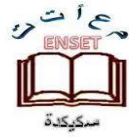




République Algérienne démocratique et populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la
recherche scientifique



Ecole Normale Supérieure de l'Enseignement Technologique
-Skikda-

Département de Technologie

Filière : Génie Electrique

Mémoire présenté en vue de l'obtention du Diplôme de
Professeur d'Enseignement Secondaire Technologique

Etude et Conception d'une Installation Electrique Basse Tension

Présenté par

Bouagal lamia

Djrboua Aya

Encadrant

Mohamed Kherief Nacereddine

Jury de soutenance

Nom et prénom	Grade	Rôle	Université
Senani Fauzi	MCB	Examineur	ENSET-Skikda-
Kherief N. M.	MCA	Encadrant	ENSET-Skikda-
Hadjami Marouane	MCB	Président	ENSET-Skikda-

Année Universitaire : 2023/2024

Remercîment

Tout d'abord, nous tenons à remercier Allah Tout-Puissant, car c'est grâce à Sa guidance et à Sa bénédiction que nous avons pu mener à bien cette thèse.

Nous exprimons notre profonde gratitude à notre directeur de mémoire, Khreif.M.N, pour son encadrement, ses conseils avisés et son soutien constant tout au long de ce travail. Ses orientations précieuses ont été indispensables pour mener à bien cette étude.

Nous tenons également à remercier l'ensemble des professeurs et du personnel du département de génie électrique pour leur disponibilité et leur aide précieuse. Leur enseignement et leurs encouragements ont été une source d'inspiration tout au long de notre parcours académique. En particulier, nous exprimons notre gratitude à Monsieur le Professeur Senani et à Monsieur le Professeur Hajami Marouane, membres du jury.

Enfin, un merci tout particulier à nos familles et à nos amis pour leur patience, leur encouragement et leur amour inconditionnel. Leur soutien indéfectible a été une source inestimable de motivation et de réconfort tout au long de ce projet.

Merci à tous.

Je dédie ce mémoire

À mon père, pour son amour infini et ses sacrifices.
Merci de m'avoir guidé et d'avoir toujours cru en moi.

À ma mère, pour sa patience, sa tendresse et son soutien constant. Merci de m'avoir inspiré et soutenu.

À ma sœur aînée et unique, Manal, toujours à mes côtés.

À mes frères, Saddam et Yaakoub, mes piliers dans la vie.

À une personne très chère à mon cœur, J'espère que tu seras là pour partager mes succès futurs, only u...

À ma chère amie, Mouna, qui est toujours restée proche de mon cœur même loin des yeux.

Et à mes amies, Pikatchu, Aya, Ikram, Chaima, Hadjer, youssra, Rouqaya Et Imen . Votre amitié est comme une bouffée d'oxygène.

Bouagal Lamia

إن الحمد لله نحمده ونستعينه ونستغفره ونعوذ بالله من شرور
أنفسنا وسيئات أعمالنا من يهده الله فلا مضل له ومن يضل فلا
هادي له وأشهد أن لا إله إلا الله وأشهد أن محمداً عبده ورسوله
أما بعد

" مَنْ يُؤثِرِ الْحَقَّ يَبْذُلْ فِيهِ مُهْجَتَهُ وَمَنْ يُكُنْ هَمُّهُ أَقْصَى الْمَدَى
يَصِلُ
لَا شَيْءَ يُعْجِزُ آمَالَ النَّفُوسِ إِذَا خَلَّتْ مِنَ الضَّعْفِ وَاسْتَعَصَتْ عَلَى
الْكَسَلِ "

إلى خالق الروح والقلم وبارئ الذر والنسم وخالق كل شيء من
العدم أرفع له سُؤلي وأبصم نيتي على أن يمهّد لي بهذا الجهد
طريقاً للفردوس الأعلى

إلى جنديّ الخفاء الحاضر الغائب الذي عجزت الأراضين على
حملة فخبأته بباطنها إلى المعلم الأول الذي علمني أن سلاح
الدنيا العلم والعمل بتواضع وحلم وأمل
إلى من لا تشبهه أحدا سوى نفسها التي تعطي للجمايل جمالا
وللعزم والقوة عنوانا التي أرى فيها نفسي إلى أمني وأماني
ومأمني؛ أمي

إلى رفاق الخطوة الأولى وما قبل الخطوة الأخيرة إلى من
كانوا في السنوات العجاف سحابا ممطرا كل الامتنان لـ
«لمياء» "رقية" "ق. هاجر" "إكرام" "يسرى" "خ. هاجر"
"إيمان" "شيماء" "عائشة" "منى"
إلى الجمال السرمدي الذي ملأني بالمعاني "سارة أنفال أمينة
وكل من رافقني في رحلة القراءان"

إلى كل من أخبرني عن المصدر الأنفع للمذاكرة بعدما استغرقه
معرفة ذلك الكثير من الوقت وقرأ وبحث في مئات الصفحات حتى
أصبح قادرا على أن يخبرني في بضع دقائق خلاصة معرفته

ومسك الختام إخوتي؛ "أم عبد الحي" "أم حذيفة" "أم نضال"
"أب إدريس"

من لي فيهم ما لم يقل قائل وما لم يسر قمر حيث سار
فلو خلق الناس من دهرهم لكانوا الظلام وإخوتي النهار
أخ إذا جنّته يوماً لتسألته أعطاك ما ملكت كفاه واعتذر
يخفي صنائعه والله يُظهرها إن الجميل إذا أخفيته ظهر

Résumé

Les installations électriques à basse tension comprennent tous les systèmes et équipements électriques utilisés à des fins résidentielles et industrielles. L'objectif de ce mémoire est d'étudier et de concevoir une installation électrique de ce type selon les normes **CEI** et **NF**, en mettant l'accent sur l'élaboration d'un **plan de protection**.

Le mémoire commence par des informations générales sur les différentes configurations des réseaux électriques afin de déterminer lequel est le plus adapté pour alimenter notre installation projetée, ainsi que les risques et erreurs potentiels auxquels on peut être exposé et les moyens de les éviter et de s'en protéger.

Nous avons ensuite réalisé une étude théorique de cette installation, mettant en lumière les principes de sa réalisation et l'élaboration d'un schéma de protection complet. Cela repose sur le **Bilan de puissance** et la détermination des **sections des câbles**, de leurs longueurs et de leurs types pour calculer les **courants de court-circuit** à différentes valeurs. Les valeurs maximales pour déterminer le pouvoir de coupure des dispositifs de protection, tandis que les valeurs minimales indiquent les ajustements nécessaires.

Enfin, nous avons réalisé cette installation électrique à basse tension en utilisant le logiciel **ECODIAL**, qui nous a fourni un rapport détaillé de l'installation, avec une étude de la **Sélectivité** des dispositifs de protection sélectionnés.

Mots-clés : Les installations électriques basse tension, plan de protection, ECODIAL, courant de court-circuit, les normes CEI et NF, section de câble, sélectivité, bilan de puissance.

Abstract

Low-voltage electrical installations represent electrical systems and equipment that used in industrial and urban facilities. The objective of this memorandum is to study and design a low voltage electrical installation according to **IEC** and **NF** standards, focusing on providing a **protection plan**.

Our subject starts with general information about the differences between electrical networks in order to determine which one fits our low voltage installation, also risks, errors, and methods to avoid them and select the suitable protection against them.

We conducted a theoretical study for this installation that: highlights the basics of its implementation, and specifying a global plan of its protection. This based on the **Balance of power** and determining **wire section**, length and nature to calculate different **short circuit current** values; where its maximum value determines breaking capacity of protection devices and its minimum values determines what kind of required adjustments are needed.

In the end we created this low voltage electrical installation using the simulation program **ECODIAL** which provided us with detailed report about that installation with the study of **Selectivity** for its selected protection devices.

Keywords: Low-voltage electrical installations, wire section, IEC and NF standards, ECODIAL, balance of power, short circuit current, protection plan, selectivity.

ملخص

التركيبات الكهربائية منخفضة الجهد تشمل كل نظام وتجهيز كهربائي مستخدم للأغراض السكنية والتجارية. وهدف هذه المذكرة هو دراسة وتصميم تركيب كهربائي من هاته التركيبات حسب المعايير **CEI** و **NF** مع التركيز على توفير خطة الحماية.

تبدأ المذكرة بمعلومات عامة حول اختلاف الشبكات الكهربائية من أجل معرفة أيها يناسب تغذية تركيبتنا المرجو تطبيقها والمخاطر والأخطاء المحتمل التعرض لها وطرق تجنبها والحماية منها.

فحددنا دراسة نظرية لهاته التركيبة تسلط الضوء على: أساسيات إنجازها، وتأطير مخطط حماية شامل لها. وهذا يعتمد على وضع **محصلة القدرات** وتحديد **مقاطع الأسلاك**، أطوالها ونوعيتها لحساب **تيارات الدارات القصيرة** بمختلف قيمها؛ حيث قيمها القصوى تحدد لنا قدرة القطع لأجهزة الحماية وقيمها الدنيا تحدد لنا ماهية التعديلات المطلوبة.

في النهاية أنجزنا هذه التركيبة الكهربائية منخفضة الجهد استنادا على برنامج **ECODIAL** الذي وفر لنا تقريراً مفصلاً عن التركيبة، مع دراسة **الاختيارية** لأجهزة الحماية المختارة بعناية.

الكلمات المفتاحية: التركيبات الكهربائية منخفضة الجهد، المعايير **CEI** و **NF**، خطة الحماية، محصلة القدرات، برنامج **ECODIAL** الاختيارية، تيارات الدارات القصيرة، مقاطع الأسلاك.

Table des matières

Liste de figures	i
Liste de tableaux	ii
Symboles	iii
Abréviations	vi

Introduction générale	1
-----------------------	---

Chapitre I : Généralités sur les réseaux électriques

I.1. Introduction	3
I.2. Le réseau électrique	3
I.2.1. Les centrales électriques	3
I.3. Les types de réseaux électriques	3
I.3.1. Simple antenne	3
I.3.2. Double antenne	4
I.3.3. Double antenne et doubles jeux de barres	4
I.4. Le classement de réseau électrique	6
I.5. Les normes électriques	7
I.5.1. Définition	7
I.5.2. Réglementations	8
I.5.3. Les objectifs de normes électriques	8
I.5.4. Les types de normes électriques	9
I.5.5. Les normes CEI	11
I.6. La conclusion	11

Chapitre II : Plan des protections des réseaux électriques

II.1. Introduction	12
II.2. Le défaut électrique	12
II.2.1. La surtension	12
II.2.2. La surintensité par surcharge électrique	13
II.2.3. La surintensité par court-circuit	13
II.2.4. La baisse tension	15
II.2.5. La fuite électrique	16
II.3. Le régime du neutre	16
II.3.1. Le neutre	16
II.3.2. La rupture du neutre	17
II.4. Les types de régime du neutre	17
II.5. Le choix d'un régime du neutre	21
II.6. L'importance d'un régime du neutre	21
II.7. L'appareillage de protection	25

II.7.1. Définition	25
II.7.2. Diffèrent appareilles de protection	25
II.7.3. Le choix d'un appareillage	28
II.8. Le choix du dispositif de protection	30
II.8.1. Protection contre les surcharges	30
II.8.2. Protection contre les courts-circuits	30
II.8.3. Protection contre les surintensités	31
II.9. La sélectivité de la protection	31
II.9.1. Définition	31
II.10. Les techniques de sélectivité	32
II.10.1. Sélectivité ampèremétrique	32
II.10.2. Sélectivité Chronométrique	33
II.10.3. Sélectivité logique	34
II.11. Conclusion	34

Chapitre III : calcul de la section et le courant de court-circuit

III.1. Introduction	35
III.2. Diagramme de travail	35
III.3. Méthode de travail	36
III.3.1. Déterminer les calibres In des déclencheurs des disjoncteurs	36
III.3.1.1. Bilan de puissance	36
III.3.1.2. Le courant d'emploi	37
III.3.2. Déterminer les sections des câbles	38
III.3.2.1. Définition	38
III.3.2.2. Le choix d'une section du câble	38
III.3.2.3. Conditions d'installation des conducteurs	39
III.3.3. Détermination de la chute de tension	48
III.3.4. Courant de court- circuit	49
III.3.4.1. Détermination des courant de court-circuit par la première méthode	50
III.3.4.2. Le schéma d'une distribution électrique	51
III.3.4.3. Conditions de protection contre le courant de court-circuit	51
III.3.4.4. Détermination des courant de court-circuit présumes par la méthode a base de tableaux et d'abaques	52
III.3.5. Méthode des impédances	55
III.4. Conclusion	56

Chapitre VI : Conception et choix du plan de protection par ECODIAL

VI.1. Introduction	57
--------------------	----

VI.2. Cahier de charge	57
VI.2.1 Donnée des paramètres	58
VI.3. Conception par ECODIAL	59
VI.3.1. Les étapes de conceptions par ECODIAL	59
VI.4. Calcul avec l'ECODIAL	67
VI.5. Rapport selon ECODIL	68
VI.6. Plan de sélectivité	96
VI.7. Conclusion	99
Conclusion générale	100

Liste des figures

Chapitre I : Généralités sur les réseaux électriques

Figure I.1 : Alimentation simple antenne d'un poste de livraison HT	3
Figure I.2 : Alimentation double antenne d'un poste de livraison HT	4
Figure I.3 : Alimentation double antenne - doubles jeux de barres d'un poste de livraison HT	5
Figure I.4 : Architecture générale d'un réseau d'énergie électrique	6
Figure I.5 : Différents transports d'un réseau d'énergies électrique	7

Chapitre II : Plant des protections des réseaux électriques

Figure II.1 : Différents types de courts-circuits	14
Figure II.2 : Le code couleur de fil	17
Figure II.3 : La coordination de neutre a la terre TT	18
Figure II.4 : La coordination du neutre a la terre TNC	19
Figure II.5 : La coordination du neutre a la terre TNS	19
Figure II.6 : La coordination du neutre a la terre IT	20
Figure II.7 : Le premier défaut	20
Figure II.8 : Le défaut double	21
Figure II.9 : Le contact direct et indirect	24
Figure II.10 : Le symbole d'un sectionneur	25
Figure II.11 : Le symbole d'interrupteur	26
Figure II.12 : Le symbole d'interrupteur différentiel	26
Figure II.13 : Le symbole d'un disjoncteur différentiel	27
Figure II.14 : Le symbole d'un fusible	28
Figure II.15 : La sélectivité ampère métrique	33
Figure II.16 : La sélectivité chronométrique	34

Chapitre III : calcul de la section et le courant de court-circuit

Figure III.1 : Logigramme de calcul	35
Figure III.2 : Composant générales d'une distribution	51
Figure III.3 : Eléments d'une installation électrique BT	53

Chapitre VI : Conception et choix de plan de protection par ECODIAL

Figure VI.1 : Schéma unifilaire	57
Figure VI.2 : Bilan de puissance	67

Liste des tableaux

Chapitre I : Généralités sur les réseaux électriques

Tableau I.1 : Le classement des réseaux électrique selon la tension	6
Tableau I.2 : La série des normes CEI	9

Chapitre II : Plant des protections des réseaux électriques

Tableau II.1 : Les textes ministériels	21
Tableau II.2 : Différents utilisateurs du neutre	22
Tableau II.3 : Les relais d'un disjoncteur	26
Tableau II.4 : Les défauts électriques	29

Chapitre III : Calcul de la section et le courant de court-circuit.

Tableau III.1 : Les relations entre les puissances.	36
Tableau III.2 : Les valeurs du facteur d'utilisation selon l'utilisation.	37
Tableau III.3 : Les valeurs du facteur de simultanéité en fonction de l'utilisation.	38
Tableau III.4 : Les valeurs du facteur de simultanéité en fonction du nombre des récepteurs.	38
Tableau III.5 : Les mots de pose des lettres de sélection.	39
Tableau III.6 : Lettre de sélection et numéro de référence en fonction du mode de pose et du type de conducteur.	40
Tableau III.7 : Facteur de correction K1.	41
Tableau III.8 : Facteur de correction K2.	42
Tableau III.9 : Facteur de correction K3.	43
Tableau III.10 : Les sections des conducteurs pour les canalisations non enterrées.	44
Tableau III.11 : La référence en fonction du mode de pose pour la lettre D.	45
Tableau III.12 : Facteur de correction K4.	45
Tableau III.13 : Facteur de correction K5 de plusieurs circuits dans un même conduit enterré.	45
Tableau III.14 : Facteur de correction K5 des câbles d'un conduit cheminant avec d'autres conduits.	46
Tableau III.15 : Facteur de correction K5 de plusieurs câbles dans le sol directement.	46
Tableau III.16 : Facteur de correction K6 en fonction de la résistivité thermique du sol.	46
Tableau III.17 : Facteur de correction K7.	47
Tableau III.18 : Les sections des conducteurs pour les canalisations enterrées.	48
Tableau III.19 : La chute de tension.	49
Tableau III.20 : Evaluation de l'Icc aval en fonction de l'Icc amont, de la longueur et de la section de la canalisation, et pour une tension de 400 V triphasée	50
Tableau III.21 : mécanisme de travail pour le dispositif de protection	51
Tableau III.22 : Courant max amont de la source	54
Tableau III.23 : Longueur vérifiée pour projet	55

Symboles

I_n : courant nominale (A)
I_b : courant d'emploi (A)
I_z : courant admissible (A)
I₂ : courant conventionnel de fonctionnement (A)
I_r : courant de réglage (A)
I_m : courant de réglage magnétique (A)
I_f : courant de fusion (A)
I_{cc} : courant de court-circuit (A)
U_{cc} : tension de court-circuit (V)
U_n : tension nominale (V)
U₂₀ : tension au secondaire à vide (V)
P_{dc} : pouvoir de coupure (A)
K_s : coefficient de simultanéité
K_u : coefficient d'utilisation
K_e : facteur d'extension
S : puissance absorbée (VA)
P : puissance active (w)
P_n : puissance nominale
Q : puissance réactive (VAR)
η : rendement (%)
Cosφ : facteur de puissance
e : facteur de conversion des puissances en intensité
L1, L2, L3: phase1, phase2, phase3
K1, K2, K3, K4, K5, K6, K7 : facteurs de correction
R : résistance du conducteur (Ω)
S : section du conducteur (mm^2)
L : longueur du conducteur (m)
ρ : résistivité du conducteur ($\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$).
X : réactance d'un conducteur (Ω)
Z : impédance d'un conducteur (Ω)

Abréviations

BT : basse tension

MT : moyenne tension

HT : haute tension

TBT : très basse tension

TGBT : tableau générale basse tension

JDB : jeu de barre

Dép : départ

CEI : commission électrotechnique internationale

NF : norme française

CC : court-circuit

PE : conducteur de protection

Ph : conducteur de phase

N : le conducteur de neutre

PEN ou TNC : neutre et conducteur de protection sont confondus

TNS : neutre et conducteur de protection sont séparés

CPI : contrôleur permanent d'isolement

DDR: Dispositifs à courant Différentiel Résiduel.

SF6 : hexafluorure de soufre (gaz utilisé comme technique de coupure dans les disjoncteurs, les interrupteurs.)

DP : distribution publique

Cu : cuivre

Al : aluminium

Max : maximal

Min : minimal

Introduction générale

Introduction générale

Pourquoi une entreprise industrielle doit avoir son plan de protection du réseau électrique Basse tension (BTA) ?

Cette question trouve sa réponse dans les trois aspects suivants :

L'aspect sécurité (vie humaine en jeu) : Les accidents d'origine électrique dont la défaillance des protections fait partie, sont 15 fois plus souvent mortels que les accidents ordinaires, si on se base sur les statistiques de 2008, de l'INRS (Institut national de recherche et sécurité). D'où la nécessité de réduire la probabilité d'exposition au risque électrique à zéro, et dans le cas échéant, limiter la gravité par des protections fiables, rapides et étudiées pour préserver l'intégrité physique des personnes.

