

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. Mira de Bejaïa
Faculté de Technologie
Département Génie électrique



Mémoire de Fin d'études
En vue de l'obtention du diplôme de Master
Filière : Électrotechnique
Option : Réseaux électriques
Thème

***DIMENSIONNEMENT ET CALCUL DES COURANTS DE DEFAUT DANS UN
RESEAU ELECTRIQUE DE TRANSPORT SOUS PYTHON***

Réalisé par :

OUARAB SALIMA

BRAHIM KHATIR

Encadré par :

Pr BOUZIDI ATHMANE

Dr S. SADOUKI

Année Universitaire : 2024/2025

Populaire et Démocratique Algérienne République
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Déclaration sur l'honneur
Engagement pour respecter les règles d'authenticité scientifique dans
l'élaboration d'un travail de recherche

Arrêté ministériel n° 1082 du 27 décembre 2020 (*)
fixant les règles relatives à la prévention et la lutte contre le plagiat

Je soussigné,

Nom : OVARAB
Prénom : SALIMA
Matricule : 191933012397
Spécialité et/ou Option : Réseau Electrique
Département : Génie Electrique
Faculté : Technologie
Année universitaire : 2024./2025

et chargé de préparer un mémoire de (Licence, Master, Autres à préciser) :

Intitulé : Dimensionnement et calcul des courants de défaut d'un Réseau électrique de Transport sous Python

déclare sur l'honneur, m'engager à respecter les règles scientifiques, méthodologiques, et les normes de déontologie professionnelle et de l'authenticité académique requises dans l'élaboration du projet de fin de cycle cité ci-dessus.

Fait à Béjaïa le
08./07./2025

Signature de l'intéressé

(*) Lu et approuvé

(*) Arrêté ministériel disponible sur le site www.univ-bejaia.dz/formation (rubrique textes réglementaires)

Populaire et Démocratique Algérienne République
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Déclaration sur l'honneur
Engagement pour respecter les règles d'authenticité scientifique dans
l'élaboration d'un travail de recherche

Arrêté ministériel n° 1082 du 27 décembre 2020 (*)
fixant les règles relatives à la prévention et la lutte contre le plagiat

Je soussigné,

Nom :

Brahim

Prénom :

Khab'r

Matricule :

18188 TCD 3775

Spécialité et/ou Option :

Reseau électrique

Département :

Génie électrique

Faculté :

Technologie

Année universitaire :

2024/2025

et chargé de préparer un mémoire de (Licence, Master, Autres à préciser) : Master

Intitulé :

Dimensionnement et calcul des courant
de défaut des réseaux électrique de
transport sous python python

déclare sur l'honneur, m'engager à respecter les règles scientifiques, méthodologiques,
et les normes de déontologie professionnelle et de l'authenticité académique requises dans
l'élaboration du projet de fin de cycle cité ci-dessus.

Fait à Béjaïa le

08/07/2025

Signature de l'intéressé

(*) Lu et approuvé

[Signature]

(*) Arrêté ministériel disponible sur le site www.univ-bejaia.dz/formation (rubrique textes réglementaires)

Remerciements

Tout d'abord, nous adressons notre profonde reconnaissance au Professeur Athmane Bouzidi, notre encadrant, qui a été bien plus qu'un enseignant tout au long de ce travail.

Il a su nous guider avec la bienveillance et la sagesse d'un père, alliant exigence scientifique et humanité exemplaire. Par sa générosité, sa disponibilité sans faille, et son engagement constant. À lui, vont nos plus sincères et respectueux remerciements. Nous tenons également à exprimer notre gratitude à Madame Saddouki Samia , pour son accompagnement attentif.

Nos remerciements vont également aux membres du jury, pour le temps qu'ils ont consacré à l'évaluation de ce mémoire

Nous tenons également à adresser nos sincères remerciements à l'ensemble de l'équipe de Sonelgaz GRTE Béjaïa pour leur accueil chaleureux, leur professionnalisme et leur disponibilité tout au long de notre stage.

Nous exprimons une gratitude particulière à Monsieur Haniche Nadir et Monsieur Iabassen Houcine, qui nous ont non seulement orientés avec rigueur dans nos démarches techniques, mais ont également su nous informer avec clarté, nous expliquer les aspects complexes du terrain et nous apporter une aide précieuse à chaque étape.

Nous exprimons également notre profonde gratitude à tous les enseignants du Département de Génie Électrique, pour la qualité de leur encadrement tout au long de notre parcours universitaire

Enfin, nous exprimons notre gratitude la plus sincère envers nos familles, amis et proches, qui ont toujours cru en nous, nous ont entourés de leur soutien infaillible et de leur affection, et dont la présence réconfortante a été précieuse tant dans les moments de doute que dans ceux de succès.

Je commence par rendre grâce à Dieu, Tout-Puissant,

Qui m'a guidée, m'a éclairée à chaque instant.
Sans Sa lumière, sans Sa force infinie,
Ce parcours aurait été bien trop compliqué.

À ma mère, source d'amour et de lumière,
Ton sacrifice, ta tendresse, ont fait ma lumière.
Mon pilier, mon modèle, ma douce protectrice ,
Sans toi, rien n'aurait été possible dans cette vie.

À mon père, sage et toujours présent,
Ton soutien, tes conseils, m'ont été un guide constant.
Tu m'as orientée, m'as donnée des repères,
Dans ce vaste monde, tu as toujours été mon repère.

Je pense à ma grand-mère, trop tôt partie,
Que son âme repose en paix, à l'abri de l'infini.
Elle est en moi, dans chaque geste, chaque souffle,
Et dans mes réussites, elle continue de me suivre.

À mes sœurs Djidjia et Nabila, vos bras sont mon abri,
Votre soutien m'a portée, vos cœurs m'ont guidée dans la nuit.

À mon frère Lamine, toujours là pour moi, sans jamais faillir,
Ta bienveillance m'a permis d'avancer sans me défaillir.

À mon cher neveu Moumouh, que j'aime énormément.
Tu es une source de joie et de fierté dans ma vie. Cette modeste
œuvre t'est dédiée, avec tout mon amour.

À ma meilleure amie Lynda, sœur de cœur et d'âme,
Ta présence m'a réconfortée, tu as apaisé mes drames.
Ton amour, ton écoute ont été mon refuge,
Sans toi, la route aurait été plus rude, plus confuse.
À Meriem, et à ses parents adorés,
Qui sont devenus ma seconde famille, mon foyer.
Pour leur soutien et leur bienveillance pure,

À ma cousine Sonia, si précieuse et chère,
Toujours présente, ton soutien a été ma lumière.
À tous mes cousins, mes cousines au cœur sincère,
Votre amour et votre force ont renforcé ma lumière.

À Nessrine, mon amie fidèle, Ton soutien inébranlable est mon
plus grand guide. Tu as toujours été là, à mes côtés,
Ton amitié est un trésor que je n'oublierai jamais.

À Brahim, mon binôme, Ton travail acharné et ton aide sont
essentiels. Sans toi, ce travail n'aurait pas été le même, Ta
contribution a donné à tout ceci un grand thème.

Et à tous ceux qui ont croisé ma route,
Amis, voisins, chacun dans son rôle, une étoile qui en voute.
Chacun de vous a laissé une empreinte dans mon cœur,
Votre soutien est un trésor, une source de douceur.

SALIMA OUARAB

Dédicace 2

Je dédie ce travail :

A mon père,

A ma mère,

Pour leur soutien, leur patience, leur conseil et leurs

Encouragements sans relâche.

A mon grand frère qui est parti si tôt que ton âme repose en paix.

A mes petits frères et mes petites sœurs.

A toute la famille.

*Sans oublier mon binôme pour l'effort qu'elle a fournie pour la
réalisation de ce travail*

Sans oublier tous mes enseignants durant tous mes parcours.

BRAHIM KHATIR

Table des matières

CHAPITRE I GÉNÉRALITÉS SUR LES RÉSEAUX ÉLECTRIQUES

I.1 Introduction	1
I.2 Définition	1
I.3 Production de l'énergie électrique	1
I.4 Niveaux de tension de réseaux électriques	1
I.5 Différents types de réseaux électriques	2
I.5.1 Station de production	2
I.5.2 Réseau de transport et d'interconnexion	2
I.5.3 Réseaux de répartition	2
I.5.4 Réseaux électriques de distribution	3
I.5.5 Topologie des réseaux électriques	3
I.6 Constitution des réseaux électriques	4
I.6.1 Les lignes électriques	4
I.6.2 Les transformateurs de puissance	5
I.6.3 Les postes électriques	5
I.6.4 Différents types de postes électriques	6
I.6.5 Principe de fonctionnement	6
I.6.6 Différents éléments d'un poste	7
I.7 Stabilité et réglage des réseaux électriques	8
I.8 Conclusion	8

CHAPITRE II DÉFAUTS ÉLECTRIQUES ET STRATÉGIES DE PROTECTION DANS LES RÉSEAUX DE TRANSPORT

II Introduction	9
II.1 Études des défauts électriques	9
II.1.1 Définition des défauts électriques	9

II.1.2 Différents types de défauts électriques	9
II.1.3 Causes et origines des défauts électriques	12
II.1.4 Nature des défauts selon leur durée	15
II.1.5 Conséquences des défauts	16
II.2 Critères thermiques de dimensionnement des conducteurs HT ..	16
II.3 Système de protection	17
II.3.1 Définition	17
II.3.2 Le rôle d'une protection	18
II.3.3 Définition de la zone de protection	18
II.3.4 Qualités principales d'un système de protection	19
II.3.5 Appareils de mesures	23
II.3.6 Appareils de coupure	24
II.3.7 Appareils de protection	25
II.3.8 Protection de transformateur	26
II.4 Conclusion	32
CHAPITRE III CALCUL DES COURANTS DE DÉFAUTS	
III Introduction	33
III.1 Présentation du Python	33
III.1.1 Définition et caractéristiques principales	33
III.1.2 Environnement de programmation Spyder	33
III.1.3 Types de base prédéfinis dans Python	34
III.1.4 Branchement et Boucle	35
b) La boucle conditionnelle while	36
III.1.5 Fonctions, Modules et Packages	36
III.1.6 Créer ses propres fonctions	38
III.1.7 L'instruction return	38

III.1.8 Tableaux du package NumPy	38
III.2 Court-circuit	40
III.3 Méthode des composantes symétriques	41
III.4 Calcul de courants de court-circuit	41
III.5 Formulation des équations générales de court-circuit	43
III.5.1 Défaut triphasé symétrique	44
III.5.2 Défaut phase-terre	44
III.5.3 Défaut biphasé	45
III.5.4 Défaut biphasé-terre	46
III.6 Calcul des tensions aux accès	47
III.7 Calcul de courants et puissances dans les lignes	47
III.8 Méthode de Thévenin	47
CHAPITRE IV RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION	
IV Introduction	50
IV.1 Objectif	50
IV.2 Présentation du réseau électrique algérien	50
IV.2.1 Présentation générale de la carte du réseau	50
IV.2.2 Spécification du modèle simplifié utilisé	50
IV.2.3 Hypothèses simplificatrices sur les transformateurs	51
IV.3 Paramétrage des éléments du réseau simulé	51
IV.3.1 Paramétrage des générateurs	51
IV.3.2 Paramétrage des lignes de transport	52
IV.4 Présentation de l'environnement Python utilisé	52
IV.5 Intégration de la méthode des composantes symétriques	53
IV.6 Architecture du programme de simulation	53
IV.6.1 Sous-programme DONRA	53

IV.6.2 Zbus direct (Z_1)	54
IV.6.3 Zbus homopolaire (Z_0)	55
IV.6.4 Programme principal (simulation des défauts)	55
IV.7 Présentation des résultats de simulation	58

Liste des figures

Figure I.1. Niveaux de tension	1
Figure I.2. Vue globale du réseau électrique	3
Figure I.3. Topologies des réseaux électriques	3
Figure I.4. Lignes électriques	4
Figure I.5. Transformateur de puissance	5
Figure II.1. Défaut réel dans un réseau HT	9
Figure II.2. Court-circuit monophasé (75% des cas)	10
Figure II.3. Court-circuit biphasé (15% des cas)	10
Figure II.4. Court-circuit biphasé-terre	11
Figure II.5. Court-circuit triphasé (5% des cas)	11
Figure II.6. Causes externes et internes des défauts	12
Figure II.7. Chaîne de protection	17
Figure II.8. Zones de protection du réseau électrique	18
Figure II.9. Sélectivité ampérométrique	19
Figure II.10. Sélectivité chronométrique	19
Figure II.11. Sélectivité logique	20
Figure II.12. TC au poste d'interconnexion de Delkseur	22
Figure II.13. TP au poste d'Elkseur (mai 2025)	22
Figure II.14. Disjoncteurs au poste HT Elkseur (mai 2025)	23
Figure II.15. Protection directionnelle courant max	27
Figure II.16. Zone de protection relais de distance	28
Figure II.17. Diagramme temps-distance des zones	29
Figure II.18. Relais AREVA MiCOM P442 – Elkseur	30
Figure III.1. Système déséquilibré triphasé	39
Figure III.2. Schéma de court-circuit triphasé	42
Figure III.3. Séquence pour un défaut triphasé	42
Figure III.4. Séquence défaut monophasé	43
Figure III.5. Schéma court-circuit biphasé	44
Figure III.6. Séquence défaut biphasé	44
Figure III.7. Schéma biphasé-terre	45
Figure III.8. Séquence biphasé-terre	45
Figure III.9. Schéma équivalent de Thévenin	46
Figure III.10. Algorithme de calcul de défaut	47
Figure IV.1. Carte du réseau électrique algérien	48
Figure IV.2. Données du réseau (DONRA)	52
Figure IV.3. Étape calcul Zbus1 et Zbus2	52
Figure IV.4. Étape calcul impédance homopolaire Zbus0	53
Figure IV.5. Étape calcul courants, tensions, puissances	53
Figure IV.6. Console d'affichage des résultats	54
Figure IV.7. Courant I120 au point d'accès 3	55
Figure IV.8. Courant I120 en kA – défaut accès 3	55
Figure IV.9. Courbe Iabc – défaut accès 3	56
Figure IV.10. Courants traversant les lignes (kA) – défaut 3	57
Figure IV.11. Tensions Vabc au point d'accès 3	57
Figure IV.12. Puissances injectées – défaut accès 3	58

Liste des tableaux

Tableau II.1. Types de défauts électriques et leurs origines	14
Tableau II.2. Protections courantes pour alternateurs	24
Tableau II.3. Protections spécifiques : détection et élimination des défauts	25
Tableau II.4. Protections des transformateurs les plus courantes	26

Tableau III.1. Objets mutables vs immutables dans Python	34
Tableau III.2. Opérateurs usuels	35
Tableau IV.1. Données des générateurs	52
Tableau IV.2. Données des lignes	52
Tableau IV.3. Courants I120 (pu) au jeu de barres 3	57
Tableau IV.4. Courants I120 en valeurs réelles (kA)	57
Tableau IV.5. Courants Iabc en pu	58
Tableau IV.6. Courants traversant les lignes (kA) au défaut 3	58
Tableau IV.7. Tensions Vabc en pu (défaut 3)	59
Tableau IV.8. Puissances dans les lignes (pu) au défaut 3	60
Tableau IV.9. Calcul des courants de seuil	62
Tableau IV.10. Synthèse des protections par ligne	62

Liste des abréviations

HT : Haute Tension

BT : Basse Tension

TBT : Très Basse Tension

MT : Moyenne Tension

MVA : Méga Volt-Ampère

kV : Kilovolt

kA : Kiloampère

A : Ampère

V : Volt

JB : Jeu de Barres

TC : Transformateur de Courant

TT : Transformateur de Tension

m : Rapport de transformation

I : Courant

V : Tension

S : Puissance apparente

R : Résistance

X : Réactance

Z : Impédance

Z1...Zn : Zone de protection

ZL : Impédance de la ligne

Zf : impédance de défaut

T : Temporisateur

Id : Courant de défaut

IL : Courant traversant les lignes

DONR : Données du Réseau

DONG : Données des Générateurs

DONL : Données des Lignes

Zbus1 : Impédance directe

Zbus2 : Impédance inverse

Zbus0 : Impédance homopolaire

Td : Type de défaut

ad : Accès de défaut

I₁ : Courant de séquence directe

I₂ : Courant de séquence inverse

I₀ : Courant de séquence homopolaire (ou zéro)

I_a : Courant de phase a

I_b : Courant de phase b

I_c : Courant de phase c

V_a : Tension de phase a

V_b : Tension de phase b

V_c : Tension de phase c

I_r : courant de réglage

I_s : courant de seuil

JB : jeux de barres

Introduction générale

Le développement et la fiabilité des réseaux électriques constituent un enjeu majeur pour la stabilité énergétique des systèmes modernes. Les réseaux de transport, en particulier, assurent l'acheminement de l'énergie sur de longues distances et doivent fonctionner avec rigueur, fiabilité et sécurité. Toutefois, ces infrastructures critiques restent exposées à des défauts électriques, qu'ils soient symétriques (triphasés) ou asymétriques (monophasés, biphasés, phase-terre), pouvant entraîner des perturbations graves, voire des coupures d'alimentation si leur gestion n'est pas maîtrisée [61,12]

Dans le contexte algérien, le réseau de transport d'électricité s'étend sur de vastes zones géographiques, et comporte des interconnexions complexes entre les centrales, les transformateurs et les lignes. Face à cette complexité, la gestion efficace des défauts représente un défi majeur pour garantir la continuité du service, éviter les pannes, et préserver les équipements critiques. L'un des principaux enjeux techniques demeure alors : comment optimiser la simulation des courants de défaut et le dimensionnement des protections, afin d'assurer une réponse rapide et fiable face aux différentes configurations de défauts, tout en tenant compte de la complexité croissante du réseau électrique national ? [12,14]

Parmi les outils fondamentaux de l'ingénierie des réseaux, le calcul des courants de défaut occupe une place centrale. Il permet d'évaluer les intensités circulant dans les différents éléments du réseau lors d'un court-circuit, ce qui est indispensable pour dimensionner correctement les équipements et définir les réglages des dispositifs de protection. Une analyse rigoureuse et approfondie du comportement du réseau en situation de défaut contribue non seulement à limiter les dommages matériels, mais aussi à garantir la sélectivité et la rapidité des protections [12,61].

C'est dans cette optique que s'inscrit ce travail, qui propose une approche combinant la méthode des composantes symétriques à un outil numérique développé sous Python. Cette démarche permet de modéliser de manière réaliste différentes situations de défaut, d'automatiser les calculs, et de simplifier les analyses tout en maintenant un haut niveau de précision.

Afin de traiter cette problématique de manière progressive et structurée, ce mémoire s'articule autour de quatre chapitres complémentaires : le premier présente les généralités sur les réseaux électriques, leur architecture et leurs composants principaux ; le second est consacré aux défauts électriques et aux stratégies de protection adaptées aux réseaux de transport ; le troisième traite des méthodes de calcul des courants de défaut, avec un accent sur la méthode des composantes symétriques et sa mise en œuvre sous Python ; enfin, le quatrième chapitre expose et analyse les résultats obtenus à partir des simulations réalisées, mettant en lumière les effets des défauts et les réponses du système.

CHAPITRE I GENERALITE SUR LES RESEAUX ELECTRIQUES

I.1 Introduction

Les réseaux électriques regroupent l'ensemble des installations assurant la production, le transport, la distribution et l'utilisation de l'électricité, depuis les centrales de génération jusqu'aux utilisateurs finaux, même les plus éloignés. La majeure partie de la production d'électricité provient de centrales de grande capacité, telles que les centrales hydrauliques ou thermiques. Ces installations sont généralement implantées dans des zones géographiquement favorables, en raison de la présence de ressources naturelles (comme l'eau) ou de contraintes techniques spécifiques. L'énergie produite est ensuite transportée sur de longues distances vers les principaux centres de consommation, par le biais de lignes aériennes ou de câbles souterrains, et à des niveaux de tension plus ou moins élevés selon les besoins. Cette organisation du réseau repose sur des considérations économiques, des exigences de sécurité du système électrique, ainsi que sur la nécessité d'assurer une qualité de fourniture optimale.

I.2 Définition

Un réseau électrique est un ensemble interconnecté d'équipements permettant le transport et la distribution de l'électricité. Il est composé de plusieurs niveaux de tension, de poste de transformation, de lignes électriques et de dispositifs des protections et de commande. La compréhension de ces réseaux est essentielle pour toute étude ou projet dans le domaine de l'électrotechnique, ou de l'énergie électrique.[1]

I.3 Production de l'énergie électrique

L'énergie électrique, dont l'exploitation ne cesse d'augmenter, est l'un des principaux éléments auquel on accorde une importance majeure du fait que son rôle dans le développement économique est primordial, l'énergie électrique est une énergie non stockable, ce pendant on doit produire à chaque instant la quantité nécessaire pour une consommation immédiate. Cette production cause des difficultés aux compagnies d'électricité à cause de l'importance et la variation de la consommation causée d'une part par les saisons et d'autre part par les heures de la journée.

Bien que l'énergie électrique n'est pas stockable, elle présente l'avantage d'être facile à transporter à grande distance et cela par des conducteurs. [7]

I.4 Niveaux de tension de réseaux électriques

Définissent les niveaux de tension alternative comme suit selon la norme CEI 60038 [1] :

- **HTB** : pour une tension composée supérieure à 50 kV ;
- **HTA** : pour une tension composée comprise entre 1 kV et 50 kV ;
- **BTB** : pour une tension composée comprise entre 500 V et 1 kV ;
- **BTA** : pour une tension composée comprise entre 50 V et 500 V ;
- **TBT** : pour une tension composée inférieure ou égale à 50 V.

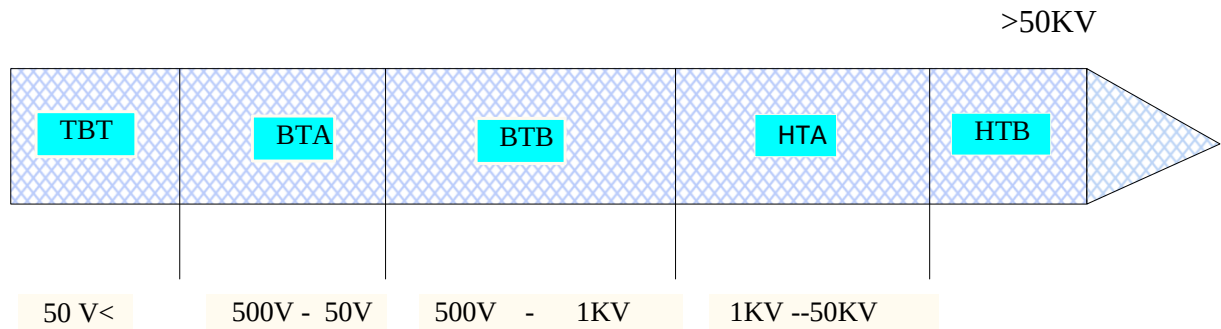


Figure I.1. Niveaux de tension

I.5 Différents types de réseaux électriques

I.5.1 Station de production

La production d'électricité est essentiellement un secteur industriel, destiné à mettre à disposition de l'ensemble des consommateurs la possibilité d'un approvisionnement adapté à leurs besoins en énergie électrique. La production d'électricité se fait à partir de différentes sources d'énergie primaire. Les premières centrales électriques fonctionnaient au bois. Aujourd'hui, la production peut se faire à partir d'énergie fossile (charbon, gaz naturel ou pétrole), d'énergie nucléaire, d'énergie hydroélectrique, d'énergie solaire, d'énergie éolienne et de biomasse. [3]

I.5.2 Réseau de transport et d'interconnexion

La principale mission des réseaux de transport et d'interconnexion consiste à [1] :

- Collecter l'électricité produite par les centrales électriques et de l'acheminer par grand flux vers les zones de consommation (fonction transport) ;
- Permettre une exploitation économique et sûre des moyens de production en assurant une compensation d'énergie électrique (fonction interconnexion) ;
- La tension est 150 kV, 220 kV et dernièrement 420 kV ;
- Réseau maillé.

I.5.3 Réseaux de répartition

Les réseaux de répartition ou réseaux Haute Tension ont pour rôle de répartir, au niveau régional, l'énergie issue du réseau de transport. Leur tension est supérieure à 63 kV selon les régions.

Ces réseaux sont, en grande part, constitués de lignes aériennes, dont chacune peut transiter plus de 60 MVA sur des distances de quelques dizaines de kilomètres. Leur structure est, soit en boucle fermée, soit le plus souvent en boucle ouverte, mais peut aussi se terminer en antenne au niveau de certains postes de transformation.

En zone urbaine dense, ces réseaux peuvent être souterrains sur des longueurs n'excédant pas quelques kilomètres.

Ces réseaux alimentent d'une part les réseaux de distribution travers des postes de transformation HT/MT et, d'autre part, les utilisateurs industriels dont la taille (supérieure 60 MVA) nécessite un raccordement à cette tension. [2]

I.5.4 Réseaux électriques de distribution

Les réseaux de distribution commencent à partir des tensions inférieures à 63 kV, des postes de transformation HTB/HTA relient des lignes ou des câbles moyenne tension jusqu'aux postes de répartition HTA/HTA, le poste de transformation HTA/BTA constitue le dernier maillon de la chaîne de distribution et concerne tous les usages du courant électrique.

Ces réseaux alimentent d'une part les réseaux de distribution à travers des postes de transformation HT/MT et d'autre part les utilisateurs industriels dont la taille est (supérieure à 60 MVA) qui nécessite un raccordement à cette tension. [5]

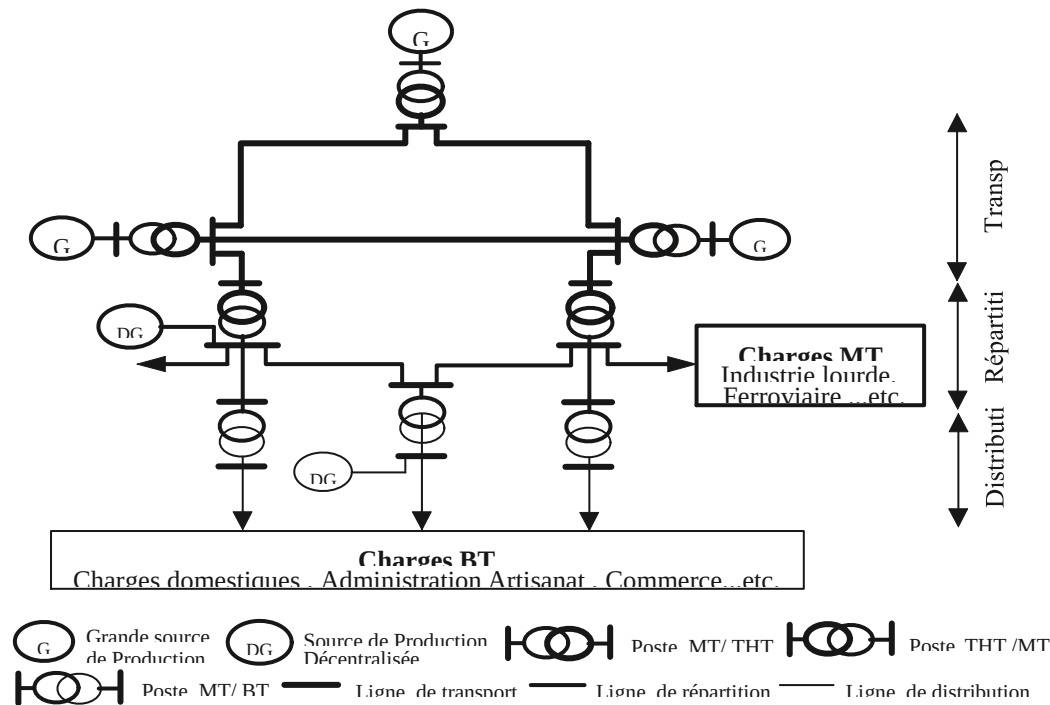


Figure I.1. Vue globale du réseau électrique

I.5.5 Topologie des réseaux électriques

Les topologies diffèrent d'un type de réseau à un autre. Cette topologie est dictée par : le niveau fiabilité recherché, la flexibilité et la maintenance, ainsi que les coûts d'investissement et d'exploitation. Les différentes topologies qu'on trouve usuellement sont illustrés sur la Figure. 1.3. [4]

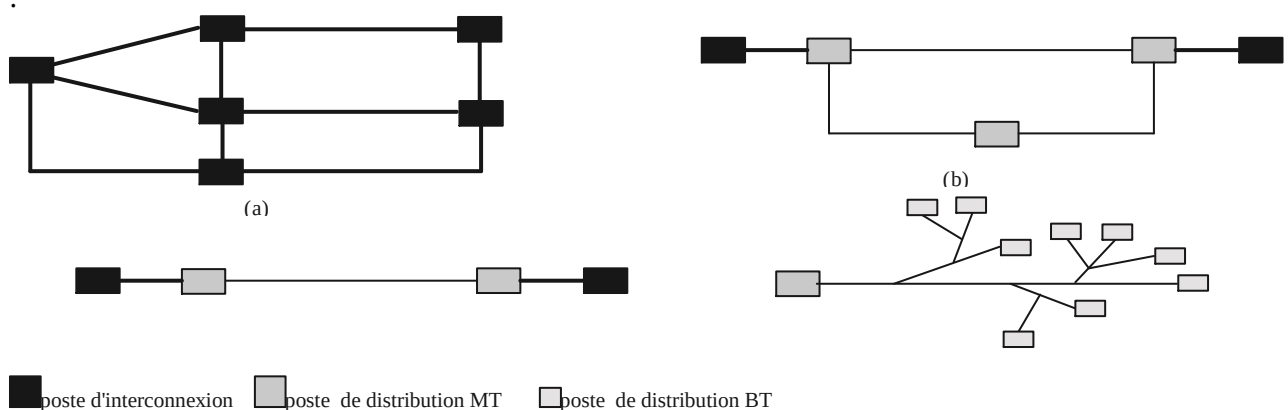


Figure I.2. Différentes topologies des réseaux électriques : (a) Réseau maillé, (b). Réseau bouclé, (c). Réseau radial, (d). Réseau arborescent.

I.5.5.1 Réseau maillé

Cette topologie est presque la norme pour les réseaux de transport. Tous les centres de production sont liés entre eux par des lignes THT au niveau des *postes d'interconnexion*, ce qui forme un maillage. Cette structure permet une meilleure fiabilité mais nécessite une surveillance à l'échelle nationale voire continentale. [4]

I.5.5.2 Réseau bouclée

Cette topologie est surtout utilisée dans les réseaux de répartition et distribution MT. Les postes de répartition HT ou MT alimentés à partir du réseau THT sont reliés entre eux pour former des boucles, ceci dans le but d'augmenter la disponibilité. Cependant, il faut noter que les réseaux MT ne sont pas forcément bouclés. [4]

I.5.5.3 Réseau radial

C'est une topologie simple qu'on trouve usuellement dans la distribution MT et BT. Elle est composée d'une ligne alimentée par des postes de distribution MT ou BT alimentés au départ par un poste source HT ou MT. En moyenne tension cette structure est souvent alimentée des deux côtés afin d'assurer la disponibilité. [4]

I.5.5.4 Réseau arborescent

Cette structure est très utilisée en milieu rural et quelque fois en milieu urbain où la charge n'est pas très sensible aux interruptions. Elle est constituée d'un poste de répartition qui alimente plusieurs postes de distribution (BT) grâce à des piquages à différents niveaux des lignes alimentant les postes MT/BT. [4]

I.6 Constitution des réseaux électriques

I.6.1 lignes électriques

Les lignes électriques assurent la fonction « transport de l'énergie » sur les longues distances. Elles sont constituées de trois phases, et chaque phase peut être constituée d'un faisceau de plusieurs conducteurs (de 1 à 4) espaces de quelques centimètres afin de limiter l'effet couronne qui entraîne des pertes en lignes. [7]

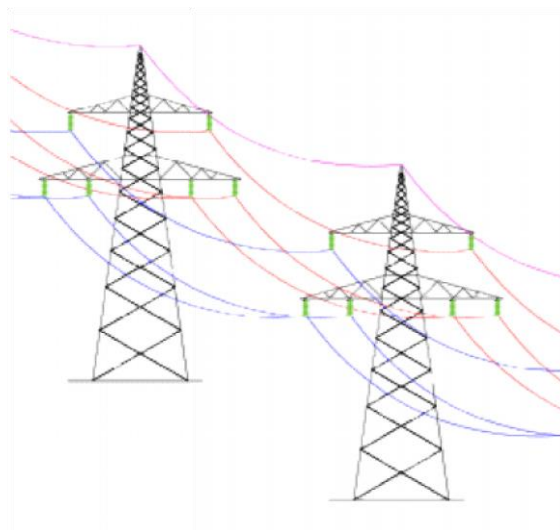


Figure I.3. Lignes électriques

I.6.2 Les Transformateurs de puissance

On trouve sur les réseaux électriques deux types de transformateur de puissances :

- Les autotransformateurs qui n'ont pas d'isolement entre le primaire et le secondaire. Ils ont un rapport de transformation fixe quand ils sont en service, mais peut être changé si l'autotransformateur est mis hors service.

Les transformateurs avec régleur en charge sont capables de changer leur rapport de transformation quand ils sont en service. Ils sont utilisés pour maintenir une tension constante au secondaire (la tension la plus basse) et jouent un rôle important dans le maintien de la tension. Les transformateurs étant des matériels particulièrement coûteux, leurs protections sont assurées par différents mécanismes redondants. [7].



Figure I.4. Transformateur de puissance

I.6.3 Les postes électriques

Selon la définition de la commission électrotechnique internationale, un poste électrique est la « partie d'un réseau électrique, localisé en un même lieu, comprenant essentiellement les extrémités des lignes de transport ou de distribution, de l'appareillage électronique, des bâtiments, et, peut-être des transformateurs ».

Un poste électrique est par conséquent un élément du réseau électrique permettant de la fois à la transmission ainsi qu'à la distribution d'électricité. Il permet d'élever la tension électrique pour sa transmission, puis de la redescendre en vue de sa consommation par les utilisateurs (spécifiques ou industriels). Les postes électriques se trouvent par conséquent aux extrémités des lignes de transmission ou de distribution. Dans les autres langues, on parle le plus souvent de sous station. [6]

I.6.4 Différents types de postes électriques

Il existe plusieurs types de postes électriques :

- Postes de sortie de centrale : l'objectif de ces postes est de raccorder une centrale de production de l'énergie au réseau ;
- Postes d'interconnexion : l'objectif est d'interconnecter plusieurs lignes électriques
- Postes élévateurs : l'objectif est de monter le niveau de tension, avec un transformateur

- Postes de distribution : l'objectif est d'abaisser le niveau de tension pour distribuer l'énergie électrique aux clients résidentiels ou industriels.

I.6.5 Principe de fonctionnement

Les postes électriques ont trois (3) fonctions principale :

- Le raccordement d'un tiers au réseau d'électricité (aussi bien que consommateur que producteur type de centrale nucléaire) ;
- L'interconnexion entre les différentes lignes électriques (assurer la répartition de l'électricité entre les différentes lignes issues du poste) ;
- La transformation de l'énergie en différents niveaux de tension.

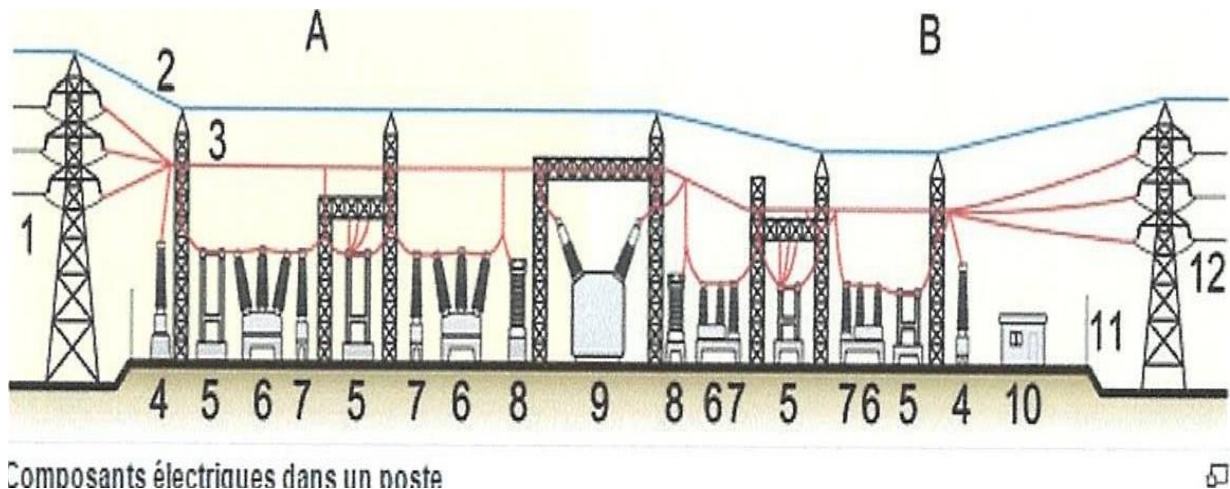
Pour la transmission de l'énergie électrique, il est économiquement intéressant d'augmenter la tension, car cela limite les déperditions d'énergie par effet Joule. En effet, à puissance délivrée constante, plus la tension est élevée et plus l'intensité passant dans les câbles est faible, par conséquent moins d'échauffement, ce qui permet entre autres de diminuer la section des câbles, d'où une économie énorme. Les niveaux utilisés pour les transmissions à longue distance sont plus souvent entre 400 KV et 800 KV, qualifiés de très haute tension (HTB). La tension est ensuite réduite pour une consommation à un niveau de tension courant, en Europe 230 V, en Amérique 110 V.

Prenons l'exemple typique d'une centrale nucléaire. L'électricité va être produite par la centrale, puis va transiter par :

- Le poste d'évacuation de la centrale (la tension va passer d'environ 20 KV à 400 KV pour être injectée sur le réseau de transport d'électricité)
- Plusieurs postes d'interconnexion 400 KV (trajet de plusieurs centaines de kilomètres)
- Un poste de transformation 400 / 225 KV
- Un poste de transformation 225 / 63 KV ou 63 / 90 KV (après un trajet de quelques centaines de kilomètres en 225 KV)
- Plusieurs postes d'interconnexion 63 ou 90 KV (trajet de plusieurs dizaines de kilomètres)
- Le poste final d'une grosse usine raccordée en 63 ou 90 KV
- Certaines postes de transformation permettent de transformer la tension directement de 400 KV à 63 KV ou 90 KV.

Dans le cas d'un spécifique, l'électricité devra transiter par un poste source, qui est un poste de transformation 63 / 20 KV, pour être alors injectée sur le réseau de distribution. Certaines postes sources sont équipés de transformateurs 225 / 20 KV et même 400 / 20 KV. Par la suite la tension est une nouvelle fois modifiée par un transformateur 20 KV / 400 V avant d'arriver chez le particulier.

I.6.6 Les différents éléments d'un poste



(A : coté primaire B : coté secondaire)

1. Ligne électrique primaire 2. Câble de garde 3. Ligne électrique 4. Transformateur de tension 5. Sectionneur 6. Disjoncteur 7. Transformateur de courant 8. Parafoudre 9. Transformateur (de puissance) 10. Bâtiment secondaire 11. Clôture 12. Ligne électrique secondaire

Figure I.6. Composantes électriques dans un poste

On peut distinguer quelques fois les éléments d'un poste en ' éléments primaires ' (les équipements haute tension) et ' éléments secondaires ' (équipements basse tension).

Parmi les équipements primaires, on peut citer :

- Transformateur électrique
- Autotransformateur électrique
- Disjoncteur à haute tension
- Sectionneur
- Sectionneur de mise à la terre
- Parafoudre
- Transformateur de courant
- Transformateur de tension
- Combiné de mesure (courant + tension)
- Jeu de barres
- Batterie de condensateurs

Parmi les éléments secondaires, on peut citer :

- Relais de protection
- Equipements de surveillance
- Equipements de contrôle
- Système de télé conduite
- Comptage d'énergie
- Alimentations auxiliaires
- Equipements de télécommunication
- Consignateur d'état

I.7 Stabilité et réglage des réseaux électriques

L'électricité est une des rares énergies qu'il n'est pas possible de stocker à grande échelle, ben permanence, les opérateurs des réseaux doivent s'assurer de l'équilibre entre l'offre et la demande. En cas de déséquilibre, on observe principalement deux phénomènes :

- Une consommation supérieure à la production : le risque de délestage fréquence métrique ou du « **Black-out** » n'est pas exclus, (perte rapidement du synchronisme sur les alternateurs).
- Une production supérieure à la consommation : il peut y avoir dans ce cas une accélération des machines synchrones qui produisent de l'électricité et un emballage pouvant conduire également à un « **Black-Out** » par l'intermédiaire de protections fréquence métriques. Cette situation est connue des systèmes électriques insulaire ou la surproduction notamment éolienne entraîne parfois des fréquences « haute » sur les réseaux.

Le réseau électrique est aussi sujet à des court-circuit ou défauts, (dus à des phénomènes naturels et à d'autres éléments internes ou externes) qui peuvent avoir des conséquences très graves sur la stabilité du réseau[8].

I.8 Conclusion

Nous avons exposé dans ce chapitre une étude générale du réseau électrique, avec l'étude des ses différents composants nécessaires à la production, au transport, à la distribution et à la livraison de l'énergie électrique. Le but premier d'un réseau d'énergie est de pouvoir alimenter la demande des consommateurs. Comme on ne peut encore stocker économiquement et en grande quantité l'énergie électrique il faut pouvoir maintenir en permanence l'égalité : **production=consommation+pertes**.

La protection des réseaux électriques contre les défauts de différents égrégions (origines) a une grande importance pour garantir une meilleure utilisation et consommation de l'énergie électrique. L'étude de cette dernière fera l'objet du chapitre suivant.

CHAPITRE II : DEFAUTS ELECTRIQUES ET STRATEGIES DE PROTECTION DANS LES RESEAUX DE TRANSPORT

II Introduction

Assurer la sécurité d'un réseau électrique, c'est avant tout savoir réagir face aux perturbations susceptibles de l'affecter. Pour cela, il est essentiel de comprendre en profondeur les différents types de défauts pouvant survenir — court-circuit, défaut d'isolement, surtension, etc. — et d'analyser leur impact sur les équipements du réseau. En effet, les dispositifs de protection surveillent en permanence l'état électrique des éléments du réseau et provoquent leur mise hors tension (par exemple l'ouverture d'un disjoncteur) lorsque ces éléments sont le siège d'une perturbation indésirable. Le choix d'un dispositif de protection n'est pas le fruit d'une réflexion isolée, mais constitue l'une des étapes les plus importantes de la conception d'un réseau électrique. À partir de l'analyse du comportement des matériels électriques (moteurs, transformateurs, câbles, etc.) sur défaut et des phénomènes qui en découlent, on choisit les dispositifs de protection les mieux adaptés. C'est ce que l'on va présenter dans ce chapitre.

II.1 Etudes des défauts électriques

II.1.1 Définition des défauts électriques

Un défaut électrique est une condition anormale dans un système ou un équipement d'alimentation électrique, survient dès que le courant s'écarte du fonctionnement normal du circuit, notamment si l'intensité ou la tension dépasse les valeurs prévues [10, 11].

Ces défauts présentent des risques importants, pouvant provoquer une panne électrique, endommager les équipements et mettre en danger la sécurité des personnes.



Figure II.1. Exemple réel d'un défaut électrique dans un réseau de transport haute tension

II.1.2 Différents types de défauts électriques

Dans un circuit électrique, un défaut apparaît quand les paramètres habituels, tels que la tension, l'intensité du courant ou la fréquence, ne restent plus dans leurs plages normales. Ces fluctuations inhabituelles, qu'elles soient à la hausse ou à la baisse, créent des perturbations qui affectent la stabilité et la performance du circuit. [14]

➤ Les défauts les plus courants sont :

II.1.2.1 La surintensité : Les surintensités sont de deux types : surcharges et court-circuit.

II.1.2.1.1 La surcharge

La surcharge intervient lorsqu'un trop grand nombre d'appareils sont alimentés simultanément ou lorsqu'un seul appareil consomme une puissance excessive. Elle se caractérise par un courant dépassant le courant admissible du circuit, généralement compris entre 1 et 10 fois le courant nominal (I_n) [11][16][17].

II.1.2.1.2 court-circuit

Les courts-circuits sont des phénomènes transitoires (instantanés, de très courte durée, nécessitant une coupure immédiate). Ils se produisent lorsqu'un défaut d'isolement survient entre deux conducteurs de tensions différentes, ou entre un conducteur sous tension et la terre. Cette défaillance provoque une élévation brutale de l'intensité du courant, pouvant atteindre de 10 à 1000 fois le courant nominal (I_n), imposant ainsi une contrainte importante sur les composants du réseau électrique [15, 11].

- Caractéristiques :

Les courts-circuits sont de Formes différents. On distingue :

a) Formes des Courts-circuits :

Monophasé : contact entre une phase et la terre, ou entre une phase et le neutre, c'est le plus fréquent. (75% des cas)

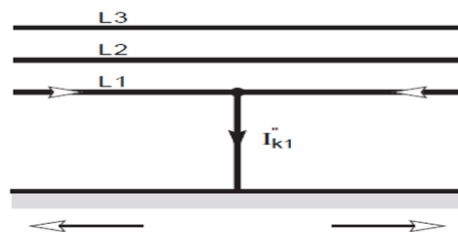


Figure II.2. Court-circuit monophasé (75% des cas)

Biphasé : contact entre deux phases (15% des cas).

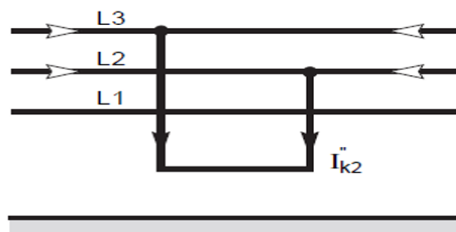


Figure II.3. Court-circuit biphasé (15% des cas)

Biphasé-terre : contact entre deux phases et la terre.

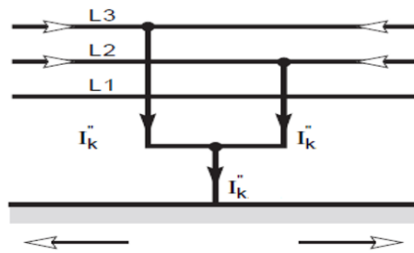


Figure II.4. Court-circuit biphasé, terre

Triphasé : contact simultané entre les trois phases, c'est le courant de CC le plus élevé (5% des cas).

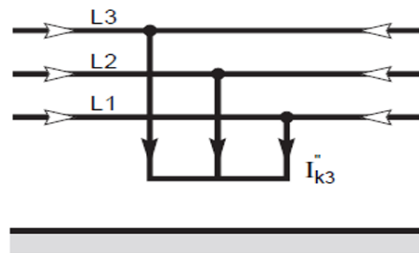


Figure II.5. Court-circuit triphasé (5% des cas)

b) Localisation du court-circuit :

Un court-circuit peut se produire soit à l'intérieur d'un équipement, comme un câble, un moteur, un transformateur ou un tableau électrique. Dans ce cas, il provoque souvent des dommages directs et importants à cet équipement.

À l'inverse, un court-circuit peut également survenir à l'extérieur de ces matériels. Dans ce scénario, les effets immédiats sont généralement limités à des perturbations électriques. Cependant, ces perturbations peuvent, avec le temps, entraîner des dégradations progressives du matériel concerné, conduisant finalement à un défaut interne.

II.1.2.2 Surtension

La surtension correspond à une élévation soudaine de la tension au-delà de la valeur nominale, généralement brève (quelques millisecondes). On distingue plusieurs types [11,13] :

- Surtensions de manœuvre
- Surtensions de foudre
- Surtensions lentes

II.1.2.3 Oscillations électromécaniques

Les oscillations électromécaniques sont des variations alternées de la fréquence ou de la tension, qui apparaissent à la suite d'un déséquilibre soudain entre la production et la consommation d'énergie, comme l'arrêt brutal d'une centrale, une forte demande ou la déconnexion d'une ligne [13,14].

II.1.2.4 Le déséquilibre

On parle de déséquilibre dans un système électrique triphasé lorsque les intensités des courants et les amplitudes des tensions ne sont pas identiques sur les trois phases du réseau.

II.1.3 Causes et origines des défauts électriques

Les défauts électriques peuvent provenir de diverses origines, qu'elles soient liées à l'environnement, à l'état des équipements ou à l'action de l'homme. Identifier ces causes permet de mieux anticiper les pannes et de renforcer la fiabilité du réseau électrique [12,13].

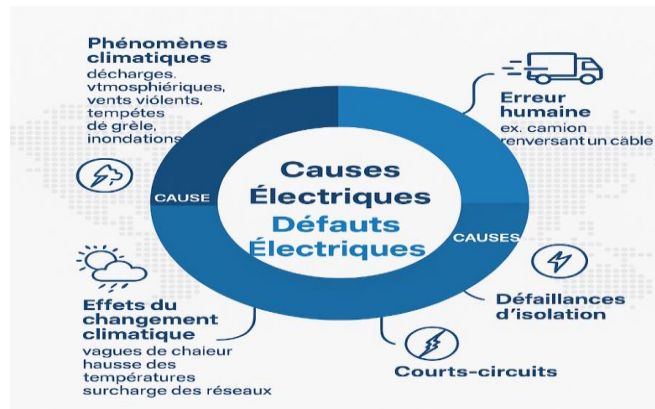


Figure II.6. Causes externes et internes des défauts électriques

On distingue généralement deux grandes catégories de causes :

II.1.3.1 Causes externes des défauts électriques

1) Phénomènes climatiques extrêmes

- Décharges atmosphériques (foudre) :

La foudre provoque des surtensions et des court-circuit, endommageant les lignes et équipements électriques.

Exemple international : En Colombie, on enregistre jusqu'à 15 millions d'éclairs par an, causant de fréquentes pannes majeures sur le réseau électrique.

- Vents violents et tempêtes :

Les vents forts peuvent faire tomber des pylônes, casser des câbles ou provoquer la chute d'arbres sur les lignes, entraînant des coupures.

Exemple en Algérie : En mars 2022, des vents violents ont causé des centaines de pannes sur les lignes du centre et de l'ouest du pays.

Exemple international : En Allemagne, la tempête de 2006 a provoqué un black-out touchant 15 millions de personnes en Europe.

- Inondations/neige/glace :

Lors d'inondations ou de chutes de neige, l'eau peut endommager les équipements électriques, causant corrosion et rupture des isolants, ce qui peut provoquer des court-circuit et des coupures d'électricité.

Exemple Algérie : Les chutes de neige de février 2012 ont causé des coupures prolongées dans les Aurès, le centre du pays et en Kabylie, notamment dans la commune de Toudja.

2) Changement climatique

- Vagues de chaleur :

Les températures extrêmes réduisent la capacité des câbles et provoquent une surconsommation d'électricité, surtout à cause de l'usage massif des climatiseurs.

Exemple Algérie : En juillet 2023, la consommation nationale a atteint un record de 18 697 MW lors d'une canicule, entraînant des coupures dans plusieurs wilayas.

- Sécheresses et incendies :

Les sécheresses aggravent le risque d'incendies de forêt, qui peuvent endommager les lignes électriques et provoquer des coupures.

Exemple Algérie : Étés 2021 et 2022, les feux de forêt en Kabylie ont causé des coupures dans plusieurs localités.

3) Facteurs environnementaux

- Chutes d'arbres/animaux :

La chute d'arbres ou la présence d'animaux (oiseaux, cigognes) sur les lignes provoque des court-circuit et des coupures.

- Pollution saline/poussière :

Quand du sel ou de la poussière s'accumule sur les isolateurs et qu'il y a de l'humidité, cela peut permettre à l'électricité de passer là où elle ne devrait pas, provoquant des arcs électriques, des défauts d'isolation et parfois des coupures de courant.

4) Accidents mécaniques

- Chocs véhicules/pelleteuses :

Les travaux publics ou accidents de la route endommagent fréquemment les câbles souterrains ou aériens, causant des coupures locales.

- Vandalisme/vols :

Le vol de câbles ou le vandalisme sur les installations électriques dégrade l'infrastructure et provoque des coupures.

II.1.3.2 Causes internes des défauts électriques

1) Erreur humaine

- Maintenance défaillante : non-respect des consignes, mauvais serrage des connexions ou erreurs pendant la réparation, ce qui représente une part importante des défauts.
- Installation incorrecte : Utilisation de câbles sous-dimensionnés ou non adaptés, erreurs lors de l'installation des équipements.

2) Vieillessement des équipements

Avec le temps, la dégradation des composants des équipements électriques, tels que l'isolation et les parties métalliques, accroît le risque de fuites de courant ou de court-circuit, surtout en cas de chaleur ou d'humidité.

3) Défauts techniques

Parmi les défauts techniques, La surcharge se produit quand une installation électrique est trop sollicitée, ce qui chauffe les câbles, abîme l'isolation et peut provoquer des coupures ou des pannes.

II.1.3.3 Origines spécifiques par type de défaut

Après avoir abordé les causes internes et externes des défauts électriques, nous détaillons ici les origines spécifiques des principaux types de défauts.

Tableau II.1. Types de défauts électriques et leurs origines dans un réseau HTA/HTB

Type de défaut	Origine
Court-circuit	Foudre, vandalisme, isolation dégradée, contact accidentel entre phases (ex. oiseaux).
Surtension	Décharges atmosphériques, manœuvres de commutation brutales, effet capacitif des lignes.
Surcharge	Report de charge après coupure d'une ligne parallèle, démarrage de charges inductives.
Déséquilibre	Le neutre n'est pas relié à la terre, ce qui entraîne une distribution déséquilibrée des charges électriques entre les différentes phases du réseau

II.1.4 Nature des défauts selon leur durée

Les défauts électriques se distinguent par leur persistance et leur impact sur le réseau [18, 19] :

a) Défaut fugitif

Il s'agit d'une perturbation très courte, de l'ordre de quelques dixièmes de seconde. Dans ce cas, le système interrompt brièvement l'alimentation pour éliminer le défaut.

Exemple : arc électrique causé par la foudre qui disparaît spontanément.

b) Défaut permanent

Ce type de défaut se caractérise par une perturbation durable qui ne disparaît pas spontanément. Le système déclenche alors la protection de façon définitive, ce qui nécessite l'intervention d'un technicien pour remettre l'installation en service.

Exemple : court-circuit provoqué par un câble endommagé.

c) Défaut auto-extincteur

Ce défaut correspond à une perturbation qui s'annule d'elle-même en un temps extrêmement court, sans que le système de protection n'ait besoin d'intervenir.

Exemple : décharge atmosphérique isolée qui ne laisse aucune trace sur le réseau.

d) Défaut semi-permanent

Il s'agit d'une perturbation intermittente qui nécessite plusieurs coupures relativement longues, de l'ordre de quelques dizaines de secondes. Dans cette situation, le système procède à des réarmements automatiques sans intervention humaine.

Exemple : branche d'arbre touchant temporairement une ligne électrique.

Au niveau des réseaux aériens de transport de SONEGAS, les défauts sont :

- De 70 à 90% fugitifs.
- De 5 à 15% semi permanents
- De 5 à 15% permanents

II.1.5 Conséquences des défauts

Les conséquences d'un défaut sont diverses et dépendent du type de défaut

- **La surcharge :**

- Échauffement lent des conducteurs, isolants et parties métalliques
- Accélération du vieillissement des matériaux.
- Risque de défaillance ou d'incendie en cas de surcharge prolongée
- Risque de court-circuit

- **Le court-circuit :**

- Arc électrique
- Fusion des conducteurs et dégradation des isolants
- Déformation des jeux de barres ou arrachement des câbles
- Électrisation ou électrocution
- Départ de feu
- Mise hors service partielle ou totale de l'installation

- **La surtension :**

- Vieillissement des isolants et claquage
- Surcharge des lignes en cas de durée prolongée
- Apparition de courts-circuits lorsque les isolants sont endommagés.

- **Déséquilibre :**

- Courants déséquilibrés dans les réseaux à trois fils.
- Courants parasites et échauffement anormal dans l'appareillage.
- Retour du courant vers la terre par le neutre
- Courants parasites et échauffement anormal dans l'appareillage
- Vibration excessive des moteurs.

II.2 Critères thermiques de dimensionnement des conducteurs HT

Lors d'un défaut, comme un court-circuit triphasé, de très fortes surintensités apparaissent brusquement dans le réseau, pouvant atteindre 20 à 30 fois le courant nominal. Ce phénomène provoque un échauffement brutal des conducteurs par effet Joule (I^2R). Si les conducteurs ne sont pas correctement dimensionnés, cette élévation thermique peut altérer leur isolant, endommager leur âme métallique, voire provoquer leur fusion. On parle alors de contrainte thermique. [22]

Le dimensionnement d'une ligne aérienne en régime permanent se fait en deux parties : la section du conducteur (selon des critères électriques et économiques) et le gabarit des pylônes (basé sur des contraintes mécaniques).

Pour choisir la section d'un câble, il faut vérifier : [24]

- Le courant nominal qu'il transporte,
- Sa capacité à supporter un court-circuit,
- Et que la chute de tension reste acceptable.

À haute tension, on doit aussi limiter l'effet couronne. Une section techniquement optimale est ainsi obtenue, souvent arrondie à une section normalisée supérieure pour des raisons pratiques et économiques

Pour cette raison, le dimensionnement des lignes et des câbles électriques est une étape critique dans la conception des réseaux. Il permet d'assurer à la fois la performance de l'installation, sa sécurité et sa durabilité. Un conducteur sous-dimensionné entraîne des pertes de tension excessives, des surchauffes, voire des incidents graves. À l'inverse, un conducteur surdimensionné ne cause pas de danger, mais représente un surcoût inutile. [25]

Ainsi, la section des câbles est choisie selon deux critères principaux :

- Leur capacité thermique en régime permanent, appelée courant admissible, qui définit le courant que le conducteur peut supporter sans s'échauffer durablement.
- Leur résistance thermique en régime de défaut, c'est-à-dire leur capacité à supporter un courant de court-circuit pendant quelques secondes, sans destruction

Ce dernier point est évalué selon la formule adiabatique : En régime adiabatique (sans dissipation thermique extérieure), cette inégalité permet de vérifier la tenue thermique du conducteur, en s'assurant qu'il n'atteint pas la température critique susceptible d'endommager son isolant.[25]

$$I^2 \cdot t < k^2 \cdot S^2 \quad (II.1)$$

- Dans les réseaux de transport haute tension, le choix de la section est aussi guidé par des contraintes économiques et physiques.

Par exemple, les sections de conducteurs ACSR varient généralement de 150 à 600 mm² selon les applications, avec des densités de courant de 0,7 à 0,8 A/mm² pour les lignes aériennes haute tension [22, 23]

La section d'un conducteur aérien d'une ligne à haute tension est de l'ordre de 500 mm², Il n'est pas avantageux d'augmenter indéfiniment la section d'un conducteur unique. Au-delà d'environ 500 mm², il est préférable d'opter pour plusieurs conducteurs en parallèle (faisceaux), afin de limiter les effets indésirables tels que l'effet de peau. De plus, pour des tensions supérieures à 345 kV, l'utilisation d'au moins deux conducteurs par phase est requise afin de réduire les pertes dues à l'effet couronne. [22]

II.3 Système de protection

II.3.1 Définition

Le système de protection désigne l'ensemble des dispositifs mis en œuvre pour assurer la détection des défauts et des situations anormales dans les réseaux électriques, et pour commander, de manière sélective, le déclenchement d'un ou de plusieurs organes de coupure. [26]

Son élaboration repose sur un choix cohérent des éléments de protection et sur une structure adaptée aux caractéristiques du réseau.

- Le système de protection est structuré sous la forme d'une chaîne fonctionnelle composée des éléments suivants (II.9) :
 - a) Capteurs de mesure (courant et tension), qui fournissent en continu les informations nécessaires à la détection des défauts.
 - b) Relais de protection, chargés d'assurer une surveillance permanente de l'état électrique du réseau. Ils élaborent, en cas d'anomalie, les ordres de déclenchement destinés à isoler les parties défectueuses, ordres transmis par le circuit de commande.
 - c) Organes de coupure, dont la fonction est de supprimer physiquement les défauts détectés. Ces dispositifs incluent les disjoncteurs, les interrupteurs-fusibles et les contacteurs-fusibles [26].

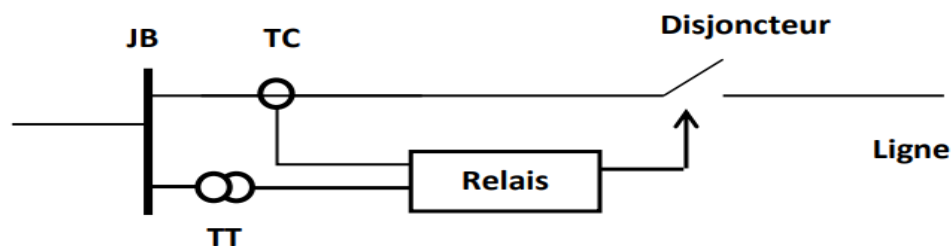


Figure II.7. Chaîne de protection

II.3.2 Le rôle d'une protection

Le rôle d'une protection dans un réseau électrique est d'isoler rapidement toute partie du réseau ou tout équipement qui présente un défaut, afin de protéger les installations, garantir la sécurité des personnes et maintenir la stabilité du réseau.

II.3.3 Définition de la zone de protection

La philosophie générale de l'application des relais est de diviser le réseau d'énergie en plusieurs zones, chaque zone exige son propre groupe de relais. La figure II.3 montre un système d'alimentation typique divisé en zones de protection. Chaque zone se compose d'un ou plusieurs équipements principaux du système d'alimentation tel que le générateur, le transformateur, le moteur, le jeu de barre et la ligne de transport. Les zones adjacentes sont faites de telle sorte qu'aucune partie du système ne soit laissée non protégée. Chaque zone est protégée par un système se composant d'un ou plusieurs relais protecteurs. Le recouvrement est accompli en recouvrant le raccordement des transformateurs de courant des zones adjacentes. Si un défaut se produit dans le secteur de chevauchement, alors le relais déclenchera tous les disjoncteurs qui se trouvent dans la zone recouverte afin d'isoler le défaut. Dans cette recherche, le centre sera sur la protection de la ligne de transport. [20]

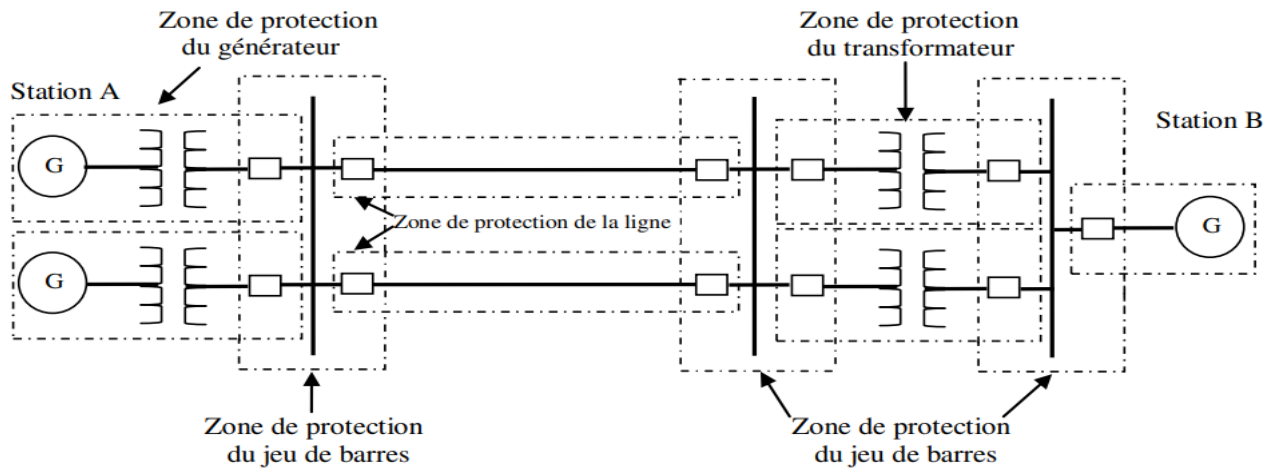


Figure II.8. Zones de protection du réseau électrique

II.3.4 Qualités principales d'un système de protection

Un système de protection performant doit présenter un ensemble de qualités essentielles, garantissant à la fois la sécurité des personnes et des équipements, et la continuité de service du réseau. Ces qualités peuvent être résumées comme suit :

II.3.4.1 Rapidité

Les protections doivent éliminer les défauts dans les délais les plus courts possibles afin de limiter les effets destructeurs des courts-circuits (échauffement, efforts électrodynamiques) et de préserver la stabilité du réseau.

Le temps global de coupure comprend le temps de fonctionnement propre des protections (de l'ordre de quelques dizaines de millisecondes) et le temps d'ouverture des disjoncteurs (particulièrement optimisé avec les technologies modernes, telles que les disjoncteurs SF₆ ou à vide).

II.3.4.2 Sélectivité

La sélectivité vise à isoler uniquement la partie défectueuse du réseau, tout en maintenant sous tension les parties saines. Plusieurs modes de sélectivité peuvent être mis en œuvre :

II.3.4.2.1 Sélectivité ampérométrique (par seuils de courant)

Une protection ampère métrique (Figure II.10) est disposée au départ de chaque tronçon : son seuil est réglé à une valeur inférieure à la valeur de défaut minimal provoqué par un court-circuit sur la section surveillée, et supérieure à la valeur maximale du courant provoqué par un court-circuit situé en aval (au-delà de la zone surveillée)

On considère l'exemple de la Figure II.10 : $I_{ccBmax} < I_{sA} < I_{ccAmin}$ I_{sA} : intensité de réglage. I_{ccB} : image du court-circuit maximum au secondaire. Les temporisations T_A et T_B sont indépendantes, et T_A peut être plus courte que T_B . [21]

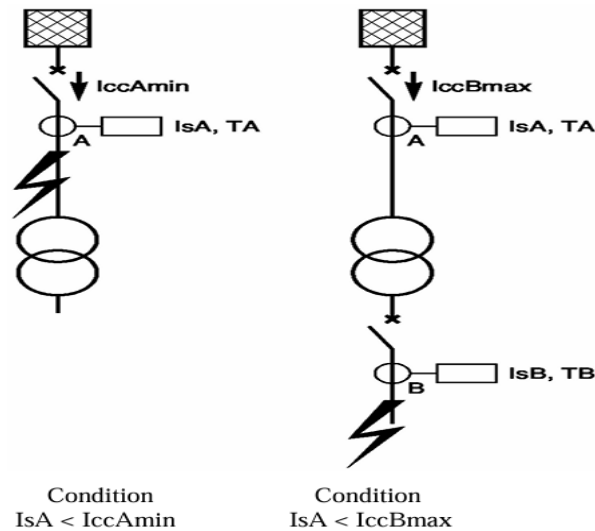


Figure II.9. Fonctionnement d'une protection à sélectivité ampérométrique

II.3.4.2.2 Sélectivité chronométrique (par temporisation)

Sélectivité dans laquelle les protections sollicitées sont organisées pour fonctionner de manière décalée dans le temps. La protection la plus proche de la source a la temporisation la plus longue.

Ainsi, sur le schéma (Figure II.11), le court-circuit représenté est vu par toutes les protections (en A, B, C, et D). La protection temporisée D ferme ses contacts plus rapidement que celle installée en C, elle-même plus rapide que celle installée en B.

Après l'ouverture du disjoncteur D et la disparition du courant de court-circuit, les protections A, B, C qui ne sont plus sollicitées, reviennent à leur position de veille.

La différence des temps de fonctionnement ΔT entre deux protections successives est l'intervalle de sélectivité.[22]

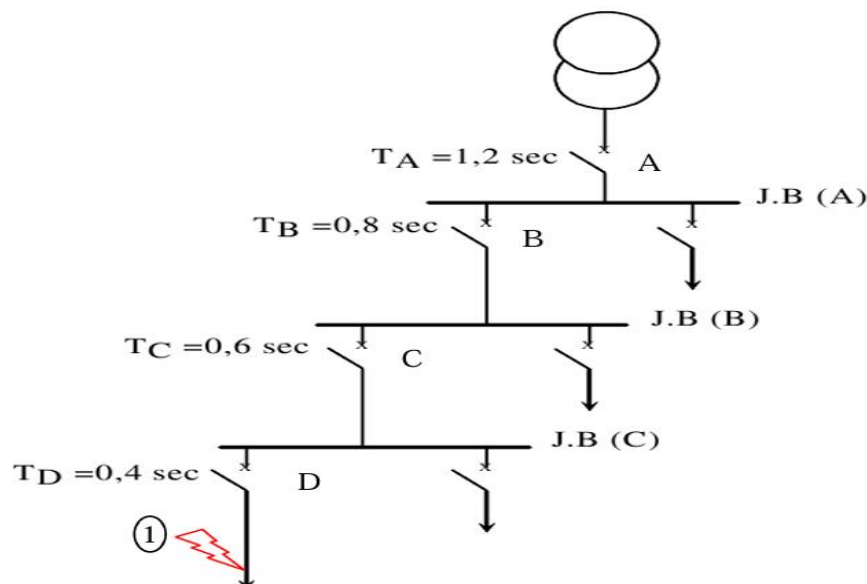


Figure II.10. Principe de la sélectivité chronométrique

II.3.4.2.3 Sélectivité logique (par échange d'information entre relais)

Principe de la sélectivité logique

Lorsqu'un défaut se produit dans un réseau en antenne, le courant de défaut parcourt le circuit situé entre la source et le point de défaut [23, 24].

- ☐ Les protections en amont du défaut sont sollicitées.
- ☐ Les protections en aval du défaut ne sont pas sollicitées.
- ☐ Seule la première protection en amont du défaut doit agir.

A chaque disjoncteur est associée une protection apte à émettre et recevoir un ordre d'attente logique. Lorsqu'une protection est sollicitée par un courant de défaut elle émet un ordre d'attente logique et elle provoque le déclenchement du disjoncteur associé. La Figure II.8 décrit de façon simplifiée une distribution en antenne

- ☐ Fonctionnement lorsqu'un défaut apparaît au point A (Figure II.11)

Dans ce cas, les protections No1, No2, No3, etc..., sont sollicitées. La protection No1 émet un ordre d'attente logique vers l'amont et un ordre de déclenchement au disjoncteur D1. Les protections No2, No3, etc..., émettent un ordre d'attente logique de l'aval vers l'amont, et reçoivent un ordre d'attente logique qui les empêchent de donner l'ordre de déclenchement aux disjoncteurs D2, D3...etc., associés. Le disjoncteur D1 élimine le défaut A au bout du temps :

$$TD1 = T1_1 + t1 \quad (II.2)$$

$T1_1$ est la temporisation de la protection No1 et t_{cD1} est le temps de coupure du disjoncteur D1.

- ☐ Fonctionnement lorsqu'un défaut apparaît au point B (Figure II.11)

Pour le défaut B, la protection No1 n'est pas sollicitée et les protections No2, No3, etc..., sont sollicitées et émettent un ordre d'attente logique vers l'amont. Seule la protection No2 ne reçoit pas d'ordre d'attente logique et émet un ordre de déclenchement. Le disjoncteur D2 élimine le défaut B au bout du temps : $TD_2 = T1_2 + t2$ (II.3), Où $T1_2$ est la temporisation de la protection No2 et t_{cD2} le temps de coupure du disjoncteur D2. L'utilisation du système de sélectivité logique conduit à un temps d'élimination des défauts très réduit et indépendant du nombre de niveaux des protections. La fonction de l'attente logique correspond à une augmentation de la temporisation propre à la protection amont. Par souci de sécurité, la durée de l'attente logique est limitée ce qui permet à la protection amont de fonctionner en secours de la protection aval défaillante.

