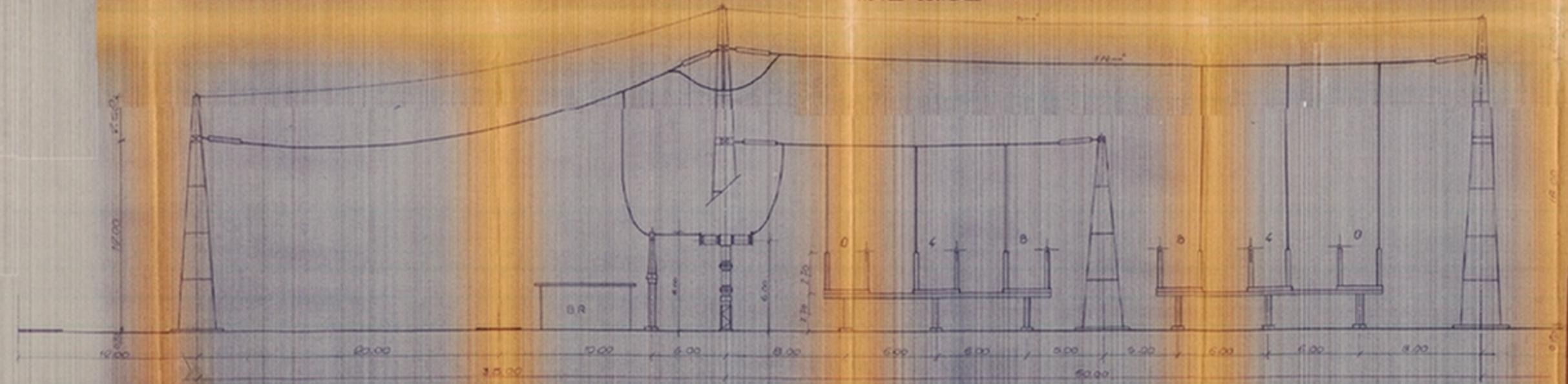
TRAVÉE LIGNE



TRAVÉE TRANSFORMATEUR



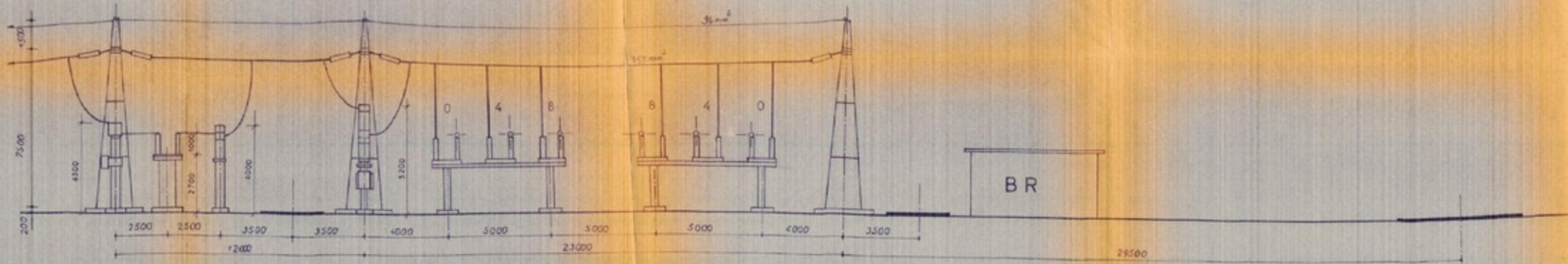
TRAVÉE COUPLAGE



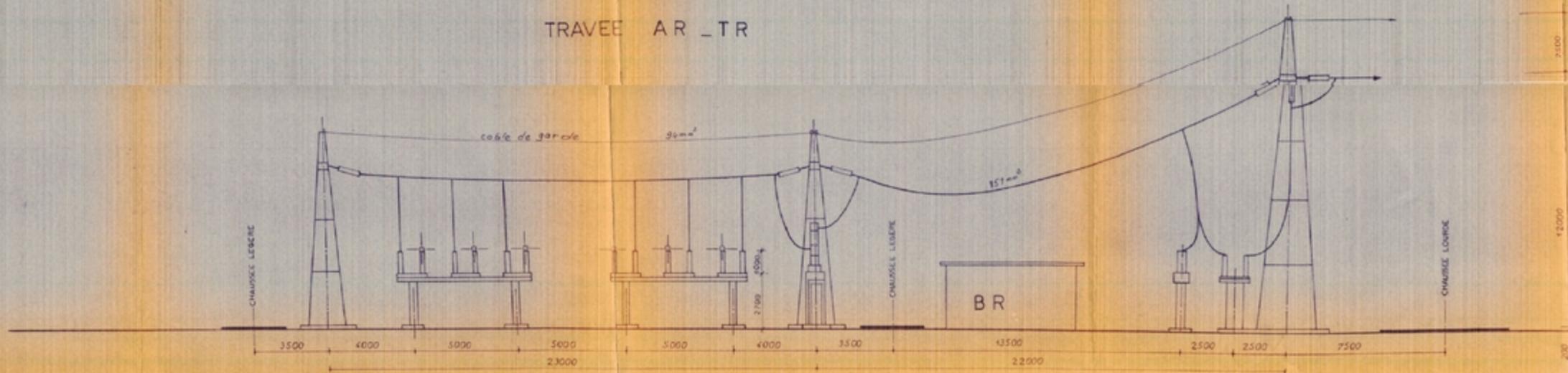
PROJET DE TRAVÉE
 220KV
 ÉLÉMENTS DE CONSTRUCTION
 ÉLÉMENTS DE CONSTRUCTION

S. N. D. A.		
PROJET N°	TYPE	ÉCHELLE
1/100	Coupe De Forées 220 Kv	1/100
Promotion: JAN 63 N° 3 Échelle: 1/100		

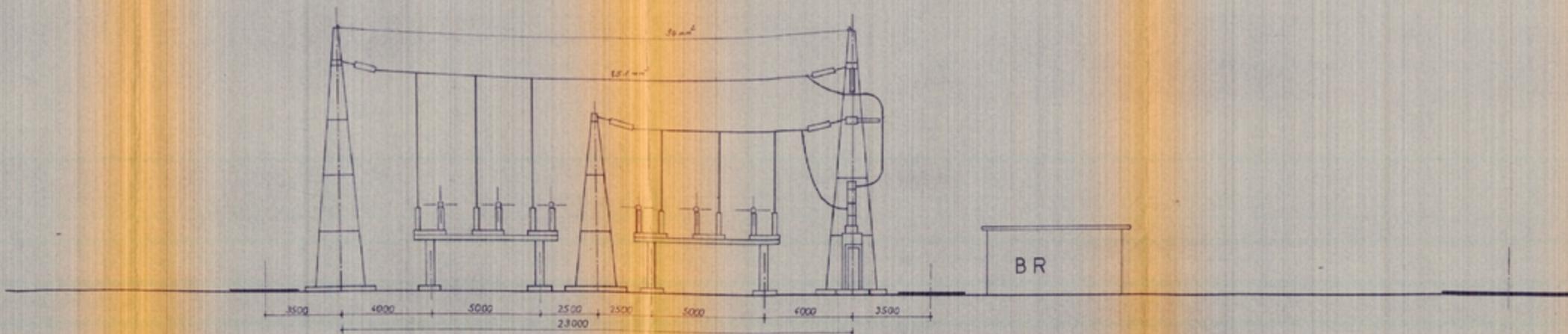
TRAVEE LIGNE



TRAVEE AR_TR