L'aspect légal : Face à la loi (Décret du 14 novembre 1988, relatif à la protection des travailleurs dans les établissements qui mettent en œuvre des courants électriques), et face aux compagnies d'assurances, toute entreprise et en particulier celle industrielle, doit tenir ses schémas unifilaires à jours, et doit procéder aux contrôles réglementaires comprenant les essais des protections des équipements électriques via un bureau de contrôle agréé.

L'aspect coût : Le coût direct des accidents de travail d'origine électrique s'est élevé. Les coûts indirects regroupant entre autres, les pertes de production, les coûts administratifs, le coût de remplacement de l'accidenté, la remise en état du matériel, les coûts répressifs en cas de sanction pénale et les plus-values d'assurance, sont estimés à trois fois les coûts directs dans une étude de coût de l'accidentologie en entreprise. Le manque à gagner en termes de production en cas d'arrêts intempestifs ou un déclenchement des parties saines provoqué par une coordination inadéquate, dépasse de loin l'investissement à mettre en place pour avoir un système de protection correcte.

A titre indicatif : Une journée de vente perdue à la cimenterie HJARESSOUD vaut en moyenne 10 million de dirhams de chiffre d'affaires.

La présente étude traite quatre chapitres ;

Le premier concerne :

- L'étude bibliographique du sujet des réseaux industriels.

Le deuxième chapitre établit et commente :

- Plant des protections des réseaux électriques

Le troisième chapitre concerne :

- Le recueil des données nécessaires pour le traitement des différentes parties du projet.
- la norme CEI **60364** pour la détermination de section des câbles
- Le calcul des courants de court-circuit : La configuration générale de l'installation, ainsi que la mise en application de la norme CEI **60364**.
- L'étude de la sélectivité afin d'améliorer la fiabilité des protections.
- Les recommandations à réaliser suivant les anomalies signalées.

Le quatrième chapitre traite :

- L'utilisation de logiciel Ecodial pour la réalisation et la conception de l'installation BT et le plan de protection choisi selon le cahier de charge.

Le mémoire clôturé par une conclusion générale

Chapitre I :

Généralité sur les réseaux électriques

I.1. Introduction

Dans ce chapitre et avant d'étudier et réaliser un projet d'installation électrique, il importe d'avoir quelque information essentielle sur les réseaux électriques qu'ils sont le pilier de notre société contemporaine, soutenant tout, des activités quotidiennes aux grands développements économiques et technologiques. Une infrastructure électrique fiable et efficace est essentielle pour un avenir durable et prospère.

I.2. Le réseau électrique

Un réseau électrique est un system de distribution d'électricité ou bien un ensemble d'infrastructures permettant d'acheminer l'énergie électrique des centres de production vers les consommateurs d'électricité, ce system constitué des lignes électriques exploitées à différents niveaux de tension, connectées entre elles dans des postes électriques [1].

Les postes électriques permettent de répartir l'électricité et de la faire passer d'une tension à l'autre grâce aux transformateurs.

I.2.1. Les centrales électriques

Pour produire de l'électricité, il faut transformer une source d'énergie fournie par la nature.

Cette opération est réalisée dans des centrales électriques par la mise en rotation, grâce à la force du vent, de l'eau ou de la vapeur d'eau, d'une turbine qui entraîne un alternateur

I.3. Les type de réseaux électriques

L'alimentation du poste est insérée en série sur la ligne du réseau (antenne) de distribution Il existe trois types d'antenne pour dériver le réseau : alimentation par une simple ligne ou antenne, alimentation par doubles antennes, alimentation par double antenne - doubles jeux de barres [2]

Et chaque ligne a ce qui le distingue des autres.

I.3.1. Simple antenne

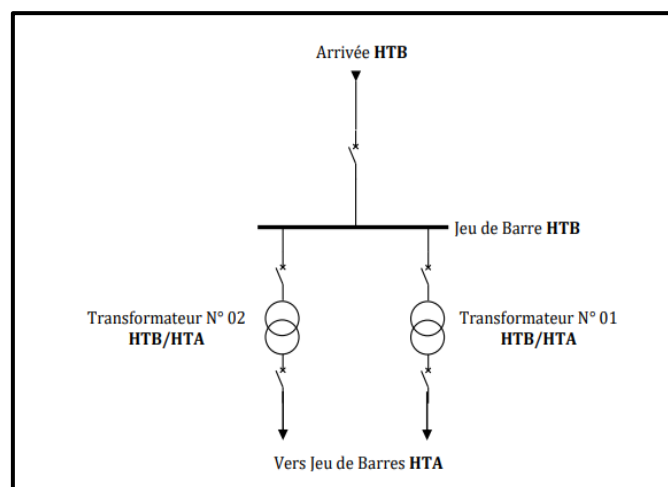


Figure I.1 : Alimentation simple antenne d'un poste de livraison HT

- Mode d'exploitation

Normal

- Les transformateurs HTB/HTA sont alimentés par un seul jeu de barre HTB.

Perturbé

- En cas de perte d'une source d'alimentation, les transformateurs HTB/HTA sont mis hors service.

Avantage

- Structure la plus simple
- Facile à protéger
- Coût minimal.

Inconvénient

- Faible disponibilité d'alimentation.
- Temps de coupure sur défaut éventuellement long.
- Un seul défaut entraîne la coupure de l'alimentation d'antenne.

I.3.2 Double antenne

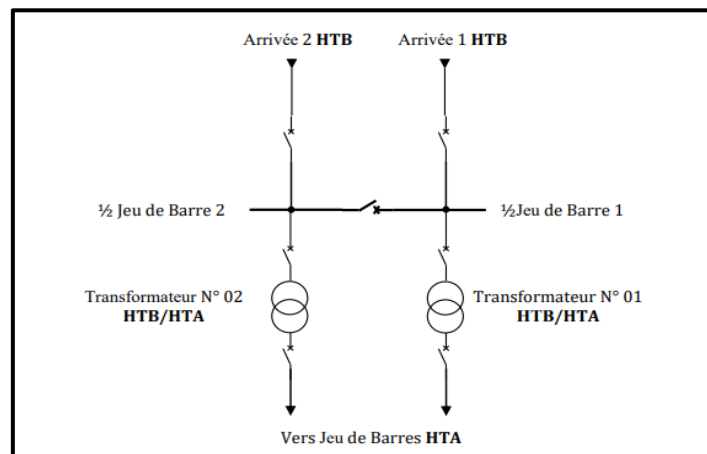


Figure I.2 : Alimentation double antenne d'un poste de livraison HT

- Mode d'exploitation

Normal

- Les deux disjoncteurs d'arrivée des sources sont fermés, ainsi que le sectionneur de couplage. Les transformateurs sont donc alimentés par les deux sources simultanément.

Perturbé

- En cas de perte d'une source, l'autre source assure la totalité de l'alimentation.

Avantages

- Bonne disponibilité, dans la mesure où chaque source peut alimenter la totalité du réseau
- Maintenance possible du jeu de barres, avec un fonctionnement partiel de celui-ci

Inconvénients

- Solution plus coûteuse que l'alimentation simple antenne
- Ne permet qu'un fonctionnement partiel du jeu de barres en cas de maintenance

I.3.3. Double antenne et doubles jeux de barres

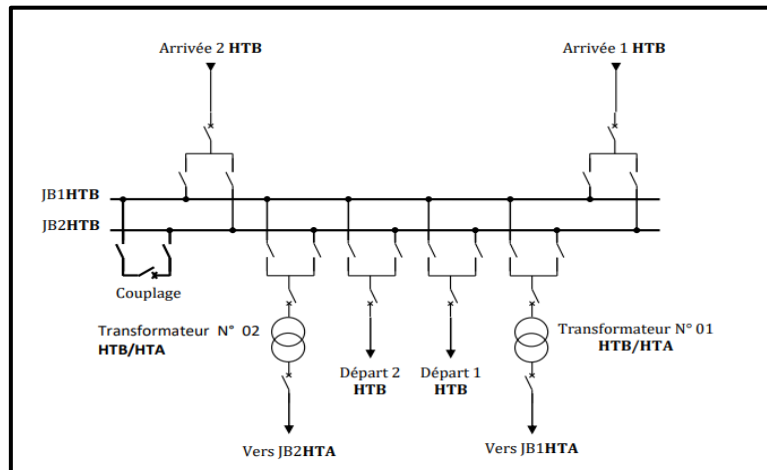


Figure I.3 : Alimentation double antenne - doubles jeux de barres d'un poste de livraison HT

- Mode d'exploitation

Normal

- La source 1 alimente, par exemple, le jeu de barres JDB1 et les départs Dep1 et Dep2.
- La source 2 alimente, par exemple, le jeu de barres JDB2 et les départs Dep3 et Dep4.
- Le disjoncteur de couplage peut être maintenu fermé ou ouvert.

Perturbé

- En cas de perte d'une source, l'autre source assure la totalité de l'alimentation.
- En cas de défaut sur un jeu de barres (ou maintenance de celui-ci), le disjoncteur de couplage est ouvert et l'autre jeu de barres alimente la totalité des départs.

Avantages

- Bonne disponibilité d'alimentation
- Très grande souplesse d'utilisation pour l'affectation des sources et des charges, et pour la maintenance des jeux de barres
- Possibilité de transfert de jeu de barres sans coupure (lorsque les jeux de barres sont couplés, il est possible de manœuvrer un sectionneur si son sectionneur adjacent est fermé).

Inconvénient

- Surcoût important par rapport à la solution simple jeu de barre

NOTE : Les réseaux électriques classiques sont décomposés en trois sous-systèmes : la production, le transport et la distribution :

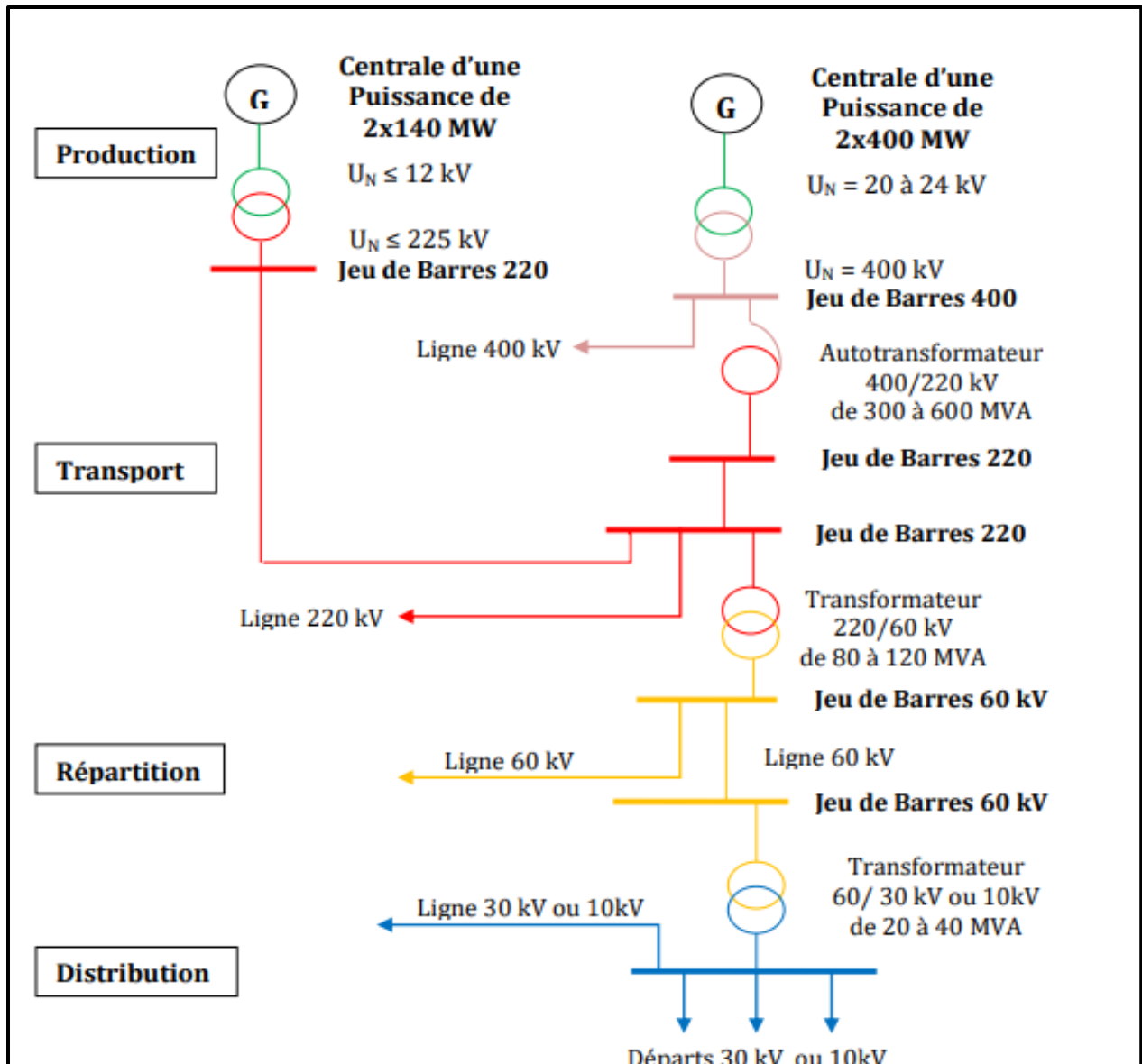


Figure I.4 : Architecture générale d'un réseau d'énergie électrique

I.4. Le classement des réseaux électriques

L'architecture d'un réseau de distribution électrique industriel est plus ou moins complexe suivant le niveau de tension, la puissance demandée et la sûreté d'alimentation requise. Nous allons identifier les différents postes de livraison BT et HT [3].

Tableau I.1: Le classement des réseaux électrique selon la tension

Domaine de Tension	Valeur de tension nominale (U_n en Volt)	
	Courant Alternatif	Courant Continu
Très Basse Tension (TBT)	$U_n \leq 50$	$U_n \leq 120$

Basse Tension (BT)	BTA	$50 < U_n \leq 500$	$120 < U_n \leq 750$
	BTB	$500 < U_n \leq 1000$	$750 < U_n \leq 1500$
Haute Tension (HT)	HTA	$1000 < U_n \leq 50000$	$1500 < U_n \leq 75000$
	HTB	$U_n > 50000$	$U_n > 75000$

TBT : Très basse tension

Utilisée dans les situations où le fonctionnement des équipements électriques présente un risque grave (piscines, parcs de loisirs, etc.)

BT : Basse tension : On l'utilise dans les réseaux de communication (téléphonie, internet, réseau informatiques) dans la domotique (vidéo surveillance, interphones, systèmes de détection d'incendie) ou dans les réseaux de télévision.

HT : Haute tension : On utilise des lignes à Haute Tension pour transporter l'électricité parce que l'augmentation de la tension limite les pertes d'énergie (c'est ce qu'on appelle « l'effet Joule »). Au niveau des régions et des départements, elles alimentent les agglomérations et les entreprises ou industries, grandes consommatrices d'électricité.

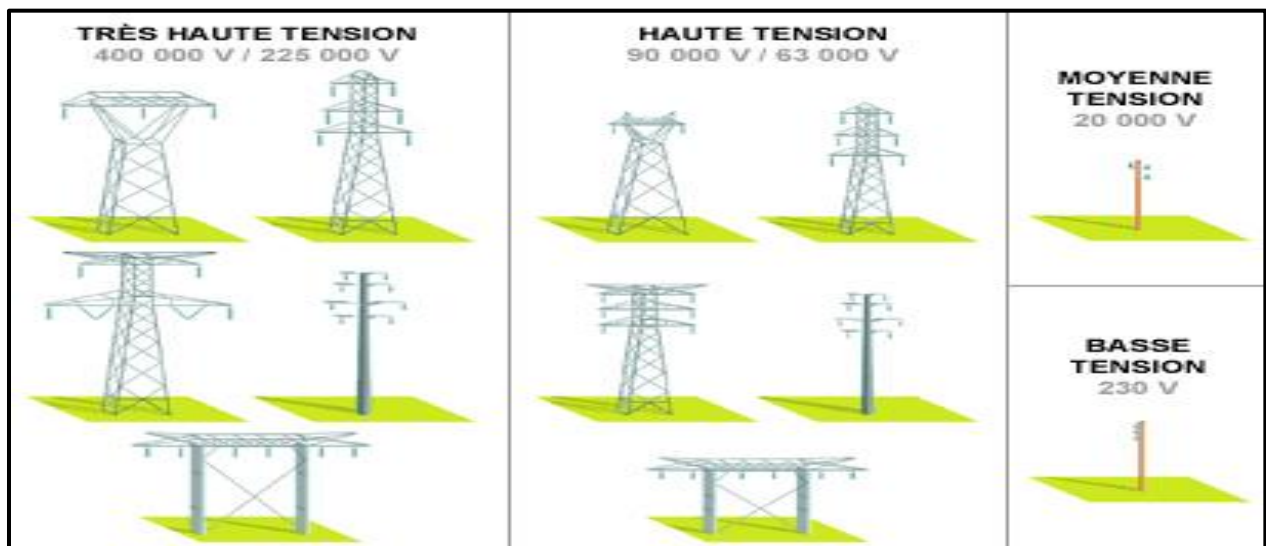


Figure I.5 : Différents transports d'un réseau d'énergies électrique

I.5. Les normes électriques

I.5.1. Définition

Les normes électriques sont standard servant de référence sur la façon de représenter un objet ou une fonction par un symbole [4].

Elles rassemblent des recommandations qui doivent être suivies lors de la réalisation ou du contrôle d'une installation ou d'un branchement électrique, elles ont ratifié et à ce titre la norme est un document légal comme un texte de loi.

Elle est utilisée par les professionnels ou par les utilisateurs d'un pays ou ensemble d'états

La manipulation de l'électricité n'est pas une tâche qui doit être prise à la légère.

Un simple changement de prise de courant ou la rénovation complète de votre installation électrique, nécessite de connaître quelques règles

I.5.2. Réglementations

Dans la plupart des pays, les installations électriques doivent répondre à un ensemble de réglementations nationales ou établies par des organismes privés agréés. Il est essentiel de prendre en considération ces contraintes locales avant de démarrer la conception de l'installation [5].

I.5.3. Les objectifs de normes électriques

Les normes électriques sont fines a :

- D'améliorer la sécurité des personnes.
- D'évaluer la qualité des produits et services.
- De contribuer à la protection de l'environnement.

I.5.4. Les types de normes électriques

Elles se divisent en trois groupes de niveau :

- Niveau international
- Niveau régional
- Niveau National

- Au niveau international

ISO (International Organization for Standardization)

CEI (Commission Électrotechnique Internationale)

UIT (Union Internationale des Télécommunications)

- Au niveau régional

CEN (Comité Européen de Normalisation)

CENELEC (Comité Européen de Normalisation pour l'Électrotechnique)

ETSI (Européen Télécommunications Standard Institut)

AFNOR (Association Française de Normalisation)

UTE (Union Technique de l'Électricité)

- Au niveau national

SCC (Standards Council of Canada)

IBN (Institut Belge de Normalisation)

ASTM (American Society for the Testing of Materials)

SNV (Schreibersite Norman Vereinigung)

DIN (Deutsche Industrie Normen)

BSI (British Standard Institute)

ANSI (American National Standard Institute)

I.5.5. Les normes CEI

Les normes CEI appropriées en particulier les normes d’installation CEI 60364 (série).

Les normes CEI 60364 (série), CEI 60479-1 (série) et NF C 15-100 ont été établies par des experts en médecine et en ingénierie de renommée internationale et issus du monde entier, faisant part de leur expérience,

Actuellement, les principes de sécurité développés dans ces normes sont les principes fondamentaux de la plupart des normes électriques dans le monde (voir le tableau ci-dessous et en page suivante) [5].