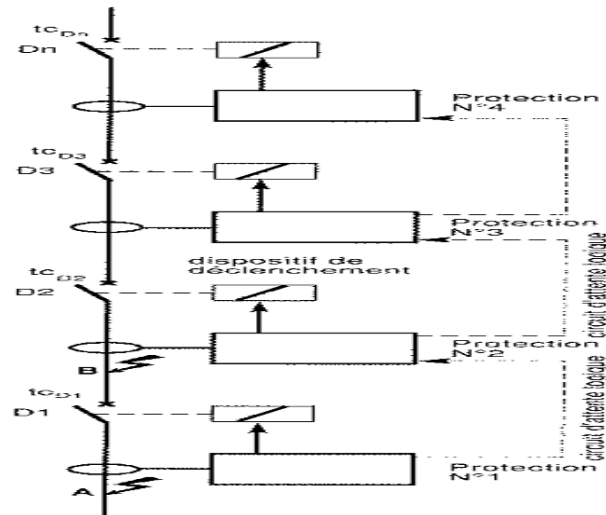


Figure II.11. Exemple d'utilisation de la sélectivité logique

II.3.4.3 Sensibilité

Les protections doivent être capables de détecter les défauts sur une large plage de courants, depuis les forts courants de court-circuit jusqu'aux défauts de faible intensité (défauts très résistants ou défauts à la terre faiblement conducteurs).

La sensibilité est notamment évaluée en fonction du courant minimal que la protection est en mesure de détecter de manière fiable.

II.3.4.4 Fiabilité

Le système de protection doit offrir une fiabilité maximale, c'est-à-dire fonctionner correctement en cas de défaut avéré et éviter tout déclenchement intempestif.

La fiabilité repose sur deux composantes :

- La sûreté : capacité à ne pas manquer un défaut réel,
- La sécurité : capacité à ne pas déclencher en l'absence de défaut.

II.3.4.5 Autonomie

Un système de protection efficace doit être conçu pour fonctionner de manière autonome, sans nécessiter des ajustements fréquents de ses réglages, même en cas de modification du régime de fonctionnement du réseau.

II.3.4.6 Robustesse face aux perturbations

Les protections doivent être insensibles aux composantes apériodiques et aux phénomènes transitoires susceptibles de fausser les mesures (transitoires ferro-résistifs, surtensions temporaires, etc.).

II.3.4.7 Facilité de mise en œuvre et de maintenance

Enfin, le système de protection doit être simple à configurer et à maintenir, afin de garantir une gestion efficace et fiable tout au long de son cycle de vie.

II.3.5 Les appareils de mesures

Parmi les dispositifs essentiels utilisés pour la surveillance et la protection des réseaux électriques, on distingue les transformateurs de mesure. [25]

II.3.5.1 Le transformateur de courant (TC)

Le transformateur de courant, ou transformateur d'intensité, délivre un courant proportionnel à celui qui circule dans la ligne ou le câble. Utilisé pour la mesure (comptage) ou l'analyse par les dispositifs de protection, il remplit principalement les fonctions suivantes :

- Fournir à ses secondaires une représentation fidèle de l'intensité de courant présente dans la ligne ou le câble.
- Assurer une isolation galvanique entre la ligne et les circuits analogiques de mesure et de protection, afin de préserver ces derniers de tout incident survenu sur la ligne.
- Il existe différentes technologies de transformateurs de courant, adaptées à leur utilisation en intérieur ou en extérieur.

Le rapport de transformation du TC est donné par :

$$m = \frac{I_1}{I_2} \quad (\text{II.4})$$



Figure II.12. Transformateur de courant au niveau de poste d'interconnexion de Delkseur

II.3.5.2 Le Transformateur de tension (TP)

Le transformateur de tension a pour rôle de délivrer à son secondaire une tension proportionnelle à celle appliquée à son primaire. Il est utilisé aussi bien pour la mesure que pour la protection. Les transformateurs de tension comportent deux enroulements, primaire et secondaire, reliés par un circuit magnétique. Les connexions peuvent se faire entre phases ou entre phase et neutre (neutre relié à la terre). [25]

Le rapport de transformation d'un TT est :

$$m = \frac{V_2}{V_1} \quad (\text{II.5})$$



Figure II.13. Transformateur de tension (TP) au niveau du poste d'interconnexion d'elkseur (photo prise en mai 2025).

II.3.6 Appareils de coupure :

On distingue principalement plusieurs dispositifs assurant cette fonction, selon les conditions d'utilisation et le niveau de tension, tels que ceux présentés ci-après :

II.3.6.1 Disjoncteur à ré-enclenchements automatique (recloser)

Ce dispositif détecte l'apparition d'un défaut sur le circuit et procède à l'ouverture automatique de celui-ci. Après un délai prédéfini, généralement de quelques fractions de seconde à quelques secondes, il tente de refermer le circuit, et ce, jusqu'à deux ou trois fois selon les réglages internes. Si, après ces tentatives, le défaut persiste, le disjoncteur reste ouvert de façon permanente. Dans ce cas, une intervention humaine est nécessaire pour localiser et réparer le défaut, puis réarmer l'appareil. [30,32]



Figure II.14. Disjoncteurs installés au poste d'interconnexion de haute tension à Elkseur (photo prise en mai 2025)

II.3.6.2 Interrupteur

L'interrupteur est conçu pour ouvrir et fermer un circuit électrique, mais il ne peut couper que de faibles courants, tels que les courants capacitifs des lignes de transport ou les courants d'excitation des transformateurs [30, 34].

II.3.6.3 Sectionneurs

Le sectionneur est un appareil qui permet d'isoler électriquement une partie d'une installation en l'absence de courant. Il ne possède aucun pouvoir de coupure en charge : il ne doit donc être manœuvré que lorsque le circuit est hors tension. Son rôle principal est d'assurer la sécurité du personnel lors des opérations de maintenance, en garantissant une séparation visible et fiable entre la partie isolée et le reste du réseau [34, 35].

II.3.7 Appareils de protection

Les appareils de protection sont des dispositifs essentiels utilisés dans les réseaux électriques pour détecter les défauts et isoler rapidement les parties défectueuses du système. Leur rôle principal est de limiter les dommages matériels, d'assurer la sécurité des personnes et de maintenir la stabilité du réseau. Ces équipements fonctionnent généralement en coordination et peuvent être mécaniques, électromécaniques ou électroniques selon leur technologie et leur application. Dans les sections suivantes, nous présentons les principaux types d'appareils de protection utilisés dans les réseaux de transport :

II.3.7.1 Protection des alternateurs

Les alternateurs, ou génératrices synchrones triphasées, sont des machines électromécaniques qui convertissent l'énergie mécanique provenant de la turbine en électricité triphasée.

La protection des alternateurs remplit une double fonction :

D'une part, elle vise à préserver l'alternateur contre les défauts internes susceptibles de l'endommager.

D'autre part, elle protège le réseau électrique contre tout dysfonctionnement de l'alternateur pouvant perturber son bon fonctionnement.

Il est essentiel que les dispositifs de protection contre les défauts internes soient à la fois rapides et sélectifs, tandis que ceux destinés aux défauts externes doivent être coordonnés avec les autres équipements du système [30, 36].

- Avant d'aborder en détail la coordination des protections dans le réseau, il convient de rappeler les protections spécifiques appliquées à l'alternateur lui-même. Le tableau suivant présente les dispositifs de protection couramment utilisés pour traiter les défauts susceptibles de se produire au niveau de l'alternateur :

Tableau II.2 .Dispositifs de protection couramment utilisés au niveau des alternateurs

Type de défaut	Protection recommandée	Réglages indicatifs
Surcharge	Protection thermique (image thermique / capteurs)	$E_s = 115 \% \text{ à } 120 \%$ — temporisation adaptée
Courts-circuits externes entre phases	Protection à maximum de courant (phase)	Seuil typique : $1.2 I_n \text{ à } 2.5 I_n$ — temporisation adaptée pour sélectivité
Courts-circuits internes entre phases	Protection différentielle à haute impédance	$I_r = 5 \% \text{ à } 15 \% \text{ de } I_n$ — sans temporisation

Type de défaut	Protection recommandée	Réglages indicatifs
Courts-circuits internes phase-stator / masse	Protection différentielle masse + protection de courant de défaut à la terre	$I_r \approx 10 \% \text{ à } 20 \% \text{ de } I_n$ — temporisation courte
Perte d'excitation	Protection contre les retours de puissance réactive	
Marche en moteur (inversion de puissance)	Protection contre les retours de puissance active	$P_s = 1 \% \text{ à } 5 \% P_n$ (turbine), $5 \% \text{ à } 20 \% P_n$ (diesel) — temporisation $> 1 \text{ s}$
Tension trop faible	Protection à minimum de tension	$U_r = 0.75 \text{ à } 0.8 U_n$ — temporisation en fonction du réseau
Tension trop élevée	Protection à maximum de tension	$U_r = 1.1 U_n$ — temporisation $\approx 1 \text{ s}$
Fréquence anormale (trop basse ou trop haute)	Protection à minimum / maximum de fréquence	$f_r = \pm 2 \text{ Hz}$ — temporisation de quelques secondes

II.7.6.2 Protection des jeux de barre

Les jeux de barres constituent des nœuds essentiels au sein des postes électriques, assurant la connexion entre plusieurs départs et arrivées de lignes. Constitués d'une ou de plusieurs barres conductrices, ils jouent un rôle central dans la structure et l'organisation du réseau électrique.

Afin de garantir la détection rapide et l'élimination sélective des défauts pouvant survenir au niveau des jeux de barres, plusieurs protections spécifiques sont généralement mises en place, comme synthétisé dans le tableau ci-après [21, 27].

Tableau II.3. Protections spécifiques visant à garantir une détection rapide et une élimination efficace des défaut

Type de protection	Principe de fonctionnement
Protection de distance des postes avoisinants	Le défaut sur la zone de barres est éliminé généralement par la temporisation du 2 ^e ou du 3 ^e stade des protections de distance des lignes connectées. Lorsqu'un défaut se produit sur le jeu de barres, les protections de distance des lignes associées détectent ce défaut et déclenchent.
Protection différentielle ampèremétrique (protection différentielle de barres)	Basée sur la loi de Kirchhoff : la somme vectorielle des courants entrants et sortants sur le jeu de barres doit être nulle ($\sum I_{\text{entrants}} + \sum I_{\text{sortants}} = 0$). Un déséquilibre indique un défaut sur la zone de barres. La mesure est effectuée phase par phase à l'aide de transformateurs de courant
Protection directionnelle	Basée sur l'analyse du sens de circulation de la puissance (énergie de transition). Le défaut est localisé en fonction du signe de l'énergie : $S = \int U \times I \times dt$ (II.5). Si l'énergie est positive, le défaut est en aval ; si elle est négative, le défaut est en amont.

II.3.7.2 Protection de transformateur

Le choix et le dimensionnement des protections des transformateurs de puissance dans le réseau de transport constituent une démarche complexe, nécessitant l'analyse de nombreux paramètres. Plusieurs solutions techniques peuvent en effet être envisagées pour répondre aux exigences de détection des défauts et de sécurité. Le choix des protections doit être guidé par la politique d'exploitation du réseau et les objectifs de protection retenus, en tenant compte des critères suivants :

- Garantir la sécurité des personnes et la protection des équipements en cas de défaut ;
- Assurer la continuité de service et la fiabilité des installations ;
- Optimiser les coûts d'investissement en fonction des probabilités de défaut et des risques acceptables.

La mise en œuvre coordonnée de ces protections permet d'assurer une surveillance complète du transformateur et de limiter les risques de dommages graves en cas d'incident. Leur paramétrage et leur sélectivité doivent être soigneusement étudiés en fonction des caractéristiques du poste et des exigences du réseau [30, 36].

Tableau II.4. Dispositifs de protection les plus couramment utilisés au niveau des transformateurs.

Type de défaut	Type de protection	Principe de fonctionnement
Défauts internes	Protection Buchholz (détection de gaz)	Détecte la formation de gaz due à la décomposition de l'huile lors d'un défaut interne (arc, échauffement). Deux seuils : alarme et déclenchement. Permet également d'analyser la nature des gaz.
	Protection masse cuve	Détecte les courants de défaut entre la cuve et la partie active. La cuve est isolée et un TC de mise à la terre permet de mesurer le courant de défaut et de déclencher.
	Protection thermique	Protège contre les surcharges en estimant l'échauffement des enroulements à partir du courant mesuré (modèle thermique). Equation différentielle utilisée pour le calcul.
	Protection différentielle	Compare les courants entrants et sortants du transformateur (loi de Kirchhoff). Si déséquilibre, indique un défaut interne (ex : court-circuit entre spires). Protection très rapide et sélective.

Défauts externes	Protection contre la surcharge	Utilise soit une sonde thermique (image thermique), soit un dispositif de contrôle basé sur température et courant. Déclenchement en deux temps : alarme (retardée), puis coupure (rapide).
	Protection contre les surtensions	Protection contre les surtensions transitoires et permanentes. Réalisée généralement par éclateurs ou parafoudres.
	Protection à maximum de courant (phase)	Surveille les courants de phase. Déclenche en cas de dépassement d'un seuil de courant, pour protéger contre les courts-circuits externes.
	Protection du neutre transformateur / protection terre jeux de barres	Détecte les courants de défaut à la terre (HT ou côté MT). Un TC placé dans le circuit du neutre permet de mesurer ces courants et de déclencher si dépassement du seuil.

II.3.7.2 Protection des lignes de transport

Quatre types des relais sont utilisés dans les arrangements de protection des lignes de transport :

- Les relais à maximum de courant directionnelle
- Les relais différentiels.
- Les relais de distance.
- Les relais à liens de communications

II.3.7.2.1 Protection par relais à maximum de courant directionnelle

Dans un réseau bouclé ou radial avec des sources multiples et de courant de défaut identique, l'écoulement du courant de défaut par rapport à l'emplacement du relais peut être soit sur la ligne ou au jeu de barres à côté du relais. Dans ces circonstances, il est impossible de réaliser la sélectivité en utilisant des relais de surintensité seulement. La sélectivité peut, cependant, être réalisée en utilisant les relais à maximum de courant directionnels.

La figure (II.16) représente un réseau bouclé qui est protégé avec des relais à maximum de courant directionnel. Les flèches asymétriques se dirigent dans la direction de l'écoulement du courant de défaut pour laquelle les relais devraient fonctionner. Seulement à l'endroit 1 et 10 le courant de défaut peut circuler vers la ligne dans la direction pour laquelle le déclenchement est désiré ou dans le sens inverse.

Les relais à ces endroits pourraient, donc, être non-directionnels comme est indiqué par les flèches à la tête double.

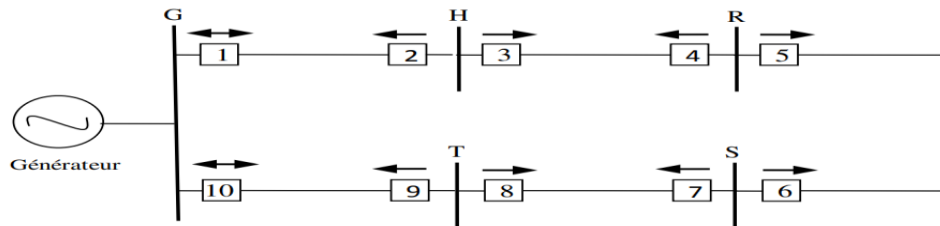


Figure II.15. Protection à maximum de courant directionnel d'un réseau bouclé.

II.3.7.2.2 Protection de secours : (à maximum de courant)

C'est une protection ampérométrique non directionnelle qui est destinée à mesurer les surintensités consécutives aux défauts monophasés ou polyphasés. Elle agit en cas de non fonctionnement de la protection principale (défaut hors caractéristique ou blocage sur fusion fusible). Pour assurer la sélectivité, cette protection a une temporisation supérieure au 4^{ème} stade de la protection de distance. Elle est non directionnelle et entraîne un déclenchement triphasé définitif (sans réenclenchement).

II.3.7.2.3 Protection différentielle longitudinale

La protection différentielle constitue l'une des méthodes les plus fiables pour la détection des défauts dans les réseaux électriques. Elle repose sur la comparaison entre les courants entrant et sortant d'une zone protégée : une différence indique la présence d'un défaut interne, entraînant l'isolement immédiat de la section concernée. Cette protection est particulièrement efficace sur des lignes de courte longueur (jusqu'à 5 km en 35 kV et 10 km en 110 kV), notamment lorsque la protection de distance ne garantit pas une réponse suffisamment rapide, sélective ou sensible. La détection est assurée par des fils pilotes installés le long de la ligne. [37]

II.3.7.2.4 Protection différentielle transversale équilibrée :

Est un dispositif de protection spécifique aux lignes de transport installées en parallèle, la protection différentielle transversale équilibrée repose sur la comparaison des amplitudes des courants circulant dans les différentes lignes parallèles.

En situation normale, ou lors d'un court-circuit externe, les courants se répartissent de manière équilibrée entre les lignes, et aucun déclenchement n'est provoqué. En revanche, lorsqu'un court-circuit se produit sur l'une des lignes, le courant se déséquilibre : la majeure partie du courant s'écoule alors par la ligne défectueuse, tandis qu'une fraction réduite circule dans la ligne saine. Ce déséquilibre est détecté par la protection, qui déclenche le disjoncteur de la ligne en défaut. [33,34]

À l'extrémité opposée, en l'absence de source d'alimentation additionnelle, les courants induits par un défaut sur l'une des lignes sont égaux en amplitude mais opposés en direction. Dans ce cas, un relais différentiel équilibré basé uniquement sur l'amplitude des courants — et non sur leur direction — ne provoquera pas de déclenchement intempestif.

II.3.7.2.5 Protection de distance

Ce type de protection est le plus employé dans le monde entier, en raison notamment de son autonomie totale qui n'exige aucune liaison entre les deux extrémités de la ligne protégée. La protection de distance se base sur des mesures locales des tensions et des courants.

Cette protection qui n'utilise que les grandeurs courants et tensions disponibles au point de mesure est caractérisée par deux critères [36] :

- La relation entre la distance de défaut et le temps de déclenchement de la protection.
- La grandeur électrique qui permet de mesurer la distance du défaut (réactance X).

La protection de distance présente l'avantage principal de fonctionner sur des grandeurs locales (images secondaires des réducteurs de mesure des grandeurs HT au point considéré). Elle se compose de 4 sous-ensembles fonctionnels de base :

- La mise en route (démarrage) qui détecte la présence d'un défaut, elle peut être ampéremétrique, voltmétrique ou à minimum d'impédance.
- La sélection des phases pour déterminer celles qui sont en défaut.
- La mesure de distance (R, X) qui localise le défaut.
- Le directionnel qui détermine le sens du défaut: aval ou amont.

La plupart des relais de protection de distance à l'échelle mondiale surtout ceux du groupe Sonelgaz sont réglés pour trois zones de protection en aval (Z_1 , Z_2 et Z_3) et une seule zone protection en amont (Z_4) comme indiqué par la figure suivante.[39]

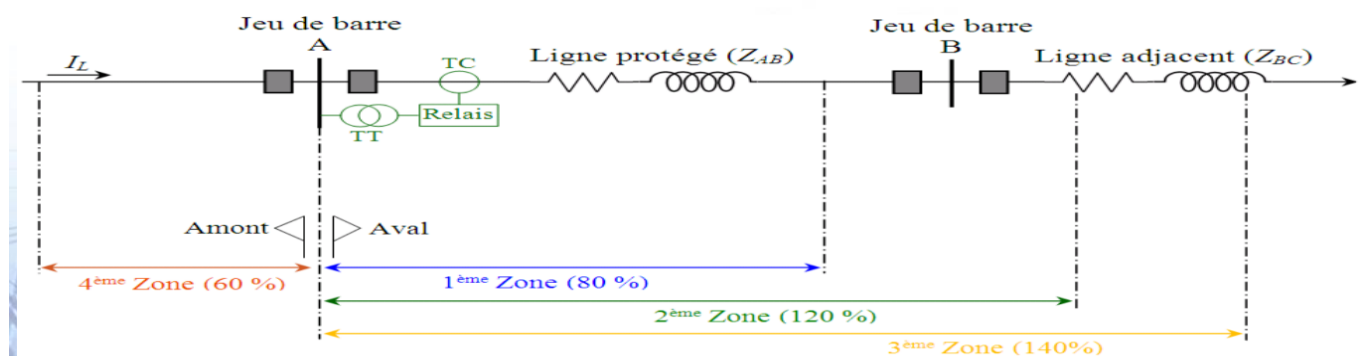


Figure II.16. Zone de protection pour relais de distance

- Une sélectivité chronométrique bien respectée pour chaque zone illustrée par la figure suivante :

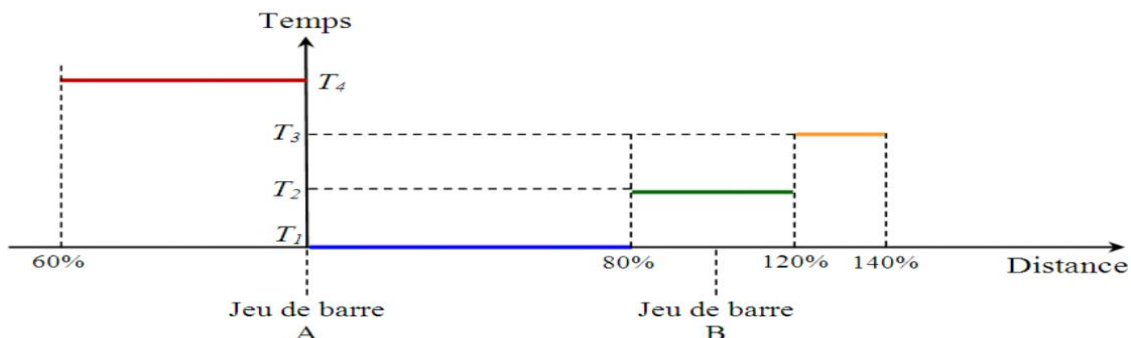


Figure II.17. Diagramme temps-distance illustrant le fonctionnement des zones de protection à distance sur une ligne de transport.

1) Réglage des zones en aval :

► Zone Z1

La zone Z1 est réglée pour couvrir 80 % de l'impédance totale de la ligne protégée AB (Z_L), avec un temps de déclenchement instantané ($T_1 = 0$ s).

Ce réglage permet de compenser les erreurs de mesure et d'éviter les déclenchements intempestifs pour des défauts situés au-delà de l'extrémité de la ligne.

Équation :

$$Z1 = 0,8 \times ZL = 0,8 \times [RL + j XL] \quad (II.6)$$

➤ La ligne AB est suivie d'une ligne courte

En aval :

Zones Z2, Z3

La Zone Z2 est réglée pour couvrir 100 % de l'impédance de la ligne protégée (ZL1) augmentée de 20 % de l'impédance de la ligne adjacente (ZL2).

Le temps de déclenchement associé est $T2 = 0,6$ s.

Équation :

$$Z2 = ZL1 + 0,2 \times ZL2 \quad (II.7)$$

La Zone Z3 est réglée pour couvrir 100 % de l'impédance de la ligne protégée (ZL1) augmentée de 40 % de l'impédance de la ligne adjacente (ZL2).

Le temps de déclenchement est $T3 = 1,5$ s.

Équation :

$$Z3 = ZL1 + 0,4 \times ZL2 \quad (II.8)$$

En amont :

La Zone Z4 est réglée à 40 % de l'impédance de la ligne protégée (ZL1).

Le temps de déclenchement est $T4 = 2,5$ s.

Équation :

$$Z4 = 0,4 \times ZL1 \quad (II.9)$$

➤ La ligne AB est suivie d'une ligne longue

En aval :

Zones Z2, Z3

Zone Z2 : 120 % de ZL1

$T2 = 0,6$ s

$$Z2 = 1,2 \times ZL1 \quad (II.10)$$

Zone Z3 : 140 % de ZL1

$T3 = 1,5$ s

$$Z3 = 1,4 \times ZL1 \quad (II.11)$$

Zone Z4 : 40 % de ZL1

En amont : Zone Z4

$T4 = 2,5$ s

$$Z4 = 0,4 \times ZL1 \quad (II.12)$$



Figure II.18. Relais numérique de protection à distance AREVA MiCOM P442 installé au niveau du poste d'interconnexion d'Elkseur — utilisé pour la protection des lignes de transport haute tension (zones Z1 à Z4)

II.4 CONCLUSION :

Dans ce chapitre, nous avons dressé un état de l'art des différents types de défauts susceptibles de perturber les réseaux de transport d'électricité, ainsi que des dispositifs de protection déployés pour garantir leur sécurité et leur continuité de service.

Après avoir analysé les principaux défauts et leurs effets sur les composants du réseau, nous avons détaillé les solutions de protection adaptées à chaque situation, en prenant en compte les caractéristiques techniques et le mode de fonctionnement des différents équipements concernés.

CHAPITRE III. Calcul de courant de défauts

III Introduction

Un défaut électrique est la modification accidentelle affectant le fonctionnement normal d'un processus, ou d'un circuit électrique, et pouvant dans certain cas conduire à un effondrement électrique de celui-ci et la mise en charge de son environnement. [49]

Ce chapitre sera divisé en deux parties, la première partie parle sur la présentation de python et la deuxième partie parle sur les calculs de courant de défaut.

III.1 Présentation du python

III.1.1 Définition et caractéristiques principales

Python est un langage conçu par Guido van Rossum. La première version est sortie en 1991. Son code est libre et gratuit (sous licence Open Source CNRI). De nombreuses ((boîtes à outils)) (appelées packages en Python) ont été développées notamment pour le calcul scientifique. Nous utiliserons les packages NumPy, SciPy et Matplotlib. Il existe actuellement deux versions différentes de Python avec quelques différences de syntaxes : versions 2.7 et 3.5. Nous utiliserons la version 3.5 avec l'environnement de programmation Spyder 3 (Scientific PYthon Development EnviRonment) téléchargeable à l'adresse <https://pythonhosted.org/spyder>.

Caractéristiques de Python pour le situer par rapport à d'autres langages :

- C'est un langage interprété : l'interpréteur exécute un programme en suivant les instructions une par une. (En fait, Python mélange à la fois du code interprété et du code compilé pour plus de rapidité. Les programmes sont compilés au moment de leur exécution en un code intermédiaire appelé bytecode qui est interprété par une machine virtuelle codée en C. Une grande partie du cœur du langage Python et de ses packages annexes sont écrits en C et compilé en langage natif).
- Tout est un objet dans Python dans le sens où tout peut être assigné à une variable ou passé comme argument à une fonction : les types de base comme les réels, les listes, les chaînes de caractères mais aussi les fichiers, les fonctions, les packages ...
- Tout objet manipulable par le programmeur possède un type bien défini à l'exécution, qui n'a pas besoin d'être déclaré à l'avance. Les variables servent à référencer les objets que l'on utilise ; on peut changer l'objet référencé par une variable au cours d'un programme.
- Python gère ses ressources (mémoire, descripteurs de fichiers...) sans intervention du programmeur, par un mécanisme de comptage de références.
- Python permet différents styles de programmation : programmation impérative (ce que nous ferons), programmation objet, mais aussi fonctionnelle.
- L'indentation du code est un élément de la syntaxe de Python : un bloc d'instructions sera défini comme composé de lignes d'instruction indentées de la même façon et précédées par le signe de ponctuation ((:)) [40].

III.1.2 Environnement de programmation Spyder

Spyder est un environnement de programmation dédiée à la programmation de python.

Le caractère & est optionnel : il permet de lancer un logiciel en tâche de fond et donc de pouvoir lancer d'autres commandes dans le terminal pendant que le logiciel fonctionne. Il permet de disposer :

- D'une fenêtre appelée console dans laquelle est lancé un interpréteur Python (zone en bas à droite sur l'image) permettant d'exécuter des lignes d'instructions. Le prompt, qui peut être >>>

dans l'interpréteur de base ou In[k] pour l'interpréteur interactif IPython, invite à taper une instruction. On utilisera l'interpréteur IPython (mais pour simplifier la présentation du code dans ce polycopié on utilise >>> pour désigner le prompt).

- D'un éditeur de texte (zone à gauche sur l'image) qui permettra d'écrire un ensemble d'instructions Python et de les enregistrer dans un fichier avec l'extension .py. On pourra lancer l'exécution de ce fichier dans l'interpréteur Python à l'aide de la touche F5 ou de l'icône représentant une flèche verte (il est aussi possible de n'exécuter que quelques lignes de code du fichier. Passer la souris sur les différentes icônes du menu de Spyder pour voir apparaître leurs fonctions).
- D'une aide interactive en plus de l'aide de IPython² (fenêtre intitulée "Inspecteurs d'objet" en haut à droite sur l'image). Aller dans le menu "Outils" puis "préférences" pour configurer cette aide interactive afin par exemple de faire que la documentation sur une fonction apparaisse automatiquement lorsqu'on tape une parenthèse ouvrante [41].

Dans le menu Aide, se trouve un tutoriel expliquant le fonctionnement de spyder.

III.1.3 Les types de base prédéfinis dans python

Contrairement à d'autres langages, la commande `a = b` ne provoque pas la duplication de l'objet référencé par `b`. On verra que cette différence est importante lorsque la valeur de l'objet référencé par `b` est modifiable (i.e. quand la valeur de l'objet peut changer en gardant le même identifiant). C'est pourquoi on distingue dans Python les objets dits immuables, des objets mutables.

Les tableaux ci-dessous décrivent les types des objets immuables et mutables de base (hors packages complémentaires) [42].

Tableau III.1.Types des objets immutable et mutable de base

Types immuables		exemple
int	entier de taille illimitée (limitée seulement par l'espace mémoire allouée à Python).	200
float	nombre à virgule codé en utilisant l'écriture en flottant sur 64 bites selon la norme IEEE 754 (voir annexe A.4)	3.5
complex	nombre complexe écrit en notation cartésienne : <code>a + bj</code> , <code>a</code> et <code>b</code> étant de type float et représentant les parties réelles et imaginaires respectivement (le nombre imaginaire <code>j</code> devra être précédé immédiatement d'un chiffre pour ne pas être vu comme le nom d'une variable : on l'écrira <code>1j</code> ou <code>1.j</code>)	<code>3.5 + 2j</code>
bool	booléen	True ou False
str	chaînes de caractères i.e. liste ordonnée de caractères délimitée soit par des apostrophes <code>'</code> , soit par des guillemets <code>"</code> , soit par 3 guillemets de suite pour des chaînes écrites sur plusieurs lignes.	"figure 3"
tuple	suite ordonnée d'objets de types hétérogènes	(2,"Jean",3.5)
frozenset	ensemble non ordonné d'objets distincts et immuables	frozenset({1,'aa'})
Types mutables		exemple
list	suite ordonnée d'objets de types hétérogènes (le parcours d'une liste est moins rapide que celui d'un tuple)	['aa',2, [3]]
dict	ensemble non ordonné de couples (clé : valeur), où clé est un objet immuable	{ 'a' : 2, 'n' : 'Luc' }
set	ensemble non ordonné d'objets distincts et immuables	{1,'aa'}

NB : Les chaînes de caractères, les listes et les ensembles sont des exemples d'objets appelés ((conteneurs)) car destinés à contenir plusieurs objets.

NB : (3) définit l'entier 3. Le tuple ayant un seul élément 3 s'écrit (3,). Les parenthèses ne sont pas obligatoires, elles sont néanmoins utiles pour la lisibilité du code.

III.1.3.1 Opérateurs usuels

Tableau III.2.opérateurs usuels

Opérations numériques	+ et -	* et /	// (quotient dans la division entière)	% (reste dans la division entière)	** (exposant)
Opérateurs relationnels	< et >	<= et >=	== (égalité de la valeur d'objets),	is (égalité des identificateurs d'objets)	!= (différent)
Opérateurs logiques	& and	or	^ (ou exclusif)	not	in (relation d'appartenance à un conteneur)

III.1.4 Branchement et Boucle

Les structures de branchement et de boucle permettent de contrôler le déroulement d'un programme. Elles offrent la possibilité d'exécuter certaines instructions uniquement si des conditions sont remplies (branchement), ou de répéter un bloc d'instructions plusieurs fois (boucle) : [44]

III.1.4.1 Branchement if [elif] [else]

L'instruction if permet d'exécuter ou non une portion d'un programme en fonction d'un test.

if <condition>: bloc d'instructions 1	Le bloc d'instructions 1 n'est exécuté que si la valeur de <condition> correspond au booléen True.
---	--

Un bloc d'instructions est composé de lignes d'instruction indentées de la même façon (décalage de 4 espaces à droite) chaque instruction se termine simplement par un passage à la ligne suivi d'une indentation. Il est précédé par un ((:)).

NB : la commande input() provoque l'arrêt de l'exécution du programme pour permettre à l'utilisateur de taper quelque chose au clavier. Le programme reprend lorsque l'utilisateur tape sur la touche <Enter>; ce qu'il a tapé définit un objet de type str référencé par la variable chaine.

On peut compléter le branchement if pour exécuter des instructions seulement lorsque <condition> est faux :

if <condition>: bloc d'instructions 1 else: bloc d'instructions 2	Ici, le bloc d'instructions 2 n'est exécuté que si <condition> correspond au booléen False.
---	---

Il est possible d'enchaîner plusieurs branchements avec l'instruction elif qui est la contraction de else et de if. Par exemple,

if <condition 1>: bloc d'instructions 1 elif <condition 2>: bloc d'instructions 2 else : bloc d'instructions 3	Si <condition 1> est satisfaite, le bloc d'instructions 1 est exécuté. Si <condition 1> n'est pas satisfaite et si <condition 2> est satisfaite alors le bloc d'instructions 2 est exécuté. Si ni <condition 1>, ni <condition 2> ne sont satisfaites, le bloc d'instructions 3 est exécuté.
--	--

III.1.4.2 Les boucles

a) Boucle for

On utilise une boucle for pour exécuter des lignes d'instruction un nombre prédéfini de fois. Le bloc d'instructions que l'on veut exécuter plusieurs fois peut dépendre d'un paramètre v dont on souhaite faire varier la valeur à chaque passage dans la boucle.

for v in obj_iterable: <bloc d'instructions>	obj_iterable doit être un objet itérable c'est-à-dire composé d'éléments que l'on peut parcourir successivement (comme les objets de type list, tuple, str, set). Le bloc d'instructions est alors exécuté avec une valeur de la variable v qui prend successivement chaque valeur des éléments composant l'objet obj_iterable.
--	---

NB : obj_iterable ne doit pas être modifié pendant l'exécution du bloc d'instructions. La variable v existe toujours une fois la boucle terminée.

La fonction range permet de construire un itérateur qui permet d'itérer sur une liste d'entiers sans créer cette liste (pour gagner de la place mémoire) :

range(n)	pour itérer sur les entiers de 0 à n-1
range(d, f)	pour itérer sur les entiers de d à f-1
range(d, f, p)	pour itérer sur les entiers de la forme d+kp pour $k \in \{0, \dots, [\frac{f-1-d}{p}]\}$

b) La boucle conditionnelle while

La boucle conditionnelle ((tant que)) est utilisée pour exécuter une série de commandes tant qu'une expression logique est satisfaite.

while <conditions>: bloc d'instructions	Si la valeur de <conditions> est False, le bloc d'instructions n'est pas exécuté. Si la valeur de <conditions> est True, le bloc d'instructions est répété tant que la valeur de <conditions> est True.
---	--

NB : il faut que dans le bloc d'instructions, il y ait une instruction qui change la valeur de <conditions> afin que le programme ne tourne pas indéfiniment

III.1.5 Fonctions, Modules et Packages

Une fonction est un ensemble d'instructions que l'on regroupe sous un nom afin de pouvoir exécuter ces instructions facilement à plusieurs endroits d'un programme [45].

III.1.5.1 Fonctions existantes

On a déjà rencontré des fonctions type, id et print. La syntaxe pour appeler une fonction définie lors du chargement de Python est `nomDeLaFonction(listeArguments)` [45].

III.1.5.2 Fonctions attachées à un objet

Dans le vocabulaire de la programmation objet, une type de données comme int, float, ... sont des classes. Ce sont des programmes qui permettent de construire des objets et de définir

- les propriétés de ces objets, appelées attributs
- les opérations que l'on peut effectuer avec ces objets appelées méthodes.

Ce que l'on a appelé objet est un exemplaire particulier d'une classe : on parle d'instance de la classe. Les méthodes sont des fonctions définies dans une classe pour agir sur les instances de cette classe.

<code>obj.nomDeAttribut</code>	pour obtenir l'attribut <code>nomDeAttribut</code> de l'objet <code>obj</code>
<code>obj.methode(listeArg)</code>	pour appliquer la fonction <code>methode</code> sur l'objet <code>obj</code>
des méthodes spéciales comme <code>__abs__</code> , <code>__add__</code> , <code>__mul__</code>	

Les méthodes spéciales servent notamment à redéfinir des fonctions existantes pour les objets de type float afin de pouvoir les utiliser avec des nombres complexes. On parle de surcharge de méthodes. Par exemple, `__abs__` permet d'utiliser `abs` pour calculer le module d'un nombre complexe. `__add__` et `__mul__` permettent de définir les opérations + et * entre deux nombres complexes [45].

NB : Ne pas oublier les () après le nom d'une méthode si on l'appelle sans argument.

III.1.5.3 Les modules

Les fonctions intégrées au langage et disponibles au lancement de Python sont peu nombreuses. Il en existe beaucoup d'autres regroupées par thèmes dans des fichiers séparés, que l'on appelle des modules. Par exemple :

- Le module `math` est un module de la distribution standard de Python qui contient :
 - les définitions de nombreuses fonctions mathématiques : `acos`, `cos`, `exp`, `factorial`, `floor`, `gamma` ... — la définition de constantes : `e`, `pi`, `inf`, `nan`.
- Le module `copy` est un module de la distribution standard de Python qui contient deux fonctions permettant de faire des copies de conteneurs.
- Le module `time` est aussi un module de la distribution standard de Python qui contient notamment une fonction `time` qui affiche le nombre de secondes qui se sont écoulées depuis le 01/01/1970 et des fonctions permettant de convertir ce résultat en une date.

En pratique, un module est un fichier qui porte le nom du module suivi de l'extension `.py`. On importe les objets (fonctions, variables, classes) définis dans ce fichier à l'aide de l'instruction `import` [45].

<code>import nomModule</code>	pour importer l'ensemble des objets définis dans <code>nomModule</code> . L'objet <code>obj</code> de <code>nomModule</code> sera accessible sous le nom <code>nomModule.obj</code> .
<code>import nomModule as nomCourt</code>	pour importer l'ensemble des objets définis dans <code>nomModule</code> en renommant le module <code>nomCourt</code> .

`from nomModule import obj1, obj2, ...` pour importer certains objets définis dans le module directement dans l'espace de noms courant : ils sont alors directement accessibles avec leur nom simple. Attention, si des objets ayant le même nom existaient avant l'importation, ceux-ci sont alors inaccessibles. On peut remplacer la liste des objets à importer par `*` si on veut tout importer (à éviter)

III.1.5.4 Les packages

Un `(( package ))` correspond à un répertoire (ayant le nom du package) regroupant des modules et des fichiers de description de ce répertoire. La syntaxe pour importer un `(( package ))` est la même que pour un module. Un `(( package ))` peut contenir des `(( sub-packages ))` (correspondant à des sous-répertoires). Après l'import du package `nomPackage` par la commande [45] :

`Import nomPackage`

Les objets d'un `(( sub-package ))` sont accessibles à l'aide de la syntaxe :

`nomPackage.nomSubPackage.obj`

On peut aussi importer simplement un module (ou un `(( sub-package ))`) d'un `(( package ))` :

1ère possibilité :	2ème possibilité :
<code> import nomPackage.nomModule</code>	<code> from nom_package import nom_module</code>
On accède à un objet de ce module par : <code>nomPackage.nomModule.obj</code>	On accède à un objet de ce module par : <code>nomModule.obj</code>

NB : on peut bien sûr ajouter l'instruction `as` pour renommer l'espace de nom du module.

III.1.6 Créer ses propres fonctions

Dans Python, la syntaxe pour créer une fonction (qui exécute un ensemble d'instructions et retourne un objet) ou une procédure (qui exécute un ensemble d'instructions sans rien renvoyer) est la même (on ne fera pas la distinction, on n'utilisera que le terme de fonction) :

def <code>nomDeLaFonction(paramOblig,paramOpt):</code> <code>"""</code> description de ce que fait la fonction et des paramètres <code>"""</code> bloc d'instructions	Les paramètres d'entrée de la fonction sont séparés par des virgules. La liste doit commencer par les paramètres obligatoires (ils sont désignés par un nom de variables) et se terminer par les paramètres optionnels pour lesquels on donne une valeur par défaut sous la forme <code>nomParam = valeur</code> . Une fonction doit obligatoirement avoir un bloc d'instructions.
--	--

Une fonction est un objet qui est créé au moment où on fait lire le code de la fonction à Python.

Les valeurs par défaut des paramètres optionnels doivent être fixées à ce moment-là. Ensuite, la fonction créée peut être utilisée comme les fonctions déjà existantes.

Les instructions figurant à l'intérieur de la fonction seront exécutées seulement au moment où on appelle la fonction.

La description écrite entre deux `"""`, juste après la définition d'une fonction, est appelée docstring. Elle apparaît lorsqu'on exécute l'instruction `help(nomDeLaFonction)` [45].

III.1.7 L'instruction return

Pour qu'une fonction retourne un objet, on utilise l'instruction `return` suivie de la liste des objets à retourner. Une fonction peut contenir plusieurs instructions `return`. L'exécution du bloc d'instruction s'arrête à la première instruction `return` rencontrée. Si lors de l'exécution de la fonction, aucune

instruction `return` n'est rencontrée alors l'objet appelé `None` est renvoyé. C'est le cas de la fonction `table_multiplication` [6].

III.1.8 Les tableaux du package Numpy

La convention est d'importer le package Numpy avec la commande [46] :

```
| import numpy as np
```

Ce package permet de manipuler un nouveau type d'objets mutables appelé `ndarray` correspondant à des tableaux multidimensionnels; les principales caractéristiques des tableaux qui les distinguent des listes emboîtées.

- les données du tableau doivent être toutes du même type;
- le nombre de données dans le tableau est fixé à la création de l'objet;
- si le tableau a plusieurs dimensions, chacune contient le même nombre d'éléments;

Ces caractéristiques font qu'un objet de type `ndarray` a besoin de stocker moins d'informations sur les données qui le compose qu'un objet de type `list` et qu'il est possible de faire des opérations rapidement sur tous ses éléments sans utiliser de boucle. Pour ces raisons, on privilégiera l'utilisation des objets de type `ndarray` plutôt que de type `list` lorsque cela est possible.

On se limitera dans la suite à décrire des tableaux de dimension 1 et 2.

III.1.8.1 Description d'un tableau

- le format `(( shape ))` d'un tableau est décrit par un tuple formé d'entiers strictement positifs. Par exemple, `(3,)` pour un tableau unidimensionnel à 3 éléments et `(3,2)`, pour un tableau bi-dimensionnel à 3 lignes et 2 colonnes.
- Les dimensions d'un tableau sont appelées `(( axis ))` et numérotées à partir de 0. Par exemple, pour un tableau bi-dimensionnel, l'axe 0 correspond aux lignes et l'axe 1 aux colonnes.

Quelques attributs d'un tableau numpy tab

<code>tab.shape</code>	tuple d'entiers décrivant le nombre d'éléments pour chaque axe du tableau <code>tab</code> .
<code>tab.ndim</code>	nombre de dimensions (ou axes) du tableau <code>tab</code> .
<code>tab.size</code>	nombre total d'éléments du tableau <code>tab</code> .
<code>tab.dtype</code>	type des éléments du tableau <code>tab</code> .

Les tableaux ci-dessous décrivent quelques fonctions permettant la création et le redimensionnement des tableaux numériques 1D et 2D. Utiliser l'aide de Python pour avoir plus de détails sur l'utilisation de chaque fonction.

Création de tableaux 1D

<code>np.array(v)</code>	les éléments sont les coefficients de la liste <code>v</code>
<code>np.linspace(a,b,n)</code>	les éléments sont <code>n</code> valeurs équiréparties entre <code>a</code> et <code>b</code> en commençant par <code>a</code> (par défaut <code>b</code> est le <code>n</code> -ième élément)
<code>np.arange(a,b,p)</code>	les éléments sont les premières valeurs d'une suite arithmétique de raison <code>p</code> commençant en <code>a</code> jusqu'à <code>b</code> exclus

Création de tableaux 1D (si `dim` est un entier) et 2D si (`dim` est un tuple contenant 2 entiers)

np.ones(dim) les éléments valent tous 1. np.zeros(dim) les éléments valent tous 0. (de type float par défaut) np.full(dim, a) les éléments valent tous a
 np.eye(dim) les éléments valent 1 sur la diagonale et 0 ailleurs np.fromfunction(f, dim)
 l'élément indexé par x vaut f(x)

Création d'un tableau 2D à partir d'une liste ou d'un tableau 1D appelé v

np.reshape(v,(i,j)) création d'un tableau à i lignes et j colonnes en remplissant ligne par ligne avec les éléments de v (si ij est le nombre d'éléments de v)
 np.diag(v, k) matrice dont les éléments sur la k-ième diagonale sont donnés par la liste ou le tableau 1D v et dont les autres éléments sont nuls (k=0 par défaut).

III.1.8.2 Opérations matricielles

En plus d'opérations éléments par éléments, on dispose de fonctions permettant d'effectuer du calcul matriciel. Le tableau suivant décrit quelques fonctions de base. Le module linalg de scipy contient un grand nombre de fonctions pour l'algèbre linéaire. Dans ce tableau, A et B désignent des tableaux numériques 1D ou 2D de tailles compatibles pour les opérations décrites [47].

Opérations matricielles

np.dot(A,B) ou A.dot(B) (ou A @ B avec Python version ≥ 3.5)	produit matriciel AB
np.power(A,n)	puissance n-ème de la matrice A
np.transpose(A) ou A.T	transposée de la matrice A
np.trace(A)	trace de A
scipy.linalg.norm(A)	différentes normes (par défaut, norme de Frobénius si A est une matrice et norme 2 si A un vecteur)
scipy.linalg.inv(A)	inverse de A
scipy.linalg.det(A)	déterminant de A
scipy.linalg.eigvals(A)	valeurs propres de A
scipy.linalg.eig(A)	valeurs propres et base de vecteurs propres

III.1.8.3 Quelques fonctions opérant sur des tableaux numériques

Le tableau décrit le fonctionnement de quelques fonctions usuelles lorsqu'on les applique à un tableau 2D appelé M. On peut utiliser aussi ces fonctions avec des tableaux 1D, ou bien faire agir ces fonctions colonne par colonne ou ligne par ligne sur un tableau 2D en ajoutant l'argument optionnel axis=0 ou axis=1 : [48]

np.min(M)	retourne la valeur minimale des coefficients de M
np.max(M)	retourne la valeur maximale des coefficients de M
np.sum(M)	retourne la somme des éléments de M
np.cumsum(M)	retourne un tableau 1D M contenant la somme cumulée des premiers éléments de M parcourus ligne par ligne.
np.mean(M)	retourne la moyenne de tous les éléments de M
np.prod(M)	retourne le produit des éléments de M
np.cumprod(M)	retourne un vecteur contenant le produit cumulé des premiers éléments de M.
sort(M)	tri par ordre croissant chaque ligne de M

III.2 Court circuit

- Un court-circuit est une liaison accidentelle entre conducteurs à impédance nulle (Court-circuit franc) ou non (court-circuit impédant).
- Un court-circuit peut être interne s'il est localisé au niveau d'un équipement, ou Externe s'il se produit dans les liaisons.
- La durée d'un court-circuit est variable : auto extincteur si le défaut est trop court Pour déclencher la protection; fugitif lorsque éliminé après déclenchement et réenclenchement de la protection ; permanent s'il ne disparaît pas après déclenchement de la protection.
- Les causes de court-circuit sont d'origines mécaniques (coup de pelle, branche Électrique), (dégradation d'isolant, surtension), humaine (erreur de l'exploitant) [50].

III.3 Méthode des composantes symétriques

La définition des composantes symétriques repose sur l'équivalence entre un système triphasé déséquilibré, et la somme de trois systèmes triphasés équilibrés : direct, indirect et homopolaire. [51]

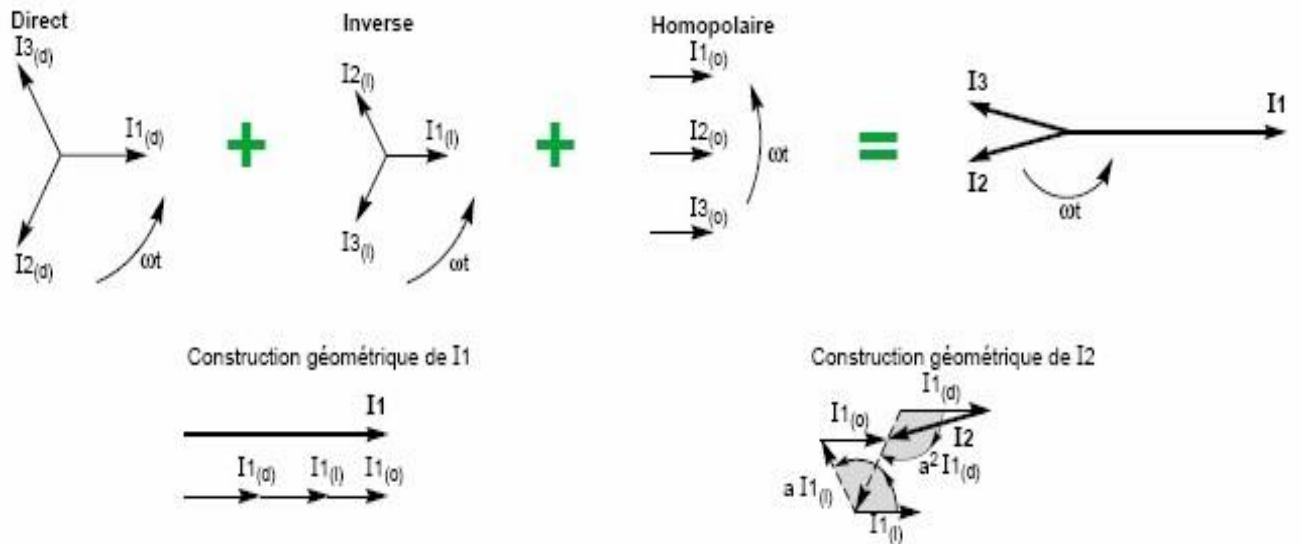


Figure III.1 : Système déséquilibré triphasé obtenu en additionnant les trois systèmes équilibrés

III.4 Calcul de courants de court-circuit

Le calcul des courants de court-circuit peut se faire de différentes manières, néanmoins, dans ce présent chapitre on exposera que la méthode dite " des composantes symétriques" [52].

Le théorème de superposition est alors exploitable pour le calcul des courants de défaut.

Les composantes réelles des phases a, b, c des courants I^{abc} et des tensions V^{abc} s'écrivent comme suit :

$$\begin{cases} I^a = I\sqrt{2} \sin(wt + \varphi) \\ I^b = I\sqrt{2} \sin(wt + \varphi - \frac{2\pi}{3}) \\ I^c = I\sqrt{2} \sin(wt + \varphi + \frac{2\pi}{3}) \end{cases} \quad (II.1)$$

$$\begin{cases} V^a = V\sqrt{2} \sin(wt + \psi) \\ V^b = V\sqrt{2} \sin(wt + \psi - \frac{2\pi}{3}) \\ V^c = V\sqrt{2} \sin(wt + \psi + \frac{2\pi}{3}) \end{cases} \quad (III.2)$$

Ce système est équivalent au 3 systèmes : direct, inverse et homopolaire est formulé par les équations suivantes :

Direct :

$$\begin{cases} I_a^1 = I^1 \sqrt{2} \sin(wt + \varphi) \\ I_b^1 = I^1 \sqrt{2} \sin(wt + \varphi - \frac{2\pi}{3}) \\ I_c^1 = I^1 \sqrt{2} \sin(wt + \varphi + \frac{2\pi}{3}) \end{cases} \quad (\text{III.3})$$

Inverse :

$$\begin{cases} I_a^2 = I^2 \sqrt{2} \sin(wt + \varphi) \\ I_b^2 = I^2 \sqrt{2} \sin(wt + \varphi + \frac{2\pi}{3}) \\ I_c^2 = I^2 \sqrt{2} \sin(wt + \varphi + \frac{2\pi}{3}) \end{cases} \quad (\text{III.4})$$

Homopolaire :

$$\begin{cases} I_a^0 = I^0 \sqrt{2} \sin(wt + \varphi) \\ I_b^0 = I^0 \sqrt{2} \sin(wt + \varphi) \\ I_c^0 = I^0 \sqrt{2} \sin(wt + \varphi) \end{cases} \quad (\text{III.5})$$

$$\begin{cases} V_a^1 = V^1 \sqrt{2} \sin(wt + \psi) \\ V_b^1 = V^1 \sqrt{2} \sin(wt + \psi - \frac{2\pi}{3}) \\ V_c^1 = V^1 \sqrt{2} \sin(wt + \psi + \frac{2\pi}{3}) \end{cases} \quad (\text{III.6})$$

$$\begin{cases} V_a^2 = V^2 \sqrt{2} \sin(wt + \psi) \\ V_b^2 = V^2 \sqrt{2} \sin(wt + \psi + \frac{2\pi}{3}) \\ V_c^2 = V^2 \sqrt{2} \sin(wt + \psi + \frac{2\pi}{3}) \end{cases} \quad (\text{III.7})$$

$$\begin{cases} V_a^0 = V^0 \sqrt{2} \sin(wt + \psi) \\ V_b^0 = V^0 \sqrt{2} \sin(wt + \psi) \\ V_c^0 = V^0 \sqrt{2} \sin(wt + \psi) \end{cases} \quad (\text{III.8})$$

Les systèmes est défini en prenant $\bar{I}_i^a$ comme référence de rotation, pour un accès quelconque d'indice i les composants de courant s'écrivent :

$\bar{I}_i^1$: comme sa composante directe

$\bar{I}_i^2$: comme sa composante inverse

$\bar{I}_i^0$: comme sa composante homopolaire

En utilisant l'opération $\mathbf{a} = e^{-j\frac{2\pi}{3}}$ entre $\bar{I}_i^a$, $\bar{I}_i^b$, $\bar{I}_i^c$, l'addition graphique des vecteurs donne bien les resultats suivants :

$$\begin{bmatrix} \bar{I}_i^a \\ \bar{I}_i^b \\ \bar{I}_i^c \end{bmatrix} = [T] \begin{bmatrix} \bar{I}_i^1 \\ \bar{I}_i^2 \\ \bar{I}_i^0 \end{bmatrix} \quad \text{avec} \quad [T] = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ a^2 & a & 1 \\ a & a^2 & 1 \end{bmatrix} \quad \text{est la matrice de transfert.} \quad (\text{III.9})$$

$$\begin{cases} \bar{I}_i^a = \bar{I}_i^1 + \bar{I}_i^2 + \bar{I}_i^0 \\ \bar{I}_i^b = a^2 \bar{I}_i^1 + \bar{I}_i^2 + \bar{I}_i^0 \\ \bar{I}_i^c = a \bar{I}_i^1 + a^2 \bar{I}_i^2 + \bar{I}_i^0 \end{cases} \quad (\text{III.10})$$

Les trois composantes des phases **a, b, c**, sont données en fonction des composantes asymétriques (1, 2, 0) comme suit :

Ces composantes symétriques de courant sont liées aux composantes symétriques de tension par les impédances correspondantes, on aura :

$$\begin{aligned}\bar{V}_i^1 &= E - \mathbf{Z}_i^1 \bar{I}_i^1 \\ \bar{V}_i^2 &= - \mathbf{Z}_i^2 \bar{I}_i^2 \\ \bar{V}_i^0 &= - \mathbf{Z}_i^0 \bar{I}_i^0\end{aligned}\tag{III.11}$$

De même manière que les courants, les tensions sont liées par la matrice de la transformation **T** comme suit :

$$\begin{bmatrix} \bar{V}_i^a \\ \bar{V}_i^b \\ \bar{V}_i^c \end{bmatrix} = [\mathbf{T}] \begin{bmatrix} \bar{V}_i^1 \\ \bar{V}_i^2 \\ \bar{V}_i^0 \end{bmatrix}\tag{III.12}$$

Donc le calcul des courants et tensions de court-circuit revient à déterminer $[\bar{I}_i^{1,2,0}]$ et $[\bar{V}_i^{1,2,0}]$ connaissant les matrices des impédances $[\bar{Z}^{1,2,0}]$.

Les relations ci-dessus exprime les composantes de phase en fonction des composantes symétriques. D'autre part, on peut exprimer les composantes symétriques en terme des composantes de phase par inversion de la matrice de transformation **T** :

$$\begin{bmatrix} \bar{I}_i^1 \\ \bar{I}_i^2 \\ \bar{I}_i^3 \end{bmatrix} = [\mathbf{T}]^{-1} \begin{bmatrix} \bar{I}_i^a \\ \bar{I}_i^b \\ \bar{I}_i^c \end{bmatrix}\tag{III.13}$$

$$[\mathbf{T}]^{-1} = \frac{1}{3} \begin{bmatrix} 1 & a & a^2 \\ 1 & a^2 & a \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}\tag{III.14}$$

Les courants de phase $[\bar{I}_i^{a,b,c}]$ ainsi que les tension de phase $[\bar{V}_i^{a,b,c}]$ au niveau de chaque accès **i** seront calculées comme suit :

$$\begin{cases} \bar{I}_i^1 = \frac{1}{3} (\bar{I}_i^a + a \bar{I}_i^b + a^2 \bar{I}_i^c) \\ \bar{I}_i^2 = \frac{1}{3} (\bar{I}_i^a + a^2 \bar{I}_i^b + a \bar{I}_i^c) \\ \bar{I}_i^0 = \frac{1}{3} (\bar{I}_i^a + \bar{I}_i^b + \bar{I}_i^c) \end{cases}\tag{III.15}$$

$$\begin{cases} \bar{V}_i^1 = \frac{1}{3} (\bar{V}_i^a + a \bar{V}_i^b + a^2 \bar{V}_i^c) \\ \bar{V}_i^2 = \frac{1}{3} (\bar{V}_i^a + a^2 \bar{V}_i^b + a \bar{V}_i^c) \\ \bar{V}_i^0 = \frac{1}{3} (\bar{V}_i^a + \bar{V}_i^b + \bar{V}_i^c) \end{cases}\tag{III.16}$$

III.5 Formulation des équations générale de court-circuit

En pratique, on rencontre plusieurs types de défauts [52] :

- Court-circuit monophasé à la Terre ;

- Court-circuit biphasé ;
- Court-circuit biphasé à la Terre ;
- Court-circuit triphasé.

Le type de défaut le plus fréquent est le court-circuit monophasé.

Le défaut peut être franc ou à travers une impédance.

III.5.1 Défaut triphasé symétrique

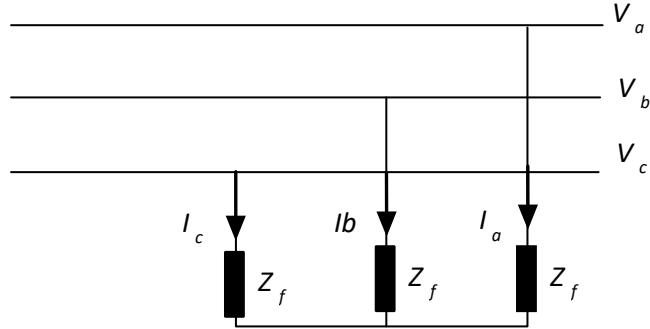


Figure III.2. schéma de court-circuit triphasé

On définit $\mathbf{i}$ comme étant l'accès de défaut pour tous les types de défauts.

Condition de défauts :

$$\bar{I}_i^a + \bar{I}_i^b + \bar{I}_i^c = 0 \quad (\text{III.17})$$

$$\bar{V}_i^a = \bar{V}_i^b = \bar{V}_i^c \quad (\text{III.18})$$

Le schéma équivalent en composantes symétriques est donné sur la **figure III.3, ci-dessous** :

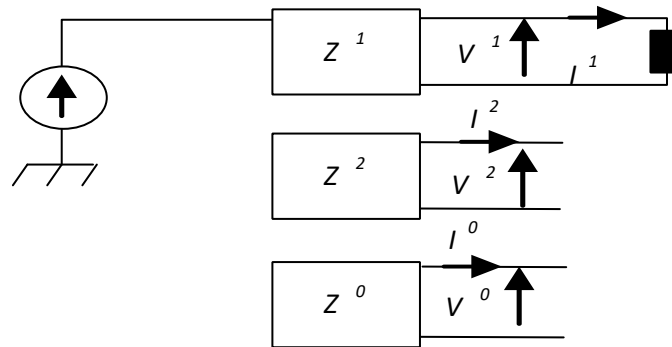


Figure III.3. Schéma de séquence pour un défaut triphasé

Avec :

$$\bar{I}_i^2 = \bar{I}_i^0 = 0 \quad (\text{III.19})$$

Et :

$$I_f = \bar{I}_i^1 = \frac{E}{Z_{ii}^1 + Z_f} \quad (\text{III.20})$$

En remplaçant dans l'équation (III.10) on aura :

$$\bar{I}_i^a = \bar{I}_i^1 ; \bar{I}_i^b = a^2 \bar{I}_i^1 ; \bar{I}_i^c = a \bar{I}_i^1 \quad (\text{III.21})$$

III.5.2 Défaut phase-terre

Condition de défauts :

$$\bar{I}_i^a = \bar{I}_i^b = 0 \quad (\text{III.22})$$

$$\bar{I}_f = \bar{I}_i^a \quad (\text{III.23})$$

$$V_i^a = Z_f \bar{I}_f \quad (\text{III.24})$$

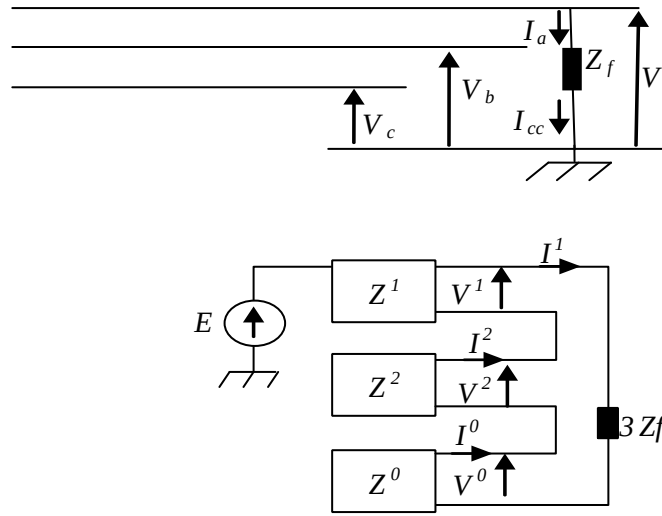


Figure III.4. Schéma de court-circuit et schéma de séquence pour un défaut monophasé

Dans ce cas, les composantes symétriques en courant sont égales, d'où le schéma équivalent en séquence (1,2,0) est donné dans la **Figure III.5**.

Avec :

$$\bar{I}_i^1 = \bar{I}_i^2 = \bar{I}_i^0 = \frac{E}{Z_{ii}^1 + Z_{ii}^2 + Z_{ii}^0 + Z_f} \quad (\text{III.25})$$

En appliquant (III.7) on aura :

$$\bar{I}_f = \bar{I}_i^a = 3\bar{I}_i^1 \quad (\text{III.26})$$

$$\bar{I}_i^b = \bar{I}_i^c = 0 \quad (\text{III.27})$$

III.5.3 Défaut biphasé

Condition de défauts :

$$\bar{I}_i^a = 0 \quad (\text{III.28})$$

$$\bar{I}_f = \bar{I}_i^b = -\bar{I}_i^c \quad (\text{III.29})$$

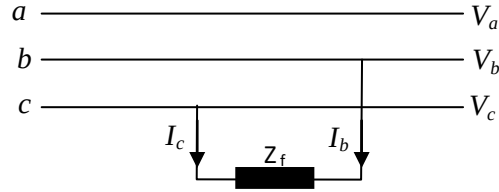


Figure III.5. schéma de court-circuit biphase

Le schéma équivalent en composante symétrique est donné dans la figure III.7.

Avec : $\bar{I}_i^0 = 0$ (III.30)

Et :

$$\bar{I}_i^1 = -\bar{I}_i^2 = \frac{E}{Z_{ii}^1 + Z_{ii}^2 + Z_f} \quad (III.31)$$

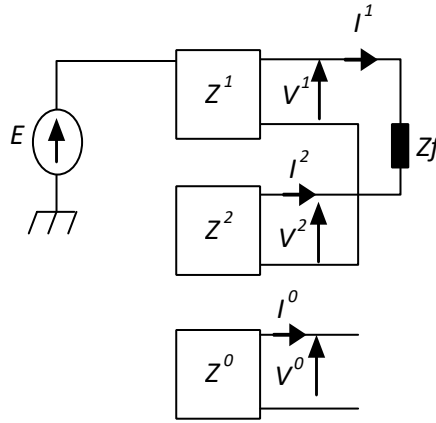


Figure III.6. Schéma de séquence pour un défaut biphase.

En utilisant l'équation (III.10) on obtiendra les courants circulants dans les trois phases en valeur réelles :

$$\begin{cases} \bar{I}_i^a = 0 \\ \bar{I}_f = \bar{I}_i^b = -\bar{I}_i^c = (a^2 - a) \cdot \bar{I}_i^1 = j\sqrt{3}\bar{I}_i^1 \\ \bar{I}_f = j\sqrt{3}\bar{I}_i^1 \frac{E}{Z_{ii}^1 + Z_{ii}^2 + Z_f} \end{cases} \quad (III.32)$$

III.5.4 Défaut biphase-terre

Condition de défauts :

$$I_f = \bar{I}_i^b + \bar{I}_i^c ; \bar{I}_i^a = 0$$

$$\bar{V}_i^b = \bar{V}_i^c = Z_f I_f$$

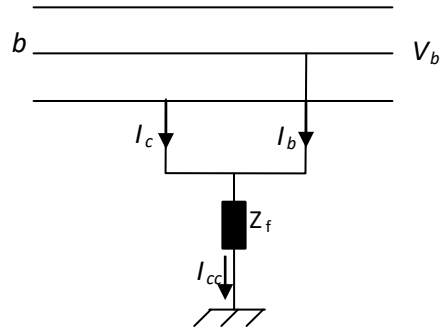


Figure III.7. Schéma de court-circuit biphasé-terre.

Le schéma équivalent en composantes symétriques est donné sur la figure III.8

Dans ce type de défaut, les courants de différentes séquences coexistent, ce qui rend la solution un peu difficile. Ainsi après le développement des équations (III.10) et (III.11) donne ce qui suit :

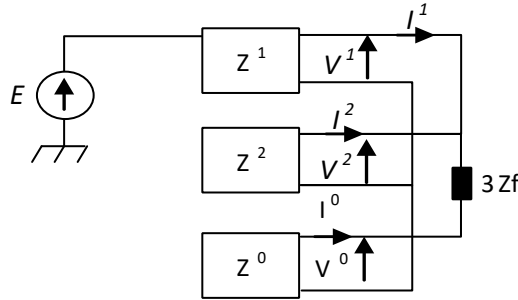


Figure III.8 . Schéma de séquence pour un circuit biphasé-terre

Les différents courants de séquences sont :

$$\begin{cases} \bar{I}_i^1 = \frac{Z_{ii}^2 + (Z_{ii}^0 + 3Z_f)}{\Delta} E \\ \bar{I}_i^2 = -\frac{Z_{ii}^0 + 3Z_f}{\Delta} E \\ \bar{I}_i^0 = -\frac{Z_{ii}^2}{\Delta} \end{cases} \quad (III.33)$$

$$\text{Avec :} \quad \Delta = Z_{ii}^1 Z_{ii}^2 + Z_{ii}^1 (Z_{ii}^0 + 3Z_f) + Z_{ii}^2 (Z_{ii}^0 + 3Z_f) . \quad (III.34)$$

III.6 Calcul des tensions aux accès

$$V1 = 1 - Z1(:, ad) * Id(1) \quad (III.35)$$

$$V2 = -Z2(:, ad) * Id(2) \quad (III.36)$$

$$V3 = -Z0(:, ad) * Id(0) \quad (III.37)$$

III.7 Calcul de courants et puissances dans les lignes

$$I(ai, aj) = V(ai,:) * yp + (V(ai,:) - V(aj,:)) / (z1, z2, z0 + 3*zn) \quad (III.38)$$

$$S(ai, aj) = V(ai,:) * (ILaiaj)^* \quad (III.39)$$

III.8 Méthode de Thévenin

L'approche la plus commune est de remplacer le réseau avec ses générateurs en circuit de Thévenin vu des bornes du défaut. Ce circuit est représenté par une source de tension ayant la valeur juste avant l'apparition du défaut (représentant la tension au nœud où le défaut apparaît) en série avec une impédance équivalente de Thévenin représentant le réseau vu du nœud de défaut [53].

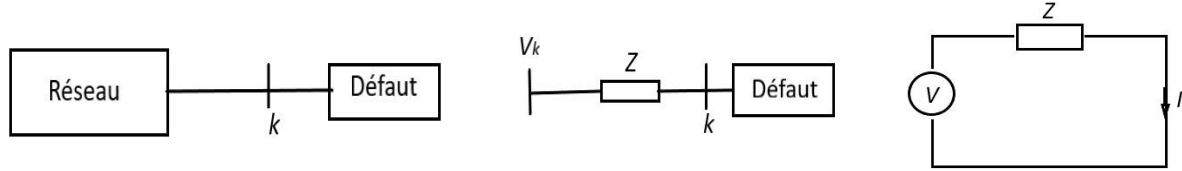


Figure III.9. schéma équivalent de Thévenin

$$Z(pu) = \frac{Z}{V/I_n} = \frac{I_n Z}{V} \rightarrow Z = \frac{V Z(pu)}{I_n} \quad (III.40)$$

Avec I_n le courant nominal (plein charge).

Le courant de défaut ou de court-circuit est :

$$I_f = \frac{V}{Z} = \frac{I_n}{Z(pu)} \quad (III.41)$$

La puissance de court-circuit est alors :

$$S_{cc} = \sqrt{3} V I_f = \frac{\sqrt{3} V I_n}{Z_{pu}} = \frac{S_b}{Z_{pu}} \quad (III.42)$$

La puissance de court-circuit S_{cc} mesure la robustesse électrique du nœud exprimé en MVA et donc permet de dimensionner les jeux de barres et le pouvoir de coupure des disjoncteurs.