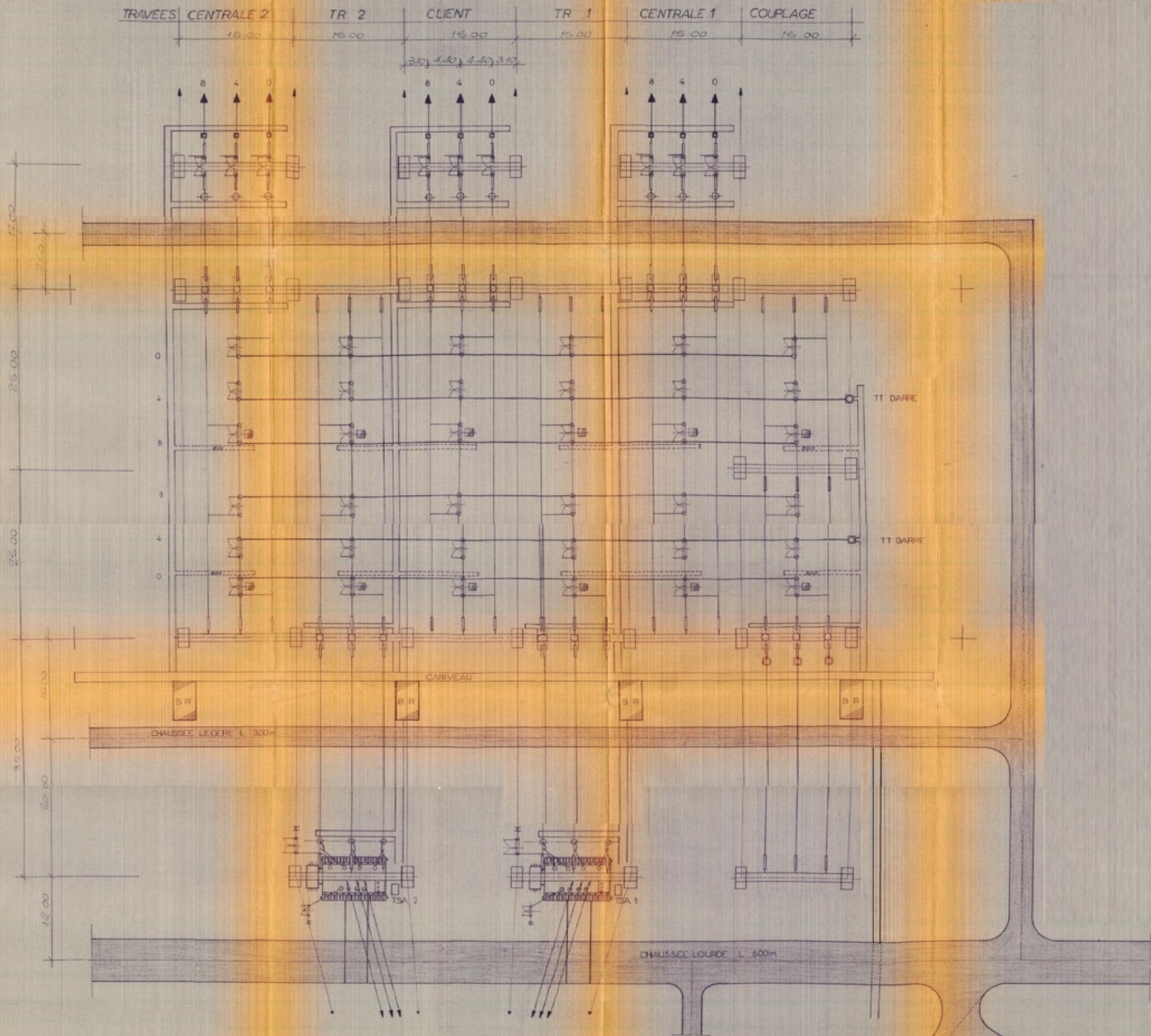
TRAVEE COUPLAGE



المكتبة العامة
 المكتبة
 ECOLE NATIONALE SUPRIEURE D'ETAT
 BIBLIOTHEQUE

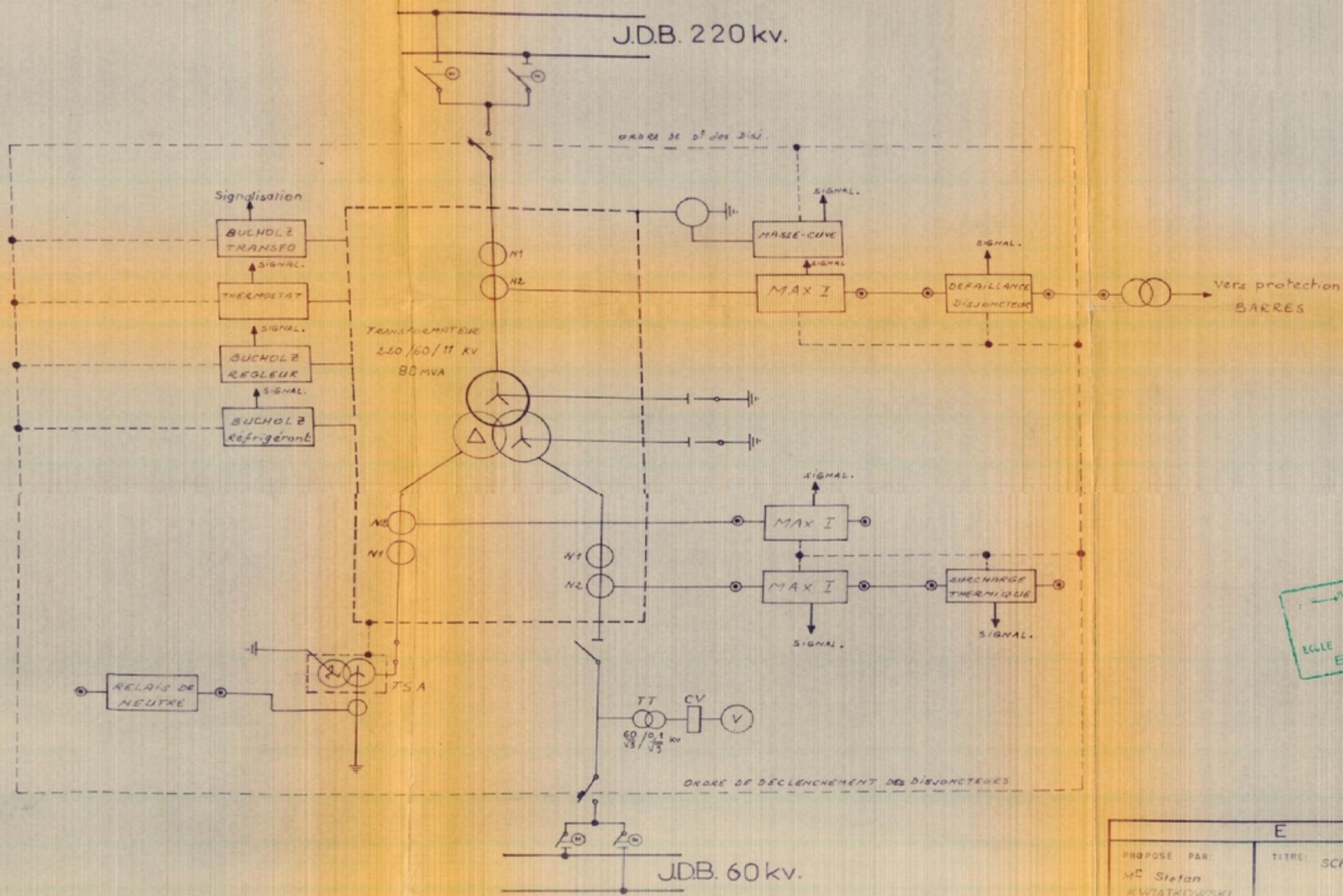
ENPA ECOLE NATIONALE SUPRIEURE D'ETAT		
PROPOSE PAR M ^r Stefan KWIAKOWSKI	TITRE COUPE DE TRAVEES 60 Kv	REALISE PAR MM CHELALI SKIKDAOUI

Promotion: JAN B3 N^o 4 Echelle: 1/100



المعهد الوطني للتحليل الكهربائي
 NATIONAL INSTITUTE OF ELECTRICAL ANALYSIS
 BIBLIOTHEQUE