Tableau I.2 : La série des normes CEI

CEI 60269-1	FUSIBLES BASSE TENSION - EXIGENCES GÉNÉRALES
CEI 60269-2	Fusibles basse tension - Exigences supplémentaires pour les fusibles destinés à être utilisés par des personnes habilitées (fusibles pour usages essentiellement industriels)
CEI 60282-1	Fusibles à haute tension - Fusibles limiteurs de courant
CEI 60287-1-1	Câbles électriques - Calcul du courant admissible - Équations de l'intensité du courant admissible (facteur de charge 100 %) et calcul des pertes – Généralités
CEI 60364	Installations électriques à basse tension
CEI 60364-1	Installations électriques à basse tension - Principes fondamentaux, détermination des caractéristiques générales, définitions
CEI 60364-4-4	Installations électriques à basse tension - Protection pour assurer la sécurité - Protection contre les chocs électriques
CEI 60364-4-42	Installations électriques des bâtiments - Protection pour assurer la sécurité - Protection contre les effets thermiques
CEI 60364-4-43	Installations électriques des bâtiments - Choix et mise en œuvre des matériels électriques - Sectionnement, coupure et commande
CEI 60364-4-44	Installations électriques à basse tension - Protection pour assurer la sécurité - Protection contre les perturbations de tension et les perturbations électromagnétiques
CEI 60364-5-51	Installations électriques des bâtiments - Choix et mise en œuvre des matériels électriques - Règles communes
CEI 60364-5-52	Installations électriques des bâtiments - Choix et mise en œuvre des matériels électriques – Canalisations
CEI 60364-5-53	Installations électriques des bâtiments - Choix et mise en œuvre des matériels électriques - Sectionnement, coupure et commande

CEI 60364-5-54	Installations électriques des bâtiments - Choix et mise en œuvre des matériels électriques - Mises à la terre, conducteurs de protection et conducteurs d'équipotentialité de protection
CEI 60364-5-55	Installations électriques des bâtiments - Choix et mise en œuvre des matériels électriques - Autres matériels
CEI 60364-6-61	Installations électriques à basse tension - Vérification - Vérification initiale
CEI 60364-7-701	Installations électriques à basse tension - Règles pour les installations et emplacements spéciaux - Emplacements contenant une baignoire ou une douche
CEI 60364-7-702	Installations électriques des bâtiments - Règles pour les installations et emplacements spéciaux - Section 702 : Piscines et autres bassins
CEI 60364-7-703	Installations électriques dans les bâtiments - Exigences pour les installations ou emplacements spéciaux - Locaux contenant des radiateurs pour saunas
CEI 60364-7-704	Installations électriques basse tension - Exigences pour les installations ou emplacements spéciaux - Installations de chantiers de construction et démolition
CEI 60364-7-705	Installations électriques basse tension - Exigences pour les installations ou emplacements spéciaux - Établissements agricoles et horticoles
CEI 60364-7-706	Installations électriques basse tension - Exigences pour les installations ou emplacements spéciaux - Enceintes conductrices exigües
CEI 60364-7-707	Electrical installations of buildings - Requirements for special installations or locations - Earthing requirements for the installation of data processing equipment
CEI 60364-7-708	Installations électriques à basse tension - Exigences pour les installations ou emplacements particuliers - Parcs de caravanes, parcs de camping et emplacements analogues
CEI 60364-7-709	Installations électriques à basse tension - Exigences pour les installations ou emplacements spéciaux - Marinas et emplacements analogues
CEI 60364-7-710	Installations électriques des bâtiments - Règles pour les installations ou emplacements spéciaux - Locaux à usages médicaux
CEI 60364-7-711	Installations électriques des bâtiments - Règles pour les installations et emplacements spéciaux - Expositions, spectacles et stands
CEI 60364-7-712	Installations électriques des bâtiments - Règles pour les installations et emplacements spéciaux - Alimentations photovoltaïques solaires (PV)
CEI 60364-7-713	Installations électriques des bâtiments - Règles pour les installations et emplacements spéciaux - Section 713 : Mobilier
CEI 60364-7-714	Installations électriques des bâtiments - Règles pour les installations et emplacements spéciaux - Section 714 : Installations d'éclairage extérieur
CEI 60364-7-715	Installations électriques des bâtiments - Règles pour les installations et emplacements spéciaux - Installations d'éclairage à très basse tension
CEI 60364-7-717	Installations électriques des bâtiments - Règles pour les installations ou emplacements spéciaux - Unités mobiles ou transportables
CEI 60364-7-740	Installations électriques des bâtiments - Règles pour les installations ou emplacements spéciaux - Installations électriques temporaires de structures, jeux et baraques dans des champs de foire, des parcs de loisirs et des cirques

I.6. La conclusion

Les réseaux électriques sont au cœur du développement économique et social. Leur modernisation et leur adaptation aux nouvelles technologies et aux défis environnementaux sont essentielles pour assurer un approvisionnement énergétique durable et fiable pour les générations futures.

Chapitre II :

Plan des protections des réseaux électriques

II.1. Introduction

Pour permettre à vos appareils électriques de fonctionner correctement, la tension et l'intensité de l'électricité qui circule dans votre installation intérieure doivent être comprises entre des valeurs bien précises. On parle de défaut électrique lorsque ces valeurs sont dépassées, à la baisse ou à la hausse, ce qui peut provoquer dans les cas les plus graves une panne électrique ou mettre en péril la sécurité des biens et des personnes. Mais sachez que les fuites de courants, qui peuvent provoquer des électrisations, sont également considérées comme des défauts électriques.

II.2. Le défaut électrique

Un défaut électrique est une modification accidentelle de la nature du courant circulant dans un circuit pouvant perturber son fonctionnement normal et provoquer une panne électrique. Il survient lorsque l'intensité (I) d'un courant électrique, mesurée en Ampère, ou sa tension (U), mesurée en Volt, dépassent les valeurs prévues pour un circuit donné [6].

On parle également de défaut électrique lorsqu'on détecte la présence d'un courant de fuite, c'est-à-dire lorsque de l'électricité « fuit » d'un circuit, provoquant une variation de l'intensité du courant mesurée à l'entrée et à la sortie d'une installation [7].

La modification de l'intensité ou de la tension induite par un défaut électrique peut être soudaine, élevée et brève ou modérée et prolongée mais est toujours susceptible d'engendrer un dysfonctionnement plus ou moins important.

On identifie habituellement cinq principaux défauts électriques, à savoir :

- La surtension
- La surintensité par surcharge
- La surintensité par court-circuit
- La baisse de tension
- La fuite électrique.

II.2.1. La surtension

Une surtension correspond à une élévation soudaine de la tension (en Volt) du courant circulant dans une installation électrique. Une surtension peut être provoquée par :

Un coup de foudre ; lorsque la foudre de frappe une ligne électrique, un courant de plusieurs milliers de Volt se déverse en une fraction de seconde depuis le point de contact jusqu'au sous-sol en empruntant le chemin le plus conducteur possible. Dans certaines situations, ce chemin peut passer par les fils de votre installation électrique intérieure

Un contact accidentel entre une ligne haute tension et une ligne du réseau basse tension ;

L'allumage d'un appareil électrique très énergivore, bien que ces surtensions soient beaucoup plus légères que celles provoquées par un coup de foudre ou par un dysfonctionnement majeur du réseau [8].

- Reconnaître une surtension

Si votre installation subit une importante surtension due à la foudre ou un dysfonctionnement du réseau, vous vous en rendrez malheureusement compte assez facilement en constatant de nombreuses pannes électriques concernant tout ou partie de votre installation ou la plupart de vos appareils électriques. Si par exemple toutes vos ampoules sont grillées, pas de doute, votre installation a bien été victime de la foudre.

II.2.2. La surintensité par surcharge électrique

C'est sans doute l'un des défauts électriques les plus courants. Il survient lorsque trop d'appareils ou des appareils trop gourmands en électricité sont branchés sur un circuit ou sur une prise de courant qui n'est pas correctement dimensionné pour délivrer autant d'électricité à la fois [9].

Une surintensité par surcharge se caractérise par une élévation continue dans le temps de l'intensité du courant circulant dans le circuit [10].

- Reconnaître une surcharge électrique

Le premier signe d'une surcharge est : le déclenchement du disjoncteur protégeant le circuit concerné. Si tel était le cas, éteignez ou débranchez les appareils électriques branchés sur ce circuit avant de le réenclencher. Si le disjoncteur ne se déclenche pas après avoir été réarmé, le problème venait bien d'une surcharge électrique, vous aviez simplement trop d'appareils branchés sur le même circuit [11].

Il peut également arriver que la surcharge soit suffisamment légère pour ne pas déclencher le disjoncteur, ce qui ne l'empêche pas pour autant de détériorer petit à petit le circuit. Vous pouvez néanmoins repérer ce défaut électrique si vous constatez un échauffement au niveau d'un conducteur ou d'une prise électrique.

II.2.3. La surintensité par court-circuit

Contrairement à une surintensité par surcharge, une surintensité par court-circuit est le plus souvent soudaine et élevée, avec des valeurs pouvant atteindre en quelques millisecondes jusqu'à mille fois l'intensité habituelle [9].

Un court-circuit est provoqué lorsque deux points d'un circuit affichant une différence de potentiel entrent accidentellement en contact, ce qui peut par exemple subvenir si les isolants des conducteurs ont été détériorés ou si une forte humidité permet à l'électricité de passer d'un circuit à un autre.

En peut déterminer un court-circuit en fonction de [7] :

- ✓ **La durée :**

- _ Auto-extincteur : le court-circuit est bref, ne déclenche pas le disjoncteur et se résorbe de lui-même sans nécessiter d'intervention
- _ Fugitif : le court-circuit déclenche le disjoncteur et provoque de brèves coupures de courant mais se résorbe de lui-même sans nécessiter d'intervention
- _ Semi-permanent : le court-circuit déclenche le disjoncteur et provoque une ou plusieurs longues coupures de courant mais se résorbe de lui-même sans nécessiter d'intervention
- _ Permanent : le court-circuit déclenche le disjoncteur et provoque une coupure de courant persistante et nécessitant l'intervention d'un électricien

✓ **L'origine :**

- _ Mécanique : si deux conducteurs entrent en contact suite à la rupture accidentelle d'un connecteur, à un branchement mal réalisé ou usagé ou au passage d'un rongeur par exemple
- _ Surcharge électrique : si le court-circuit est provoqué par les effets d'une surintensité prolongée ayant détérioré le circuit et ses composants
- _ Surtension d'origine atmosphérique : si le court-circuit est la conséquence d'un coup de foudre

✓ **Les conducteurs concernés :**

- _ Monophasé : lorsque le court-circuit est causé par la mise en contact d'une phase et d'un neutre
- _ Biphassé : lorsque le court-circuit est causé par la mise en contact de deux phases
- _ Biphassé-terre : lorsque le court-circuit est causé par la mise en contact de deux phases et d'une terre
- _ Biphassé et phase-terre : lorsque le court-circuit est causé par la mise en contact de deux phases et la mise en contact de la troisième phase avec la terre
- _ Triphasé : lorsque le court-circuit est causé par la mise en contact de trois phases
- _ Triphasé-terre : lorsque le court-circuit est causé par la mise en contact de trois phases et d'une terre

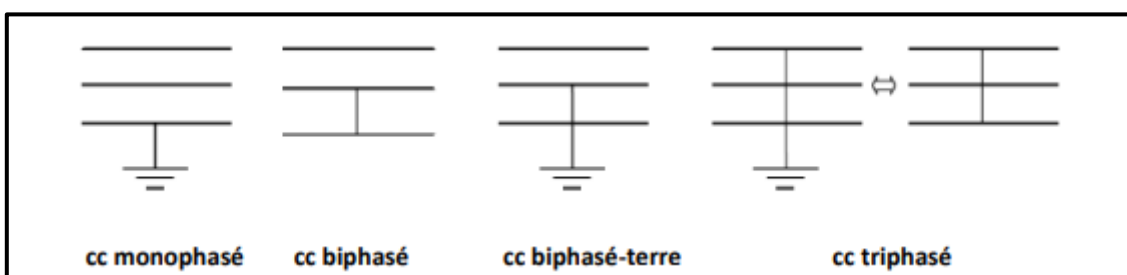


Figure II.1 : Différents types de court-circuit

✓ **La nature de la connexion :**

- _ Franc : lorsque les deux points du court-circuit entrent directement en contact
 - _ Lorsque les deux points du court-circuit sont mis en contact via un matériau conducteur (mur humide, arbre, etc.).
- Reconnaître un court-circuit

Un court-circuit ne se détecte pas aisément, ses conséquences étant relativement similaires à celles d'une surcharge électrique. Néanmoins, la surintensité provoquée par un court-circuit étant beaucoup plus élevée, les signaux permettant de l'identifier sont généralement plus visibles et plus spectaculaires, à savoir :

- _ Le déclenchement du disjoncteur qui protège le circuit concerné
- _ La survenue d'une panne électrique au niveau d'un circuit, d'un interrupteur ou d'une prise, ce qui nécessitera l'intervention d'un électricien pour identifier l'origine du court-circuit et réparer le ou les composants endommagés ;
- _ L'apparition d'un arc électrique ou d'étincelles au niveau du point de contact.

II.2.4. La baisse tension

Lorsque de l'électricité circule dans un conducteur électrique, une partie se transforme en chaleur, c'est l'effet joule [12]. Ce phénomène naturel provoque une chute de tension (en Volt) entre le début du circuit et son extrémité. Si elle est trop importante, cette chute de tension devient un défaut électrique et peut entraîner un dysfonctionnement ou la panne de certains appareils électriques [13].

En France, la norme NF C 15-100 qui régit la conception des installations électriques privatives fixe la tension nominale à 230 Volts en monophasé et 400 Volts en triphasé. Elle considère également qu'une chute de tension est normale et sans conséquence pour le circuit ou ses appareils si elle est inférieure à 3 % de la tension nominale de l'installation pour un circuit d'éclairage, et 5 % de la tension nominale de l'installation pour les autres types de circuits (prises de courant, radiateurs électriques, volets roulants, etc.) [14].

Ainsi, la tension du courant circulant dans une installation privative classique en monophasé ne doit jamais être inférieure à 223 V en tout point. En deçà de ce seuil, on parle d'une baisse ou d'un manque de tension.

Le plus souvent, ce défaut électrique trouve une origine externe à l'installation et est le plus souvent provoqué par des intempéries (fortes pluies, chutes de neige, etc.) qui peuvent perturber le fonctionnement normal du réseau de distribution d'électricité.

Une baisse de tension peut également s'expliquer par une trop forte sollicitation de votre installation, si vous faites fonctionner de nombreux appareils électriques simultanément. Un fil rompu ou détérioré entravant le passage normal du courant peut également être à l'origine d'une baisse de tension dans une partie de l'installation.

- Reconnaître une baisse de tension

La plupart des appareils électriques étant conçus pour fonctionner avec du 230 Volts, si la tension de l'électricité est inférieure, ils peuvent perdre en puissance active ou ne plus fonctionner. Pour faire simple, si la luminosité de vos ampoules baisse ou que vos appareils électriques se mettent à tourner au ralenti, c'est le signe évident que votre installation connaît très probablement une baisse de tension.

II.2.5. La fuite électrique

Une fuite de courant correspond souvent à un défaut d'isolement des fils. S'ils sont dénudés et mis en contact direct d'un matériau conducteur, comme la carcasse métallique d'une machine à laver, l'électricité peut s'échapper du circuit. Ce courant dit de « fuite » peut provoquer des électrisations et entraîner une surconsommation d'électricité. Notez que ce défaut électrique survient davantage en milieu humide.

En principe, les fuites de courant sont détectées par les disjoncteurs différentiels qui équipent votre tableau électrique et protègent chacun de vos circuits. S'ils détectent une différence de potentiel entre le courant qui entre dans un circuit et celui qui en ressort, ils coupent automatiquement l'alimentation électrique du circuit concerné pour interrompre la fuite et prémunir les biens et les personnes de ses conséquences [15].

- Reconnaître une fuite électrique

Il existe deux principales façons de détecter une fuite électrique, la seconde étant particulièrement douloureuse :

- _ En constatant une surconsommation inhabituelle alors que vos habitudes de consommation n'ont pas changé
- _ En prenant un coup de jus après avoir touché une huisserie métallique, un mur gorgé d'eau ou la carcasse d'un appareil électrique.

II.3. Le régime du neutre

II.3.1 Le neutre

Le conducteur neutre est le fil électrique qui permet le retour du courant au distributeur dans une installation électrique et assure d'obtenir une tension de 220 V monophasée à partir d'une tension de 400 V triphasée.

Sa rupture peut néanmoins faire griller vos appareils et vous mettre en danger [16].

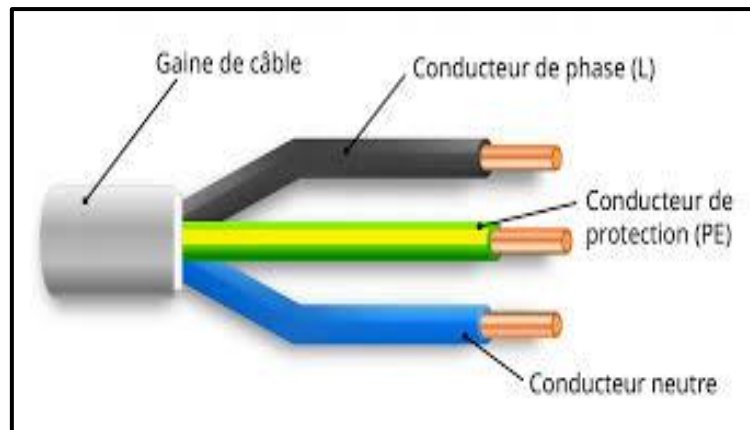


Figure II.2 : Le code couleur du fil

II.3.2 La rupture du neutre

Lorsque on a dit le fil neutre permet normalement d'obtenir une tension de 220 V monophasée à partir d'une tension de 400 V triphasée en Algérie, provenant du réseau on parle donc de rupture de neutre quand ce dernier fil est en défaut, ou coupé, ce qui fait que l'ensemble des équipements branchés à l'installation n'est plus sous du 220 V, mais sur du 400 V !

En pratique, la coupure du fil neutre grille les appareils électriques concernés, qui se retrouvent montés en série et soumis à une surtension qui leur est fatale. Les équipements affectés par une rupture du neutre sont généralement hors service de façon définitive. Dans les cas les plus extrêmes, la rupture de neutre peut même conduire à l'incendie du logement [17].

On distingue deux origines principales pour une rupture de neutre :

Le distributeur d'électricité : lors d'un problème affectant le réseau (coupure de courant, vétusté des lignes ou câbles électriques de haute tension, intempéries affectant les lignes, etc.)

L'être humain : provoque un dysfonctionnement dans l'installation électrique (une installation triphasée très ancienne, une coupure après le compteur dans le cas d'une installation monophasée, etc.) [5].

II.4. Les types du régime du neutre

La norme C15-100 définit trois régimes de neutre qui sont caractérisés par deux lettres sentiels et deux autres lettres secondaires, pour La distribution de la basse tension (230 V et 380 V) [18] :

- 1ère lettre : Situation du neutre par rapport à la terre :
 - **T** : liaison d'un point avec la terre.
 - **I** : isolation de toutes du neutre par rapport à la terre, ou liaison d'un point avec la terre à travers une Impédance.
- 2ème lettre : Situation des masses de l'installation par rapport à la terre :

- **T** : Masses reliées directement à la terre ;
 - **N** : Masses reliées au neutre de l'installation, lui-même relié à la terre.
- 3ème lettre : Uniquement le régime TN.
- **C** : Les conducteurs de protection PE et de neutre N sont confondus.
 - **S** : Les conducteurs PE et de neutre N sont séparés.

Sur la précédent base:

a) **Neutre à la terre TT :**

Ce régime est de la distribution basse tension, associés à disjoncteurs différentiels 30mA des installations basse tension domestiques seuls les usagers propriétaires de leurs transformateurs (industrie, hôpitaux) peuvent utiliser d'autres régimes de neutre.

La carcasse des appareils (côté utilisateur) est reliée à la terre.

Aussitôt qu'un défaut d'isolement (masse reliée à la terre qui entre en contact avec une phase) survient, il doit y avoir coupure : c'est la coupure au premier défaut [19].