II.11 Algorithme de calcul des courants de défauts

L'algorithme suivant décrit les étapes systématiques permettant de déterminer les courants de défaut selon le type de court-circuit (monophasé, biphasé, triphasé, etc.), en se basant sur les impédances de séquence du réseau ($Z1$, $Z2$, $Z0$) : [56]

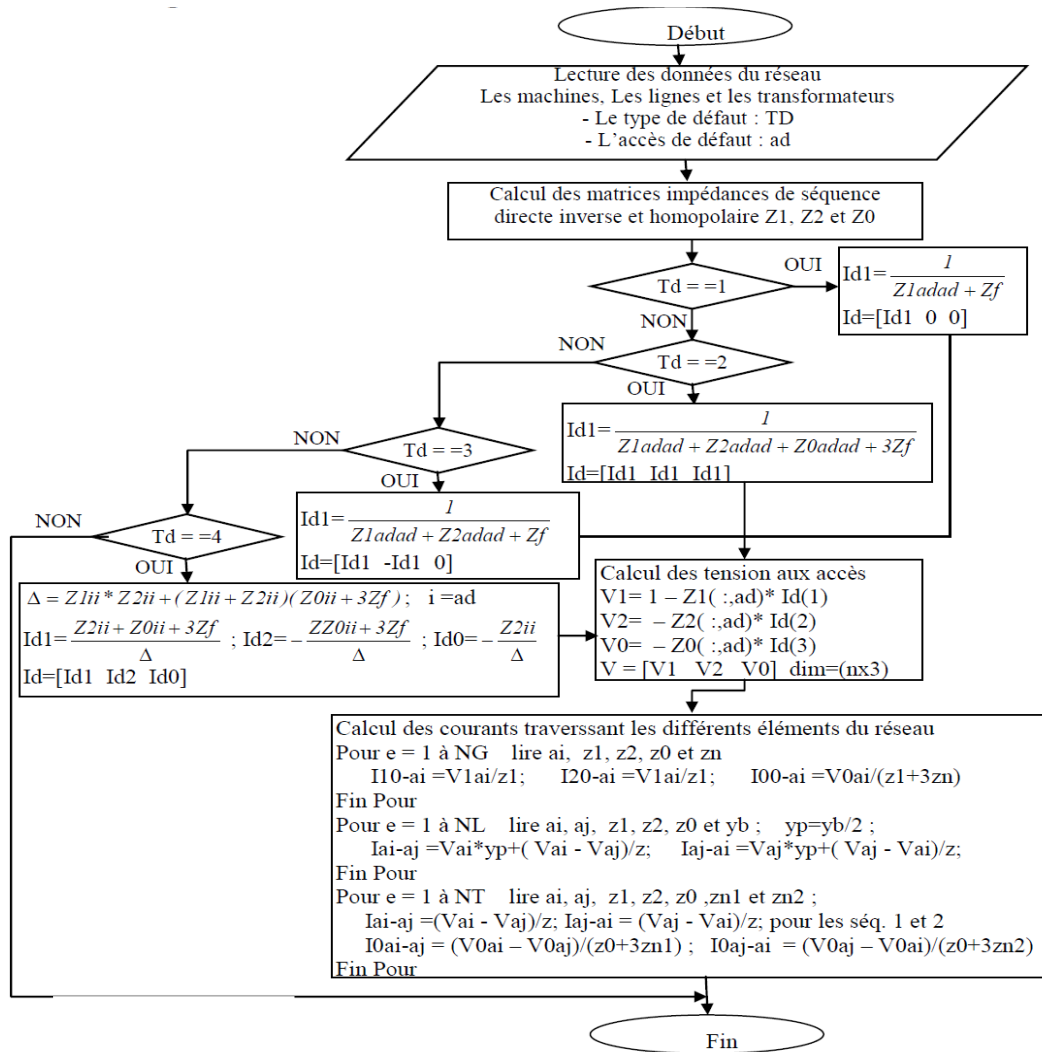


Figure III.10. Algorithme de calcul de courant de défaut

CHAPITRE IV RESULTATS ET INTERPRETATION

IV Introduction

Dans ce chapitre nous présentons les résultats obtenus suite à la mise en œuvre du calcul de courant de défaut dans le réseau électrique de transport algérien en utilisant l'environnement de programmation Python. L'approche adaptée repose sur la méthode des composantes symétriques, une méthode rigoureuse et largement utilisée pour l'analyse des défauts. Le calcul de courant de défaut constitue une étape essentielle pour la compréhension du système électrique lors des défauts, et permet de dimensionner correctement les dispositifs de protections.

IV.1 Objectif

L'objectif de chapitre est donc de présenter les résultats numériques issus de ces calculs, de valider leur cohérence par rapport aux configurations du réseau étudié, et de les interpréter. Les scripts développent sous Python permettent une automatisation et une souplesse dans l'analyse, tout en facilitant la visualisation des résultats. Les courants de défauts pour différents types de court-circuit (triphasé, monophasé-terre, biphasé, etc...) sont évalués et interprétés à partir des paramètres du réseau (impédances des générateurs, des transformateurs, des lignes, etc.).

IV.2 Présentation de réseau électrique algérien

IV.2.1 Présentation générale de la carte du réseau :

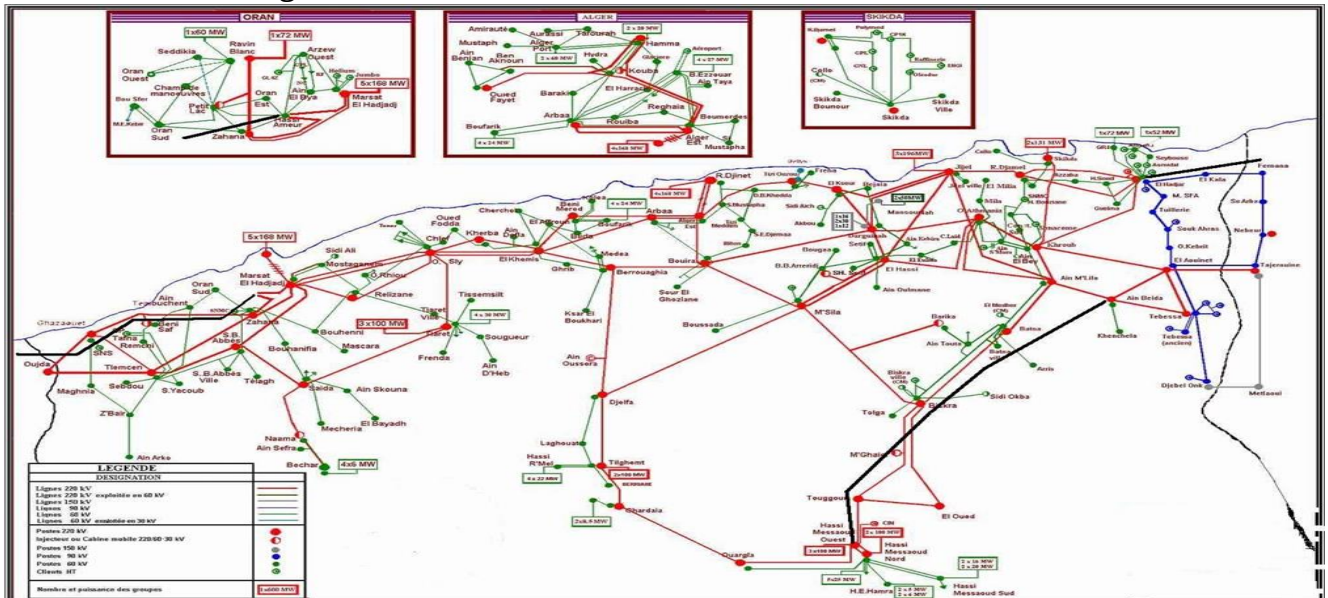


Figure IV.1. Carte du réseau électrique algérien

Dans le cadre de cette étude, l'élaboration du modèle de simulation est appliquée au réseau national de transport d'énergie électrique en Algérie. Ce réseau se caractérise par une structure interconnectée à l'échelle nationale, reliant les différentes zones de production aux pôles de consommation. Il intègre un ensemble de centrales de production réparties sur l'ensemble du territoire, des postes de transformation à haute et très haute tension, ainsi qu'un maillage dense de lignes de transport assurant l'interconnexion des différentes installations.

Les niveaux de tension représentés sur la carte sont variés, allant de 400 kV et 220 kV pour le transport principal, à 150 kV et 60 kV pour certaines liaisons régionales et inter-postes secondaires, traduisant la hiérarchie et la diversité des infrastructures du réseau algérien.

IV.2.2 Spécification du modèle simplifié utilisé dans l'étude :

Afin de permettre la réalisation des calculs de courants de défaut et de puissances injectées, un prétraitement des données de la carte a été réalisé, consistant à extraire et organiser les informations disponibles. Après cette étape de traitement, le modèle simplifié adopté pour la simulation comprend :

114 jeux de barres (nœuds), représentant les différents postes de transformation d'interconnexion, de production et de répartition recensés sur la carte.

15 groupes de production, correspondant aux centrales de production raccordées au réseau principal.

175 lignes de transport, ramenées à un niveau de tension uniforme relative en pu afin d'unifier les calculs et de faciliter la simulation.

Concernant la modélisation des groupes de production, chaque générateur a été représenté par une puissance apparente normalisée de 100 MVA. Ce choix de normalisation assure une homogénéité des paramètres de calcul tout en restant représentatif des ordres de grandeur couramment observés dans les centrales thermiques et les cycles combinés exploités en Algérie.

IV.2.3 Hypothèses simplificatrices sur la modélisation des transformateurs

Une particularité importante de la modélisation concerne les transformateurs de puissance. Bien que ces équipements soient effectivement présents dans le réseau réel, leur prise en compte détaillée nécessiterait des informations spécifiques (rapports de transformation, impédances de court-circuit, types de couplage, tensions nominales, etc.) qui n'étaient pas entièrement disponibles dans le cadre des données traitées.

Afin d'éviter toute approximation excessive, il a été décidé de ne pas modéliser explicitement les transformateurs dans la structure du réseau. Néanmoins, leur effet n'a pas été négligé : une impédance équivalente a été intégrée directement aux générateurs thermiques, permettant ainsi de prendre en compte globalement à la fois :

L'impédance interne du générateur (et notamment sa réactance subtransitoire, cruciale pour le calcul des courants de défaut), et l'impédance globale de couplage représentant le transformateur associé.

Cette approche permet de conserver une représentativité réaliste du comportement du réseau tout en respectant les limites imposées par les données disponibles, et de garantir la cohérence des résultats obtenus dans l'analyse des défauts électriques étudiés.

IV.3 Spécification et paramétrage détaillé des éléments du réseau simulé :

Afin de pouvoir réaliser les calculs de défaut et d'écoulement de puissance sur le réseau électrique algérien, il a été indispensable de préciser les paramètres électriques associés aux différents composants du modèle simplifié.

IV.3.1 Paramétrage des générateurs :

Dans le cadre de cette étude, chaque générateur a été modélisé en considérant l'association de deux contributions d'impédance :

- L'impédance propre du générateur (essentiellement la réactance subtransitoire de court-circuit, fondamentale dans le calcul des courants de défaut),
- Une impédance équivalente de transformateur, intégrée directement au modèle du générateur, en l'absence des caractéristiques détaillées des transformateurs réels. [58]

Ainsi, la réactance totale de chaque générateur est définie comme :

$$\mathbf{Z_{générateur\ total} = Z_{générateur} + Z_{transformateur\ équivalent}} \quad \mathbf{(IV.1)}$$

Par ailleurs, à la suite des informations recueillies durant notre stage au sein de SONEGAS GRTE – El Kseur, il nous a été précisé que les générateurs thermiques sont les plus couramment utilisés dans les réseaux de production en algérie, et aussi qui sont directement reliés à la terre, sans passage par une impédance de mise à la terre, ce qui implique que $Z_n = 0$ [53].

Le tableau suivant résume les valeurs des impédances modélisées pour les 15 groupes de production utilisés dans la simulation :

Tableau IV.1. Données des générateurs

N°	Accès	Z1		Z0		Zn	
1	1	0.0044	0.11	0.0040	0.06	0,000	0,000
2	5	0.0026	0.12	0.0030	0.08	0,000	0,000
3	11	0.0033	0.20	0.0042	0.15	0,000	0,000
4	15	0.0015	0.15	0.0039	0.06	0,000	0,000
5	17	0.0039	0.10	0.0047	0.15	0,000	0,000
6	19	0.0050	0.25	0.0037	0.10	0,000	0,000

NB :Le détail complet des générateurs est fourni en annexe A.1

IV.3.2 Paramétrage des lignes de transport :

Les paramètres d'impédance des 175 lignes retenues ont été extraits de la base de données du réseau. Les valeurs de réactance et de susceptance sont exprimées en valeurs par unité (pu), ramenées à la base de calcul choisie (**100 MVA et 220 kV** comme discuté précédemment).

Pour la modélisation simplifiée des défauts asymétriques, une hypothèse a été retenue concernant l'impédance de séquence zéro des lignes [57] :

$$Z0 = 3 \times Z1 \quad (IV.2)$$

Cette approximation est classiquement utilisée lorsque les données détaillées de l'impédance de séquence zéro des lignes ne sont pas entièrement disponibles.

Le tableau suivant illustre un extrait des paramètres utilisés pour certaines liaisons représentatives du réseau :

Tableau IV.2. Données des lignes

N°	ai	aj	Z1		Z0		B(pu)
1	2	1	0,0085	0,0403	0,0255	0,1209	0.0626
2	6	1	0,0122	0,0578	0,0366	0,1734	0.0901
3	2	6	0,014	0,0498	0,042	0,1494	0.0733
4	4	42	0,0274	0,1295	0,0822	0,3885	0.2017
5	4	42	0,0139	0,0122	0,0417	0,0366	0.3045
6	4	3	0,0033	0,0158	0,0099	0,0474	0.0996
7	5	3	0,0028	0,0189	0,0084	0,0567	0.0607
8	5	4	0,0018	0,0126	0,0054	0,0378	0.0407
9	4	7	0,0144	0,0678	0,0432	0,2034	0.1058
10	15	16	0,0038	0,0135	0,0114	0,0405	0.0200
11	16	3	0,0041	0,0144	0,0123	0,0432	0.0213

NB : Le détail complet des lignes est fourni en annexe A.2

IV.4 Présentation de l'environnement de Python utilisé

Dans le cadre de cette étude, le langage Python a été utilisé comme environnement de simulation pour le calcul des courants et tensions de défaut sur un réseau électrique haute tension (modèle simplifié du réseau algérien).

Le programme a été développé de manière modulaire en s'appuyant sur les bibliothèques suivantes :

- NumPy : pour les calculs matriciels et complexes
- matplotlib : pour tracer les graphes
- Scripts personnalisés : DONRA.py, Zbus11.py, Zbus02.py contenant les matrices de données du réseau (Z1, Z0, DONL, DONG, etc.).
- Objectif du script

Le script permet de simuler les différents types de défauts électriques (monophasé à la terre, biphasé, biphasé à la terre, triphasé) sur les accès du réseau, et de :

- Calculer les courants de défaut symétriques (I_1 , I_2 , I_0)
- Convertir ces courants en composantes de phase (I_a , I_b , I_c)
- Calculer les tensions symétriques (V_1 , V_2 , V_0)
- Obtenir les tensions de phase (V_a , V_b , V_c)
- Estimer les courants dans les lignes et les générateurs
- Calculer les puissances apparentes S (en VA) transférées pendant le défaut.

Structure du programme

1. Chargement des données réseau : les fonctions importées permettent de charger les matrices d'impédance et les données topologiques du réseau.
2. Transformation de Fortescue : une matrice de transformation est définie pour passer du repère symétrique au repère de phase.
3. La simulation porte sur différents types de défauts électriques dans un réseau, correspondant aux cas suivants :

Td=1 : défaut triphasé équilibré

Td=2 : Défaut phase terre

Td=3 : Défaut biphasé

Td=4 : Défaut biphasé terre

Les courants I_1 , I_2 , I_0 sont calculés pour chaque accès.

4. Conversion en courants réels (en kA) et affichage.
5. Calcul des tensions symétriques.
6. Conversion des tensions vers le repère de phase et passage en valeurs réelles (kV).
7. Calcul des courants dans les lignes et groupes avec DONL et DONG.

IV.5 Intégration de la méthode des composantes symétriques dans le programme de simulation :

La simulation des courants de défaut, des tensions et des puissances injectées dans le réseau modélisé s'appuie sur la méthode des composantes symétriques, présentée en détail au chapitre 3.

Dans cette phase de calcul numérique, cette méthode a été implémentée et automatisée à travers un programme développé sous l'environnement Python.

L'approche par composantes symétriques permet de décomposer les différents types de défauts en séquences directe, inverse et homopolaire, simplifiant ainsi les calculs pour tout type de défaut (monophasé, biphasé, biphasé à la terre ou triphasé), et ce quel que soit l'emplacement du défaut dans le réseau.

Au préalable, les matrices d'impédances de séquence (Z_1 , Z_2 , Z_0), indispensables à la résolution des défauts symétriques et asymétriques, ont été établies à l'aide des sous-programmes de calcul dédiés, avant d'être utilisées pour la simulation numérique proprement dite.

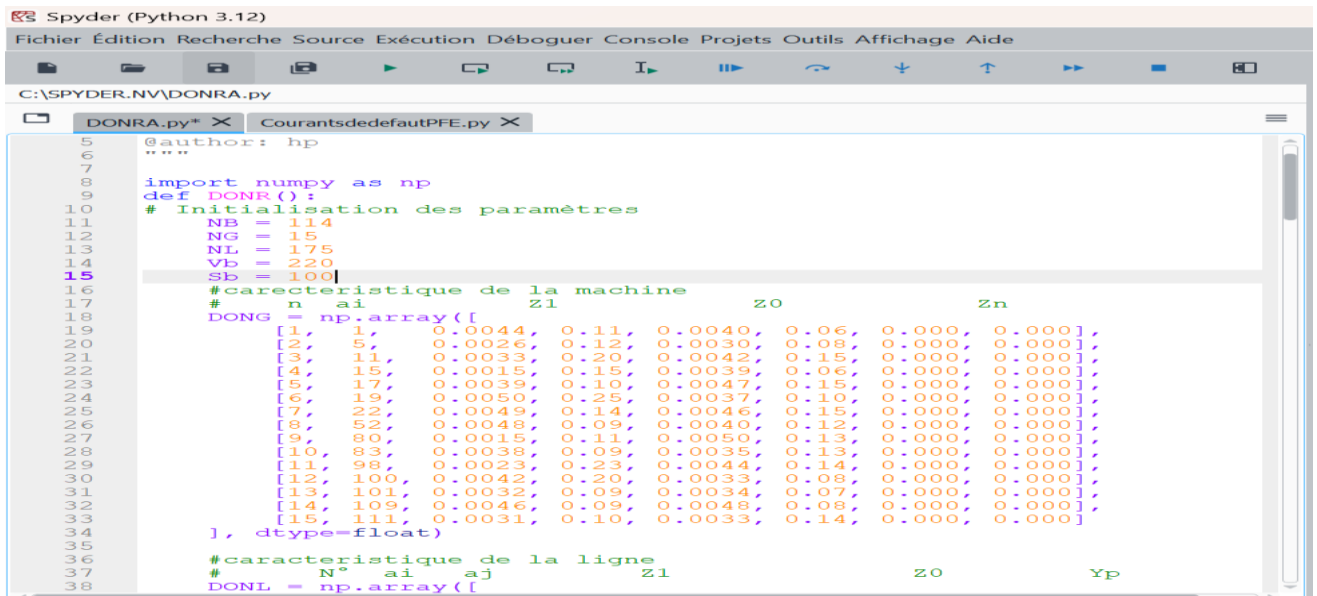
Cette simulation a permis ainsi de déterminer, pour chaque scénario de défaut considéré, non seulement les courants de défaut, mais également les tensions au niveau des différents nœuds ainsi que les puissances injectées dans le réseau.

IV.6 Architecture du programme de simulation et présentation des sous-programmes développés:

Afin de mettre en œuvre la méthode de calcul des courants de défaut détaillée dans le chapitre 3 (algorithme de calcul dimensionné préalablement), un programme complet a été développé sous l'environnement Python. Le programme de simulation s'appuie sur plusieurs sous-programmes spécialisés, regroupés selon les fonctions suivantes :

IV.6.1 Sous-programme DONRA

Lecture et structuration des jeux de données du réseau : générateurs, lignes de transport et paramètres associés.



```

5  @author: hp
6  """
7
8  import numpy as np
9  def DONRA():
10     # Initialisation des paramètres
11     NB = 114
12     NG = 15
13     NL = 175
14     Vb = 220
15     Sb = 1000
16
17     #caractéristique de la machine
18     # n ai Zl Z0 Zn
19     DONG = np.array([
20         [1, 1, 0.0044, 0.11, 0.0040, 0.06, 0.000, 0.000],
21         [2, 5, 0.0026, 0.12, 0.0030, 0.08, 0.000, 0.000],
22         [3, 11, 0.0033, 0.20, 0.0042, 0.15, 0.000, 0.000],
23         [4, 15, 0.0015, 0.15, 0.0039, 0.06, 0.000, 0.000],
24         [5, 17, 0.0039, 0.10, 0.0047, 0.15, 0.000, 0.000],
25         [6, 19, 0.0050, 0.25, 0.0037, 0.10, 0.000, 0.000],
26         [7, 22, 0.0049, 0.14, 0.0046, 0.15, 0.000, 0.000],
27         [8, 52, 0.0048, 0.09, 0.0040, 0.12, 0.000, 0.000],
28         [9, 80, 0.0015, 0.11, 0.0050, 0.13, 0.000, 0.000],
29         [10, 83, 0.0038, 0.09, 0.0035, 0.13, 0.000, 0.000],
30         [11, 98, 0.0023, 0.23, 0.0044, 0.14, 0.000, 0.000],
31         [12, 100, 0.0042, 0.20, 0.0033, 0.08, 0.000, 0.000],
32         [13, 101, 0.0032, 0.09, 0.0034, 0.07, 0.000, 0.000],
33         [14, 109, 0.0046, 0.09, 0.0048, 0.08, 0.000, 0.000],
34         [15, 111, 0.0031, 0.10, 0.0033, 0.14, 0.000, 0.000],
35     ], dtype=float)
36
37     #caractéristique de la ligne
38     # N° ai aj Zl Z0 Yp
39     DONL = np.array([

```

Figure IV.2. Données du réseau (DONR)

IV.6.2 Sous-programme de calcul Zbus direct (Z_1)

Construction de la matrice d'impédance de séquence directe Z_1 à partir des données du réseau, en prenant en compte l'ensemble des branches et des boucles présentes dans la structure maillée du réseau.

```

def Zbus():
    import numpy as np
    from DONRA import DONR
    NB, NG, NL, Vb, Sb, DONG, DONL = DONR()
    #DONL=Linedata1.copy()

    def BRANCHE(p, q, m, z1, zn, Z):
        # La procédure BRANCHE
        # Initialiser Z et z
        # Z = Z1.copy()
        z = z1
        # Cas où p == 0 (nouvel accès q sans lien avec p)
        if p == -1:
            Z[:, q] = 0 # Mettre toute la colonne q à 0
            Z[q, :] = 0 # Mettre toute la ligne q à 0
            Z[q, q] = z # Impédance de l'élément
        else:
            # Cas général où p != 0
            Z[:, q] = Z[:, p] # Copier la colonne p dans la colonne q
            Z[q, :] = Z[p, :] # Copier la ligne p dans la ligne q
            Z[q, q] = Z[p, q] + z # Mettre la valeur d'impédance à la position (q, q)

        return Z

    #procédure boucle
    def BOUCLE (p, q, m, z1, zn, Z1):
        # Addition de l'accès fictif
        k = m # L'index du nouveau nœud fictif
        Z = np.zeros((k+1, k+1), dtype=complex)
        jj = np.arange(m) # Indices de 0 à m-1 (en Python Les indices commencent à 0)
        # Extraire la sous-matrice Z1 de taille m x m
        # Z = Z1[jj, jj].copy()
        Z[:, m] = Z1[:, m]
        z = z1 # Impédance de l'élément p-q
        # Modifications en fonction des conditions sur p et q
        if p == -1:
            Z[:, k] = -Z[:, q]
            Z[k, :] = -Z[q, :]
            Z[k, k] = -Z[q, k] + z
        elif q == -1:

```

Figure IV.3. Une des étapes de calcul de l'impédance direct(Zbus1) et inverse (Zbus2)

IV.6.3 Sous-programme de calcul Zbus homopolaire (Z₀)

Construction de la matrice d'impédance de séquence homopolaire Z₀ à partir des données du réseau, en prenant en compte l'ensemble des branches et des boucles de la structure maillée du réseau

```
def Zbus0():
    import numpy as np
    from DONRA import DONR

    # Charger Les données
    NB, NG, NL, Vb, Sb, DONG, DONL = DONR()

    # Initialisation des matrices
    #Z0 = np.zeros((NB, NB), dtype=complex)
    #va0 = np.zeros(NB, dtype=int)
    m = 1
    zn = complex(DONG[0, 6], DONG[0, 7])

    # Procédure branche
    def BRANCHE_Z0(p, q, m, z0, zn, Z):
        z = z0 + 3 * zn
        if p == -1:
            Z[:, q] = 0
            Z[q, :] = 0
            Z[q, q] = z
        else:
            Z[:, q] = Z[:, p]
            Z[q, :] = Z[p, :]
            Z[q, q] = Z[p, q] + z
        return Z

    # Procédure boucle
    def BOUCLE_Z0(p, q, m, z0, zn, Z0):
        k = m
        Z = np.zeros((k+1, k+1), dtype=complex)
        Z[:m, :m] = Z0[:m, :m]
        z = z0 + 3 * zn

        if p == -1:
            Z[:, k] = -Z[:, q]
            Z[k, :] = -Z[q, :]
            Z[k, k] = -Z[q, k] + z
        elif q == -1:
            Z[:, k] = Z[:, p]
```

Figure IV.4. Une des étapes de calcul de l'impédance homopolaire(Zbus0)

IV.6.4 Programme principal (simulation des défauts)

Dans cette étape, les trois sous-programmes précédents (lecture des données, calcul de Z₁ et calcul de Z₀) sont appelés et leurs résultats intégrés afin d'alimenter le programme principal de simulation. Ce dernier effectue alors le calcul des courants de défaut, des tensions et des puissances injectées au niveau des différents nœuds du réseau.

L'algorithme prend en charge les différents types de défauts étudiés (défaut triphasé, défaut monophasé, défaut biphasé, défaut biphasé à la terre), identifiés par le paramètre Td = 1, 2, 3 ou 4.

```

Z1 = Zbus()
# Par convention dans ton modèle : Z2 = Z1
Z2 = Z1.copy()
# Appeler la fonction Zbus0() → retourne Z0
Z0 = Zbus0()
a = np.exp(1j * 2 * np.pi / 3)
T = np.array([
    [1, 1, 1],
    [a**2, a, 1],
    [a, a**2, 1]
])

# Fonction de conversion complexe → polaire avec 2 décimales
def complexe_to_polar(z):
    module = np.abs(z)
    argument_deg = np.degrees(np.angle(z))
    return f"{module:.2f} ∠ {argument_deg:.2f}°"

# Données
Zf = 0.0

NB = Z1.shape[0] # nombre total de jeux de barres

Td = 4 # Choisir le type de défaut ici (1, 2, 3 ou 4)
#ad=3
#ad=ad-1
print("\nTd =", Td)

I_sym = []
Iabc = []
Iabcreeel=[]
I120_reel_polaire = []

```

Figure IV.5 . Une des étapes de calcul de courants,tensions,puissances en Pu et en valeurs réelles

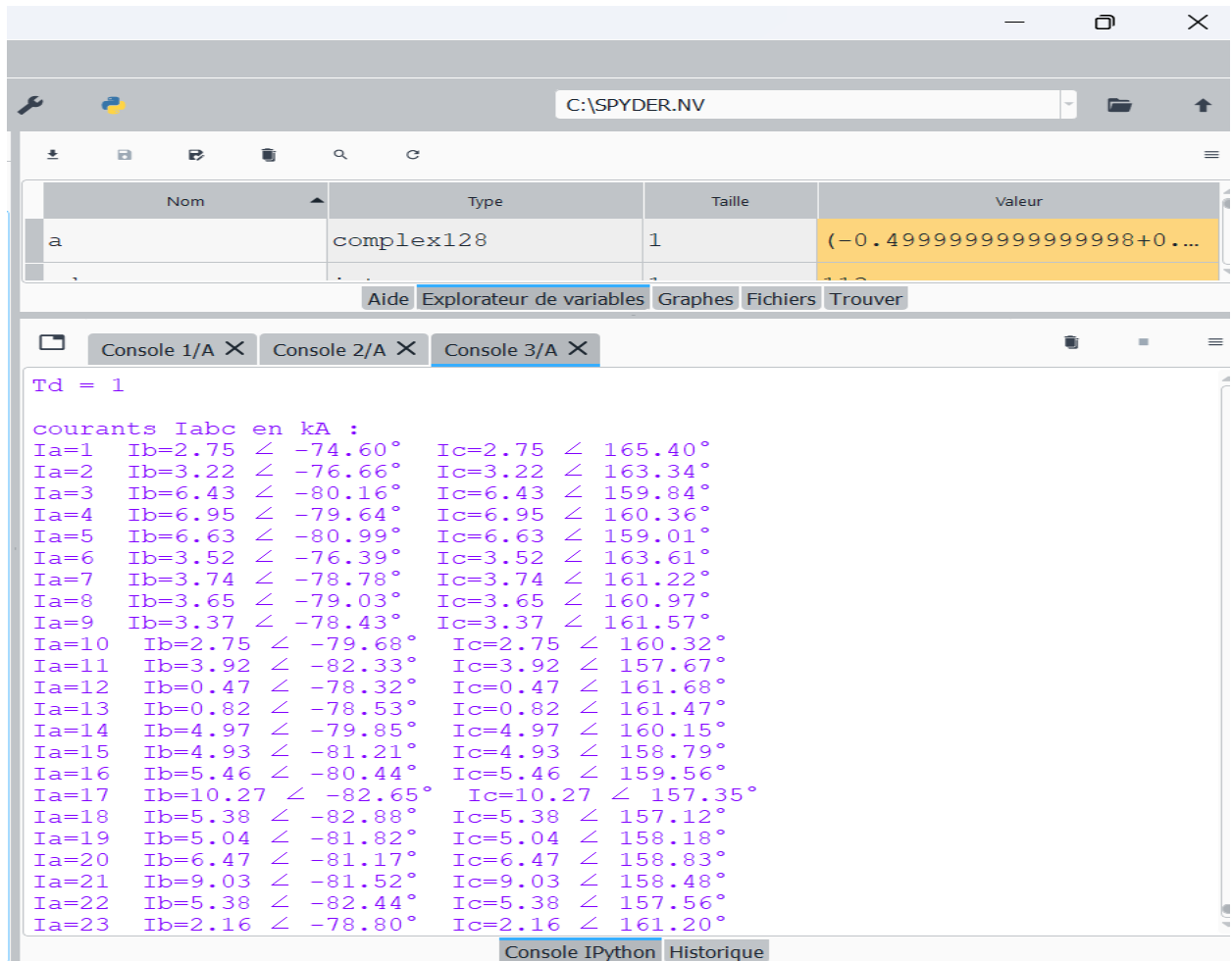


Figure IV.6. Espace console pour l'affichage des résultats

IV.7 Présentation des résultats de simulation

Les résultats présentés dans cette section sont issus des calculs réalisés à l'aide du programme de simulation développé sous Python, selon la méthodologie décrite précédemment. Les simulations ont permis de déterminer les courants de défaut, les tensions aux nœuds et les puissances injectées, pour différents types de défauts ($T_d = 1, 2, 3$ et 4).

Tableau IV.3. Courants symétrique I^{120} (pu) a l'accès de défaut au jeu de barre 3

Ad=3	Td=1	Td=2	Td=3	Td=4
I1	24.49 $\angle$ -80.16°	8.09 $\angle$ -78.51°	12.24 $\angle$ -80.16°	16.24 $\angle$ -79.35°
I2	0.00 $\angle$ 0.00°	8.09 $\angle$ -78.51°	12.24 $\angle$ 99.84°	8.25 $\angle$ 98.26°
I0	0.00 $\angle$ 0.00°	8.09 $\angle$ -78.51°	0.00 $\angle$ 0.00°	8.01 $\angle$ 103.11°

NB : Le détail complet de tous les accès est fourni en annexe B.1

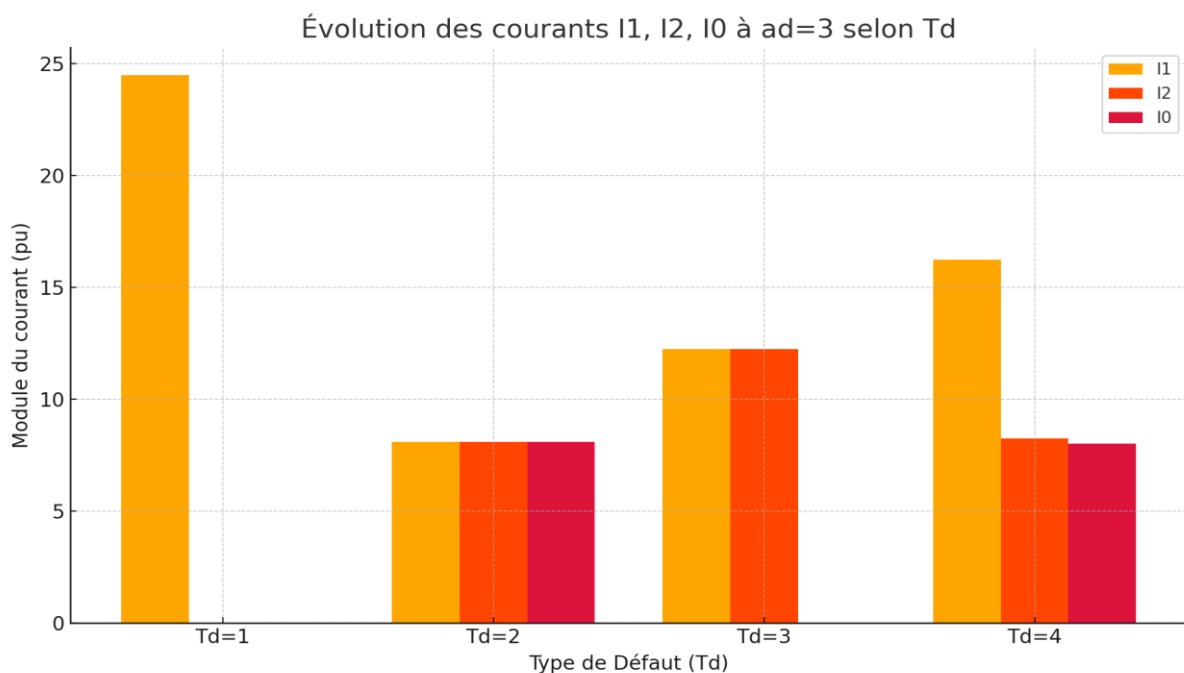


Figure IV.7. Courbe représentant l'allure de courants I^{120} de défaut au accès 3

Tableau IV.4. Courants I^{120} en valeurs réelles (KA)

Ad=3	Td=1	Td=2	Td=3	Td=4
I1	6.43 $\angle$ -80.16°	2.12 $\angle$ -78.51°	3.21 $\angle$ -80.16°	4.26 $\angle$ -79.35°
I2	0.00 $\angle$ 0.00°	2.12 $\angle$ -78.51°	3.21 $\angle$ 99.84°	2.16 $\angle$ 98.26°
I0	0.00 $\angle$ 0.00°	2.12 $\angle$ -78.51°	0.00 $\angle$ 0.00°	2.10 $\angle$ 103.11°

NB : Le détail complet des générateurs est fourni en annexe B.2

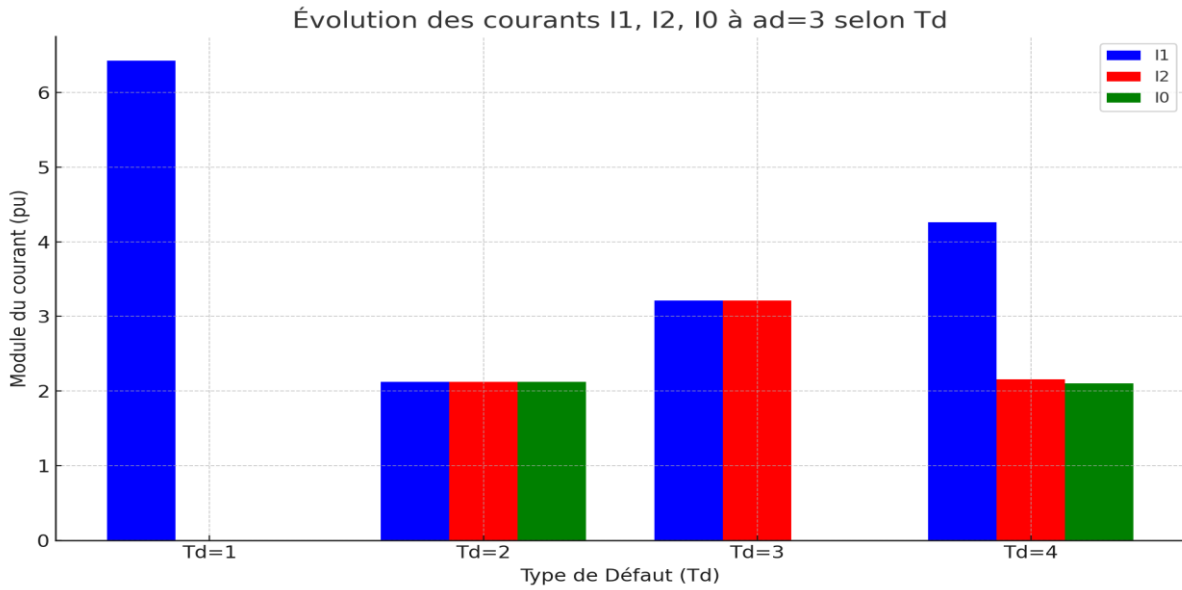


Figure IV.8 .Courbe représentant l'allure de courants I^{120} en KA de défaut au accès 3

Tableau IV.5. Courants I^{abc} en pu

Ad=3	Td=1	Td=2	Td=3	Td=4
Ia	24.49 $\angle$ -80.16°	24.27 $\angle$ -78.51°	0.00 $\angle$ 0.00°	0.00 $\angle$ 116.57°
Ib	24.49 $\angle$ 159.84°	0.0 $\angle$ 18.43°	21.21 $\angle$ -170.16°	24.96 $\angle$ 161.12°
Ic	24.49 $\angle$ 39.84°	0.0 $\angle$ 38.66°	21.21 $\angle$ 9.84°	23.77 $\angle$ 40.15°

NB : Le détail complet des résultats est fourni en annexe B.3

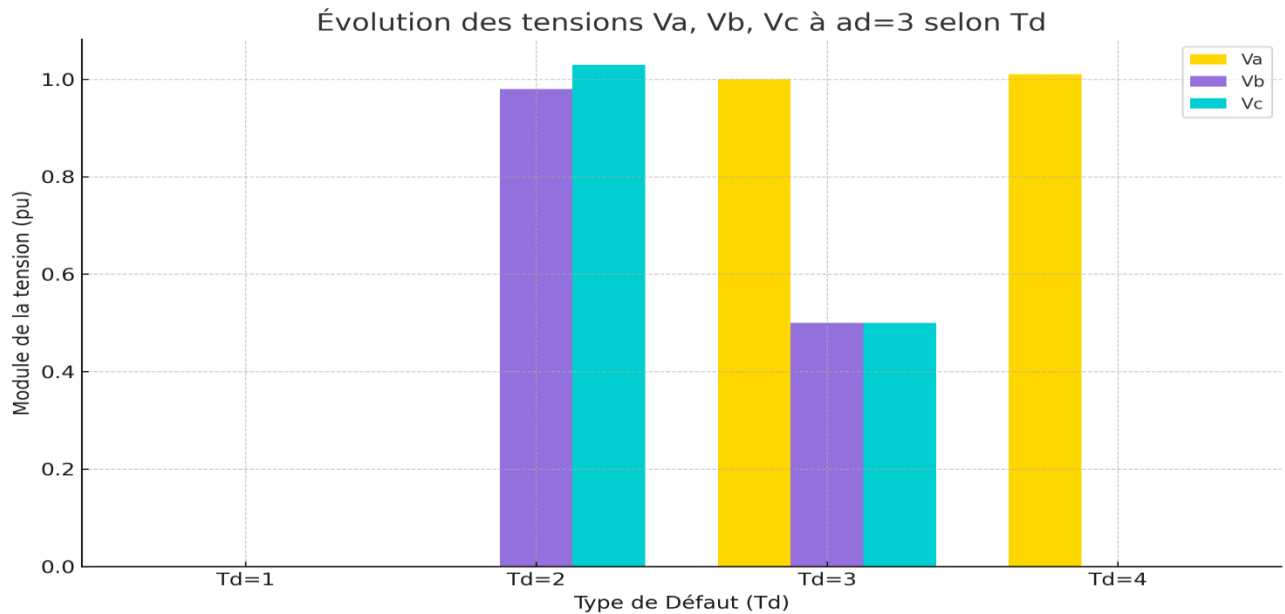


Figure IV.9. Courbe représentant l'allure de courants I^{120} de défaut au accès 3

Tableau IV.6. Courants traversant les lignes à l'accès de défaut en KA

N°	ai	aj	I120	Td=1	Td=2	Td=3	Td=4
22	5	3	I1	2.036 $\angle$ -83.45°	0.664 $\angle$ -80.81°	1.010 $\angle$ -82.98°	1.346 $\angle$ -82.40°
			I2	0.000 $\angle$ 0.00°	0.664 $\angle$ -80.81°	1.026 $\angle$ 96.01°	0.690 $\angle$ 94.50°
			I0	0.000 $\angle$ 0.00°	0.664 $\angle$ -80.81°	0.000 $\angle$ 0.00°	0.569 $\angle$ 97.25°
23	3	5	I1	2.039 $\angle$ 26.48°	0.682 $\angle$ 27.16°	1.026 $\angle$ 96.01°	1.357 $\angle$ 97.04°
			I2	0.000 $\angle$ 0.00°	0.682 $\angle$ 27.16°	1.013 $\angle$ -83.06°	0.682 $\angle$ -84.64°
			I0	0.000 $\angle$ 0.00°	0.682 $\angle$ 27.16°	0.000 $\angle$ 0.00°	0.562 $\angle$ -81.78°
30	16	3	I1	1.472 $\angle$ -86.93°	0.484 $\angle$ -84.35°	0.735 $\angle$ -86.48°	0.976 $\angle$ -85.89°
			I2	0.000 $\angle$ 0.00°	0.484 $\angle$ -84.35°	0.740 $\angle$ 22.61°	0.499 $\angle$ 91.03°
			I0	0.000 $\angle$ 0.00°	0.484 $\angle$ -84.35°	0.000 $\angle$ 0.00°	0.606 $\angle$ 29.26°
31	3	16	I1	1.472 $\angle$ 93.02°	0.491 $\angle$ 93.75°	0.740 $\angle$ 22.57°	0.979 $\angle$ 93.60°
			I2	0.000 $\angle$ 0.00°	0.491 $\angle$ 93.75°	0.735 $\angle$ -86.52°	0.493 $\angle$ -88.11°
			I0	0.000 $\angle$ 0.00°	0.491 $\angle$ 93.75°	0.000 $\angle$ 0.00°	0.604 $\angle$ -80.08°
49	6	3	I1	0.202 $\angle$ 73.66°	0.087 $\angle$ -12.00°	0.113 $\angle$ 108.41°	0.139 $\angle$ 117.27°
			I2	0.000 $\angle$ 0.00°	0.087 $\angle$ -12.00°	0.100 $\angle$ -34.25°	0.068 $\angle$ -35.84°
			I0	0.000 $\angle$ 0.00°	0.087 $\angle$ -12.00°	0.000 $\angle$ 0.00°	0.184 $\angle$ -73.54°
49	3	9	I1	2.02 $\angle$ 125.94°	0.87 $\angle$ 95.66°	1.13 $\angle$ 108.41°	1.39 $\angle$ 117.22°
			I2	0.00 $\angle$ 0.00°	0.87 $\angle$ 95.66°	1.00 $\angle$ -34.25°	0.68 $\angle$ -35.84°
			I0	0.00 $\angle$ 0.00°	0.87 $\angle$ 95.66°	0.00 $\angle$ 0.00°	1.83 $\angle$ -73.54°

NB : Le détail complet des résultats est fourni en annexe B.4

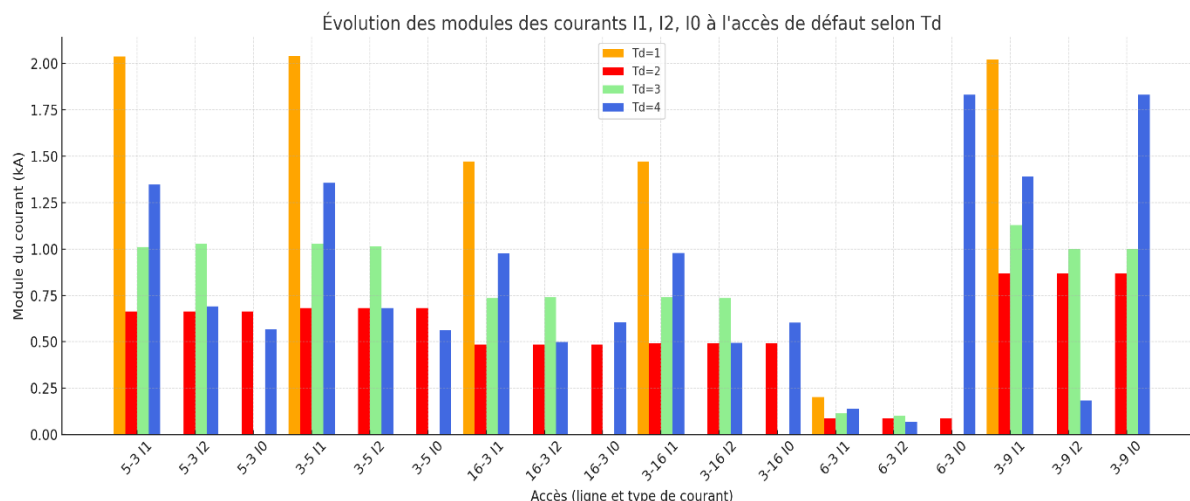


Figure IV.10. Courbe représentant l'allure de courants (KA)traversant les lignes au accès de défaut 3

Tableau IV.7. Tensions V^{abc} en pu a l'accès de défaut 3

ad=3	Td=1	Td=2	Td=3	Td=4
Va	0.00 $\angle$ 0.00°	0.00 $\angle$ -153.43°	1.00 $\angle$ 0.00°	1.01 $\angle$ -1.59°
Vb	0.00 $\angle$ 0.00°	0.98 $\angle$ -121.31°	0.50 $\angle$ 180.00°	0.00 $\angle$ -147.41°
Vc	0.00 $\angle$ 0.00°	1.03 $\angle$ 119.66°	0.50 $\angle$ 180.00°	0.00 $\angle$ 124.46°

NB : Le détail complet des résultats est fourni en annexe C.3

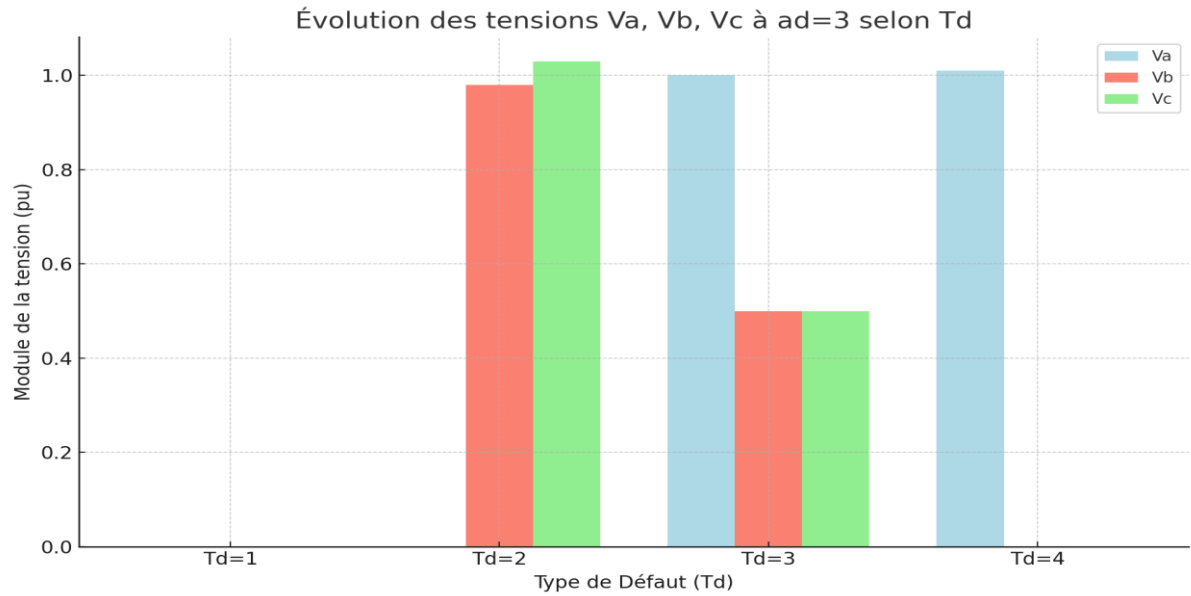


Figure IV.11. Courbe représentant les tensions V^{abc} au point d'accès 3

Tableau IV.8. Puissances traversant les lignes à l'accès de défaut en PU

N°	ai	aj	S120	$T_d=1$	$T_d=2$	$T_d=3$	$T_d=4$
22	5	3	S1	$7.76 \angle -83.45^\circ$	$2.53 \angle -80.81^\circ$	$3.85 \angle -82.98^\circ$	$5.13 \angle -82.40^\circ$
			S2	$0.00 \angle 0.00^\circ$	$2.52 \angle -80.81^\circ$	$3.91 \angle 96.08^\circ$	$2.63 \angle 94.50^\circ$
			S0	$0.00 \angle 0.00^\circ$	$2.51 \angle -80.81^\circ$	$0.00 \angle 0.00^\circ$	$2.17 \angle 97.25^\circ$
23	3	5	S1	$7.77 \angle 96.48^\circ$	$2.60 \angle 97.16^\circ$	$3.91 \angle 96.01^\circ$	$5.17 \angle 97.04^\circ$
			S2	$0.00 \angle 0.00^\circ$	$2.69 \angle 97.16^\circ$	$3.86 \angle -83.06^\circ$	$2.60 \angle -84.64^\circ$
			S0	$0.00 \angle 0.00^\circ$	$2.60 \angle 96.60^\circ$	$0.00 \angle 0.00^\circ$	$2.14 \angle -81.78^\circ$
30	16	3	S1	$5.61 \angle -86.93^\circ$	$1.84 \angle -84.35^\circ$	$2.80 \angle -86.48^\circ$	$3.72 \angle -85.89^\circ$
			S2	$0.00 \angle 0.00^\circ$	$1.86 \angle -85.73^\circ$	$2.82 \angle 92.61^\circ$	$1.90 \angle 91.03^\circ$
			S0	$0.00 \angle 0.00^\circ$	$2.33 \angle -82.36^\circ$	$0.00 \angle 0.00^\circ$	$2.31 \angle 99.26^\circ$
31	3	16	S1	$5.61 \angle 93.02^\circ$	$1.87 \angle 93.75^\circ$	$2.82 \angle 92.57^\circ$	$3.73 \angle 93.60^\circ$
			S2	$0.00 \angle 0.00^\circ$	$1.85 \angle 95.13^\circ$	$2.80 \angle -86.52^\circ$	$1.88 \angle -88.11^\circ$
			S0	$0.00 \angle 0.00^\circ$	$2.32 \angle 98.30^\circ$	$0.00 \angle 0.00^\circ$	$2.30 \angle -80.08^\circ$
44	6	3	S1	$0.79 \angle -55.53^\circ$	$0.37 \angle -17.30^\circ$	$0.45 \angle -33.58^\circ$	$0.55 \angle -43.01^\circ$
			S2	$0.00 \angle 0.00^\circ$	$0.27 \angle -78.34^\circ$	$0.41 \angle 100.00^\circ$	$0.27 \angle 98.42^\circ$
			S0	$0.00 \angle 0.00^\circ$	$0.61 \angle -79.66^\circ$	$0.00 \angle 0.00^\circ$	$0.61 \angle 101.96^\circ$
49	3	9	S1	$0.77 \angle 125.94^\circ$	$0.33 \angle 95.66^\circ$	$0.43 \angle 108.41^\circ$	$0.53 \angle 117.22^\circ$
			S2	$0.00 \angle 0.00^\circ$	$0.25 \angle 147.40^\circ$	$0.38 \angle -34.25^\circ$	$0.26 \angle -35.84^\circ$
			S0	$0.00 \angle 0.00^\circ$	$0.71 \angle 104.84^\circ$	$0.00 \angle 0.00^\circ$	$0.70 \angle -73.54^\circ$

NB : Le détail complet des résultats est fourni en annexe D.1

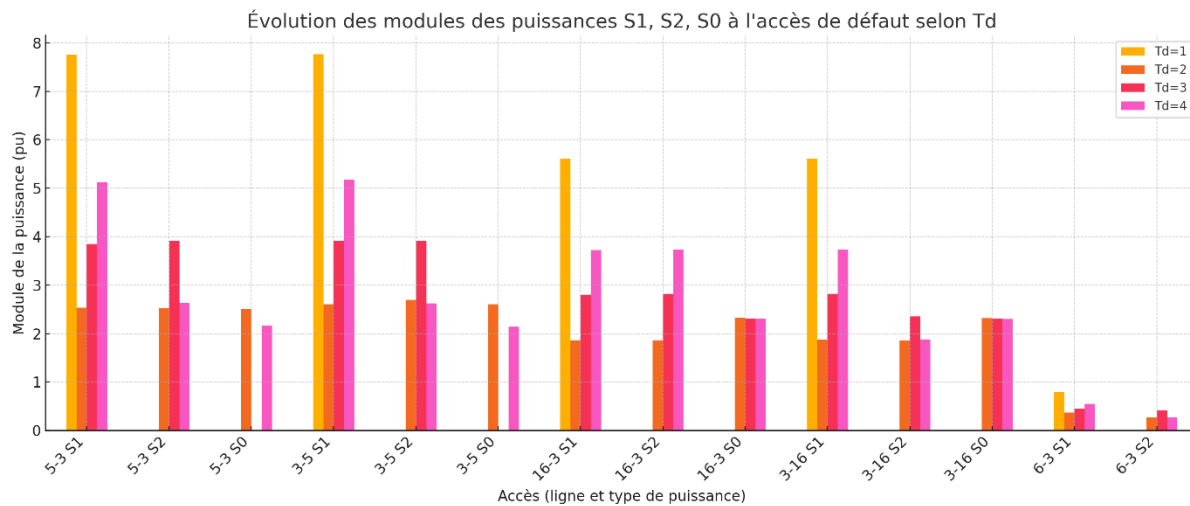


Figure IV.12. Courbe représentant l'allure de puissances injectées dans lignes au accès de défaut 3

IV7.1. Interprétations des résultats et stratégies de dimensionnement des protections :

L'analyse approfondie des graphes issus des tableaux expérimentaux met en évidence le comportement dynamique des grandeurs électriques (courants, tensions et puissances) en fonction des défauts appliqués à l'accès 3 ($T_d=1$ à $T_d=4$). L'étude des courants de séquence I_{120} révèle qu'en présence d'un défaut symétrique ($T_d=1$), la composante I_1 domine nettement, illustrant un fort courant de séquence directe typique d'un court-circuit triphasé équilibré.

À l'inverse, les défauts asymétriques ($T_d=2$ et $T_d=4$) montrent une élévation marquée des composantes I_2 (inverse) et I_0 (homopolaire), ce qui confirme leur nature déséquilibrée, qu'elle soit monophasée ou biphasée à la terre.

S'agissant des tensions V^{abc} , on observe une chute brutale et simultanée des trois phases pour $T_d=1$, traduisant un effondrement total de la tension en cas de court-circuit triphasé. En revanche, les défauts $T_d=2$, $T_d=3$ et $T_d=4$ présentent des déséquilibres distincts : certaines phases conservent des tensions proches de la normale tandis que d'autres affichent des chutes drastiques, avec un déphasage important, soulignant l'asymétrie du phénomène.

L'analyse des puissances S_1 , S_2 , S_0 sur les lignes critiques (5 à 3, 3 à 5, 16 à 3) révèle que si la séquence directe S_1 domine en $T_d=1$, les puissances de séquences inverse et homopolaire deviennent significatives dans les autres cas. Cela indique une dissymétrie énergétique marquée, en cohérence avec les courants de déséquilibre enregistrés.

Enfin, les courants de phase I^{abc} confirment ces constats : l'équilibre est parfait en $T_d=1$, tandis que des disparités frappantes entre phases apparaissent en $T_d=2$, $T_d=3$ et $T_d=4$. Certaines phases affichent des courants nuls ou fortement déphasés, révélant la sévérité du défaut.

En résumé, cette interprétation croisée des grandeurs électriques valide la précision de la modélisation et démontre que chaque type de défaut laisse une signature électrique lisible et distincte. Ces résultats constituent une base rigoureuse pour la localisation rapide des défauts et le dimensionnement optimal des dispositifs de protection dans les réseaux de transport.

IV.7.1.1 Calculs de courant de seuil :

Afin de définir les dispositifs de protection appropriés pour chaque ligne du réseau, il est nécessaire de commencer par déterminer les courants de seuil, c'est-à-dire les intensités à partir desquelles une protection doit s'enclencher. Cette étape est essentielle pour garantir une détection rapide et sélective des défauts.

L'identification des courants de défaut les plus élevés enregistrés sur certaines lignes du réseau permet ainsi d'établir des seuils de déclenchement réalistes, cohérents avec les conditions de fonctionnement du système. Le tableau suivant présente les courants maximaux observés, les seuils recommandés (en valeurs relatives), ainsi que les intensités équivalentes en kA, calculées sur la base de 100 MVA et 220 kV. Pour déterminer les seuils de déclenchement à appliquer aux dispositifs de protection, il convient d'analyser les courants de défaut les plus sévères observés sur chaque ligne à travers les différentes conditions de défaut simulées. En appliquant un coefficient de sécurité approprié (généralement entre 70 % et 80 %), on obtient les courants de seuil permettant un déclenchement à la fois fiable et sélectif, tout en évitant les déclenchements intempestifs. [60]

Les valeurs de seuil (en pu) sont ensuite converties en kA en utilisant la formule :

$$I_{kA} = (I_{pu} \times S_{base}) / (\sqrt{3} \times V_{base}) \quad (VI.1)$$

où :

- $S_{base} = 100$ MVA
- $V_{base} = 220$ kV

Exemple appliqué à la ligne 5-3 :

- Courant maximal observé : $I_{max} = 2,036$ kA
- Coefficient de sécurité : 0,75
- Calcul du seuil de déclenchement :

$$I_{seuil} = 0,75 \times 2,036 = 1,527 \text{ kA}$$

- Valeur équivalente en pu : $I_{seuil} \approx 5,5$ pu

Tableau IV.9. Calcul de courants des seuils

Ligne	I max observé (KA)	Seuil recommandé (pu)	I en kA (Base = 100MVA, 220kV)
5 → 3	2,036	5,5	2033 A
16 → 3	1,472	4,5	1185 A
6 → 3	0,202	1,0	263 A
3 → 9	2,202	0,7	184 A

IV.7.1.2 Synthèse des protections par ligne

La synthèse des dispositifs de protection proposés pour chaque ligne est présentée dans le tableau suivant :

Tableau IV.10. Synthèse de protections par ligne

Ligne	Défaut critique	Dispositif de protection proposé	protections secondaires
5 ↔ 3	TD=1, TD=2, TD=4	Distance (Z1-Z4), directionnelle	Différentielle si <10 km
16 ↔ 3	TD=1, TD=4	Distance + directionnelle	Sélectivité à temporisation (Z2/Z3)
6 ↔ 3	TD=4	Maximum de courant	Relais de secours
3 ↔ 9	TD=3, TD=4	Directionnelle à seuil	Protection lente coordonnée

IV.7.1.1 Conclusion :

L'application du programme Python pour le calcul des courants de défaut dans les lignes de transport du réseau électrique algérien a permis de réaliser une simulation approfondie et réaliste du comportement dynamique du réseau face à divers types de défauts. Grâce à l'intégration de la méthode des composantes symétriques, nous avons pu simuler efficacement les défauts monophasés, biphasés, et triphasés, en calculant les courants de défaut ainsi que les tensions et puissances injectées dans le réseau. Ce programme, fondé sur un modèle simplifié du réseau, a permis de prendre en compte les caractéristiques électriques des générateurs, des lignes de transport et des postes de transformation, tout en intégrant les hypothèses de modélisation nécessaires. Les résultats obtenus, comme les courants de défaut, les tensions de phase et les puissances traversant les lignes, sont essentiels pour une analyse détaillée des dysfonctionnements du réseau, permettant ainsi une détection et une localisation rapide des défauts. L'étude a également permis de définir les courants de seuil pour le dimensionnement des protections, une étape cruciale pour assurer la sécurité et la stabilité du réseau. Ces calculs permettent de garantir que les dispositifs de protection sont dimensionnés de manière optimale, assurant une réponse rapide et fiable en cas de défauts électriques.

L'analyse approfondie démontre une parfaite cohérence entre les résultats de simulation et les concepts théoriques présentés dans le chapitre II.

Conclusion générale

Dans ce travail, l'étude de calcul de courant de défaut a permis de réaliser une étude approfondie sur les défauts susceptibles de compromettre le bon fonctionnement des réseaux de transport d'électricité, en mettant en évidence leurs manifestations typiques à travers l'analyse des courants, des tensions et des puissances dans différentes configurations.

Ce thème, bien qu'il puisse sembler classique dans le domaine des réseaux électriques, demeure d'une importance capitale tant sur le plan académique que pratique. En effet, comprendre comment un réseau réagit face à un défaut, même simple, reste la clé d'une conception fiable et durable.

L'accent a été mis sur la nature des défauts, leur classification (triphase, biphasé, phase-terre, etc.), ainsi que leurs impacts physiques sur les lignes et les équipements critiques du réseau, nous avons également tenu à aborder ces défauts sous différents angles, en nous appuyant à la fois sur des aspects théoriques solides et des scénarios réalistes pouvant se produire dans des réseaux électriques modernes. Cette double approche nous a permis de mieux cerner la gravité de certains événements et l'urgence de leur traitement, en parallèle, nous avons présenté de manière rigoureuse les dispositifs de protection les plus adaptés, en tenant compte de la nature des défauts simulés, des réponses dynamiques du réseau et des seuils critiques observés. Chaque proposition de protection a été justifiée sur la base des données de simulation : apparition de courants élevés, déséquilibres de tension, inversions de flux de puissance ou encore contributions significatives du composant homopolaire. Il convient de souligner que ces résultats ont été obtenus grâce à l'implémentation sous Python, langage qui s'est révélé très utile pour structurer les algorithmes de calcul, automatiser les scénarios, et faciliter la visualisation des effets du défaut sur le réseau. Bien que notre étude soit restée centrée sur les défauts de type court-circuit, cette démarche constitue une base solide pour des travaux futurs plus élargis.

Cette étude confirme la cohérence entre les résultats issus des simulations numériques et les fondements théoriques. Elle atteste également de la capacité de l'étudiant à mobiliser ses compétences analytiques et techniques pour proposer une architecture de protection robuste, sélective et adaptée à la topologie du réseau étudié. En ce sens, ce mémoire ne se limite pas à une simple application de méthodes apprises, mais témoigne d'une véritable capacité à faire des choix techniques pertinents, à justifier chaque décision, et à anticiper les conséquences sur l'ensemble du système.

Le travail réalisé démontre non seulement une compréhension fine des phénomènes de défaut, mais aussi une maîtrise des outils nécessaires à la conception de protections efficaces dans un contexte réaliste.

Ainsi, cette expérience représente pour nous une étape précieuse dans notre formation, et ouvre la voie à des projets plus complexes dans le domaine de l'ingénierie électrique, notamment autour des réseaux intelligents et de la résilience énergétique.

BIBLIOGRAPHIE :

- [1] HAMZA Ouhadj, MOUSSOUNI Amar. « Étude et dimensionnement d'un réseau industriel », Thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri, 2018.
- [2] ANNANE Djahida Zakia, LACHAB Salah. « Analyse d'un réseau électrique MT », Thèse de doctorat, Université Ibn Khaldoun, 2015.
- [3] BAHLOUL Abderrahim, MEKHENANE Mohammed. « Étude de la stabilité de la tension », Mémoire de Master en réseau électrique, Université de Guelma, 2022.
- [4] BOUAZZA Abdelkader. « Planification des réseaux électriques – Cours et exercices résolus », Université de Tiaret, 2022.
- [5] SADI Anouar, DJEDDI Abdelghani. « Protection des réseaux électriques HTB en utilisant une protection à minimum d'impédance directionnelle », Mémoire de Master en réseau électrique, Université de Tébessa, 2022.
- [6] GUERROUI Ahmed, SADAOUI Hassan. « Calcul des courants de court-circuit », Mémoire de Master en réseau électrique, Université de Guelma, 2015.
- [7] AIT SAI Baizi, HAKIM Samah. « Étude des courants de court-circuit et leurs conséquences dans les réseaux électriques », Thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, 2012.
- [8] NADRI Daoudi, et al. « Stabilité et contrôle de la tension », Mémoire de Master en réseau électrique, Mémoire de Master en réseau électrique, 2012.
- [9] BELKHIRI Salah, MILOU Lamine. « Étude et modélisation des courants de court-circuit dans les réseaux MT/BT » Mémoire de Master en réseau électrique, Université de M'Sila, 2016.
- [10] HURST R.W. « What is an electrical fault? », Electricity Forum, mai 2025.
- [11] REYNAUD J. « Les différents types de défaut électrique », Choisir.com, 16 décembre 2021, mis à jour le 14 juin 2023.
- [12] TLEIS Nasser D. « Power Systems Modelling and Fault Analysis: Theory and Practice », Oxford, Newnes – Elsevier Ltd., 2008.
- [13] Grupo Industronic. « What are electrical faults and how to prevent them? », 16 août 2024.
- [14] KEZUNOVIC M., PERUNICIC B. « Automated transmission line fault analysis using synchronized sampling at two ends », IEEE Transactions on Power Systems, vol. 11, no. 1, pp. 441–447, février 1996.
- [15] DE METZ-NOBLAT B., DUMAS F., THOMASSET G. « Calcul des courants de courts circuits », Cahier technique Schneider Electric n°158, 2000.
- [16] CRAPPE Michel (Éd.). « Electric Power Systems », 1ère éd. anglaise, ISTE Ltd & John Wiley & Sons, Londres, 2008.
- [17] STEVENSON W.D. « Elements of Power System Analysis », 4ème éd., McGraw-Hill, 1982.
- [18] BOUGHEZALA M. « Étude et simulation d'un coupleur de signaux HF pour réseaux d'énergie électrique », Mémoire de Master en réseau électrique, Université Mohamed Khider – Biskra, 2013.
- [19] MASON C.R. « The Art and Science of Protective Relaying », New York, 1956.
- [20] DAAOU Yassine. « Classification et localisation des défauts dans les lignes de transport à THT en temps réel », Mémoire de Magister en réseau électrique, Université Mohamed Boudiaf, 2011.

- [21] ZELLAGUI Mohamed. « Étude des protections des réseaux électriques MT (30 & 10 kV) », Mémoire de Magister en réseau électrique, Université de Constantine, juillet 2010.
- [22] BENDENIDINA Attia. « Modélisation et simulation d'un relais numérique à plusieurs fonctions sous Matlab/Simulink », Thèse en Electrotechnique, Université des Sciences et de la Technologie d'Oran, 1er décembre 2015.
- [23] SAUTRIAU F. « Protection des réseaux par le système de la sélectivité logique », Cahier technique Schneider n°2, septembre 1990.
- [24] CALVIS R., SAUTRIAU F. « Protection of electrical distribution networks: the logic selectivity system », Cahier Technique 2, Merlin Gerin, février 1983.
- [25] MERLIN GERIN. « Protection des réseaux électriques », Pozzo Gros Monti – Italie, 2003.
- [26] GRAINGER J.J., STEVENSON W.D. « Power System Analysis », McGraw-Hill, Singapour, 1994.
- [27] ELAND Cables. « FAQ: How are cable sizes selected? », The Cable Lab, 2025.
- [28] TRACE SOFTWARE INTERNATIONAL. « Comment vérifier des contraintes thermiques dans un conducteur électrique ? », 12 novembre 2021.
- [29] CHRISTOPOULOS C., WRIGHT A. « Electrical Power System Protection », 2ème éd., Springer, Dordrecht, 2006.
- [30] SCHNEIDER ELECTRIC. « Guide de la protection des réseaux électriques », Schneider Electric Industries SAS, Rueil-Malmaison, 2008.
- [31] ALION. « Quel est le principe de fonctionnement du disjoncteur à réenclencheur automatique ? », 25 décembre 2023.
- [32] ZAKARIA E.R. « Disjoncteur : définition, fonctionnement et types », EMI GA1, 2009/2010.
- [33] ONE-ELEC. « Quel est le rôle d'un interrupteur sectionneur ? », 21 août 2024.
- [34] DUFOURNET D. « Appareillage électrique d'interruption HT (partie 1) », Dossier Techniques de l'Ingénieur D4690, 9 mai 2012.
- [35] BOUGOUFFA L. « Cours : Protection des réseaux électriques », Université d'El Oued, 2018.
- [36] PEREZ S.G.A. « Modeling Relays for Power System Protection Studies », Thèse de Doctorat en Électrotechnique, University of Saskatchewan, Canada, juillet 2006.
- [37] ZAHRA Fathima. « Artificial Neural Network Approach to Transmission Line Relaying », Master of Science, Memorial University of Newfoundland, Canada, septembre 1998.
- [38] ZELLAGUI Mohamed. « Protection des lignes de transport HTB », Cours polycopié en réseau électrique, Université de Batna 2, février 2018.
- [39] HASSAN N. « Philosophie des réglages des protections », document technique, août 2024.
- [40] BELAZZOUG A., BOUCHENA M., DJERIFILI A. « Conception et simulation d'un lit médical intelligent », Thèse de doctorat en électrotechnique, Université Kasdi Merbah Ouargla, 2016.
- [41] HUBERT Florence. « Initiation à Python », Support de cours L3, Université de Marseille, 2020.
- [42] MARTELLI Alex. « Python : en concentré », O'Reilly Media, Sebastopol, Californie, 2004.