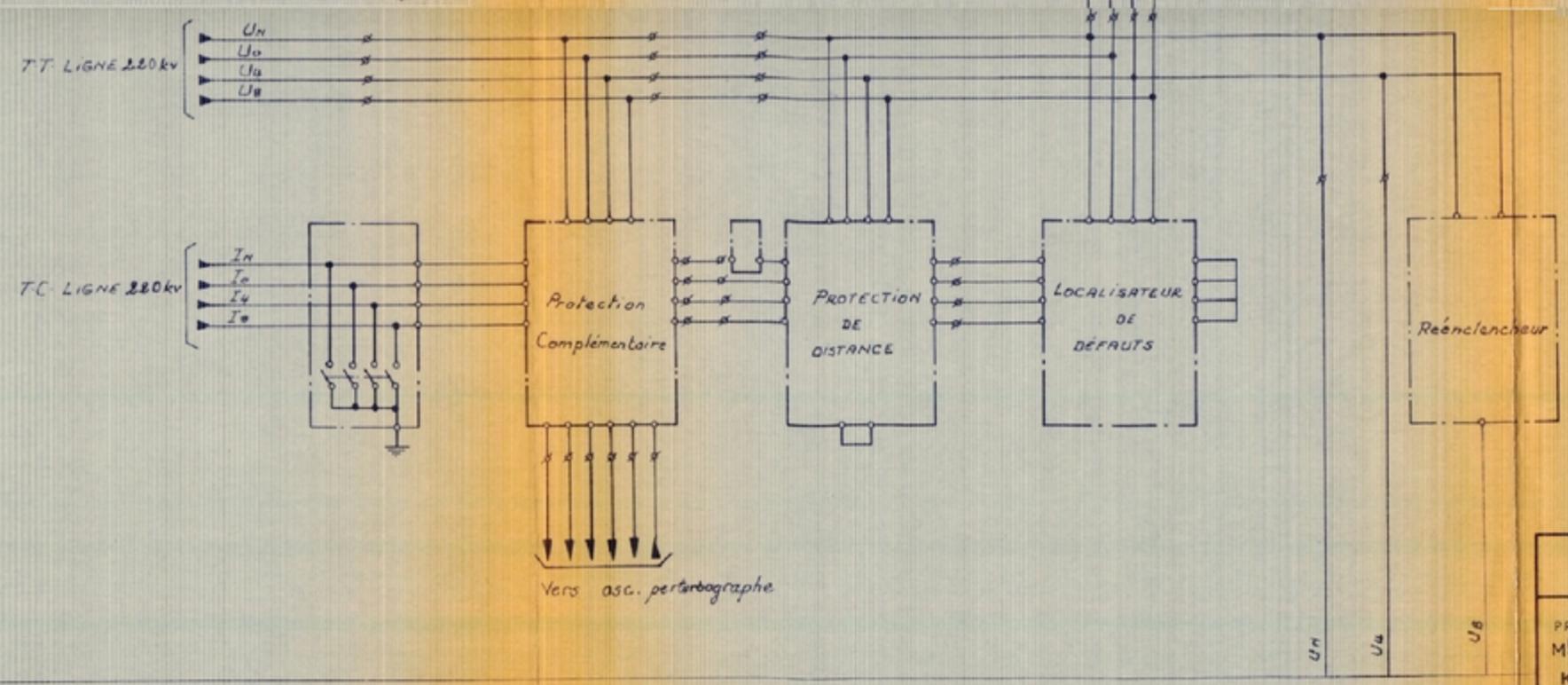
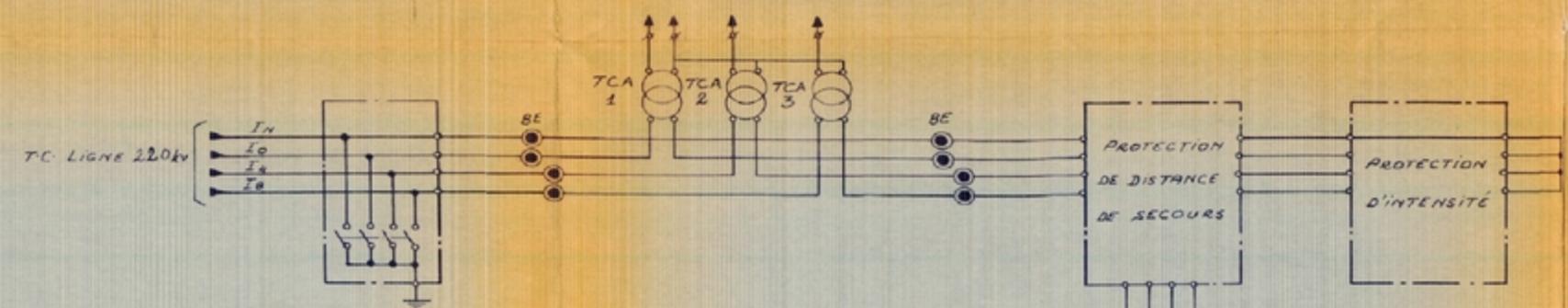
ENPA		
PROPOSE PAR :	TITRE :	REALISE PAR :
Monsieur STEPHAN KWIATKOWSKI	VUE EN PLAN DES EQUIPEMENTS ELECTRIQUES DU POSTE 220KV	M.M. CHELALI M. SKKODOU M.
Promotion : JANVIER 1983	N° 5	ECHELLE : 1/200



المستخدمة الطائفة العدد الهوس
 المكتبة
 E.C.L.E. NATIONALE POLYTECHNIQUE
 BIBLIOTHEQUE

E N P A		
PROPOSE PAR M ^e Stefan KWIATKOWSKI	TITRE: SCHEMA BLOC DE PROTECTION DU TRANSFORMATEUR	REALISE PAR MM. CHELALI M. SKIKDAOUI M.
Folio N° 2		Promotion: JAN 83