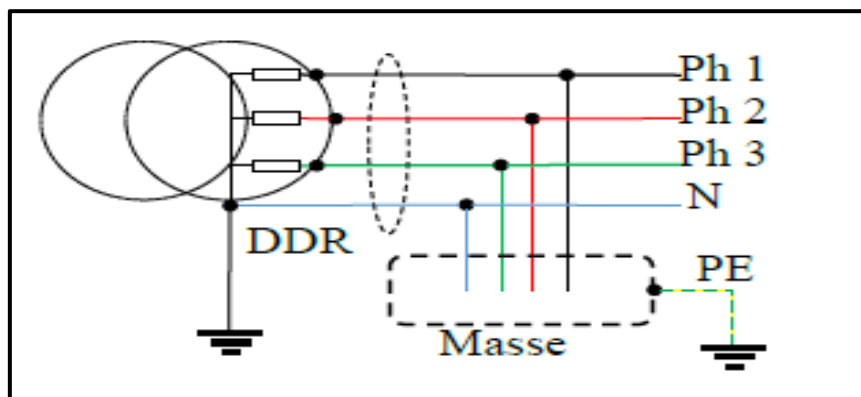


Figure II.3 : La coordination du neutre à la terre TT

DDR : Dispositifs à courant Différentiel Résiduel peut être soit un disjoncteur soit un interrupteur.

b) **Neutre à la terre TN**

Le schéma TN est plus particulièrement utilisé dans les établissements recevant du public, magasins, hôpitaux, grandes cuisines, il existe 2 régimes TN : TNC et TNS [20] :

- **TNC** : Le neutre (N) et le conducteur de protection (PE) sont confondus (PEN sur le schéma). Ce régime est interdit pour des sections de câbles inférieures à 10 mm². En effet, la tension entre les extrémités du conducteur de protection doit rester aussi faible que possible.
- **TNS** : Le neutre (N) et le conducteur de protection (PE) sont séparés. Il faut utiliser des appareils tripolaires + neutres

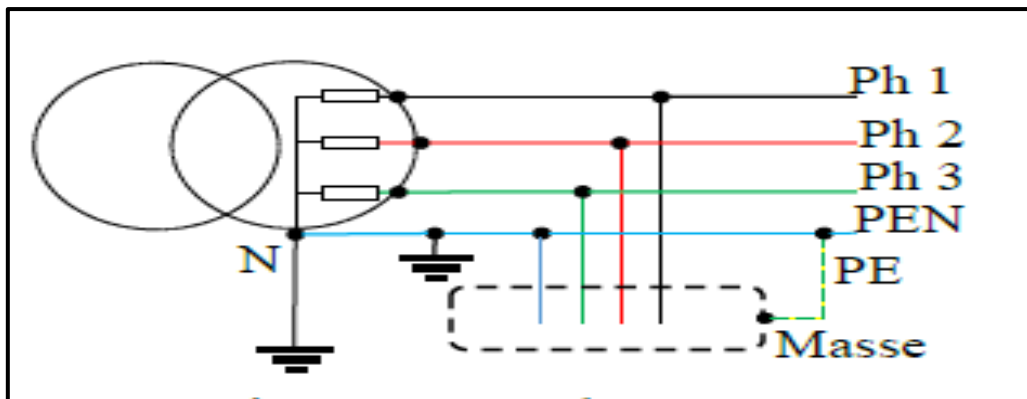


Figure II.4 : La coordination du neutre à la terre TN-C

Dans le schéma TNC le neutre et le conducteur de protection sont confondus en un seul conducteur appelé PEN.

Ce type de schéma est interdit pour des sections de conducteurs inférieures à 10 mm^2 cuivre et 16 mm^2 aluminium et ne pas comprendre d'installations mobiles (câbles souples).

Le conducteur PEN (Protection et Neutre) ne doit jamais être sectionné

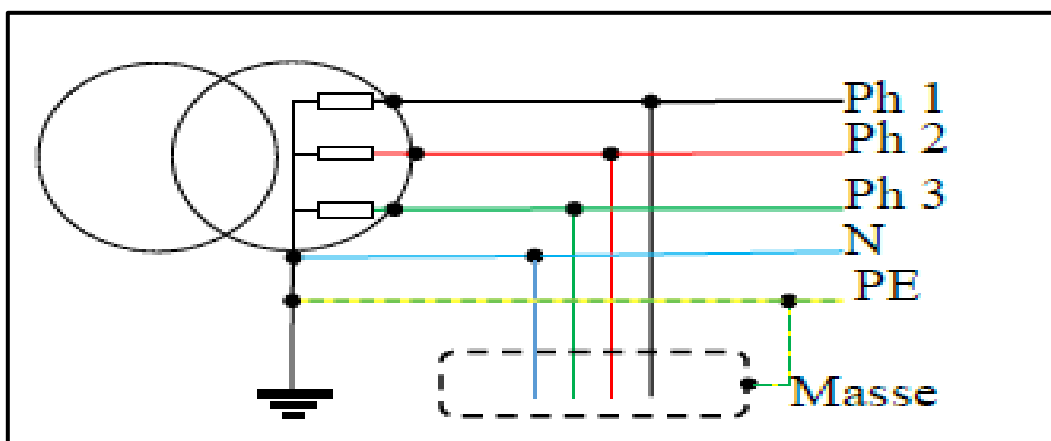


Figure II.5 : La coordination du neutre à la terre TN-S

Dans le schéma TN-S le conducteur de neutre et le conducteur de protection sont séparés.

En TN, ce schéma est obligatoire pour des sections inférieures à 10 mm^2 cuivre ou 16 mm^2 aluminium, ainsi que pour les canalisations mobiles [20].

c) Neutre à la terre IT :

Ce régime de neutre signifie [21] :

- Neutre isolé coté transfo de distribution
- Masse reliée à la terre coté utilisateur

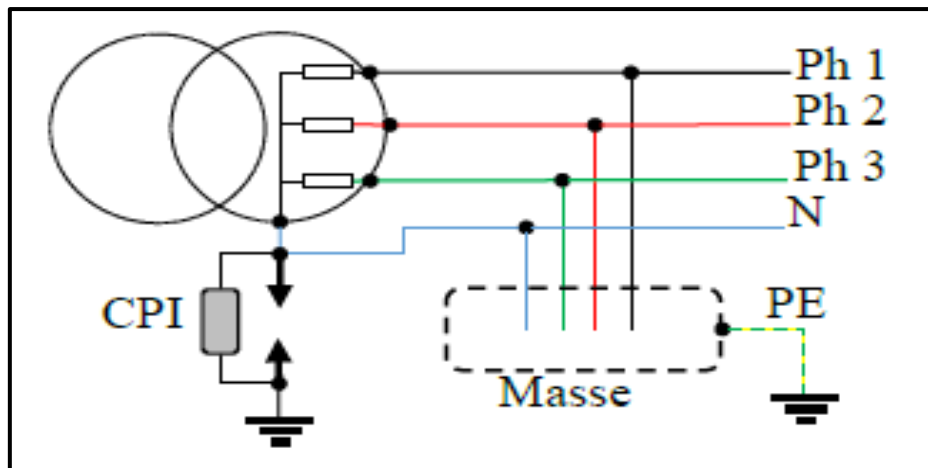


Figure II.6 : La coordination du neutre à terre IT

Ce type de régime de neutre permet surtout d'assurer une bonne continuité de service en cas de premier défaut. Mais il nécessite impérativement que les conditions suivantes soient respectées :

- L'installation est alimentée par un poste de transformation privé.
- Un service d'entretien électrique compétent est présent pour la recherche du premier Défaut.
- L'installation est munie d'un ensemble de détection du premier défaut (contrôleur permanent d'isolement CPI) et d'un limiteur de surtension.
- Les protections au deuxième défaut sont assurées sur chacun des départs

Le premier défaut ne présente pas de danger pour l'utilisateur en régime IT.

Le premier défaut doit alors être recherché et résolu par un personnel compétent et habilité.

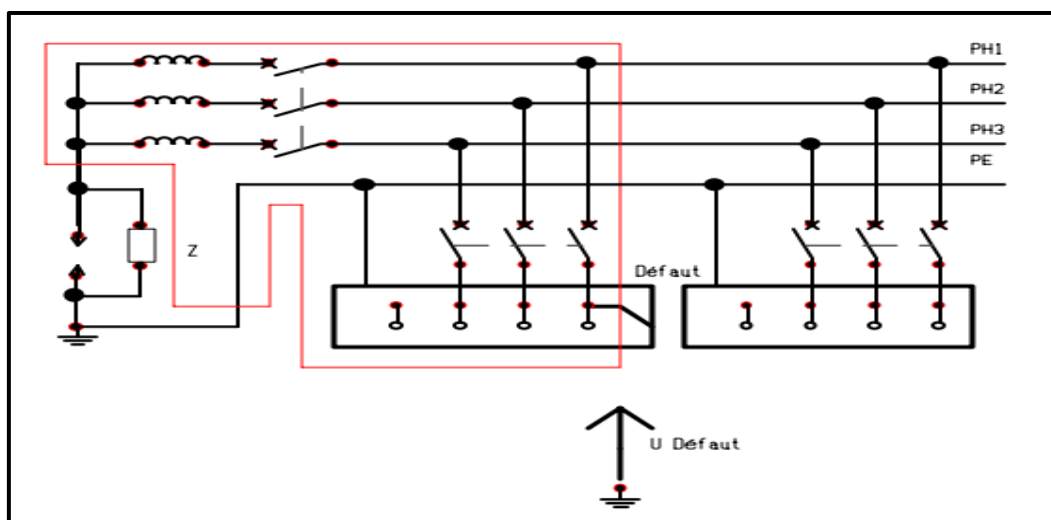


Figure II.7 : Le premier défaut

En cas de **deuxième défaut** (une deuxième phase entre en contact avec la masse), les deux phases se trouvent court circuitées entre elles via la masse de l'appareil. Il y a alors coupure du système.

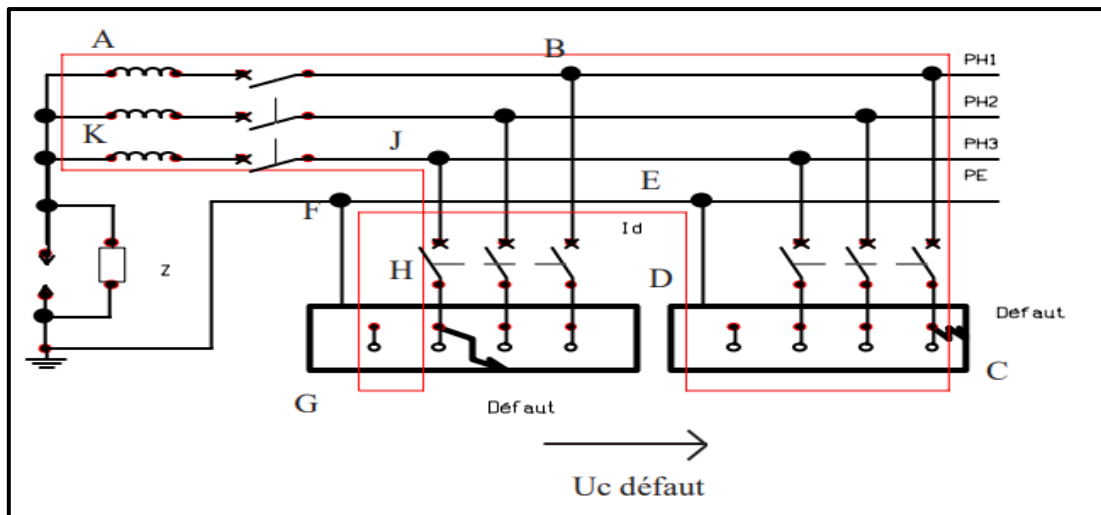





Figure II.8 : Le défaut double


II.5. Le choix d'un régime du neutre

En basse tension, le choix du régime du neutre est sur la base suivante [22] :

- Des textes ministériels qui imposent des régimes particuliers

Tableau II.1. Les textes ministériels

Schéma	Textes officiels ou recommandation	Concerne
TT	Arrêté interministériel du 13.2.70.	Bâtiment alimenté directement par un réseau de distribution publique BT (domestique, petit tertiaire, petit atelier) 
IT	Règlement de sécurité contre les risques de panique et d'incendie dans les lieux recevant du public (IT médical cf NF C 15-211° Arrêté ministériel du 10.11.76 relatif aux circuits et installations de sécurité (publié au JO du 1.12.76).	 Circuits de sécurité (éclairage) soumis au décret de protection des travailleurs 

IT ou TT	Décret n° 76-48 du 9.1.76. Circulaire du 9.1.76 et règlement sur la protection du personnel dans les mines et les carrières, annexée au décret 76.48.	Mines et carrières 
----------	--	---

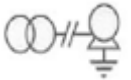


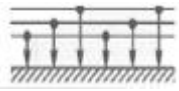

➤ **D'utilisateur** qu'il :





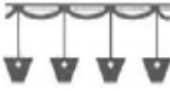

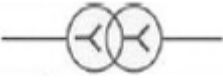


- Est propriétaire du transformateur HT/BT qui l'alimente
- Est alimenté par un transformateur BT/BT à enroulements séparés
- À sa propre source d'énergie

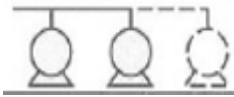

Le choix du régime par l'utilisateur est encore guidé par :

- La nature du réseau
- La nature des récepteurs
- Des considerations diverse:
 - Des impératifs de continuité de service
 - Des conditions d'exploitation (personnel qualifié ou non)
 - Des caractéristiques particulières des récepteurs (outils portatifs, récepteurs à faible isolement...)

Tableau II.2. Différents utilisateurs du neutre

La nature du réseau		conseillé	possible	déconseillé
Réseau très étendu avec bonnes prises de terre des masses d'utilisation (10Ω max)		/	TT, TN, IT (1) Ou mixage	/
Réseau très étendu avec mauvaises prises de terre des masses d'utilisation ($> 30\Omega$)		TT	TNS	IT (1) TNC
Réseau perturbé (zone orageuse) (ex : réémetteur tété ou radio)		TN	TT	IT (2)
Réseau avec courants de fuite importants (> 500 mA)		TN (4)	IT (4) TT (3)(4)	
Réseau avec lignes aériennes extérieures		IT (5)	TN (5)(6)	IT (6)

Groupe électrogène de sécurité		IT	TT	TN (7)
La nature des récepteurs		conseillée	possible	déconseillé
Récepteurs sensibles aux grands courants de défauts (moteurs..)		IT	TT	TN (8)
Récepteurs à faible isolement (fours électriques, soudeuses, outils chauffants, thermoplongeurs, équipements de grandes cuisines)		TN (9)	TT (9)	IT
Nombreux récepteurs monophasés phase neutre (mobiles, semi-fixes, portatifs)		TT (10) TNS		IT (10) TNC (10)
Récepteurs à risques (palans, convoyeurs..)		TN (11)	TT (11)	IT (11)
Nombreux auxiliaires (machines-outils)		TNS	TNC IT (12 bis)	TT (12)
Les considerations diverse		conseillée	possible	déconseillée
Alimentation par transformateur de puissance ave couplage étoile-étoile (13)		TT	IT sans neutre	TN (13) IT avec neutre
Locaux avec risques d'incendie		IT (15) TT (15)	TNS (15)	TNC (14)
Augmentation de la puissance d'un abonné alimenté par EDF en basse tension, nécessitant un poste de transformation privé		TT (16)		

Établissement avec modifications fréquentes		TT (17)		TN (18) IT (18)
Installation où la continuité des circuits de terre est incertaine (chantiers, installations anciennes)		TT (19)	TNS	TNC IT (19)
Équipements électroniques : calculateurs, automates programmables		TNS	IT	TNC
Réseau de contrôle et commande des machines et capteurs effecteurs des automates programmables		IT (20)	TNS TT	

II.6. L'importance d'un régime du neutre

De ce qui précède, nous pouvons conclure que l'importance du régime du neutre quelle que soit le type est : Le régime de neutre optimise les conditions d'exploitation du réseau tout en assurant la protection des personnes et des biens contre les contacts directs et indirects, Tous les régimes sont équivalents sur le plan de la protection des personnes [19].

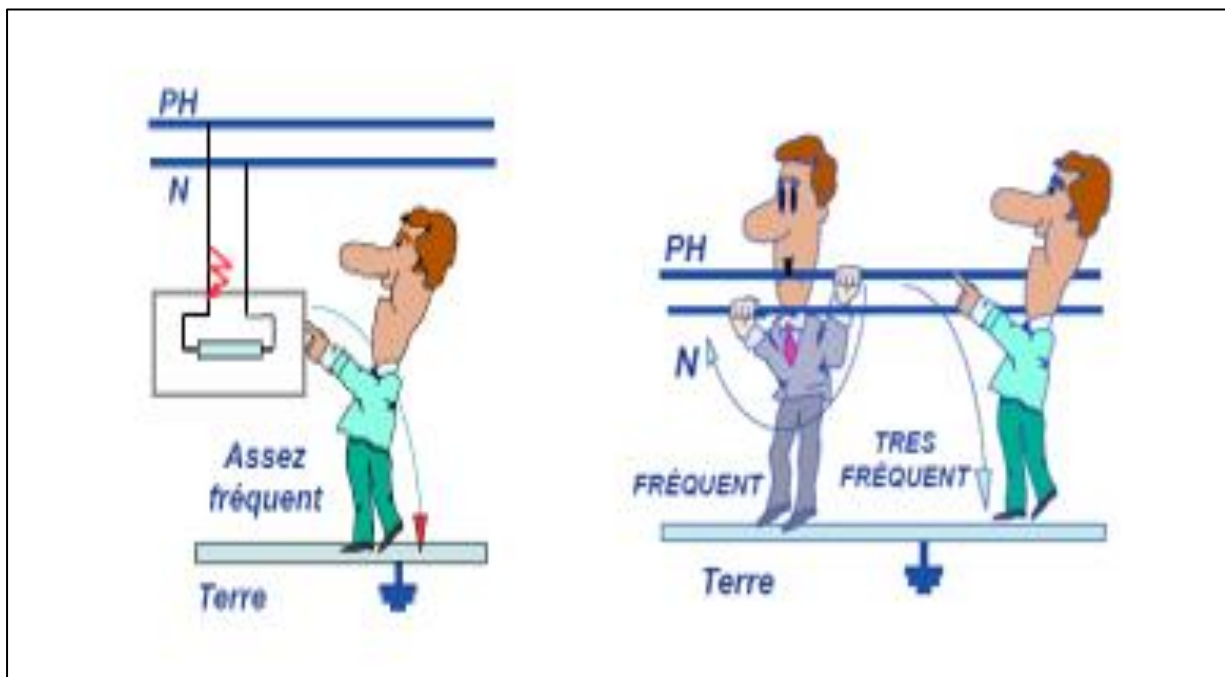


Figure II.9 : Le contact direct et indirect.

II.7. L'appareillage de protection

II.7.1. Définition

L'expression « appareil électrique », « appareil de transformation » ou encore l'apparition de « appareil de communication électrique » désigne tous les appareils adaptés pour réaliser la protection nécessaire pour un réseau électrique.

Cela inclut donc tous les dispositifs associés, tels que le contrôle, la mesure et la régulation du système électrique [23].

II.7.2 Différents appareilles de protection

Il y a quelques dispositifs clés permettent d'assurer une sécurité optimale des personnes et des appareils [24] :

- **Le sectionneur**

Dispositif placé au niveau de l'alimentation du tableau de distribution dans les installations basse tension.

Sa commande est manuelle et a deux positions stables (ouvert/fermé) qui assure la fonction de sectionnement.

Un sectionneur n'est pas conçu pour fermer et couper un courant de charge mais il est supporté le passage de courants de court-circuit.