- [43] BAILLY Yves. « Initiation à la programmation avec Python et C++ », Pearson Education France, Paris, 2009.
- [44] BREMER Jurriaan. « Python source obfuscation using ASTs », <http://jbremmer.org/python-source-obfuscation-using-asts/>, 2013.
- [45] POINTAL Laurent. « Python et l'agrégation d'outils », Linux Developer's Journal, vol. 3, no. 4, pp. 12–19, 2007.
- [46] NGUYEN Nicolas. « IPT – Informatique pour tous : Algorithmique, programmation Python, ingénierie numérique et simulation », Ellipses, Paris, 2018.
- [47] LERAT J.-S. « Comparaison des frameworks d'apprentissage profond », Actes de Colloque, 6ème Journée des Chercheurs en Haute École, SYNHERA, Belgique, 2021.
- [48] KARCZMARCZUK Jerzy. « Python avancé et programmation scientifique », Éditions Ellipses, 2019.
- [49] BAIZI Ait Sai, HAKIM Samah. « Étude des courants de courts-circuits et leurs conséquences dans les réseaux électriques », Thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri, 2012.
- [50] BELKHIRI Salah, MILOUD L.A.M.I.N.E. « Étude et modélisation des courants de court-circuit dans les réseaux MT/BT », Université de M'Sila, 2016.
- [51] EDDINE Fadel, et al. « Protection d'un réseau électrique HTA en utilisant une protection différentielle à plusieurs cycles de réenclenchement », Thèse de doctorat, Université de Tébessa, 2024.
- [52] BOUZIDI A. « Modélisation et simulation des réseaux électriques », Support de cours Master 1 en réseau électrique , Université de Béjaïa, 2024.
- [53] KUNDUR P. « Power System Stability and Control », Electric Power Research Institute, McGraw-Hill, 1994.
- [54] CUMMINS Generator Technologies. « S6L1M-F4 Wdg.07 – Fiche technique », Stamford AVK, 2018.
- [55] SCHNEIDER ELECTRIC. « Network Protection and Automation Guide », chapitre A4, 2008.
- [56] LOEHLEIN T.A. « Calculating Generator Reactances », Power Topic #6008, Cummins Power Generation, 2006.
- [57] CHAGHI A. « Analyse des Réseaux Électriques », Support de cours en réseau électrique , Université de Batna 2, 2020.
- [58] WOOD A.J., WOLLENBERG B.F., SHEBLÉ G.B. « Power Generation, Operation, and Control », 3ème éd., Wiley, novembre 2013.
- [59] MICROENER. « Cahier Technique n°5 – Protection des Lignes HTB », 2012.
- [60] SCHNEIDER ELECTRIC. « Network Protection & Automation Guide – C1 : Overcurrent Protection for Phase and Earth Faults », pp. 153–185, 2011.
- [61] NEBBALI Ouerdia. « La gouvernance du mix énergétique en Algérie », Thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri, 2023.

ANNEXES :**Annexe A – Données utilisées pour la modélisation du réseau****A.1 : Tableau des données des générateurs**

N°	Accès	Z1		Z0		Zn	
1	1	0.0044	0.11	0.0040	0.06	0,000	0,000
2	5	0.0026	0.12	0.0030	0.08	0,000	0,000
3	11	0.0033	0.20	0.0042	0.15	0,000	0,000
4	15	0.0015	0.15	0.0039	0.06	0,000	0,000
5	17	0.0039	0.10	0.0047	0.15	0,000	0,000
6	19	0.0050	0.25	0.0037	0.10	0,000	0,000
7	22	0.0049	0.14	0.0046	0.15	0,000	0,000
8	52	0.0048	0.09	0.0040	0.12	0,000	0,000
9	80	0.0015	0.11	0.0050	0.13	0,000	0,000
10	83	0.0038	0.09	0.0035	0.13	0,000	0,000
11	98	0.0023	0.23	0.0044	0.14	0,000	0,000
12	100	0.0042	0.20	0.0033	0.08	0,000	0,000
13	101	0.0032	0.09	0.0034	0.07	0,000	0,000
14	109	0.0046	0.09	0.0048	0.08	0,000	0,000
15	111	0.0031	0.10	0.0033	0.14	0,000	0,000

A.2 : Tableau des données des lignes

N°	ai	aj	Z1		Z0		B(pu)
1	2	1	0,0085	0,0403	0,0255	0,1209	0.0626
2	6	1	0,0122	0,0578	0,0366	0,1734	0.0901
3	2	6	0,014	0,0498	0,042	0,1494	0.0733
4	4	42	0,0274	0,1295	0,0822	0,3885	0.2017
5	4	42	0,0139	0,0122	0,0417	0,0366	0.3045
6	4	3	0,0033	0,0158	0,0099	0,0474	0.0996
7	5	3	0,0028	0,0189	0,0084	0,0567	0.0607
8	5	4	0,0018	0,0126	0,0054	0,0378	0.0407
9	4	7	0,0144	0,0678	0,0432	0,2034	0.1058
10	15	16	0,0038	0,0135	0,0114	0,0405	0.0200
11	16	3	0,0041	0,0144	0,0123	0,0432	0.0213
12	16	14	0,0013	0,0045	0,0039	0,0135	0.0066
13	8	42	0,0171	0,0629	0,0513	0,1887	0.0938
14	8	4	0,0184	0,087	0,0552	0,261	0.1357
15	10	7	0,015	0,0709	0,045	0,2127	0.1105
16	10	11	0,0228	0,1076	0,0684	0,3228	0.1676
17	7	6	0,0157	0,074	0,0471	0,222	0.1153
18	11	42	0,017	0,0806	0,051	0,2418	0.1256
19	6	3	0,0288	0,1012	0,0864	0,3036	0.1508
20	9	2	0,0042	0,0284	0,0126	0,0852	0.0913

21	9	3	0,0088	0,06	0,0264	0,18	0.1928
22	13	12	0,0501	0,2365	0,1503	0,7095	0.3686
23	10	13	0,0464	0,219	0,1392	0,657	0.3413
24	17	21	0,0065	0,0244	0,0195	0,0732	0.0364
25	17	21	0,0073	0,0278	0,0219	0,0834	0.0417
26	17	72	0,0197	0,0732	0,0591	0,2196	0.1095
27	17	27	0,0046	0,0237	0,0138	0,0711	0.2072
28	17	31	0,0061	0,0311	0,0183	0,0933	0.1275
29	31	28	0,0017	0,0088	0,0051	0,0264	0.1541
30	17	64	0,0198	0,0727	0,0594	0,2181	0.1085
31	21	44	0,024	0,0861	0,072	0,2583	0.1271
32	60	31	0,0037	0,0253	0,0111	0,0759	0.0812
33	21	60	0,0056	0,0263	0,0168	0,0789	0.0409
34	60	44	0,0122	0,0578	0,0366	0,1734	0.0901
35	58	44	0,0121	0,0569	0,0363	0,1707	0.0886
36	72	101	0,0213	0,1007	0,0639	0,3021	0.1570
37	72	58	0,0183	0,0863	0,0549	0,2589	0.1345
38	58	75	0,0148	0,0701	0,0444	0,2103	0.1091
39	75	107	0,0185	0,0876	0,0555	0,2628	0.1364
40	75	74	0,0006	0,0026	0,0018	0,0078	0.0054
41	44	42	0,0248	0,0903	0,0744	0,2709	0.1341
42	44	42	0,0183	0,0864	0,0549	0,2592	0.1345
43	42	48	0,0074	0,0506	0,0222	0,1518	0.1624
44	48	44	0,0025	0,0158	0,0075	0,0474	0.0506
45	107	101	0,0334	0,1577	0,1002	0,4731	0.2457
46	64	97	0,0178	0,0654	0,0534	0,1962	0.0971
47	72	96	0,0152	0,054	0,0456	0,162	0.0798
48	96	98	0,0203	0,072	0,0609	0,216	0.1064
49	96	95	0,0015	0,007	0,0045	0,021	0.0110
50	18	22	0,029	0,1397	0,087	0,4191	0.0472
51	18	37	0,0256	0,1233	0,0768	0,3699	0.0417
52	37	22	0,0171	0,0822	0,0513	0,2466	0.0278
53	19	26	0,0058	0,0077	0,0174	0,0231	0.0472
54	19	26	0,0058	0,0077	0,0174	0,0231	0.0472
55	19	34	0,0019	0,0126	0,0057	0,0378	0.0028
56	20	18	0,1348	0,2944	0,4044	0,8832	0.0361
57	20	24	0,0376	0,139	0,1128	0,417	0.0167
58	20	24	0,0368	0,1361	0,1104	0,4083	0.0167
59	20	29	0,0319	0,1178	0,0957	0,3534	0.0139
60	20	35	0,0428	0,1528	0,1284	0,4584	0.0167
61	35	29	0,0458	0,1639	0,1374	0,4917	0.0194

62	20	32	0,0708	0,2365	0,2124	0,7095	0.0278
63	22	32	0,0342	0,1142	0,1026	0,3426	0.0139
64	22	24	0,0239	0,0799	0,0717	0,2397	0.0083
65	22	24	0,0239	0,0799	0,0717	0,2397	0.0083
66	23	30	0,0239	0,0799	0,0717	0,2397	0.0083
67	23	36	0,0136	0,0457	0,0408	0,1371	0.0056
68	36	30	0,0273	0,0913	0,0819	0,2739	0.0111
69	33	18	0,0205	0,0685	0,0615	0,2055	0.0083
70	32	33	0,0239	0,0799	0,0717	0,2397	0.0083
71	26	25	0,0139	0,0517	0,0417	0,1551	0.0056
72	24	25	0,0164	0,0608	0,0492	0,1824	0.0083
73	26	34	0,0049	0,0318	0,0147	0,0954	0.0056
74	29	26	0,0119	0,0158	0,0357	0,0474	0.0944
75	29	39	0,0126	0,082	0,0378	0,246	0.0111
76	38	34	0,0047	0,0307	0,0141	0,0921	0.0056
77	18	73	0,1557	0,3427	0,4671	1,0281	0.0417
78	18	73	0,0854	0,3028	0,2562	0,9084	0.0333
79	62	18	0,0508	0,1941	0,1524	0,5823	0.0222
80	20	52	0,0873	0,2162	0,2619	0,6486	0.0306
81	20	52	0,0875	0,2167	0,2625	0,6501	0.0306
82	54	59	0,1188	0,3063	0,3564	0,9189	0.0417
83	52	59	0,036	0,1014	0,108	0,3042	0.0139
84	57	51	0,1227	0,4098	0,3681	1,2294	0.0500
85	57	77	0,1366	0,4566	0,4098	1,3698	0.0556
86	52	53	0,0937	0,1788	0,2811	0,5364	0.0194
87	53	54	0,0937	0,1788	0,2811	0,5364	0.0194
88	52	30	0,0722	0,1789	0,2166	0,5367	0.0250
89	71	70	0,1599	0,3148	0,4797	0,9444	0.0361
90	40	41	0,0586	0,1623	0,1758	0,4869	0.0222
91	40	50	0,1343	0,3645	0,4029	1,0935	0.0444
92	71	69	0,1093	0,3653	0,3279	1,0959	0.0444
93	70	68	0,1204	0,218	0,3612	0,654	0.0250
94	43	46	0,1025	0,3425	0,3075	1,0275	0.0417
95	51	43	0,2067	0,3556	0,6201	1,0668	0.0417
96	54	55	0,1196	0,3996	0,3588	1,1988	0.0500
97	55	43	0,1708	0,5708	0,5124	1,7124	0.0694
98	73	62	0,041	0,137	0,123	0,411	0.0167
99	73	67	0,3347	0,7007	1,0041	2,1021	0.0861
100	68	67	0,1648	0,3569	0,4944	1,0707	0.0417
101	29	26	0,0119	0,0158	0,0357	0,0474	0.0944
102	73	66	0,1623	0,5752	0,4869	1,7256	0.0639

103	63	66	0,0683	0,2283	0,2049	0,6849	0.0278
104	63	65	0,0557	0,1861	0,1671	0,5583	0.0222
105	63	65	0,0557	0,1861	0,1671	0,5583	0.0222
106	56	54	0,1025	0,3425	0,3075	1,0275	0.0417
107	57	56	0,1196	0,3996	0,3588	1,1988	0.0500
108	57	56	0,1196	0,3996	0,3588	1,1988	0.0500
109	47	50	0,1196	0,3996	0,3588	1,1988	0.0500
110	47	46	0,0342	0,1142	0,1026	0,3426	0.0139
111	67	66	0,1128	0,2794	0,3384	0,8382	0.0389
112	49	41	0,1265	0,4225	0,3795	1,2675	0.0528
113	19	78	0,0042	0,0055	0,0126	0,0165	0.0333
114	19	79	0,0105	0,0139	0,0315	0,0417	0.0833
115	59	61	0,0513	0,1816	0,1539	0,5448	0.0194
116	45	46	0,0171	0,0605	0,0513	0,1815	0.0056
117	85	87	0,0158	0,0745	0,0474	0,2235	0.1161
118	85	86	0,0139	0,0657	0,0417	0,1971	0.1023
119	85	81	0,0099	0,0467	0,0297	0,1401	0.0727
120	87	106	0,0105	0,0495	0,0315	0,1485	0.0771
121	87	82	0,0056	0,0266	0,0168	0,0798	0.0413
122	87	99	0,0322	0,1249	0,0966	0,3747	0.1878
123	103	105	0,013	0,0613	0,039	0,1839	0.0955
124	105	101	0,0171	0,0806	0,0513	0,2418	0.1256
125	105	104	0,0015	0,007	0,0045	0,021	0.0110
126	103	106	0,0208	0,0983	0,0624	0,2949	0.1531
127	81	82	0,0303	0,1075	0,0909	0,3225	0.1587
128	80	82	0,0319	0,1129	0,0957	0,3387	0.1667
129	80	84	0,0191	0,0676	0,0573	0,2028	0.0998
130	84	83	0,0051	0,018	0,0153	0,054	0.0267
131	82	83	0,0191	0,0676	0,0573	0,2028	0.0998
132	100	98	0,0102	0,0598	0,0306	0,1794	0.1558
133	100	97	0,0111	0,0759	0,0333	0,2277	0.2436
134	98	97	0,0121	0,0448	0,0363	0,1344	0.0671
135	99	100	0,0231	0,1089	0,0693	0,3267	0.1696
136	87	100	0,0102	0,0694	0,0306	0,2082	0.0217
137	100	84	0,0065	0,0442	0,0195	0,1326	0.1419
138	84	80	0,0074	0,0506	0,0222	0,1518	0.1624
139	86	81	0,0055	0,0379	0,0165	0,1137	0.1217
140	98	99	0,0163	0,058	0,0489	0,174	0.0855
141	101	102	0,0116	0,0547	0,0348	0,1641	0.0853
142	99	102	0,0116	0,0547	0,0348	0,1641	0.0853
143	99	101	0,0111	0,0759	0,0333	0,2277	0.2436

144	98	94	0,0357	0,1275	0,1071	0,3825	0.1897
145	94	82	0,0056	0,0263	0,0168	0,0789	0.0409
146	92	93	0,1624	0,4088	0,4872	1,2264	0.1225
147	93	91	0,0304	0,1074	0,0912	0,3222	0.0257
148	93	91	0,0379	0,1342	0,1137	0,4026	0.0335
149	90	89	0,0776	0,24	0,2328	0,72	0.0639
150	88	89	0,1354	0,41	0,4062	1,23	0.1099
151	90	93	0,1852	0,3189	0,5556	0,9567	0.0837
152	103	110	0,0185	0,0876	0,0555	0,2628	0.1364
153	110	112	0,0185	0,0876	0,0555	0,2628	0.1364
154	103	114	0,0419	0,1979	0,1257	0,5937	0.3085
155	109	108	0,0148	0,0701	0,0444	0,2103	0.1091
156	109	107	0,0388	0,1833	0,1164	0,5499	0.2855
157	112	114	0,019	0,0896	0,057	0,2688	0.1395
158	112	111	0,0297	0,1402	0,0891	0,4206	0.2184
159	113	111	0,0167	0,0787	0,0501	0,2361	0.1256
160	80	88	0,0123	0,314	0,0369	0,942	0.0000
161	81	90	0,0062	0,1452	0,0186	0,4356	0.0000
162	86	93	0,0012	0,0742	0,0036	0,2226	0.0000
163	42	41	0,0012	0,0742	0,0036	0,2226	0.0000
164	58	57	0,0012	0,0742	0,0036	0,2226	0.0000
165	44	43	0,0029	0,1053	0,0087	0,3159	0.0000
166	60	59	0,0014	0,0516	0,0042	0,1548	0.0000
167	64	63	0,0019	0,07	0,0057	0,21	0.0000
168	72	71	0,0012	0,0742	0,0036	0,2226	0.0000
169	17	18	0,0014	0,0516	0,0042	0,1548	0.0000
170	21	20	0,0016	0,0525	0,0048	0,1575	0.0000
171	27	26	0,0024	0,1484	0,0072	0,4452	0.0000
172	28	26	0,0024	0,1484	0,0072	0,4452	0.0000
173	31	30	0,0007	0,0495	0,0021	0,1485	0.0000
174	48	47	0,0012	0,0742	0,0036	0,2226	0.0000
175	74	76	0,0089	0,334	0,0267	1,002	0.0000

Annexe B: Résultats détaillés des courant

Tableau B.1 : Courants I^{120} en p.u

ad	Td=1			Td=2			Td=3			Td=4		
	I1	I2	I0	I1	I2	I0	I1	I2	I0	I1	I2	I0
1	10.50 $\angle$ -74.60°	0.00 $\angle$ 0.00°	0.00 $\angle$ 0.00°	4.62 $\angle$ -75.78°	4.62 $\angle$ -75.78°	4.62 $\angle$ -75.78°	5.25 $\angle$ -74.60°	5.25 $\angle$ 105.40°	0.00 $\angle$ 0.00°	8.63 $\angle$ -75.96°	1.88 $\angle$ 111.63°	6.77 $\angle$ 101.94°
2	12.27 $\angle$ -76.66°	0.00 $\angle$ 0.00°	0.00 $\angle$ 0.00°	4.12 $\angle$ -76.64°	4.12 $\angle$ -76.64°	4.12 $\angle$ -76.64°	6.13 $\angle$ -76.66°	6.13 $\angle$ 103.34°	0.00 $\angle$ 0.00°	8.21 $\angle$ -76.65°	4.06 $\angle$ 103.32°	4.15 $\angle$ 103.38°
3	24.49 $\angle$ -80.16°	0.00 $\angle$ 0.00°	0.00 $\angle$ 0.00°	8.09 $\angle$ -78.51°	8.09 $\angle$ -78.51°	8.09 $\angle$ -78.51°	12.24 $\angle$ -80.16°	12.24 $\angle$ 99.84°	0.00 $\angle$ 0.00°	16.24 $\angle$ -79.35°	8.25 $\angle$ 98.26°	8.01 $\angle$ 103.11°
4	26.49 $\angle$ -79.64°	0.00 $\angle$ 0.00°	0.00 $\angle$ 0.00°	8.43 $\angle$ -76.95°	8.43 $\angle$ -76.95°	8.43 $\angle$ -76.95°	13.25 $\angle$ -79.64°	13.25 $\angle$ 100.36°	0.00 $\angle$ 0.00°	17.26 $\angle$ -78.44°	9.25 $\angle$ 98.13°	8.05 $\angle$ 105.50°
5	25.26 $\angle$ -80.99°	0.00 $\angle$ 0.00°	0.00 $\angle$ 0.00°	8.41 $\angle$ -80.22°	8.41 $\angle$ -80.22°	8.41 $\angle$ -80.22°	12.63 $\angle$ -80.99°	12.63 $\angle$ 99.01°	0.00 $\angle$ 0.00°	16.83 $\angle$ -80.61°	8.43 $\angle$ 98.24°	8.41 $\angle$ 100.55°
6	13.41 $\angle$ -76.39°	0.00 $\angle$ 0.00°	0.00 $\angle$ 0.00°	4.38 $\angle$ -75.70°	4.38 $\angle$ -75.70°	4.38 $\angle$ -75.70°	6.71 $\angle$ -76.39°	6.71 $\angle$ 103.61°	0.00 $\angle$ 0.00°	8.85 $\angle$ -76.06°	4.57 $\angle$ 102.98°	4.29 $\angle$ 104.96°
7	14.26 $\angle$ -78.78°	0.00 $\angle$ 0.00°	0.00 $\angle$ 0.00°	3.90 $\angle$ -75.78°	3.90 $\angle$ -75.78°	3.90 $\angle$ -75.78°	7.13 $\angle$ -78.78°	7.13 $\angle$ 101.22°	0.00 $\angle$ 0.00°	8.78 $\angle$ -77.83°	5.49 $\angle$ 99.69°	3.30 $\angle$ 106.30°
8	13.91 $\angle$ -79.03°	0.00 $\angle$ 0.00°	0.00 $\angle$ 0.00°	3.37 $\angle$ -75.80°	3.37 $\angle$ -75.80°	3.37 $\angle$ -75.80°	6.96 $\angle$ -79.03°	6.96 $\angle$ 100.97°	0.00 $\angle$ 0.00°	8.28 $\angle$ -78.22°	5.64 $\angle$ 99.77°	2.65 $\angle$ 106.05°
9	12.83 $\angle$ -78.43°	0.00 $\angle$ 0.00°	0.00 $\angle$ 0.00°	3.81 $\angle$ -78.09°	3.81 $\angle$ -78.09°	3.81 $\angle$ -78.09°	6.42 $\angle$ -78.43°	6.42 $\angle$ 101.57°	0.00 $\angle$ 0.00°	8.14 $\angle$ -78.30°	4.70 $\angle$ 101.35°	3.44 $\angle$ 102.17°
10	10.48 $\angle$ -79.68°	0.00 $\angle$ 0.00°	0.00 $\angle$ 0.00°	2.76 $\angle$ -73.31°	2.76 $\angle$ -73.31°	2.76 $\angle$ -73.31°	5.24 $\angle$ -79.68°	5.24 $\angle$ 100.32°	0.00 $\angle$ 0.00°	6.36 $\angle$ -77.82°	4.13 $\angle$ 97.45°	2.27 $\angle$ 110.82°
11	14.95 $\angle$ -82.33°	0.00 $\angle$ 0.00°	0.00 $\angle$ 0.00°	4.50 $\angle$ -81.46°	4.50 $\angle$ -81.46°	4.50 $\angle$ -81.46°	7.48 $\angle$ -82.33°	7.48 $\angle$ 97.67°	0.00 $\angle$ 0.00°	9.53 $\angle$ -81.99°	5.43 $\angle$ 97.08°	4.10 $\angle$ 99.25°
12	1.78 $\angle$ -78.32°	0.00 $\angle$ 0.00°	0.00 $\angle$ 0.00°	0.48 $\angle$ -61.75°	0.48 $\angle$ -61.75°	0.48 $\angle$ -61.75°	0.89 $\angle$ -78.32°	0.89 $\angle$ 101.68°	0.00 $\angle$ 0.00°	1.07 $\angle$ -73.51°	0.72 $\angle$ 94.57°	0.39 $\angle$ 129.03°

13	3.13┐-78.53°	0.00┐0.00°	0.00┐0.00°	0.88┐-61.75°	0.88┐-61.75°	0.88┐-61.75°	1.57┐-78.53°	1.57┐101.47°	0.00┐0.00°	1.89┐-73.38°	1.26┐93.75°	0.72┐129.68°
14	18.95┐-79.85°	0.00┐0.00°	0.00┐0.00°	5.85┐-78.66°	5.85┐-78.66°	5.85┐-78.66°	9.48┐-79.85°	9.48┐100.15°	0.00┐0.00°	12.20┐-79.36°	6.76┐99.25°	5.44┐102.37°
15	18.79┐-81.21°	0.00┐0.00°	0.00┐0.00°	6.70┐-81.61°	6.70┐-81.61°	6.70┐-81.61°	9.39┐-81.21°	9.39┐98.79°	0.00┐0.00°	13.00┐-81.45°	5.79┐99.33°	7.21┐97.93°
16	20.79┐-80.44°	0.00┐0.00°	0.00┐0.00°	6.77┐-79.42°	6.77┐-79.42°	6.77┐-79.42°	10.39┐-80.44°	10.39┐99.56°	0.00┐0.00°	13.70┐-79.95°	7.08┐98.64°	6.62┐101.55°
17	39.13┐-82.65°	0.00┐0.00°	0.00┐0.00°	10.36┐-79.16°	10.36┐-79.16°	10.36┐-79.16°	19.56┐-82.65°	19.56┐97.35°	0.00┐0.00°	23.83┐-81.61°	15.30┐95.73°	8.58┐103.14°
18	20.50┐-82.88°	0.00┐0.00°	0.00┐0.00°	4.86┐-79.87°	4.86┐-79.87°	4.86┐-79.87°	10.25┐-82.88°	10.25┐97.12°	0.00┐0.00°	12.13┐-82.15°	8.37┐96.07°	3.77┐101.80°
19	19.21┐-81.82°	0.00┐0.00°	0.00┐0.00°	6.02┐-81.41°	6.02┐-81.41°	6.02┐-81.41°	9.60┐-81.82°	9.60┐98.18°	0.00┐0.00°	12.44┐-81.64°	6.76┐97.86°	5.68┐98.95°
20	24.64┐-81.17°	0.00┐0.00°	0.00┐0.00°	6.09┐-78.29°	6.09┐-78.29°	6.09┐-78.29°	12.32┐-81.17°	12.32┐98.83°	0.00┐0.00°	14.73┐-80.42°	9.91┐97.72°	4.84┐103.40°
21	34.43┐-81.52°	0.00┐0.00°	0.00┐0.00°	8.72┐-77.85°	8.72┐-77.85°	8.72┐-77.85°	17.21┐-81.52°	17.21┐98.48°	0.00┐0.00°	20.71┐-80.52°	13.73┐96.97°	7.02┐104.39°
22	20.51┐-82.44°	0.00┐0.00°	0.00┐0.00°	5.59┐-81.91°	5.59┐-81.91°	5.59┐-81.91°	10.26┐-82.44°	10.26┐97.56°	0.00┐0.00°	12.62┐-82.27°	7.90┐97.29°	4.72┐98.45°
23	8.23┐-78.80°	0.00┐0.00°	0.00┐0.00°	1.74┐-77.50°	1.74┐-77.50°	1.74┐-77.50°	4.12┐-78.80°	4.12┐101.20°	0.00┐0.00°	4.75┐-78.55°	3.48┐100.85°	1.27┐103.11°
24	18.72┐-80.22°	0.00┐0.00°	0.00┐0.00°	4.62┐-78.22°	4.62┐-78.22°	4.62┐-78.22°	9.36┐-80.22°	9.36┐99.78°	0.00┐0.00°	11.19┐-79.70°	7.53┐99.01°	3.67┐102.95°
25	14.66┐-79.59°	0.00┐0.00°	0.00┐0.00°	3.59┐-77.71°	3.59┐-77.71°	3.59┐-77.71°	7.33┐-79.59°	7.33┐100.41°	0.00┐0.00°	8.75┐-79.11°	5.91┐99.75°	1.88┐103.37°
26	20.15┐-82.96°	0.00┐0.00°	0.00┐0.00°	6.14┐-81.32°	6.14┐-81.32°	6.14┐-81.32°	10.08┐-82.96°	10.08┐97.04°	0.00┐0.00°	12.90┐-82.30°	7.26┐95.87°	5.65┐100.06°
27	22.26┐-81.78°	0.00┐0.00°	0.00┐0.00°	5.25┐-79.65°	5.25┐-79.65°	5.25┐-79.65°	11.13┐-81.78°	11.13┐98.22°	0.00┐0.00°	13.16┐-81.28°	9.10┐97.48°	4.06┐101.52°
28	23.55┐-81.78°	0.00┐0.00°	0.00┐0.00°	5.59┐-79.01°	5.59┐-79.01°	5.59┐-79.01°	11.78┐-81.78°	11.78┐98.22°	0.00┐0.00°	13.94┐-81.11°	9.62┐97.25°	4.34┐102.52°
29	18.73┐-80.14°	0.00┐0.00°	0.00┐0.00°	5.31┐-76.59°	5.31┐-76.59°	5.31┐-76.59°	9.36┐-80.14°	9.36┐99.86°	0.00┐0.00°	11.66┐-78.92°	7.08┐97.61°	4.61┐106.03°
30	14.45┐-82.95°	0.00┐0.00°	0.00┐0.00°	3.19┐-81.31°	3.19┐-81.31°	3.19┐-81.31°	7.23┐-82.95°	7.23┐97.05°	0.00┐0.00°	8.42┐-82.60°	6.03┐96.57°	2.39┐99.50°
31	28.07┐-81.88°	0.00┐0.00°	0.00┐0.00°	6.85┐-78.49°	6.85┐-78.49°	6.85┐-78.49°	14.03┐-81.88°	14.03┐98.12°	0.00┐0.00°	16.72┐-81.02°	11.35┐96.85°	5.39┐103.46°
32	11.63┐-77.48°	0.00┐0.00°	0.00┐0.00°	2.60┐-75.66°	2.60┐-75.66°	2.60┐-75.66°	5.81┐-77.48°	5.81┐102.52°	0.00┐0.00°	6.79┐-77.09°	4.84┐101.96°	1.96┐105.25°
33	11.41┐-77.84°	0.00┐0.00°	0.00┐0.00°	2.52┐-75.93°	2.52┐-75.93°	2.52┐-75.93°	5.71┐-77.84°	5.71┐102.16°	0.00┐0.00°	6.64┐-77.43°	4.77┐101.60°	1.62┐101.58°
34	16.75┐-82.38°	0.00┐0.00°	0.00┐0.00°	4.83┐-81.86°	4.83┐-81.86°	4.83┐-81.86°	8.38┐-82.38°	8.38┐97.62°	0.00┐0.00°	10.50┐-82.20°	6.25┐97.30°	4.26┐98.54°
35	8.43┐-76.65°	0.00┐0.00°	0.00┐0.00°	1.85┐-74.97°	1.85┐-74.97°	1.85┐-74.97°	4.22┐-76.65°	4.22┐103.35°	0.00┐0.00°	4.91┐-76.29°	3.53┐102.86°	1.38┐105.86°
36	8.07┐-78.70°	0.00┐0.00°	0.00┐0.00°	1.70┐-77.40°	1.70┐-77.40°	1.70┐-77.40°	4.03┐-78.70°	4.03┐101.30°	0.00┐0.00°	4.66┐-78.44°	3.41┐100.96°	1.25┐103.21°
37	11.20┐-80.59°	0.00┐0.00°	0.00┐0.00°	2.53┐-79.16°	2.53┐-79.16°	2.53┐-79.16°	5.60┐-80.59°	5.60┐99.41°	0.00┐0.00°	6.56┐-80.28°	4.64┐98.96°	1.92┐101.58°
38	11.02┐-82.01°	0.00┐0.00°	0.00┐0.00°	2.76┐-81.60°	2.76┐-81.60°	2.76┐-81.60°	5.51┐-82.01°	5.51┐97.99°	0.00┐0.00°	6.62┐-81.90°	4.40┐97.82°	2.21┐98.65°
39	7.33┐-80.82°	0.00┐0.00°	0.00┐0.00°	1.66┐-79.70°	1.66┐-79.70°	1.66┐-79.70°	3.67┐-80.82°	3.67┐99.18°	0.00┐0.00°	4.30┐-80.58°	3.04┐98.82°	1.26┐100.88°
40	4.46┐-75.80°	0.00┐0.00°	0.00┐0.00°	0.95┐-72.62°	0.95┐-72.62°	0.95┐-72.62°	2.23┐-75.80°	2.23┐104.20°	0.00┐0.00°	2.58┐-75.17°	1.89┐103.35°	0.69┐108.87°
41	9.54┐-84.98°	0.00┐0.00°	0.00┐0.00°	2.15┐-82.30°	2.15┐-82.30°	2.15┐-82.30°	4.77┐-84.98°	4.77┐95.02°	0.00┐0.00°	5.58┐-84.40°	3.96┐94.18°	1.62┐99.07°
42	27.13┐-79.65°	0.00┐0.00°	0.00┐0.00°	7.83┐-72.86°	7.83┐-72.86°	7.83┐-72.86°	13.57┐-79.65°	13.57┐100.35°	0.00┐0.00°	16.93┐-77.26°	10.24┐96.41°	6.84┐112.26°
43	9.45┐-82.41°	0.00┐0.00°	0.00┐0.00°	2.05┐-78.93°	2.05┐-78.93°	2.05┐-78.93°	4.73┐-82.41°	4.73┐97.59°	0.00┐0.00°	5.48┐-81.70°	3.97┐96.61°	1.51┐102.74°
44	29.29┐-79.80°	0.00┐0.00°	0.00┐0.00°	7.42┐-73.86°	7.42┐-73.86°	7.42┐-73.86°	14.64┐-79.80°	14.64┐100.20°	0.00┐0.00°	17.59┐-78.19°	11.72┐97.78°	5.96┐109.76°
45	4.36┐-76.99°	0.00┐0.00°	0.00┐0.00°	0.91┐-75.01°	0.91┐-75.01°	0.91┐-75.01°	2.18┐-76.99°	2.18┐103.01°	0.00┐0.00°	2.51┐-76.61°	1.85┐102.49°	0.66┐105.89°
46	6.00┐-78.04°	0.00┐0.00°	0.00┐0.00°	1.27┐-75.40°	1.27┐-75.40°	1.27┐-75.40°	3.00┐-78.04°	3.00┐101.96°	0.00┐0.00°	3.46┐-77.52°	2.54┐101.26°	0.93┐105.82°
47	9.98┐-83.59°	0.00┐0.00°	0.00┐0.00°	2.19┐-80.81°	2.19┐-80.81°	2.19┐-80.81°	4.99┐-83.59°	4.99┐96.41°	0.00┐0.00°	5.80┐-83.01°	4.18┐95.61°	1.63┐100.54°
48	23.49┐-80.21°	0.00┐0.00°	0.00┐0.00°	5.80┐-75.27°	5.80┐-75.27°	5.80┐-75.27°	11.74┐-80.21°	11.74┐99.79°	0.00┐0.00°	14.02┐-78.94°	9.48┐97.90°	4.58┐107.62°
49	1.84┐-75.56°	0.00┐0.00°	0.00┐0.00°	0.38┐-72.34°	0.38┐-72.34°	0.38┐-72.34°	0.92┐-75.56°	0.92┐104.44°	0.00┐0.00°	1.06┐-74.95°	0.78┐103.61°	0.28┐109.12°
50	3.27┐-74.47°	0.00┐0.00°	0.00┐0.00°	0.69┐-70.71°	0.69┐-70.71°	0.69┐-70.71°	1.63┐-74.47°	1.63┐105.53°	0.00┐0.00°	1.88┐-73.75°	1.39┐104.54°	0.50┐111.01°
51	3.62┐-70.51°	0.00┐0.00°	0.00┐0.00°	0.75┐-66.89°	0.75┐-66.89°	0.75┐-66.89°	1.81┐-70.51°	1.81┐109.49°	0.00┐0.00°	2.08┐-69.82°	1.54┐108.55°	0.55┐114.75°
52	23.48┐-80.96°	0.00┐0.00°	0.00┐0.00°	6.22┐-80.90°	6.22┐-80.90°	6.22┐-80.90°	11.74┐-80.96°	11.74┐99.04°	0.00┐0.00°	14.32┐-80.94°	9.16┐99.01°	5.16┐99.14°
53	6.21┐-67.59°	0.00┐0.00°	0.00┐0.00°	1.32┐-65.20°	1.32┐-65.20°	1.32┐-65.20°	3.10┐-67.59°	3.10┐112.41°	0.00┐0.00°	3.59┐-67.12°	2.62┐111.77°	0.96┐115.91°
54	6.58┐-71.39°	0.00┐0.00°	0.00┐0.00°	1.41┐-67.19°	1.41┐-67.19°	1.41┐-67.19°	3.29┐-71.39°	3.29┐108.61°	0.00┐0.00°	3.80┐-70.55°	2.78┐107.46°	1.03┐114.79°
55	3.03┐-73.86°	0.00┐0.00°	0.00┐0.00°	0.64┐-69.32°	0.64┐-69.32°	0.64┐-69.32°	1.52┐-73.86°	1.52┐106.14°	0.00┐0.00°	1.75┐-72.99°	1.29┐104.94°	0.46┐112.77°
56	4.77┐-75.51°	0.00┐0.00°	0.00┐0.00°	1.00┐-71.06°	1.00┐-71.06°	1.00┐-71.06°	2.38┐-75.51°	2.38┐104.49°	0.00┐0.00°	2.75┐-74.65°	2.02┐103.31°	0.73┐110.99°
57	9.62┐-82.37°	0.00┐0.00°	0.00┐0.00°	2.08┐-77.52°	2.08┐-77.52°	2.08┐-77.52°	4.81┐-82.37°	4.81┐97.63°	0.00┐0.00°	5.58┐-81.39°	4.05┐96.27°	1.54┐104.80°
58	20.08┐-79.12°	0.00┐0.00°	0.00┐0.00°	4.60┐-73.87°	4.60┐-73.87°	4.60┐-73.87°	10.04┐-79.12°	10.04┐100.88°	0.00┐0.00°	11.77┐-77.94°	8.32┐99.20°	3.49┐108.87°
59	17.02┐-81.81°	0.00┐0.00°	0.00┐0.00°	3.83┐-79.67°	3.83┐-79.67°	3.83┐-79.67°	8.51┐-81.81°	8.51┐98.19°	0.00┐0.00°	9.96┐-81.34°	7.07┐97.53°	2.89┐101.43°
60	30.15┐-81.43°	0.00┐0.00°	0.00┐0.00°	7.38┐-77.75°	7.38┐-77.75°	7.38┐-77.75°	15.07┐-81.43°	15.07┐98.57°	0.00┐0.00°	17.97┐-80.49°	12.18┐97.18°	5.82┐104.39°
61	4.05┐-76.02°	0.00┐0.00°	0.00┐0.00°	0.83┐-74.98°	0.83┐-74.98°	0.83┐-74.98°	2.02┐-76.02°	2.02┐103.98°	0.00┐0.00°	2.32┐-75.83°	1.72┐103.71°	0.60┐105.49°
62	6.30┐-76.32°	0.00┐0.00°	0.00┐0.00°	1.33┐-73.53°	1.33┐-73.53°	1.33┐-73.53°	3.15┐-76.32°	3.15┐103.68°	0.00┐0.00°	3.64┐-75.77°	2.66┐102.94°	0.98┐107.77°
63	8.91┐-82.09°	0.00┐0.00°	0.00┐0.00°	1.90┐-79.09°	1.90┐-79.09°	1.90┐-79.09°	4.46┐-82.09°	4.46┐97.91°	0.00┐0.00°	5.15┐-81.49°	3.76┐97.09°	1.40┐102.33°
64	17.64┐-77.81°	0.00┐0.00°	0.00┐0.00°	3.96┐-74.48°	3.96┐-74.48°	3.96┐-74.48°	8.82┐-77.81°	8.82┐102.19°	0.00┐0.00°	10.30┐-77.09°	7.34┐101.17°	2.98┐107.20°
65	4.79┐-78.03°	0.00┐0.00°	0.00┐0.00°	0.99┐-75.70°	0.99┐-75.70°	0.99┐-75.70°	2.40┐-78.03°	2.40┐101.97°	0.00┐0.00°	2.76┐-77.59°	2.04┐101.38°	0.72┐105.35°
66	4.84┐-74.73°	0.00┐0.00°	0.00┐0.00°	1.03┐-69.74°	1.03┐-69.74°	1.03┐-69.74°	2.42┐-74.73°	2.42┐105.27°	0.00┐0.00°	2.79┐-73.74°	2.05┐103.93°	0.75┐112.60°
67	3.52┐-69.54°	0.00┐0.00°	0.00┐0.00°	0.76┐-63.17°	0.76┐-63.17°	0.76┐-63.17°	1.76┐-69.54°	1.76┐110.46°	0.00┐0.00°	2.03┐-68.26°	1.48┐108.71°	0.56┐119.85°
68	2.67┐-67.12°	0.00┐0.00°	0.00┐0.00°	0.56┐-62.20°	0.56┐-62.							

92	1.67/-71.39°	0.00/0.00°	0.00/0.00°	0.36/-63.54°	0.36/-63.54°	0.36/-63.54°	0.84/-71.39°	0.84/108.61°	0.00/0.00°	0.97/-69.79°	0.70/106.40°	0.27/120.25°
93	6.22/-79.80°	0.00/0.00°	0.00/0.00°	1.42/-71.03°	1.42/-71.03°	1.42/-71.03°	3.11/-79.80°	3.11/100.20°	0.00/0.00°	3.63/-77.87°	2.60/97.51°	1.06/113.46°
94	17.49/-79.36°	0.00/0.00°	0.00/0.00°	4.12/-75.36°	4.12/-75.36°	4.12/-75.36°	8.74/-79.36°	8.74/100.64°	0.00/0.00°	10.33/-78.41°	7.16/99.27°	3.18/106.82°
95	15.26/-77.54°	0.00/0.00°	0.00/0.00°	3.40/-75.00°	3.40/-75.00°	3.40/-75.00°	7.63/-77.54°	7.63/102.46°	0.00/0.00°	8.91/-77.00°	6.36/101.69°	2.55/106.27°
96	17.14/-77.51°	0.00/0.00°	0.00/0.00°	3.87/-74.62°	3.87/-74.62°	3.87/-74.62°	8.57/-77.50°	8.57/102.50°	0.00/0.00°	10.03/-76.86°	7.11/101.61°	2.93/106.86°
97	21.96/-80.06°	0.00/0.00°	0.00/0.00°	5.36/-77.27°	5.36/-77.27°	5.36/-77.27°	10.98/-80.06°	10.98/99.94°	0.00/0.00°	13.09/-79.35°	8.88/98.89°	4.22/104.34°
98	29.43/-81.56°	0.00/0.00°	0.00/0.00°	8.43/-79.83°	8.43/-79.83°	8.43/-79.83°	14.71/-81.56°	14.71/98.44°	0.00/0.00°	18.40/-80.95°	11.03/97.42°	7.38/101.48°
99	25.70/-81.02°	0.00/0.00°	0.00/0.00°	6.56/-77.43°	6.56/-77.43°	6.56/-77.43°	12.85/-81.02°	12.85/98.98°	0.00/0.00°	15.49/-80.03°	10.22/97.48°	5.30/104.79°
100	31.23/-83.50°	0.00/0.00°	0.00/0.00°	9.72/-82.21°	9.72/-82.21°	9.72/-82.21°	15.62/-83.50°	15.62/96.50°	0.00/0.00°	20.17/-82.95°	11.06/95.51°	9.12/98.91°
101	30.15/-82.94°	0.00/0.00°	0.00/0.00°	9.06/-81.45°	9.06/-81.45°	9.06/-81.45°	15.08/-82.94°	15.08/97.06°	0.00/0.00°	19.19/-82.36°	10.96/96.04°	8.24/99.77°
102	17.71/-80.25°	0.00/0.00°	0.00/0.00°	4.22/-78.01°	4.22/-78.01°	4.22/-78.01°	8.85/-80.25°	8.85/99.75°	0.00/0.00°	10.49/-79.70°	7.21/98.96°	3.28/103.23°
103	12.73/-79.74°	0.00/0.00°	0.00/0.00°	2.99/-71.04°	2.99/-71.04°	2.99/-71.04°	6.36/-79.74°	6.36/100.26°	0.00/0.00°	7.48/-77.72°	5.26/97.38°	2.28/113.63°
104	11.94/-79.61°	0.00/0.00°	0.00/0.00°	2.72/-75.12°	2.72/-75.12°	2.72/-75.12°	5.97/-79.61°	5.97/100.39°	0.00/0.00°	6.99/-78.61°	4.95/98.97°	2.06/107.21°
105	13.05/-79.77°	0.00/0.00°	0.00/0.00°	3.01/-74.83°	3.01/-74.83°	3.01/-74.83°	6.53/-79.77°	6.53/100.23°	0.00/0.00°	7.66/-78.65°	5.39/98.62°	2.30/107.77°
106	14.04/-79.69°	0.00/0.00°	0.00/0.00°	3.22/-74.84°	3.22/-74.84°	3.22/-74.84°	7.02/-79.69°	7.02/100.31°	0.00/0.00°	8.23/-78.60°	5.81/98.76°	2.44/107.69°
107	12.80/-79.56°	0.00/0.00°	0.00/0.00°	2.89/-74.08°	2.89/-74.08°	2.89/-74.08°	6.40/-79.56°	6.40/100.44°	0.00/0.00°	7.48/-78.36°	5.33/98.75°	2.17/108.72°
108	7.11/-81.51°	0.00/0.00°	0.00/0.00°	1.76/-79.63°	1.76/-79.63°	1.76/-79.63°	4.26/-81.51°	3.56/98.49°	0.00/0.00°	4.26/-81.01°	2.85/97.76°	1.60/101.49°
109	14.44/-85.05°	0.00/0.00°	0.00/0.00°	4.73/-84.47°	4.73/-84.47°	4.73/-84.47°	7.22/-85.05°	7.22/94.95°	0.00/0.00°	9.55/-84.78°	4.90/94.41°	4.65/96.09°
110	8.36/-79.56°	0.00/0.00°	0.00/0.00°	1.91/-71.54°	1.91/-71.54°	1.91/-71.54°	4.18/-79.56°	4.18/100.44°	0.00/0.00°	4.89/-77.78°	3.48/97.95°	1.44/112.59°
111	12.78/-86.08°	0.00/0.00°	0.00/0.00°	3.61/-84.30°	3.61/-84.30°	3.61/-84.30°	6.39/-86.08°	6.39/93.92°	0.00/0.00°	7.95/-85.47°	4.83/92.92°	3.13/97.01°
112	8.83/-80.35°	0.00/0.00°	0.00/0.00°	2.09/-71.21°	2.09/-71.21°	2.09/-71.21°	4.42/-80.35°	4.42/99.65°	0.00/0.00°	5.19/-78.20°	3.65/96.60°	1.60/113.73°
113	6.32/-81.99°	0.00/0.00°	0.00/0.00°	1.48/-79.39°	1.48/-79.39°	1.48/-79.39°	3.16/-81.99°	3.16/98.01°	0.00/0.00°	3.73/-81.38°	2.59/97.12°	1.14/102.02°
114	6.78/-79.44°	0.00/0.00°	0.00/0.00°	1.55/-70.19°	1.55/-70.19°	1.55/-70.19°	3.39/-79.44°	3.39/100.56°	0.00/0.00°	3.96/-77.39°	2.83/97.69°	1.17/114.58°

Tableau B.2 : Courants I^{120} en KA

ad	Td=1			Td=2			Td=3			Td=4		
	I1	I2	I0	I1	I2	I0	I1	I2	I0	I1	I2	I0
1	2.75/-74.60°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	1.21/-75.78°	1.21/-75.78°	1.21/-75.78°	1.38/-74.60°	1.38/_105.40°	0.0/_0.0°	2.27/-75.96°	0.49/111.63°	1.78/101.94°
2	3.22/_-76.66°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	1.08/-76.64°	1.08/-76.64°	1.08/-76.64°	1.61/_-76.66°	1.61/_103.34°	0.0/_0.0°	2.15/-76.65°	1.07/103.32°	1.09/103.38°
3	6.43/_-80.16°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	2.12/-78.51°	2.12/-78.51°	2.12/-78.51°	3.21/_-80.16°	3.21/_99.84°	0.0/_0.0°	4.26/-79.35°	2.16/98.26°	2.10/103.11°
4	6.95/_-79.64°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	2.21/-76.95°	2.21/-76.95°	2.21/-76.95°	3.48/_-79.64°	3.48/_100.36°	0.0/_0.0°	4.53/-78.44°	2.43/98.13°	2.11/105.50°
5	6.63/_-80.99°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	2.21/-80.22°	2.21/-80.22°	2.21/-80.22°	3.31/_-80.99°	3.31/_99.01°	0.0/_0.0°	4.42/-80.61°	2.21/98.24°	2.21/100.55°
6	3.52/_-76.39°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	1.15/-75.70°	1.15/-75.70°	1.15/-75.70°	1.76/_-76.39°	1.76/_103.61°	0.0/_0.0°	2.32/-76.06°	1.20/102.98°	1.12/104.96°
7	3.74/_-78.78°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	1.02/-75.78°	1.02/-75.78°	1.02/-75.78°	1.87/_-78.78°	1.87/_101.22°	0.0/_0.0°	2.30/-77.83°	1.44/99.69°	0.87/106.30°
8	3.65/_-79.03°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.89/-75.80°	0.89/-75.80°	0.89/-75.80°	1.83/_-79.03°	1.83/_100.97°	0.0/_0.0°	2.17/-78.22°	1.48/99.77°	0.70/106.05°
9	3.37/_-78.43°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	1.00/-78.09°	1.00/-78.09°	1.00/-78.09°	1.68/_-78.43°	1.68/_101.57°	0.0/_0.0°	2.13/-78.30°	1.23/101.35°	0.90/102.17°
10	2.75/_-79.68°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.72/-73.31°	0.72/-73.31°	0.72/-73.31°	1.37/_-79.68°	1.37/_100.32°	0.0/_0.0°	1.67/-77.82°	1.08/97.45°	0.59/110.82°
11	3.92/_-82.33°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	1.18/-81.46°	1.18/-81.46°	1.18/-81.46°	1.96/_-82.33°	1.96/_97.67°	0.0/_0.0°	2.50/-81.99°	1.42/97.08°	1.08/99.25°
12	0.47/_-78.32°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.13/-61.75°	0.13/-61.75°	0.13/-61.75°	0.23/_-78.32°	0.23/_101.68°	0.0/_0.0°	0.28/-73.51°	0.19/94.57°	0.10/129.03°
13	0.82/_-78.53°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.23/-61.75°	0.23/-61.75°	0.23/-61.75°	0.41/_-78.53°	0.41/_101.47°	0.0/_0.0°	0.50/-73.38°	0.33/93.75°	0.19/129.68°
14	4.97/_-79.85°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	1.54/-78.66°	1.54/-78.66°	1.54/-78.66°	2.49/_-79.85°	2.49/_100.15°	0.0/_0.0°	3.20/-79.36°	1.77/99.25°	1.43/102.37°
15	4.93/_-81.21°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	1.76/-81.61°	1.76/-81.61°	1.76/-81.61°	2.47/_-81.21°	2.47/_98.79°	0.0/_0.0°	3.41/-81.45°	1.52/99.33°	1.89/97.93°
16	5.46/_-80.44°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	1.78/-79.42°	1.78/-79.42°	1.78/-79.42°	2.73/_-80.44°	2.73/_99.56°	0.0/_0.0°	3.60/-79.95°	1.86/98.64°	1.74/101.55°
17	10.27/_-82.65°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	2.72/-79.16°	2.72/-79.16°	2.72/-79.16°	5.13/_-82.65°	5.13/_97.35°	0.0/_0.0°	6.25/-81.61°	4.02/95.73°	2.25/103.14°
18	5.38/_-82.88°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	1.28/-79.87°	1.28/-79.87°	1.28/-79.87°	2.69/_-82.88°	2.69/_97.12°	0.0/_0.0°	3.18/-82.15°	2.20/96.07°	0.99/101.80°
19	5.04/_-81.82°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	1.58/-81.41°	1.58/-81.41°	1.58/-81.41°	2.52/_-81.82°	2.52/_98.18°	0.0/_0.0°	3.27/-81.64°	1.78/97.86°	1.49/98.95°
20	6.47/_-81.17°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	1.60/-78.29°	1.60/-78.29°	1.60/-78.29°	3.23/_-81.17°	3.23/_98.83°	0.0/_0.0°	3.87/-80.42°	2.60/97.72°	1.27/103.40°
21	9.03/_-81.52°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	2.29/-77.85°	2.29/-77.85°	2.29/-77.85°	4.52/_-81.52°	4.52/_98.48°	0.0/_0.0°	5.43/-80.52°	3.60/96.97°	1.84/104.39°
22	5.38/_-82.44°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	1.47/-81.91°	1.47/-81.91°	1.47/-81.91°	2.69/_-82.44°	2.69/_97.56°	0.0/_0.0°	3.31/-82.27°	2.07/97.29°	1.24/98.45°
23	2.16/_-78.80°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.46/-77.50°	0.46/-77.50°	0.46/-77.50°	1.08/_-78.80°	1.08/_101.20°	0.0/_0.0°	1.25/-78.55°	0.91/100.85°	0.33/103.11°
24	4.91/_-80.22°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	1.21/-78.22°	1.21/-78.22°	1.21/-78.22°	2.46/_-80.22°	2.46/_99.78°	0.0/_0.0°	2.94/-79.70°	1.98/99.01°	0.96/102.95°
25	3.85/_-79.59°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.94/-77.71°	0.94/-77.71°	0.94/-77.71°	1.92/_-79.59°	1.92/_100.41°	0.0/_0.0°	2.30/-79.11°	1.55/99.70°	0.74/103.37°
26	5.29/_-82.96°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	1.61/-81.32°	1.61/-81.32°	1.61/-81.32°	2.64/_-82.96°	2.64/_97.04°	0.0/_0.0°	3.38/-82.30°	1.90/95.87°	1.48/100.06°
27	5.84/_-81.78°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	1.38/-79.65°	1.38/-79.65°	1.38/-79.65°	2.92/_-81.78°	2.92/_98.22°	0.0/_0.0°	3.45/-81.28°	2.39/97.48°	1.07/101.52°
28	6.18/_-81.78°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	1.47/-79.01°	1.47/-79.01°	1.47/-79.01°	3.09/_-81.78°	3.09/_98.22°	0.0/_0.0°	3.66/-81.11°	2.52/97.25°	1.14/102.52°

29	4.91/-80.14°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	1.39/-76.59°	1.39/-76.59°	1.39/-76.59°	2.46/-80.14°	2.46/_99.86°	0.0/_0.0°	3.06/-78.92°	1.86/-97.85°	1.21/-106.03°
30	3.79/-82.95°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.84/-81.31°	0.84/-81.31°	0.84/-81.31°	1.90/_-82.95°	1.90/_97.05°	0.0/_0.0°	2.21/-82.60°	1.58/-96.57°	0.63/-99.50°
31	7.37/-81.88°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	1.80/-78.49°	1.80/-78.49°	1.80/-78.49°	3.68/_-81.88°	3.68/_98.12°	0.0/_0.0°	4.39/-81.02°	2.98/-96.85°	1.41/-103.46°
32	3.05/-77.48°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.68/-75.66°	0.68/-75.66°	0.68/-75.66°	1.53/_-77.48°	1.53/_102.52°	0.0/_0.0°	1.78/-77.09°	1.27/-101.96°	0.51/-105.25°
33	2.99/-77.84°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.66/-75.93°	0.66/-75.93°	0.66/-75.93°	1.50/_-77.84°	1.50/_102.16°	0.0/_0.0°	1.74/-77.43°	1.25/-101.60°	0.49/-105.01°
34	4.40/-82.38°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	1.27/-81.86°	1.27/-81.86°	1.27/-81.86°	2.20/_-82.38°	2.20/_97.62°	0.0/_0.0°	2.76/-82.20°	1.64/-97.30°	1.12/-98.54°
35	2.21/-76.65°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.49/-74.97°	0.49/-74.97°	0.49/-74.97°	1.11/_-76.65°	1.11/_103.35°	0.0/_0.0°	1.29/-76.29°	0.93/-102.86°	0.36/-105.86°
36	2.12/-78.70°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.45/-77.40°	0.45/-77.40°	0.45/-77.40°	1.06/_-78.70°	1.06/_101.30°	0.0/_0.0°	1.22/-78.44°	0.90/-100.96°	0.33/-103.21°
37	2.94/-80.59°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.66/-79.16°	0.66/-79.16°	0.66/-79.16°	1.47/_-80.59°	1.47/_99.41°	0.0/_0.0°	1.72/-80.28°	1.22/-98.96°	0.50/-101.58°
38	2.89/-82.01°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.72/-81.60°	0.72/-81.60°	0.72/-81.60°	1.45/_-82.01°	1.45/_97.99°	0.0/_0.0°	1.74/-81.90°	1.16/-97.82°	0.58/-98.65°
39	1.92/-80.82°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.44/-79.70°	0.44/-79.70°	0.44/-79.70°	0.96/_-80.82°	0.96/_99.18°	0.0/_0.0°	1.13/-80.58°	0.80/-98.82°	0.33/-100.88°
40	1.17/-75.80°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.25/-72.62°	0.25/-72.62°	0.25/-72.62°	0.59/_-75.80°	0.59/_104.20°	0.0/_0.0°	0.68/-75.17°	0.50/-103.35°	0.18/-108.87°
41	2.50/-84.98°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.56/-82.30°	0.56/-82.30°	0.56/-82.30°	1.25/_-84.98°	1.25/_95.02°	0.0/_0.0°	1.46/-84.40°	1.04/-94.18°	0.43/-99.07°
42	7.12/-79.65°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	2.05/-72.86°	2.05/-72.86°	2.05/-72.86°	3.56/_-79.65°	3.56/_100.35°	0.0/_0.0°	4.44/-77.26°	2.69/-96.41°	1.79/-112.26°
43	2.48/-82.41°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.54/-78.93°	0.54/-78.93°	0.54/-78.93°	1.24/_-82.41°	1.24/_97.59°	0.0/_0.0°	1.44/-81.70°	1.04/-96.61°	0.40/-102.74°
44	7.69/-79.80°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	1.95/-73.86°	1.95/-73.86°	1.95/-73.86°	3.84/_-79.80°	3.84/_100.20°	0.0/_0.0°	4.62/-78.19°	3.07/-97.78°	1.56/-109.76°
45	1.14/-76.99°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.24/-75.01°	0.24/-75.01°	0.24/-75.01°	0.57/_-76.99°	0.57/_103.01°	0.0/_0.0°	0.66/-76.61°	0.49/-102.49°	0.17/-105.89°
46	1.57/-78.04°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.33/-75.40°	0.33/-75.40°	0.33/-75.40°	0.79/_-78.04°	0.79/_101.96°	0.0/_0.0°	0.91/-77.52°	0.67/-101.26°	0.24/-105.82°
47	2.62/-83.59°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.57/-80.81°	0.57/-80.81°	0.57/-80.81°	1.31/_-83.59°	1.31/_96.41°	0.0/_0.0°	1.52/-83.01°	1.10/-95.61°	0.43/-100.54°
48	6.16/-80.21°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	1.52/-75.27°	1.52/-75.27°	1.52/-75.27°	3.08/_-80.21°	3.08/_99.79°	0.0/_0.0°	3.68/-78.94°	2.49/-97.90°	1.20/-107.62°
49	0.48/-75.56°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.10/-72.34°	0.10/-72.34°	0.10/-72.34°	0.24/_-75.56°	0.24/_104.44°	0.0/_0.0°	0.28/-74.95°	0.21/-103.61°	0.07/-109.12°
50	0.86/-74.47°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.18/-70.71°	0.18/-70.71°	0.18/-70.71°	0.43/_-74.47°	0.43/_105.53°	0.0/_0.0°	0.49/-73.75°	0.36/-104.54°	0.13/-111.01°
51	0.95/-70.51°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.20/-66.89°	0.20/-66.89°	0.20/-66.89°	0.47/_-70.51°	0.47/_109.49°	0.0/_0.0°	0.55/-69.82°	0.40/-108.55°	0.14/-114.75°
52	6.16/-80.96°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	1.63/-80.90°	1.63/-80.90°	1.63/-80.90°	3.08/_-80.96°	3.08/_99.04°	0.0/_0.0°	3.76/-80.94°	2.40/-99.01°	1.35/-99.14°
53	1.63/-67.59°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.35/-65.20°	0.35/-65.20°	0.35/-65.20°	0.81/_-67.59°	0.81/_112.41°	0.0/_0.0°	0.94/-67.12°	0.69/-111.77°	0.25/-115.91°
54	1.73/-71.39°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.37/-67.19°	0.37/-67.19°	0.37/-67.19°	0.86/_-71.39°	0.86/_108.61°	0.0/_0.0°	1.00/-70.55°	0.73/-107.46°	0.27/-114.79°
55	0.80/-73.86°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.17/-69.32°	0.17/-69.32°	0.17/-69.32°	0.40/_-73.86°	0.40/_106.14°	0.0/_0.0°	0.46/-72.99°	0.34/-104.94°	0.12/-112.77°
56	1.25/-75.51°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.26/-71.06°	0.26/-71.06°	0.26/-71.06°	0.63/_-75.51°	0.63/_104.49°	0.0/_0.0°	0.72/-74.65°	0.53/-103.31°	0.19/-110.99°
57	2.53/-82.37°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.55/-77.52°	0.55/-77.52°	0.55/-77.52°	1.26/_-82.37°	1.26/_97.63°	0.0/_0.0°	1.46/-81.39°	1.06/-96.27°	0.40/-104.80°
58	5.27/-79.12°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	1.21/-73.87°	1.21/-73.87°	1.21/-73.87°	2.63/_-79.12°	2.63/_100.88°	0.0/_0.0°	3.09/-77.94°	2.18/-99.20°	0.92/-108.87°
59	4.47/-81.81°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	1.01/-79.67°	1.01/-79.67°	1.01/-79.67°	2.23/_-81.81°	2.23/_98.19°	0.0/_0.0°	2.61/-81.34°	1.85/-97.53°	0.76/-101.43°
60	7.91/-81.43°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	1.94/-77.75°	1.94/-77.75°	1.94/-77.75°	3.96/_-81.43°	3.96/_98.57°	0.0/_0.0°	4.72/-80.49°	3.20/-97.18°	1.53/-104.39°
61	1.06/-76.02°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.22/-74.98°	0.22/-74.98°	0.22/-74.98°	0.53/_-76.02°	0.53/_103.98°	0.0/_0.0°	0.61/-75.83°	0.45/-103.71°	0.16/-105.49°
62	1.65/-76.32°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.35/-73.53°	0.35/-73.53°	0.35/-73.53°	0.83/_-76.32°	0.83/_103.68°	0.0/_0.0°	0.95/-75.77°	0.70/-102.94°	0.26/-107.77°
63	2.34/-82.09°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.50/-79.09°	0.50/-79.09°	0.50/-79.09°	1.17/_-82.09°	1.17/_97.91°	0.0/_0.0°	1.35/-81.49°	0.99/-97.09°	0.37/-102.33°
64	4.63/-77.81°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	1.04/-74.48°	1.04/-74.48°	1.04/-74.48°	2.31/_-77.81°	2.31/_102.19°	0.0/_0.0°	2.70/-77.09°	1.93/-101.17°	0.78/-107.20°
65	1.26/-78.03°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.26/-75.70°	0.26/-75.70°	0.26/-75.70°	0.63/_-78.03°	0.63/_101.97°	0.0/_0.0°	0.72/-77.59°	0.53/-101.38°	0.19/-105.35°
66	1.27/-74.73°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.27/-69.74°	0.27/-69.74°	0.27/-69.74°	0.63/_-74.73°	0.63/_105.27°	0.0/_0.0°	0.73/-73.74°	0.54/-103.93°	0.20/-112.60°
67	0.92/-69.54°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.20/-63.17°	0.20/-63.17°	0.20/-63.17°	0.46/_-69.54°	0.46/_110.46°	0.0/_0.0°	0.53/-68.26°	0.39/-108.71°	0.15/-119.85°
68	0.70/-67.12°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.15/-62.20°	0.15/-62.20°	0.15/-62.20°	0.35/_-67.12°	0.35/_112.88°	0.0/_0.0°	0.40/-66.16°	0.30/-111.57°	0.11/-120.08°
69	0.54/-75.76°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.11/-73.12°	0.11/-73.12°	0.11/-73.12°	0.27/_-75.76°	0.27/_104.24°	0.0/_0.0°	0.31/-75.27°	0.23/-103.57°	0.08/-108.06°
70	0.81/-68.09°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.17/-63.92°	0.17/-63.92°	0.17/-63.92°	0.41/_-68.09°	0.41/_111.91°	0.0/_0.0°	0.47/-67.29°	0.35/-110.82°	0.12/-117.98°
71	2.43/-84.36°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.52/-81.57°	0.52/-81.57°	0.52/-81.57°	1.22/_-84.36°	1.22/_95.64°	0.0/_0.0°	1.41/-83.81°	1.03/-94.88°	0.38/-99.73°
72	6.54/-79.14°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	1.53/-74.85°	1.53/-74.85°	1.53/-74.85°	3.27/_-79.14°	3.27/_100.86°	0.0/_0.0°	3.85/-78.14°	2.69/-99.42°	1.17/-107.45°

73	1.95/-74.91°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.42/-70.17°	0.42/-70.17°	0.42/-70.17°	0.97/-74.91°	0.97/_105.09°	0.0/_0.0°	1.13/-73.95°	0.82/-103.76°	0.31/-112.10°
74	3.09/-78.89°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.67/-74.51°	0.67/-74.51°	0.67/-74.51°	1.55/-78.89°	1.55/_101.11°	0.0/_0.0°	1.79/-77.98°	1.30/-99.87°	0.50/-107.61°
75	3.19/-78.95°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.70/-74.42°	0.70/-74.42°	0.70/-74.42°	1.60/-78.95°	1.60/_101.05°	0.0/_0.0°	1.85/-78.01°	1.34/-99.76°	0.52/-107.78°
76	0.63/-86.54°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.13/-85.85°	0.13/-85.85°	0.13/-85.85°	0.31/-86.54°	0.31/_93.46°	0.0/_0.0°	0.36/-86.41°	0.27/-93.29°	0.09/-94.46°
77	0.45/-74.96°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.09/-71.16°	0.09/-71.16°	0.09/-71.16°	0.23/-74.96°	0.23/_105.04°	0.0/_0.0°	0.26/-74.24°	0.19/-104.08°	0.07/-110.54°
78	4.51/-78.49°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	1.33/-76.54°	1.33/-76.54°	1.33/-76.54°	2.25/-78.49°	2.25/_101.51°	0.0/_0.0°	2.85/-77.76°	1.66/-100.25°	1.19/-105.01°
79	3.87/-74.69°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	1.07/-71.56°	1.07/-71.56°	1.07/-71.56°	1.93/-74.69°	1.93/_105.31°	0.0/_0.0°	2.39/-73.67°	1.48/-103.67°	0.91/-110.65°
80	6.56/-83.87°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	1.80/-82.16°	1.80/-82.16°	1.80/-82.16°	3.28/-83.87°	3.28/_96.13°	0.0/_0.0°	4.04/-83.32°	2.52/-95.25°	1.53/-99.04°
81	2.98/-77.82°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.71/-69.06°	0.71/-69.06°	0.71/-69.06°	1.49/-77.82°	1.49/_102.18°	0.0/_0.0°	1.76/-75.75°	1.23/-99.20°	0.54/-115.72°
82	6.29/-80.48°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	1.59/-74.84°	1.59/-74.84°	1.59/-74.84°	3.15/-80.48°	3.15/_99.52°	0.0/_0.0°	3.78/-78.95°	2.52/-97.22°	1.28/-108.60°
83	7.43/-83.57°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	2.00/-82.12°	2.00/-82.12°	2.00/-82.12°	3.72/-83.57°	3.72/_96.43°	0.0/_0.0°	4.55/-83.13°	2.88/-95.72°	1.67/-98.86°
84	7.57/-83.64°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	2.02/-81.32°	2.02/-81.32°	2.02/-81.32°	3.78/-83.64°	3.78/_96.36°	0.0/_0.0°	4.62/-82.94°	2.94/-95.25°	1.68/-100.23°
85	3.10/-78.44°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.73/-70.54°	0.73/-70.54°	0.73/-70.54°	1.55/-78.44°	1.55/_101.56°	0.0/_0.0°	1.82/-76.58°	1.28/-98.90°	0.56/-113.74°
86	2.54/-78.08°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.60/-69.29°	0.60/-69.29°	0.60/-69.29°	1.27/-78.08°	1.27/_101.92°	0.0/_0.0°	1.50/-76.04°	1.05/-99.01°	0.46/-115.43°
87	6.23/-80.99°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	1.58/-75.27°	1.58/-75.27°	1.58/-75.27°	3.11/-80.99°	3.11/_99.01°	0.0/_0.0°	3.74/-79.43°	2.49/-96.65°	1.27/-108.24°
88	1.00/-83.63°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.21/-79.45°	0.21/-79.45°	0.21/-79.45°	0.50/-83.63°	0.50/_96.37°	0.0/_0.0°	0.58/-82.82°	0.42/-95.25°	0.15/-102.49°
89	0.89/-76.75°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.19/-69.90°	0.19/-69.90°	0.19/-69.90°	0.44/-76.75°	0.44/_103.25°	0.0/_0.0°	0.51/-75.37°	0.38/-101.36°	0.14/-113.35°
90	1.51/-79.00°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.34/-72.25°	0.34/-72.25°	0.34/-72.25°	0.76/-79.00°	0.76/_101.00°	0.0/_0.0°	0.88/-77.57°	0.63/-99.03°	0.25/-111.09°
91	1.18/-78.24°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.26/-71.45°	0.26/-71.45°	0.26/-71.45°	0.59/-78.24°	0.59/_101.76°	0.0/_0.0°	0.68/-76.83°	0.50/-99.80°	0.19/-111.87°
92	0.44/-71.39°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.10/-63.54°	0.10/-63.54°	0.10/-63.54°	0.22/-71.39°	0.22/_108.61°	0.0/_0.0°	0.25/-69.79°	0.18/-106.40°	0.07/-120.25°
93	1.63/-79.80°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.37/-71.03°	0.37/-71.03°	0.37/-71.03°	0.82/-79.80°	0.82/_100.20°	0.0/_0.0°	0.95/-77.87°	0.68/-97.51°	0.28/-113.46°
94	4.59/-79.36°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	1.08/-75.36°	1.08/-75.36°	1.08/-75.36°	2.29/-79.36°	2.29/_100.64°	0.0/_0.0°	2.71/-78.41°	1.88/-99.27°	0.84/-106.82°
95	4.01/-77.54°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.89/-75.00°	0.89/-75.00°	0.89/-75.00°	2.00/-77.54°	2.00/_102.46°	0.0/_0.0°	2.34/-77.00°	1.67/-101.69°	0.67/-106.27°
96	4.50/-77.50°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	1.02/-74.62°	1.02/-74.62°	1.02/-74.62°	2.25/-77.50°	2.25/_102.50°	0.0/_0.0°	2.63/-76.86°	1.87/-101.61°	0.77/-106.86°
97	5.76/-80.06°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	1.41/-77.27°	1.41/-77.27°	1.41/-77.27°	2.88/-80.06°	2.88/_99.94°	0.0/_0.0°	3.43/-79.35°	2.33/-98.89°	1.11/-104.34°
98	7.72/-81.56°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	2.21/-79.83°	2.21/-79.83°	2.21/-79.83°	3.86/-81.56°	3.86/_98.44°	0.0/_0.0°	4.83/-80.95°	2.89/-97.42°	1.94/-101.48°
99	6.74/-81.02°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	1.72/-77.43°	1.72/-77.43°	1.72/-77.43°	3.37/-81.02°	3.37/_98.98°	0.0/_0.0°	4.06/-80.03°	2.68/-97.48°	1.39/-104.79°
100	8.20/-83.50°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	2.55/-82.21°	2.55/-82.21°	2.55/-82.21°	4.10/-83.50°	4.10/_96.50°	0.0/_0.0°	5.29/-82.95°	2.90/-95.51°	2.39/-98.91°
101	7.91/-82.94°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	2.38/-81.45°	2.38/-81.45°	2.38/-81.45°	3.96/-82.94°	3.96/_97.06°	0.0/_0.0°	5.04/-82.36°	2.88/-96.04°	2.16/-99.77°
102	4.65/-80.25°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	1.11/-78.01°	1.11/-78.01°	1.11/-78.01°	2.32/-80.25°	2.32/_99.75°	0.0/_0.0°	2.75/-79.70°	1.89/-98.96°	0.86/-103.23°
103	3.34/-79.74°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.78/-71.04°	0.78/-71.04°	0.78/-71.04°	1.67/-79.74°	1.67/_100.26°	0.0/_0.0°	1.96/-77.72°	1.38/-97.38°	0.60/-113.63°
104	3.13/-79.61°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.71/-75.12°	0.71/-75.12°	0.71/-75.12°	1.57/-79.61°	1.57/_100.39°	0.0/_0.0°	1.83/-78.61°	1.30/-98.97°	0.54/-107.21°
105	3.42/-79.77°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.79/-74.83°	0.79/-74.83°	0.79/-74.83°	1.71/-79.77°	1.71/_100.23°	0.0/_0.0°	2.01/-78.65°	1.41/-98.62°	0.60/-107.77°
106	3.69/-79.69°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.84/-74.84°	0.84/-74.84°	0.84/-74.84°	1.84/-79.69°	1.84/_100.31°	0.0/_0.0°	2.16/-78.60°	1.53/-98.76°	0.64/-107.69°
107	3.36/-79.56°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.76/-74.08°	0.76/-74.08°	0.76/-74.08°	1.68/-79.56°	1.68/_100.44°	0.0/_0.0°	1.96/-78.36°	1.40/-98.75°	0.57/-108.72°
108	1.87/-81.51°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.46/-79.63°	0.46/-79.63°	0.46/-79.63°	0.93/-81.51°	0.93/_98.49°	0.0/_0.0°	1.12/-81.01°	0.75/-97.76°	0.37/-101.49°
109	3.79/-85.05°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	1.24/-84.47°	1.24/-84.47°	1.24/-84.47°	1.90/-85.05°	1.90/_94.95°	0.0/_0.0°	2.51/-84.78°	1.29/-94.41°	1.22/-96.09°
110	2.19/-79.56°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.50/-71.54°	0.50/-71.54°	0.50/-71.54°	1.10/-79.56°	1.10/_100.44°	0.0/_0.0°	1.28/-77.78°	0.91/-97.95°	0.38/-112.59°
111	3.35/-86.08°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.95/-84.30°	0.95/-84.30°	0.95/-84.30°	1.68/-86.08°	1.68/_93.92°	0.0/_0.0°	2.09/-85.47°	1.27/-92.92°	0.82/-97.01°
112	2.32/-80.35°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.55/-71.21°	0.55/-71.21°	0.55/-71.21°	1.16/-80.35°	1.16/_99.65°	0.0/_0.0°	1.36/-78.20°	0.96/-96.60°	0.42/-113.73°
113	1.66/-81.99°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.39/-79.39°	0.39/-79.39°	0.39/-79.39°	0.83/-81.99°	0.83/_98.01°	0.0/_0.0°	0.98/-81.38°	0.68/-97.12°	0.30/-102.02°
114	1.78/-79.44°	0.0/_0.0°	0.0/_0.0°	0.41/-70.19°	0.41/-70.19°	0.41/-70.19°	0.89/-79.44°	0.89/_100.56°	0.0/_0.0°	1.04/-77.39°	0.74/-97.69°	0.31/-114.58°