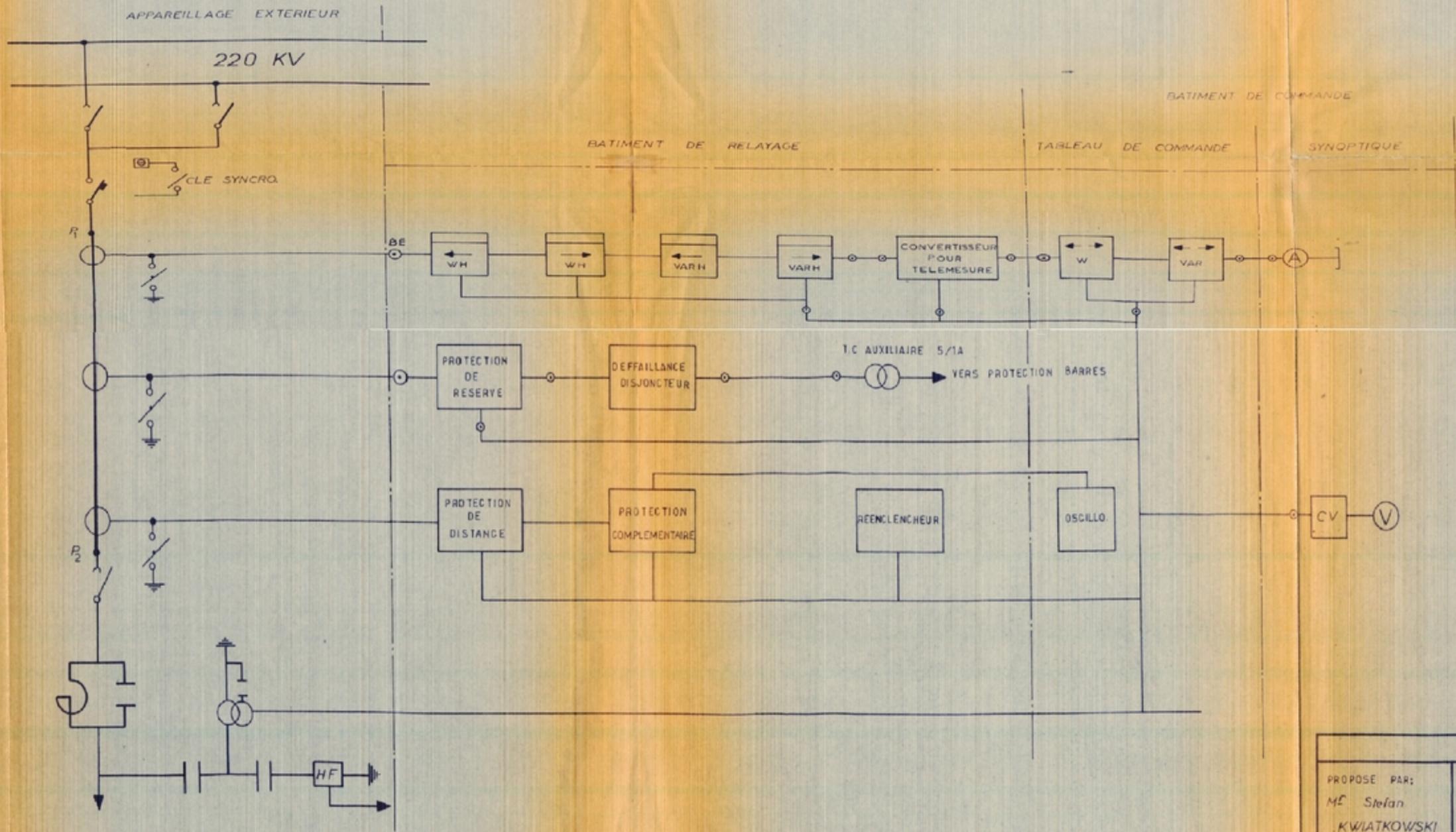
Vers protection differentielle



Vers asc. perturbographe

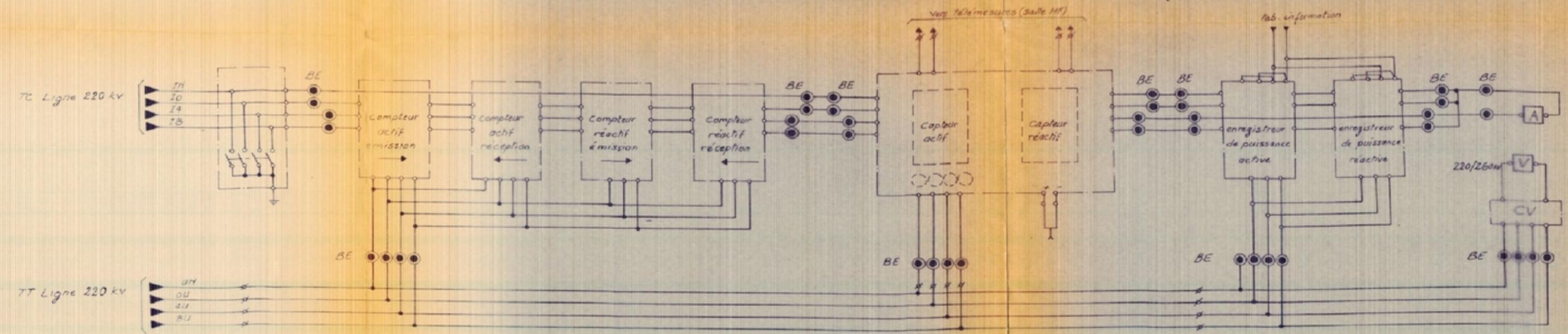
المدرسة الوطنية للعلوم الهندسية
 المكتبة
 ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
 BIBLIOTHÈQUE

E N P A		
PROPOSE PAR: M ^r Stefan KWIATKOWSKI	TITRE: DEVELOPPE ALTERNATIF DE TRANCHE - PROTECTIONS -	REALISE PAR: MM. CHELALI M. SKIKDAOUI M.
Folio N° 4		Promotion: JAN 83



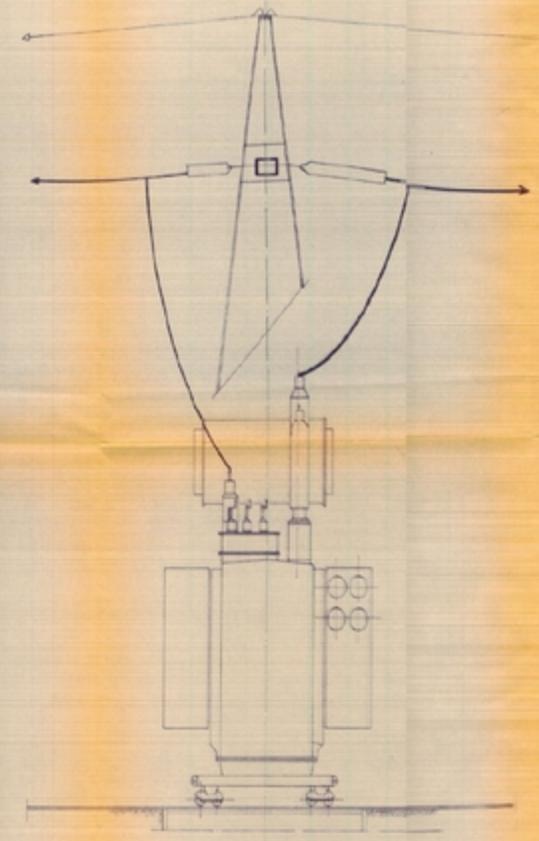
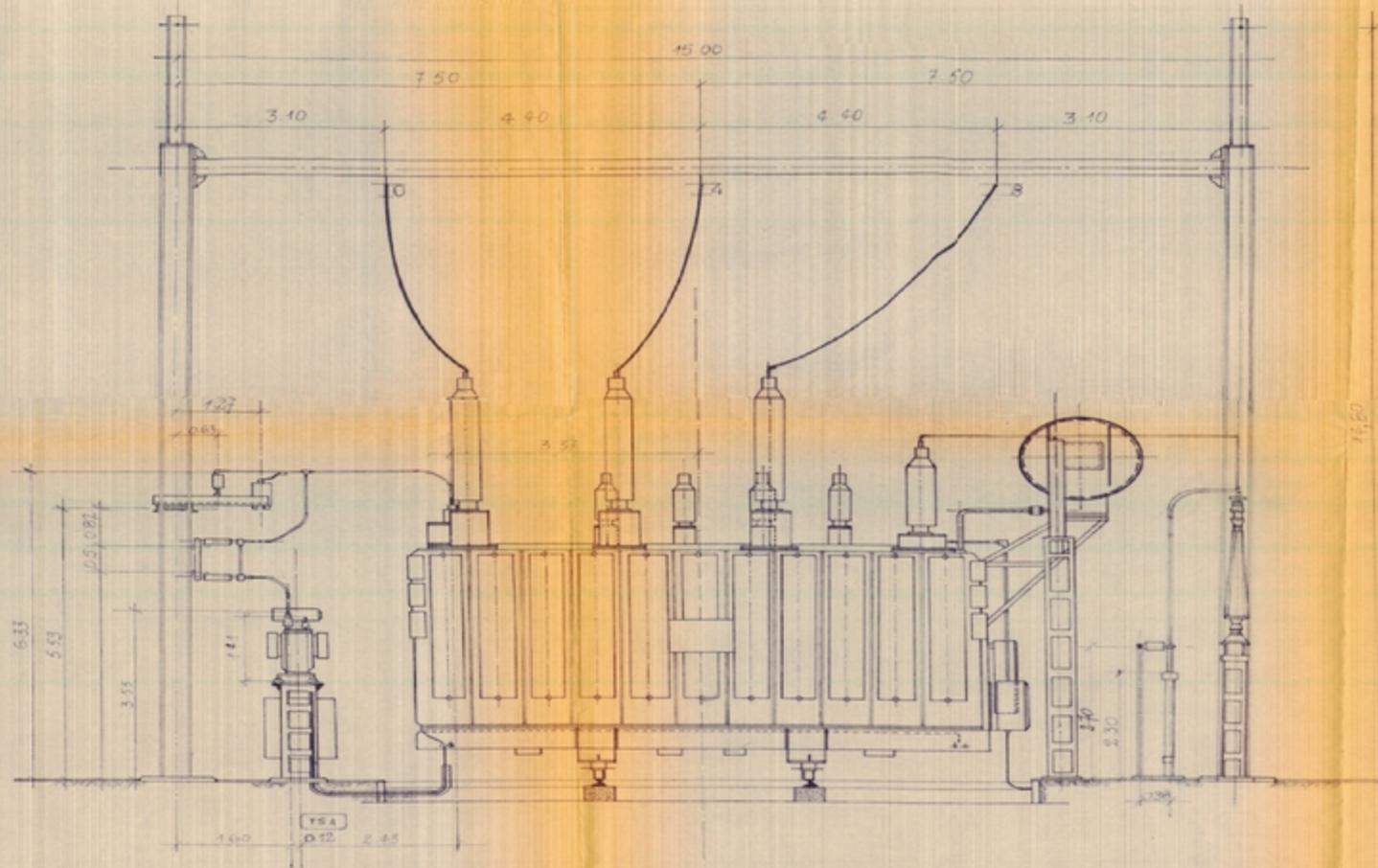
المندسة الوطنية للعلوم
 الهندسية
 E.C.E. NATIONAL POLYTECHNIC
 BIBLIOTHÈQUE