Ses caractéristiques sont définies par les normes CEI 60947-3 et NF EN 60947-3 :

- Possède un courant assigné de courte durée admissible, généralement pour 1 seconde
- Cette caractéristique est normalement plus que suffisante pour qu'il puisse supporter des courants de surcharge normaux (d'intensité plus faible) pendant des périodes plus longues, telles que les courants de démarrage de moteurs.
- L'endurance mécanique
- La tenue aux surtensions et la valeur des courants de fuite

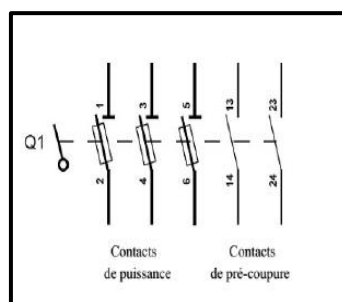


Figure II.10 : Le symbole d'un sectionneur

- **L'interrupteur**

Cet appareil est généralement commandé manuellement (mais il peut être équipé d'une commande électrique pour le confort d'utilisation). C'est un appareil non automatique à deux positions (ouvert/fermé).

Ses caractéristiques sont définies par les normes CEI 60947-3 et NF EN 60947-3 :

- Capable d'établir, de supporter et d'interrompre des courants dans les conditions normales du circuit, y compris éventuellement des courants de surcharge en service.

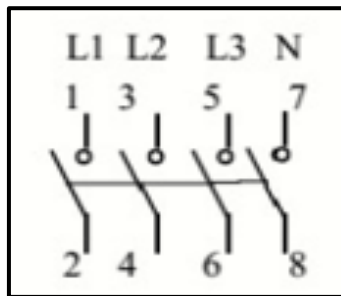


Figure II.11 : Le symbole d'interrupteur

- **Interrupteur différentiel**

Assure la protection contre les défauts d'isolement par une mesure différentielle des courants qui traversent le tore magnétique.

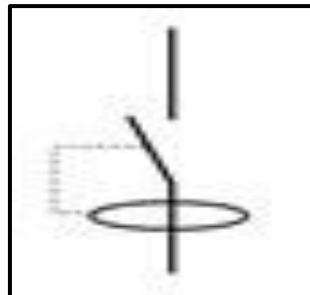
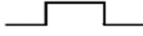




Figure II.12 : Le symbole d'interrupteur différentiel

- **Le disjoncteur**

C'est un ensemble d'appareil regroupant protection thermique ou magnétique ou magnétothermique

Tableau II.3. Les relais d'un disjoncteur

L'appareille	Le symbole	Le rôle
Un relais thermique		Assure: <ul style="list-style-type: none"> - La protection contre le court-circuit par une action instantanée de la mesure du courant - La coupure - La separation des circuits La protection contre les faibles surcharges

<p>Un relais magnétique</p>		<p>Assure la protection contre :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les faibles surcharges par son contrôle du courant absorbé chaque phase - Les déséquilibres ou absence de phases par son dispositif de coupure
<p>Un relais magnétothermique</p>		<p>Regroupe un déclencheur thermique, un déclencheur magnétique et un contact auxiliaire à ouverture.</p>

- **Le disjoncteur différentiel**

Dispositif installé à la sortie des circuits électriques du tableau de distribution.

Il coupe le circuit présentant un défaut de courant s'il détecte une différence trop importante entre l'intensité qui entre dans le circuit et celle qui en sort vers la terre.

Ces caractéristiques sont définies dans les normes NF C15-100 :

- Agit à la fois comme un disjoncteur et comme un interrupteur différentiel :
 - Il se déclenche de manière automatique en cas de surcharge ou de court-circuit ;
 - Il coupe le circuit s'il détecte un défaut de courant pouvant représenter un danger pour les personnes.
- Il a également un autre avantage : en coupant le circuit incriminé, il assure le fonctionnement des appareils spécialisés qui ne peuvent pas supporter de coupures intempestives, comme un congélateur ou un système d'alarme.

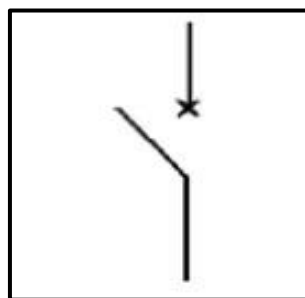


Figure II.13 : Le symbole d'un disjoncteur différentiel

- **Le fusible**

C'est un appareil composé d'un fil conducteur qui grâce à sa fusion ouvre le circuit lorsque l'intensité du courant dépasse la valeur maximale supportée par ce fil

Assurer :

- La protection des circuits électriques contre les courts-circuits
- Les faibles surcharges

- La séparation en BT.

La protection par fusible est installée :

- Dans tous les circuits de commande.
- Dans tous les circuits de puissance lorsqu'ils ne possèdent pas de moteurs ou lorsqu'ils possèdent un moteur protégé par un relais de protection.

En effet, un fusible n'est pas une protection sûre contre les surcharges de courte ou de longue durée et ne convient donc pas pour un moteur

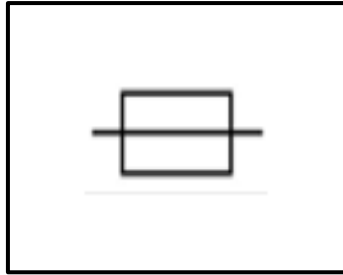


Figure II.13. Le symbole d'un fusible

II.7.3. Le choix d'un appareillage

Un choix adéquat d'appareillage électrique passe inévitablement par une correcte compréhension du récepteur à alimenter de point de vue caractéristiques et de son comportement dans différents régimes de fonctionnement.

En fait, il faut tenir compte des différents régimes de fonctionnement y compris les risques de surcharge, la résistance aux courts-circuits et la résistance aux surtensions.

L'appareillage électrique est classé en plusieurs catégories selon :

a. Sa fonction

Pour adapter la source d'énergie au comportement du récepteur, il est défini cinq grandes fonctions à remplir par l'appareillage électrique :

- Le sectionnement
- L'interruption
- La protection contre le court-circuit
- La protection contre les surcharges
- La commutation.

b. Sa tension et son utilisation

Le niveau de tension est un critère important dans le choix d'appareillage électrique, dans le tableau suivant nous donnons les différentes catégories de tensions.

c. Sa destination

L'appareillage électrique est destiné à fonctionner dans les réseaux ou installations principaux suivants :

- Installations domestiques BT (< 1 kV)

- Installations industrielles BT (< 1 kV)
- Installations industrielles HT (3,6 à 24 kV)
- Réseaux de distribution (< 52 kV)
- Réseaux de répartition ou de transport (\geq 52 kV)

d. Son installation

On peut distinguer : le matériel pour l'intérieur, le matériel pour l'extérieur

e. Ce type de matérielle installation

Deux types sont distingués :

- Le matériel ouvert, dont l'isolation externe est faite dans l'air.
- Le matériel sous enveloppe métallique ou blindé, muni d'une enveloppe métallique, reliée à la terre, qui permet d'éviter tout contact accidentel avec les pièces sous tension.

f. Se température de service

L'appareillage est prévu pour fonctionner avec les températures normales de service suivantes :

- La température maximale de l'air ambiant n'excède pas 40°C et sa valeur moyenne, mesurée pendant une période de 24 h, n'excède pas 35 °C.
- La température minimale de l'air ambiant n'est pas inférieure à - 25 °C ou - 40 °C.

g. Sa technique de coupure

L'histoire de l'appareillage électrique est riche d'inventions diverses, de principes de coupure performants, de technologies très variées utilisant des milieux aussi différents pour l'isolement et la coupure.

On peut résumer les milieux suivants qui ont été choisis pour la coupure :

- air • huile • air comprimé • SF6 • vide.

Tableau II.4. Les défauts électriques

Nature des perturbations	Causes	Effets	Moyens de protection
FAIBLE SURCHARGE	Surabondance sur utilisation de machines momentanée d'appareils	Échauffement lent et progressif des parties actives	Fusibles, disjoncteur, relais thermique, sonde thermique

COURT-CIRCUIT	Liaison conductrice accidentelle entre deux points ou plus, d'un circuit se trouvant normalement à des potentiels différents	Formation d'un arc avec un échauffement très important pouvant entraîner la fusion	Fusible, disjoncteur, relais magnétique
SURTENSION	Augmentation brutale de la tension due à des contacts avec HT, un coup de foudre	Destruction des isolants	Limiteur de surtension parafoudre, CPI

II.8. Le choix du dispositif de protection

La protection contre les surintensités a pour le but de prévoir des dispositifs qui doivent interrompre toute augmentation anormale du courant dans les conducteurs d'un circuit avant qu'il ne puisse provoquer un échauffement nuisible à l'isolation, aux connexions, aux extrémités ou à l'environnement des canalisations [26].

II.8.1. Protection contre les surcharges

La protection des conducteurs contre les surcharges définies dans la NF C 15-100 doit satisfaire les conditions suivantes :

$$I_b \leq I_n \leq I_z \quad (\text{II.1})$$

I_b : courant d'emploi du courant

I_n : courant nominal du dispositif de protection

I_z : courant admissible dans la canalisation à protéger

$$I_2 \leq 1.45 * I_z \quad (\text{II.2})$$

I_2 : Courant conventionnel de fonctionnement du dispositif de protection.

II.8.2. Protection contre le court-circuit

La protection contre le court-circuit est assurée lorsque :

$$P_{dc} \geq I_{cc} \quad (\text{II.3})$$

P_{dc} : pouvoir de coupure du dispositif de protection contre le court-circuit

I_{cc} : intensité du courant de court-circuit à l'endroit où ce dispositif sera installé

II.8.3. Protection contre les surintensités

- Cas de disjoncteur

$$I_2 \leq 1.45 * I_n \quad (II.4)$$

- Cas des fusibles

$$I_2 = K_2 * I_n \quad (II.5)$$

Avec : $K_2 = 1.6$ à 1.9 selon les fusibles.

II.9. La sélectivité de la protection

II.9.1. Définition

La sélectivité des protections est un point clef pour la continuité de service et permet ainsi d'allier sécurité de service, et facilite la localisation du défaut [27].

C'est une notion particulièrement importante pour les appareils de forte puissance.

Selon la norme CEI 60947-2 ; La sélectivité consiste à assurer la coordination entre les caractéristiques de fonctionnement de disjoncteurs placés en série de telle manière qu'en cas de défaut en aval seul le disjoncteur placé immédiatement en amont du défaut déclenche

Il est défini un courant I_s de sélectivité tel que [28].

- $I_{\text{défaut}} > I_s$: les deux disjoncteurs déclenchent,
- $I_{\text{défaut}} < I_s$: un seul disjoncteur élimine le défaut.

Deux types sont distingués

- Soit partielle
- Soit totale

a) Sélectivité partielle

La sélectivité entre deux dispositifs de protection placés en série est dite partielle lorsque le dispositif de protection aval assure la protection jusqu'à un niveau donné de surintensité sans provoquer l'intervention du dispositif de protection amont. Au-delà de ce niveau de surintensité, c'est le dispositif amont qui assurera la protection.

b) Sélectivité totale

La sélectivité entre deux dispositifs de protection placés en série est dite totale lorsque le dispositif de protection aval assure la protection jusqu'à la valeur de court-circuit maximale présumée à l'endroit où il est installé sans provoquer le fonctionnement du dispositif de protection amont.

II.10. Les techniques de sélectivité

Selon les caractéristiques de l'association des protections, les techniques de sélectivité mises en œuvre sont [29] :

- Ampère métrique
- Chronométrique
- Logique.

II.10.1. Sélectivité ampère métrique

Cette technique repose sur le décalage en intensité des courbes de déclenchement des disjoncteurs amont et aval. Elle se vérifie par comparaison de ces courbes en s'assurant qu'elles ne se chevauchent pas. Elle s'applique pour la zone des surcharges et la zone de court-circuit et est d'autant meilleure que les calibres des appareils sont éloignés.

- Sur surcharges Pour avoir sélectivité dans la zone des surcharges, il faut que le rapport des courants de réglage (I_r) soit au moins égal à 2.
- Sur court-circuit Pour avoir sélectivité dans la zone de court-circuit, il faut que le rapport des courants de réglage magnétique (I_m) soit au moins égal à 1,5.

La sélectivité ampérométrique est bien adaptée pour les circuits terminaux où les niveaux de court-circuit sont relativement faibles.

Dans les autres cas, la sélectivité ampérométrique doit parfois être complétée par une sélectivité chronométrique

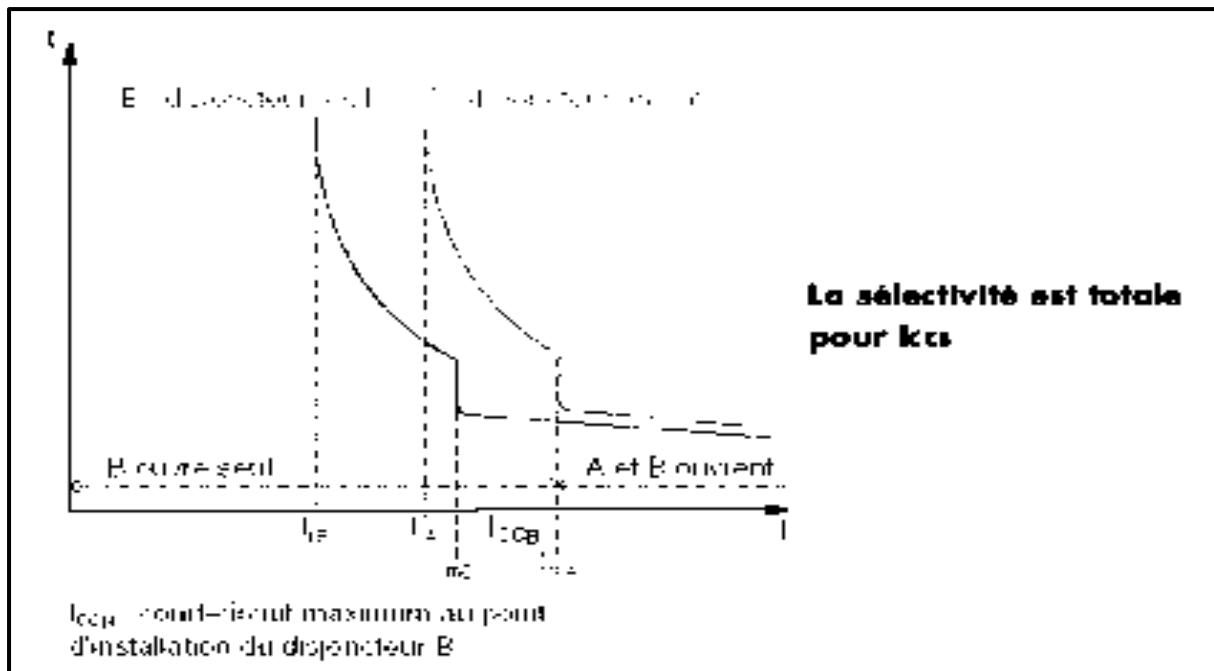


Figure II.15 : La sélectivité ampère métrique

II.10.2. Sélectivité chronométrique

Cette technique repose sur le décalage en temps des courbes de déclenchement des disjoncteurs en série.

Elle s'utilise en complément de la sélectivité ampérométrique afin d'obtenir une sélectivité au-delà du courant de réglage magnétique du disjoncteur amont (I_{mA}).

Il faut alors que :

- Le disjoncteur amont soit temporisable
- Le disjoncteur amont soit capable de supporter le courant de court-circuit et ses effets pendant toute la durée de la temporisation

Les canalisations parcourues par ce courant puissent en supporter les contraintes thermiques

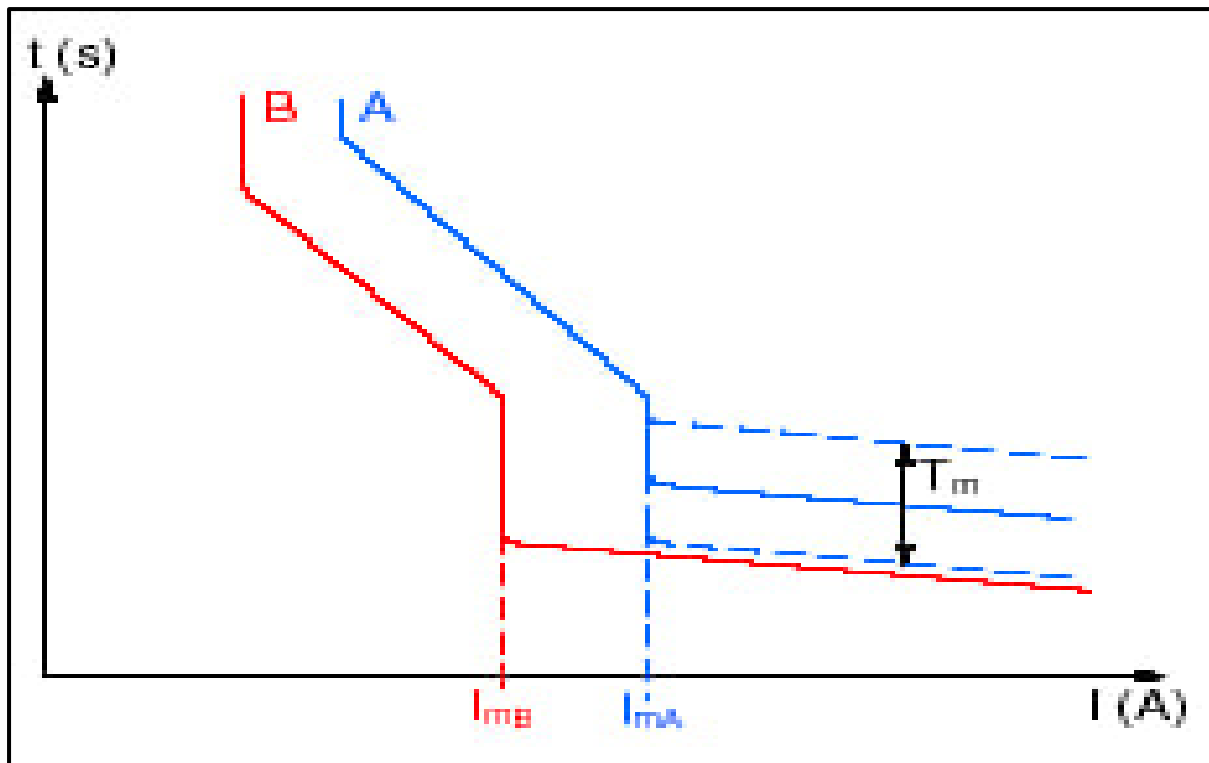


Figure II.16 : La sélectivité chronométrique

II.10.3. Sélectivité logique

Elle est assurée entre deux appareils qui communiquent via une liaison spécifique. Lorsque le disjoncteur aval détecte un défaut, il envoie un signal vers l'appareil amont qui sera alors temporisé de 50ms.

Si l'appareil aval n'a pas pu éliminer ce défaut durant ce laps de temps, il y aura intervention de l'appareil amont.

II.11. Conclusion

La protection des installations électriques est essentielle pour garantir la sécurité, la fiabilité et l'efficacité du système d'alimentation électrique. Elle joue un rôle vital dans le fonctionnement harmonieux des sociétés modernes, où l'électricité est un pilier fondamental du développement économique et social.

Chapitre III :

Calcul de la section et le courant de court-circuit

III.1. Introduction

Après avoir présenté quelques informations générales sur les réseaux électriques et les différents défauts au niveau des installations électriques dans les chapitres précédents, nous aborderons dans le présent chapitre l'illustration des différentes étapes nécessaires au calcul des sections appropriées des câbles et le calcul du courant de court-circuit pour bien choisir le dispositif de protection pour une installation électrique basse tension.