Tableau B.3 : Courants I^{abc} en pu

ad	Td=1			Td=2			Td=3			Td=4		
	Ia	Ib	Ic	Ia	Ib	Ic	Ia	Ib	Ic	Ia	Ib	Ic
1	10.50∠-74.60°	10.50∠165.40°	10.50∠45.40°	13.85∠-75.78°	0.00∠29.74°	0.00∠29.74°	0.00∠0.00°	9.09∠-164.60°	9.09∠15.40°	0.00∠90.00°	13.22∠145.30°	14.03∠61.66°
2	12.27∠-76.66°	12.27∠163.34°	12.27∠43.34°	12.36∠-76.64°	0.00∠38.66°	0.00∠38.66°	0.00∠0.00°	10.63∠-166.66°	10.63∠13.34°	0.00∠97.13°	12.32∠162.99°	12.31∠43.71°
3	24.49∠-80.16°	24.49∠159.84°	24.49∠39.84°	24.27∠-78.51°	0.00∠18.43°	0.00∠18.43°	0.00∠0.00°	21.21∠-170.16°	21.21∠9.84°	0.00∠116.57°	24.96∠161.12°	23.77∠40.15°
4	26.49∠-79.64°	26.49∠160.36°	26.49∠40.36°	25.29∠-76.95°	0.00∠0.00°	0.00∠0.00°	0.00∠0.00°	22.94∠-169.64°	22.94∠10.36°	0.00∠-75.96°	26.87∠163.78°	24.95∠39.18°
5	25.26∠-80.99°	25.26∠159.01°	25.26∠39.01°	25.24∠-80.22°	0.00∠33.69°	0.00∠33.69°	0.00∠0.00°	21.87∠-170.99°	21.87∠9.01°	0.00∠180.00°	25.54∠159.43°	24.95∠39.36°
6	13.41∠-76.39°	13.41∠163.61°	13.41∠43.61°	13.13∠-75.70°	0.00∠29.74°	0.00∠29.74°	0.00∠0.00°	11.62∠-166.39°	11.62∠13.61°	0.00∠0.00°	13.41∠164.97°	13.14∠42.88°
7	14.26∠-78.78°	14.26∠161.22°	14.26∠41.22°	11.70∠-75.78°	0.00∠41.63°	0.00∠41.63°	0.00∠0.00°	12.35∠-168.78°	12.35∠11.22°	0.00∠-63.43°	13.71∠170.15°	12.89∠33.69°
8	13.91∠-79.03°	13.91∠160.97°	13.91∠40.97°	10.12∠-75.80°	0.00∠41.63°	0.00∠41.63°	0.00∠0.00°	12.05∠-169.03°	12.05∠10.97°	0.00∠-75.96°	13.02∠173.27°	12.35∠29.66°
9	12.83∠-78.43°	12.83∠161.57°	12.83∠41.57°	11.44∠-78.09°	0.00∠63.43°	0.00∠63.43°	0.00∠0.00°	11.11∠-168.43°	11.11∠11.57°	0.00∠97.13°	12.30∠166.78°	12.20∠36.57°
10	10.48∠-79.68°	10.48∠160.32°	10.48∠40.32°	8.28∠-73.31°	0.00∠38.66°	0.00∠38.66°	0.00∠0.00°	9.07∠-169.68°	9.07∠10.32°	0.00∠180.00°	10.25∠171.29°	9.09∠31.90°
11	14.95∠-82.33°	14.95∠157.67°	14.95∠37.67°	13.51∠-81.46°	0.00∠26.57°	0.00∠26.57°	0.00∠0.00°	12.95∠-172.33°	12.95∠7.67°	0.00∠0.00°	14.49∠162.55°	14.19∠33.38°
12	1.78∠-78.32°	1.78∠161.68°	1.78∠41.68°	1.45∠-61.75°	0.00∠33.69°	0.00∠33.69°	0.00∠0.00°	1.54∠-168.32°	1.54∠11.68°	0.00∠104.04°	1.89∠175.69°	1.38∠33.86°
13	3.13∠-78.53°	3.13∠161.47°	3.13∠41.47°	2.63∠-61.75°	0.00∠50.19°	0.00∠50.19°	0.00∠0.00°	2.71∠-168.53°	2.71∠11.47°	0.00∠0.00°	3.36∠175.08°	2.40∠34.74°
14	18.95∠-79.85°	18.95∠160.15°	18.95∠40.15°	17.55∠-78.66°	0.00∠33.69°	0.00∠33.69°	0.00∠0.00°	16.41∠-169.85°	16.41∠10.15°	0.00∠180.00°	18.62∠164.14°	18.05∠37.03°
15	18.79∠-81.21°	18.79∠158.79°	18.79∠38.79°	20.10∠-81.61°	0.00∠19.98°	0.00∠19.98°	0.00∠0.00°	16.27∠-171.21°	16.27∠8.79°	0.00∠122.01°	19.40∠154.93°	19.67∠42.13°
16	20.79∠-80.44°	20.79∠159.56°	20.79∠39.56°	20.32∠-79.42°	0.00∠26.57°	0.00∠26.57°	0.00∠0.00°	18.00∠-170.44°	18.00∠9.56°	0.00∠53.13°	20.86∠161.14°	20.26∠38.92°
17	39.13∠-82.65°	39.13∠157.35°	39.13∠37.35°	31.08∠-79.16°	0.00∠25.20°	0.00∠25.20°	0.00∠0.00°	33.88∠-172.65°	33.88∠7.35°	0.00∠85.24°	37.44∠167.36°	35.01∠28.79°
18	20.50∠-82.88°	20.50∠157.12°	20.50∠37.12°	14.59∠-79.87°	0.00∠45.00°	0.00∠45.00°	0.00∠0.00°	17.76∠-172.88°	17.76∠7.12°	0.00∠75.96°	19.07∠169.92°	18.19∠25.17°
19	19.21∠-81.82°	19.21∠158.18°	19.21∠38.18°	18.06∠-81.41°	0.00∠21.80°	0.00∠21.80°	0.00∠0.00°	16.63∠-171.82°	16.63∠8.18°	0.00∠180.00°	18.79∠161.23°	18.59∠35.46°
20	24.64∠-81.17°	24.64∠158.83°	24.64∠38.83°	18.28∠-78.29°	0.00∠26.57°	0.00∠26.57°	0.00∠0.00°	21.34∠-171.17°	21.34∠8.83°	0.00∠180.00°	23.08∠170.57°	21.98∠28.04°
21	34.43∠-81.52°	34.43∠158.48°	34.43∠38.48°	26.17∠-77.85°	0.00∠29.74°	0.00∠29.74°	0.00∠0.00°	29.82∠-171.52°	29.82∠8.48°	0.00∠-75.96°	32.63∠169.75°	30.58∠28.51°
22	20.51∠-82.44°	20.51∠157.56°	20.51∠37.56°	16.76∠-81.91°	0.00∠0.00°	0.00∠0.00°	0.00∠0.00°	17.76∠-172.44°	17.76∠7.56°	0.00∠-69.44°	19.22∠165.95°	19.02∠29.41°
23	8.23∠-78.80°	8.23∠161.20°	8.23∠41.20°	5.22∠-77.50°	0.00∠41.63°	0.00∠41.63°	0.00∠0.00°	7.13∠-168.80°	7.13∠11.20°	0.00∠82.87°	7.44∠176.33°	7.32∠26.32°
24	18.72∠-80.22°	18.72∠159.78°	18.72∠39.78°	13.87∠-78.22°	0.00∠29.74°	0.00∠29.74°	0.00∠0.00°	16.21∠-170.22°	16.21∠9.78°	0.00∠85.24°	17.40∠171.37°	16.83∠28.85°
25	14.66∠-79.59°	14.66∠160.41°	14.66∠40.41°	10.78∠-77.71°	0.00∠0.00°	0.00∠0.00°	0.00∠0.00°	12.69∠-169.59°	12.69∠10.41°	0.00∠0.00°	13.60∠172.19°	13.18∠29.23°
26	20.15∠-82.96°	20.15∠157.04°	20.15∠37.04°	18.41∠-81.32°	0.00∠28.07°	0.00∠28.07°	0.00∠0.00°	17.45∠-172.96°	17.45∠7.04°	0.00∠0.00°	19.79∠161.75°	18.99∠33.48°
27	22.26∠-81.78°	22.26∠158.22°	22.26∠38.22°	15.76∠-79.65°	0.00∠28.07°	0.00∠28.07°	0.00∠0.00°	19.27∠-171.78°	19.27∠8.22°	0.00∠-75.96°	20.55∠170.98°	19.88∠26.05°
28	23.55∠-81.78°	23.55∠158.22°	23.55∠38.22°	16.77∠-79.01°	0.00∠23.96°	0.00∠23.96°	0.00∠0.00°	20.40∠-171.78°	20.40∠8.22°	0.00∠0.00°	21.87∠170.97°	20.94∠26.26°
29	18.73∠-80.14°	18.73∠159.86°	18.73∠39.86°	15.94∠-76.59°	0.00∠26.57°	0.00∠26.57°	0.00∠0.00°	16.22∠-170.14°	16.22∠9.86°	0.00∠104.04°	18.31∠167.78°	16.94∠33.83°
30	14.45∠-82.95°	14.45∠157.05°	14.45∠37.05°	9.58∠-81.31°	0.00∠29.74°	0.00∠29.74°	0.00∠0.00°	12.52∠-172.95°	12.52∠7.05°	0.00∠180.00°	13.17∠171.28°	12.87∠23.19°
31	28.07∠-81.88°	28.07∠158.12°	28.07∠38.12°	20.54∠-78.49°	0.00∠29.74°	0.00∠29.74°	0.00∠0.00°	24.31∠-171.88°	24.31∠8.12°	0.00∠-57.99°	26.32∠170.31°	24.89∠26.98°
32	11.63∠-77.48°	11.63∠162.52°	11.63∠42.52°	7.81∠-75.66°	0.00∠29.74°	0.00∠29.74°	0.00∠0.00°	10.07∠-167.48°	10.07∠12.52°	0.00∠110.56°	10.62∠176.48°	10.35∠28.98°
33	11.41∠-77.84°	11.41∠162.16°	11.41∠42.16°	7.55∠-75.93°	0.00∠45.00°	0.00∠45.00°	0.00∠0.00°	9.88∠-167.84°	9.88∠12.16°	0.00∠75.96°	10.41∠176.47°	10.14∠28.28°
34	16.75∠-82.38°	16.75∠157.62°	16.75∠37.62°	14.50∠-81.86°	0.00∠25.20°	0.00∠25.20°	0.00∠0.00°	14.51∠-172.38°	14.51∠7.62°	0.00∠-69.44°	15.94∠164.00°	15.76∠31.53°
35	8.43∠-76.65°	8.43∠163.35°	8.43∠43.35°	5.56∠-74.97°	0.00∠19.98°	0.00∠19.98°	0.00∠0.00°	7.30∠-166.65°	7.30∠13.35°	0.00∠-146.31°	7.68∠177.69°	7.50∠29.39°
36	8.07∠-78.70°	8.07∠161.30°	8.07∠41.30°	5.11∠-77.40°	0.00∠38.66°	0.00∠38.66°	0.00∠0.00°	6.99∠-168.70°	6.99∠11.30°	0.00∠-82.87°	7.29∠176.46°	7.17∠26.40°
37	11.20∠-80.59°	11.20∠159.41°	11.20∠39.41°	7.60∠-79.16°	0.00∠48.81°	0.00∠48.81°	0.00∠0.00°	9.70∠-170.59°	9.70∠9.41°	0.00∠-146.31°	10.22∠173.09°	10.01∠26.07°
38	11.02∠-82.01°	11.02∠157.99°	11.02∠37.99°	8.28∠-81.60°	0.00∠23.96°	0.00∠23.96°	0.00∠0.00°	9.54∠-172.01°	9.54∠7.99°	0.00∠107.35°	10.14∠168.89°	10.07∠27.23°
39	7.33∠-80.82°	7.33∠159.18°	7.33∠39.18°	4.98∠-79.70°	0.00∠33.69°	0.00∠33.69°	0.00∠0.00°	6.35∠-170.82°	6.35∠9.18°	0.00∠-82.87°	6.68∠172.79°	6.57∠25.84°
40	4.46∠-75.80°	4.46∠164.20°	4.46∠44.20°	2.84∠-72.62°	0.00∠18.43°	0.00∠18.43°	0.00∠0.00°	3.87∠-165.80°	3.87∠14.20°	0.00∠45.00°	4.08∠179.49°	3.92∠29.54°

41	9.54┐84.98°	9.54┐155.02°	9.54┐35.02°	6.45┐82.30°	0.00┐36.03°	0.00┐36.03°	0.00┐0.00°	8.26┐174.98°	8.26┐5.02°	0.00┐82.87°	8.78┐168.94°	8.44┐21.74°
42	27.13┐79.65°	27.13┐160.35°	27.13┐40.35°	23.49┐72.86°	0.00┐38.66°	0.00┐38.66°	0.00┐0.00°	23.50┐169.65°	23.50┐10.35°	0.00┐90.00°	27.51┐168.96°	23.62┐35.50°
43	9.45┐82.41°	9.45┐157.59°	9.45┐37.59°	6.14┐78.93°	0.00┐33.69°	0.00┐33.69°	0.00┐0.00°	8.19┐172.41°	8.19┐7.59°	0.00┐180.00°	8.69┐172.51°	8.29┐23.39°
44	29.29┐79.80°	29.29┐160.20°	29.29┐40.20°	22.27┐73.86°	0.00┐38.66°	0.00┐38.66°	0.00┐0.00°	25.36┐169.80°	25.36┐10.20°	0.00┐26.57°	28.26┐172.03°	25.45┐30.45°
45	4.36┐76.99°	4.36┐163.01°	4.36┐43.01°	2.72┐75.01°	0.00┐21.80°	0.00┐21.80°	0.00┐0.00°	3.77┐166.99°	3.77┐13.01°	0.00┐79.38°	3.95┐178.55°	3.85┐27.84°
46	6.00┐78.04°	6.00┐161.96°	6.00┐41.96°	3.80┐75.40°	0.00┐26.57°	0.00┐26.57°	0.00┐0.00°	5.19┐168.04°	5.19┐11.96°	0.00┐90.00°	5.47┐177.27°	5.29┐27.16°
47	9.98┐83.59°	9.98┐156.41°	9.98┐36.41°	6.56┐80.81°	0.00┐45.00°	0.00┐45.00°	0.00┐0.00°	8.64┐173.59°	8.64┐6.41°	0.00┐33.69°	9.15┐170.98°	8.81┐22.46°
48	23.49┐80.21°	23.49┐159.79°	23.49┐39.79°	17.39┐75.27°	0.00┐38.66°	0.00┐38.66°	0.00┐0.00°	20.34┐170.21°	20.34┐9.79°	0.00┐126.87°	22.34┐172.03°	20.57┐29.13°
49	1.84┐75.56°	1.84┐164.44°	1.84┐44.44°	1.14┐72.34°	0.00┐48.81°	0.00┐48.81°	0.00┐0.00°	1.59┐165.56°	1.59┐14.44°	0.00┐75.96°	1.68┐179.82°	1.61┐29.29°
50	3.27┐74.47°	3.27┐165.53°	3.27┐45.53°	2.06┐70.71°	0.00┐23.96°	0.00┐23.96°	0.00┐0.00°	2.83┐164.47°	2.83┐15.53°	0.00┐66.80°	3.00┐178.90°	2.86┐30.67°
51	3.62┐70.51°	3.62┐169.49°	3.62┐49.49°	2.26┐66.89°	0.00┐38.66°	0.00┐38.66°	0.00┐0.00°	3.13┐160.51°	3.13┐19.49°	0.00┐40.60°	3.31┐174.81°	3.17┐34.47°
52	23.48┐80.96°	23.48┐159.04°	23.48┐39.04°	18.66┐80.90°	0.00┐29.74°	0.00┐29.74°	0.00┐0.00°	20.34┐170.96°	20.34┐9.04°	0.00┐69.44°	21.77┐168.22°	21.74┐29.88°
53	6.21┐67.59°	6.21┐172.41°	6.21┐52.41°	3.95┐65.20°	0.00┐38.66°	0.00┐38.66°	0.00┐0.00°	5.38┐157.59°	5.38┐22.41°	0.00┐0.00°	5.65┐172.38°	5.48┐37.67°
54	6.58┐71.39°	6.58┐168.61°	6.58┐48.61°	4.22┐67.19°	0.00┐26.57°	0.00┐26.57°	0.00┐0.00°	5.70┐161.39°	5.70┐18.61°	0.00┐80.54°	6.07┐176.13°	5.74┐34.20°
55	3.03┐73.86°	3.03┐166.14°	3.03┐46.14°	1.91┐69.32°	0.00┐53.13°	0.00┐53.13°	0.00┐0.00°	2.63┐163.86°	2.63┐16.14°	0.00┐135.00°	2.79┐178.18°	2.64┐31.32°
56	4.77┐75.51°	4.77┐164.49°	4.77┐44.49°	3.01┐71.06°	0.00┐29.74°	0.00┐29.74°	0.00┐0.00°	4.13┐165.51°	4.13┐14.49°	0.00┐33.69°	4.39┐179.91°	4.15┐29.74°
57	9.62┐82.37°	9.62┐157.63°	9.62┐37.63°	6.25┐77.52°	0.00┐28.07°	0.00┐28.07°	0.00┐0.00°	8.34┐172.37°	8.34┐7.63°	0.00┐92.39°	8.92┐172.76°	8.37┐23.51°
58	20.08┐79.12°	20.08┐160.88°	20.08┐40.88°	13.79┐73.87°	0.00┐38.66°	0.00┐38.66°	0.00┐0.00°	17.39┐169.12°	17.39┐10.88°	0.00┐75.96°	18.84┐174.91°	17.45┐28.15°
59	17.02┐81.81°	17.02┐158.19°	17.02┐38.19°	11.50┐79.67°	0.00┐36.03°	0.00┐36.03°	0.00┐0.00°	14.74┐171.81°	14.74┐8.19°	0.00┐75.96°	15.60┐172.05°	15.13┐24.84°
60	30.15┐81.43°	30.15┐158.57°	30.15┐38.57°	22.15┐77.75°	0.00┐15.95°	0.00┐15.95°	0.00┐0.00°	26.11┐171.43°	26.11┐8.57°	0.00┐53.13°	28.36┐170.73°	26.68┐27.58°
61	4.05┐76.02°	4.05┐163.98°	4.05┐43.98°	2.50┐74.98°	0.00┐19.98°	0.00┐19.98°	0.00┐0.00°	3.51┐166.02°	3.51┐13.98°	0.00┐0.00°	3.64┐179.62°	3.60┐28.52°
62	6.30┐76.32°	6.30┐163.68°	6.30┐43.68°	4.00┐73.53°	0.00┐38.66°	0.00┐38.66°	0.00┐0.00°	5.46┐166.32°	5.46┐13.68°	0.00┐95.71°	5.75┐178.95°	5.55┐28.97°
63	8.91┐82.09°	8.91┐157.91°	8.91┐37.91°	5.71┐79.09°	0.00┐36.03°	0.00┐36.03°	0.00┐0.00°	7.72┐172.09°	7.72┐7.91°	0.00┐180.00°	8.15┐173.04°	7.84┐23.39°
64	17.64┐77.81°	17.64┐162.19°	17.64┐42.19°	11.87┐74.48°	0.00┐33.69°	0.00┐33.69°	0.00┐0.00°	15.27┐167.81°	15.27┐12.19°	0.00┐0.00°	16.28┐176.33°	15.53┐28.83°
65	4.79┐78.03°	4.79┐161.97°	4.79┐41.97°	2.98┐75.70°	0.00┐33.69°	0.00┐33.69°	0.00┐0.00°	4.15┐168.03°	4.15┐11.97°	0.00┐90.00°	4.35┐177.60°	4.23┐26.78°
66	4.84┐74.73°	4.84┐165.27°	4.84┐45.27°	3.09┐69.74°	0.00┐33.69°	0.00┐33.69°	0.00┐0.00°	4.19┐164.73°	4.19┐15.27°	0.00┐90.00°	4.48┐179.24°	4.20┐30.77°
67	3.52┐69.54°	3.52┐170.46°	3.52┐50.46°	2.27┐63.17°	0.00┐33.69°	0.00┐33.69°	0.00┐0.00°	3.05┐159.54°	3.05┐20.46°	0.00┐26.57°	3.29┐174.04°	3.02┐36.26°
68	2.67┐67.12°	2.67┐172.88°	2.67┐52.88°	1.69┐62.20°	0.00┐45.00°	0.00┐45.00°	0.00┐0.00°	2.31┐157.12°	2.31┐22.88°	0.00┐153.43°	2.47┐171.51°	2.32┐38.23°
69	2.05┐75.76°	2.05┐164.24°	2.05┐44.24°	1.26┐73.12°	0.00┐53.13°	0.00┐53.13°	0.00┐0.00°	1.78┐165.76°	1.78┐14.24°	0.00┐116.57°	1.86┐179.85°	1.80┐28.79°
70	3.10┐68.09°	3.10┐171.91°	3.10┐51.91°	1.95┐63.92°	0.00┐45.00°	0.00┐45.00°	0.00┐0.00°	2.69┐158.09°	2.69┐21.91°	0.00┐63.43°	2.85┐172.43°	2.70┐37.03°
71	9.27┐84.36°	9.27┐155.64°	9.27┐35.64°	5.92┐81.57°	0.00┐19.98°	0.00┐19.98°	0.00┐0.00°	8.03┐174.36°	8.03┐5.64°	0.00┐87.61°	8.47┐170.81°	8.17┐21.03°
72	24.92┐79.14°	24.92┐160.86°	24.92┐40.86°	17.44┐74.85°	0.00┐26.57°	0.00┐26.57°	0.00┐0.00°	21.58┐169.14°	21.58┐10.86°	0.00┐116.57°	23.32┐174.29°	21.85┐28.57°
73	7.42┐74.91°	7.42┐165.09°	7.42┐45.09°	4.81┐70.17°	0.00┐38.66°	0.00┐38.66°	0.00┐0.00°	6.43┐164.91°	6.43┐15.09°	0.00┐126.87°	6.87┐179.77°	6.46┐30.92°
74	11.78┐78.89°	11.78┐161.11°	11.78┐41.11°	7.71┐74.51°	0.00┐53.13°	0.00┐53.13°	0.00┐0.00°	10.20┐168.89°	10.20┐11.11°	0.00┐161.57°	10.90┐176.02°	10.28┐27.14°
75	12.16┐78.95°	12.16┐161.05°	12.16┐41.05°	7.98┐74.42°	0.00┐38.66°	0.00┐38.66°	0.00┐0.00°	10.53┐168.95°	10.53┐11.05°	0.00┐95.71°	11.27┐175.93°	10.60┐27.16°
76	2.39┐86.54°	2.39┐153.46°	2.39┐33.46°	1.46┐85.85°	0.00┐15.42°	0.00┐15.42°	0.00┐0.00°	2.07┐176.54°	2.07┐3.46°	0.00┐104.04°	2.15┐169.26°	2.13┐17.79°
77	1.73┐74.96°	1.73┐165.04°	1.73┐45.04°	1.07┐71.16°	0.00┐29.74°	0.00┐29.74°	0.00┐0.00°	1.49┐164.96°	1.49┐15.04°	0.00┐90.00°	1.58┐179.05°	1.51┐29.82°
78	17.18┐78.49°	17.18┐161.51°	17.18┐41.51°	15.22┐76.54°	0.00┐26.57°	0.00┐26.57°	0.00┐0.00°	14.88┐168.49°	14.88┐11.51°	0.00┐75.96°	16.74┐167.51°	15.99┐36.73°
79	14.74┐74.69°	14.74┐165.31°	14.74┐45.31°	12.21┐71.56°	0.00┐38.66°	0.00┐38.66°	0.00┐0.00°	12.77┐164.69°	12.77┐15.31°	0.00┐0.00°	14.22┐173.97°	13.33┐38.16°
80	24.99┐83.87°	24.99┐156.13°	24.99┐36.13°	20.58┐82.16°	0.00┐40.10°	0.00┐40.10°	0.00┐0.00°	21.65┐173.87°	21.65┐6.13°	0.00┐82.87°	23.75┐164.58°	22.93┐28.50°
81	11.37┐77.82°	11.37┐162.18°	11.37┐42.18°	8.09┐69.06°	0.00┐33.69°	0.00┐33.69°	0.00┐0.00°	9.85┐167.82°	9.85┐12.18°	0.00┐108.43°	11.00┐176.22°	9.61┐30.52°
82	23.97┐80.48°	23.97┐159.52°	23.97┐39.52°	18.20┐74.84°	0.00┐21.80°	0.00┐21.80°	0.00┐0.00°	20.76┐170.48°	20.76┐9.52°	0.00┐0.00°	23.07┐171.31°	20.89┐29.70°
83	28.32┐83.57°	28.32┐156.43°	28.32┐36.43°	22.83┐82.12°	0.00┐15.95°	0.00┐15.95°	0.00┐0.00°	24.52┐173.57°	24.52┐6.43°	0.00┐94.76°	26.70┐165.46°	25.94┐28.03°

84	28.83└-83.64°	28.83└156.36°	28.83└36.36°	23.09└-81.32°	0.00└41.63°	0.00└41.63°	0.00└0.00°	24.97└-173.64°	24.97└6.36°	0.00└53.13°	27.36└165.81°	26.14└27.90°
85	11.80└-78.44°	11.80└161.56°	11.80└41.56°	8.35└-70.54°	0.00└23.96°	0.00└23.96°	0.00└0.00°	10.22└-168.44°	10.22└11.56°	0.00└99.46°	11.34└175.50°	10.04└29.75°
86	9.70└-78.08°	9.70└161.92°	9.70└41.92°	6.83└-69.29°	0.00└33.69°	0.00└33.69°	0.00└0.00°	8.40└-168.08°	8.40└11.92°	0.00└126.87°	9.36└176.19°	8.19└29.96°
87	23.74└-80.99°	23.74└159.01°	23.74└39.01°	18.10└-75.27°	0.00└29.74°	0.00└29.74°	0.00└0.00°	20.56└-170.99°	20.56└9.01°	0.00└180.00°	22.88└170.71°	20.68└29.33°
88	3.81└-83.63°	3.81└156.37°	3.81└36.37°	2.41└-79.45°	0.00└53.13°	0.00└53.13°	0.00└0.00°	3.30└-173.63°	3.30└6.37°	0.00└0.00°	3.51└171.88°	3.32└21.67°
89	3.39└-76.75°	3.39└163.25°	3.39└43.25°	2.19└-69.90°	0.00└21.80°	0.00└21.80°	0.00└0.00°	2.93└-166.75°	2.93└13.25°	0.00└90.00°	3.17└178.78°	2.90└29.12°
90	5.77└-79.00°	5.77└161.00°	5.77└41.00°	3.84└-72.25°	0.00└38.66°	0.00└38.66°	0.00└0.00°	5.00└-169.00°	5.00└11.00°	0.00└90.00°	5.43└176.00°	4.95└27.51°
91	4.49└-78.24°	4.49└161.76°	4.49└41.76°	2.96└-71.45°	0.00└33.69°	0.00└33.69°	0.00└0.00°	3.89└-168.24°	3.89└11.76°	0.00└63.43°	4.23└176.91°	3.85└28.08°
92	1.67└-71.39°	1.67└168.61°	1.67└48.61°	1.09└-63.54°	0.00└63.43°	0.00└63.43°	0.00└0.00°	1.45└-161.39°	1.45└18.61°	0.00└116.57°	1.58└175.87°	1.42└34.72°
93	6.22└-79.80°	6.22└160.20°	6.22└40.20°	4.25└-71.03°	0.00└38.66°	0.00└38.66°	0.00└0.00°	5.39└-169.80°	5.39└10.20°	0.00└0.00°	5.96└175.09°	5.26└27.40°
94	17.49└-79.36°	17.49└160.64°	17.49└40.64°	12.37└-75.36°	0.00└38.66°	0.00└38.66°	0.00└0.00°	15.14└-169.36°	15.14└10.64°	0.00└135.00°	16.36└173.77°	15.38└28.63°
95	15.26└-77.54°	15.26└162.46°	15.26└42.46°	10.21└-75.00°	0.00└45.00°	0.00└45.00°	0.00└0.00°	13.22└-167.54°	13.22└12.46°	0.00└63.43°	14.01└176.61°	13.52└28.89°
96	17.14└-77.50°	17.14└162.50°	17.14└42.50°	11.62└-74.62°	0.00└18.43°	0.00└18.43°	0.00└0.00°	14.84└-167.50°	14.84└12.50°	0.00└86.42°	15.79└176.40°	15.15└29.30°
97	21.96└-80.06°	21.96└159.94°	21.96└39.94°	16.08└-77.27°	0.00└29.74°	0.00└29.74°	0.00└0.00°	19.02└-170.06°	19.02└9.94°	0.00└63.43°	20.50└171.99°	19.58└28.76°
98	29.43└-81.56°	29.43└158.44°	29.43└38.44°	25.28└-79.83°	0.00└0.00°	0.00└0.00°	0.00└0.00°	25.48└-171.56°	25.48└8.44°	0.00└180.00°	28.32└165.45°	27.24└32.39°
99	25.70└-81.02°	25.70└158.98°	25.70└38.98°	19.67└-77.43°	0.00└18.43°	0.00└18.43°	0.00└0.00°	22.26└-171.02°	22.26└8.98°	0.00└97.13°	24.38└170.05°	22.86└29.22°
100	31.23└-83.50°	31.23└156.50°	31.23└36.50°	29.17└-82.21°	0.00└48.81°	0.00└48.81°	0.00└0.00°	27.05└-173.50°	27.05└6.50°	0.00└180.00°	30.82└160.17°	29.79└33.81°
101	30.15└-82.94°	30.15└157.06°	30.15└37.06°	27.17└-81.45°	0.00└0.00°	0.00└0.00°	0.00└0.00°	26.11└-172.94°	26.11└7.06°	0.00└75.96°	29.41└162.25°	28.35└32.86°
102	17.71└-80.25°	17.71└159.75°	17.71└39.75°	12.66└-78.01°	0.00└29.74°	0.00└29.74°	0.00└0.00°	15.33└-170.25°	15.33└9.75°	0.00└180.00°	16.39└172.29°	15.82└27.86°
103	12.73└-79.74°	12.73└160.26°	12.73└40.26°	8.97└-71.04°	0.00└23.96°	0.00└23.96°	0.00└0.00°	11.02└-169.74°	11.02└10.26°	0.00└90.00°	12.28└174.50°	10.76└28.31°
104	11.94└-79.61°	11.94└160.39°	11.94└40.39°	8.16└-75.12°	0.00└33.69°	0.00└33.69°	0.00└0.00°	10.34└-169.61°	10.34└10.39°	0.00└0.00°	11.13└174.39°	10.43└27.49°
105	13.05└-79.77°	13.05└160.23°	13.05└40.23°	9.03└-74.83°	0.00└38.66°	0.00└38.66°	0.00└0.00°	11.30└-169.77°	11.30└10.23°	0.00└63.43°	12.24└174.03°	11.37└27.69°
106	14.04└-79.69°	14.04└160.31°	14.04└40.31°	9.65└-74.84°	0.00└21.80°	0.00└21.80°	0.00└0.00°	12.16└-169.69°	12.16└10.31°	0.00└75.96°	13.15└174.26°	12.24└27.57°
107	12.80└-79.56°	12.80└160.44°	12.80└40.44°	8.66└-74.08°	0.00└63.43°	0.00└63.43°	0.00└0.00°	11.08└-169.56°	11.08└10.44°	0.00└90.00°	12.00└174.83°	11.09└27.35°
108	7.11└-81.51°	7.11└158.49°	7.11└38.49°	5.29└-79.63°	0.00└29.74°	0.00└29.74°	0.00└0.00°	6.16└-171.51°	6.16└8.49°	0.00└110.56°	6.61└169.95°	6.40└27.67°
109	14.44└-85.05°	14.44└154.95°	14.44└34.95°	14.19└-84.47°	0.00└37.30°	0.00└37.30°	0.00└0.00°	12.51└-175.05°	12.51└4.95°	0.00└180.00°	14.44└156.08°	14.20└34.35°
110	8.36└-79.56°	8.36└160.44°	8.36└40.44°	5.73└-71.54°	0.00└26.57°	0.00└26.57°	0.00└0.00°	7.24└-169.56°	7.24└10.44°	0.00└53.13°	7.98└175.09°	7.11└27.74°
111	12.78└-86.08°	12.78└153.92°	12.78└33.92°	10.82└-84.30°	0.00└0.00°	0.00└0.00°	0.00└0.00°	11.06└-176.08°	11.06└3.92°	0.00└75.96°	12.25└161.43°	11.78└27.35°
112	8.83└-80.35°	8.83└159.65°	8.83└39.65°	6.26└-71.21°	0.00└33.69°	0.00└33.69°	0.00└0.00°	7.65└-170.35°	7.65└9.65°	0.00└90.00°	8.55└173.89°	7.44└27.86°
113	6.32└-81.99°	6.32└158.01°	6.32└38.01°	4.44└-79.39°	0.00└23.96°	0.00└23.96°	0.00└0.00°	5.47└-171.99°	5.47└8.01°	0.00└104.04°	5.85└171.01°	5.62└25.72°
114	6.78└-79.44°	6.78└160.56°	6.78└40.56°	4.66└-70.19°	0.00└21.80°	0.00└21.80°	0.00└0.00°	5.88└-169.44°	5.88└10.56°	0.00└0.00°	6.53└175.44°	5.71└27.90°

Tableau B.4 : Courants dans les lignes Iaiaj/Iajai en KA

ad	ai	aj	Td=1			Td=2			Td=3			Td=4		
			I1	I2	I0	I1	I2	I0	I1	I2	I0	I1	I2	I0
1	0	1	2.14└-53.76°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	16.54└-87.07°	7.30└90.84°	1.84└92.94°	12.82└-85.04°	11.05└-90.81°	0.0└0.0°	9.21└-84.05°	7.44└-92.40°	1.82└-85.44°
2	0	5	3.24└-90.71°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	15.72└-89.54°	6.15└93.23°	7.06└88.48°	12.55└-89.01°	9.31└-88.42°	0.0└0.0°	9.52└-90.25°	6.27└-90.01°	6.99└-89.90°
3	0	11	5.60└-97.10°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	10.63└-90.84°	2.52└98.50°	1.35└87.75°	9.34└-91.46°	3.81└-83.15°	0.0└0.0°	8.12└-93.22°	2.56└-84.74°	1.34└-90.63°
4	0	15	2.85└-102.21°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	12.65└-91.00°	4.87└94.68°	6.10└97.53°	10.14└-91.21°	7.37└-86.98°	0.0└0.0°	7.76└-93.53°	4.96└-88.56°	6.04└-80.85°
5	0	17	21.01└-90.46°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	24.51└-88.64°	1.76└104.53°	0.50└81.61°	23.61└-88.96°	2.67└-77.12°	0.0└0.0°	22.77└-89.53°	1.80└-78.70°	0.49└-96.77°
6	0	19	8.77└-90.99°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	9.93└-89.57°	0.58└103.49°	0.31└80.76°	9.63└-89.83°	0.88└-78.16°	0.0└0.0°	9.35└-90.28°	0.59└-79.75°	0.30└-97.62°
7	0	22	16.11└-90.04°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	17.87└-88.69°	0.89└105.98°	0.21└80.83°	17.42└-88.94°	1.35└-75.67°	0.0└0.0°	17.00└-89.37°	0.91└-77.26°	0.21└-97.55°
8	0	52	24.84└-89.39°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	27.71└-87.76°	1.46└108.57°	0.36└85.87°	26.97└-88.07°	2.21└-73.08°	0.0└0.0°	26.29└-88.57°	1.49└-74.67°	0.35└-92.51°
9	0	80	22.89└-90.10°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	23.54└-89.52°	0.34└112.53°	0.03└73.31°	23.37└-89.65°	0.51└-69.12°	0.0└0.0°	23.22└-89.82°	0.35└-70.71°	0.02└-105.07°
10	0	83	27.91└-88.49°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	28.73└-87.90°	0.43└113.93°	0.03└74.15°	28.52└-88.03°	0.65└-67.72°	0.0└0.0°	28.33└-88.20°	0.44└-69.31°	0.03└-104.23°

11	0	98	10.41Z-90.92°	0.0Z0.0°	0.0Z0.0°	11.08Z-89.94°	0.34Z107.33°	0.12Z77.43°	10.91Z-90.14°	0.52Z-74.32°	0.0Z0.0°	10.75Z-90.44°	0.35Z-75.91°	0.12Z-100.95°
12	0	100	12.23Z-90.02°	0.0Z0.0°	0.0Z0.0°	12.83Z-89.22°	0.31Z109.20°	0.10Z76.56°	12.67Z-89.39°	0.46Z-72.45°	0.0Z0.0°	12.53Z-89.63°	0.31Z-74.04°	0.10Z-101.82°
13	0	101	26.54Z-89.35°	0.0Z0.0°	0.0Z0.0°	28.29Z-88.44°	0.89Z107.50°	0.24Z75.98°	27.84Z-88.62°	1.34Z-74.15°	0.0Z0.0°	27.42Z-88.90°	0.90Z-75.74°	0.24Z-102.40°
14	0	109	27.65Z-87.90°	0.0Z0.0°	0.0Z0.0°	28.64Z-87.37°	0.50Z109.73°	0.10Z76.45°	28.39Z-87.48°	0.76Z-71.92°	0.0Z0.0°	28.15Z-87.64°	0.51Z-73.51°	0.10Z-101.93°
15	0	111	25.78Z-88.64°	0.0Z0.0°	0.0Z0.0°	26.08Z-88.37°	0.16Z116.01°	0.01Z52.00°	26.01Z-88.43°	0.24Z-65.64°	0.0Z0.0°	25.93Z-88.51°	0.16Z-67.23°	0.01Z-126.38°
16	2	1	1.45Z154.39°	0.0Z0.0°	0.0Z0.0°	0.38Z126.63°	0.56Z165.75°	2.07Z94.26°	0.63Z141.41°	0.85Z-15.90°	0.0Z0.0°	0.89Z149.21°	0.57Z-17.49°	2.05Z-84.12°
17	1	2	1.46Z-23.40°	0.0Z0.0°	0.0Z0.0°	0.67Z-6.17°	0.42Z-34.40°	2.09Z-87.43°	0.85Z-14.07°	0.63Z143.95°	0.0Z0.0°	1.05Z-17.69°	0.43Z142.37°	2.07Z94.19°
18	6	1	1.16Z-157.91°	0.0Z0.0°	0.0Z0.0°	0.04Z-179.94°	0.55Z-154.61°	1.57Z96.21°	0.32Z-162.14°	0.83Z23.74°	0.0Z0.0°	0.60Z-157.96°	0.56Z22.15°	1.55Z-82.17°
19	1	6	1.23Z24.19°	0.0Z0.0°	0.0Z0.0°	0.75Z26.21°	0.24Z23.52°	1.60Z-87.17°	0.87Z25.15°	0.36Z-158.13°	0.0Z0.0°	0.99Z25.15°	0.24Z-159.72°	1.58Z94.45°
20	2	6	1.06Z81.50°	0.0Z0.0°	0.0Z0.0°	0.56Z57.10°	0.29Z106.96°	0.18Z-96.78°	0.68Z66.17°	0.44Z-74.69°	0.0Z0.0°	0.79Z73.28°	0.30Z-76.27°	0.17Z84.84°
21	6	2	1.01Z-96.41°	0.0Z0.0°	0.0Z0.0°	0.31Z-41.13°	0.43Z-111.26°	0.16Z126.78°	0.43Z-70.95°	0.65Z67.09°	0.0Z0.0°	0.61Z-83.54°	0.44Z65.51°	0.16Z-51.60°
22	5	3	20.36Z-83.45°	0.0Z0.0°	0.0Z0.0°	6.64Z-80.81°	6.77Z-82.27°	5.74Z-84.37°	10.11Z-82.98°	10.25Z96.08°	0.0Z0.0°	13.46Z-82.40°	6.91Z94.50°	5.69Z97.25°
23	3	5	20.38Z96.48°	0.0Z0.0°	0.0Z0.0°	6.82Z97.16°	6.69Z98.60°	5.67Z96.60°	10.26Z96.01°	10.12Z-83.06°	0.0Z0.0°	13.57Z97.04°	6.82Z-84.64°	5.62Z-81.78°
24	5	4	2.42Z136.96°	0.0Z0.0°	0.0Z0.0°	0.80Z131.62°	0.80Z142.06°	1.59Z-118.26°	1.21Z133.52°	1.21Z-39.59°	0.0Z0.0°	1.60Z136.01°	0.82Z-41.18°	1.57Z63.36°
25	4	5	2.42Z-41.99°	0.0Z0.0°	0.0Z0.0°	0.81Z-33.44°	0.80Z-43.78°	1.52Z62.58°	1.21Z-38.54°	1.21Z134.57°	0.0Z0.0°	1.61Z-39.43°	0.82Z132.98°	1.51Z-115.80°
26	4	7	0.54Z84.83°	0.0Z0.0°	0.0Z0.0°	0.52Z43.99°	0.18Z153.64°	0.85Z113.65°	0.50Z54.40°	0.27Z-28.01°	0.0Z0.0°	0.49Z64.76°	0.19Z-29.60°	0.85Z-64.73°
27	7	4	0.46Z-74.18°	0.0Z0.0°	0.0Z0.0°	0.41Z5.03°	0.27Z-117.87°	0.87Z-82.47°	0.34Z-14.09°	0.41Z60.48°	0.0Z0.0°	0.34Z-37.14°	0.28Z58.89°	0.86Z99.15°
28	15	16	14.73Z-86.90°	0.0Z0.0°	0.0Z0.0°	4.84Z-84.37°	4.88Z-85.67°	6.10Z-82.55°	7.34Z-86.48°	7.39Z92.68°	0.0Z0.0°	9.76Z-85.88°	4.98Z91.09°	6.04Z99.07°
29	16	15	14.73Z92.99°	0.0Z0.0°	0.0Z0.0°	4.90Z93.77°	4.85Z95.06°	6.09Z97.85°	7.39Z92.56°	7.34Z-86.59°	0.0Z0.0°	9.79Z93.57°	4.95Z-88.18°	6.03Z-80.53°
30	16	3	14.73Z-86.93°	0.0Z0.0°	0.0Z0.0°	4.84Z-84.35°	4.88Z-85.73°	6.11Z-82.36°	7.34Z-86.48°	7.39Z92.61°	0.0Z0.0°	9.76Z-85.89°	4.98Z91.03°	6.05Z99.26°
31	3	16	14.73Z93.02°	0.0Z0.0°	0.0Z0.0°	4.90Z93.75°	4.85Z95.13°	6.09Z98.30°	7.39Z92.57°	7.34Z-86.52°	0.0Z0.0°	9.79Z93.60°	4.95Z-88.11°	6.03Z-80.08°
32	16	14	0.00Z13.19°	0.0Z0.0°	0.0Z0.0°	0.03Z24.83°	0.01Z-151.13°	0.01Z-162.92°	0.02Z25.06°	0.02Z27.22°	0.0Z0.0°	0.02Z22.98°	0.01Z25.63°	0.01Z18.70°
33	14	16	0.00Z13.19°	0.0Z0.0°	0.0Z0.0°	0.03Z24.83°	0.01Z-151.13°	0.01Z-137.38°	0.02Z25.06°	0.02Z27.22°	0.0Z0.0°	0.02Z22.98°	0.01Z25.63°	0.01Z44.24°
34	8	4	2.58Z-98.90°	0.0Z0.0°	0.0Z0.0°	0.71Z-59.94°	1.02Z-108.82°	0.43Z-105.06°	1.10Z-82.56°	1.55Z69.53°	0.0Z0.0°	1.58Z-90.25°	1.04Z67.94°	0.43Z76.56°
35	4	8	2.75Z75.64°	0.0Z0.0°	0.0Z0.0°	1.30Z59.38°	0.76Z91.71°	0.36Z123.74°	1.66Z65.66°	1.16Z-89.94°	0.0Z0.0°	2.00Z70.69°	0.78Z-91.53°	0.36Z-54.64°
36	10	7	3.67Z-89.04°	0.0Z0.0°	0.0Z0.0°	1.11Z-67.08°	1.32Z-95.51°	0.61Z-80.17°	1.72Z-79.60°	1.99Z82.84°	0.0Z0.0°	2.35Z-83.52°	1.34Z81.25°	0.60Z101.45°
37	7	10	3.79Z87.10°	0.0Z0.0°	0.0Z0.0°	1.49Z74.33°	1.16Z97.65°	0.62Z116.79°	2.07Z79.57°	1.76Z-84.00°	0.0Z0.0°	2.62Z83.81°	1.18Z-85.59°	0.61Z-61.59°
38	10	11	3.85Z84.99°	0.0Z0.0°	0.0Z0.0°	1.68Z67.44°	1.13Z100.22°	0.33Z81.23°	2.22Z74.52°	1.71Z-81.43°	0.0Z0.0°	2.73Z79.94°	1.16Z-83.01°	0.32Z-97.15°
39	11	10	3.61Z-85.42°	0.0Z0.0°	0.0Z0.0°	1.14Z-52.04°	1.35Z-96.24°	0.44Z-121.59°	1.68Z-70.22°	2.04Z82.11°	0.0Z0.0°	2.30Z-77.09°	1.37Z80.52°	0.43Z60.03°
40	7	6	3.19Z-90.58°	0.0Z0.0°	0.0Z0.0°	0.95Z-64.26°	1.17Z-98.34°	0.19Z88.28°	1.47Z-79.21°	1.77Z80.01°	0.0Z0.0°	2.03Z-84.14°	1.19Z78.43°	0.19Z-90.10°
41	6	7	3.28Z87.02°	0.0Z0.0°	0.0Z0.0°	1.35Z71.93°	0.99Z99.53°	0.33Z-128.01°	1.83Z78.13°	1.50Z-82.12°	0.0Z0.0°	2.29Z82.94°	1.01Z-83.70°	0.33Z53.61°
42	11	42	3.94Z-70.87°	0.0Z0.0°	0.0Z0.0°	1.34Z-48.42°	1.36Z-79.14°	1.04Z-83.47°	1.95Z-60.44°	2.05Z99.21°	0.0Z0.0°	2.60Z-64.78°	1.38Z97.63°	1.03Z98.15°
43	42	11	3.97Z101.54°	0.0Z0.0°	0.0Z0.0°	1.50Z85.04°	1.27Z113.53°	1.00Z106.38°	2.11Z92.16°	1.92Z-68.12°	0.0Z0.0°	2.70Z97.37°	1.29Z-69.70°	0.99Z-72.00°
44	6	3	2.06Z-55.53°	0.0Z0.0°	0.0Z0.0°	0.98Z-17.30°	0.70Z-78.34°	1.61Z-79.66°	1.18Z-33.58°	1.06Z100.00°	0.0Z0.0°	1.45Z-43.01°	0.72Z98.42°	1.59Z101.96°
45	3	6	2.07Z122.45°	0.0Z0.0°	0.0Z0.0°	0.84Z79.45°	0.77Z146.31°	1.58Z116.02°	1.08Z98.37°	1.17Z-35.34°	0.0Z0.0°	1.36Z110.70°	0.79Z-36.92°	1.56Z-62.36°
46	9	2	2.03Z125.60°	0.0Z0.0°	0.0Z0.0°	0.74Z110.13°	0.66Z136.55°	1.90Z96.13°	1.06Z116.87°	0.99Z-45.11°	0.0Z0.0°	1.37Z121.83°	0.67Z-46.69°	1.89Z-82.25°
47	2	9	2.00Z-53.56°	0.0Z0.0°	0.0Z0.0°	0.67Z-32.91°	0.69Z-60.78°	1.97Z-86.56°	0.99Z-44.15°	1.04Z117.57°	0.0Z0.0°	1.32Z-48.00°	0.70Z115.98°	1.95Z95.06°
48	9	3	2.00Z-53.34°	0.0Z0.0°	0.0Z0.0°	0.75Z-14.11°	0.74Z-69.48°	2.06Z-84.46°	1.00Z-33.37°	1.11Z108.87°	0.0Z0.0°	1.31Z-42.41°	0.75Z107.28°	2.04Z97.16°
49	3	9	2.02Z125.94°	0.0Z0.0°	0.0Z0.0°	0.87Z95.66°	0.66Z147.40°	1.85Z104.84°	1.13Z108.41°	1.00Z-34.25°	0.0Z0.0°	1.39Z117.22°	0.68Z-35.84°	1.83Z-73.54°
50	10	13	0.53Z22.52°	0.0Z0.0°	0.0Z0.0°	1.48Z26.35°	0.47Z-149.07°	0.41Z159.93°	1.23Z26.40°	0.71Z29.28°	0.0Z0.0°	1.00Z24.98°	0.48Z27.70°	0.40Z-18.45°
51	13	10	0.53Z22.52°	0.0Z0.0°	0.0Z0.0°	1.48Z26.35°	0.47Z-149.07°	0.13Z-93.68°	1.23Z26.40°	0.71Z29.28°	0.0Z0.0°	1.00Z24.98°	0.48Z27.70°	0.13Z87.94°
52	17	21	3.78Z-69.24°	0.0Z0.0°	0.0Z0.0°	1.25Z-61.00°	1.26Z-70.81°	0.35Z-84.40°	1.88Z-65.99°	1.90Z107.54°	0.0Z0.0°	2.50Z-66.79°	1.28Z105.95°	0.34Z97.22°
53	21	17	3.81Z105.71°	0.0Z0.0°	0.0Z0.0°	1.29Z101.02°	1.25Z110.56°	0.34Z97.96°	1.93Z102.57°	1.89Z-71.09°	0.0Z0.0°	2.54Z104.90°	1.27Z-72.68°	0.34Z-80.42°
54	17	21	3.32Z-68.67°	0.0Z0.0°	0.0Z0.0°	1.10Z-58.46°	1.11Z-71.19°	0.30Z-84.90°	1.65Z-64.44°	1.67Z107.16°	0.0Z0.0°	2.20Z-65.72°	1.13Z105.57°	0.30Z96.72°

55	21	17	3.36└104.78°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	1.15└98.32°	1.09└110.57°	0.30└98.16°	1.71└100.75°	1.66└-71.08°	0.0└0.0°	2.24└103.50°	1.12└-72.67°	0.30└-80.22°
56	17	72	0.61└78.65°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	0.57└42.47°	0.18└146.95°	0.05└-178.08°	0.57└51.92°	0.28└-34.70°	0.0└0.0°	0.56└61.13°	0.19└-36.29°	0.05└3.54°
57	72	17	0.85└-12.14°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	0.68└11.58°	0.17└-59.88°	0.02└-19.19°	0.70└4.44°	0.26└118.47°	0.0└0.0°	0.75└-1.46°	0.18└116.88°	0.02└162.43°
58	17	27	0.91└87.81°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	0.68└78.67°	0.13└114.04°	0.07└102.36°	0.74└81.35°	0.20└-67.61°	0.0└0.0°	0.79└84.01°	0.13└-69.20°	0.07└-76.02°
59	27	17	0.31└-9.91°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	0.42└56.35°	0.20└-77.11°	0.09└-90.50°	0.35└44.92°	0.30└101.24°	0.0└0.0°	0.31└28.79°	0.21└99.65°	0.09└91.12°
60	17	31	2.04└-70.91°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	0.58└-45.17°	0.76└-77.78°	0.20└-97.18°	0.92└-60.20°	1.15└100.57°	0.0└0.0°	1.28└-64.82°	0.77└98.99°	0.20└84.44°
61	31	17	2.45└96.01°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	1.03└86.68°	0.71└105.08°	0.18└88.22°	1.38└90.24°	1.08└-76.57°	0.0└0.0°	1.73└93.56°	0.73└-78.16°	0.18└-90.16°
62	31	28	1.29└93.93°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	0.70└89.29°	0.30└101.74°	0.11└90.52°	0.85└90.66°	0.45└-79.91°	0.0└0.0°	0.99└92.53°	0.30└-81.50°	0.11└-87.86°
63	28	31	0.71└-71.31°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	0.14└21.19°	0.36└-80.01°	0.14└-93.79°	0.20└-41.95°	0.54└98.34°	0.0└0.0°	0.36└-59.10°	0.37└96.75°	0.14└87.83°
64	17	64	1.86└96.01°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	0.85└69.09°	0.58└117.71°	0.12└110.56°	1.09└80.00°	0.87└-63.94°	0.0└0.0°	1.32└87.89°	0.59└-65.53°	0.12└-67.82°
65	64	17	1.84└-50.83°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	0.83└-19.28°	0.60└-69.37°	0.12└-83.23°	1.04└-33.33°	0.90└108.98°	0.0└0.0°	1.29└-40.76°	0.61└107.39°	0.12└98.39°
66	21	44	6.74└-67.38°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	2.28└-52.88°	2.26└-72.07°	0.65└-84.36°	3.37└-60.96°	3.42└106.28°	0.0└0.0°	4.48└-63.32°	2.30└104.69°	0.64└97.26°
67	44	21	6.81└104.33°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	2.39└93.90°	2.21└112.32°	0.63└105.23°	3.50└98.27°	3.35└-69.33°	0.0└0.0°	4.57└101.98°	2.26└-70.92°	0.63└-73.15°
68	60	31	4.20└100.15°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	1.51└95.65°	1.33└105.12°	0.39└94.51°	2.19└97.09°	2.02└-76.53°	0.0└0.0°	2.84└99.32°	1.36└-78.12°	0.38└-83.87°
69	31	60	3.97└-74.57°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	1.23└-64.93°	1.37└-76.37°	0.40└-88.41°	1.91└-70.85°	2.07└101.98°	0.0└0.0°	2.59└-71.86°	1.39└100.39°	0.40└93.21°
70	21	60	2.93└-72.09°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	0.96└-61.15°	0.98└-74.87°	0.28└-90.50°	1.45└-67.54°	1.49└103.48°	0.0└0.0°	1.93└-68.97°	1.00└101.89°	0.28└91.12°
71	60	21	2.99└101.23°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	1.04└94.45°	0.97└107.27°	0.27└93.48°	1.53└97.04°	1.47└-74.38°	0.0└0.0°	2.00└99.85°	0.99└-75.97°	0.27└-84.90°
72	60	44	8.85└-73.58°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	2.89└-65.18°	2.96└-75.14°	0.85└-86.54°	4.38└-70.28°	4.48└103.20°	0.0└0.0°	5.85└-71.10°	3.02└101.62°	0.84└95.08°
73	44	60	8.95└102.28°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	3.05└97.63°	2.92└107.15°	0.83└98.60°	4.55└99.17°	4.42└-74.50°	0.0└0.0°	5.98└101.48°	2.97└-76.09°	0.82└-79.78°
74	58	44	6.56└-71.25°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	2.16└-60.63°	2.20└-73.90°	0.62└-80.34°	3.25└-66.85°	3.33└104.45°	0.0└0.0°	4.34└-68.21°	2.24└102.86°	0.62└101.28°
75	44	58	6.64└103.46°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	2.28└96.77°	2.16└109.41°	0.62└107.47°	3.39└99.32°	3.27└-72.24°	0.0└0.0°	4.44└102.12°	2.20└-73.82°	0.61└-70.91°
76	72	101	2.68└91.52°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	1.25└67.13°	0.80└112.52°	0.18└93.21°	1.59└76.86°	1.21└-69.13°	0.0└0.0°	1.92└84.06°	0.82└-70.72°	0.18└-85.17°
77	101	72	2.48└-54.00°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	1.10└-20.20°	0.83└-72.95°	0.19└-96.24°	1.38└-35.35°	1.26└105.40°	0.0└0.0°	1.73└-43.37°	0.85└103.81°	0.18└85.38°
78	72	58	3.95└-65.73°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	1.40└-42.54°	1.34└-74.91°	0.36└-93.34°	1.99└-54.67°	2.03└103.44°	0.0└0.0°	2.63└-59.30°	1.37└101.86°	0.35└88.28°
79	58	72	4.13└98.17°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	1.59└81.83°	1.30└110.39°	0.34└98.00°	2.22└88.80°	1.97└-71.26°	0.0└0.0°	2.82└93.96°	1.33└-72.85°	0.34└-80.38°
80	58	75	2.74└97.83°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	1.10└78.30°	0.86└112.52°	0.22└107.59°	1.50└86.59°	1.30└-69.13°	0.0└0.0°	1.89└92.56°	0.87└-70.72°	0.22└-70.79°
81	75	58	2.62└-63.21°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	0.97└-36.25°	0.89└-74.85°	0.22└-89.95°	1.35└-49.85°	1.35└103.50°	0.0└0.0°	1.76└-55.57°	0.91└101.91°	0.22└91.67°
82	75	107	2.80└94.70°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	1.21└72.49°	0.86└112.38°	0.21└99.44°	1.59└81.67°	1.30└-69.27°	0.0└0.0°	1.96└88.32°	0.87└-70.86°	0.20└-78.94°
83	107	75	2.63└-59.14°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	1.06└-28.16°	0.89└-74.21°	0.21└-95.40°	1.39└-42.97°	1.35└104.14°	0.0└0.0°	1.79└-49.96°	0.91└102.55°	0.21└86.22°
84	75	74	0.02└32.20°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	0.02└33.87°	0.00└-136.16°	0.00└-175.41°	0.02└33.62°	0.00└42.19°	0.0└0.0°	0.02└33.05°	0.00└40.60°	0.00└6.21°
85	74	75	0.02└32.20°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	0.02└33.87°	0.00└-136.16°	0.00└-131.62°	0.02└33.62°	0.00└42.19°	0.0└0.0°	0.02└33.05°	0.00└40.60°	0.00└50.00°
86	44	42	6.59└-66.69°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	2.24└-51.30°	2.21└-71.85°	0.66└-77.22°	3.30└-59.80°	3.34└106.50°	0.0└0.0°	4.38└-62.39°	2.25└104.91°	0.65└104.40°
87	42	44	6.57└107.51°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	2.29└95.83°	2.15└116.09°	0.66└121.89°	3.37└100.83°	3.25└-65.56°	0.0└0.0°	4.40└104.85°	2.19└-67.15°	0.66└-56.49°
88	44	42	6.96└-70.42°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	2.31└-55.97°	2.35└-74.91°	0.70└-79.93°	3.45└-64.10°	3.55└103.44°	0.0└0.0°	4.60└-66.41°	2.39└101.86°	0.70└101.69°
89	42	44	6.99└104.30°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	2.46└94.09°	2.26└112.20°	0.69└117.53°	3.60└98.35°	3.43└-69.45°	0.0└0.0°	4.69└102.00°	2.31└-71.04°	0.68└-60.85°
90	42	48	9.25└101.73°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	3.28└97.64°	2.95└106.44°	0.88└110.54°	4.80└98.88°	4.46└-75.21°	0.0└0.0°	6.25└101.02°	3.01└-76.80°	0.87└-67.84°
91	48	42	9.06└-75.68°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	2.82└-67.13°	3.10└-77.03°	0.96└-79.00°	4.38└-72.46°	4.69└101.32°	0.0└0.0°	5.91└-73.23°	3.16└99.73°	0.95└102.62°
92	48	44	9.26└102.21°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	3.12└101.97°	3.02└104.80°	0.88└98.49°	4.68└101.29°	4.58└-76.85°	0.0└0.0°	6.17└102.53°	3.08└-78.44°	0.87└-79.89°
93	44	48	9.17└-76.78°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	2.97└-73.12°	3.06└-76.07°	0.90└-83.76°	4.53└-75.82°	4.63└102.28°	0.0└0.0°	6.05└-75.48°	3.12└100.69°	0.89└97.86°
94	107	101	1.78└64.19°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	1.44└41.57°	0.35└117.64°	0.09└97.91°	1.51└48.10°	0.53└-64.02°	0.0└0.0°	1.57└54.11°	0.36└-65.60°	0.09└-80.46°
95	101	107	1.53└-20.38°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	1.34└11.11°	0.39└-79.21°	0.10└-107.13°	1.34└2.43°	0.60└99.14°	0.0└0.0°	1.38└-5.54°	0.40└97.55°	0.10└74.49°
96	64	97	1.97└97.28°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	0.84└73.02°	0.61└115.90°	0.12└96.20°	1.11└83.13°	0.93└-65.75°	0.0└0.0°	1.37└90.32°	0.63└-67.34°	0.12└-82.18°
97	97	64	1.93└-52.80°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	0.82└-23.83°	0.63└-68.39°	0.12└-91.22°	1.06└-37.30°	0.95└109.96°	0.0└0.0°	1.34└-43.89°	0.64└108.37°	0.12└90.40°
98	72	96	2.04└98.92°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	0.81└78.44°	0.64└113.98°	0.15└95.88°	1.11└87.19°	0.98└-67.67°	0.0└0.0°	1.40└93.40°	0.66└-69.26°	0.15└-82.50°

99	96	72	1.98└-58.42°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	0.77└-32.51°	0.66└-70.45°	0.15└-92.62°	1.04└-45.31°	1.00└107.89°	0.0└0.0°	1.35└-50.86°	0.67└106.31°	0.15└89.00°
100	96	98	2.09└94.82°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	0.92└70.63°	0.64└114.06°	0.14└91.51°	1.20└80.58°	0.97└-67.59°	0.0└0.0°	1.47└87.75°	0.66└-69.18°	0.14└-86.87°
101	98	96	2.01└-53.57°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	0.86└-23.27°	0.66└-70.09°	0.15└-94.58°	1.10└-37.21°	1.00└108.26°	0.0└0.0°	1.39└-44.19°	0.67└106.67°	0.15└87.04°
102	96	95	0.05└25.79°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	0.06└27.01°	0.00└-139.81°	0.00└-178.38°	0.06└26.79°	0.00└38.54°	0.0└0.0°	0.06└26.40°	0.00└36.95°	0.00└32.24°
103	95	96	0.05└25.79°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	0.06└27.01°	0.00└-139.81°	0.00└-149.64°	0.06└26.79°	0.00└38.54°	0.0└0.0°	0.06└26.40°	0.00└36.95°	0.00└31.98°
104	18	22	1.03└42.05°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	1.03└17.34°	0.22└122.50°	0.06└102.95°	1.02└23.55°	0.33└-59.15°	0.0└0.0°	1.00└29.60°	0.22└-60.74°	0.06└-75.43°
105	22	18	1.23└-26.56°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	1.11└-5.07°	0.22└-88.60°	0.06└-112.12°	1.12└-10.93°	0.34└89.75°	0.0└0.0°	1.15└-16.26°	0.23└88.16°	0.06└69.50°
106	18	37	0.85└34.39°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	0.91└14.65°	0.15└127.37°	0.05└109.96°	0.89└19.44°	0.23└-54.29°	0.0└0.0°	0.87└24.12°	0.15└-55.87°	0.04└-68.42°
107	37	18	0.99└-21.26°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	0.96└-2.74°	0.16└-93.95°	0.04└-119.03°	0.96└-7.52°	0.24└84.40°	0.0└0.0°	0.97└-12.08°	0.16└82.81°	0.04└62.59°
108	37	22	0.65└45.93°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	0.61└19.09°	0.14└118.58°	0.04└93.01°	0.61└26.08°	0.22└-63.07°	0.0└0.0°	0.61└32.82°	0.15└-64.66°	0.04└-85.37°
109	22	37	0.76└-29.92°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	0.66└-6.63°	0.15└-86.85°	0.04└-112.87°	0.67└-13.20°	0.23└91.50°	0.0└0.0°	0.70└-18.99°	0.15└89.91°	0.04└68.75°
110	19	26	0.72└-69.30°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	0.19└-46.28°	0.27└-74.65°	0.14└-94.96°	0.32└-60.23°	0.41└103.70°	0.0└0.0°	0.45└-64.03°	0.28└102.11°	0.14└86.66°
111	26	19	0.89└99.50°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	0.37└92.34°	0.26└107.02°	0.14└85.83°	0.50└94.93°	0.39└-74.63°	0.0└0.0°	0.63└97.70°	0.26└-76.22°	0.14└-92.55°
112	19	26	0.72└-69.30°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	0.19└-46.28°	0.27└-74.65°	0.14└-94.96°	0.32└-60.23°	0.41└103.70°	0.0└0.0°	0.45└-64.03°	0.28└102.11°	0.14└86.66°
113	26	19	0.89└99.50°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	0.37└92.34°	0.26└107.02°	0.14└85.83°	0.50└94.93°	0.39└-74.63°	0.0└0.0°	0.63└97.70°	0.26└-76.22°	0.14└-92.55°
114	19	34	0.17└-75.71°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	0.10└-31.38°	0.06└-106.77°	0.03└-125.61°	0.11└-48.09°	0.09└71.58°	0.0└0.0°	0.12└-59.64°	0.06└69.99°	0.03└56.01°
115	34	19	0.21└53.98°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	0.12└30.16°	0.05└82.98°	0.03└58.41°	0.14└38.57°	0.08└-98.67°	0.0└0.0°	0.16└45.43°	0.06└-100.26°	0.03└-119.97°
116	20	18	1.88└2.71°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	2.17└2.34°	0.15└-177.59°	0.06└163.28°	2.10└2.51°	0.22└0.76°	0.0└0.0°	2.03└2.45°	0.15└-0.83°	0.05└-15.10°
117	18	20	1.93└-2.23°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	2.19└0.91°	0.14└-154.71°	0.05└171.55°	2.12└0.26°	0.21└23.64°	0.0└0.0°	2.06└-0.60°	0.14└22.06°	0.05└-6.83°
118	20	24	0.91└30.82°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	1.00└10.33°	0.17└128.47°	0.06└113.72°	0.97└15.19°	0.26└-53.18°	0.0└0.0°	0.94└19.96°	0.18└-54.76°	0.06└-64.66°
119	24	20	1.13└-23.82°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	1.09└-6.45°	0.17└-95.05°	0.05└-113.93°	1.08└-10.98°	0.25└83.30°	0.0└0.0°	1.10└-15.25°	0.17└81.71°	0.05└67.69°
120	20	24	0.89└32.09°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	0.98└10.77°	0.18└127.64°	0.06└112.86°	0.95└15.84°	0.27└-54.01°	0.0└0.0°	0.92└20.83°	0.18└-55.60°	0.06└-65.52°
121	24	20	1.12└-24.60°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	1.07└-6.74°	0.17└-94.26°	0.05└-113.08°	1.07└-11.43°	0.26└84.09°	0.0└0.0°	1.08└-15.82°	0.17└82.50°	0.05└68.54°
122	20	29	0.75└26.22°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	0.85└8.85°	0.13└133.12°	0.07└108.55°	0.82└12.91°	0.20└-48.53°	0.0└0.0°	0.79└16.87°	0.13└-50.11°	0.07└-69.83°
123	29	20	0.92└-20.64°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	0.91└-5.23°	0.12└-99.01°	0.06└-99.06°	0.91└-9.13°	0.18└79.34°	0.0└0.0°	0.91└-12.91°	0.12└77.75°	0.06└82.56°
124	20	35	0.96└7.30°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	1.12└3.43°	0.09└164.74°	0.04└133.46°	1.08└4.39°	0.13└-16.91°	0.0└0.0°	1.04└5.14°	0.09└-18.50°	0.04└-44.92°
125	35	20	1.03└-6.70°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	1.15└-0.60°	0.08└-135.76°	0.03└-135.92°	1.11└-1.97°	0.12└42.59°	0.0└0.0°	1.09└-3.51°	0.08└41.01°	0.03└45.70°
126	35	29	1.04└6.92°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	1.21└3.47°	0.09└165.83°	0.04└128.56°	1.16└4.34°	0.14└-15.82°	0.0└0.0°	1.12└5.00°	0.09└-17.41°	0.04└-49.82°
127	29	35	1.11└-6.01°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	1.23└-0.29°	0.08└-135.92°	0.03└-131.16°	1.20└-1.57°	0.12└42.42°	0.0└0.0°	1.17└-3.03°	0.08└40.84°	0.03└50.46°
128	20	32	1.48└9.46°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	1.73└4.15°	0.14└158.44°	0.05└145.28°	1.67└5.44°	0.22└-23.21°	0.0└0.0°	1.61└6.52°	0.15└-24.80°	0.05└-33.10°
129	32	20	1.64└-8.27°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	1.78└-1.00°	0.13└-126.70°	0.03└-158.81°	1.74└-2.67°	0.20└51.65°	0.0└0.0°	1.71└-4.49°	0.13└50.07°	0.03└22.82°
130	22	32	1.01└-26.15°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	0.92└-7.72°	0.16└-87.08°	0.04└-110.59°	0.93└-12.78°	0.24└91.27°	0.0└0.0°	0.95└-17.31°	0.16└89.68°	0.04└71.03°
131	32	22	0.77└36.24°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	0.82└12.06°	0.17└125.61°	0.05└104.74°	0.80└17.89°	0.25└-56.04°	0.0└0.0°	0.77└23.64°	0.17└-57.63°	0.04└-73.64°
132	22	24	0.88└-39.42°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	0.67└-14.62°	0.19└-83.09°	0.04└-108.71°	0.71└-22.35°	0.29└95.26°	0.0└0.0°	0.76└-28.53°	0.20└93.67°	0.04└72.91°
133	24	22	0.68└55.27°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	0.58└19.91°	0.19└115.77°	0.04└97.55°	0.59└29.77°	0.29└-65.89°	0.0└0.0°	0.60└39.04°	0.20└-67.47°	0.04└-80.83°
134	22	24	0.88└-39.42°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	0.67└-14.62°	0.19└-83.09°	0.04└-108.71°	0.71└-22.35°	0.29└95.26°	0.0└0.0°	0.76└-28.53°	0.20└93.67°	0.04└72.91°
135	24	22	0.68└55.27°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	0.58└19.91°	0.19└115.77°	0.04└97.55°	0.59└29.77°	0.29└-65.89°	0.0└0.0°	0.60└39.04°	0.20└-67.47°	0.04└-80.83°
136	33	18	0.57└-21.67°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	0.54└-5.83°	0.08└-90.89°	0.02└-119.30°	0.54└-10.00°	0.12└87.46°	0.0└0.0°	0.55└-13.89°	0.08└85.87°	0.02└62.32°
137	18	33	0.42└30.17°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	0.49└9.81°	0.09└134.10°	0.03└113.20°	0.47└14.51°	0.13└-47.55°	0.0└0.0°	0.45└19.14°	0.09└-49.14°	0.03└-65.18°
138	32	33	0.64└-19.26°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	0.63└-5.10°	0.08└-93.47°	0.02└-122.42°	0.63└-8.76°	0.12└84.88°	0.0└0.0°	0.63└-12.23°	0.08└83.29°	0.02└59.20°
139	33	32	0.49└25.34°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	0.57└8.25°	0.09└136.36°	0.03└113.11°	0.55└12.19°	0.13└-45.29°	0.0└0.0°	0.52└16.03°	0.09└-46.88°	0.03└-65.26°
140	26	25	0.34└33.37°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	0.37└10.99°	0.07└126.40°	0.02└-100.81°	0.36└16.34°	0.11└-55.25°	0.0└0.0°	0.35└21.62°	0.07└-56.84°	0.02└80.81°
141	25	26	0.44└-25.59°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	0.41└-7.40°	0.07└-92.12°	0.02└110.84°	0.41└-12.25°	0.10└86.23°	0.0└0.0°	0.42└-16.73°	0.07└84.64°	0.02└-67.54°
142	24	25	0.49└-22.04°	0.0└0.0°	0.0└0.0°	0.48└-5.62°	0.07└-94.62°	0.02└115.71°	0.47└-9.88°	0.10└83.73°	0.0└0.0°	0.48└-13.91°	0.07└82.14°	0.02└-62.67°