E N P A		
PROPOSE PAR: M ^E Stefan KWIATKOWSKI	TITRE: SCHEMA BLOC DE PROTECTION LIGNE	REALISE PAR: MM. CHELALI M. SKIKDAOUI M.
FOLIO N° 1		PROMOTION: JAN83

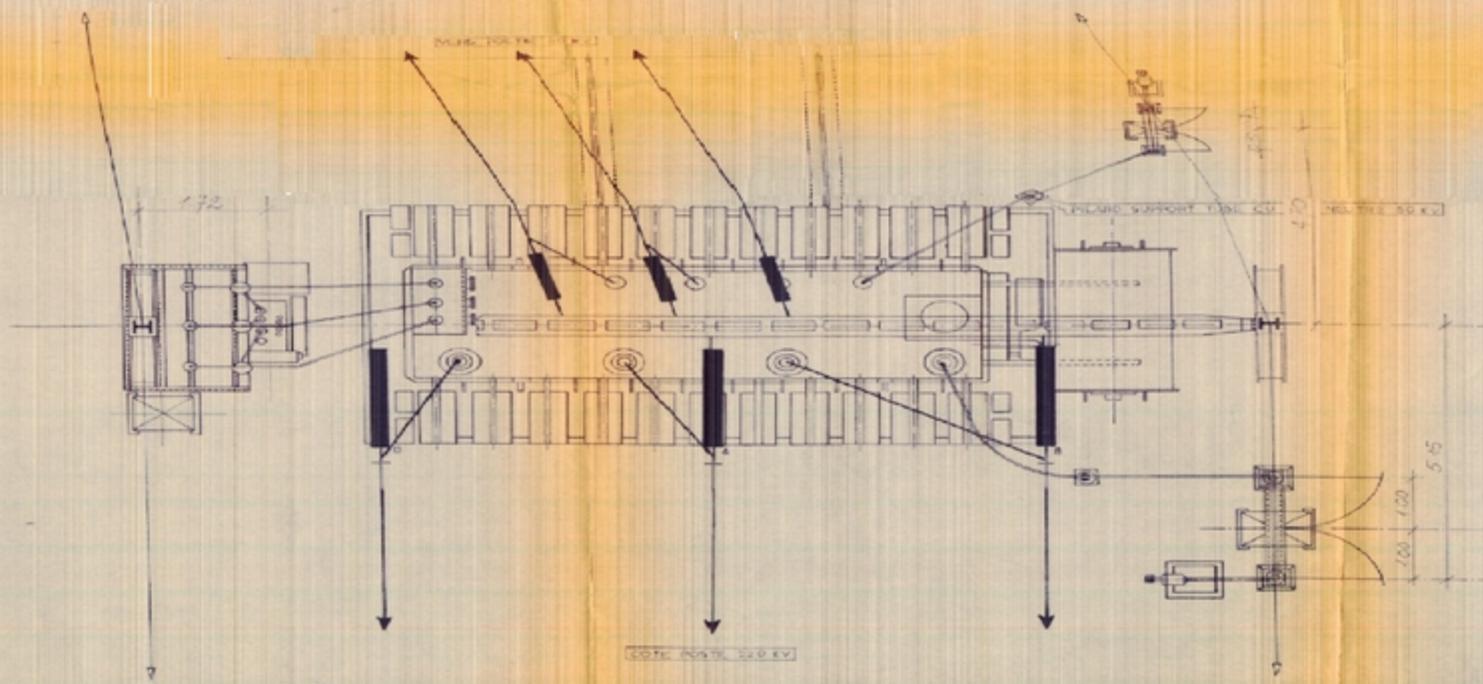


المسيرة الوطنية للعلوم الهندسية
 المكتبة
 ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
 BIBLIOTHÈQUE

E N P A		
PROPOSE PAR: ME Stefan KWIATKOWSKI	TITRE: DEVELOPPE ALTERNATIF DE TRANCHE MESURES	REALISE PAR: MM. CHELALI M. SKIKDAOUI M.
Folio N° 5		Promotion JAN B3