III.2. Diagramme de travail

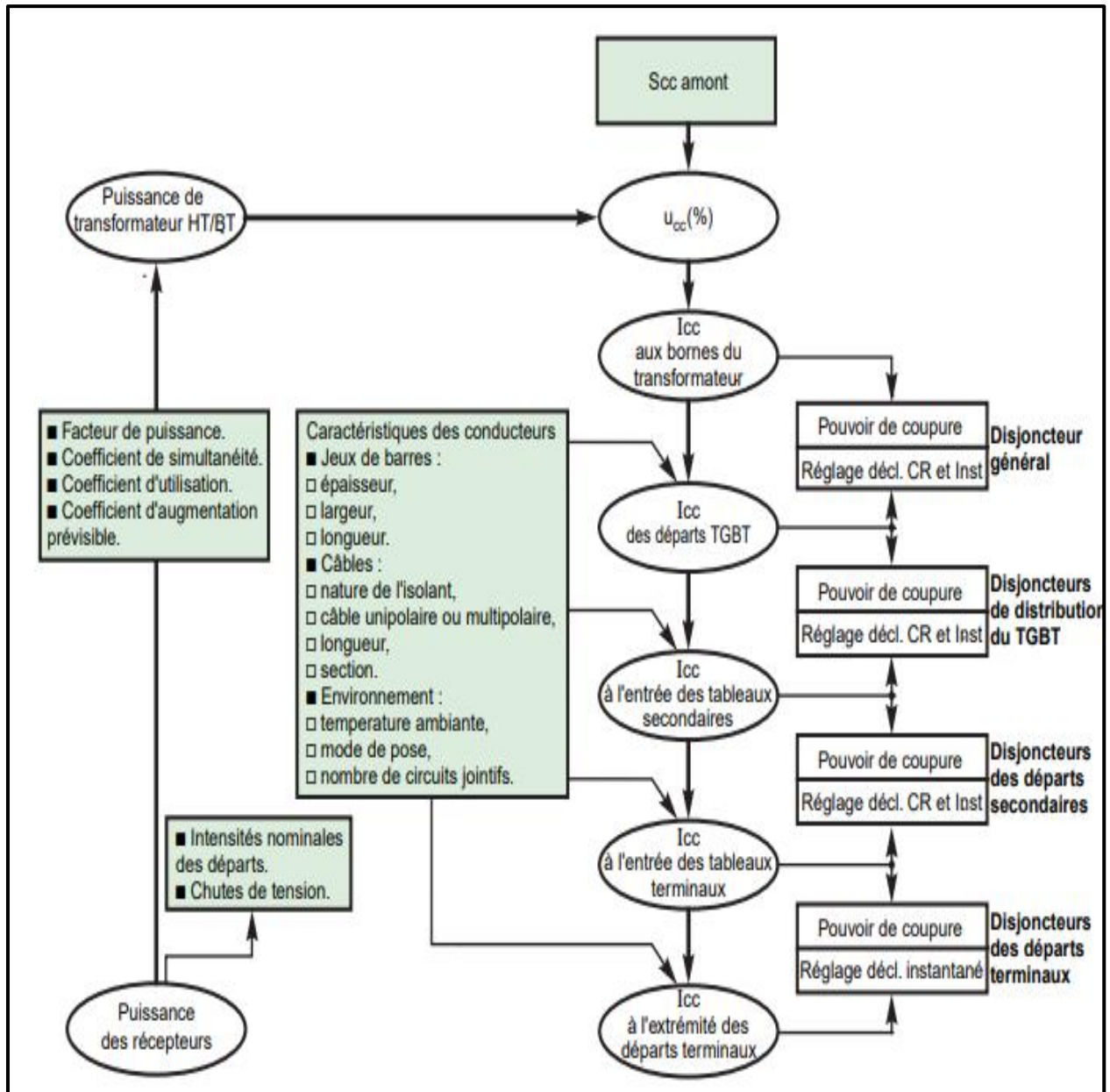


Figure III.1 Logigramme de calcul

III.3. Méthode de travail

III.3.1. Déterminer les calibres In des déclencheurs des disjoncteurs

III.3.1.1. Bilan de puissance

Le bilan de puissance est une étape indispensable dans l'étude d'une installation électrique. Il prend en compte la totalité des puissances des appareils installés et leurs utilisations. En d'autres termes il est l'ensemble des méthodes de calcul qui permet de déterminer la puissance d'utilisation d'une installation électrique et cette puissance d'utilisation est la donnée significative pour la souscription d'un contrat de fourniture en énergie électrique à partir d'un réseau public BT [30].

Pour un résultat garantissant le bon fonctionnement d'une l'installation, plusieurs coefficients s'ajoutent aux calculs :

- Le coefficient de simultanéité K_s : détermine les conditions d'utilisation de l'installation s'appliquant à un ensemble de récepteurs ou circuits.
- Le coefficient d'utilisation K_u : détermine le taux d'utilisation d'un récepteur selon le temps.
- Le facteur d'extension K_e : aussi appelé facteur de réserve, prévoit une augmentation de la puissance absorbée. Il varie de 1 à 1,3.

Le bilan des puissances aux tableaux donne la puissance qui transite à chaque niveau de l'installation et la puissance pour le dimensionnement des tableaux divisionnaires.

La puissance absorbée S en Volt-Ampère (VA) par un récepteur est : la somme vectorielle des puissances réellement absorbées par ce récepteur. Elle est composée de :

- La puissance active P en Watt (w) se transforme intégralement en énergie (chaleur, travail...)
- La puissance réactive Q en Volt-Ampère Réactif (VAR) sert à l'alimentation des circuits magnétiques (magnétisation des circuits)

Puissance absorbée ou puissance apparente est la puissance de dimensionnement des composants de l'installation de distribution de l'énergie électrique.

Tableau.III.1. Les relations entre les puissances

Continu	Monophasé	Triphasé
$P = V I$	$P = V I \cos \varphi$	$P = \sqrt{3} U I \cos \varphi$
	$Q = V I \sin \varphi$	$Q = \sqrt{3} U I \sin \varphi$
$S = P = V I$	$S = P = V I = \sqrt{(P^2 + Q^2)}$	$S = \sqrt{3} U I = \sqrt{(P^2 + Q^2)}$

III.3.1.2. Le courant d'emploi

Le courant d'utilisation représente le courant effectivement transporté par les conducteurs actifs et correspond à la puissance maximale en service normal. Son calcul implique la prise en compte du courant nominal ainsi que des corrections basées sur différents facteurs

$$IB = \frac{P_n * e * K_u * K_s * K_e}{\eta * \cos \varphi} \quad (\text{III. 1})$$

P_n : puissance utile nominale du récepteur

η : rendement du récepteur

$\cos \varphi$: facteur de puissance du récepteur

e : facteur de conversion des puissances en intensité ce facteur permet de transformer la puissance active en intensité

$$e = \frac{1}{20} v \quad (\text{en monophasé}) \quad (\text{III. 2})$$

$$e = \frac{1}{\sqrt{3} * 380} \quad (\text{en triphasé}) \quad (\text{III. 3})$$

k_u : Facteur d'utilisation

En général, les récepteurs électriques ne fonctionnent pas à leur pleine capacité nominale, d'où l'introduction du facteur d'utilisation pour le calcul de la puissance absorbée. Il est à noter que chaque type de récepteur est associé à un facteur d'utilisation spécifique

Tableau III.2. Les valeurs du facteur d'utilisation selon l'utilisation

Utilisation	Facteur d'utilisation
Eclairage	1
Chauffage et conditionnement d'air	1
Prises de courant	0.6 si $n < 6$ 0.1 + (0.9 / n) si $n > 6$
Moteurs	0.75

k_s : Facteur de simultanéité

Les récepteurs d'une installation ne fonctionnent pas simultanément. La détermination de ce facteur nécessite la connaissance détaillée de l'installation considérée et l'exploitation des conditions d'exploitation.

Tableau III.3. Les valeurs du facteur de simultanéité en fonction de l'utilisation

Utilisation	Facteur d'utilisation
Eclairage	1
Chauffage et conditionnement d'air	1
Prises de courant	De 0.1 à 0.2 (pour un nombre > 20)

Tableau III.4. Les valeurs du facteur de simultanéité en fonction du nombre des récepteurs

Nombre des récepteurs	Facteur de simultanéité
2 à 3	0.9
4 à 5	0.8
6 à 9	0.7
10 et plus	0.6

k_e : Facteur d'extension

Le rôle du facteur d'extension est de prévoir une augmentation de la puissance de la puissance absorbée. Le coefficient varie de 1 à 1.5, la valeur 1.2 est souvent utilisée

III.3.2. Déterminer les sections des câbles

III.3.2.1. Définition

Les sections de câbles permettent le **passage du courant**, via des fils électriques, entre un transformateur placé en limite de propriété et un disjoncteur.

En fonction de l'ampérage qui passe dans les fils et de la puissance électrique (watt), le dimensionnement de la section (autrement dit, son diamètre) sera différent

Si une section trop grande ne présente pas de risque majeur, en revanche, une section trop petite peut poser problème car elle provoque une perte de tension[26].

III.3.2.2. Le choix d'une section du câble

Le choix de la section des câbles en basse tension, monophasé ou triphasé, va dépendre de plusieurs facteurs en cadrées par la norme NF C15_100 :

- La longueur du câble
- La nature du circuit (éclairage, prise, prise spécifique, chauffage en fonction de la puissance totale)
- Le calibre maximal du disjoncteur (la puissance du courant ou bien courant assigné du disjoncteur de branchement)

Les câbles doivent :

- Supporter le courant maximal d'emploi en permanence et ses pointes transitoires.
- Les chutes de tension générées ne dépassent pas les valeurs admissibles.

Les dispositifs de protections doivent :

- Protéger le câble contre toutes les surintensités jusqu'au courant de court-circuit.
- Assurer la protection des personnes contre les contacts indirects

Parmi les types de fils et câbles électriques les plus utilisés pour la distribution du circuit d'alimentation de la maison, il convient de garder en tête de respecter la norme NF C 15-100 pour une installation filaire, on propose les fils H07VU en section 2.5. Ceux-ci sont les plus utilisés par les électriciens.

À partir d'une section de 6², vous pourrez opter pour les références H07VR, qui seront notamment utilisés pour les prises cuisson spécialisées ou sorties de câble de 32A.

Il est également possible de faire une installation en faux plafond avec des câbles électriques RO2V [26].

III.3.2.3. Conditions d'installation des conducteurs

1) Cas des canalisations non enterrées

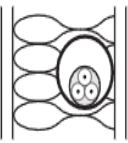
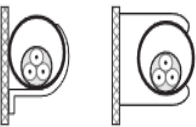
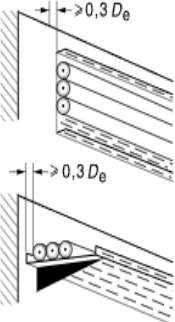
Pour avoir la section du câble minimale correspondant aux conditions d'installation, il faut déterminer le mode de pose et les facteurs associés [30].

Tableau III.5. Les mots de pose des lettres de sélection

La lettre de sélection	Le mot de pose
B	- Deux conducteurs isolés ou deux câbles mono conducteurs ou un câble à deux conducteurs. - Trois conducteurs isolés ou trois câbles mono conducteurs ou un câble à trois conducteurs.
C	- Deux câbles mono conducteurs ou un câble à deux conducteurs. - Trois câbles mono conducteurs ou un câble à trois conducteurs.

E et F	<ul style="list-style-type: none"> - Un câble à deux ou trois conducteurs pour la lettre E. - Deux ou trois câbles mono conducteurs pour la lettre F.
--------	---

Tableau III.6. Lettre de sélection et numéro de référence en fonction du mode de pose et du type de conducteur

Exemple	Mode de pose(description)	Numéro de référence du mode de pose	Lettre de sélection
<p>Conducteur et câble multiconducteurs</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • sous conduit profilé ou goulotte, en apparent ou encastré • sous vide de construction, faux plafond • sous caniveau, moulure, plinthe, chambranle 	1, 2, 3, 3A, 4, 4A, 5, 5A, 11, 11A, 12, 21, 22, 22A, 23, 23A, 24, 24A, 25, 31, 31A, 32, 32A, 33, 33A, 34, 34A, 41, 42, 43, 71, 73, 74	B
	<ul style="list-style-type: none"> • en apparent contre mur ou plafond • sur chemin de câble ou tablettes non perforées 	11, 11A, 12, 18	C
<p>Câble multiconducteur</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • sur échelles, corbeaux, chemin de câble perforé • fixés en apparent, espacés de la paroi • câbles suspendus 	13,14,16, 17	E


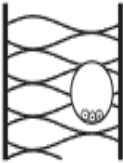
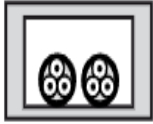

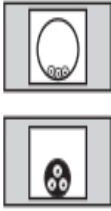

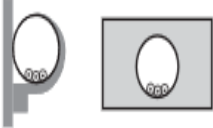
➤ Détermination de facteur de correction

Permet de calculer l'intensité admissible corrigée à partir de l'intensité admissible dans la canalisation

Il s'obtient en multipliant les facteurs de correction K1, K2 et K3.

- Facteur de correction K1 : ce facteur mesure l'influence du mode de pose

Tableau III.7. Facteur de correction K1

Lettre de sélection	Mode de pose (description)	Exemple	K1	Numéro de référence du mode de pose
B	Câbles dans des conduits noyés directement dans des matériaux thermiquement isolants		0,70	2
	Conduits noyés dans des matériaux thermiquement isolants		0,77	1
	Câbles mono- ou multiconducteurs dans les conduits-profilés dans ces vides de construction		0,87	22A, 23A, 24A
	câbles multiconducteurs		0,90	3A, 4A, 5A, 31A, 32A, 33A, 34A, 73A, 24A
	Vides de construction et caniveaux		0,95	21,22, 23, 24, 25, 41
C	Pose sous plafond		0,95	11A, 18
B, C, E, F	Autres cas		1	Tous les autres

- Facteur de correction K2 (groupement) : ce facteur prend en compte l'influence mutuelle des circuits placés coté à coté

Tableau III.8 : Facteur de correction K2

Disposition de circuits ou de câbles Jointifs	Facteurs de correction												Lettres de sélection	Numéro de référence Modes de pose
	Nombre de circuits ou de câbles multiconducteurs													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20		
Enfermés	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,55	0,55	0,50	0,50	0,45	0,40	0,40	B,C	1, 2, 3, 3A, 4, 4A, 5, 5A, 21, 22, 22A, 23, 23A, 24, 24A, 25, 31,31A, 32, 32A, 33, 33A,34, 34A, 41, 42, 43,71
Simple couche sur les murs ou les planchers ou tablettes non perforées	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70	Pas de facteur de réduction supplémentaire pour plus de 9 câbles			C	11,12
Simple couche au plafond	1,00	0,85	0,76	0,72	0,69	0,67	0,66	0,65	0,64				E, F	11A
Simple couche sur des tablettes perforées	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72				E, F	13
Simple couche sur des échelles à câbles, corbeaux, treillis soudés etc.	1,00	0,88	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78				E, F	14,16,17

Lorsque les câbles sont disposés en plusieurs couches, appliquer en plus un facteur de correction de

- 0.80 pour deux couches
- 0.73 pour trois couches
- 0.0 pour quatre ou cinq couche

- Facteur de correction K3 : ce facteur prend en compte l'influence de la température ambiante et la nature de l'isolant

Tableau III.9 : Facteur de correction K3

Température ambiante (°C)	Élastomère (Caoutchouc)	Isolation	
		PVC	PR / EPR
10	1,29	1,22	1,15
15	1,22	1,17	1,12
20	1,15	1,12	1,08
25	1,07	1,06	1,04
35	0,93	0,94	0,96
40	0,82	0,87	0,91
45	0,71	0,79	0,87
50	0,58	0,71	0,82
55	-	0,61	0,76
60	-	0,50	0,71
65	-	-	0,65
70	-	-	0,58
75	-	-	0,50
80	-	-	0,41
85	-	-	-
90	-	-	-
95	-	-	-

Teur de correction globale et egal au produit des coefficients déterminés ci-dessus :

$$k = k1 * k2 * k3 \quad (III. 4)$$

➤ Détermination de la section minimale

L'exploitation du facteur de correction K permet de calculer l'intensité admissible fictive (ou corrigée) I'z à partir de l'intensité admissible Iz de la canalisation :

$$I'z = Iz/K \quad (III. 5)$$

La section de la canalisation est indiquée dans le tableau par lecture directe :

- Le choix de la colonne est réalisé à partir du mode de pose (lettre de sélection) et des caractéristiques de la canalisation (isolant, nombre de conducteurs chargés),
- Le choix de la ligne est réalisé à partir de la valeur $\geq I'z$ dans la colonne du tableau correspondant à la nature de l'âme du conducteur (cuivre ou aluminium).

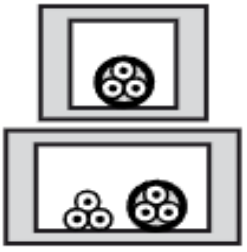
Tableau III.10 : Les sections des conducteurs pour les canalisations non enterrées

Lettre de sélection		Isolant et nombre de conducteurs chargés (3 ou 2)									
		Caoutchouc ou PVC					Butyle ou PR ou éthylène PR				
		PVC3	PVC2				PR3		PR2		
B											
C											
E											
F											
Section cuivre (mm ²)	1,5	15,5	17,5	18,5	19,5	22	23	24	26		
	2,5	21	24	25	27	30	31	33	36		
	4	28	32	34	36	40	42	45	49		
	6	36	41	43	48	51	54	58	63		
	10	50	57	60	63	70	75	80	86		
	16	68	76	80	85	94	100	107	115		
	25	89	96	101	112	119	127	138	149	161	
	35	110	119	126	138	147	158	169	185	200	
	50	134	144	153	168	179	192	207	225	242	
	70	171	184	196	213	229	246	268	289	310	
	95	207	223	238	258	278	298	328	352	377	
	120	239	259	276	299	322	346	382	410	437	
	150		299	319	344	371	395	441	473	504	
	185		341	364	392	424	450	506	542	575	
	240		403	430	461	500	538	599	641	679	
	300		464	497	530	576	621	693	741	783	
400					656	754	825		940		
500					749	868	946		1083		
Section aluminium (mm ²)	2,5	16,5	18,5	19,5	21	23	25	26	28		
	4	22	25	26	28	31	33	35	38		
	6	28	32	33	36	39	43	45	49		
	10	39	44	46	49	54	59	62	67		
	16	53	59	61	66	73	79	84	91		
	25	70	73	78	83	90	98	101	108	121	
	35	86	90	96	103	112	122	126	135	150	
	50	104	110	117	125	136	149	154	164	184	
	70	133	140	150	160	174	192	198	211	237	
	95	161	170	183	195	211	235	241	257	289	
	120	186	197	212	226	245	273	280	300	337	
	150		227	245	261	283	316	324	346	389	
	185		259	280	298	323	363	371	397	447	
	240		305	330	352	382	430	439	470	530	
	300		351	381	406	440	497	508	543	613	
	400					526	600	663		740	
500					610	694	770		856		
630					711	808	899		996		

2) Cas des canalisations enterrées

La NF C 15-100 a groupé les trois modes de pose sous la lettre de sélection D [30]

Tableau III.11 : La référence en fonction du mode de pose pour la lettre D

Exemple	Mode de pose (description)	Numéro de référence du mode de pose	Lettre de sélection
 <p>Conducteur et câble multiconducteurs</p>	<ul style="list-style-type: none"> sous conduit, fourreaux, profilé avec ou sans protection mécanique 	61, 62, 63	D

➤ Détermination de facteur de correction

Il s’obtient en multipliant les facteurs de correction K4, K5, K6 et K7

- Facteur de correction K4 : ce facteur prend en compte le mode de pose

Tableau III.12 : Le facteur de correction K4

Lettre de sélection	Mode de pose (description)	K4	Numéro de référence du mode de pose
D	pose sous fourreaux, conduits ou profilés	0,80	61
	autres cas	1	62, 63

- Facteur de correction K5 (groupement) : mesure l’influence mutuelle des circuits (ou des conduits) placés côte à côte

Tableau III.13 : Facteur de correction K5 de plusieurs câbles dans un même conduit enterré

Nombre de circuits ou de câbles multiconducteurs											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
1,00	0,71	0,58	0,5	0,45	0,41	0,38	0,35	0,33	0,29	0,25	0,22

Tableau III.14 : Facteur de correction K5 des câbles d'un conduit cheminant avec d'autres conduits

Distance entre conduits (a)				
Nombre de conduits	Nulle (Conduits jointifs)	0,25 m	0,5 m	1,0 m
2	0,87	0,93	0,95	0,97
3	0,77	0,87	0,91	0,95
4	0,72	0,84	0,89	0,94
5	0,68	0,81	0,87	0,93
6	0,65	0,79	0,86	0,93





<p>Câbles multiconducteurs :</p> 	<p>Câbles monoconducteurs :</p> 
--	---

Tableau III.15 : Facteur de correction K5 de plusieurs câbles dans le sol directement

Distance entre conduits (a)					
Nombre de conduits	Nulle (Conduits jointifs)	Un diamètre de câble	0,25 m	0,5 m	1,0 m
2	0,76	0,79	0,84	0,88	0,92
3	0,64	0,67	0,74	0,79	0,85
4	0,57	0,61	0,69	0,75	0,82
5	0,52	0,56	0,65	0,71	0,80
6	0,49	0,53	0,60	0,69	0,78

<p>Câbles multiconducteurs:</p> 
<p>Câbles monoconducteurs :</p> 

- Facteur de correction K6 (résistivité thermique du sol) : ce facteur prend en compte l'influence de la nature du sol

Tableau III.16 : Le facteur de correction K6 en fonction de la résistivité thermique du sol

Résistivité thermique du terrain (K.m / W)	Facteur de correction	Observations		
		Humidité	Nature du terrain	
0,40	1,25	Pose immergée	Marécages	
0,50	1,21	Terrains très humides	Sable	
0,70	1,13	Terrains humides		Argile et calcaire
0,85	1,05	Terrain dit normal		
1,00	1	Terrain sec		
1,20	0,94			
1,50	0,86			Cendres et mâchefer
2,00	0,76	Terrain très sec		
2,50	0,70			
3,00	0,65			

- Facteur de correction K7 (influence de la température) : ce facteur prend en compte la température ambiante et la nature de l'isolant.