143	25	24	0.40±28.94°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	0.44±10.05°	0.07±129.06°	0.02±103.93°	0.43±14.53°	0.11±52.59°	0.0±0.0°	0.41±18.91°	0.07±54.18°	0.02±77.69°
144	26	34	0.30±34.59°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	0.26±15.02°	0.05±91.81°	0.03±63.47°	0.27±20.50°	0.08±89.84°	0.0±0.0°	0.28±25.63°	0.05±91.43°	0.03±114.91°
145	34	26	0.23±44.12°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	0.23±11.26°	0.06±113.16°	0.03±127.65°	0.22±19.52°	0.10±65.19°	0.0±0.0°	0.22±27.77°	0.07±63.61°	0.03±53.97°
146	29	26	0.43±83.36°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	0.32±72.23°	0.06±114.40°	0.04±89.81°	0.35±75.52°	0.10±67.25°	0.0±0.0°	0.37±78.68°	0.07±68.84°	0.04±88.57°
147	26	29	0.17±7.12°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	0.21±48.16°	0.09±78.33°	0.05±96.41°	0.19±37.36°	0.14±100.02°	0.0±0.0°	0.17±23.72°	0.09±98.43°	0.05±85.21°
148	29	39	0.54±0.56°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	0.61±1.90°	0.04±165.93°	0.01±165.93°	0.59±1.66°	0.06±12.42°	0.0±0.0°	0.57±1.22°	0.04±10.84°	0.01±12.45°
149	39	29	0.54±0.56°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	0.61±1.90°	0.04±165.93°	0.01±166.01°	0.59±1.66°	0.06±12.42°	0.0±0.0°	0.57±1.22°	0.04±10.84°	0.01±12.37°
150	38	34	0.20±1.36°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	0.23±2.77°	0.01±164.33°	0.00±171.25°	0.22±2.52°	0.02±14.02°	0.0±0.0°	0.22±2.06°	0.01±12.43°	0.00±7.13°
151	34	38	0.20±1.36°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	0.23±2.77°	0.01±164.33°	0.00±170.85°	0.22±2.52°	0.02±14.02°	0.0±0.0°	0.22±2.06°	0.01±12.43°	0.00±7.53°
152	18	73	2.22±0.58°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	2.54±1.72°	0.16±168.00°	0.06±166.34°	2.46±1.54°	0.24±10.35°	0.0±0.0°	2.38±1.14°	0.16±8.76°	0.06±12.04°
153	73	18	2.24±0.34°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	2.55±1.45°	0.16±163.25°	0.05±160.65°	2.47±1.11°	0.24±15.09°	0.0±0.0°	2.40±0.57°	0.16±13.51°	0.05±17.73°
154	18	73	1.96±0.55°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	2.25±1.55°	0.14±169.07°	0.06±164.93°	2.17±1.40°	0.21±9.28°	0.0±0.0°	2.11±1.03°	0.14±7.70°	0.06±13.45°
155	73	18	1.98±0.76°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	2.25±1.17°	0.14±162.65°	0.04±161.85°	2.18±0.80°	0.21±15.70°	0.0±0.0°	2.12±0.23°	0.14±14.11°	0.04±16.53°
156	62	18	1.27±0.95°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	1.44±1.18°	0.09±161.36°	0.02±165.62°	1.40±0.76°	0.14±16.99°	0.0±0.0°	1.36±0.14°	0.09±15.40°	0.02±12.76°
157	18	62	1.26±0.91°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	1.44±1.71°	0.09±170.30°	0.04±164.21°	1.39±1.61°	0.14±8.05°	0.0±0.0°	1.35±1.29°	0.09±6.46°	0.04±14.17°
158	20	52	1.38±18.49°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	1.58±7.06°	0.18±139.75°	0.05±132.08°	1.53±9.75°	0.27±41.90°	0.0±0.0°	1.47±12.29°	0.18±43.48°	0.05±46.30°
159	52	20	1.59±15.08°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	1.65±2.93°	0.17±106.71°	0.04±143.44°	1.63±5.89°	0.26±71.64°	0.0±0.0°	1.62±8.87°	0.18±70.05°	0.04±38.18°
160	20	52	1.38±18.40°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	1.58±7.03°	0.18±139.88°	0.05±132.21°	1.53±9.71°	0.27±41.77°	0.0±0.0°	1.47±12.23°	0.18±43.36°	0.05±46.17°
161	52	20	1.60±15.03°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	1.66±2.92°	0.17±106.82°	0.04±143.56°	1.63±5.86°	0.26±71.53°	0.0±0.0°	1.62±8.84°	0.18±69.94°	0.04±38.06°
162	52	59	2.32±57.38°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	1.15±32.52°	0.67±75.56°	0.18±94.89°	1.40±43.09°	1.02±102.79°	0.0±0.0°	1.70±48.88°	0.69±101.20°	0.17±86.73°
163	59	52	1.96±88.63°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	0.85±51.29°	0.68±113.01°	0.18±98.64°	1.08±67.03°	1.03±68.64°	0.0±0.0°	1.33±77.80°	0.69±70.23°	0.18±79.74°
164	52	53	1.60±23.07°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	1.45±6.85°	0.23±82.71°	0.06±118.54°	1.47±11.32°	0.34±95.64°	0.0±0.0°	1.51±15.29°	0.23±94.05°	0.06±63.08°
165	53	52	1.05±35.70°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	1.24±10.76°	0.26±136.07°	0.07±114.88°	1.18±16.39°	0.39±45.58°	0.0±0.0°	1.12±22.05°	0.27±47.17°	0.07±63.50°
166	53	54	1.53±24.06°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	1.42±6.97°	0.22±88.89°	0.06±132.95°	1.43±11.57°	0.34±89.46°	0.0±0.0°	1.46±15.76°	0.23±87.87°	0.06±48.67°
167	54	53	1.00±38.28°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	1.22±10.97°	0.28±139.52°	0.09±122.86°	1.14±16.96°	0.42±42.13°	0.0±0.0°	1.07±23.07°	0.28±43.72°	0.09±55.52°
168	52	30	1.69±28.84°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	1.46±8.87°	0.29±83.58°	0.07±107.58°	1.49±14.55°	0.44±94.77°	0.0±0.0°	1.55±19.48°	0.30±93.18°	0.07±74.04°
169	30	52	1.17±44.73°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	1.25±14.41°	0.31±128.72°	0.09±119.65°	1.21±21.68°	0.48±52.93°	0.0±0.0°	1.17±28.96°	0.32±54.52°	0.09±58.73°
170	54	55	2.58±10.57°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	2.95±1.44°	0.28±133.64°	0.12±179.40°	2.85±3.44°	0.43±44.71°	0.0±0.0°	2.76±5.72°	0.29±43.12°	0.12±1.02°
171	55	54	1.98±13.37°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	2.75±4.74°	0.42±166.66°	0.22±149.31°	2.55±6.62°	0.63±14.99°	0.0±0.0°	2.36±8.20°	0.43±16.58°	0.21±29.07°
172	55	43	3.22±9.15°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	4.07±0.84°	0.49±150.43°	0.25±170.58°	3.84±2.46°	0.74±27.92°	0.0±0.0°	3.64±4.58°	0.50±26.33°	0.25±7.80°
173	43	55	2.34±9.61°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	3.78±3.49°	0.72±176.19°	0.47±163.18°	3.41±4.81°	1.10±5.46°	0.0±0.0°	3.06±5.63°	0.74±7.04°	0.46±15.20°
174	73	62	0.90±1.19°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	1.02±1.21°	0.06±159.25°	0.02±164.11°	0.99±0.73°	0.10±19.10°	0.0±0.0°	0.96±0.04°	0.06±17.51°	0.02±14.27°
175	62	73	0.89±1.44°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	1.02±1.97°	0.06±171.92°	0.03±160.26°	0.98±1.93°	0.10±6.43°	0.0±0.0°	0.95±1.67°	0.06±4.84°	0.03±18.12°
176	73	67	4.57±0.31°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	5.21±1.65°	0.32±166.37°	0.12±160.76°	5.04±1.42°	0.49±11.97°	0.0±0.0°	4.89±0.98°	0.33±10.39°	0.11±17.62°
177	67	73	4.60±0.04°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	5.22±1.55°	0.31±164.29°	0.11±152.93°	5.06±1.26°	0.47±14.06°	0.0±0.0°	4.91±0.76°	0.32±12.47°	0.10±25.45°
178	68	67	2.31±1.06°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	2.65±1.79°	0.17±170.80°	0.06±150.07°	2.56±1.70°	0.25±7.55°	0.0±0.0°	2.48±1.40°	0.17±5.96°	0.06±28.31°
179	67	68	2.36±1.00°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	2.66±1.19°	0.16±160.02°	0.05±157.94°	2.58±0.76°	0.24±18.33°	0.0±0.0°	2.51±0.12°	0.16±16.74°	0.05±20.44°
180	29	26	0.43±83.36°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	0.32±72.23°	0.06±114.40°	0.04±89.81°	0.35±75.52°	0.10±67.25°	0.0±0.0°	0.37±78.68°	0.07±68.84°	0.04±88.57°
181	26	29	0.17±7.12°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	0.21±48.16°	0.09±78.33°	0.05±96.41°	0.19±37.36°	0.14±100.02°	0.0±0.0°	0.17±23.72°	0.09±98.43°	0.05±85.21°
182	73	66	3.74±0.63°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	4.27±1.59°	0.26±169.23°	0.09±159.37°	4.14±1.45°	0.40±9.12°	0.0±0.0°	4.01±1.09°	0.27±7.53°	0.09±19.01°
183	66	73	3.81±0.80°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	4.30±1.17°	0.25±161.18°	0.08±158.27°	4.17±0.78°	0.37±17.17°	0.0±0.0°	4.06±0.20°	0.25±15.59°	0.08±20.11°
184	63	66	1.56±3.62°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	1.72±0.47°	0.10±142.74°	0.04±169.67°	1.68±0.44°	0.15±35.61°	0.0±0.0°	1.64±1.50°	0.10±34.02°	0.04±8.71°
185	66	63	1.48±4.07°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	1.69±2.72°	0.11±175.91°	0.03±147.39°	1.64±3.11°	0.16±5.74°	0.0±0.0°	1.59±3.29°	0.11±7.32°	0.03±30.99°
186	63	65	1.24±0.09°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	1.39±1.55°	0.08±164.04°	0.03±164.38°	1.36±1.27°	0.11±14.31°	0.0±0.0°	1.32±0.82°	0.08±12.72°	0.03±14.00°

187	65	63	1.24 $\angle$ 0.09°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	1.39 $\angle$ 1.55°	0.08 $\angle$ -164.04°	0.03 $\angle$ 163.88°	1.36 $\angle$ 1.27°	0.11 $\angle$ 14.31°	0.0 $\angle$ 0.0°	1.32 $\angle$ 0.82°	0.08 $\angle$ 12.72°	0.03 $\angle$ -14.50°
188	63	65	1.24 $\angle$ 0.09°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	1.39 $\angle$ 1.55°	0.08 $\angle$ -164.04°	0.03 $\angle$ 164.38°	1.36 $\angle$ 1.27°	0.11 $\angle$ 14.31°	0.0 $\angle$ 0.0°	1.32 $\angle$ 0.82°	0.08 $\angle$ 12.72°	0.03 $\angle$ -14.00°
189	65	63	1.24 $\angle$ 0.09°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	1.39 $\angle$ 1.55°	0.08 $\angle$ -164.04°	0.03 $\angle$ 163.88°	1.36 $\angle$ 1.27°	0.11 $\angle$ 14.31°	0.0 $\angle$ 0.0°	1.32 $\angle$ 0.82°	0.08 $\angle$ 12.72°	0.03 $\angle$ -14.50°
190	56	54	1.78 $\angle$ 9.11°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	2.39 $\angle$ 3.78°	0.31 $\angle$ 171.15°	0.16 $\angle$ 148.83°	2.24 $\angle$ 5.02°	0.48 $\angle$ -10.50°	0.0 $\angle$ 0.0°	2.09 $\angle$ 5.93°	0.32 $\angle$ -12.09°	0.16 $\angle$ -29.55°
191	54	56	2.18 $\angle$ -7.88°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	2.52 $\angle$ -0.69°	0.22 $\angle$ -141.07°	0.11 $\angle$ 175.33°	2.43 $\angle$ -2.24°	0.34 $\angle$ 37.28°	0.0 $\angle$ 0.0°	2.35 $\angle$ -4.06°	0.23 $\angle$ 35.69°	0.11 $\angle$ -3.05°
192	57	56	2.07 $\angle$ 3.21°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	2.79 $\angle$ 2.38°	0.36 $\angle$ -177.54°	0.21 $\angle$ 159.68°	2.61 $\angle$ 2.71°	0.54 $\angle$ 0.81°	0.0 $\angle$ 0.0°	2.43 $\angle$ 2.62°	0.36 $\angle$ -0.78°	0.21 $\angle$ -18.70°
193	56	57	2.29 $\angle$ -4.27°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	2.87 $\angle$ 0.47°	0.30 $\angle$ -158.97°	0.16 $\angle$ 165.36°	2.72 $\angle$ -0.42°	0.46 $\angle$ 19.38°	0.0 $\angle$ 0.0°	2.58 $\angle$ -1.71°	0.31 $\angle$ 17.79°	0.16 $\angle$ -13.02°
194	57	56	2.07 $\angle$ 3.21°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	2.79 $\angle$ 2.38°	0.36 $\angle$ -177.54°	0.21 $\angle$ 159.68°	2.61 $\angle$ 2.71°	0.54 $\angle$ 0.81°	0.0 $\angle$ 0.0°	2.43 $\angle$ 2.62°	0.36 $\angle$ -0.78°	0.21 $\angle$ -18.70°
195	56	57	2.29 $\angle$ -4.27°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	2.87 $\angle$ 0.47°	0.30 $\angle$ -158.97°	0.16 $\angle$ 165.36°	2.72 $\angle$ -0.42°	0.46 $\angle$ 19.38°	0.0 $\angle$ 0.0°	2.58 $\angle$ -1.71°	0.31 $\angle$ 17.79°	0.16 $\angle$ -13.02°
196	67	66	1.81 $\angle$ 2.18°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	2.07 $\angle$ 2.42°	0.13 $\angle$ -173.47°	0.04 $\angle$ 148.63°	2.01 $\angle$ 2.44°	0.19 $\angle$ 4.88°	0.0 $\angle$ 0.0°	1.94 $\angle$ 2.26°	0.13 $\angle$ 3.29°	0.04 $\angle$ -29.75°
197	66	67	1.87 $\angle$ -1.25°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	2.09 $\angle$ 1.42°	0.12 $\angle$ -155.05°	0.04 $\angle$ 161.83°	2.03 $\angle$ 0.86°	0.18 $\angle$ 23.30°	0.0 $\angle$ 0.0°	1.98 $\angle$ 0.12°	0.12 $\angle$ 21.71°	0.04 $\angle$ -16.55°
198	19	78	0.08 $\angle$ 61.50°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.09 $\angle$ 62.92°	0.01 $\angle$ -104.02°	0.00 $\angle$ -157.59°	0.09 $\angle$ 62.67°	0.01 $\angle$ 74.33°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.09 $\angle$ 62.21°	0.01 $\angle$ 72.75°	0.00 $\angle$ 24.03°
199	78	19	0.08 $\angle$ 61.50°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.09 $\angle$ 62.92°	0.01 $\angle$ -104.02°	0.00 $\angle$ -74.62°	0.09 $\angle$ 62.67°	0.01 $\angle$ 74.33°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.09 $\angle$ 62.21°	0.01 $\angle$ 72.75°	0.00 $\angle$ 107.00°
200	19	79	0.20 $\angle$ 61.27°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.23 $\angle$ 62.69°	0.01 $\angle$ -104.25°	0.00 $\angle$ -157.72°	0.22 $\angle$ 62.43°	0.02 $\angle$ 74.10°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.22 $\angle$ 61.98°	0.01 $\angle$ 72.51°	0.00 $\angle$ 23.90°
201	79	19	0.20 $\angle$ 61.27°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.23 $\angle$ 62.69°	0.01 $\angle$ -104.25°	0.00 $\angle$ -75.02°	0.22 $\angle$ 62.43°	0.02 $\angle$ 74.10°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.22 $\angle$ 61.98°	0.01 $\angle$ 72.51°	0.00 $\angle$ 106.60°
202	59	61	1.10 $\angle$ -0.31°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	1.32 $\angle$ 1.26°	0.11 $\angle$ -168.52°	0.06 $\angle$ 167.86°	1.27 $\angle$ 1.02°	0.17 $\angle$ 9.82°	0.0 $\angle$ 0.0°	1.21 $\angle$ 0.48°	0.11 $\angle$ 8.24°	0.06 $\angle$ -10.52°
203	61	59	1.10 $\angle$ -0.31°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	1.32 $\angle$ 1.26°	0.11 $\angle$ -168.52°	0.05 $\angle$ 167.42°	1.27 $\angle$ 1.02°	0.17 $\angle$ 9.82°	0.0 $\angle$ 0.0°	1.21 $\angle$ 0.48°	0.11 $\angle$ 8.24°	0.05 $\angle$ -10.96°
204	105	101	0.79 $\angle$ -11.25°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.71 $\angle$ 14.01°	0.17 $\angle$ -72.04°	0.02 $\angle$ -83.51°	0.71 $\angle$ 7.08°	0.25 $\angle$ 106.31°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.73 $\angle$ 0.77°	0.17 $\angle$ 104.73°	0.02 $\angle$ 98.11°
205	101	105	0.84 $\angle$ 61.24°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.72 $\angle$ 39.74°	0.15 $\angle$ 121.54°	0.02 $\angle$ 118.28°	0.74 $\angle$ 45.71°	0.23 $\angle$ -60.11°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.76 $\angle$ 51.30°	0.16 $\angle$ -61.69°	0.02 $\angle$ -60.10°
206	105	104	0.06 $\angle$ 26.45°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.06 $\angle$ 27.23°	0.00 $\angle$ -136.18°	0.00 $\angle$ 173.80°	0.06 $\angle$ 27.07°	0.00 $\angle$ 42.16°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.06 $\angle$ 26.83°	0.00 $\angle$ 40.58°	0.00 $\angle$ -4.58°
207	104	105	0.06 $\angle$ 26.45°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.06 $\angle$ 27.23°	0.00 $\angle$ -136.18°	0.00 $\angle$ -157.45°	0.06 $\angle$ 27.07°	0.00 $\angle$ 42.16°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.06 $\angle$ 26.83°	0.00 $\angle$ 40.58°	0.00 $\angle$ 24.17°
208	80	82	1.03 $\angle$ 2.14°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.99 $\angle$ 18.12°	0.14 $\angle$ -69.45°	0.01 $\angle$ -111.41°	0.99 $\angle$ 13.96°	0.21 $\angle$ 108.89°	0.0 $\angle$ 0.0°	1.00 $\angle$ 10.03°	0.14 $\angle$ 107.31°	0.01 $\angle$ 70.21°
209	82	80	1.02 $\angle$ 48.42°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.98 $\angle$ 33.66°	0.13 $\angle$ 124.35°	0.01 $\angle$ 88.28°	0.99 $\angle$ 37.49°	0.19 $\angle$ -57.30°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.99 $\angle$ 41.17°	0.13 $\angle$ -58.89°	0.01 $\angle$ -90.10°
210	80	84	0.61 $\angle$ 1.87°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.59 $\angle$ 18.07°	0.08 $\angle$ -70.58°	0.01 $\angle$ -99.30°	0.59 $\angle$ 13.86°	0.13 $\angle$ 107.77°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.59 $\angle$ 9.89°	0.09 $\angle$ 106.18°	0.01 $\angle$ 82.32°
211	84	80	0.62 $\angle$ 48.16°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.59 $\angle$ 33.68°	0.08 $\angle$ 121.39°	0.01 $\angle$ 97.94°	0.60 $\angle$ 37.46°	0.12 $\angle$ -60.26°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.60 $\angle$ 41.10°	0.08 $\angle$ -61.84°	0.01 $\angle$ -80.44°
212	84	83	0.71 $\angle$ 98.80°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.28 $\angle$ 79.21°	0.23 $\angle$ 113.21°	0.01 $\angle$ 81.73°	0.39 $\angle$ 87.59°	0.34 $\angle$ -68.44°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.49 $\angle$ 93.58°	0.23 $\angle$ -70.03°	0.01 $\angle$ -96.65°
213	83	84	0.69 $\angle$ -56.40°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.27 $\angle$ -31.77°	0.23 $\angle$ -67.92°	0.01 $\angle$ -100.39°	0.36 $\angle$ -43.96°	0.34 $\angle$ 110.43°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.47 $\angle$ -49.18°	0.23 $\angle$ 108.84°	0.01 $\angle$ 81.23°
214	82	83	0.84 $\angle$ 72.09°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.62 $\angle$ 45.01°	0.20 $\angle$ 118.63°	0.02 $\angle$ 76.29°	0.66 $\angle$ 53.32°	0.30 $\angle$ -63.02°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.71 $\angle$ 60.71°	0.20 $\angle$ -64.60°	0.02 $\angle$ -102.09°
215	83	82	0.83 $\angle$ -22.77°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.62 $\angle$ 6.71°	0.21 $\angle$ -66.85°	0.02 $\angle$ -111.79°	0.65 $\angle$ -2.55°	0.31 $\angle$ 111.50°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.70 $\angle$ -10.00°	0.21 $\angle$ 109.91°	0.02 $\angle$ 69.83°
216	100	98	0.89 $\angle$ -31.34°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.59 $\angle$ 12.18°	0.30 $\angle$ -70.04°	0.05 $\angle$ -95.39°	0.62 $\angle$ -2.48°	0.46 $\angle$ 108.31°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.69 $\angle$ -13.93°	0.31 $\angle$ 106.72°	0.05 $\angle$ 86.23°
217	98	100	1.20 $\angle$ 83.94°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.75 $\angle$ 62.27°	0.28 $\angle$ 115.26°	0.04 $\angle$ 91.12°	0.86 $\angle$ 69.57°	0.43 $\angle$ -66.39°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.96 $\angle$ 75.76°	0.29 $\angle$ -67.98°	0.04 $\angle$ -87.26°
218	100	97	1.07 $\angle$ -28.00°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.77 $\angle$ 20.16°	0.39 $\angle$ -71.41°	0.07 $\angle$ -97.54°	0.77 $\angle$ 5.06°	0.60 $\angle$ 106.94°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.85 $\angle$ -7.80°	0.40 $\angle$ 105.35°	0.07 $\angle$ 84.08°
219	97	100	1.66 $\angle$ 83.81°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	1.07 $\angle$ 65.08°	0.36 $\angle$ 114.26°	0.06 $\angle$ 89.98°	1.21 $\angle$ 71.24°	0.55 $\angle$ -67.39°	0.0 $\angle$ 0.0°	1.34 $\angle$ 76.61°	0.37 $\angle$ -68.98°	0.06 $\angle$ -88.40°
220	98	97	0.82 $\angle$ -38.38°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.46 $\angle$ -6.02°	0.25 $\angle$ -65.28°	0.05 $\angle$ -92.89°	0.53 $\angle$ -18.56°	0.37 $\angle$ 113.07°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.62 $\angle$ -26.60°	0.25 $\angle$ 111.48°	0.05 $\angle$ 88.73°
221	97	98	0.81 $\angle$ 89.85°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.45 $\angle$ 58.91°	0.24 $\angle$ 120.50°	0.05 $\angle$ 93.81°	0.53 $\angle$ 70.25°	0.36 $\angle$ -61.16°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.61 $\angle$ 79.13°	0.24 $\angle$ -62.74°	0.05 $\angle$ -84.57°
222	99	100	0.99 $\angle$ 45.58°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.96 $\angle$ 33.49°	0.10 $\angle$ 124.48°	0.02 $\angle$ 94.71°	0.96 $\angle$ 36.60°	0.15 $\angle$ -57.17°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.97 $\angle$ 39.60°	0.10 $\angle$ -58.76°	0.02 $\angle$ -83.67°
223	100	99	0.92 $\angle$ 5.23°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.94 $\angle$ 20.35°	0.12 $\angle$ -79.33°	0.02 $\angle$ -110.59°	0.92 $\angle$ 16.62°	0.18 $\angle$ 99.02°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.92 $\angle$ 12.91°	0.12 $\angle$ 97.43°	0.02 $\angle$ 71.03°
224	87	100	0.61 $\angle$ -11.53°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.56 $\angle$ -0.16°	0.06 $\angle$ -72.43°	0.01 $\angle$ -12.25°	0.57 $\angle$ -3.25°	0.09 $\angle$ 105.92°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.59 $\angle$ -6.00°	0.06 $\angle$ 104.34°	0.01 $\angle$ 169.37°
225	100	87	0.47 $\angle$ 25.96°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.52 $\angle$ 11.79°	0.06 $\angle$ 130.32°	0.01 $\angle$ 166.68°	0.50 $\angle$ 15.21°	0.10 $\angle$ -51.33°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.49 $\angle$ 18.50°	0.06 $\angle$ -52.92°	0.01 $\angle$ -11.70°
226	100	84	1.53 $\angle$ 93.69°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.77 $\angle$ 75.79°	0.41 $\angle$ 112.81°	0.03 $\angle$ 88.95°	0.96 $\angle$ 82.51°	0.62 $\angle$ -68.84°	0.0 $\angle$ 0.0°	1.13 $\angle$ 87.92°	0.42 $\angle$ -70.42°	0.03 $\angle$ -89.43°
227	84	100	1.13 $\angle$ -47.43°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.50 $\angle$ -2.58°	0.42 $\angle$ -69.19°	0.03 $\angle$ -95.43°	0.60 $\angle$ -22.55°	0.64 $\angle$ 109.16°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.77 $\angle$ -33.68°	0.43 $\angle$ 107.57°	0.03 $\angle$ 86.19°
228	84	80	0.78 $\angle$ 67.65°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.64 $\angle$ 55.30°	0.10 $\angle$ 110.67°	0.01 $\angle$ 86.49°	0.67 $\angle$ 58.80°	0.16 $\angle$ -70.99°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.70 $\angle$ 62.15°	0.11 $\angle$ -72.57°	0.01 $\angle$ -91.89°
229	80	84	0.49 $\angle$ 9.69°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.53 $\angle$ 36.19°	0.12 $\angle$ -75.28°	0.01 $\angle$ -103.62°	0.51 $\angle$ 30.08°	0.18 $\angle$ 103.07°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.50 $\angle$ 23.58°	0.12 $\angle$ 101.48°	0.01 $\angle$ 78.00°
230	98	99	0.50 $\angle$ 59.26°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.48 $\angle$ 36.78°	0.09 $\angle$ 136.06°	0.02 $\angle$ 127.23°	0.48 $\angle$ 42.56°	0.1				

231	99	98	0.59┐-3.85°	0.0┐0.0°	0.0┐0.0°	0.52┐15.38°	0.10┐-61.50°	0.01┐-73.18°	0.53┐10.00°	0.15┐116.85°	0.0┐0.0°	0.55┐5.26°	0.10┐115.26°	0.01┐108.44°
232	101	102	0.51┐46.39°	0.0┐0.0°	0.0┐0.0°	0.49┐33.89°	0.05┐120.96°	0.01┐121.01°	0.49┐37.14°	0.08┐-60.70°	0.0┐0.0°	0.49┐40.27°	0.06┐-62.28°	0.01┐-57.37°
233	102	101	0.45┐22.85°	0.0┐0.0°	0.0┐0.0°	0.46┐19.79°	0.07┐-84.09°	0.01┐-92.82°	0.46┐15.68°	0.10┐94.26°	0.0┐0.0°	0.45┐11.52°	0.07┐92.67°	0.01┐88.80°
234	99	102	0.45┐22.96°	0.0┐0.0°	0.0┐0.0°	0.47┐19.80°	0.07┐-83.62°	0.01┐-106.64°	0.46┐15.71°	0.10┐94.73°	0.0┐0.0°	0.45┐11.58°	0.07┐93.14°	0.01┐74.98°
235	102	99	0.51┐46.34°	0.0┐0.0°	0.0┐0.0°	0.49┐33.89°	0.05┐120.31°	0.01┐107.72°	0.49┐37.13°	0.08┐-61.34°	0.0┐0.0°	0.49┐40.25°	0.06┐-62.93°	0.01┐-70.66°
236	99	101	0.69┐27.34°	0.0┐0.0°	0.0┐0.0°	0.81┐41.33°	0.11┐-85.28°	0.02┐-102.32°	0.77┐38.29°	0.16┐93.07°	0.0┐0.0°	0.75┐34.86°	0.11┐91.48°	0.02┐79.30°
237	101	99	0.97┐58.49°	0.0┐0.0°	0.0┐0.0°	0.90┐51.06°	0.07┐117.91°	0.01┐117.95°	0.92┐53.01°	0.10┐-63.74°	0.0┐0.0°	0.93┐54.92°	0.07┐-65.33°	0.01┐-60.43°
238	98	94	1.12┐51.47°	0.0┐0.0°	0.0┐0.0°	1.09┐34.59°	0.16┐130.40°	0.02┐119.52°	1.09┐38.93°	0.24┐-51.25°	0.0┐0.0°	1.09┐43.11°	0.16┐-52.84°	0.02┐-58.86°
239	94	98	1.18┐-0.00°	0.0┐0.0°	0.0┐0.0°	1.12┐17.45°	0.17┐-69.06°	0.02┐-90.49°	1.12┐12.85°	0.26┐109.29°	0.0┐0.0°	1.14┐8.56°	0.18┐107.70°	0.02┐91.13°
240	94	82	0.55┐93.40°	0.0┐0.0°	0.0┐0.0°	0.28┐63.58°	0.16┐120.37°	0.02┐97.31°	0.34┐74.99°	0.25┐-61.28°	0.0┐0.0°	0.40┐83.62°	0.17┐-62.87°	0.02┐-81.07°
241	82	94	0.55┐-39.47°	0.0┐0.0°	0.0┐0.0°	0.29┐-8.36°	0.17┐-62.85°	0.02┐-86.90°	0.34┐-21.01°	0.25┐115.50°	0.0┐0.0°	0.41┐-28.59°	0.17┐113.91°	0.02┐94.72°
242	109	108	0.59┐26.59°	0.0┐0.0°	0.0┐0.0°	0.61┐27.13°	0.01┐-135.78°	0.00┐-178.50°	0.61┐27.02°	0.02┐42.57°	0.0┐0.0°	0.60┐26.85°	0.01┐40.99°	0.00┐3.12°
243	108	109	0.59┐26.59°	0.0┐0.0°	0.0┐0.0°	0.61┐27.13°	0.01┐-135.78°	0.00┐-151.14°	0.61┐27.02°	0.02┐42.57°	0.0┐0.0°	0.60┐26.85°	0.01┐40.99°	0.00┐30.48°
244	109	107	2.00┐-22.21°	0.0┐0.0°	0.0┐0.0°	1.61┐9.13°	0.52┐-73.11°	0.10┐-103.84°	1.65┐-0.13°	0.78┐105.24°	0.0┐0.0°	1.75┐-8.09°	0.53┐103.65°	0.10┐77.78°
245	107	109	2.18┐69.58°	0.0┐0.0°	0.0┐0.0°	1.68┐44.14°	0.48┐119.49°	0.10┐101.98°	1.78┐51.72°	0.73┐-62.16°	0.0┐0.0°	1.88┐58.57°	0.49┐-63.75°	0.10┐-76.40°
246	112	111	1.30┐48.55°	0.0┐0.0°	0.0┐0.0°	1.24┐34.61°	0.16┐122.43°	0.01┐71.38°	1.25┐38.25°	0.24┐-59.22°	0.0┐0.0°	1.26┐41.74°	0.16┐-60.81°	0.01┐-107.00°
247	111	112	1.29┐4.99°	0.0┐0.0°	0.0┐0.0°	1.24┐19.88°	0.16┐-66.39°	0.01┐-127.66°	1.24┐15.99°	0.25┐111.96°	0.0┐0.0°	1.26┐12.34°	0.17┐110.37°	0.01┐53.96°
248	113	111	0.69┐27.60°	0.0┐0.0°	0.0┐0.0°	0.70┐27.87°	0.00┐-127.76°	0.00┐-172.38°	0.70┐27.81°	0.01┐50.59°	0.0┐0.0°	0.69┐27.73°	0.00┐49.01°	0.00┐9.24°
249	111	113	0.69┐27.60°	0.0┐0.0°	0.0┐0.0°	0.70┐27.87°	0.00┐-127.76°	0.00┐159.32°	0.70┐27.81°	0.01┐50.59°	0.0┐0.0°	0.69┐27.73°	0.00┐49.01°	0.00┐-19.06°
250	80	88	2.39┐-1.95°	0.0┐0.0°	0.0┐0.0°	2.44┐-0.65°	0.04┐-134.77°	0.00┐171.86°	2.43┐-0.96°	0.06┐43.58°	0.0┐0.0°	2.42┐-1.30°	0.04┐41.99°	0.00┐-6.52°
252	42	41	2.34┐0.11°	0.0┐0.0°	0.0┐0.0°	2.43┐0.01°	0.04┐179.65°	0.00┐125.90°	2.41┐0.05°	0.06┐-2.00°	0.0┐0.0°	2.39┐0.04°	0.04┐-3.59°	0.00┐-52.48°
253	41	42	0.38┐88.76°	0.0┐0.0°	0.0┐0.0°	0.41┐16.87°	0.23┐148.58°	0.22┐163.81°	0.35┐32.35°	0.34┐-33.07°	0.0┐0.0°	0.31┐50.80°	0.23┐-34.66°	0.22┐-14.57°
254	58	57	0.57┐-52.27°	0.0┐0.0°	0.0┐0.0°	0.53┐-16.44°	0.17┐-116.11°	0.05┐-77.33°	0.52┐-25.74°	0.25┐62.24°	0.0┐0.0°	0.53┐-34.83°	0.17┐60.65°	0.05┐104.29°
255	57	58	0.43┐-10.93°	0.0┐0.0°	0.0┐0.0°	0.53┐-3.06°	0.06┐-151.66°	0.09┐161.52°	0.50┐-4.63°	0.09┐26.69°	0.0┐0.0°	0.48┐-6.64°	0.06┐25.10°	0.09┐-16.86°
256	44	43	0.37┐5.54°	0.0┐0.0°	0.0┐0.0°	0.51┐1.10°	0.07┐172.12°	0.02┐-27.12°	0.48┐2.15°	0.11┐-9.53°	0.0┐0.0°	0.44┐2.82°	0.07┐-11.12°	0.02┐154.50°
257	43	44	0.50┐56.96°	0.0┐0.0°	0.0┐0.0°	0.65┐11.67°	0.23┐144.86°	0.17┐154.30°	0.59┐20.76°	0.35┐-36.79°	0.0┐0.0°	0.53┐30.81°	0.23┐-38.38°	0.17┐-24.08°
258	60	59	0.80┐-38.07°	0.0┐0.0°	0.0┐0.0°	0.78┐-12.09°	0.18┐-110.58°	0.04┐-108.46°	0.77┐-18.66°	0.27┐67.77°	0.0┐0.0°	0.77┐-25.11°	0.18┐66.18°	0.04┐73.16°
259	59	60	1.79┐97.28°	0.0┐0.0°	0.0┐0.0°	0.61┐72.76°	0.62┐111.26°	0.17┐103.80°	0.89┐84.24°	0.94┐-70.39°	0.0┐0.0°	1.17┐91.48°	0.64┐-71.98°	0.17┐-74.58°
260	64	63	1.99┐-65.14°	0.0┐0.0°	0.0┐0.0°	0.82┐-46.32°	0.61┐-74.93°	0.16┐-87.18°	1.10┐-55.46°	0.93┐103.42°	0.0┐0.0°	1.39┐-59.31°	0.63┐101.83°	0.16┐94.44°
261	63	64	0.51┐-13.45°	0.0┐0.0°	0.0┐0.0°	0.54┐-4.27°	0.04┐-111.41°	0.02┐173.27°	0.53┐-6.49°	0.07┐66.93°	0.0┐0.0°	0.52┐-8.75°	0.04┐65.35°	0.02┐-5.11°
262	72	71	0.44┐10.95°	0.0┐0.0°	0.0┐0.0°	0.51┐2.99°	0.05┐145.40°	0.01┐31.92°	0.50┐4.88°	0.07┐-36.26°	0.0┐0.0°	0.48┐6.60°	0.05┐-37.84°	0.01┐-146.46°
263	71	72	0.46┐22.93°	0.0┐0.0°	0.0┐0.0°	0.54┐0.70°	0.04┐170.88°	0.04┐152.30°	0.52┐1.29°	0.06┐-10.77°	0.0┐0.0°	0.50┐1.65°	0.04┐-12.36°	0.04┐-26.08°
264	17	18	0.49┐-6.88°	0.0┐0.0°	0.0┐0.0°	0.55┐-2.11°	0.04┐-145.82°	0.01┐-85.82°	0.54┐-3.15°	0.06┐32.53°	0.0┐0.0°	0.52┐-4.39°	0.04┐30.94°	0.01┐95.80°
265	18	17	1.22┐90.22°	0.0┐0.0°	0.0┐0.0°	0.48┐57.01°	0.43┐110.27°	0.13┐101.33°	0.64┐71.78°	0.64┐-71.38°	0.0┐0.0°	0.81┐81.37°	0.43┐-72.97°	0.13┐-77.05°
266	21	20	1.41┐-61.96°	0.0┐0.0°	0.0┐0.0°	0.65┐-39.13°	0.42┐-76.64°	0.12┐-87.29°	0.82┐-49.36°	0.64┐101.70°	0.0┐0.0°	1.01┐-54.47°	0.43┐100.12°	0.12┐94.33°
267	20	21	2.54┐96.23°	0.0┐0.0°	0.0┐0.0°	0.84┐78.92°	0.86┐106.92°	0.27┐93.30°	1.26┐86.88°	1.31┐-74.73°	0.0┐0.0°	1.67┐92.31°	0.88┐-76.32°	0.26┐-85.08°
268	27	26	2.72┐-70.02°	0.0┐0.0°	0.0┐0.0°	1.03┐-54.05°	0.86┐-76.95°	0.26┐-92.11°	1.44┐-62.27°	1.30┐101.40°	0.0┐0.0°	1.86┐-65.24°	0.88┐99.82°	0.26┐89.51°
269	26	27	0.92┐28.68°	0.0┐0.0°	0.0┐0.0°	1.05┐27.74°	0.19┐131.14°	0.09┐105.18°	1.01┐12.58°	0.29┐-50.51°	0.0┐0.0°	0.97┐17.36°	0.19┐-52.10°	0.09┐-73.20°
270	28	26	1.22┐-25.12°	0.0┐0.0°	0.0┐0.0°	1.17┐-8.48°	0.17┐-95.07°	0.08┐-106.58°	1.17┐-12.85°	0.26┐83.28°	0.0┐0.0°	1.18┐-16.93°	0.18┐81.69°	0.08┐75.04°
271	26	28	1.20┐51.35°	0.0┐0.0°	0.0┐0.0°	1.07┐16.66°	0.34┐115.71°	0.13┐99.25°	1.07┐26.05°	0.51┐-65.94°	0.0┐0.0°	1.08┐35.02°	0.35┐-67.52°	0.13┐-79.13°
272	31	30	1.52┐-41.99°	0.0┐0.0°	0.0┐0.0°	1.21┐-16.09°	0.34┐-90.51°	0.12┐-105.19°	1.26┐-23.87°	0.51┐87.84°	0.0┐0.0°	1.34┐-30.36°	0.34┐86.25°	0.12┐76.43°
273	30	31	0.81┐88.42°	0.0┐0.0°	0.0┐0.0°	0.37┐45.21°	0.29┐116.17°	0.08┐105.48°	0.45┐62.93°	0.44┐-65.48°	0.0┐0.0°	0.55┐75.39°	0.30┐-67.07°	0.08┐-72.90°
274	48	47	1.02┐-54.87°	0.0┐0.0°	0.0┐0.0°	0.54┐-30.57°	0.28┐-75.06°	0.07┐-94.03°	0.64┐-40.49°	0.43┐103.29°	0.0┐0.0°	0.76┐-46.22°	0.29┐101.70°	0.07┐87.59°
275	47	48	0.28┐-12.63°	0.0┐0.0°	0.0┐0.0°	0.48┐-2.76°	0.10┐-167.14°	0.13┐171.98°	0.43┐-4.09°	0.16┐11.21°	0.0┐0.0°	0.38┐-6.57°	0.11┐9.62°	0.13┐-6.40°

276	74	76	0.28±0.18°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	0.48±0.31°	0.10±178.51°	0.01±165.31°	0.43±0.06°	0.15±0.16°	0.0±0.0°	0.38±0.33°	0.10±1.75°	0.01±13.07°
277	76	74	1.98±2.49°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	2.41±0.82°	0.22±170.86°	0.12±162.34°	2.30±1.07°	0.33±7.49°	0.0±0.0°	2.20±1.65°	0.22±5.90°	0.12±16.04°
278	4	42	1.98±2.49°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	2.41±0.82°	0.22±170.86°	0.12±162.34°	2.30±1.07°	0.33±7.49°	0.0±0.0°	2.20±1.65°	0.22±5.90°	0.12±16.04°
279	42	4	3.23±73.80°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	1.68±55.26°	0.85±94.27°	0.39±124.61°	2.06±62.14°	1.29±87.38°	0.0±0.0°	2.42±67.70°	0.87±88.97°	0.38±53.77°
280	4	42	2.96±97.84°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	0.86±47.04°	1.23±110.72°	0.54±113.38°	1.24±75.59°	1.87±67.63°	0.0±0.0°	1.78±86.52°	1.26±66.04°	0.53±68.24°
281	42	4	22.36±112.81°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	7.85±112.36°	7.16±115.51°	2.84±124.96°	11.53±111.82°	10.83±66.14°	0.0±0.0°	15.06±113.06°	7.30±67.73°	2.81±53.42°
282	4	3	22.07±66.61°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	6.84±62.52°	7.52±65.98°	3.07±59.52°	10.69±65.52°	11.38±112.37°	0.0±0.0°	14.41±65.22°	7.67±110.78°	3.04±122.10°
283	3	4	25.56±77.27°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	8.30±74.75°	8.52±76.02°	5.83±74.38°	12.66±76.86°	12.89±102.33°	0.0±0.0°	16.88±76.25°	8.69±100.75°	5.77±107.24°
284	8	42	25.59±102.67°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	8.60±103.48°	8.38±104.72°	5.72±106.81°	12.91±102.27°	12.68±76.93°	0.0±0.0°	17.05±103.26°	8.54±78.52°	5.66±71.57°
285	42	8	2.74±75.15°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	1.17±62.57°	0.80±86.71°	0.31±92.68°	1.57±67.53°	1.21±94.94°	0.0±0.0°	1.94±71.67°	0.81±96.52°	0.31±85.70°
286	13	12	2.60±99.10°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	0.73±72.16°	0.98±106.21°	0.43±114.44°	1.16±87.93°	1.48±72.14°	0.0±0.0°	1.63±92.81°	1.00±70.55°	0.42±67.18°
287	12	13	0.57±22.52°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	1.59±26.35°	0.51±149.06°	0.25±149.68°	1.33±26.40°	0.77±29.29°	0.0±0.0°	1.08±24.98°	0.52±27.70°	0.24±28.70°
288	23	30	0.57±22.52°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	1.59±26.35°	0.51±149.06°	0.11±167.55°	1.33±26.40°	0.77±29.29°	0.0±0.0°	1.08±24.98°	0.52±27.70°	0.10±10.83°
289	30	23	0.50±0.40°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	0.59±1.19°	0.04±167.52°	0.02±168.52°	0.56±0.93°	0.07±10.83°	0.0±0.0°	0.54±0.40°	0.05±9.24°	0.02±9.86°
290	23	36	0.50±0.40°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	0.59±1.19°	0.04±167.52°	0.02±168.46°	0.56±0.93°	0.07±10.83°	0.0±0.0°	0.54±0.40°	0.05±9.24°	0.02±9.92°
291	36	23	0.28±0.05°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	0.34±1.55°	0.03±167.16°	0.01±168.70°	0.32±1.29°	0.04±11.19°	0.0±0.0°	0.31±0.76°	0.03±9.60°	0.01±9.68°
292	36	30	0.28±0.05°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	0.34±1.55°	0.03±167.16°	0.01±168.75°	0.32±1.29°	0.04±11.19°	0.0±0.0°	0.31±0.76°	0.03±9.60°	0.01±9.63°
293	30	36	0.57±0.07°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	0.67±1.53°	0.05±167.18°	0.02±168.83°	0.64±1.27°	0.08±11.17°	0.0±0.0°	0.62±0.74°	0.05±9.58°	0.02±9.55°
294	54	59	0.57±0.07°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	0.67±1.53°	0.05±167.18°	0.02±168.80°	0.64±1.27°	0.08±11.17°	0.0±0.0°	0.62±0.74°	0.05±9.58°	0.02±9.58°
295	59	54	1.77±5.55°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	2.20±3.22°	0.21±176.16°	0.09±149.49°	2.09±3.85°	0.32±5.49°	0.0±0.0°	1.99±4.17°	0.22±7.08°	0.09±28.89°
296	57	51	1.91±4.58°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	2.25±0.46°	0.19±151.18°	0.10±176.33°	2.16±0.57°	0.29±27.17°	0.0±0.0°	2.08±1.91°	0.19±25.58°	0.10±2.05°
297	51	57	2.39±9.61°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	2.94±1.01°	0.34±147.04°	0.19±172.80°	2.79±2.74°	0.51±31.30°	0.0±0.0°	2.66±4.92°	0.34±29.72°	0.19±5.58°
298	57	77	1.84±8.92°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	2.77±3.50°	0.47±175.37°	0.27±159.19°	2.53±4.72°	0.71±6.28°	0.0±0.0°	2.30±5.50°	0.48±7.87°	0.26±19.19°
299	77	57	2.44±1.00°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	3.22±1.29°	0.39±169.07°	0.24±163.77°	3.02±0.98°	0.58±9.28°	0.0±0.0°	2.83±0.20°	0.39±7.69°	0.23±14.61°
300	71	70	2.44±1.00°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	3.22±1.29°	0.39±169.07°	0.21±159.86°	3.02±0.98°	0.58±9.28°	0.0±0.0°	2.83±0.20°	0.39±7.69°	0.21±18.52°
301	70	71	2.01±1.24°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	2.32±1.81°	0.16±172.14°	0.08±157.99°	2.24±1.77°	0.24±6.20°	0.0±0.0°	2.17±1.49°	0.16±4.62°	0.08±20.39°
302	40	41	2.05±1.14°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	2.34±1.13°	0.15±160.70°	0.05±162.34°	2.27±0.68°	0.22±17.65°	0.0±0.0°	2.20±0.02°	0.15±16.06°	0.05±16.04°
303	41	40	0.77±37.93°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	1.07±6.61°	0.28±140.22°	0.15±170.40°	0.96±12.36°	0.43±38.13°	0.0±0.0°	0.89±19.68°	0.29±36.54°	0.15±11.22°
304	40	50	0.42±56.51°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	0.94±8.91°	0.36±165.87°	0.28±167.11°	0.78±15.23°	0.54±15.78°	0.0±0.0°	0.63±22.75°	0.37±17.37°	0.27±11.27°
305	50	40	0.86±18.97°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	2.20±3.95°	0.68±177.09°	0.49±168.49°	1.85±6.15°	1.03±4.56°	0.0±0.0°	1.52±7.79°	0.69±6.15°	0.48±9.89°
306	71	69	1.44±21.75°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	2.37±2.72°	0.55±155.37°	0.36±176.26°	2.11±5.66°	0.83±22.98°	0.0±0.0°	1.89±10.03°	0.56±21.40°	0.36±2.12°
307	69	71	2.35±0.19°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	2.70±1.60°	0.18±166.72°	0.08±162.36°	2.61±1.36°	0.27±11.63°	0.0±0.0°	2.53±0.89°	0.18±10.04°	0.08±16.02°
308	70	68	2.35±0.19°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	2.70±1.60°	0.18±166.72°	0.08±159.90°	2.61±1.36°	0.27±11.63°	0.0±0.0°	2.53±0.89°	0.18±10.04°	0.07±18.48°
309	68	70	1.40±1.73°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	1.61±1.95°	0.11±174.15°	0.05±150.63°	1.56±1.98°	0.16±4.19°	0.0±0.0°	1.50±1.79°	0.11±2.61°	0.05±27.75°
310	43	46	1.43±1.67°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	1.62±0.97°	0.10±157.57°	0.03±162.40°	1.57±0.43°	0.15±20.78°	0.0±0.0°	1.53±0.31°	0.10±19.19°	0.03±15.98°
311	46	43	1.72±14.67°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	2.36±1.95°	0.39±150.56°	0.25±177.14°	2.19±4.27°	0.58±27.79°	0.0±0.0°	2.03±7.39°	0.39±26.20°	0.25±1.24°
312	51	43	1.21±14.55°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	2.20±4.15°	0.51±174.41°	0.33±164.56°	1.94±6.10°	0.77±7.25°	0.0±0.0°	1.70±7.59°	0.52±8.83°	0.32±13.82°
313	43	51	1.93±12.79°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	2.50±1.76°	0.35±147.85°	0.19±174.68°	2.35±3.89°	0.53±30.50°	0.0±0.0°	2.21±6.63°	0.36±28.91°	0.19±3.70°
314	47	50	1.42±12.36°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	2.34±3.93°	0.47±173.84°	0.30±162.86°	2.10±5.64°	0.71±7.81°	0.0±0.0°	1.87±6.90°	0.48±9.40°	0.30±15.52°
315	50	47	1.75±17.10°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	2.67±2.06°	0.53±154.72°	0.38±178.19°	2.42±4.54°	0.80±23.63°	0.0±0.0°	2.20±8.13°	0.54±22.04°	0.38±0.19°
316	47	46	1.15±14.24°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	2.48±3.75°	0.67±177.36°	0.43±165.29°	2.14±5.56°	1.02±4.29°	0.0±0.0°	1.81±6.76°	0.69±5.88°	0.43±13.09°
317	46	47	0.44±53.74°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	0.70±11.15°	0.24±155.32°	0.15±157.92°	0.61±18.60°	0.36±26.33°	0.0±0.0°	0.53±27.03°	0.24±27.92°	0.15±20.46°
318	49	41	0.74±33.49°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	0.82±7.95°	0.17±120.64°	0.08±160.05°	0.78±13.79°	0.26±57.71°	0.0±0.0°	0.76±20.04°	0.18±56.12°	0.07±21.57°
319	41	49	1.05±8.78°	0.0±0.0°	0.0±0.0°	2.57±0.40°	0.76±170.89°	0.53±172.50°	2.18±0.29°	1.15±7.46°	0.0±0.0°	1.82±2.57°	0.78±5.87°	0.52±5.88°

320	45	46	1.05 $\angle$ -8.78°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	2.57 $\angle$ 0.40°	0.76 $\angle$ -170.89°	0.59 $\angle$ 175.91°	2.18 $\angle$ -0.29°	1.15 $\angle$ 7.46°	0.0 $\angle$ 0.0°	1.82 $\angle$ -2.57°	0.78 $\angle$ 5.87°	0.58 $\angle$ -2.47°
321	46	45	0.24 $\angle$ -3.92°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.40 $\angle$ 0.32°	0.08 $\angle$ -171.00°	0.05 $\angle$ 170.28°	0.36 $\angle$ -0.12°	0.12 $\angle$ 7.35°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.32 $\angle$ -1.45°	0.08 $\angle$ 5.76°	0.05 $\angle$ -8.10°
322	85	87	0.24 $\angle$ -3.92°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.40 $\angle$ 0.32°	0.08 $\angle$ -171.00°	0.06 $\angle$ 170.23°	0.36 $\angle$ -0.12°	0.12 $\angle$ 7.35°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.32 $\angle$ -1.45°	0.08 $\angle$ 5.76°	0.06 $\angle$ -8.15°
323	87	85	0.63 $\angle$ 18.55°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.65 $\angle$ 24.57°	0.03 $\angle$ -80.22°	0.01 $\angle$ -71.27°	0.65 $\angle$ 23.09°	0.05 $\angle$ 98.13°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.64 $\angle$ 21.61°	0.04 $\angle$ 96.55°	0.01 $\angle$ 110.35°
324	85	86	0.62 $\angle$ 34.37°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.65 $\angle$ 29.60°	0.03 $\angle$ 151.63°	0.01 $\angle$ 135.14°	0.64 $\angle$ 30.80°	0.04 $\angle$ -30.02°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.63 $\angle$ 31.90°	0.03 $\angle$ -31.61°	0.01 $\angle$ -43.24°
325	86	85	0.54 $\angle$ 29.60°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.57 $\angle$ 28.07°	0.02 $\angle$ -177.56°	0.00 $\angle$ 140.63°	0.56 $\angle$ 28.48°	0.02 $\angle$ 0.79°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.56 $\angle$ 28.80°	0.02 $\angle$ -0.80°	0.00 $\angle$ -37.75°
326	85	81	0.55 $\angle$ 23.22°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.57 $\angle$ 26.06°	0.02 $\angle$ -96.77°	0.00 $\angle$ -93.63°	0.57 $\angle$ 25.38°	0.03 $\angle$ 81.58°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.56 $\angle$ 24.66°	0.02 $\angle$ 79.99°	0.00 $\angle$ 87.99°
327	81	85	0.39 $\angle$ 34.55°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.41 $\angle$ 29.66°	0.02 $\angle$ 146.68°	0.00 $\angle$ 124.41°	0.40 $\angle$ 30.89°	0.03 $\angle$ -34.97°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.40 $\angle$ 32.04°	0.02 $\angle$ -36.56°	0.00 $\angle$ -53.97°
328	87	106	0.39 $\angle$ 18.25°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.41 $\angle$ 24.47°	0.02 $\angle$ -82.21°	0.00 $\angle$ -103.50°	0.40 $\angle$ 22.95°	0.03 $\angle$ 96.14°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.40 $\angle$ 21.41°	0.02 $\angle$ 94.55°	0.00 $\angle$ 78.12°
329	106	87	0.39 $\angle$ 26.92°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.42 $\angle$ 27.22°	0.02 $\angle$ -146.43°	0.01 $\angle$ -170.42°	0.42 $\angle$ 27.19°	0.02 $\angle$ 31.92°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.41 $\angle$ 27.05°	0.02 $\angle$ 30.33°	0.01 $\angle$ 11.20°
330	87	82	0.43 $\angle$ 25.79°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.44 $\angle$ 26.89°	0.01 $\angle$ -99.50°	0.00 $\angle$ 19.17°	0.43 $\angle$ 26.62°	0.01 $\angle$ 78.84°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.43 $\angle$ 26.34°	0.01 $\angle$ 77.26°	0.00 $\angle$ -159.21°
331	82	87	0.54 $\angle$ 88.13°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.29 $\angle$ 60.45°	0.16 $\angle$ 115.39°	0.01 $\angle$ 77.05°	0.35 $\angle$ 70.81°	0.24 $\angle$ -66.26°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.40 $\angle$ 78.82°	0.16 $\angle$ -67.85°	0.01 $\angle$ -101.33°
332	87	99	0.52 $\angle$ -42.53°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.27 $\angle$ -8.58°	0.16 $\angle$ -67.91°	0.01 $\angle$ -109.61°	0.32 $\angle$ -22.15°	0.24 $\angle$ 110.44°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.38 $\angle$ -30.56°	0.16 $\angle$ 108.85°	0.01 $\angle$ 72.01°
333	99	87	1.09 $\angle$ 4.85°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	1.08 $\angle$ 19.49°	0.14 $\angle$ -73.54°	0.02 $\angle$ -98.28°	1.08 $\angle$ 15.77°	0.21 $\angle$ 104.81°	0.0 $\angle$ 0.0°	1.08 $\angle$ 12.18°	0.14 $\angle$ 103.22°	0.02 $\angle$ 83.34°
334	103	105	1.09 $\angle$ 46.04°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	1.08 $\angle$ 32.94°	0.12 $\angle$ 129.94°	0.02 $\angle$ 115.27°	1.08 $\angle$ 36.27°	0.18 $\angle$ -51.71°	0.0 $\angle$ 0.0°	1.07 $\angle$ 39.48°	0.12 $\angle$ -53.30°	0.02 $\angle$ -63.11°
335	105	103	0.68 $\angle$ -19.05°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.55 $\angle$ 10.15°	0.16 $\angle$ -69.99°	0.02 $\angle$ -86.82°	0.56 $\angle$ 1.53°	0.25 $\angle$ 108.36°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.59 $\angle$ -5.85°	0.17 $\angle$ 106.77°	0.02 $\angle$ 94.80°
336	103	106	0.72 $\angle$ 68.13°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.56 $\angle$ 43.48°	0.16 $\angle$ 118.66°	0.02 $\angle$ 106.56°	0.59 $\angle$ 50.77°	0.24 $\angle$ -62.99°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.63 $\angle$ 57.39°	0.16 $\angle$ -64.57°	0.02 $\angle$ -71.82°
337	106	103	0.84 $\angle$ 26.10°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.86 $\angle$ 26.98°	0.01 $\angle$ -123.25°	0.00 $\angle$ 103.39°	0.85 $\angle$ 26.78°	0.02 $\angle$ 55.10°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.85 $\angle$ 26.54°	0.01 $\angle$ 53.51°	0.00 $\angle$ -74.99°
338	81	82	0.80 $\angle$ 26.63°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.85 $\angle$ 27.14°	0.02 $\angle$ -142.19°	0.01 $\angle$ -161.79°	0.84 $\angle$ 27.05°	0.04 $\angle$ 36.16°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.82 $\angle$ 26.87°	0.02 $\angle$ 34.57°	0.01 $\angle$ 19.83°
339	82	81	0.90 $\angle$ 27.40°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.93 $\angle$ 26.56°	0.02 $\angle$ -175.02°	0.00 $\angle$ -52.08°	0.92 $\angle$ 26.78°	0.02 $\angle$ 3.33°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.91 $\angle$ 26.96°	0.02 $\angle$ 1.74°	0.00 $\angle$ 129.54°
340	86	81	0.88 $\angle$ 22.84°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.92 $\angle$ 25.11°	0.03 $\angle$ -114.61°	0.01 $\angle$ 162.31°	0.91 $\angle$ 24.58°	0.04 $\angle$ 63.74°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.90 $\angle$ 23.99°	0.03 $\angle$ 62.16°	0.01 $\angle$ -16.07°
341	81	86	0.43 $\angle$ 47.38°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.43 $\angle$ 47.07°	0.00 $\angle$ -147.17°	0.00 $\angle$ -68.09°	0.43 $\angle$ 47.16°	0.01 $\angle$ 31.18°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.43 $\angle$ 47.22°	0.00 $\angle$ 29.59°	0.00 $\angle$ 113.53°
342	88	89	0.40 $\angle$ 44.31°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.42 $\angle$ 46.08°	0.01 $\angle$ -107.48°	0.00 $\angle$ 161.91°	0.42 $\angle$ 45.69°	0.02 $\angle$ 70.87°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.41 $\angle$ 45.21°	0.02 $\angle$ 69.28°	0.00 $\angle$ -16.47°
343	89	88	3.10 $\angle$ 3.29°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	3.20 $\angle$ 4.50°	0.06 $\angle$ -137.69°	0.01 $\angle$ 161.13°	3.17 $\angle$ 4.22°	0.08 $\angle$ 40.66°	0.0 $\angle$ 0.0°	3.15 $\angle$ 3.89°	0.06 $\angle$ 39.07°	0.01 $\angle$ -17.25°
344	103	110	3.06 $\angle$ 4.98°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	3.18 $\angle$ 5.03°	0.06 $\angle$ -171.13°	0.01 $\angle$ 130.32°	3.15 $\angle$ 5.04°	0.09 $\angle$ 7.22°	0.0 $\angle$ 0.0°	3.12 $\angle$ 4.99°	0.06 $\angle$ 5.63°	0.01 $\angle$ -48.06°
345	110	103	0.80 $\angle$ 48.60°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.77 $\angle$ 34.51°	0.10 $\angle$ 125.58°	0.01 $\angle$ 107.82°	0.77 $\angle$ 38.16°	0.15 $\angle$ -56.07°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.78 $\angle$ 41.66°	0.10 $\angle$ -57.66°	0.01 $\angle$ -70.56°
346	110	112	0.78 $\angle$ 3.90°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.77 $\angle$ 19.65°	0.11 $\angle$ -71.32°	0.01 $\angle$ -105.85°	0.76 $\angle$ 15.60°	0.16 $\angle$ 107.03°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.77 $\angle$ 11.74°	0.11 $\angle$ 105.44°	0.01 $\angle$ 75.77°
347	112	110	0.81 $\angle$ 48.52°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.77 $\angle$ 34.54°	0.10 $\angle$ 124.01°	0.01 $\angle$ 94.19°	0.78 $\angle$ 38.17°	0.15 $\angle$ -57.64°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.78 $\angle$ 41.66°	0.10 $\angle$ -59.23°	0.01 $\angle$ -84.19°
348	103	114	0.79 $\angle$ 4.24°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.77 $\angle$ 19.72°	0.10 $\angle$ -69.98°	0.01 $\angle$ -116.44°	0.77 $\angle$ 15.73°	0.16 $\angle$ 108.37°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.78 $\angle$ 11.93°	0.11 $\angle$ 106.78°	0.01 $\angle$ 65.18°
349	114	103	1.66 $\angle$ 32.76°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	1.72 $\angle$ 29.11°	0.06 $\angle$ 152.46°	0.01 $\angle$ 137.44°	1.71 $\angle$ 30.03°	0.09 $\angle$ -29.19°	0.0 $\angle$ 0.0°	1.69 $\angle$ 30.88°	0.06 $\angle$ -30.78°	0.01 $\angle$ -40.94°
350	112	114	1.67 $\angle$ 20.29°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	1.73 $\angle$ 25.14°	0.08 $\angle$ -85.70°	0.01 $\angle$ -135.87°	1.71 $\angle$ 23.96°	0.11 $\angle$ 92.65°	0.0 $\angle$ 0.0°	1.70 $\angle$ 22.75°	0.08 $\angle$ 91.06°	0.01 $\angle$ 45.75°
351	114	112	0.78 $\angle$ 12.94°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.78 $\angle$ 22.72°	0.07 $\angle$ -73.70°	0.00 $\angle$ -143.25°	0.78 $\angle$ 20.27°	0.10 $\angle$ 104.65°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.78 $\angle$ 17.88°	0.07 $\angle$ 103.06°	0.00 $\angle$ 38.37°
352	81	90	0.78 $\angle$ 40.13°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.79 $\angle$ 31.57°	0.06 $\angle$ 128.75°	0.00 $\angle$ 89.35°	0.78 $\angle$ 33.74°	0.09 $\angle$ -52.90°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.78 $\angle$ 35.82°	0.06 $\angle$ -54.49°	0.00 $\angle$ -89.03°
353	90	81	1.06 $\angle$ 0.61°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	1.11 $\angle$ 0.15°	0.03 $\angle$ 174.25°	0.00 $\angle$ 130.39°	1.10 $\angle$ 0.30°	0.04 $\angle$ -7.40°	0.0 $\angle$ 0.0°	1.09 $\angle$ 0.35°	0.03 $\angle$ -8.98°	0.00 $\angle$ -47.99°
354	86	93	1.10 $\angle$ -2.59°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	1.13 $\angle$ -0.85°	0.02 $\angle$ -132.13°	0.00 $\angle$ 173.92°	1.12 $\angle$ -1.27°	0.03 $\angle$ 46.22°	0.0 $\angle$ 0.0°	1.11 $\angle$ -1.72°	0.02 $\angle$ 44.63°	0.00 $\angle$ -4.46°
355	93	86	0.53 $\angle$ -0.38°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.57 $\angle$ -0.17°	0.02 $\angle$ -174.83°	0.00 $\angle$ 132.30°	0.56 $\angle$ -0.18°	0.03 $\angle$ 3.52°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.55 $\angle$ -0.30°	0.02 $\angle$ 1.93°	0.00 $\angle$ -46.08°
356	92	93	0.57 $\angle$ -1.62°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.58 $\angle$ -0.54°	0.01 $\angle$ -128.17°	0.00 $\angle$ -60.43°	0.58 $\angle$ -0.80°	0.01 $\angle$ 50.18°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.58 $\angle$ -1.08°	0.01 $\angle$ 48.59°	0.00 $\angle$ 121.19°
357	93	92	3.04 $\angle$ 4.70°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	3.17 $\angle$ 5.35°	0.07 $\angle$ -157.21°	0.01 $\angle$ 134.10°	3.14 $\angle$ 5.22°	0.10 $\angle$ 21.14°	0.0 $\angle$ 0.0°	3.11 $\angle$ 5.02°	0.07 $\angle$ 19.55°	0.01 $\angle$ -44.28°
358	93	91	3.04 $\angle$ 4.70°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	3.17 $\angle$ 5.35°	0.07 $\angle$ -157.21°	0.01 $\angle$ 140.38°	3.14 $\angle$ 5.22°	0.10 $\angle$ 21.14°	0.0 $\angle$ 0.0°	3.11 $\angle$ 5.02°	0.07 $\angle$ 19.55°	0.01 $\angle$ -38.00°
359	91	93	0.80 $\angle$ 3.55°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.83 $\angle$ 4.21°	0.02 $\angle$ -158.35°	0.00 $\angle$ 139.92°	0.82 $\angle$ 4.07°	0.03 $\angle$ 20.00°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.81 $\angle$ 3.87°	0.02 $\angle$ 18.41°	0.00 $\angle$ -38.46°
360	93	91	0.80 $\angle$ 3.55°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.83 $\angle$ 4.21°	0.02 $\angle$ -158.35°	0.00 $\angle$ 140.30°	0.82 $\angle$ 4.07°	0.03 $\angle$ 20.00°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.81 $\angle$ 3.87°	0.02 $\angle$ 18.41°	0.00 $\angle$ -38.08°
361	91	93	1.00 $\angle$ 3.75°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	1.04 $\angle$ 4.40°	0.02 $\angle$ -158.16°	0.00 $\angle$ 140.26°	1.03 $\angle$ 4.27°	0.03 $\angle$ 20.19°	0.0 $\angle$ 0.0°	1.02 $\angle$ 4.07°	0.02 $\angle$ 18.60°	0.00 $\angle$ -38.12°
362	90	89	1.00 $\angle$ 3.75°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	1.04 $\angle$ 4.40°	0.02 $\angle$ -158.16°	0.00 $\angle$ 140.32°	1.03 $\angle$ 4.27°	0.03 $\angle$ 20.19°	0.0 $\angle$ 0.0°	1.02 $\angle$ 4.07°	0.02 $\angle$ 18.60°	0.00 $\angle$ -38.06°
363	89	90	1.78 $\angle$ 5.56°	0.0 $\angle$ 0.0°	0.0 $\angle$ 0.0°	1.86 $\angle$ 5.19°	0.04 $\angle$ 179.62°	0.01 $\angle$ 129.17°	1.84 $\angle$ 5.31°	0.				