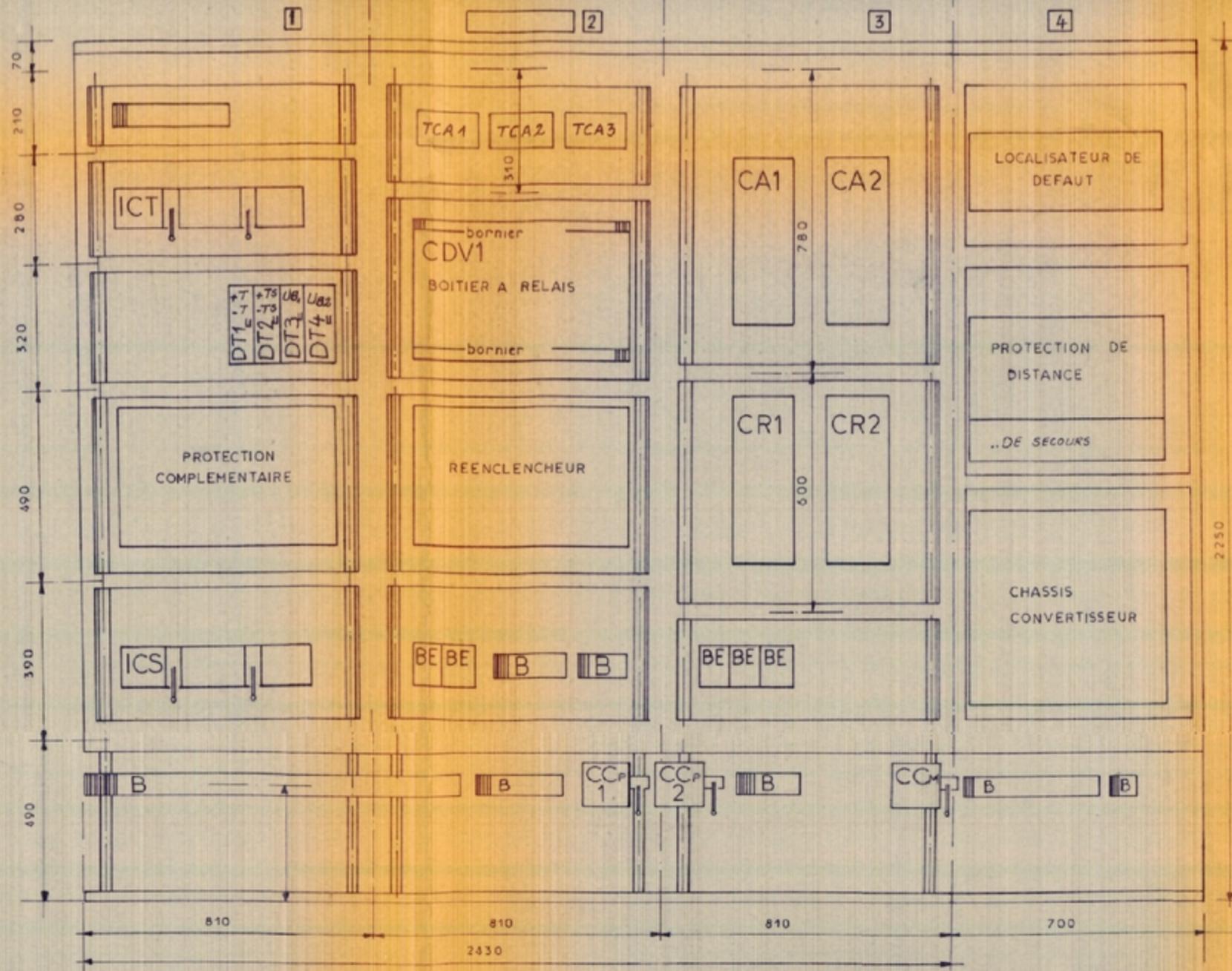


VUE DE DESSUS



مجلس التعليم العالي
البحرين
THE SUPPLY STORE OF
BIBLIOTHEQUE

EMDA
Installation Du
Transformateur
Page 6



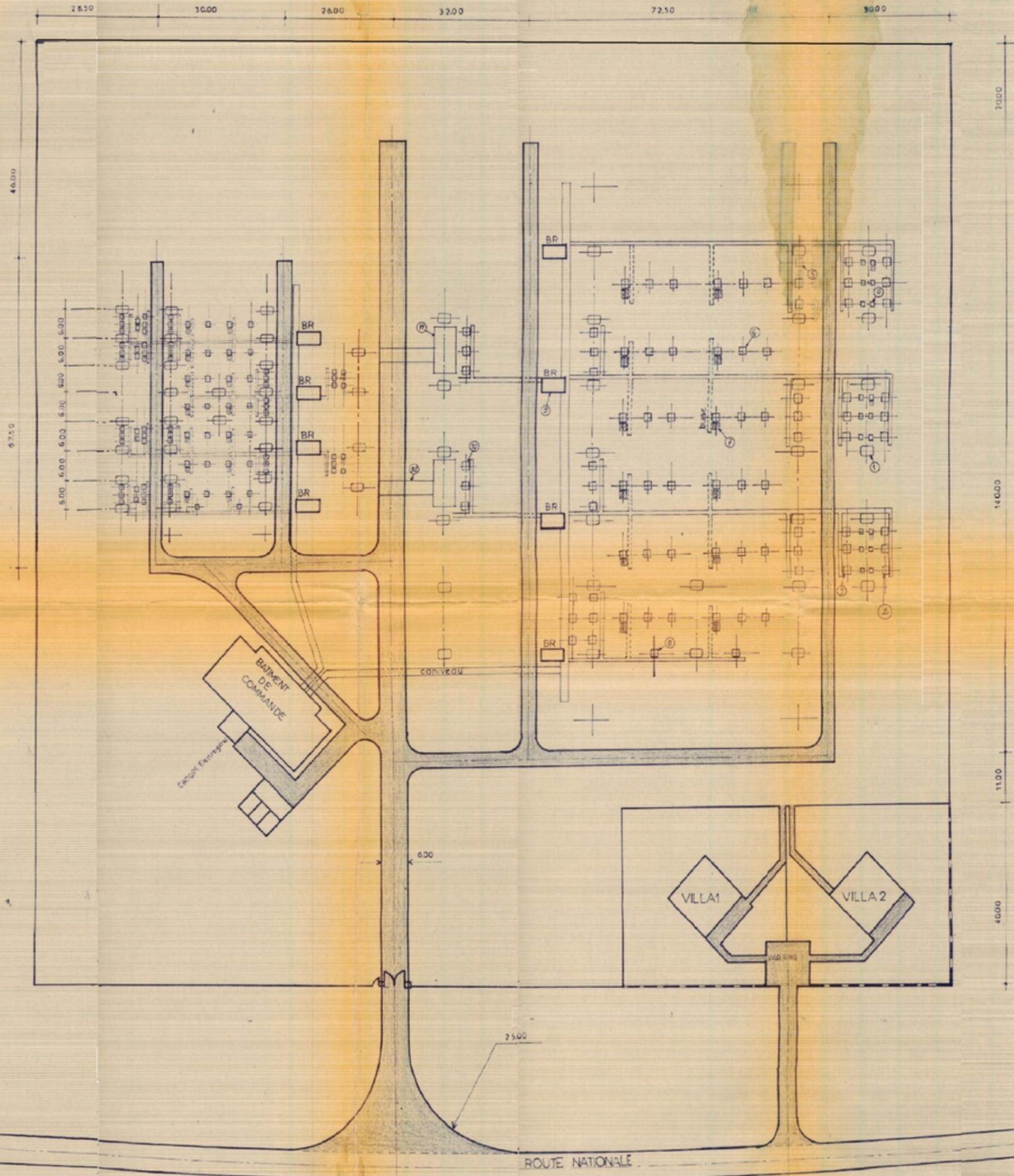
LEGENDE

- DT: Disjoncteur de tranche.
- CA: Compteur Actif.
- CR: Compteur Réactif.
- BE: Boite d'essai.
- B: Bornier.
- CDV1: Coffret de Regroupement des Relais.
- ICT: Interrupteur De consignation De tranches.
- ICS: " " " De Signalisation.
- CCP: Court-circuiteur protection.
- CCM: " " mesure.
- TCA: Transformateur de courant auxiliaire.

المكتبة الوطنية للعلوم والتقنية
 المكتبة

 ECLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
 BIBLIOTHEQUE

E N P A		
PROPOSE PAR: M ^r Stefan KWIATKOWSKI	TITRE: CHASSIS DE RELAYAGE -TRAVEE LIGNE-	REALISE PAR: MM. CHELALI M. SKIKDAOUI M.
FOLIO N° 6.		PROMOTION: JAN B3



LEGENDE

- ① MASSIF CHARPENTE
- ② " TT - circuit bouclon
- ③ " T.C.
- ④ " sectionneur de ligne
- ⑤ " sectionneur
- ⑥ " sectionneur barres
- ⑦ " Collebotis
- ⑧ " TT barres
- ⑨ " Bâtiment de relaiage
- ⑩ " parafoudre
- ⑪ " Transformateur de puissance
- ⑫ Rails

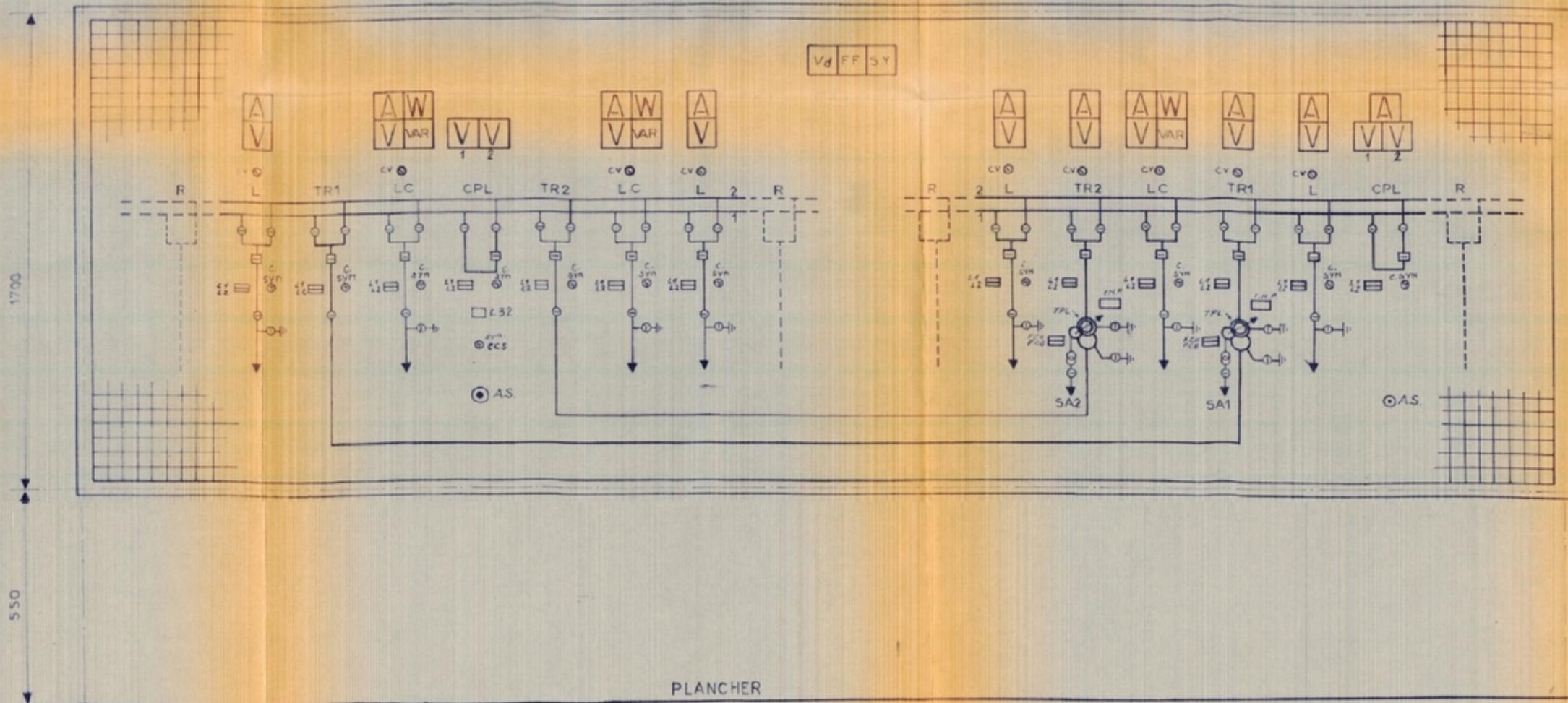
مستودع الوثائق العلمية
 المكتبة
 ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE
 BIBLIOTHÈQUE