Tableau III.17 : Facteur de correction K7

Température du sol (°C)	Isolation	
	PVC	PR / EPR
10	1,10	1,07
15	1,05	1,04
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93
35	0,84	0,89
40	0,77	0,85
45	0,79	0,80
50	0,71	0,76
55	0,63	0,71
60	0,55	0,65
65	0,45	0,60
70	-	0,53
75	-	0,46
80	-	0,38

Le coefficient K s'obtient en multipliant les facteurs de correction K4, K5, K6 et K7 :

$$K = K4 * K5 * K6 * K7 \quad (III.6)$$

➤ Détermination de la section minimale

L'exploitation du facteur de correction K permet de calculer l'intensité admissible fictive (ou corrigée) I'z à partir de l'intensité admissible Iz de la canalisation :

$$I'z = Iz/k \quad (III.5)$$

La section de la canalisation est indiquée dans le tableau suivant par lecture directe : - Du choix de la colonne est réalisé à partir des caractéristiques du câble (isolant, nombre de conducteurs chargés). - Du choix de la ligne est réalisé à partir de la valeur $\geq I'z$ dans la colonne du tableau correspondant à la nature de l'âme du conducteur (cuivre ou aluminium).

III.18 : Sections des conducteurs pour les canalisations enterrées

		Caoutchouc ou PVC		Butyle ou PR ou éthylène PR	
		3 conducteurs	2 conducteurs	3 conducteurs	2 conducteurs
Sections cuivre (mm ²)	1,5	26	32	31	37
	2,5	34	42	41	48
	4	44	54	53	63
	6	56	67	66	80
	10	74	90	87	104
	16	96	116	113	136
	25	123	148	144	173
	35	147	178	174	208
	50	174	211	206	247
	70	216	261	254	304
	95	256	308	301	360
	120	290	351	343	410
	150	328	397	387	463
	185	367	445	434	518
	240	424	514	501	598
300	480	581	565	677	
Sections aluminium (mm ²)	10	57	68	67	80
	16	74	88	87	104
	25	94	114	111	133
	35	114	137	134	160
	50	134	161	160	188
	70	167	200	197	233
	95	197	237	234	275
	120	224	270	266	314
	150	254	304	300	359
	185	285	343	337	398
	240	328	396	388	458
300	371	447	440	520	

III.3.3. Détermination de la chute de tension

L'impédance d'une canalisation est faible mais non nulle : lorsqu'elle est traversée par le courant d'emploi, il y a chute de tension entre son origine et son extrémité.

Or le bon fonctionnement d'un récepteur (moteur, éclairage) est conditionné par la valeur de la tension à ses bornes. Il est donc nécessaire de limiter les chutes de tension en ligne par un dimensionnement correct des canalisations d'alimentation.

Cette section permet de déterminer les chutes de tension en ligne afin de vérifier qu'elles soient :

- Conformes aux normes et règlements en vigueur,
- Acceptables par le récepteur,
- Adaptées aux impératifs d'exploitation.

Les recommandations et les calculs indiqués dans ce sous chapitre sont conformes à la norme NF C 15-100. [28]

Biphasé deux phases

$$\Delta U = 2 \cdot I_b \cdot L(R \cos \varphi + X \sin \varphi) \quad (\text{III. 7})$$

Monophasé phase et neutre

$$\Delta U = 2 \cdot I_b \cdot L(R \cos \varphi + X \sin \varphi) \quad (\text{III. 8})$$

Triphasé équilibré avec ou sans neutre

$$\Delta U = 3 \cdot I_b \cdot L(R \cos \varphi + X \sin \varphi) \quad (\text{III. 9})$$

Avec $\frac{\rho L}{S}$ (III. 10)

$\rho = 0.027 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ pour Cu, $\rho = 0.043 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ pour Al

- **limite maximale de la chute de tension**

La limite maximale de la chute de tension varie d'un pays à un autre. Les valeurs typiques pour des installations BT sont données dans le tableau

Tableau III.19 : La chute de tension

Chutes de tension admissibles		
Type d'alimentation	Eclairage	Moteurs
Alimentation par un poste DP	3%	5%
Alimentation par un poste de livraison	6%	8%

III.3.4. Courant de court- circuit

Le pouvoir de coupure d'un disjoncteur, également appelé pouvoir de coupure en court-circuit, correspond au courant maximal que ce disjoncteur peut interrompre en toute sécurité dans des conditions standard, sans causer de dommages au disjoncteur. En d'autres termes, c'est l'intensité maximale à laquelle le disjoncteur peut couper le courant lors d'un court-circuit.

Pour déterminer le pouvoir de coupure d'un disjoncteur, il faut connaître l'intensité de court-circuit du circuit qu'il protège. Cependant, le calcul de cette intensité de court-circuit (notée I_{cc}) est complexe et requiert des connaissances spécifiques (comme le rapport de l'impédance sur la tension d'alimentation). Heureusement, le normalisateur a établi qu'un pouvoir de coupure de 3 kA est généralement suffisant pour les installations domestiques².

La norme NF C 15-100 précise quel calibre de disjoncteur choisir en fonction du circuit à protéger. Par exemple, un circuit lumineux ou des prises de courant peuvent être protégés par un disjoncteur de 16 A maximum, tandis qu'un lave-vaisselle nécessitera un disjoncteur de 20 A maximum, et des plaques de cuisson exigeront du 32 A maximum.

Il existe 3 méthodes pour déterminer les courants de court-circuit dans une installation

- a) La méthode des impédances
- b) La méthode à base de tableaux et d'abaques
- c) Une méthode qui utilise l'outil informatique tel que le logiciel ECODIAL

III.3.4.1. Détermination du courant de court-circuit par la première méthode

La méthode des tableaux est un moyen pratique pour déterminer le courant de court-circuit en un point d'une installation électrique [5] :

Tableau III.20 : Evaluation de l' I_{cc} aval en fonction de l' I_{cc} amont, de la longueur et de la section de la canalisation, et pour une tension de 400 V triphasée

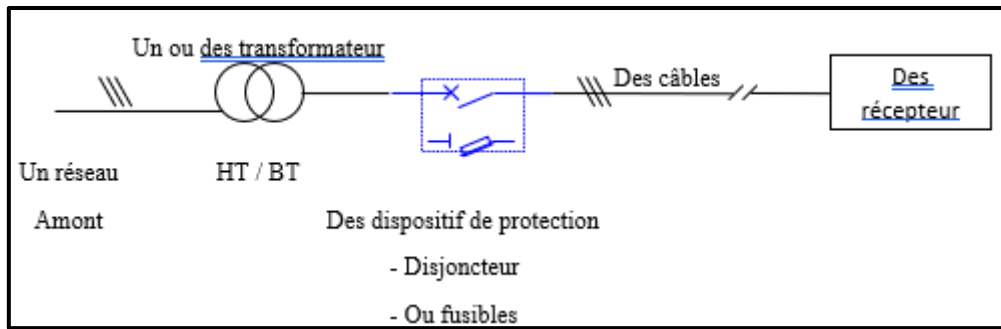


Figure III.2 : Composants générales d'une distribution

Les dispositifs de protection sont chargés de protéger : les récepteurs, les câbles et le transformateur contre tout court-circuit qui aurait lieu en aval de l'endroit où il est placé.

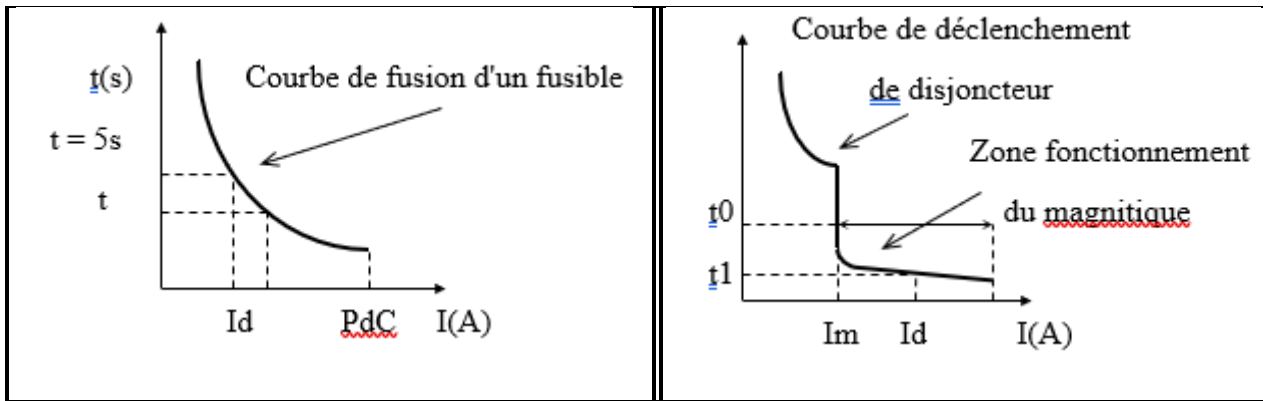
Question : Comment vérifier que l'appareil de protection réalise bien cette fonction ?

III.3.4.3. Conditions de protection contre le courant de court-circuit

Pour que la protection contre les courants de court-circuit soit assurée, le dispositif de protection (fusibles ou disjoncteur suivant le cas) doit satisfaire à plusieurs conditions détaillées dans le tableau ci-dessous [5] :

Tableau III.21 : La mécanique de travail pour le dispositif de protection

Protection par fusible	Protection par disjoncteur
<p>Le pouvoir de coupure (PdC) d'un fusible doit être supérieur ou égal au courant de court-circuit triphasé (I_{cc3}) susceptible de ce produire juste en dessous d'eux. (Expliquer le courant de CC triphasé)</p> $PdC_{\text{fusible}} \geq I_{cc3} \text{ Max}$	<p>Le pouvoir de coupure (PdC) d'un disjoncteur doit être supérieur ou égal au courant de court-circuit triphasé (I_{cc3}) susceptible de ce produire juste en dessous de lui. (Expliquer le courant de CC triphasé)</p> $PdC_{\text{disjoncteur}} \geq I_{cc3} \text{ Max}$
<p>Le (ou les fusibles) doit fondre pour une valeur Min du courant de court-circuit, c'est à dire pour un défaut franc situé en bout de ligne et dans un temps inférieur à 5 secondes.</p> $I_{f_{5s}} < I_{cc3} \text{ Min}$	<p>Le disjoncteur doit déclencher pour une valeur Min du courant de court-circuit, c'est à dire pour un défaut franc situé en bout de ligne. (Expliquer pourquoi le I_{cc} est plus faible en bout de ligne)</p> $I_{mag} < I_{cc3} \text{ Min}$
<p>$I_{f_{5s}}$ = courant de fusion pour un temps de 5 secondes</p>	<p>I_{mag} = courant de réglage du déclencheur magnétique</p>



Pour s'assurer de "l'ouverture" du dispositif de protection en cas de court-circuit, on est donc amené à déterminer pour chaque "branche" de l'installation le courant suivant :

- ✓ Calcul du courant de court-circuit maximal ($I_{cc3 \text{ Max}}$) qui permet de déterminer le pouvoir de coupure minimum (PdC) du dispositif de protection
- ✓ Puis calcul du courant de court-circuit minimal ($I_{cc3 \text{ Min}}$) qui permet de vérifier qu'un court-circuit franc triphasé en bout de ligne provoque bien "l'ouverture" du dispositif de

III.3.4.4. Détermination des courant de court-circuit présumes par la méthode a base de tableaux et d'abaques

a) Protection contre le courant de court-circuit maximal (juste en dessous de la protection)

La disposition d'un réseau de distribution de moyenne ou base tension peut être généralisée selon le schéma ci-dessous dans lequel on retrouve toujours les éléments suivants :

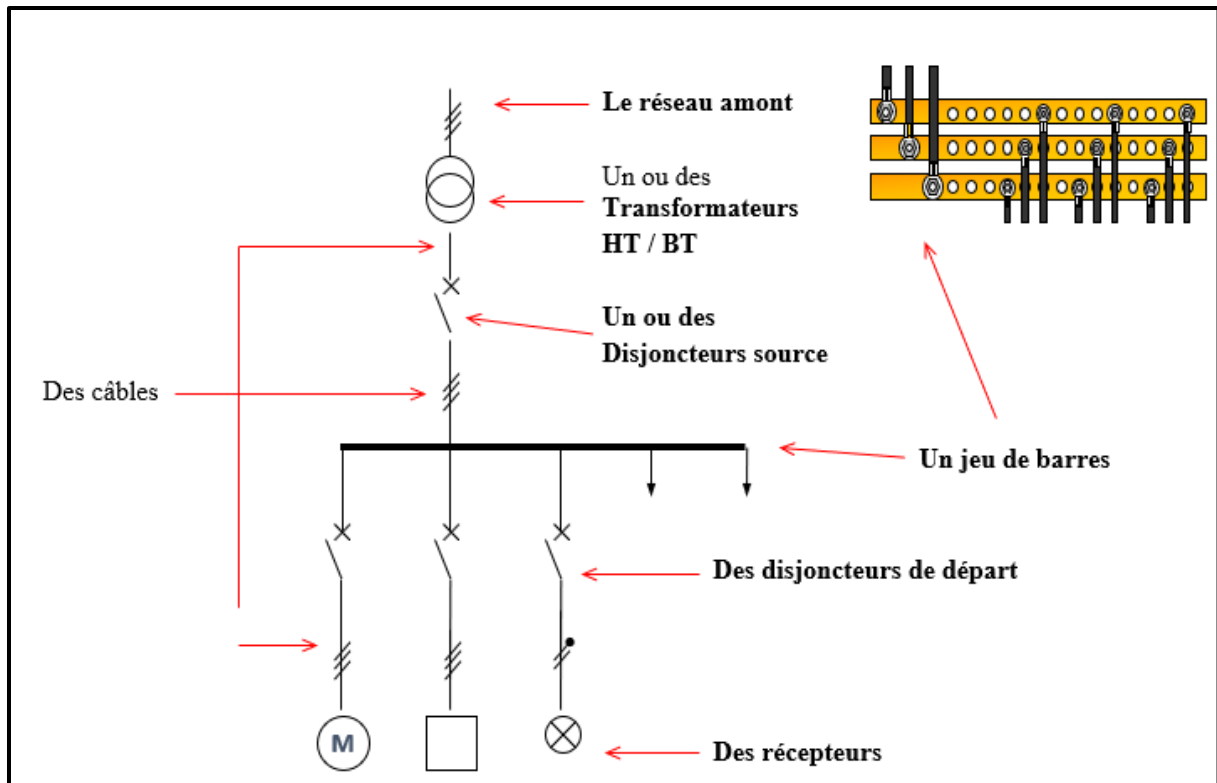


Figure III.3 : Eléments d'une installation électrique BT

A chaque emplacement des dispositifs de protection correspond une valeur maximal du courant de court-circuit susceptible de ce produire.

Dans tout les cas ce courant de court-circuit doit rester inferieur au pouvoir de coupure (PdC) de la protection.

b) Courants de court-circuit au secondaire d'un transformateur HT / BT

La valeur du courant de court-circuit au secondaire d'un transformateur est donnée par des tableaux (voir ci-dessous).

Courants de court-circuit au secondaire d'un transformateur HT / BT

Remarques :

- Si la longueur exacte de votre câble n'est pas dans le tableau il faut choisir :

⇒ ~~Une longueur supérieur~~
 OU
 ⇒ Une longueur inférieur

Pourquoi : Ainsi le Icc du tableau sera plus élevé que celui susceptible de se produire réellement dans le circuit

- Si le réseau d'alimentation est en 230 V triphasé (230 V entre phases) :
 ⇒ Il faut diviser la longueur du tableau par $\sqrt{3} = 1.732$.

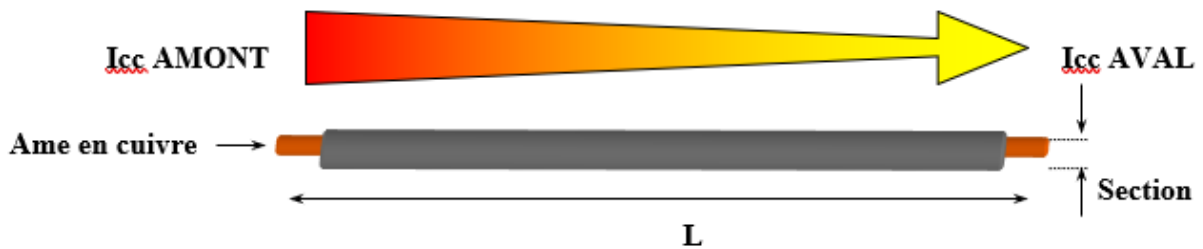
Tableau III.22. Courant max amont de la source

		Puissance du transformateur en KVA																			
		16	25	40	50	63	80	100	160	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
U20 = 237 V	In (A)	39	61	97	122	153	195	244	390	609	767	974	1218	1535	1949	2436	3045	3899	4872	6090	7673
	Icc (A)	973	1521	2431	3038	3825	4853	6060	9667	15038	18887	23883	29708	37197	41821	42738	48721	57151	65840	76127	94337
U20 = 410 V	In (A)	23	35	56	70	89	113	141	225	352	444	563	704	887	1127	1408	1760	2253	2816	3520	4435
	Icc (A)	563	879	1405	1756	2210	2805	3503	5588	8692	10917	13806	17173	21501	24175	27080	30612	35650	40817	46949	58136

c) Courants de court-circuit à l'extrémité d'un câble

On connaît désormais le courant de court-circuit en tête d'installation (c'est le courant de CC maximale).

Il nous faut maintenant déterminer le courant de court-circuit à l'extrémité d'un câble (dont on connaît sa nature, sa section et sa longueur), pour cela on utilise des tableaux simplifiés fournissant le Icc aval en fonction du Icc amont [5].



Pour une même section et un même matériau le courant de court-circuit diminue avec la longueur.

d) Protection contre le courant de court-circuit minimal (en bout de ligne)

Dans le cas d'un défaut en bout de ligne, le disjoncteur ou les fusibles placés en amont doit "ouvrir" le circuit pour cette valeur de courant de court-circuit qui est minimal (puisque'il a lieu loin de la source).

En utilisant la méthode à base de tableaux et d'abaques (vu précédemment), on ne prend pas en compte le calcul de ce courant de court-circuit minimal.