364	90	93	1.812.64°	0.020.0°	0.020.0°	1.872.427°	0.042-133.21°	0.002160.30°	1.8523.89°	0.06245.14°	0.020.0°	1.8423.46°	0.04243.55°	0.002-18.08°
365	93	90	2.3823.75°	0.020.0°	0.020.0°	2.4724.57°	0.052-152.91°	0.012145.22°	2.4524.39°	0.07225.44°	0.020.0°	2.4324.16°	0.05223.86°	0.012-33.16°

Annexe C : Résultats détaillés des tensions

Tableau C.1: Les Tensions Va, Vb, Vc en PU

ad	Td=1			Td=2			Td=3			Td=4		
	Va	Vb	Vc	Va	Vb	Vc	Va	Vb	Vc	Va	Vb	Vc
1	1.342170.31°	1.34250.31°	1.342-69.69°	0.752173.66°	0.942-86.59°	0.79285.96°	0.202144.95°	1.172-5.55°	0.02-0.0°	0.4527.34°	1.19276.08°	1.142-95.26°
2	1.002173.00°	1.00253.00°	1.002-67.00°	0.962176.20°	0.992-119.29°	0.992119.28°	0.06286.24°	1.002-3.50°	0.02-0.0°	0.992-0.04°	1.03256.27°	0.942-67.39°
3	0.0020.00°	0.0020.00°	0.0020.00°	0.002-153.43°	0.982-121.31°	1.032119.66°	0.5020.00°	0.5020.00°	0.02-0.0°	1.012-1.59°	0.002-147.41°	0.002124.46°
4	0.0826.34°	0.082-113.66°	0.082126.34°	0.05232.53°	0.992-123.47°	1.062120.84°	0.5420.45°	0.462-0.52°	0.02-0.0°	1.052-2.33°	0.092-87.08°	0.052102.77°
5	0.032-24.79°	0.032-144.79°	0.03295.21°	0.052-36.38°	0.992-120.43°	1.012119.69°	0.522-0.78°	0.4820.83°	0.02-0.0°	1.002-0.73°	0.042-171.98°	0.052103.97°
6	0.832171.69°	0.83251.69°	0.832-68.31°	0.852173.90°	1.002-122.56°	1.042121.16°	0.11233.89°	0.912-3.77°	0.02-0.0°	1.042-1.23°	0.87251.72°	0.812-66.01°
7	0.722176.71°	0.72256.71°	0.722-63.29°	1.082174.74°	1.162-138.94°	1.312131.84°	0.1428.24°	0.862-1.37°	0.02-0.0°	1.372-3.98°	0.93236.46°	0.962-45.46°
8	0.762177.40°	0.76257.40°	0.762-62.60°	1.402175.36°	1.372-147.36°	1.522139.13°	0.1228.17°	0.882-1.12°	0.02-0.0°	1.652-3.81°	1.19229.17°	1.232-36.88°
9	0.912176.37°	0.91256.37°	0.912-63.63°	1.122179.22°	1.122-130.57°	1.142129.75°	0.05231.84°	0.952-1.73°	0.02-0.0°	1.232-0.29°	1.08248.40°	0.982-51.27°
10	1.342179.16°	1.34259.16°	1.342-60.84°	1.942172.12°	1.232-153.36°	1.612133.09°	0.172176.68°	1.172-0.48°	0.02-0.0°	1.632-10.34°	1.57236.00°	1.862-48.51°
11	0.642-174.44°	0.64265.56°	0.642-54.44°	0.802-173.35°	1.092-128.44°	1.112127.45°	0.182-9.67°	0.8222.17°	0.02-0.0°	1.172-0.51°	0.75255.75°	0.722-42.62°
12	12.742178.02°	12.74258.02°	12.742-61.98°	15.762162.20°	4.862126.48°	6.342117.13°	5.872177.85°	6.872-1.84°	0.02-0.0°	5.822-53.09°	11.22235.63°	17.622-61.70°
13	6.822178.13°	6.82258.13°	6.822-61.87°	8.292161.25°	2.412131.61°	3.882114.35°	2.912177.81°	3.912-1.63°	0.02-0.0°	3.392-50.34°	5.79235.97°	9.442-62.87°
14	0.292178.66°	0.29258.66°	0.292-61.34°	0.382-179.45°	1.032-125.68°	1.082124.03°	0.3520.55°	0.652-0.30°	0.02-0.0°	1.102-1.21°	0.36247.38°	0.332-46.66°
15	0.302-175.48°	0.30264.52°	0.302-55.48°	0.222-162.34°	0.962-115.49°	0.962115.72°	0.352-1.97°	0.6521.05°	0.02-0.0°	0.9220.13°	0.31284.03°	0.222-70.74°
16	0.182-178.16°	0.18261.84°	0.182-58.16°	0.192-174.40°	1.002-121.94°	1.032120.75°	0.412-0.40°	0.5920.28°	0.02-0.0°	1.032-1.08°	0.20259.76°	0.182-51.53°
17	0.382-4.16°	0.382-124.16°	0.382115.84°	0.222-2.32°	1.062-128.58°	1.122126.28°	0.692-1.14°	0.3122.50°	0.02-0.0°	1.162-1.53°	0.332-99.89°	0.32291.67°
18	0.202-163.61°	0.20276.39°	0.202-43.61°	0.662-176.59°	1.282-140.31°	1.342136.98°	0.402-4.02°	0.6022.72°	0.02-0.0°	1.482-1.43°	0.55220.49°	0.632-13.15°
19	0.282-172.34°	0.28267.66°	0.282-52.34°	0.352-168.76°	1.042-124.00°	1.052123.70°	0.362-2.91°	0.6421.66°	0.02-0.0°	1.082-0.14°	0.34259.29°	0.302-38.38°
20	0.022-70.21°	0.022169.79°	0.02249.79°	0.332179.13°	1.172-135.99°	1.252132.63°	0.502-1.00°	0.5021.01°	0.02-0.0°	1.342-1.73°	0.312-1.76°	0.3420.22°
21	0.292-3.35°	0.292-123.35°	0.292116.65°	0.0728.26°	1.092-131.47°	1.172128.37°	0.642-0.75°	0.3621.36°	0.02-0.0°	1.222-1.92°	0.272-78.06°	0.25270.33°
22	0.202-166.14°	0.20273.86°	0.202-46.14°	0.452-169.07°	1.162-131.31°	1.152131.63°	0.402-3.38°	0.6022.28°	0.02-0.0°	1.2620.56°	0.39237.80°	0.402-14.23°
23	1.972177.96°	1.97257.96°	1.972-62.04°	3.652178.71°	2.332-160.74°	2.402156.36°	0.492175.87°	1.492-1.35°	0.02-0.0°	2.692-1.04°	3.20232.28°	3.102-33.47°
24	0.312-179.74°	0.31260.26°	0.312-59.74°	0.752179.34°	1.262-139.36°	1.322136.23°	0.352-0.12°	0.6520.06°	0.02-0.0°	1.452-1.35°	0.65224.59°	0.652-24.01°
25	0.672178.58°	0.67258.58°	0.672-61.42°	1.252178.58°	1.362-143.76°	1.442139.75°	0.1622.88°	0.842-0.57°	0.02-0.0°	1.592-1.62°	1.09231.82°	1.072-33.21°
26	0.222-164.48°	0.22275.52°	0.222-44.48°	0.322-168.45°	1.042-126.34°	1.092124.54°	0.392-4.32°	0.6122.80°	0.02-0.0°	1.122-1.30°	0.27254.83°	0.302-29.54°
27	0.102-162.61°	0.10277.39°	0.102-42.61°	0.542-176.73°	1.262-138.72°	1.312136.64°	0.452-1.99°	0.5521.63°	0.02-0.0°	1.452-0.74°	0.47213.97°	0.522-6.57°
28	0.052-143.07°	0.05296.93°	0.052-23.07°	0.452-178.37°	1.232-138.25°	1.292135.20°	0.482-1.76°	0.5221.62°	0.02-0.0°	1.422-1.37°	0.4026.24°	0.452-3.10°
29	0.312179.93°	0.31259.93°	0.312-60.07°	0.522174.42°	1.062-133.03°	1.202127.29°	0.3520.03°	0.652-0.02°	0.02-0.0°	1.232-3.76°	0.43231.16°	0.482-40.26°
30	0.702-173.20°	0.70266.80°	0.702-53.20°	1.542-175.36°	1.612-147.62°	1.612147.26°	0.162-15.00°	0.8522.79°	0.02-0.0°	1.8520.56°	1.31232.60°	1.342-21.61°
31	0.132-11.60°	0.132-131.60°	0.132108.40°	0.182179.91°	1.152-135.13°	1.232131.74°	0.562-1.33°	0.4421.73°	0.02-0.0°	1.322-1.82°	0.252-27.62°	0.29221.80°
32	1.112174.91°	1.11254.91°	1.112-65.09°	2.112175.81°	1.692-153.71°	1.812147.06°	0.072136.55°	1.052-2.67°	0.02-0.0°	2.012-2.48°	1.85228.38°	1.792-35.30°
33	1.152175.66°	1.15255.66°	1.152-64.34°	2.222176.27°	1.752-154.77°	1.872148.12°	0.082148.89°	1.072-2.32°	0.02-0.0°	2.082-2.42°	1.94228.36°	1.882-34.32°
34	0.462-172.98°	0.46267.02°	0.462-52.98°	0.682-171.70°	1.132-129.96°	1.132129.96°	0.272-6.01°	0.7322.23°	0.02-0.0°	1.2220.30°	0.61250.69°	0.582-33.67°

35	1.91Z174.65°	1.91Z54.65°	1.91Z-65.35°	3.36Z175.41°	2.09Z-160.76°	2.24Z152.22°	0.46Z168.81°	1.45Z-3.51°	0.0Z-0.0°	2.47Z-3.08°	2.96Z30.59°	2.86Z-38.54°
36	2.04Z177.82°	2.04Z57.82°	2.04Z-62.18°	3.75Z178.59°	2.37Z-161.17°	2.44Z156.63°	0.52Z175.72°	1.52Z-1.46°	0.0Z-0.0°	2.73Z-1.10°	3.29Z32.27°	3.18Z-33.72°
37	1.19Z-179.19°	1.19Z60.81°	1.19Z-59.19°	2.20Z-179.05°	1.74Z-151.70°	1.78Z149.28°	0.09Z-174.89°	1.09Z0.44°	0.0Z-0.0°	2.02Z-0.38°	1.91Z34.52°	1.88Z-31.19°
38	1.22Z-176.63°	1.22Z63.37°	1.22Z-56.63°	1.93Z-175.31°	1.52Z-144.07°	1.49Z145.53°	0.12Z-161.99°	1.11Z1.85°	0.0Z-0.0°	1.72Z1.45°	1.73Z43.95°	1.65Z-33.83°
39	2.34Z-179.05°	2.34Z60.95°	2.34Z-59.05°	3.87Z-178.50°	2.23Z-158.02°	2.25Z156.49°	0.67Z-178.34°	1.67Z0.67°	0.0Z-0.0°	2.55Z0.27°	3.41Z39.04°	3.32Z-34.96°
40	4.49Z174.67°	4.49Z54.67°	4.49Z-65.33°	7.55Z173.33°	3.58Z-176.05°	3.86Z157.39°	1.75Z173.15°	2.74Z-4.36°	0.0Z-0.0°	4.09Z-7.42°	6.50Z30.43°	6.61Z-42.34°
41	1.57Z-172.11°	1.57Z67.89°	1.57Z-52.11°	2.76Z-174.83°	1.91Z-154.35°	1.95Z152.32°	0.30Z-158.84°	1.28Z4.83°	0.0Z-0.0°	2.21Z-0.09°	2.34Z40.68°	2.45Z-28.71°
42	0.10Z4.72°	0.10Z-115.28°	0.10Z124.72°	0.11Z105.51°	0.98Z-130.33°	1.17Z122.76°	0.55Z0.42°	0.45Z-0.51°	0.0Z-0.0°	1.14Z-5.75°	0.20Z-64.35°	0.07Z-6.91°
43	1.59Z-176.33°	1.59Z63.67°	1.59Z-56.33°	2.95Z-179.44°	2.02Z-159.17°	2.15Z151.87°	0.30Z-170.17°	1.30Z2.26°	0.0Z-0.0°	2.38Z-2.53°	2.49Z34.07°	2.62Z-31.29°
44	0.16Z1.81°	0.16Z-118.19°	0.16Z121.81°	0.12Z134.30°	1.07Z-134.95°	1.23Z127.91°	0.58Z0.25°	0.42Z-0.35°	0.0Z-0.0°	1.26Z-4.49°	0.28Z-51.90°	0.18Z21.43°
45	4.62Z176.15°	4.62Z56.15°	4.62Z-63.85°	7.93Z176.06°	3.87Z-173.05°	4.05Z161.80°	1.81Z175.09°	2.81Z-3.16°	0.0Z-0.0°	4.33Z-3.98°	6.92Z32.31°	6.82Z-38.93°
46	3.08Z177.20°	3.08Z57.20°	3.08Z-62.80°	5.39Z176.32°	2.89Z-168.95°	3.07Z157.40°	1.04Z175.85°	2.04Z-2.12°	0.0Z-0.0°	3.33Z-4.22°	4.66Z31.94°	4.67Z-37.89°
47	1.46Z-174.22°	1.46Z65.78°	1.46Z-54.22°	2.70Z-176.84°	1.95Z-155.73°	2.00Z152.27°	0.24Z-161.89°	1.23Z3.43°	0.0Z-0.0°	2.26Z-0.76°	2.28Z36.71°	2.38Z-28.76°
48	0.04Z-178.65°	0.04Z61.35°	0.04Z-58.65°	0.40Z168.68°	1.15Z-138.69°	1.30Z131.42°	0.48Z-0.06°	0.52Z0.06°	0.0Z-0.0°	1.36Z-4.13°	0.37Z-4.92°	0.39Z-15.82°
49	12.33Z175.03°	12.33Z55.03°	12.33Z-64.97°	20.23Z173.53°	8.45Z175.00°	8.77Z163.65°	5.67Z174.60°	6.66Z-4.59°	0.0Z-0.0°	8.98Z-8.74°	17.42Z31.57°	17.79Z-43.09°
50	6.50Z173.44°	6.50Z53.44°	6.50Z-66.56°	10.80Z171.49°	4.78Z177.48°	5.15Z157.86°	2.75Z172.25°	3.75Z-5.68°	0.0Z-0.0°	5.34Z-10.19°	9.24Z29.08°	9.53Z-44.58°
51	5.78Z168.69°	5.78Z48.69°	5.78Z-71.31°	9.75Z167.20°	4.38Z175.27°	4.84Z154.39°	2.40Z166.36°	3.38Z-9.65°	0.0Z-0.0°	4.99Z-12.82°	8.38Z24.21°	8.55Z-48.36°
52	0.05Z-161.10°	0.05Z78.90°	0.05Z-41.10°	0.30Z-169.73°	1.16Z-131.21°	1.15Z131.87°	0.48Z-0.88°	0.52Z0.80°	0.0Z-0.0°	1.26Z0.79°	0.28Z19.11°	0.29Z3.34°
53	2.98Z163.24°	2.98Z43.24°	2.98Z-76.76°	5.18Z164.15°	2.65Z-175.86°	3.06Z149.79°	1.02Z155.11°	1.97Z-12.57°	0.0Z-0.0°	3.20Z-10.94°	4.57Z19.81°	4.40Z-50.33°
54	2.74Z168.04°	2.74Z48.04°	2.74Z-71.96°	4.77Z166.33°	2.48Z-175.48°	2.91Z148.16°	0.89Z161.32°	1.86Z-8.77°	0.0Z-0.0°	3.03Z-11.57°	4.08Z22.10°	4.18Z-47.94°
55	7.08Z172.82°	7.08Z52.82°	7.08Z-67.18°	11.72Z170.03°	5.09Z174.19°	5.54Z156.08°	3.05Z171.65°	4.04Z-6.29°	0.0Z-0.0°	5.70Z-12.57°	9.93Z27.83°	10.46Z-46.10°
56	4.14Z174.24°	4.14Z54.24°	4.14Z-65.76°	7.07Z171.50°	3.41Z-178.53°	3.78Z154.22°	1.57Z172.41°	2.57Z-4.64°	0.0Z-0.0°	3.96Z-10.03°	5.98Z28.11°	6.28Z-43.46°
57	1.55Z-176.35°	1.55Z63.65°	1.55Z-56.35°	2.88Z178.67°	1.97Z-161.37°	2.17Z149.43°	0.28Z-169.72°	1.27Z2.22°	0.0Z-0.0°	2.37Z-4.75°	2.38Z31.97°	2.60Z-32.85°
58	0.22Z174.28°	0.22Z54.28°	0.22Z-65.72°	0.77Z169.31°	1.26Z-145.79°	1.46Z135.67°	0.39Z1.61°	0.61Z-1.03°	0.0Z-0.0°	1.55Z-5.12°	0.67Z6.45°	0.69Z-26.08°
59	0.44Z-174.58°	0.44Z65.42°	0.44Z-54.58°	1.11Z-177.79°	1.45Z-145.12°	1.49Z142.63°	0.28Z-4.23°	0.72Z1.65°	0.0Z-0.0°	1.68Z-0.68°	0.95Z26.38°	0.98Z-20.23°
60	0.19Z-5.48°	0.19Z-125.48°	0.19Z114.52°	0.10Z171.34°	1.13Z-134.33°	1.21Z130.66°	0.59Z-0.87°	0.41Z1.27°	0.0Z-0.0°	1.29Z-2.08°	0.25Z-46.00°	0.25Z35.98°
61	5.05Z175.05°	5.05Z55.05°	5.05Z-64.95°	8.71Z176.06°	4.24Z-172.85°	4.37Z164.01°	2.03Z173.83°	3.02Z-4.13°	0.0Z-0.0°	4.68Z-2.83°	7.70Z32.05°	7.40Z-38.79°
62	2.89Z174.83°	2.89Z54.83°	2.89Z-65.17°	5.06Z174.04°	2.73Z-169.72°	2.96Z155.15°	0.95Z172.11°	1.94Z-3.84°	0.0Z-0.0°	3.19Z-5.64°	4.38Z29.56°	4.39Z-40.08°
63	1.75Z-176.97°	1.75Z63.03°	1.75Z-56.97°	3.25Z-179.24°	2.16Z-160.01°	2.26Z153.95°	0.38Z-172.93°	1.37Z1.93°	0.0Z-0.0°	2.52Z-1.88°	2.76Z34.21°	2.85Z-31.09°
64	0.39Z171.66°	0.39Z51.66°	0.39Z-68.34°	1.05Z172.14°	1.38Z-147.56°	1.53Z139.52°	0.31Z5.29°	0.69Z-2.34°	0.0Z-0.0°	1.66Z-3.68°	0.92Z15.05°	0.90Z-28.56°
65	4.11Z177.35°	4.11Z57.35°	4.11Z-62.65°	7.14Z176.80°	3.60Z-171.85°	3.77Z161.08°	1.56Z176.50°	2.56Z-2.13°	0.0Z-0.0°	4.05Z-3.77°	6.19Z32.64°	6.17Z-37.68°
66	4.07Z173.24°	4.07Z53.24°	4.07Z-66.76°	6.87Z169.96°	3.26Z179.98°	3.69Z152.00°	1.54Z171.04°	2.53Z-5.43°	0.0Z-0.0°	3.84Z-11.75°	5.78Z26.98°	6.15Z-45.32°
67	5.98Z167.62°	5.98Z47.62°	5.98Z-72.38°	9.73Z163.10°	4.09Z167.49°	4.78Z146.75°	2.51Z165.16°	3.48Z-10.62°	0.0Z-0.0°	4.79Z-19.96°	8.08Z21.70°	8.88Z-53.48°
68	8.20Z165.39°	8.20Z45.39°	8.20Z-74.61°	13.38Z162.49°	5.52Z165.68°	6.18Z149.92°	3.62Z163.39°	4.59Z-13.04°	0.0Z-0.0°	6.22Z-19.48°	11.33Z20.87°	11.97Z-54.19°
69	10.94Z175.21°	10.94Z55.21°	10.94Z-64.79°	18.27Z174.32°	7.87Z177.25°	8.14Z164.98°	4.97Z174.73°	5.97Z-4.39°	0.0Z-0.0°	8.38Z-7.02°	15.82Z31.65°	15.91Z-41.68°
70	6.92Z166.20°	6.92Z46.20°	6.92Z-73.80°	11.48Z164.16°	4.92Z170.02°	5.49Z151.93°	2.98Z163.91°	3.95Z-12.06°	0.0Z-0.0°	5.58Z-16.45°	9.81Z21.82°	10.15Z-51.97°
71	1.64Z-173.24°	1.64Z66.76°	1.64Z-53.24°	3.10Z-175.94°	2.15Z-157.63°	2.19Z155.32°	0.33Z-163.01°	1.32Z4.20°	0.0Z-0.0°	2.47Z-0.12°	2.62Z37.02°	2.73Z-27.27°
72	0.02Z44.84°	0.02Z-75.16°	0.02Z164.84°	0.40Z167.15°	1.19Z-140.04°	1.33Z133.45°	0.51Z0.98°	0.49Z-1.01°	0.0Z-0.0°	1.42Z-3.52°	0.42Z-11.44°	0.38Z-7.91°
73	2.30Z172.49°	2.30Z52.49°	2.30Z-67.51°	4.06Z169.62°	2.25Z-171.33°	2.63Z147.99°	0.66Z166.80°	1.65Z-5.24°	0.0Z-0.0°	2.77Z-9.84°	3.43Z25.05°	3.60Z-44.17°
74	1.08Z177.55°	1.08Z57.55°	1.08Z-62.45°	2.15Z174.15°	1.70Z-158.19°	1.93Z145.21°	0.05Z149.39°	1.04Z-1.27°	0.0Z-0.0°	2.09Z-5.51°	1.81Z25.16°	1.91Z-35.21°
75	1.01Z177.60°	1.01Z57.60°	1.01Z-62.40°	2.05Z173.92°	1.66Z-157.60°	1.89Z144.49°	0.02Z106.59°	1.01Z-1.21°	0.0Z-0.0°	2.04Z-5.62°	1.71Z24.55°	1.81Z-35.05°
76	9.24Z-172.93°	9.24Z67.07°	9.24Z-52.93°	15.60Z-172.19°	7.08Z-167.20°	6.91Z178.64°	4.13Z-172.08°	5.12Z6.38°	0.0Z-0.0°	7.37Z6.81°	13.75Z44.63°	13.31Z-27.91°
77	13.19Z174.41°	13.19Z54.41°	13.19Z-65.59°	21.72Z172.31°	9.07Z172.59°	9.45Z162.12°	6.10Z173.95°	7.09Z-5.20°	0.0Z-0.0°	9.63Z-10.63°	18.57Z30.27°	19.23Z-44.10°
78	0.43Z174.43°	0.43Z54.43°	0.43Z-65.57°	0.60Z174.73°	1.06Z-130.00°	1.15Z126.50°	0.29Z4.12°	0.71Z-1.66°	0.0Z-0.0°	1.18Z-2.36°	0.54Z39.16°	0.53Z-49.08°

79	0.67┐166.39°	0.67┐46.39°	0.67┐-73.61°	1.00┐166.12°	1.11┐-138.50°	1.30┐129.81°	0.19┐24.55°	0.83┐-5.47°	0.0┐-0.0°	1.34┐-5.17°	0.89┐27.90°	0.88┐-54.67°
80	0.07┐-70.58°	0.07┐169.42°	0.07┐49.42°	0.19┐-157.01°	1.11┐-129.87°	1.13┐128.86°	0.51┐-3.55°	0.49┐3.71°	0.0┐-0.0°	1.21┐-0.45°	0.13┐12.71°	0.25┐15.83°
81	1.15┐175.65°	1.15┐55.65°	1.15┐-64.35°	2.02┐165.89°	1.38┐-163.20°	1.88┐134.80°	0.09┐149.95°	1.08┐-2.33°	0.0┐-0.0°	1.88┐-13.50°	1.57┐21.52°	1.93┐-47.31°
82	0.02┐-164.80°	0.02┐75.20°	0.02┐-44.80°	0.34┐165.52°	1.11┐-137.68°	1.28┐129.70°	0.49┐-0.34°	0.51┐0.33°	0.0┐-0.0°	1.32┐-4.77°	0.32┐-10.83°	0.34┐-16.70°
83	0.15┐-20.65°	0.15┐-140.65°	0.15┐99.35°	0.09┐-132.10°	1.11┐-129.51°	1.12┐128.95°	0.57┐-2.60°	0.43┐3.42°	0.0┐-0.0°	1.21┐-0.13°	0.11┐-41.24°	0.24┐43.97°
84	0.16┐-18.76°	0.16┐-138.76°	0.16┐101.24°	0.07┐-133.85°	1.10┐-130.18°	1.14┐128.63°	0.58┐-2.57°	0.42┐3.49°	0.0┐-0.0°	1.21┐-0.84°	0.13┐-51.84°	0.23┐44.10°
85	1.08┐176.70°	1.08┐56.70°	1.08┐-63.30°	1.92┐167.90°	1.40┐-160.56°	1.83┐136.20°	0.05┐140.28°	1.04┐-1.71°	0.0┐-0.0°	1.86┐-11.57°	1.51┐22.76°	1.81┐-44.75°
86	1.53┐176.56°	1.53┐56.56°	1.53┐-63.44°	2.57┐167.21°	1.54┐-168.17°	2.07┐136.74°	0.27┐170.08°	1.26┐-2.08°	0.0┐-0.0°	2.08┐-14.42°	2.01┐24.36°	2.46┐-47.31°
87	0.03┐-154.41°	0.03┐85.59°	0.03┐-34.41°	0.35┐167.40°	1.11┐-137.62°	1.28┐129.66°	0.48┐-0.89°	0.52┐0.84°	0.0┐-0.0°	1.32┐-4.77°	0.31┐-8.54°	0.35┐-16.75°
88	5.43┐-175.88°	5.43┐64.12°	5.43┐-55.88°	9.05┐-178.95°	4.23┐-173.73°	4.39┐163.19°	2.22┐-174.96°	3.21┐3.48°	0.0┐-0.0°	4.69┐-3.62°	7.64┐38.58°	8.09┐-34.77°
89	6.23┐176.04°	6.23┐56.04°	6.23┐-63.96°	10.09┐170.55°	4.32┐172.42°	4.87┐151.75°	2.62┐175.29°	3.62┐-3.41°	0.0┐-0.0°	4.97┐-15.37°	8.27┐29.39°	9.32┐-46.07°
90	3.24┐178.48°	3.24┐58.48°	3.24┐-61.52°	5.33┐172.57°	2.59┐-176.89°	3.03┐148.37°	1.12┐177.81°	2.12┐-1.16°	0.0┐-0.0°	3.15┐-12.08°	4.35┐30.76°	4.94┐-43.37°
91	4.45┐177.65°	4.45┐57.65°	4.45┐-62.35°	7.19┐171.96°	3.23┐177.96°	3.72┐150.20°	1.72┐176.97°	2.72┐-1.92°	0.0┐-0.0°	3.83┐-13.51°	5.89┐30.84°	6.66┐-44.65°
92	13.66┐170.60°	13.66┐50.60°	13.66┐-69.40°	21.24┐164.33°	8.15┐157.84°	8.95┐147.51°	6.34┐169.86°	7.32┐-8.76°	0.0┐-0.0°	8.89┐-24.60°	17.28┐24.92°	19.94┐-53.68°
93	2.94┐179.52°	2.94┐59.52°	2.94┐-60.48°	4.72┐170.95°	2.27┐-179.12°	2.83┐143.17°	0.97┐179.27°	1.97┐-0.36°	0.0┐-0.0°	2.88┐-15.59°	3.72┐30.09°	4.52┐-45.35°
94	0.40┐177.20°	0.40┐57.20°	0.40┐-62.80°	0.96┐173.59°	1.30┐-145.43°	1.46┐137.12°	0.30┐1.87°	0.70┐-0.80°	0.0┐-0.0°	1.57┐-4.05°	0.82┐18.96°	0.85┐-30.11°
95	0.61┐173.08°	0.61┐53.08°	0.61┐-66.92°	1.38┐173.96°	1.48┐-149.77°	1.62┐142.49°	0.20┐10.44°	0.80┐-2.61°	0.0┐-0.0°	1.78┐-3.07°	1.21┐21.10°	1.17┐-31.26°
96	0.43┐171.18°	0.43┐51.18°	0.43┐-68.82°	1.09┐172.55°	1.39┐-147.30°	1.53┐139.90°	0.29┐6.61°	0.71┐-2.66°	0.0┐-0.0°	1.67┐-3.33°	0.96┐16.94°	0.93┐-29.65°
97	0.12┐179.10°	0.12┐59.10°	0.12┐-60.90°	0.51┐176.33°	1.21┐-138.38°	1.30┐134.24°	0.44┐0.12°	0.56┐-0.09°	0.0┐-0.0°	1.40┐-2.07°	0.46┐10.00°	0.46┐-15.04°
98	0.17┐-6.93°	0.17┐-126.93°	0.17┐113.07°	0.05┐-28.66°	1.06┐-127.00°	1.09┐125.62°	0.58┐-1.00°	0.42┐1.41°	0.0┐-0.0°	1.14┐-0.90°	0.13┐-79.33°	0.17┐69.60°
99	0.05┐-16.87°	0.05┐-136.87°	0.05┐103.13°	0.23┐174.33°	1.13┐-134.60°	1.22┐130.34°	0.52┐-0.78°	0.48┐0.86°	0.0┐-0.0°	1.29┐-2.48°	0.25┐-14.54°	0.27┐4.02°
100	0.22┐-11.88°	0.22┐-131.88°	0.22┐108.12°	0.18┐-17.56°	1.02┐-123.12°	1.04┐122.29°	0.61┐-2.15°	0.39┐3.34°	0.0┐-0.0°	1.06┐-0.66°	0.19┐-123.09°	0.22┐95.83°
101	0.19┐-11.80°	0.19┐-131.80°	0.19┐108.20°	0.12┐-23.01°	1.03┐-124.76°	1.06┐123.75°	0.59┐-1.90°	0.41┐2.79°	0.0┐-0.0°	1.09┐-0.72°	0.14┐-109.84°	0.19┐84.18°
102	0.38┐-179.67°	0.38┐60.33°	0.38┐-59.67°	0.92┐178.97°	1.32┐-142.32°	1.40┐138.54°	0.31┐-0.21°	0.69┐0.09°	0.0┐-0.0°	1.54┐-1.57°	0.79┐24.64°	0.80┐-24.85°
103	0.92┐179.14°	0.92┐59.14°	0.92┐-60.86°	1.72┐168.21°	1.36┐-159.68°	1.79┐135.43°	0.04┐10.31°	0.96┐-0.41°	0.0┐-0.0°	1.82┐-11.65°	1.33┐21.23°	1.65┐-42.75°
104	1.05┐178.94°	1.05┐58.94°	1.05┐-61.06°	1.98┐174.90°	1.58┐-155.64°	1.80┐143.05°	0.03┐159.31°	1.03┐-0.54°	0.0┐-0.0°	1.94┐-5.51°	1.65┐27.92°	1.77┐-36.41°
105	0.88┐179.18°	0.88┐59.18°	0.88┐-60.82°	1.69┐174.16°	1.47┐-153.72°	1.71┐140.77°	0.06┐5.78°	0.94┐-0.38°	0.0┐-0.0°	1.83┐-5.90°	1.39┐26.28°	1.52┐-36.25°
106	0.74┐178.91°	0.74┐58.91°	0.74┐-61.09°	1.52┐173.92°	1.45┐-152.44°	1.67┐140.35°	0.13┐3.15°	0.87┐-0.46°	0.0┐-0.0°	1.79┐-5.54°	1.26┐24.10°	1.36┐-34.62°
107	0.91┐178.75°	0.91┐58.75°	0.91┐-61.25°	1.81┐173.12°	1.53┐-156.26°	1.79┐141.36°	0.04┐12.86°	0.96┐-0.59°	0.0┐-0.0°	1.91┐-6.73°	1.48┐24.34°	1.64┐-36.41°
108	2.44┐-178.10°	2.44┐61.90°	2.44┐-58.10°	3.59┐-178.57°	1.85┐-155.13°	1.93┐150.33°	0.72┐-176.78°	1.72┐1.35°	0.0┐-0.0°	2.17┐-1.46°	3.17┐43.91°	3.16┐-40.03°
109	0.70┐-168.14°	0.70┐71.86°	0.70┐-48.14°	0.72┐-165.76°	1.00┐-121.95°	1.03┐121.14°	0.17┐-24.97°	0.85┐4.90°	0.0┐-0.0°	1.03┐-0.71°	0.74┐71.89°	0.69┐-45.66°
110	1.93┐179.09°	1.93┐59.09°	1.93┐-60.91°	3.25┐170.90°	1.83┐-170.59°	2.30┐141.53°	0.46┐178.11°	1.46┐-0.60°	0.0┐-0.0°	2.37┐-12.82°	2.57┐28.13°	3.07┐-43.85°
111	0.93┐-167.69°	0.93┐72.31°	0.93┐-47.69°	1.25┐-169.58°	1.19┐-135.19°	1.23┐133.60°	0.11┐-64.69°	0.96┐5.92°	0.0┐-0.0°	1.34┐-0.60°	1.10┐56.84°	1.15┐-34.49°
112	1.77┐-179.70°	1.77┐60.30°	1.77┐-59.70°	2.89┐170.19°	1.63┐-169.90°	2.16┐137.91°	0.39┐-179.32°	1.39┐0.19°	0.0┐-0.0°	2.18┐-14.48°	2.23┐28.74°	2.81┐-45.35°
113	2.88┐-177.52°	2.88┐62.48°	2.88┐-57.52°	4.46┐-178.92°	2.24┐-161.36°	2.35┐154.44°	0.94┐-176.21°	1.94┐1.84°	0.0┐-0.0°	2.61┐-2.25°	3.86┐41.41°	3.95┐-37.89°
114	2.61┐179.01°	2.61┐59.01°	2.61┐-60.99°	4.22┐169.72°	2.08┐-178.52°	2.67┐141.10°	0.80┐178.39°	1.80┐-0.72°	0.0┐-0.0°	2.70┐-16.37°	3.30┐28.60°	4.07┐-46.23°

Annexe D : Résultats détaillés des puissances

D.1 : Les puissances injectées dans les lignes

ad	ai	aj	Td=1			Td=2			Td=3			Td=4		
			S1	S2	S0	S1	S2	S0	S1	S2	S0	S1	S2	S0
1	0	1	0.82┐-53.76°	0.0┐-0.0°	0.0┐-0.0°	6.30┐-87.07°	2.78┐90.84°	0.70┐92.94°	4.89┐-85.04°	4.21┐-90.81°	0.0┐-0.0°	3.51┐-84.05°	2.84┐-92.40°	0.69┐-85.44°
2	0	5	1.24┐-90.71°	0.0┐-0.0°	0.0┐-0.0°	5.99┐-89.54°	2.34┐93.23°	2.69┐88.48°	4.78┐-89.01°	3.55┐-88.42°	0.0┐-0.0°	3.63┐-90.25°	2.39┐-90.01°	2.66┐-89.90°
3	0	11	2.13┐-97.10°	0.0┐-0.0°	0.0┐-0.0°	4.05┐-90.84°	0.96┐98.50°	0.51┐87.75°	3.56┐-91.46°	1.45┐-83.15°	0.0┐-0.0°	3.10┐-93.22°	0.98┐-84.74°	0.51┐-90.63°

4	0	15	1.09└-102.21°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	4.82└-91.00°	1.85└94.68°	2.32└97.53°	3.86└-91.21°	2.81└-86.98°	0.0└-0.0°	2.96└-93.53°	1.89└-88.56°	2.30└-80.85°
5	0	17	8.00└-90.46°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	9.34└-88.64°	0.67└104.53°	0.19└81.61°	9.00└-88.96°	1.02└-77.12°	0.0└-0.0°	8.68└-89.53°	0.68└-78.70°	0.19└-96.77°
6	0	19	3.34└-90.99°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	3.78└-89.57°	0.22└103.49°	0.12└80.76°	3.67└-89.83°	0.34└-78.16°	0.0└-0.0°	3.56└-90.28°	0.23└-79.75°	0.12└-97.62°
7	0	22	6.14└-90.04°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	6.81└-88.69°	0.34└105.98°	0.08└80.83°	6.64└-88.94°	0.51└-75.67°	0.0└-0.0°	6.48└-89.37°	0.35└-77.26°	0.08└-97.55°
8	0	52	9.47└-89.39°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	10.56└-87.76°	0.56└108.57°	0.14└85.87°	10.28└-88.07°	0.84└-73.08°	0.0└-0.0°	10.02└-88.57°	0.57└-74.67°	0.13└-92.51°
9	0	80	8.72└-90.10°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	8.97└-89.52°	0.13└112.53°	0.01└73.31°	8.91└-89.65°	0.20└-69.12°	0.0└-0.0°	8.85└-89.82°	0.13└-70.71°	0.01└-105.07°
10	0	83	10.64└-88.49°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	10.95└-87.90°	0.16└113.93°	0.01└74.15°	10.87└-88.03°	0.25└-67.72°	0.0└-0.0°	10.79└-88.20°	0.17└-69.31°	0.01└-104.23°
11	0	98	3.97└-90.92°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	4.22└-89.94°	0.13└107.33°	0.04└77.43°	4.16└-90.14°	0.20└-74.32°	0.0└-0.0°	4.10└-90.44°	0.13└-75.91°	0.04└-100.95°
12	0	100	4.66└-90.02°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	4.89└-89.22°	0.12└109.20°	0.04└76.56°	4.83└-89.39°	0.18└-72.45°	0.0└-0.0°	4.78└-89.63°	0.12└-74.04°	0.04└-101.82°
13	0	101	10.11└-89.35°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	10.78└-88.44°	0.34└107.50°	0.09└75.98°	10.61└-88.62°	0.51└-74.15°	0.0└-0.0°	10.45└-88.90°	0.34└-75.74°	0.09└-102.40°
14	0	109	10.54└-87.90°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	10.91└-87.37°	0.19└109.73°	0.04└76.45°	10.82└-87.48°	0.29└-71.92°	0.0└-0.0°	10.73└-87.64°	0.20└-73.51°	0.04└-101.93°
15	0	111	9.82└-88.64°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	9.94└-88.37°	0.06└116.01°	0.00└52.00°	9.91└-88.43°	0.09└-65.64°	0.0└-0.0°	9.88└-88.51°	0.06└-67.23°	0.00└-126.38°
16	2	1	0.55└154.39°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.14└126.63°	0.21└165.75°	0.79└94.26°	0.24└141.41°	0.32└-15.90°	0.0└-0.0°	0.34└149.21°	0.22└-17.49°	0.78└-84.12°
17	1	2	0.56└-23.40°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.25└-6.17°	0.16└-34.40°	0.80└-87.43°	0.33└-14.07°	0.24└143.95°	0.0└-0.0°	0.40└-17.69°	0.16└142.37°	0.79└94.19°
18	6	1	0.44└-157.91°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.02└-179.94°	0.21└-154.61°	0.60└96.21°	0.12└-162.14°	0.32└23.74°	0.0└-0.0°	0.23└-157.96°	0.21└22.15°	0.59└-82.17°
19	1	6	0.47└24.19°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.29└26.21°	0.09└23.52°	0.61└-87.17°	0.33└25.15°	0.14└-158.13°	0.0└-0.0°	0.38└25.15°	0.09└-159.72°	0.60└94.45°
20	2	6	0.40└81.50°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.21└57.10°	0.11└106.96°	0.07└-96.78°	0.26└66.17°	0.17└-74.69°	0.0└-0.0°	0.30└73.28°	0.11└-76.27°	0.07└84.84°
21	6	2	0.38└-96.41°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.12└-41.13°	0.16└-111.26°	0.06└126.78°	0.16└-70.95°	0.25└67.09°	0.0└-0.0°	0.23└-83.54°	0.17└65.51°	0.06└-51.60°
22	5	3	7.76└-83.45°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	2.53└-80.81°	2.58└-82.27°	2.19└-84.37°	3.85└-82.98°	3.91└96.08°	0.0└-0.0°	5.13└-82.40°	2.63└94.50°	2.17└97.25°
23	3	5	7.77└96.48°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	2.60└97.16°	2.55└98.60°	2.16└96.60°	3.91└96.01°	3.86└-83.06°	0.0└-0.0°	5.17└97.04°	2.60└-84.64°	2.14└-81.78°
24	5	4	0.92└136.96°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.31└131.62°	0.31└142.06°	0.60└-118.26°	0.46└133.52°	0.46└-39.59°	0.0└-0.0°	0.61└136.01°	0.31└-41.18°	0.60└63.36°
25	4	5	0.92└-41.99°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.31└-33.44°	0.31└-43.78°	0.58└62.58°	0.46└-38.54°	0.46└134.57°	0.0└-0.0°	0.61└-39.43°	0.31└132.98°	0.58└-115.80°
26	4	7	0.20└84.83°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.20└43.99°	0.07└153.64°	0.33└113.65°	0.19└54.40°	0.10└-28.01°	0.0└-0.0°	0.19└64.76°	0.07└-29.60°	0.32└-64.73°
27	7	4	0.18└-74.18°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.16└5.03°	0.10└-117.87°	0.33└-82.47°	0.13└-14.09°	0.16└60.48°	0.0└-0.0°	0.13└-37.14°	0.11└58.89°	0.33└99.15°
28	15	16	5.61└-86.90°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	1.84└-84.37°	1.86└-85.67°	2.33└-82.55°	2.80└-86.48°	2.81└92.68°	0.0└-0.0°	3.72└-85.88°	1.90└91.09°	2.30└99.07°
29	16	15	5.61└92.99°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	1.87└93.77°	1.85└95.06°	2.32└97.85°	2.82└92.56°	2.80└-86.59°	0.0└-0.0°	3.73└93.57°	1.89└-88.18°	2.30└-80.53°
30	16	3	5.61└-86.93°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	1.84└-84.35°	1.86└-85.73°	2.33└-82.36°	2.80└-86.48°	2.82└92.61°	0.0└-0.0°	3.72└-85.89°	1.90└91.03°	2.31└99.26°
31	3	16	5.61└93.02°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	1.87└93.75°	1.85└95.13°	2.32└98.30°	2.82└92.57°	2.80└-86.52°	0.0└-0.0°	3.73└93.60°	1.88└-88.11°	2.30└-80.08°
32	16	14	0.00└13.19°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.01└24.83°	0.00└-151.13°	0.00└-162.92°	0.01└25.06°	0.01└27.22°	0.0└-0.0°	0.01└22.98°	0.00└25.63°	0.00└18.70°
33	14	16	0.00└13.19°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.01└24.83°	0.00└-151.13°	0.00└-137.38°	0.01└25.06°	0.01└27.22°	0.0└-0.0°	0.01└22.98°	0.00└25.63°	0.00└44.24°
34	8	4	0.98└-98.90°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.27└-59.94°	0.39└-108.82°	0.16└-105.06°	0.42└-82.56°	0.59└69.53°	0.0└-0.0°	0.60└-90.25°	0.40└67.94°	0.16└76.56°
35	4	8	1.05└75.64°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.50└59.38°	0.29└91.71°	0.14└123.74°	0.63└65.66°	0.44└-89.94°	0.0└-0.0°	0.76└70.69°	0.30└-91.53°	0.14└-54.64°
36	10	7	1.40└-89.04°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.42└-67.08°	0.50└-95.51°	0.23└-80.17°	0.65└-79.60°	0.76└82.84°	0.0└-0.0°	0.90└-83.52°	0.51└81.25°	0.23└101.45°
37	7	10	1.44└87.10°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.57└74.33°	0.44└97.65°	0.24└116.79°	0.79└79.57°	0.67└-84.00°	0.0└-0.0°	1.00└83.81°	0.45└-85.59°	0.23└-61.59°
38	10	11	1.47└84.99°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.64└67.44°	0.43└100.22°	0.12└81.23°	0.84└74.52°	0.65└-81.43°	0.0└-0.0°	1.04└79.94°	0.44└-83.01°	0.12└-97.15°
39	11	10	1.37└-85.42°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.43└-52.04°	0.51└-96.24°	0.17└-121.59°	0.64└-70.22°	0.78└82.11°	0.0└-0.0°	0.88└-77.09°	0.52└80.52°	0.17└60.03°
40	7	6	1.22└-90.58°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.36└-64.26°	0.45└-98.34°	0.07└88.28°	0.56└-79.21°	0.68└80.01°	0.0└-0.0°	0.77└-84.14°	0.46└78.43°	0.07└-90.10°
41	6	7	1.25└87.02°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.51└71.93°	0.38└99.53°	0.13└-128.01°	0.70└78.13°	0.57└-82.12°	0.0└-0.0°	0.87└82.94°	0.39└-83.70°	0.12└53.61°
42	11	42	1.50└-70.87°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.51└-48.42°	0.52└-79.14°	0.39└-83.47°	0.74└-60.44°	0.78└99.21°	0.0└-0.0°	0.99└-64.78°	0.53└97.63°	0.39└98.15°
43	42	11	1.51└101.54°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.57└85.04°	0.48└113.53°	0.38└106.38°	0.80└92.16°	0.73└-68.12°	0.0└-0.0°	1.03└97.37°	0.49└-69.70°	0.38└-72.00°
44	6	3	0.79└-55.53°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.37└-17.30°	0.27└-78.34°	0.61└-79.66°	0.45└-33.58°	0.41└100.00°	0.0└-0.0°	0.55└-43.01°	0.27└98.42°	0.61└101.96°
45	3	6	0.79└122.45°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.32└79.45°	0.29└146.31°	0.60└116.02°	0.41└98.37°	0.45└-35.34°	0.0└-0.0°	0.52└110.70°	0.30└-36.92°	0.59└-62.36°
46	9	2	0.77└125.60°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.28└110.13°	0.25└136.55°	0.73└96.13°	0.40└116.87°	0.38└-45.11°	0.0└-0.0°	0.52└121.83°	0.26└-46.69°	0.72└-82.25°
47	2	9	0.76└-53.56°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.25└-32.91°	0.26└-60.78°	0.75└-86.56°	0.38└-44.15°	0.40└117.57°	0.0└-0.0°	0.50└-48.00°	0.27└115.98°	0.74└95.06°

48	9	3	0.76┐53.34°	0.0┐-0.0°	0.0┐-0.0°	0.29┐-14.11°	0.28┐-69.48°	0.78┐-84.46°	0.38┐-33.37°	0.42┐108.87°	0.0┐-0.0°	0.50┐-42.41°	0.29┐107.28°	0.78┐97.16°
49	3	9	0.77┐125.94°	0.0┐-0.0°	0.0┐-0.0°	0.33┐95.66°	0.25┐147.40°	0.71┐104.84°	0.43┐108.41°	0.38┐-34.25°	0.0┐-0.0°	0.53┐117.22°	0.26┐-35.84°	0.70┐-73.54°
50	10	13	0.20┐22.52°	0.0┐-0.0°	0.0┐-0.0°	0.56┐26.35°	0.18┐-149.07°	0.15┐159.93°	0.47┐26.40°	0.27┐29.28°	0.0┐-0.0°	0.38┐24.98°	0.18┐27.70°	0.15┐-18.45°
51	13	10	0.20┐22.52°	0.0┐-0.0°	0.0┐-0.0°	0.56┐26.35°	0.18┐-149.07°	0.05┐-93.68°	0.47┐26.40°	0.27┐29.28°	0.0┐-0.0°	0.38┐24.98°	0.18┐27.70°	0.05┐87.94°
52	17	21	1.44┐-69.24°	0.0┐-0.0°	0.0┐-0.0°	0.48┐-61.00°	0.48┐-70.81°	0.13┐-84.40°	0.72┐-65.99°	0.73┐107.54°	0.0┐-0.0°	0.95┐-66.79°	0.49┐105.95°	0.13┐97.22°
53	21	17	1.45┐105.71°	0.0┐-0.0°	0.0┐-0.0°	0.49┐101.02°	0.48┐110.56°	0.13┐97.96°	0.73┐102.57°	0.72┐-71.09°	0.0┐-0.0°	0.97┐104.90°	0.48┐-72.68°	0.13┐-80.42°
54	17	21	1.26┐-68.67°	0.0┐-0.0°	0.0┐-0.0°	0.42┐-58.46°	0.42┐-71.19°	0.12┐-84.90°	0.63┐-64.44°	0.64┐107.16°	0.0┐-0.0°	0.84┐-65.72°	0.43┐105.57°	0.11┐96.72°
55	21	17	1.28┐104.78°	0.0┐-0.0°	0.0┐-0.0°	0.44┐98.32°	0.42┐110.57°	0.11┐98.16°	0.65┐100.75°	0.63┐-71.08°	0.0┐-0.0°	0.85┐103.50°	0.43┐-72.67°	0.11┐-80.22°
56	17	72	0.23┐78.65°	0.0┐-0.0°	0.0┐-0.0°	0.22┐42.47°	0.07┐146.95°	0.02┐-178.08°	0.22┐51.92°	0.11┐-34.70°	0.0┐-0.0°	0.21┐61.13°	0.07┐-36.29°	0.02┐3.54°
57	72	17	0.32┐-12.14°	0.0┐-0.0°	0.0┐-0.0°	0.26┐11.58°	0.07┐-59.88°	0.01┐-19.19°	0.27┐4.44°	0.10┐118.47°	0.0┐-0.0°	0.29┐-1.46°	0.07┐116.88°	0.01┐162.43°
58	17	27	0.35┐87.81°	0.0┐-0.0°	0.0┐-0.0°	0.26┐78.67°	0.05┐114.04°	0.03┐102.36°	0.28┐81.35°	0.08┐-67.61°	0.0┐-0.0°	0.30┐84.01°	0.05┐-69.20°	0.03┐-76.02°
59	27	17	0.12┐-9.91°	0.0┐-0.0°	0.0┐-0.0°	0.16┐56.35°	0.08┐-77.11°	0.04┐-90.50°	0.13┐44.92°	0.12┐101.24°	0.0┐-0.0°	0.12┐28.79°	0.08┐99.65°	0.04┐91.12°
60	17	31	0.78┐-70.91°	0.0┐-0.0°	0.0┐-0.0°	0.22┐-45.17°	0.29┐-77.78°	0.08┐-97.18°	0.35┐-60.20°	0.44┐100.57°	0.0┐-0.0°	0.49┐-64.82°	0.30┐98.99°	0.08┐84.44°
61	31	17	0.93┐96.01°	0.0┐-0.0°	0.0┐-0.0°	0.39┐86.68°	0.27┐105.08°	0.07┐88.22°	0.53┐90.24°	0.41┐-76.57°	0.0┐-0.0°	0.66┐93.56°	0.28┐-78.16°	0.07┐-90.16°
62	31	28	0.49┐93.93°	0.0┐-0.0°	0.0┐-0.0°	0.27┐89.29°	0.11┐101.74°	0.04┐90.52°	0.32┐90.66°	0.17┐-79.91°	0.0┐-0.0°	0.38┐92.53°	0.12┐-81.50°	0.04┐-87.86°
63	28	31	0.27┐-71.31°	0.0┐-0.0°	0.0┐-0.0°	0.05┐21.19°	0.14┐-80.01°	0.05┐-93.79°	0.08┐-41.95°	0.21┐98.34°	0.0┐-0.0°	0.14┐-59.10°	0.14┐96.75°	0.05┐87.83°
64	17	64	0.71┐96.01°	0.0┐-0.0°	0.0┐-0.0°	0.32┐69.09°	0.22┐117.71°	0.05┐110.56°	0.41┐80.00°	0.33┐-63.94°	0.0┐-0.0°	0.50┐87.89°	0.22┐-65.53°	0.05┐-67.82°
65	64	17	0.70┐-50.83°	0.0┐-0.0°	0.0┐-0.0°	0.32┐-19.28°	0.23┐-69.37°	0.05┐-83.23°	0.39┐-33.33°	0.34┐108.98°	0.0┐-0.0°	0.49┐-40.76°	0.23┐107.39°	0.05┐98.39°
66	21	44	2.57┐-67.38°	0.0┐-0.0°	0.0┐-0.0°	0.87┐-52.88°	0.86┐-72.07°	0.25┐-84.36°	1.28┐-60.96°	1.30┐106.28°	0.0┐-0.0°	1.71┐-63.32°	0.88┐104.69°	0.24┐97.26°
67	44	21	2.60┐104.33°	0.0┐-0.0°	0.0┐-0.0°	0.91┐93.90°	0.84┐112.32°	0.24┐105.23°	1.33┐98.27°	1.28┐-69.33°	0.0┐-0.0°	1.74┐101.98°	0.86┐-70.92°	0.24┐-73.15°
68	60	31	1.60┐100.15°	0.0┐-0.0°	0.0┐-0.0°	0.57┐95.65°	0.51┐105.12°	0.15┐94.51°	0.84┐97.09°	0.77┐-76.53°	0.0┐-0.0°	1.08┐99.32°	0.52┐-78.12°	0.15┐-83.87°
69	31	60	1.51┐-74.57°	0.0┐-0.0°	0.0┐-0.0°	0.47┐-64.93°	0.52┐-76.37°	0.15┐-88.41°	0.73┐-70.85°	0.79┐101.98°	0.0┐-0.0°	0.99┐-71.86°	0.53┐100.39°	0.15┐93.21°
70	21	60	1.12┐-72.09°	0.0┐-0.0°	0.0┐-0.0°	0.37┐-61.15°	0.37┐-74.87°	0.11┐-90.50°	0.55┐-67.54°	0.57┐103.48°	0.0┐-0.0°	0.74┐-68.97°	0.38┐101.89°	0.10┐91.12°
71	60	21	1.14┐101.23°	0.0┐-0.0°	0.0┐-0.0°	0.39┐94.45°	0.37┐107.27°	0.10┐93.48°	0.58┐97.04°	0.56┐-74.38°	0.0┐-0.0°	0.76┐99.85°	0.38┐-75.97°	0.10┐-84.90°
72	60	44	3.37┐-73.58°	0.0┐-0.0°	0.0┐-0.0°	1.10┐-65.18°	1.13┐-75.14°	0.32┐-86.54°	1.67┐-70.28°	1.71┐103.20°	0.0┐-0.0°	2.23┐-71.10°	1.15┐101.62°	0.32┐95.08°
73	44	60	3.41┐102.28°	0.0┐-0.0°	0.0┐-0.0°	1.16┐97.63°	1.11┐107.15°	0.32┐98.60°	1.73┐99.17°	1.68┐-74.50°	0.0┐-0.0°	2.28┐101.48°	1.13┐-76.09°	0.31┐-79.78°
74	58	44	2.50┐-71.25°	0.0┐-0.0°	0.0┐-0.0°	0.82┐-60.63°	0.84┐-73.90°	0.24┐-80.34°	1.24┐-66.85°	1.27┐104.45°	0.0┐-0.0°	1.65┐-68.21°	0.85┐102.86°	0.23┐101.28°
75	44	58	2.53┐103.46°	0.0┐-0.0°	0.0┐-0.0°	0.87┐96.77°	0.82┐109.41°	0.23┐107.47°	1.29┐99.32°	1.24┐-72.24°	0.0┐-0.0°	1.69┐102.12°	0.84┐-73.82°	0.23┐-70.91°
76	72	101	1.02┐91.52°	0.0┐-0.0°	0.0┐-0.0°	0.48┐67.13°	0.31┐112.52°	0.07┐93.21°	0.60┐76.86°	0.46┐-69.13°	0.0┐-0.0°	0.73┐84.06°	0.31┐-70.72°	0.07┐-85.17°
77	101	72	0.95┐-54.00°	0.0┐-0.0°	0.0┐-0.0°	0.42┐-20.20°	0.32┐-72.95°	0.07┐-96.24°	0.53┐-35.35°	0.48┐105.40°	0.0┐-0.0°	0.66┐-43.37°	0.32┐103.81°	0.07┐85.38°
78	72	58	1.51┐-65.73°	0.0┐-0.0°	0.0┐-0.0°	0.53┐-42.54°	0.51┐-74.91°	0.14┐-93.34°	0.76┐-54.67°	0.78┐103.44°	0.0┐-0.0°	1.00┐-59.30°	0.52┐101.86°	0.13┐88.28°
79	58	72	1.57┐98.17°	0.0┐-0.0°	0.0┐-0.0°	0.61┐81.83°	0.50┐110.39°	0.13┐98.00°	0.85┐88.80°	0.75┐-71.26°	0.0┐-0.0°	1.08┐93.96°	0.51┐-72.85°	0.13┐-80.38°
80	58	75	1.04┐97.83°	0.0┐-0.0°	0.0┐-0.0°	0.42┐78.30°	0.33┐112.52°	0.08┐107.59°	0.57┐86.59°	0.49┐-69.13°	0.0┐-0.0°	0.72┐92.56°	0.33┐-70.72°	0.08┐-70.79°
81	75	58	1.00┐-63.21°	0.0┐-0.0°	0.0┐-0.0°	0.37┐-36.25°	0.34┐-74.85°	0.09┐-89.95°	0.51┐-49.85°	0.52┐103.50°	0.0┐-0.0°	0.67┐-55.57°	0.35┐101.91°	0.08┐91.67°
82	75	107	1.07┐94.70°	0.0┐-0.0°	0.0┐-0.0°	0.46┐72.49°	0.33┐112.38°	0.08┐99.44°	0.61┐81.67°	0.49┐-69.27°	0.0┐-0.0°	0.75┐88.32°	0.33┐-70.86°	0.08┐-78.94°
83	107	75	1.00┐-59.14°	0.0┐-0.0°	0.0┐-0.0°	0.40┐-28.16°	0.34┐-74.21°	0.08┐-95.40°	0.53┐-42.97°	0.51┐104.14°	0.0┐-0.0°	0.68┐-49.96°	0.35┐102.55°	0.08┐86.22°
84	75	74	0.01┐32.20°	0.0┐-0.0°	0.0┐-0.0°	0.01┐33.87°	0.00┐-136.16°	0.00┐-175.41°	0.01┐33.62°	0.00┐42.19°	0.0┐-0.0°	0.01┐33.05°	0.00┐40.60°	0.00┐6.21°
85	74	75	0.01┐32.20°	0.0┐-0.0°	0.0┐-0.0°	0.01┐33.87°	0.00┐-136.16°	0.00┐-131.62°	0.01┐33.62°	0.00┐42.19°	0.0┐-0.0°	0.01┐33.05°	0.00┐40.60°	0.00┐50.00°
86	44	42	2.51┐-66.69°	0.0┐-0.0°	0.0┐-0.0°	0.85┐-51.30°	0.84┐-71.85°	0.25┐-77.22°	1.26┐-59.80°	1.27┐106.50°	0.0┐-0.0°	1.67┐-62.39°	0.86┐104.91°	0.25┐104.40°
87	42	44	2.50┐107.51°	0.0┐-0.0°	0.0┐-0.0°	0.87┐95.83°	0.82┐116.09°	0.25┐121.89°	1.28┐100.83°	1.24┐-65.56°	0.0┐-0.0°	1.68┐104.85°	0.83┐-67.15°	0.25┐-56.49°
88	44	42	2.65┐-70.42°	0.0┐-0.0°	0.0┐-0.0°	0.88┐-55.97°	0.89┐-74.91°	0.27┐-79.93°	1.31┐-64.10°	1.35┐103.44°	0.0┐-0.0°	1.75┐-66.41°	0.91┐101.86°	0.27┐101.69°
89	42	44	2.66┐104.30°	0.0┐-0.0°	0.0┐-0.0°	0.94┐94.09°	0.86┐112.20°	0.26┐117.53°	1.37┐98.35°	1.31┐-69.45°	0.0┐-0.0°	1.79┐102.00°	0.88┐-71.04°	0.26┐-60.85°
90	42	48	3.53┐101.73°	0.0┐-0.0°	0.0┐-0.0°	1.25┐97.64°	1.12┐106.44°	0.34┐110.54°	1.83┐98.88°	1.70┐-75.21°	0.0┐-0.0°	2.38┐101.02°	1.15┐-76.80°	0.33┐-67.84°
91	48	42	3.45┐-75.68°	0.0┐-0.0°	0.0┐-0.0°	1.07┐-67.13°	1.18┐-77.03°	0.37┐-79.00°	1.67┐-72.46°	1.79┐101.32°	0.0┐-0.0°	2.25┐-73.23°	1.20┐99.73°	0.36┐102.62°

92	48	44	3.53 $\angle$ 102.21°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	1.19 $\angle$ 101.97°	1.15 $\angle$ 104.80°	0.33 $\angle$ 98.49°	1.78 $\angle$ 101.29°	1.74 $\angle$ -76.85°	0.0 $\angle$ -0.0°	2.35 $\angle$ 102.53°	1.17 $\angle$ -78.44°	0.33 $\angle$ -79.89°
93	44	48	3.49 $\angle$ -76.78°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	1.13 $\angle$ -73.12°	1.17 $\angle$ -76.07°	0.34 $\angle$ -83.76°	1.73 $\angle$ -75.82°	1.77 $\angle$ 102.28°	0.0 $\angle$ -0.0°	2.31 $\angle$ -75.48°	1.19 $\angle$ 100.69°	0.34 $\angle$ 97.86°
94	107	101	0.68 $\angle$ 64.19°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.55 $\angle$ 41.57°	0.13 $\angle$ 117.64°	0.04 $\angle$ 97.91°	0.58 $\angle$ 48.10°	0.20 $\angle$ -64.02°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.60 $\angle$ 54.11°	0.14 $\angle$ -65.60°	0.04 $\angle$ -80.46°
95	101	107	0.58 $\angle$ -20.38°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.51 $\angle$ 11.11°	0.15 $\angle$ -79.21°	0.04 $\angle$ -107.13°	0.51 $\angle$ 2.43°	0.23 $\angle$ 99.14°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.53 $\angle$ -5.54°	0.15 $\angle$ 97.55°	0.04 $\angle$ 74.49°
96	64	97	0.75 $\angle$ 97.28°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.32 $\angle$ 73.02°	0.23 $\angle$ 115.90°	0.04 $\angle$ 96.20°	0.42 $\angle$ 83.13°	0.35 $\angle$ -65.75°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.52 $\angle$ 90.32°	0.24 $\angle$ -67.34°	0.04 $\angle$ -82.18°
97	97	64	0.73 $\angle$ -52.80°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.31 $\angle$ -23.83°	0.24 $\angle$ -68.39°	0.05 $\angle$ -91.22°	0.40 $\angle$ -37.30°	0.36 $\angle$ 109.96°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.51 $\angle$ -43.89°	0.24 $\angle$ 108.37°	0.05 $\angle$ 90.40°
98	72	96	0.78 $\angle$ 98.92°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.31 $\angle$ 78.44°	0.25 $\angle$ 113.98°	0.06 $\angle$ 95.88°	0.42 $\angle$ 87.19°	0.37 $\angle$ -67.67°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.53 $\angle$ 93.40°	0.25 $\angle$ -69.26°	0.06 $\angle$ -82.50°
99	96	72	0.76 $\angle$ -58.42°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.29 $\angle$ -32.51°	0.25 $\angle$ -70.45°	0.06 $\angle$ -92.62°	0.40 $\angle$ -45.31°	0.38 $\angle$ 107.89°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.51 $\angle$ -50.86°	0.26 $\angle$ 106.31°	0.06 $\angle$ 89.00°
100	96	98	0.80 $\angle$ 94.82°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.35 $\angle$ 70.63°	0.25 $\angle$ 114.06°	0.05 $\angle$ 91.51°	0.46 $\angle$ 80.58°	0.37 $\angle$ -67.59°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.56 $\angle$ 87.75°	0.25 $\angle$ -69.18°	0.05 $\angle$ -86.87°
101	98	96	0.76 $\angle$ -53.57°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.33 $\angle$ -23.27°	0.25 $\angle$ -70.09°	0.06 $\angle$ -94.58°	0.42 $\angle$ -37.21°	0.38 $\angle$ 108.26°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.53 $\angle$ -44.19°	0.26 $\angle$ 106.67°	0.06 $\angle$ 87.04°
102	96	95	0.02 $\angle$ 25.79°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.02 $\angle$ 27.01°	0.00 $\angle$ -139.81°	0.00 $\angle$ -178.38°	0.02 $\angle$ 26.79°	0.00 $\angle$ 38.54°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.02 $\angle$ 26.40°	0.00 $\angle$ 36.95°	0.00 $\angle$ 3.24°
103	95	96	0.02 $\angle$ 25.79°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.02 $\angle$ 27.01°	0.00 $\angle$ -139.81°	0.00 $\angle$ -149.64°	0.02 $\angle$ 26.79°	0.00 $\angle$ 38.54°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.02 $\angle$ 26.40°	0.00 $\angle$ 36.95°	0.00 $\angle$ 31.98°
104	18	22	0.39 $\angle$ 42.05°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.39 $\angle$ 17.34°	0.08 $\angle$ 122.50°	0.02 $\angle$ 102.95°	0.39 $\angle$ 23.55°	0.13 $\angle$ -59.15°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.38 $\angle$ 29.60°	0.08 $\angle$ -60.74°	0.02 $\angle$ -75.43°
105	22	18	0.47 $\angle$ -26.56°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.42 $\angle$ -5.07°	0.08 $\angle$ -88.60°	0.02 $\angle$ -112.12°	0.43 $\angle$ -10.93°	0.13 $\angle$ 89.75°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.44 $\angle$ -16.26°	0.09 $\angle$ 88.16°	0.02 $\angle$ 69.50°
106	18	37	0.32 $\angle$ 34.39°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.35 $\angle$ 14.65°	0.06 $\angle$ 127.37°	0.02 $\angle$ 109.96°	0.34 $\angle$ 19.44°	0.09 $\angle$ -54.29°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.33 $\angle$ 24.12°	0.06 $\angle$ -55.87°	0.02 $\angle$ -68.42°
107	37	18	0.38 $\angle$ -21.26°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.37 $\angle$ -2.74°	0.06 $\angle$ -93.95°	0.02 $\angle$ -119.03°	0.36 $\angle$ -7.52°	0.09 $\angle$ 84.40°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.37 $\angle$ -12.08°	0.06 $\angle$ 82.81°	0.02 $\angle$ 62.59°
108	37	22	0.25 $\angle$ 45.93°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.23 $\angle$ 19.09°	0.06 $\angle$ 118.58°	0.02 $\angle$ 93.01°	0.23 $\angle$ 26.08°	0.08 $\angle$ -63.07°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.23 $\angle$ 32.82°	0.06 $\angle$ -64.66°	0.02 $\angle$ -85.37°
109	22	37	0.29 $\angle$ -29.92°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.25 $\angle$ -6.63°	0.06 $\angle$ -86.85°	0.02 $\angle$ -112.87°	0.26 $\angle$ -13.20°	0.09 $\angle$ 91.50°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.27 $\angle$ -18.99°	0.06 $\angle$ 89.91°	0.02 $\angle$ 68.75°
110	19	26	0.28 $\angle$ -69.30°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.07 $\angle$ -46.28°	0.10 $\angle$ -74.65°	0.05 $\angle$ -94.96°	0.12 $\angle$ -60.23°	0.16 $\angle$ 103.70°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.17 $\angle$ -64.03°	0.11 $\angle$ 102.11°	0.05 $\angle$ 86.66°
111	26	19	0.34 $\angle$ 99.50°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.14 $\angle$ 92.34°	0.10 $\angle$ 107.02°	0.05 $\angle$ 85.83°	0.19 $\angle$ 94.93°	0.15 $\angle$ -74.63°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.24 $\angle$ 97.70°	0.10 $\angle$ -76.22°	0.05 $\angle$ -92.55°
112	19	26	0.28 $\angle$ -69.30°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.07 $\angle$ -46.28°	0.10 $\angle$ -74.65°	0.05 $\angle$ -94.96°	0.12 $\angle$ -60.23°	0.16 $\angle$ 103.70°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.17 $\angle$ -64.03°	0.11 $\angle$ 102.11°	0.05 $\angle$ 86.66°
113	26	19	0.34 $\angle$ 99.50°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.14 $\angle$ 92.34°	0.10 $\angle$ 107.02°	0.05 $\angle$ 85.83°	0.19 $\angle$ 94.93°	0.15 $\angle$ -74.63°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.24 $\angle$ 97.70°	0.10 $\angle$ -76.22°	0.05 $\angle$ -92.55°
114	19	34	0.06 $\angle$ -75.71°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.04 $\angle$ -31.38°	0.02 $\angle$ -106.77°	0.01 $\angle$ -125.61°	0.04 $\angle$ -48.09°	0.03 $\angle$ 71.58°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.05 $\angle$ -59.64°	0.02 $\angle$ 69.99°	0.01 $\angle$ 56.01°
115	34	19	0.08 $\angle$ 53.98°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.05 $\angle$ 30.16°	0.02 $\angle$ 82.98°	0.01 $\angle$ 58.41°	0.05 $\angle$ 38.57°	0.03 $\angle$ -98.67°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.06 $\angle$ 45.43°	0.02 $\angle$ -100.26°	0.01 $\angle$ -119.97°
116	20	18	0.72 $\angle$ 2.71°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.83 $\angle$ 2.34°	0.06 $\angle$ -177.59°	0.02 $\angle$ 163.28°	0.80 $\angle$ 2.51°	0.08 $\angle$ 0.76°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.77 $\angle$ 2.45°	0.06 $\angle$ -0.83°	0.02 $\angle$ -15.10°
117	18	20	0.74 $\angle$ -2.23°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.84 $\angle$ 0.91°	0.05 $\angle$ -154.71°	0.02 $\angle$ 171.55°	0.81 $\angle$ 0.26°	0.08 $\angle$ 23.64°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.79 $\angle$ -0.60°	0.05 $\angle$ 22.06°	0.02 $\angle$ -6.83°
118	20	24	0.35 $\angle$ 30.82°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.38 $\angle$ 10.33°	0.07 $\angle$ 128.47°	0.02 $\angle$ 113.72°	0.37 $\angle$ 15.19°	0.10 $\angle$ -53.18°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.36 $\angle$ 19.96°	0.07 $\angle$ -54.76°	0.02 $\angle$ -64.66°
119	24	20	0.43 $\angle$ -23.82°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.41 $\angle$ -6.45°	0.06 $\angle$ -95.05°	0.02 $\angle$ -113.93°	0.41 $\angle$ -10.98°	0.10 $\angle$ 83.30°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.42 $\angle$ -15.25°	0.06 $\angle$ 81.71°	0.02 $\angle$ 67.69°
120	20	24	0.34 $\angle$ 32.09°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.37 $\angle$ 10.77°	0.07 $\angle$ 127.64°	0.02 $\angle$ 112.86°	0.36 $\angle$ 15.84°	0.10 $\angle$ -54.01°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.35 $\angle$ 20.83°	0.07 $\angle$ -55.60°	0.02 $\angle$ -65.52°
121	24	20	0.43 $\angle$ -24.60°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.41 $\angle$ -6.74°	0.06 $\angle$ -94.26°	0.02 $\angle$ -113.08°	0.41 $\angle$ -11.43°	0.10 $\angle$ 84.09°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.41 $\angle$ -15.82°	0.07 $\angle$ 82.50°	0.02 $\angle$ 68.54°
122	20	29	0.28 $\angle$ 26.22°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.32 $\angle$ 8.85°	0.05 $\angle$ 133.12°	0.03 $\angle$ 108.55°	0.31 $\angle$ 12.91°	0.07 $\angle$ -48.53°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.30 $\angle$ 16.87°	0.05 $\angle$ -50.11°	0.03 $\angle$ -69.83°
123	29	20	0.35 $\angle$ -20.64°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.35 $\angle$ -5.23°	0.05 $\angle$ -99.01°	0.02 $\angle$ -99.06°	0.34 $\angle$ -9.13°	0.07 $\angle$ 79.34°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.35 $\angle$ -12.91°	0.05 $\angle$ 77.75°	0.02 $\angle$ 82.56°
124	20	35	0.36 $\angle$ 7.30°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.43 $\angle$ 3.43°	0.03 $\angle$ 164.74°	0.02 $\angle$ 133.46°	0.41 $\angle$ 4.39°	0.05 $\angle$ -16.91°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.40 $\angle$ 5.14°	0.03 $\angle$ -18.50°	0.02 $\angle$ -44.92°
125	35	20	0.39 $\angle$ -6.70°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.44 $\angle$ -0.60°	0.03 $\angle$ -135.76°	0.01 $\angle$ -135.92°	0.42 $\angle$ -1.97°	0.05 $\angle$ 42.59°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.41 $\angle$ -3.51°	0.03 $\angle$ 41.01°	0.01 $\angle$ 45.70°
126	35	29	0.40 $\angle$ 6.92°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.46 $\angle$ 3.47°	0.03 $\angle$ 165.83°	0.01 $\angle$ 128.56°	0.44 $\angle$ 4.34°	0.05 $\angle$ -15.82°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.43 $\angle$ 5.00°	0.03 $\angle$ -17.41°	0.01 $\angle$ -49.82°
127	29	35	0.42 $\angle$ -6.01°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.47 $\angle$ -0.29°	0.03 $\angle$ -135.92°	0.01 $\angle$ -131.16°	0.46 $\angle$ -1.57°	0.05 $\angle$ 42.42°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.45 $\angle$ -3.03°	0.03 $\angle$ 40.84°	0.01 $\angle$ 50.46°
128	20	32	0.57 $\angle$ 9.46°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.66 $\angle$ 4.15°	0.05 $\angle$ 158.44°	0.02 $\angle$ 145.28°	0.64 $\angle$ 5.44°	0.08 $\angle$ -23.21°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.61 $\angle$ 6.52°	0.06 $\angle$ -24.80°	0.02 $\angle$ -33.10°
129	32	20	0.62 $\angle$ -8.27°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.68 $\angle$ -1.00°	0.05 $\angle$ -126.70°	0.01 $\angle$ -158.81°	0.66 $\angle$ -2.67°	0.07 $\angle$ 51.65°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.65 $\angle$ -4.49°	0.05 $\angle$ 50.07°	0.01 $\angle$ 22.82°
130	22	32	0.39 $\angle$ -26.15°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.35 $\angle$ -7.72°	0.06 $\angle$ -87.08°	0.02 $\angle$ -110.59°	0.35 $\angle$ -12.78°	0.09 $\angle$ 91.27°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.36 $\angle$ -17.31°	0.06 $\angle$ 89.68°	0.02 $\angle$ 71.03°
131	32	22	0.29 $\angle$ 36.24°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.31 $\angle$ 12.06°	0.06 $\angle$ 125.61°	0.02 $\angle$ 104.74°	0.30 $\angle$ 17.89°	0.10 $\angle$ -56.04°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.29 $\angle$ 23.64°	0.06 $\angle$ -57.63°	0.02 $\angle$ -73.64°
132	22	24	0.34 $\angle$ -39.42°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.26 $\angle$ -14.62°	0.07 $\angle$ -83.09°	0.01 $\angle$ -108.71°	0.27 $\angle$ -22.35°	0.11 $\angle$ 95.26°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.29 $\angle$ -28.53°	0.08 $\angle$ 93.67°	0.01 $\angle$ 72.91°
133	24	22	0.26 $\angle$ 55.27°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.22 $\angle$ 19.91°	0.07 $\angle$ 115.77°	0.01 $\angle$ 97.55°	0.22 $\angle$ 29.77°	0.11 $\angle$ -65.89°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.23 $\angle$ 39.04°	0.08 $\angle$ -67.47°	0.01 $\angle$ -80.83°
134	22	24	0.34 $\angle$ -39.42°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.26 $\angle$ -14.62°	0.07 $\angle$ -83.09°	0.01 $\angle$ -108.71°	0.27 $\angle$ -22.35°	0.11 $\angle$ 95.26°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.29 $\angle$ -28.53°	0.08 $\angle$ 93.67°	0.01 $\angle$ 72.91°
135	24	22	0.26 $\angle$ 55.27°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.22 $\angle$ 19.91°	0.07 $\angle$ 115.77°	0.01 $\angle$ 97.55°	0.22 $\angle$ 29.77°	0.11				