ENPA ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE		
PROPOSÉ PAR M. Stefan KWIATKOWSKI	TITRE VUE EN PLAN GENIE CIVIL	REALISÉ PAR MM. CHELALI M. SKIKDAOUM

Promotion: JAN 83 N° 7 Echelle: 1/500

60kV

220kV



○ ○ ○ LEGENDE ○ ○ ○

- A: AMPEREMETRE - V: VOLTMETRE - W: WATTMETRE
- VAR: VARIMETRE - CV: COMMUTATEUR DE VOLTMETRE
- Vd: Voltmètre différentiel
- FF: Double suspension (1 pour le job et 1 pour la ligne) } SYNCHRONISATION
- SY: Synchronoscope
- AS: Bouton poussoir: arrêt électricien
- TPL: COMMUTATEUR AUTO-0: Augmentation-Diminution
- INP: Indicateur de position réglage
- CCS: Commutateur repas clé de synchronisation
- FCN: Verrine lumineuse (Blanche) Réglage Haut
- FCB: " " " " (Noire) Réglage Bas
- LI: Verrine lumineuse rouge → Com. de transf. électricité
- LB: " " " " orange → disj. en local
- C.Syn: Commutateur de synchro à clé.
- V₁: Voltmètre job 1, V₂: Voltmètre job 2.
- R: Réserve - L: Ligne - LC: Ligne Client - CPL: couplage
- TR1: Transformateur 460/60kV n°1 - SA1: sources auxiliaires 1
- TR2: " " " " n°2 - SA2: " " " " 2
- □: maquette représentative d'échelle du Tableau de dimensions unitaire 60x120cm normalisé, la dimension s'applique au Tableau Synoptique.

سنة التأسيس 1957
الجامعة الوطنية الجزائرية
الكلية الوطنية للتكنولوجيا
الوطنية
الجامعة الوطنية للتكنولوجيا
BIBLIOTHEQUE

PLANCHER
4900

E N P A		
PROPOSE PAR ME Stefan KWATKOWSKI	TITRE VUE AVANT DE L'ENSEMBLE SYNOPTIQUE 220/60 kV	REALISE PAR MM. CHELALI M. SKIKDAOUI M.
Folie N° 7		Promotion: JAN 83

20.00 11.00 15.00 15.00 15.00 15.00 15.00 15.00 15.00 15.00 8.00

24.00

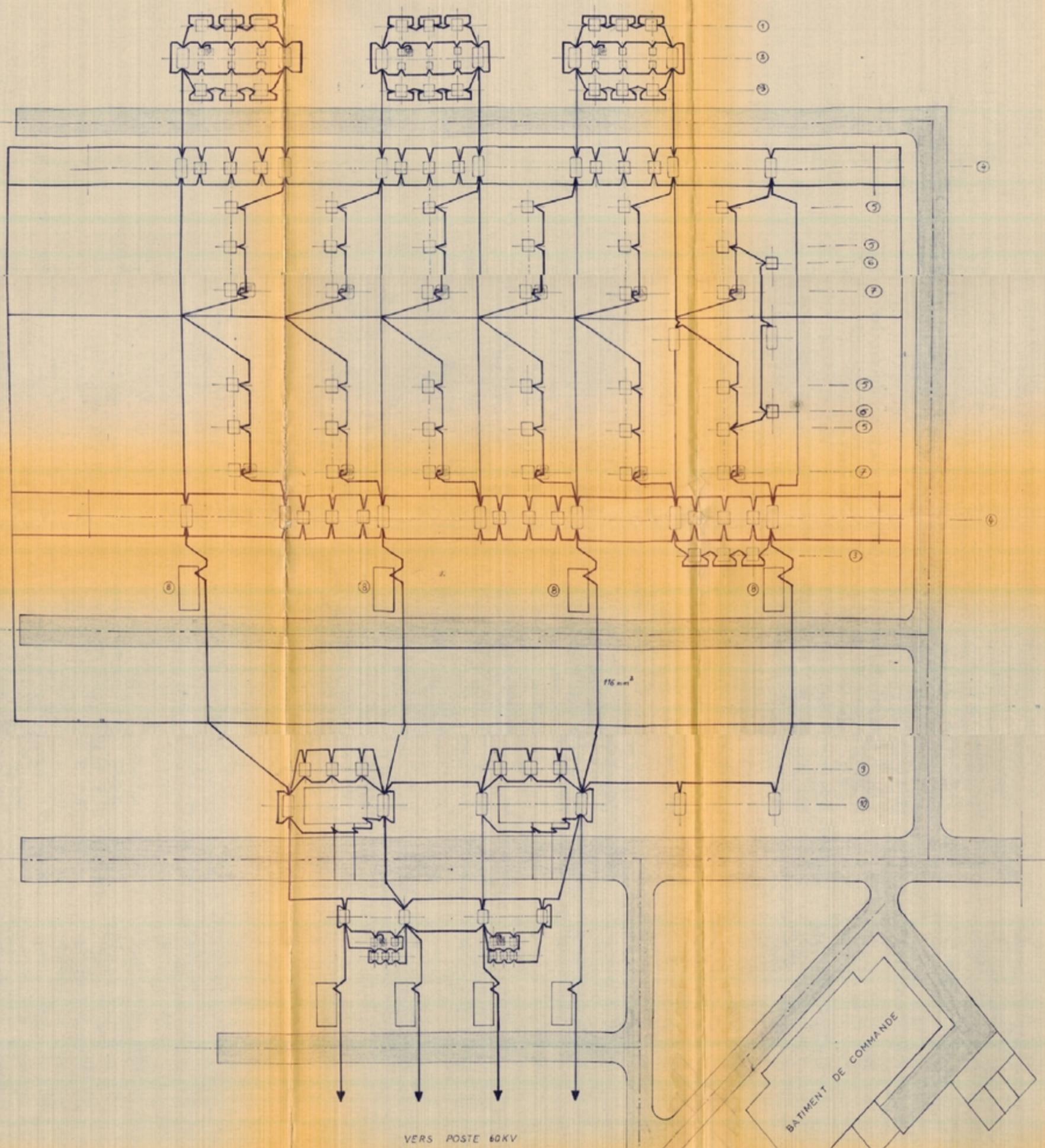
7.00

50.00

16.00

32.00

26.00



—○— LEGENDE —○—

- ① AXE Transformation de Tension + Circuit Soutien
- ② " Sectionneur de lignes + MALT
- ③ " Transformateurs de Courant
- ④ " DISTONCTEUR
- ⑤ " SECTIONNEUR BARRES
- ⑥ " TT BARRES
- ⑦ " SECTIONNEUR BARRES + CALLEBOTIS
- ⑧ " BATIMENT DE RELAYAGE
- ⑨ " PARAFODRE
- ⑩ " TRANSFORMATEURS DE PUISSANCE