136	33	18	0.22└-21.67°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.21└-5.83°	0.03└-90.89°	0.01└-119.30°	0.21└-10.00°	0.04└87.46°	0.0└-0.0°	0.21└-13.89°	0.03└85.87°	0.01└62.32°
137	18	33	0.16└30.17°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.19└9.81°	0.03└134.10°	0.01└113.20°	0.18└14.51°	0.05└-47.55°	0.0└-0.0°	0.17└19.14°	0.03└-49.14°	0.01└-65.18°
138	32	33	0.25└-19.26°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.24└-5.10°	0.03└-93.47°	0.01└-122.42°	0.24└-8.76°	0.04└84.88°	0.0└-0.0°	0.24└-12.23°	0.03└83.29°	0.01└59.20°
139	33	32	0.19└25.34°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.22└8.25°	0.03└136.36°	0.01└113.11°	0.21└12.19°	0.05└-45.29°	0.0└-0.0°	0.20└16.03°	0.03└-46.88°	0.01└-65.26°
140	26	25	0.13└33.37°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.14└10.99°	0.03└126.40°	0.01└-100.81°	0.14└16.34°	0.04└-55.25°	0.0└-0.0°	0.13└21.62°	0.03└-56.84°	0.01└80.81°
141	25	26	0.17└-25.59°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.16└-7.40°	0.03└-92.12°	0.01└110.84°	0.16└-12.25°	0.04└86.23°	0.0└-0.0°	0.16└-16.73°	0.03└84.64°	0.01└-67.54°
142	24	25	0.19└-22.04°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.18└-5.62°	0.03└-94.62°	0.01└115.71°	0.18└-9.88°	0.04└83.73°	0.0└-0.0°	0.18└-13.91°	0.03└82.14°	0.01└-62.67°
143	25	24	0.15└28.94°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.17└10.05°	0.03└129.06°	0.01└-103.93°	0.16└14.53°	0.04└-52.59°	0.0└-0.0°	0.16└18.91°	0.03└-54.18°	0.01└77.69°
144	26	34	0.12└34.59°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.10└15.02°	0.02└91.81°	0.01└63.47°	0.10└20.50°	0.03└-89.84°	0.0└-0.0°	0.11└25.63°	0.02└-91.43°	0.01└-114.91°
145	34	26	0.09└-44.12°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.09└-11.26°	0.02└-113.16°	0.01└-127.65°	0.08└-19.52°	0.04└65.19°	0.0└-0.0°	0.09└-27.77°	0.03└63.61°	0.01└53.97°
146	29	26	0.16└83.36°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.12└72.23°	0.02└114.40°	0.02└89.81°	0.13└75.52°	0.04└-67.25°	0.0└-0.0°	0.14└78.68°	0.02└-68.84°	0.02└-88.57°
147	26	29	0.07└-7.12°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.08└48.16°	0.03└-78.33°	0.02└-96.41°	0.07└37.36°	0.05└100.02°	0.0└-0.0°	0.07└23.72°	0.04└98.43°	0.02└85.21°
148	29	39	0.20└0.56°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.23└1.90°	0.01└-165.93°	0.00└165.93°	0.23└1.66°	0.02└12.42°	0.0└-0.0°	0.22└1.22°	0.01└10.84°	0.00└-12.45°
149	39	29	0.20└0.56°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.23└1.90°	0.01└-165.93°	0.00└166.01°	0.23└1.66°	0.02└12.42°	0.0└-0.0°	0.22└1.22°	0.01└10.84°	0.00└-12.37°
150	38	34	0.08└1.36°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.09└2.77°	0.01└-164.33°	0.00└171.25°	0.08└2.52°	0.01└14.02°	0.0└-0.0°	0.08└2.06°	0.01└12.43°	0.00└-7.13°
151	34	38	0.08└1.36°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.09└2.77°	0.01└-164.33°	0.00└170.85°	0.08└2.52°	0.01└14.02°	0.0└-0.0°	0.08└2.06°	0.01└12.43°	0.00└-7.53°
152	18	73	0.85└0.58°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.97└1.72°	0.06└-168.00°	0.02└166.34°	0.94└1.54°	0.09└10.35°	0.0└-0.0°	0.91└1.14°	0.06└8.76°	0.02└-12.04°
153	73	18	0.85└-0.34°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.97└1.45°	0.06└-163.25°	0.02└160.65°	0.94└1.11°	0.09└15.09°	0.0└-0.0°	0.91└0.57°	0.06└13.51°	0.02└-17.73°
154	18	73	0.75└0.55°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.86└1.55°	0.05└-169.07°	0.02└164.93°	0.83└1.40°	0.08└9.28°	0.0└-0.0°	0.80└1.03°	0.05└7.70°	0.02└-13.45°
155	73	18	0.75└-0.76°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.86└1.17°	0.05└-162.65°	0.02└161.85°	0.83└0.80°	0.08└15.70°	0.0└-0.0°	0.81└0.23°	0.05└14.11°	0.02└-16.53°
156	62	18	0.48└-0.95°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.55└1.18°	0.03└-161.36°	0.01└165.62°	0.53└0.76°	0.05└16.99°	0.0└-0.0°	0.52└0.14°	0.03└15.40°	0.01└-12.76°
157	18	62	0.48└0.91°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.55└1.71°	0.03└-170.30°	0.02└164.21°	0.53└1.61°	0.05└8.05°	0.0└-0.0°	0.51└1.29°	0.04└6.46°	0.02└-14.17°
158	20	52	0.52└18.49°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.60└7.06°	0.07└139.75°	0.02└132.08°	0.58└9.75°	0.10└-41.90°	0.0└-0.0°	0.56└12.29°	0.07└-43.48°	0.02└-46.30°
159	52	20	0.61└-15.08°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.63└-2.93°	0.07└-106.71°	0.02└-143.44°	0.62└-5.89°	0.10└71.64°	0.0└-0.0°	0.62└-8.87°	0.07└70.05°	0.02└38.18°
160	20	52	0.53└18.40°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.60└7.03°	0.07└139.88°	0.02└132.21°	0.58└9.71°	0.10└-41.77°	0.0└-0.0°	0.56└12.23°	0.07└-43.36°	0.02└-46.17°
161	52	20	0.61└-15.03°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.63└-2.92°	0.07└-106.82°	0.02└-143.56°	0.62└-5.86°	0.10└71.53°	0.0└-0.0°	0.62└-8.84°	0.07└69.94°	0.02└38.06°
162	52	59	0.88└-57.38°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.44└-32.52°	0.26└-75.56°	0.07└-94.89°	0.53└-43.09°	0.39└102.79°	0.0└-0.0°	0.65└-48.88°	0.26└101.20°	0.07└86.73°
163	59	52	0.75└88.63°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.32└51.29°	0.26└113.01°	0.07└98.64°	0.41└67.03°	0.39└-68.64°	0.0└-0.0°	0.51└77.80°	0.26└-70.23°	0.07└-79.74°
164	52	53	0.61└-23.07°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.55└-6.85°	0.09└-82.71°	0.02└-118.54°	0.56└-11.32°	0.13└95.64°	0.0└-0.0°	0.58└-15.29°	0.09└94.05°	0.02└63.08°
165	53	52	0.40└35.70°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.47└10.76°	0.10└136.07°	0.03└114.88°	0.45└16.39°	0.15└-45.58°	0.0└-0.0°	0.43└22.05°	0.10└-47.17°	0.03└-63.50°
166	53	54	0.58└-24.06°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.54└-6.97°	0.09└-88.89°	0.02└-132.95°	0.55└-11.57°	0.13└89.46°	0.0└-0.0°	0.56└-15.76°	0.09└87.87°	0.02└48.67°
167	54	53	0.38└38.28°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.46└10.97°	0.11└139.52°	0.04└122.86°	0.44└16.96°	0.16└-42.13°	0.0└-0.0°	0.41└23.07°	0.11└-43.72°	0.04└-55.52°
168	52	30	0.64└-28.84°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.56└-8.87°	0.11└-83.58°	0.03└-107.58°	0.57└-14.55°	0.17└94.77°	0.0└-0.0°	0.59└-19.48°	0.11└93.18°	0.03└74.04°
169	30	52	0.45└44.73°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.48└14.41°	0.12└128.72°	0.03└119.65°	0.46└21.68°	0.18└-52.93°	0.0└-0.0°	0.44└28.96°	0.12└-54.52°	0.03└-58.73°
170	54	55	0.98└-10.57°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	1.12└-1.44°	0.11└-133.64°	0.05└179.40°	1.08└-3.44°	0.16└44.71°	0.0└-0.0°	1.05└-5.72°	0.11└43.12°	0.05└1.02°
171	55	54	0.75└13.37°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	1.05└4.74°	0.16└166.66°	0.08└149.31°	0.97└6.62°	0.24└-14.99°	0.0└-0.0°	0.90└8.20°	0.16└-16.58°	0.08└-29.07°
172	55	43	1.23└-9.15°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	1.55└-0.84°	0.19└-150.43°	0.10└170.58°	1.46└-2.46°	0.28└27.92°	0.0└-0.0°	1.39└-4.58°	0.19└26.33°	0.10└-7.80°
173	43	55	0.89└9.61°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	1.44└3.49°	0.28└176.19°	0.18└163.18°	1.30└4.81°	0.42└-5.46°	0.0└-0.0°	1.17└5.63°	0.28└-7.04°	0.18└-15.20°
174	73	62	0.34└-1.19°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.39└1.21°	0.02└-159.25°	0.01└164.11°	0.38└0.73°	0.04└19.10°	0.0└-0.0°	0.37└0.04°	0.02└17.51°	0.01└-14.27°
175	62	73	0.34└1.44°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.39└1.97°	0.02└-171.92°	0.01└160.26°	0.37└1.93°	0.04└6.43°	0.0└-0.0°	0.36└1.67°	0.02└4.84°	0.01└-18.12°
176	73	67	1.74└0.31°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	1.98└1.65°	0.12└-166.37°	0.04└160.76°	1.92└1.42°	0.19└11.97°	0.0└-0.0°	1.86└0.98°	0.12└10.39°	0.04└-17.62°
177	67	73	1.75└-0.04°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	1.99└1.55°	0.12└-164.29°	0.04└152.93°	1.93└1.26°	0.18└14.06°	0.0└-0.0°	1.87└0.76°	0.12└12.47°	0.04└-25.45°
178	68	67	0.88└1.06°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	1.01└1.79°	0.06└-170.80°	0.02└150.07°	0.98└1.70°	0.10└7.55°	0.0└-0.0°	0.94└1.40°	0.07└5.96°	0.02└-28.31°
179	67	68	0.90└-1.00°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	1.01└1.19°	0.06└-160.02°	0.02└157.94°	0.98└0.76°	0.09└18.33°	0.0└-0.0°	0.96└0.12°	0.06└16.74°	0.02└-20.44°

180	29	26	0.16 $\angle$ 83.36°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.12 $\angle$ 72.23°	0.02 $\angle$ 114.40°	0.02 $\angle$ 89.81°	0.13 $\angle$ 75.52°	0.04 $\angle$ -67.25°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.14 $\angle$ 78.68°	0.02 $\angle$ -68.84°	0.02 $\angle$ -88.57°
181	26	29	0.07 $\angle$ -7.12°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.08 $\angle$ 48.16°	0.03 $\angle$ -78.33°	0.02 $\angle$ -96.41°	0.07 $\angle$ 37.36°	0.05 $\angle$ 100.02°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.07 $\angle$ 23.72°	0.04 $\angle$ 98.43°	0.02 $\angle$ 85.21°
182	73	66	1.43 $\angle$ 0.63°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	1.63 $\angle$ 1.59°	0.10 $\angle$ -169.23°	0.04 $\angle$ 159.37°	1.58 $\angle$ 1.45°	0.15 $\angle$ 9.12°	0.0 $\angle$ -0.0°	1.53 $\angle$ 1.09°	0.10 $\angle$ 7.53°	0.04 $\angle$ -19.01°
183	66	73	1.45 $\angle$ -0.80°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	1.64 $\angle$ 1.17°	0.09 $\angle$ -161.18°	0.03 $\angle$ 158.27°	1.59 $\angle$ 0.78°	0.14 $\angle$ 17.17°	0.0 $\angle$ -0.0°	1.55 $\angle$ 0.20°	0.10 $\angle$ 15.59°	0.03 $\angle$ -20.11°
184	63	66	0.59 $\angle$ -3.62°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.66 $\angle$ 0.47°	0.04 $\angle$ -142.74°	0.02 $\angle$ 169.67°	0.64 $\angle$ -0.44°	0.06 $\angle$ 35.61°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.63 $\angle$ -1.50°	0.04 $\angle$ 34.02°	0.02 $\angle$ -8.71°
185	66	63	0.56 $\angle$ 4.07°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.65 $\angle$ 2.72°	0.04 $\angle$ 175.91°	0.01 $\angle$ 147.39°	0.62 $\angle$ 3.11°	0.06 $\angle$ -5.74°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.61 $\angle$ 3.29°	0.04 $\angle$ -7.32°	0.01 $\angle$ -30.99°
186	63	65	0.47 $\angle$ 0.09°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.53 $\angle$ 1.55°	0.03 $\angle$ -164.04°	0.01 $\angle$ 164.38°	0.52 $\angle$ 1.27°	0.04 $\angle$ 14.31°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.50 $\angle$ 0.82°	0.03 $\angle$ 12.72°	0.01 $\angle$ -14.00°
187	65	63	0.47 $\angle$ 0.09°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.53 $\angle$ 1.55°	0.03 $\angle$ -164.04°	0.01 $\angle$ 163.88°	0.52 $\angle$ 1.27°	0.04 $\angle$ 14.31°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.50 $\angle$ 0.82°	0.03 $\angle$ 12.72°	0.01 $\angle$ -14.50°
188	63	65	0.47 $\angle$ 0.09°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.53 $\angle$ 1.55°	0.03 $\angle$ -164.04°	0.01 $\angle$ 164.38°	0.52 $\angle$ 1.27°	0.04 $\angle$ 14.31°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.50 $\angle$ 0.82°	0.03 $\angle$ 12.72°	0.01 $\angle$ -14.00°
189	65	63	0.47 $\angle$ 0.09°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.53 $\angle$ 1.55°	0.03 $\angle$ -164.04°	0.01 $\angle$ 163.88°	0.52 $\angle$ 1.27°	0.04 $\angle$ 14.31°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.50 $\angle$ 0.82°	0.03 $\angle$ 12.72°	0.01 $\angle$ -14.50°
190	56	54	0.68 $\angle$ 9.11°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.91 $\angle$ 3.78°	0.12 $\angle$ 171.15°	0.06 $\angle$ 148.83°	0.85 $\angle$ 5.02°	0.18 $\angle$ -10.50°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.80 $\angle$ 5.93°	0.12 $\angle$ -12.09°	0.06 $\angle$ -29.55°
191	54	56	0.83 $\angle$ -7.88°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.96 $\angle$ -0.69°	0.08 $\angle$ -141.07°	0.04 $\angle$ 175.33°	0.93 $\angle$ -2.24°	0.13 $\angle$ 37.28°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.90 $\angle$ -4.06°	0.09 $\angle$ 35.69°	0.04 $\angle$ -3.05°
192	57	56	0.79 $\angle$ 3.21°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	1.06 $\angle$ 2.38°	0.14 $\angle$ -177.54°	0.08 $\angle$ 159.68°	0.99 $\angle$ 2.71°	0.21 $\angle$ 0.81°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.93 $\angle$ 2.62°	0.14 $\angle$ -0.78°	0.08 $\angle$ -18.70°
193	56	57	0.87 $\angle$ -4.27°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	1.09 $\angle$ 0.47°	0.11 $\angle$ -158.97°	0.06 $\angle$ 165.36°	1.04 $\angle$ -0.42°	0.17 $\angle$ 19.38°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.98 $\angle$ -1.71°	0.12 $\angle$ 17.79°	0.06 $\angle$ -13.02°
194	57	56	0.79 $\angle$ 3.21°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	1.06 $\angle$ 2.38°	0.14 $\angle$ -177.54°	0.08 $\angle$ 159.68°	0.99 $\angle$ 2.71°	0.21 $\angle$ 0.81°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.93 $\angle$ 2.62°	0.14 $\angle$ -0.78°	0.08 $\angle$ -18.70°
195	56	57	0.87 $\angle$ -4.27°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	1.09 $\angle$ 0.47°	0.11 $\angle$ -158.97°	0.06 $\angle$ 165.36°	1.04 $\angle$ -0.42°	0.17 $\angle$ 19.38°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.98 $\angle$ -1.71°	0.12 $\angle$ 17.79°	0.06 $\angle$ -13.02°
196	67	66	0.69 $\angle$ 2.18°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.79 $\angle$ 2.42°	0.05 $\angle$ -173.47°	0.02 $\angle$ 148.63°	0.77 $\angle$ 2.44°	0.07 $\angle$ 4.88°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.74 $\angle$ 2.26°	0.05 $\angle$ 3.29°	0.02 $\angle$ -29.75°
197	66	67	0.71 $\angle$ -1.25°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.80 $\angle$ 1.42°	0.05 $\angle$ -155.05°	0.02 $\angle$ 161.83°	0.78 $\angle$ 0.86°	0.07 $\angle$ 23.30°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.75 $\angle$ 0.12°	0.05 $\angle$ 21.71°	0.02 $\angle$ -16.55°
198	19	78	0.03 $\angle$ 61.50°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.04 $\angle$ 62.92°	0.00 $\angle$ -104.02°	0.00 $\angle$ -157.59°	0.03 $\angle$ 62.67°	0.00 $\angle$ 74.33°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.03 $\angle$ 62.21°	0.00 $\angle$ 72.75°	0.00 $\angle$ 24.03°
199	78	19	0.03 $\angle$ 61.50°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.04 $\angle$ 62.92°	0.00 $\angle$ -104.02°	0.00 $\angle$ -74.62°	0.03 $\angle$ 62.67°	0.00 $\angle$ 74.33°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.03 $\angle$ 62.21°	0.00 $\angle$ 72.75°	0.00 $\angle$ 107.00°
200	19	79	0.08 $\angle$ 61.27°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.09 $\angle$ 62.69°	0.01 $\angle$ -104.25°	0.00 $\angle$ -157.72°	0.09 $\angle$ 62.43°	0.01 $\angle$ 74.10°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.08 $\angle$ 61.98°	0.01 $\angle$ 72.51°	0.00 $\angle$ 23.90°
201	79	19	0.08 $\angle$ 61.27°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.09 $\angle$ 62.69°	0.01 $\angle$ -104.25°	0.00 $\angle$ -75.02°	0.09 $\angle$ 62.43°	0.01 $\angle$ 74.10°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.08 $\angle$ 61.98°	0.01 $\angle$ 72.51°	0.00 $\angle$ 106.60°
202	59	61	0.42 $\angle$ -0.31°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.50 $\angle$ 1.26°	0.04 $\angle$ -168.52°	0.02 $\angle$ 167.86°	0.48 $\angle$ 1.02°	0.06 $\angle$ 9.82°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.46 $\angle$ 0.48°	0.04 $\angle$ 8.24°	0.02 $\angle$ -10.52°
203	61	59	0.42 $\angle$ -0.31°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.50 $\angle$ 1.26°	0.04 $\angle$ -168.52°	0.02 $\angle$ 167.42°	0.48 $\angle$ 1.02°	0.06 $\angle$ 9.82°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.46 $\angle$ 0.48°	0.04 $\angle$ 8.24°	0.02 $\angle$ -10.96°
204	105	101	0.30 $\angle$ -11.25°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.27 $\angle$ 14.01°	0.06 $\angle$ -72.04°	0.01 $\angle$ -83.51°	0.27 $\angle$ 7.08°	0.10 $\angle$ 106.31°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.28 $\angle$ 0.77°	0.06 $\angle$ 104.73°	0.01 $\angle$ 98.11°
205	101	105	0.32 $\angle$ 61.24°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.27 $\angle$ 39.74°	0.06 $\angle$ 121.54°	0.01 $\angle$ 118.28°	0.28 $\angle$ 45.71°	0.09 $\angle$ -60.11°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.29 $\angle$ 51.30°	0.06 $\angle$ -61.69°	0.01 $\angle$ -60.10°
206	105	104	0.02 $\angle$ 26.45°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.02 $\angle$ 27.23°	0.00 $\angle$ -136.18°	0.00 $\angle$ 173.80°	0.02 $\angle$ 27.07°	0.00 $\angle$ 42.16°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.02 $\angle$ 26.83°	0.00 $\angle$ 40.58°	0.00 $\angle$ -4.58°
207	104	105	0.02 $\angle$ 26.45°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.02 $\angle$ 27.23°	0.00 $\angle$ -136.18°	0.00 $\angle$ -157.45°	0.02 $\angle$ 27.07°	0.00 $\angle$ 42.16°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.02 $\angle$ 26.83°	0.00 $\angle$ 40.58°	0.00 $\angle$ 24.17°
208	80	82	0.39 $\angle$ 2.14°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.38 $\angle$ 18.12°	0.05 $\angle$ -69.45°	0.00 $\angle$ -111.41°	0.38 $\angle$ 13.96°	0.08 $\angle$ 108.89°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.38 $\angle$ 10.03°	0.05 $\angle$ 107.31°	0.00 $\angle$ 70.21°
209	82	80	0.39 $\angle$ 48.42°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.37 $\angle$ 33.66°	0.05 $\angle$ 124.35°	0.00 $\angle$ 88.28°	0.38 $\angle$ 37.49°	0.07 $\angle$ -57.30°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.38 $\angle$ 41.17°	0.05 $\angle$ -58.89°	0.00 $\angle$ -90.10°
210	80	84	0.23 $\angle$ 1.87°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.22 $\angle$ 18.07°	0.03 $\angle$ -70.58°	0.00 $\angle$ -99.30°	0.22 $\angle$ 13.86°	0.05 $\angle$ 107.77°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.23 $\angle$ 9.89°	0.03 $\angle$ 106.18°	0.00 $\angle$ 82.32°
211	84	80	0.24 $\angle$ 48.16°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.23 $\angle$ 33.68°	0.03 $\angle$ 121.39°	0.00 $\angle$ 97.94°	0.23 $\angle$ 37.46°	0.04 $\angle$ -60.26°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.23 $\angle$ 41.10°	0.03 $\angle$ -61.84°	0.00 $\angle$ -80.44°
212	84	83	0.27 $\angle$ 98.80°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.11 $\angle$ 79.21°	0.09 $\angle$ 113.21°	0.00 $\angle$ 81.73°	0.15 $\angle$ 87.59°	0.13 $\angle$ -68.44°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.19 $\angle$ 93.58°	0.09 $\angle$ -70.03°	0.00 $\angle$ -96.65°
213	83	84	0.26 $\angle$ -56.40°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.10 $\angle$ -31.77°	0.09 $\angle$ -67.92°	0.00 $\angle$ -100.39°	0.14 $\angle$ -43.96°	0.13 $\angle$ 110.43°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.18 $\angle$ -49.18°	0.09 $\angle$ 108.84°	0.00 $\angle$ 81.23°
214	82	83	0.32 $\angle$ 72.09°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.24 $\angle$ 45.01°	0.08 $\angle$ 118.63°	0.01 $\angle$ 76.29°	0.25 $\angle$ 53.32°	0.11 $\angle$ -63.02°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.27 $\angle$ 60.71°	0.08 $\angle$ -64.60°	0.01 $\angle$ -102.09°
215	83	82	0.31 $\angle$ -22.77°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.24 $\angle$ 6.71°	0.08 $\angle$ -66.85°	0.01 $\angle$ -111.79°	0.25 $\angle$ -2.55°	0.12 $\angle$ 111.50°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.27 $\angle$ -10.00°	0.08 $\angle$ 109.91°	0.01 $\angle$ 69.83°
216	100	98	0.34 $\angle$ -31.34°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.22 $\angle$ 12.18°	0.12 $\angle$ -70.04°	0.02 $\angle$ -95.39°	0.23 $\angle$ -2.48°	0.17 $\angle$ 108.31°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.26 $\angle$ -13.93°	0.12 $\angle$ 106.72°	0.02 $\angle$ 86.23°
217	98	100	0.46 $\angle$ 83.94°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.29 $\angle$ 62.27°	0.11 $\angle$ 115.26°	0.02 $\angle$ 91.12°	0.33 $\angle$ 69.57°	0.16 $\angle$ -66.39°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.36 $\angle$ 75.76°	0.11 $\angle$ -67.98°	0.02 $\angle$ -87.26°
218	100	97	0.41 $\angle$ -28.00°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.29 $\angle$ 20.16°	0.15 $\angle$ -71.41°	0.03 $\angle$ -97.54°	0.30 $\angle$ 5.06°	0.23 $\angle$ 106.94°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.32 $\angle$ -7.80°	0.15 $\angle$ 105.35°	0.03 $\angle$ 84.08°
219	97	100	0.63 $\angle$ 83.81°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.41 $\angle$ 65.08°	0.14 $\angle$ 114.26°	0.02 $\angle$ 89.98°	0.46 $\angle$ 71.24°	0.21 $\angle$ -67.39°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.51 $\angle$ 76.61°	0.14 $\angle$ -68.98°	0.02 $\angle$ -88.40°
220	98	97	0.31 $\angle$ -38.38°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.17 $\angle$ -6.02°	0.09 $\angle$ -65.28°	0.02 $\angle$ -92.89°	0.20 $\angle$ -18.56°	0.14 $\angle$ 113.07°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.24 $\angle$ -26.60°	0.10 $\angle$ 111.48°	0.02 $\angle$ 88.73°
221	97	98	0.31 $\angle$ 89.85°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.17 $\angle$ 58.91°	0.09 $\angle$ 120.50°	0.02 $\angle$ 93.81°	0.20 $\angle$ 70.25°	0.14 $\angle$ -61.16°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.23 $\angle$ 79.13°	0.09 $\angle$ -62.74°	0.02 $\angle$ -84.57°
222	99	100	0.38 $\angle$ 45.58°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.37 $\angle$ 33.49°	0.04 $\angle$ 124.48°	0.01 $\angle$ 94.71°	0.37 $\angle$ 36.60°	0.06 $\angle$ -57.17°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.37 $\angle$ 39.60°	0.04 $\angle$ -58.76°	0.01 $\angle$ -83.67°
223	100	99	0.35 $\angle$ 5.23°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.36 $\angle$ 20.35°	0.05 $\angle$ -79.33°	0.01 $\angle$ -110.59°	0.35 $\angle$ 16.62°	0.07 $\angle$ 99.02°	0.0 $\angle</$			

224	87	100	0.23└-11.53°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.22└-0.16°	0.02└-72.43°	0.00└-12.25°	0.22└-3.25°	0.04└105.92°	0.0└-0.0°	0.22└-6.00°	0.02└104.34°	0.00└169.37°
225	100	87	0.18└25.96°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.20└11.79°	0.02└130.32°	0.00└166.68°	0.19└15.21°	0.04└-51.33°	0.0└-0.0°	0.19└18.50°	0.02└-52.92°	0.00└-11.70°
226	100	84	0.58└93.69°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.29└75.79°	0.16└112.81°	0.01└88.95°	0.36└82.51°	0.24└-68.84°	0.0└-0.0°	0.43└87.92°	0.16└-70.42°	0.01└-89.43°
227	84	100	0.43└-47.43°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.19└-2.58°	0.16└-69.19°	0.01└-95.43°	0.23└-22.55°	0.24└109.16°	0.0└-0.0°	0.29└-33.68°	0.16└107.57°	0.01└86.19°
228	84	80	0.30└67.65°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.24└55.30°	0.04└110.67°	0.00└86.49°	0.26└58.80°	0.06└-70.99°	0.0└-0.0°	0.27└62.15°	0.04└-72.57°	0.00└-91.89°
229	80	84	0.18└9.69°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.20└36.19°	0.04└-75.28°	0.00└-103.62°	0.19└30.08°	0.07└103.07°	0.0└-0.0°	0.19└23.58°	0.05└101.48°	0.00└78.00°
230	98	99	0.19└59.26°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.18└36.78°	0.04└136.06°	0.01└127.23°	0.18└42.56°	0.05└-45.59°	0.0└-0.0°	0.18└48.14°	0.04└-47.18°	0.01└-51.15°
231	99	98	0.23└-3.85°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.20└15.38°	0.04└-61.50°	0.01└-73.18°	0.20└10.00°	0.06└116.85°	0.0└-0.0°	0.21└5.26°	0.04└115.26°	0.01└108.44°
232	101	102	0.19└46.39°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.18└33.89°	0.02└120.96°	0.00└121.01°	0.19└37.14°	0.03└-60.70°	0.0└-0.0°	0.19└40.27°	0.02└-62.28°	0.00└-57.37°
233	102	101	0.17└2.85°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.18└19.79°	0.03└-84.09°	0.00└-92.82°	0.17└15.68°	0.04└94.26°	0.0└-0.0°	0.17└11.52°	0.03└92.67°	0.00└88.80°
234	99	102	0.17└2.96°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.18└19.80°	0.03└-83.62°	0.00└-106.64°	0.17└15.71°	0.04└94.73°	0.0└-0.0°	0.17└11.58°	0.03└93.14°	0.00└74.98°
235	102	99	0.19└46.34°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.19└33.89°	0.02└120.31°	0.00└107.72°	0.19└37.13°	0.03└-61.34°	0.0└-0.0°	0.19└40.25°	0.02└-62.93°	0.00└-70.66°
236	99	101	0.26└27.34°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.31└41.33°	0.04└-85.28°	0.01└-102.32°	0.29└38.29°	0.06└93.07°	0.0└-0.0°	0.28└34.86°	0.04└91.48°	0.01└79.30°
237	101	99	0.37└58.49°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.34└51.06°	0.03└117.91°	0.00└117.95°	0.35└53.01°	0.04└-63.74°	0.0└-0.0°	0.35└54.92°	0.03└-65.33°	0.00└-60.43°
238	98	94	0.43└51.47°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.42└34.59°	0.06└130.40°	0.01└119.52°	0.42└38.93°	0.09└-51.25°	0.0└-0.0°	0.42└43.11°	0.06└-52.84°	0.01└-58.86°
239	94	98	0.45└-0.00°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.43└17.45°	0.07└-69.06°	0.01└-90.49°	0.43└12.85°	0.10└109.29°	0.0└-0.0°	0.43└8.56°	0.07└107.70°	0.01└91.13°
240	94	82	0.21└93.40°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.11└63.58°	0.06└120.37°	0.01└97.31°	0.13└74.99°	0.09└-61.28°	0.0└-0.0°	0.15└83.62°	0.06└-62.87°	0.01└-81.07°
241	82	94	0.21└-39.47°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.11└-8.36°	0.06└-62.85°	0.01└-86.90°	0.13└-21.01°	0.10└115.50°	0.0└-0.0°	0.15└-28.59°	0.07└113.91°	0.01└94.72°
242	109	108	0.22└26.59°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.23└27.13°	0.00└-135.78°	0.00└-178.50°	0.23└27.02°	0.01└42.57°	0.0└-0.0°	0.23└26.85°	0.00└40.99°	0.00└3.12°
243	108	109	0.22└26.59°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.23└27.13°	0.00└-135.78°	0.00└-151.14°	0.23└27.02°	0.01└42.57°	0.0└-0.0°	0.23└26.85°	0.00└40.99°	0.00└30.48°
244	109	107	0.76└-22.21°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.61└9.13°	0.20└-73.11°	0.04└-103.84°	0.63└-0.13°	0.30└105.24°	0.0└-0.0°	0.67└-8.09°	0.20└103.65°	0.04└77.78°
245	107	109	0.83└69.58°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.64└44.14°	0.18└119.49°	0.04└101.98°	0.68└51.72°	0.28└-62.16°	0.0└-0.0°	0.71└58.57°	0.19└-63.75°	0.04└-76.40°
246	112	111	0.50└48.55°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.47└34.61°	0.06└122.43°	0.00└71.38°	0.48└38.25°	0.09└-59.22°	0.0└-0.0°	0.48└41.74°	0.06└-60.81°	0.00└-107.00°
247	111	112	0.49└4.99°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.47└19.88°	0.06└-66.39°	0.00└-127.66°	0.47└15.99°	0.09└111.96°	0.0└-0.0°	0.48└12.34°	0.06└110.37°	0.00└53.96°
248	113	111	0.26└27.60°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.27└27.87°	0.00└-127.76°	0.00└-172.38°	0.27└27.81°	0.00└50.59°	0.0└-0.0°	0.26└27.73°	0.00└49.01°	0.00└9.24°
249	111	113	0.26└27.60°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.27└27.87°	0.00└-127.76°	0.00└159.32°	0.27└27.81°	0.00└50.59°	0.0└-0.0°	0.26└27.73°	0.00└49.01°	0.00└-19.06°
250	80	88	0.91└-1.95°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.93└-0.65°	0.01└-134.77°	0.00└171.86°	0.93└-0.96°	0.02└43.58°	0.0└-0.0°	0.92└-1.30°	0.02└41.99°	0.00└-6.52°
251	88	80	0.89└0.11°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.93└0.01°	0.02└179.65°	0.00└125.90°	0.92└0.05°	0.02└-2.00°	0.0└-0.0°	0.91└0.04°	0.02└-3.59°	0.00└-52.48°
252	42	41	0.14└88.76°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.16└16.87°	0.09└148.58°	0.08└163.81°	0.13└32.35°	0.13└-33.07°	0.0└-0.0°	0.12└50.80°	0.09└-34.66°	0.08└-14.57°
253	41	42	0.22└-52.27°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.20└-16.44°	0.06└-116.11°	0.02└-77.33°	0.20└-25.74°	0.10└62.24°	0.0└-0.0°	0.20└-34.83°	0.07└60.65°	0.02└104.29°
254	58	57	0.16└-10.93°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.20└-3.06°	0.02└-151.66°	0.04└161.52°	0.19└-4.63°	0.03└26.69°	0.0└-0.0°	0.18└-6.64°	0.02└25.10°	0.04└-16.86°
255	57	58	0.14└5.54°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.20└1.10°	0.03└172.12°	0.01└-27.12°	0.18└2.15°	0.04└-9.53°	0.0└-0.0°	0.17└2.82°	0.03└-11.12°	0.01└154.50°
256	44	43	0.19└56.96°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.25└11.67°	0.09└144.86°	0.06└154.30°	0.22└20.76°	0.13└-36.79°	0.0└-0.0°	0.20└30.81°	0.09└-38.38°	0.06└-24.08°
257	43	44	0.30└-38.07°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.30└-12.09°	0.07└-110.58°	0.02└-108.46°	0.29└-18.66°	0.10└67.77°	0.0└-0.0°	0.29└-25.11°	0.07└66.18°	0.02└73.16°
258	60	59	0.68└97.28°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.23└72.76°	0.24└111.26°	0.07└103.80°	0.34└84.24°	0.36└-70.39°	0.0└-0.0°	0.45└91.48°	0.24└-71.98°	0.07└-74.58°
259	59	60	0.76└-65.14°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.31└-46.32°	0.23└-74.93°	0.06└-87.18°	0.42└-55.46°	0.35└103.42°	0.0└-0.0°	0.53└-59.31°	0.24└101.83°	0.06└94.44°
260	64	63	0.20└-13.45°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.20└-4.27°	0.02└-111.41°	0.01└173.27°	0.20└-6.49°	0.02└66.93°	0.0└-0.0°	0.20└-8.75°	0.02└65.35°	0.01└-5.11°
261	63	64	0.17└10.95°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.20└2.99°	0.02└145.40°	0.00└31.92°	0.19└4.88°	0.03└-36.26°	0.0└-0.0°	0.18└6.60°	0.02└-37.84°	0.00└-146.46°
262	72	71	0.18└2.93°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.21└0.70°	0.02└170.88°	0.01└152.30°	0.20└1.29°	0.02└-10.77°	0.0└-0.0°	0.19└1.65°	0.02└-12.36°	0.01└-26.08°
263	71	72	0.19└-6.88°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.21└-2.11°	0.01└-145.82°	0.00└-85.82°	0.21└-3.15°	0.02└32.53°	0.0└-0.0°	0.20└-4.39°	0.01└30.94°	0.00└95.80°
264	17	18	0.46└90.22°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.18└57.01°	0.16└110.27°	0.05└101.33°	0.24└71.78°	0.25└-71.38°	0.0└-0.0°	0.31└81.37°	0.17└-72.97°	0.05└-77.05°
265	18	17	0.54└-61.96°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.25└-39.13°	0.16└-76.64°	0.05└-87.29°	0.31└-49.36°	0.24└101.70°	0.0└-0.0°	0.39└-54.47°	0.16└100.12°	0.05└94.33°
266	21	20	0.97└96.23°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.32└78.92°	0.33└106.92°	0.10└93.30°	0.48└86.88°	0.50└-74.73°	0.0└-0.0°	0.64└92.31°	0.34└-76.32°	0.10└-85.08°
267	20	21	1.03└-70.02°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.39└-54.05°	0.33└-76.95°	0.10└-92.11°	0.55└-62.27°	0.50└101.40°	0.0└-0.0°	0.71└-65.24°	0.33└99.82°	0.10└89.51°

268	27	26	0.35└28.68°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.40└7.74°	0.07└131.14°	0.03└105.18°	0.39└12.58°	0.11└-50.51°	0.0└-0.0°	0.37└17.36°	0.07└-52.10°	0.03└-73.20°
269	26	27	0.47└-25.12°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.44└-8.48°	0.07└-95.07°	0.03└-106.58°	0.44└-12.85°	0.10└83.28°	0.0└-0.0°	0.45└-16.93°	0.07└81.69°	0.03└75.04°
270	28	26	0.46└51.35°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.41└16.66°	0.13└115.71°	0.05└99.25°	0.41└26.05°	0.20└-65.94°	0.0└-0.0°	0.41└35.02°	0.13└-67.52°	0.05└-79.13°
271	26	28	0.58└-41.99°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.46└-16.09°	0.13└-90.51°	0.05└-105.19°	0.48└-23.87°	0.19└87.84°	0.0└-0.0°	0.51└-30.36°	0.13└86.25°	0.05└76.43°
272	31	30	0.31└88.42°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.14└45.21°	0.11└116.17°	0.03└105.48°	0.17└62.93°	0.17└-65.48°	0.0└-0.0°	0.21└75.39°	0.11└-67.07°	0.03└-72.90°
273	30	31	0.39└-54.87°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.20└-30.57°	0.11└-75.06°	0.03└-94.03°	0.24└-40.49°	0.16└103.29°	0.0└-0.0°	0.29└-46.22°	0.11└101.70°	0.03└87.59°
274	48	47	0.11└-12.63°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.18└-2.76°	0.04└-167.14°	0.05└171.98°	0.16└-4.09°	0.06└11.21°	0.0└-0.0°	0.15└-6.57°	0.04└9.62°	0.05└-6.40°
275	47	48	0.11└0.18°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.18└-0.31°	0.04└-178.51°	0.00└165.31°	0.17└0.06°	0.06└-0.16°	0.0└-0.0°	0.15└-0.33°	0.04└-1.75°	0.00└-13.07°
276	74	76	0.75└-2.49°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.92└-0.82°	0.08└-170.86°	0.05└162.34°	0.88└-1.07°	0.13└7.49°	0.0└-0.0°	0.84└-1.65°	0.08└5.90°	0.05└-16.04°
277	76	74	0.75└-2.49°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.92└-0.82°	0.08└-170.86°	0.05└162.34°	0.88└-1.07°	0.13└7.49°	0.0└-0.0°	0.84└-1.65°	0.08└5.90°	0.05└-16.04°
278	4	42	1.23└73.80°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.64└55.26°	0.32└94.27°	0.15└124.61°	0.78└62.14°	0.49└-87.38°	0.0└-0.0°	0.92└67.70°	0.33└-88.97°	0.15└-53.77°
279	42	4	1.13└-97.84°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.33└-47.04°	0.47└-110.72°	0.21└-113.38°	0.47└-75.59°	0.71└67.63°	0.0└-0.0°	0.68└-86.52°	0.48└66.04°	0.20└68.24°
280	4	42	8.52└112.81°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	2.99└112.36°	2.73└115.51°	1.08└124.96°	4.39└111.82°	4.13└-66.14°	0.0└-0.0°	5.74└113.06°	2.78└-67.73°	1.07└-53.42°
281	42	4	8.41└-66.61°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	2.61└-62.52°	2.87└-65.98°	1.17└-59.52°	4.07└-65.52°	4.34└112.37°	0.0└-0.0°	5.49└-65.22°	2.92└110.78°	1.16└122.10°
282	4	3	9.74└-77.27°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	3.16└-74.75°	3.25└-76.02°	2.22└-74.38°	4.83└-76.86°	4.91└102.33°	0.0└-0.0°	6.43└-76.25°	3.31└100.75°	2.20└107.24°
283	3	4	9.75└102.67°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	3.28└103.48°	3.19└104.72°	2.18└106.81°	4.92└102.27°	4.83└-76.93°	0.0└-0.0°	6.50└103.26°	3.26└-78.52°	2.16└-71.57°
284	8	42	1.04└75.15°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.45└62.57°	0.30└86.71°	0.12└92.68°	0.60└67.53°	0.46└-94.94°	0.0└-0.0°	0.74└71.67°	0.31└-96.52°	0.12└-85.70°
285	42	8	0.99└-99.10°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.28└-72.16°	0.37└-106.21°	0.16└-114.44°	0.44└-87.93°	0.56└72.14°	0.0└-0.0°	0.62└-92.81°	0.38└70.55°	0.16└67.18°
286	13	12	0.22└22.52°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.61└26.35°	0.19└-149.06°	0.09└149.68°	0.51└26.40°	0.29└29.29°	0.0└-0.0°	0.41└24.98°	0.20└27.70°	0.09└-28.70°
287	12	13	0.22└22.52°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.61└26.35°	0.19└-149.06°	0.04└167.55°	0.51└26.40°	0.29└29.29°	0.0└-0.0°	0.41└24.98°	0.20└27.70°	0.04└-10.83°
288	23	30	0.19└-0.40°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.22└1.19°	0.02└-167.52°	0.01└168.52°	0.21└0.93°	0.03└10.83°	0.0└-0.0°	0.21└0.40°	0.02└9.24°	0.01└-9.86°
289	30	23	0.19└-0.40°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.22└1.19°	0.02└-167.52°	0.01└168.46°	0.21└0.93°	0.03└10.83°	0.0└-0.0°	0.21└0.40°	0.02└9.24°	0.01└-9.92°
290	23	36	0.11└-0.05°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.13└1.55°	0.01└-167.16°	0.00└168.70°	0.12└1.29°	0.01└11.19°	0.0└-0.0°	0.12└0.76°	0.01└9.60°	0.00└-9.68°
291	36	23	0.11└-0.05°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.13└1.55°	0.01└-167.16°	0.00└168.75°	0.12└1.29°	0.01└11.19°	0.0└-0.0°	0.12└0.76°	0.01└9.60°	0.00└-9.63°
292	36	30	0.22└-0.07°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.26└1.53°	0.02└-167.18°	0.01└168.83°	0.25└1.27°	0.03└11.17°	0.0└-0.0°	0.24└0.74°	0.02└9.58°	0.01└-9.55°
293	30	36	0.22└-0.07°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.26└1.53°	0.02└-167.18°	0.01└168.80°	0.25└1.27°	0.03└11.17°	0.0└-0.0°	0.24└0.74°	0.02└9.58°	0.01└-9.58°
294	54	59	0.68└5.55°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.84└3.22°	0.08└176.16°	0.03└149.49°	0.80└3.85°	0.12└-5.49°	0.0└-0.0°	0.76└4.17°	0.08└-7.08°	0.03└-28.89°
295	59	54	0.73└-4.58°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.86└0.46°	0.07└-151.18°	0.04└176.33°	0.82└-0.57°	0.11└27.17°	0.0└-0.0°	0.79└-1.91°	0.07└25.58°	0.04└-2.05°
296	57	51	0.91└-9.61°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	1.12└-1.01°	0.13└-147.04°	0.07└172.80°	1.06└-2.74°	0.19└31.30°	0.0└-0.0°	1.01└-4.92°	0.13└29.72°	0.07└-5.58°
297	51	57	0.70└8.92°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	1.05└3.50°	0.18└175.37°	0.10└159.19°	0.96└4.72°	0.27└-6.28°	0.0└-0.0°	0.88└5.50°	0.18└-7.87°	0.10└-19.19°
298	57	77	0.93└-1.00°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	1.23└1.29°	0.15└-169.07°	0.09└163.77°	1.15└0.98°	0.22└9.28°	0.0└-0.0°	1.08└0.20°	0.15└7.69°	0.09└-14.61°
299	77	57	0.93└-1.00°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	1.23└1.29°	0.15└-169.07°	0.08└159.86°	1.15└0.98°	0.22└9.28°	0.0└-0.0°	1.08└0.20°	0.15└7.69°	0.08└-18.52°
300	71	70	0.77└1.24°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.89└1.81°	0.06└-172.14°	0.03└157.99°	0.86└1.77°	0.09└6.20°	0.0└-0.0°	0.83└1.49°	0.06└4.62°	0.03└-20.39°
301	70	71	0.78└-1.14°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.89└1.13°	0.06└-160.70°	0.02└162.34°	0.86└0.68°	0.09└17.65°	0.0└-0.0°	0.84└0.02°	0.06└16.06°	0.02└-16.04°
302	40	41	0.29└-37.93°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.41└-6.61°	0.11└-140.22°	0.06└-170.40°	0.37└-12.36°	0.16└38.13°	0.0└-0.0°	0.34└-19.68°	0.11└36.54°	0.06└11.22°
303	41	40	0.16└56.51°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.36└8.91°	0.14└165.87°	0.10└167.11°	0.30└15.23°	0.21└-15.78°	0.0└-0.0°	0.24└22.75°	0.14└-17.37°	0.10└-11.27°
304	40	50	0.33└18.97°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.84└3.95°	0.26└177.09°	0.18└168.49°	0.71└6.15°	0.39└-4.56°	0.0└-0.0°	0.58└7.79°	0.26└-6.15°	0.18└-9.89°
305	50	40	0.55└-21.75°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.90└-2.72°	0.21└-155.37°	0.14└176.26°	0.81└-5.66°	0.32└22.98°	0.0└-0.0°	0.72└-10.03°	0.21└21.40°	0.14└-2.12°
306	71	69	0.89└0.19°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	1.03└1.60°	0.07└-166.72°	0.03└162.36°	1.00└1.36°	0.10└11.63°	0.0└-0.0°	0.96└0.89°	0.07└10.04°	0.03└-16.02°
307	69	71	0.89└0.19°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	1.03└1.60°	0.07└-166.72°	0.03└159.90°	1.00└1.36°	0.10└11.63°	0.0└-0.0°	0.96└0.89°	0.07└10.04°	0.03└-18.48°
308	70	68	0.53└1.73°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.61└1.95°	0.04└-174.15°	0.02└150.63°	0.59└1.98°	0.06└4.19°	0.0└-0.0°	0.57└1.79°	0.04└22.61°	0.02└-27.75°
309	68	70	0.55└-1.67°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.62└0.97°	0.04└-157.57°	0.01└162.40°	0.60└0.43°	0.06└20.78°	0.0└-0.0°	0.58└-0.31°	0.04└19.19°	0.01└-15.98°
310	43	46	0.66└-14.67°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.90└-1.95°	0.15└-150.56°	0.09└177.14°	0.83└-4.27°	0.22└27.79°	0.0└-0.0°	0.77└-7.39°	0.15└26.20°	0.09└-1.24°
311	46	43	0.46└14.55°	0.0└-0.0°	0.0└-0.0°	0.84└4.15°	0.19└174.41°	0.12└164.56°	0.74└6.10°	0.29└-7.25°	0.0└-0.0°	0.65└7.59°	0.20└-8.83°	0.12└-13.82°

312	51	43	0.74 $\angle$ -12.79°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.95 $\angle$ -1.76°	0.13 $\angle$ -147.85°	0.07 $\angle$ 174.68°	0.89 $\angle$ -3.89°	0.20 $\angle$ 30.50°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.84 $\angle$ -6.63°	0.14 $\angle$ 28.91°	0.07 $\angle$ -3.70°
313	43	51	0.54 $\angle$ 12.36°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.89 $\angle$ 3.93°	0.18 $\angle$ 173.84°	0.12 $\angle$ 162.86°	0.80 $\angle$ 5.64°	0.27 $\angle$ -7.81°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.71 $\angle$ 6.90°	0.18 $\angle$ -9.40°	0.12 $\angle$ -15.52°
314	47	50	0.67 $\angle$ -17.10°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	1.02 $\angle$ -2.06°	0.20 $\angle$ -154.72°	0.15 $\angle$ 178.19°	0.92 $\angle$ -4.54°	0.31 $\angle$ 23.63°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.84 $\angle$ -8.13°	0.21 $\angle$ 22.04°	0.14 $\angle$ -0.19°
315	50	47	0.44 $\angle$ 14.24°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.95 $\angle$ 3.75°	0.26 $\angle$ 177.36°	0.16 $\angle$ 165.29°	0.82 $\angle$ 5.56°	0.39 $\angle$ -4.29°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.69 $\angle$ 6.76°	0.26 $\angle$ -5.88°	0.16 $\angle$ -13.09°
316	47	46	0.17 $\angle$ 53.74°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.27 $\angle$ 11.15°	0.09 $\angle$ 155.32°	0.06 $\angle$ 157.92°	0.23 $\angle$ 18.60°	0.14 $\angle$ -26.33°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.20 $\angle$ 27.03°	0.09 $\angle$ -27.92°	0.06 $\angle$ -20.46°
317	46	47	0.28 $\angle$ -33.49°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.31 $\angle$ -7.95°	0.07 $\angle$ -120.64°	0.03 $\angle$ -160.05°	0.30 $\angle$ -13.79°	0.10 $\angle$ 57.71°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.29 $\angle$ -20.04°	0.07 $\angle$ 56.12°	0.03 $\angle$ 21.57°
318	49	41	0.40 $\angle$ -8.78°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.98 $\angle$ 0.40°	0.29 $\angle$ -170.89°	0.20 $\angle$ 172.50°	0.83 $\angle$ -0.29°	0.44 $\angle$ 7.46°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.69 $\angle$ -2.57°	0.30 $\angle$ 5.87°	0.20 $\angle$ -5.88°
319	41	49	0.40 $\angle$ -8.78°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.98 $\angle$ 0.40°	0.29 $\angle$ -170.89°	0.22 $\angle$ 175.91°	0.83 $\angle$ -0.29°	0.44 $\angle$ 7.46°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.69 $\angle$ -2.57°	0.30 $\angle$ 5.87°	0.22 $\angle$ -2.47°
320	45	46	0.09 $\angle$ -3.92°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.15 $\angle$ 0.32°	0.03 $\angle$ -171.00°	0.02 $\angle$ 170.28°	0.14 $\angle$ -0.12°	0.05 $\angle$ 7.35°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.12 $\angle$ -1.45°	0.03 $\angle$ 5.76°	0.02 $\angle$ -8.10°
321	46	45	0.09 $\angle$ -3.92°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.15 $\angle$ 0.32°	0.03 $\angle$ -171.00°	0.02 $\angle$ 170.23°	0.14 $\angle$ -0.12°	0.05 $\angle$ 7.35°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.12 $\angle$ -1.45°	0.03 $\angle$ 5.76°	0.02 $\angle$ -8.15°
322	85	87	0.24 $\angle$ 18.55°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.25 $\angle$ 24.57°	0.01 $\angle$ -80.22°	0.00 $\angle$ -71.27°	0.25 $\angle$ 23.09°	0.02 $\angle$ 98.13°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.24 $\angle$ 21.61°	0.01 $\angle$ 296.55°	0.00 $\angle$ 110.35°
323	87	85	0.24 $\angle$ 34.37°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.25 $\angle$ 29.60°	0.01 $\angle$ 151.63°	0.00 $\angle$ 135.14°	0.24 $\angle$ 30.80°	0.02 $\angle$ -30.02°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.24 $\angle$ 31.90°	0.01 $\angle$ -31.61°	0.00 $\angle$ -43.24°
324	85	86	0.21 $\angle$ 29.60°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.22 $\angle$ 28.07°	0.01 $\angle$ -177.56°	0.00 $\angle$ 140.63°	0.21 $\angle$ 28.48°	0.01 $\angle$ 0.79°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.21 $\angle$ 28.80°	0.01 $\angle$ -0.80°	0.00 $\angle$ -37.75°
325	86	85	0.21 $\angle$ 23.22°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.22 $\angle$ 26.06°	0.01 $\angle$ -96.77°	0.00 $\angle$ -93.63°	0.22 $\angle$ 25.38°	0.01 $\angle$ 81.58°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.22 $\angle$ 24.66°	0.01 $\angle$ 79.99°	0.00 $\angle$ 87.99°
326	85	81	0.15 $\angle$ 34.55°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.15 $\angle$ 29.66°	0.01 $\angle$ 146.68°	0.00 $\angle$ 124.41°	0.15 $\angle$ 30.89°	0.01 $\angle$ -34.97°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.15 $\angle$ 32.04°	0.01 $\angle$ -36.56°	0.00 $\angle$ -53.97°
327	81	85	0.15 $\angle$ 18.25°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.16 $\angle$ 24.47°	0.01 $\angle$ -82.21°	0.00 $\angle$ -103.50°	0.15 $\angle$ 22.95°	0.01 $\angle$ 96.14°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.15 $\angle$ 21.41°	0.01 $\angle$ 94.55°	0.00 $\angle$ 78.12°
328	87	106	0.15 $\angle$ 26.92°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.16 $\angle$ 27.22°	0.01 $\angle$ -146.43°	0.00 $\angle$ -170.42°	0.16 $\angle$ 27.19°	0.01 $\angle$ 31.92°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.16 $\angle$ 27.05°	0.01 $\angle$ 30.33°	0.00 $\angle$ 11.20°
329	106	87	0.16 $\angle$ 25.79°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.17 $\angle$ 26.89°	0.00 $\angle$ -99.50°	0.00 $\angle$ 19.17°	0.17 $\angle$ 26.62°	0.00 $\angle$ 78.84°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.16 $\angle$ 26.34°	0.00 $\angle$ 77.26°	0.00 $\angle$ -159.21°
330	87	82	0.21 $\angle$ 88.13°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.11 $\angle$ 60.45°	0.06 $\angle$ 115.39°	0.00 $\angle$ 77.05°	0.13 $\angle$ 70.81°	0.09 $\angle$ -66.26°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.15 $\angle$ 78.82°	0.06 $\angle$ -67.85°	0.00 $\angle$ -101.33°
331	82	87	0.20 $\angle$ -42.53°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.10 $\angle$ -8.58°	0.06 $\angle$ -67.91°	0.00 $\angle$ -109.61°	0.12 $\angle$ -22.15°	0.09 $\angle$ 110.44°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.14 $\angle$ -30.56°	0.06 $\angle$ 108.85°	0.00 $\angle$ 72.01°
332	87	99	0.42 $\angle$ 4.85°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.41 $\angle$ 19.49°	0.05 $\angle$ -73.54°	0.01 $\angle$ -98.28°	0.41 $\angle$ 15.77°	0.08 $\angle$ 104.81°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.41 $\angle$ 12.18°	0.05 $\angle$ 103.22°	0.01 $\angle$ 83.34°
333	99	87	0.41 $\angle$ 46.04°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.41 $\angle$ 32.94°	0.05 $\angle$ 129.94°	0.01 $\angle$ 115.27°	0.41 $\angle$ 36.27°	0.07 $\angle$ -51.71°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.41 $\angle$ 39.48°	0.05 $\angle$ -53.30°	0.01 $\angle$ -63.11°
334	103	105	0.26 $\angle$ -19.05°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.21 $\angle$ 10.15°	0.06 $\angle$ -69.99°	0.01 $\angle$ -86.82°	0.21 $\angle$ 1.53°	0.09 $\angle$ 108.36°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.23 $\angle$ -5.85°	0.06 $\angle$ 106.77°	0.01 $\angle$ 94.80°
335	105	103	0.28 $\angle$ 68.13°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.21 $\angle$ 43.48°	0.06 $\angle$ 118.66°	0.01 $\angle$ 106.56°	0.23 $\angle$ 50.77°	0.09 $\angle$ -62.99°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.24 $\angle$ 57.39°	0.06 $\angle$ -64.57°	0.01 $\angle$ -71.82°
336	103	106	0.32 $\angle$ 26.10°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.33 $\angle$ 26.98°	0.01 $\angle$ -123.25°	0.00 $\angle$ 103.39°	0.33 $\angle$ 26.78°	0.01 $\angle$ 55.10°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.32 $\angle$ 26.54°	0.01 $\angle$ 53.51°	0.00 $\angle$ -74.99°
337	106	103	0.30 $\angle$ 26.63°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.32 $\angle$ 27.14°	0.01 $\angle$ -142.19°	0.00 $\angle$ -161.79°	0.32 $\angle$ 27.05°	0.01 $\angle$ 36.16°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.31 $\angle$ 26.87°	0.01 $\angle$ 34.57°	0.00 $\angle$ 19.83°
338	81	82	0.34 $\angle$ 27.40°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.35 $\angle$ 26.56°	0.01 $\angle$ -175.02°	0.00 $\angle$ -52.08°	0.35 $\angle$ 26.78°	0.01 $\angle$ 3.33°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.35 $\angle$ 26.96°	0.01 $\angle$ 1.74°	0.00 $\angle$ 129.54°
339	82	81	0.33 $\angle$ 22.84°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.35 $\angle$ 25.11°	0.01 $\angle$ -114.61°	0.00 $\angle$ 162.31°	0.35 $\angle$ 24.58°	0.02 $\angle$ 63.74°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.34 $\angle$ 23.99°	0.01 $\angle$ 62.16°	0.00 $\angle$ -16.07°
340	86	81	0.16 $\angle$ 47.38°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.17 $\angle$ 47.07°	0.00 $\angle$ -147.17°	0.00 $\angle$ -68.09°	0.16 $\angle$ 47.16°	0.00 $\angle$ 31.18°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.16 $\angle$ 47.22°	0.00 $\angle$ 29.59°	0.00 $\angle$ 113.53°
341	81	86	0.15 $\angle$ 44.31°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.16 $\angle$ 46.08°	0.01 $\angle$ -107.48°	0.00 $\angle$ 161.91°	0.16 $\angle$ 45.69°	0.01 $\angle$ 70.87°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.16 $\angle$ 45.21°	0.01 $\angle$ 69.28°	0.00 $\angle$ -16.47°
342	88	89	1.18 $\angle$ 3.29°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	1.22 $\angle$ 4.50°	0.02 $\angle$ -137.69°	0.00 $\angle$ 161.13°	1.21 $\angle$ 4.22°	0.03 $\angle$ 40.66°	0.0 $\angle$ -0.0°	1.20 $\angle$ 3.89°	0.02 $\angle$ 39.07°	0.00 $\angle$ -17.25°
343	89	88	1.16 $\angle$ 4.98°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	1.21 $\angle$ 5.03°	0.02 $\angle$ -171.13°	0.00 $\angle$ 130.32°	1.20 $\angle$ 5.04°	0.04 $\angle$ 7.22°	0.0 $\angle$ -0.0°	1.19 $\angle$ 4.99°	0.02 $\angle$ 5.63°	0.00 $\angle$ -48.06°
344	103	110	0.30 $\angle$ 48.60°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.29 $\angle$ 34.51°	0.04 $\angle$ 125.58°	0.00 $\angle$ 107.82°	0.29 $\angle$ 38.16°	0.06 $\angle$ -56.07°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.30 $\angle$ 41.66°	0.04 $\angle$ -57.66°	0.00 $\angle$ -70.56°
345	110	103	0.30 $\angle$ 3.90°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.29 $\angle$ 19.65°	0.04 $\angle$ -71.32°	0.00 $\angle$ -105.85°	0.29 $\angle$ 15.60°	0.06 $\angle$ 107.03°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.29 $\angle$ 11.74°	0.04 $\angle$ 105.44°	0.00 $\angle$ 75.77°
346	110	112	0.31 $\angle$ 48.52°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.29 $\angle$ 34.54°	0.04 $\angle$ 124.01°	0.00 $\angle$ 94.19°	0.30 $\angle$ 38.17°	0.06 $\angle$ -57.64°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.30 $\angle$ 41.66°	0.04 $\angle$ -59.23°	0.00 $\angle$ -84.19°
347	112	110	0.30 $\angle$ 4.24°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.29 $\angle$ 19.72°	0.04 $\angle$ -69.98°	0.00 $\angle$ -116.44°	0.29 $\angle$ 15.73°	0.06 $\angle$ 108.37°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.30 $\angle$ 11.93°	0.04 $\angle$ 106.78°	0.00 $\angle$ 65.18°
348	103	114	0.63 $\angle$ 32.76°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.66 $\angle$ 29.11°	0.02 $\angle$ 152.46°	0.00 $\angle$ 137.44°	0.65 $\angle$ 30.03°	0.04 $\angle$ -29.19°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.64 $\angle$ 30.88°	0.02 $\angle$ -30.78°	0.00 $\angle$ -40.94°
349	114	103	0.64 $\angle$ 20.29°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.66 $\angle$ 25.14°	0.03 $\angle$ -85.70°	0.00 $\angle$ -135.87°	0.65 $\angle$ 23.96°	0.04 $\angle$ 92.65°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.65 $\angle$ 22.75°	0.03 $\angle$ 91.06°	0.00 $\angle$ 45.75°
350	112	114	0.30 $\angle$ 12.94°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.30 $\angle$ 22.72°	0.03 $\angle$ -73.70°	0.00 $\angle$ -143.25°	0.30 $\angle$ 20.27°	0.04 $\angle$ 104.65°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.30 $\angle$ 17.88°	0.03 $\angle$ 103.06°	0.00 $\angle$ 38.37°
351	114	112	0.30 $\angle$ 40.13°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.30 $\angle$ 31.57°	0.02 $\angle$ 128.75°	0.00 $\angle$ 89.35°	0.30 $\angle$ 33.74°	0.03 $\angle$ -52.90°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.30 $\angle$ 35.82°	0.02 $\angle$ -54.49°	0.00 $\angle$ -89.03°
352	81	90	0.40 $\angle$ 0.61°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.42 $\angle$ 0.15°	0.01 $\angle$ 174.25°	0.00 $\angle$ 130.39°	0.42 $\angle$ 0.30°	0.02 $\angle$ -7.40°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.41 $\angle$ 0.35°	0.01 $\angle$ -8.98°	0.00 $\angle$ -47.99°
353	90	81	0.42 $\angle$ -2.59°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.43 $\angle$ -0.85°	0.01 $\angle$ -132.13°	0.00 $\angle$ 173.92°	0.43 $\angle$ -1.27°	0.01 $\angle$ 46.22°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.42 $\angle$ -1.72°	0.01 $\angle$ 44.63°	0.00 $\angle$ -4.46°
354	86	93	0.20 $\angle$ -0.38°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.22 $\angle$ -0.17°	0.01 $\angle$ -174.83°	0.00 $\angle$ 132.30°	0.21 $\angle$ -0.18°	0.01 $\angle$ 3.52°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.21 $\angle$ -0.30°	0.01 $\angle$ -1.93°	0.00 $\angle$ -46.08°
355	93	86	0.22 $\angle$ -1.62°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.0 $\angle$ -0.0°	0.22 $\angle$ -0.54°	0.00 $\angle$ -128.17°	0.00 $\angle$ -60.43°	0.22 $\angle$ -0.80°					

356	92	93	1.1624.70°	0.02-0.0°	0.02-0.0°	1.2125.35°	0.032-157.21°	0.002134.10°	1.2025.22°	0.04221.14°	0.02-0.0°	1.1825.02°	0.03219.55°	0.002-44.28°
357	93	92	1.1624.70°	0.02-0.0°	0.02-0.0°	1.2125.35°	0.032-157.21°	0.002140.38°	1.2025.22°	0.04221.14°	0.02-0.0°	1.1825.02°	0.03219.55°	0.002-38.00°
358	93	91	0.3023.55°	0.02-0.0°	0.02-0.0°	0.3224.21°	0.012-158.35°	0.002139.92°	0.3124.07°	0.01220.00°	0.02-0.0°	0.3123.87°	0.01218.41°	0.002-38.46°
359	91	93	0.3023.55°	0.02-0.0°	0.02-0.0°	0.3224.21°	0.012-158.35°	0.002140.30°	0.3124.07°	0.01220.00°	0.02-0.0°	0.3123.87°	0.01218.41°	0.002-38.08°
360	93	91	0.3823.75°	0.02-0.0°	0.02-0.0°	0.4024.40°	0.012-158.16°	0.002140.26°	0.3924.27°	0.01220.19°	0.02-0.0°	0.3924.07°	0.01218.60°	0.002-38.12°
361	91	93	0.3823.75°	0.02-0.0°	0.02-0.0°	0.4024.40°	0.012-158.16°	0.002140.32°	0.3924.27°	0.01220.19°	0.02-0.0°	0.3924.07°	0.01218.60°	0.002-38.06°
362	90	89	0.6825.56°	0.02-0.0°	0.02-0.0°	0.7125.19°	0.022179.62°	0.002129.17°	0.7025.31°	0.022-2.04°	0.02-0.0°	0.6925.35°	0.022-3.62°	0.002-49.21°
363	89	90	0.6922.64°	0.02-0.0°	0.02-0.0°	0.7124.27°	0.012-133.21°	0.002160.30°	0.7123.89°	0.02245.14°	0.02-0.0°	0.7023.46°	0.02243.55°	0.002-18.08°
364	90	93	0.9123.75°	0.02-0.0°	0.02-0.0°	0.9424.57°	0.022-152.91°	0.002145.22°	0.9324.39°	0.03225.44°	0.02-0.0°	0.9324.16°	0.02223.86°	0.002-33.16°
365	93	90	0.9024.25°	0.02-0.0°	0.02-0.0°	0.9424.73°	0.022-162.34°	0.002138.10°	0.9324.64°	0.03216.01°	0.02-0.0°	0.9224.48°	0.02214.43°	0.002-40.28°

ملخص :

ملخص :

يتناول هذا العمل إحدى أهم القضايا في شبكات نقل الجهد العالي، وهي: حساب تيارات الأعطال وتحديد حجم الحماية وأنابيب الشبكة الكهربائية. باستخدام لغة البرمجة بايثون، تم تطوير برنامج لمحاكاة أنواع مختلفة من الدوائر القصيرة وتحليل آثارها على الشبكة. ويسمح النهج المتبع بأتمتة العمليات الحسابية، وحساب abc مع احترام المعايير الدولية. يسمح البرنامج المطور، لأي نوع من الأعطال، بحساب تيارات الأعطال في المكونات المتماثلة 120 والطور ، جهد الشبكة أثناء العطل على جميع مجموعات القضبان، بالإضافة إلى التيارات والقوى التي تمر عبر كل عنصر من عناصر الشبكة. تسلط هذه الدراسة وموثوقية النظام الكهربائي الضوء على أهمية نمذجة العيوب لضمان سلامة

Abstract :

This work deals with one of the most important issues in high voltage transmission networks, namely: the calculation of fault currents and the sizing of the protection and piping of the electrical network. Using the Python programming language, a program was developed to simulate different types of short circuit and analyze their effects on the network. The approach adopted allows an automation of calculations, while respecting international standards. The program implemented allows, for any type of fault, the calculation of fault currents in symmetrical components 120 and phase abc, the calculation of network voltages during the fault on all the sets of bars as well as the currents and powers transiting through each element of the network. This study highlights the importance of defect modeling to ensure the safety and reliability of the electrical system.

Résumé :

Ce travail traite l'une des problématiques les plus importantes des réseaux électriques de transport à haute tension à savoir : le calcul des courants de défaut et le dimensionnement de la protection et des canalisations du réseau électrique. En utilisant le langage de programmation Python, un programme a été développé pour simuler différents types de court-circuit et analyser leurs effets sur le réseau. L'approche adoptée permet une automatisation des calculs, tout en respectant les normes internationales. Le programme réalisé permet, pour tout type de défaut, le calcul des courants de défauts en composantes symétriques 120 et de phase abc, le calcul des tensions du réseau pendant le défaut sur tous les jeux de barre ainsi que les courants et les puissances transitant dans chaque élément du réseau. Cette étude met en évidence l'importance de la modélisation des défauts pour garantir la sécurité et la fiabilité.