SECTION DU CABLE DE MISE A LA TERRE

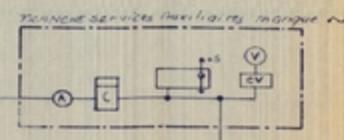
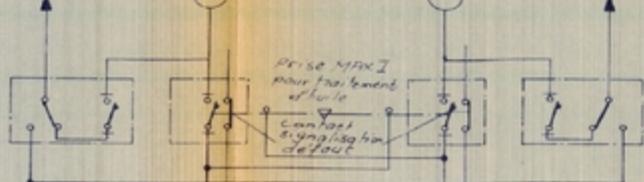
116 mm²

المعهد الوطني للعلوم والتقنية
 جامعة الجزائر

 ECHELE NATIONALE POLYTECHNIQUE D'ALGER
 BIBLIOTHEQUE

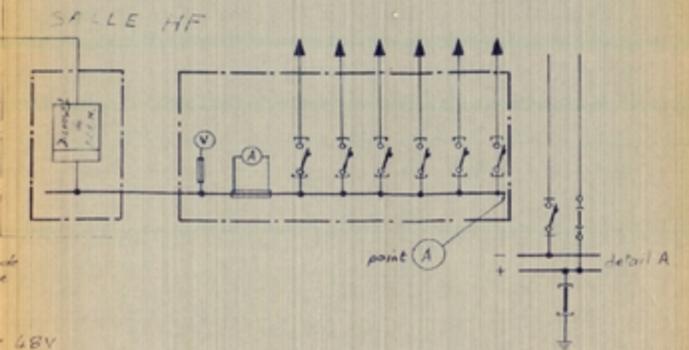
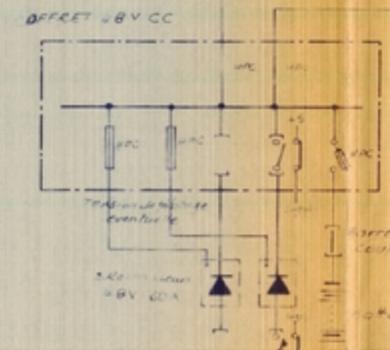
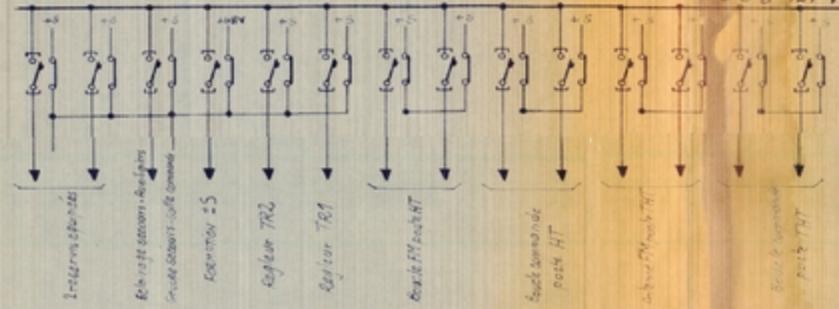
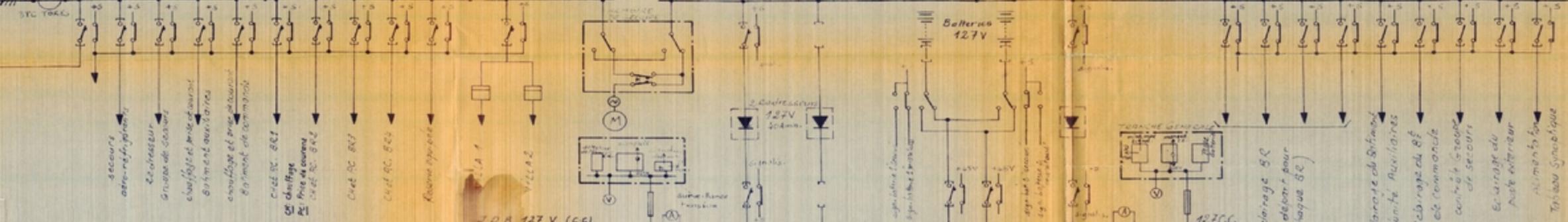
E N P A ECOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE D'ALGER		
PROPOSE PAR : M. Stefan KWIATKOWSKI.	TITRE : RESEAU DE TERRE DU POSTE 220KV	REALISE PAR : MM. CHELALI. M. SKIKDAOUI. M.
PROMOTION : JANVIER 83	N° 8	ECHELLE : 1/300

ALIMENTATION AERO TR1 TSA 1 S_N = 250 KVA, S_R = 250 KVA
 ALIMENTATION AERO TR2 TSA 2



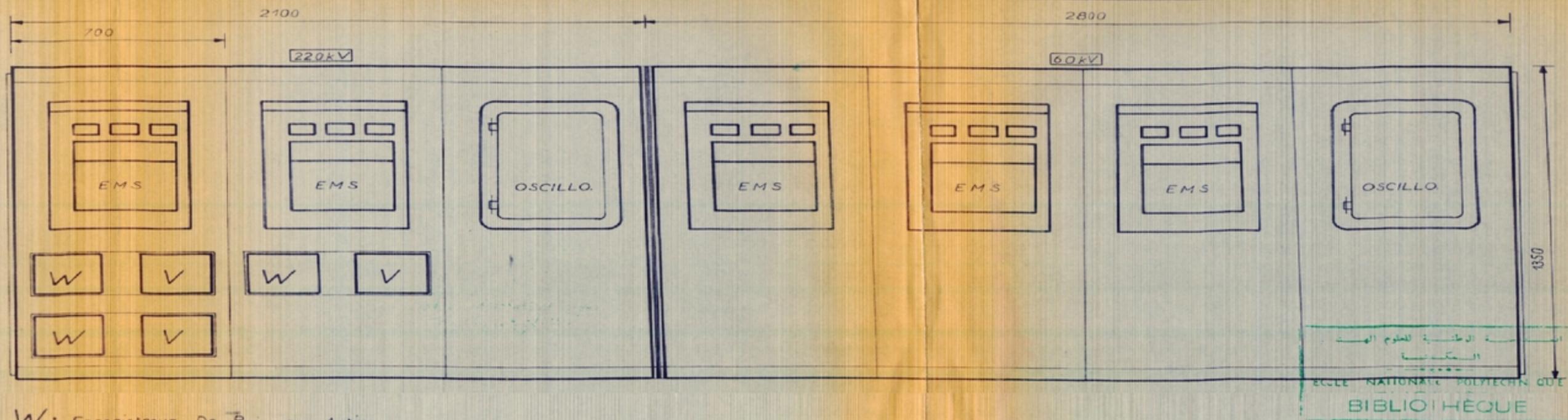
JEU DE BARRES ALTERNATIF 220/380 V (Reseau)

JEU DE BARRES ALTERNATIF 220/380 V (Secours)



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
 وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
 المعهد الوطني للدراسات والبحوث
 ÉCOLE NATIONALE POLYTECHNIQUE QUE
 BIBLIOTHÈQUE

PROPOSÉ PAR M. STEPH KWIATKOWSKI	TITRE SCHEMA UNIFILAIRE DES SERVICES AUXILIAIRES ~ 220/380 V ~ 127 et 48 V	REALISE PAR MM CHELALI M SKRDAOUI M
FOLIO N° 9		Préparé par JAN 63



W : Enregistreur De Puissance Active.
 V : Enregistreur De Puissance Réactive.
 EMS: Enregistreur De Manœuvres Et De Signalisations
 OSCILLO: Oscilloperturbographe.

E N P A		
PROPOSE PAR: ME Stefan KWIATKOWSKI	TITRE: TABLEAU INFORMATIONS.	REALISE PAR: MM. CHELALI M. SKIKDAOUI M.
Folio N° 8		Promotion: JAN 83