D'autres tableaux donnent, en fonction du calibre et du type pour un fusible, du type de courbe de déclenchement du disjoncteur, et de la section du conducteur, les longueurs maximaux des câbles triphasés 400 V protégés contre les courts-circuits.

Ces tableaux sont donnés III.22. Ils ont été établis dans les conditions suivantes :

Réseau triphasé 400V, sans neutre et avec conducteur en cuivre

Lorsque les conditions d'utilisation sont différentes de celles précédemment énoncées (3 × 400 V en Cu), on applique des facteurs de correction ci-dessous.

Tableau III.23. Longueur vérifiée pour projet

Circuit	Tension	Longueur à multiplier par
3 Ph + N (avec $S_N = S_{Ph}$)	230 / 400 V	$K'1 = 0.58$
3 Ph + N (avec $S_N = 0.5 \times S_{Ph}$)	230 / 400 V	$K'1 = 0.77$
1 Ph + N (avec $S_N = S_{Ph}$)	230 V	$K'1 = 0.58$
1 Ph + N (avec $S_N = 0.5 \times S_{Ph}$)	230 V	$K'1 = 0.77$
2 Ph	400 V	$K'1 = 0.86$

Lorsque les conducteurs sont en aluminium on multiplie (en plus de $K1$ si il est nécessaire) par un facteur $K2$.

Conducteur en aluminium protégé par un fusible	$K'2 = 0.41$
Conducteur en aluminium protégé par un disjoncteur	$K'2 = 0.62$

III.3.5. Méthode des impédances :

Dans une installation triphasée, I_{cc} tri en un point du réseau est donnée par la formule [31] :

$$I_{cc} = \frac{U_{20}}{\sqrt{3}Z_T} \quad (\text{III. 11})$$

- U_{20} = tension entre phases à vide au secondaire d'un transformateur HT / BT (en V),
- Z_T = impédance totale par phase du réseau en amont du défaut (en Ω).

Chaque constituant d'un réseau se caractérise par une impédance Z composée d'un élément résistant (R) et d'un élément inductif (X) appelé réactance

$$Z_T = \sqrt{R_T^2 + X_T^2} \quad (\text{III. 12})$$

III.4. Conclusion

Ce chapitre a été consacré à la présentation de la méthodologie de choix et de calcul des sections des câbles, au calcul du courant de court-circuit et à la limite maximale de la chute de tension. Ces étapes nous aident à déterminer le pouvoir de coupure et à assurer la protection d'une installation électrique industrielle contre toutes les surintensités et chocs électriques.

Dans le chapitre qui suit, nous entamerons l'étude d'une installation basse tension. Pour cela, nous avons utilisé le logiciel ECODIAL, qui permet de calculer les sections adéquates des câbles, et de choisir le dispositif de protection tout en respectant les normes de chute de tension.

Chapitre VI :

Conception et choix de plan de protection par ECODIAL

VI.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous nous concentrerons sur la réalisation d'une installation électrique basse tension à l'aide du logiciel ECODIAL (une application logicielle développée par Schneider Electric pour la conception et le calcul d'installations électriques). Après avoir abordé les concepts théoriques et les méthodes de calcul nécessaires dans les chapitres précédents, nous passons maintenant à la mise en pratique concrète de ces connaissances.

L'utilisation d'ECODIAL a été cruciale pour ce projet, permettant une planification efficace et une protection optimale des installations électriques. Ce logiciel nous a non seulement aidé à compléter le projet en un temps record, mais il a également fourni des rapports détaillés et précis, garantissant ainsi la fiabilité et la sécurité de l'installation. Nous explorerons en détail les étapes suivies, les appareils de protection choisis, ainsi que les résultats obtenus.

VI.2. Cahier de charge

Présenté par ce schéma unifilaire :

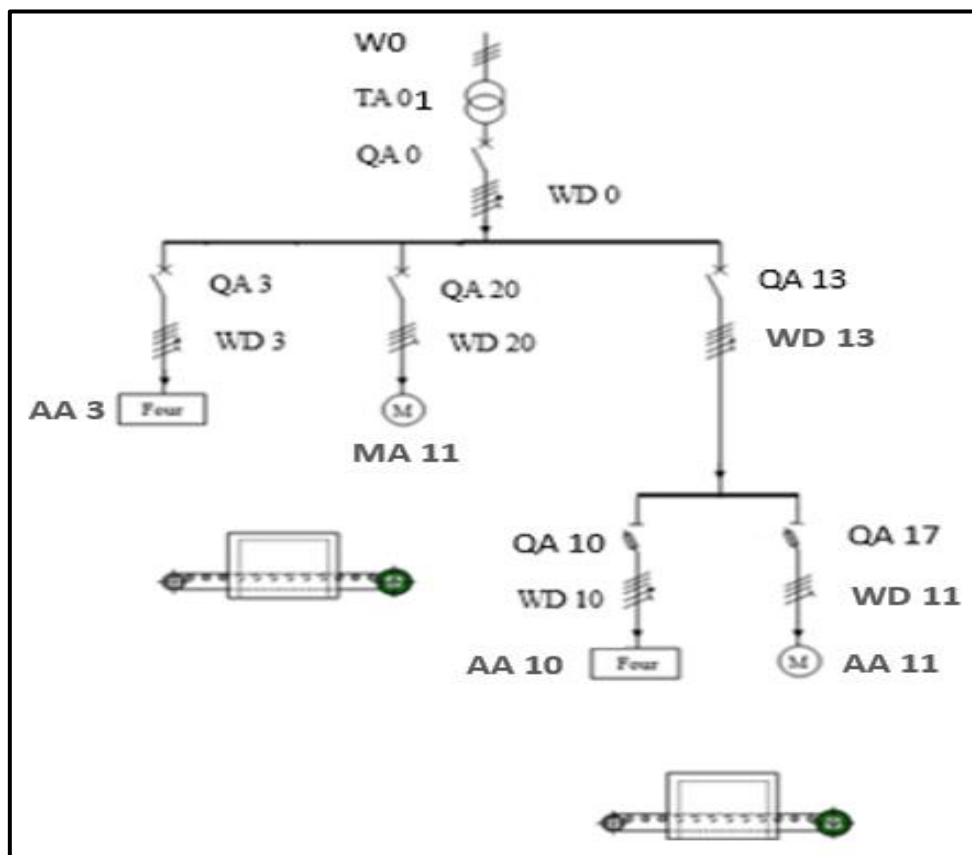


Figure VI.1 : Schéma unifilaire

VI.2.1 Donnée des paramètres

Source MT	W 01
Ur (kV)	20
Smin (MVA)	250
Smax (MVA)	500

Transformateur MT/BT	TA 01
S (kVA)	160
Ur T1 (kV)	20
Ur T2 (V)	400
SLT	TN-S

Les câbles	WD 0	WD 3	WD 20	WD 13	WD 10	WD 11
La longueur du câble (m)	11	63	63	5	66	58
Métal de phase	Al	Cu	Al	Cu	Cu	Al
Métal PE	Al	Cu	Al	Cu	Cu	Al
Isolant	PR	PR	PR	PR	PR	PR
Mode de pose	31/E	31/E	31/E	31/E	31/E	31/E
section du câble (m ²)	1.5	4	4	1.5	4	6
Protection	disjoncteur	disjoncteur	disjoncteur	disjoncteur	fusible	fusible

La charge résistive	Four AA 3	Four AA 10
S(kVA)	5	12
P(kW)	5	12
Ir(A)	7.22	17.3
η	1	1

Charge Inductive	Moteur MA 20	Moteur MA 11
S	5.89	15.2
P	4	13.1
Ir	8.5	22
η	0.8	0.86

VI.3. Conception par ECODIAL

VI.3.1. Les étapes de conceptions par ECODIAL

- Étape n°1 : introduction des paramètres de la source

Mode d'exploitation Normal | Calculer le projet

Propriétés Détails Courbes

Source MT W 0

Ur (kV)	20
SkQmin (MVA)	250
SkQmax (MVA)	500
R(1)Q/X(1)Q	0,1
X(1)Q/Z(1)Q	0,995
Ik3Max (kA)	15,9
Ik3min (kA)	7,22

Résultats

- Étape n°2 : introduction des paramètres de Le transformateur

Mode d'exploitation Normal | Calculer le projet

Propriétés Détails Courbes

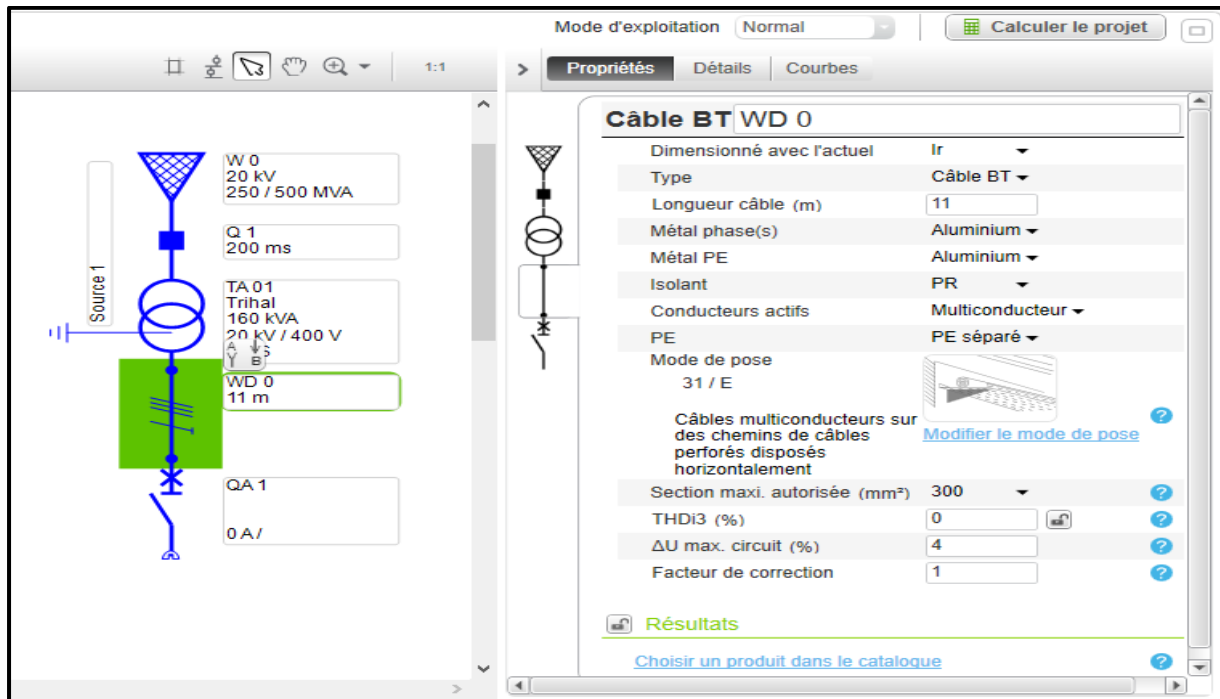
Transfo MT/BT TA 01

Technologie	Sec
Type de pertes	Normal
Couplage primaire	WC
Couplage secondaire	yn
UrT2 (V)	400
SLT	TN-S

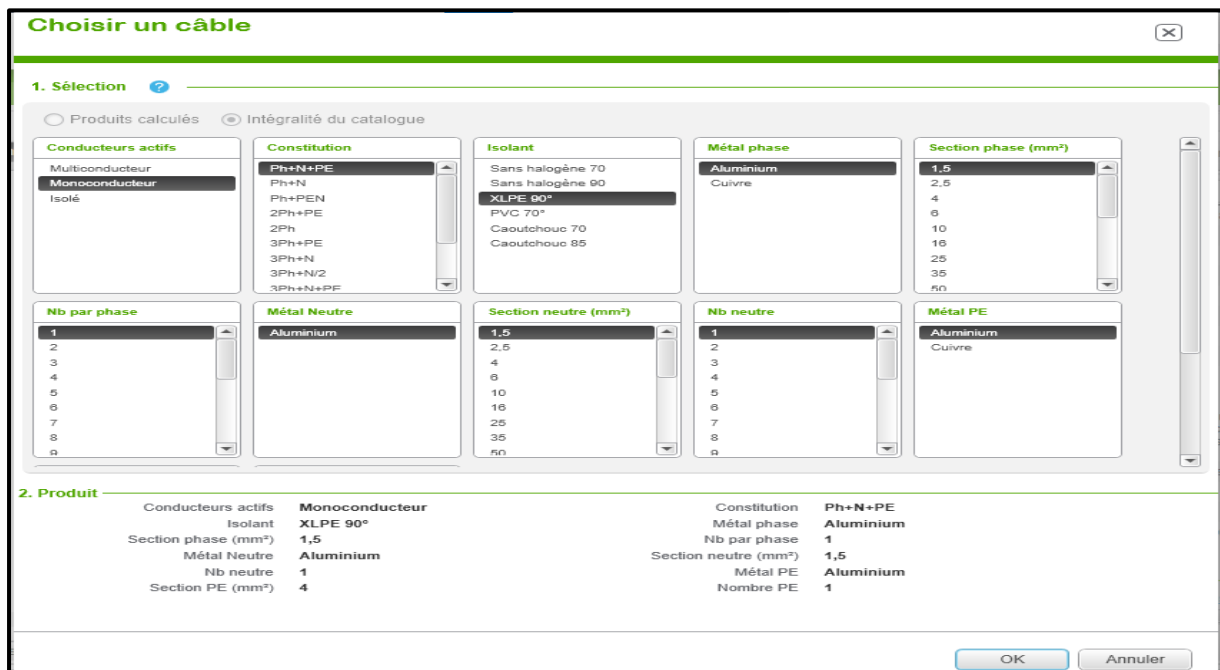
Résultats

Gamme	Trihal
SrT (kVA)	160
UkrT (%)	6
PkrT (kW)	2,35
UrT20 (V)	420
UiT0 (kV)	24
Ir (A)	231

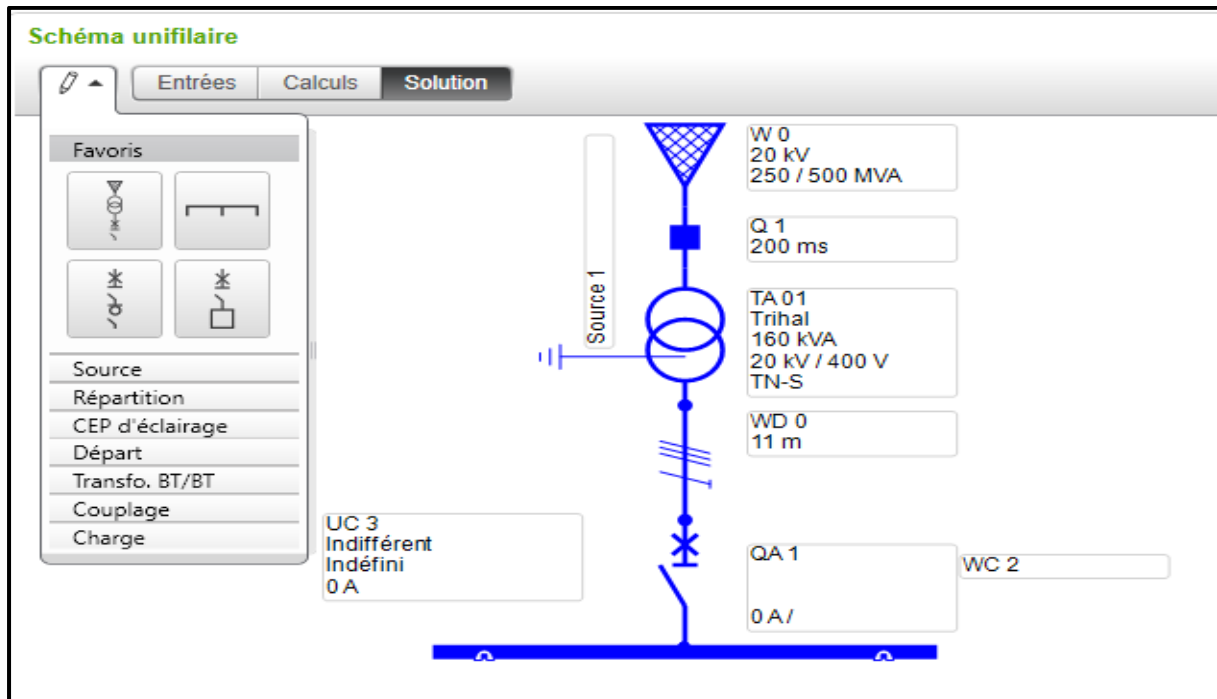
➤ Étape n°3 : introduction des paramètres de câble WD 0



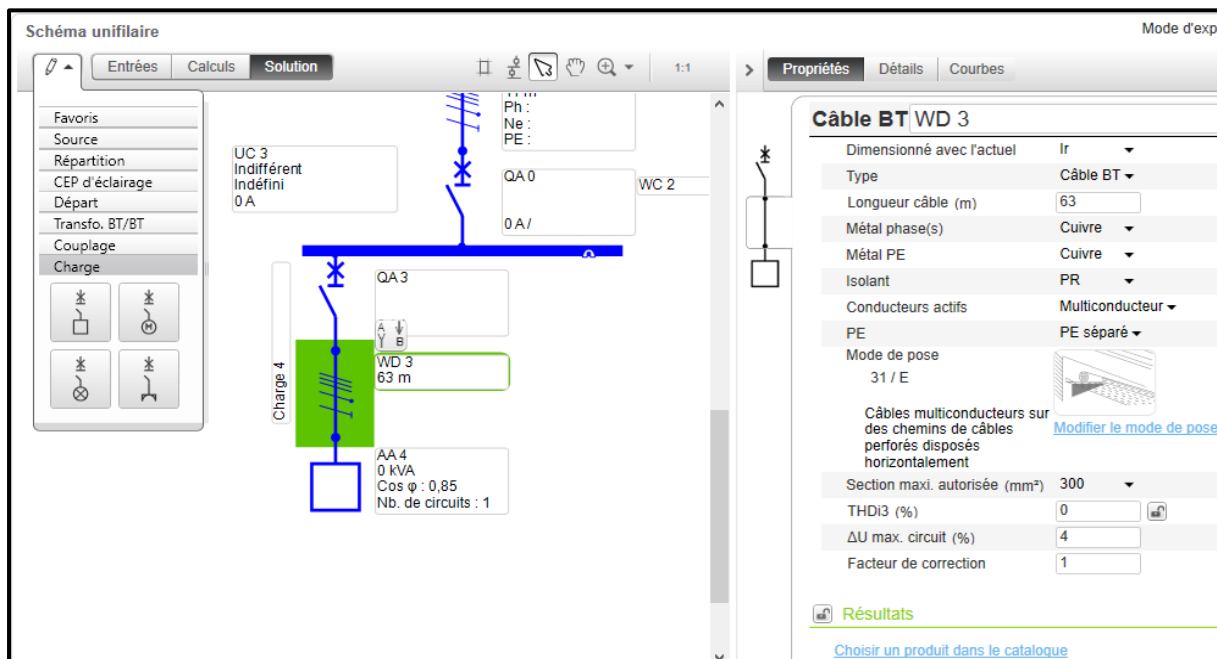
➤ Pour choisir la section on clique sur Choisir un produit dans le catalogue



- Étape n°4 : choisir le premier jeu de barre



- Étape n°5 : introduction des paramètres de câble WD 3



➤ Étape n°6 : introduction des paramètres du Four AA 3

The screenshot shows the ECODIAL software interface. On the left, a circuit diagram for 'Charge 4' is visible, featuring a 160 kVA transformer (20 kV / 400 V TN-S), a circuit breaker (QA 0), and a cable (WD 0, 11 m). The oven (AA 3) is highlighted in green. On the right, the 'Propriétés' panel for 'Charge AA 3' is open, showing the following parameters:

Paramètre	Valeur
Sr (kVA)	5
Pr (kW)	5
Ir (A)	7,22
Cos φ	1
Ku	1
Nb. de circuits	1
Polarité	3Ph+N
Tolérance ΔU (%)	4
Charge terminale	Oui
Force motrice	Non
Charge déformante ?	Non
THDI3 (%)	0

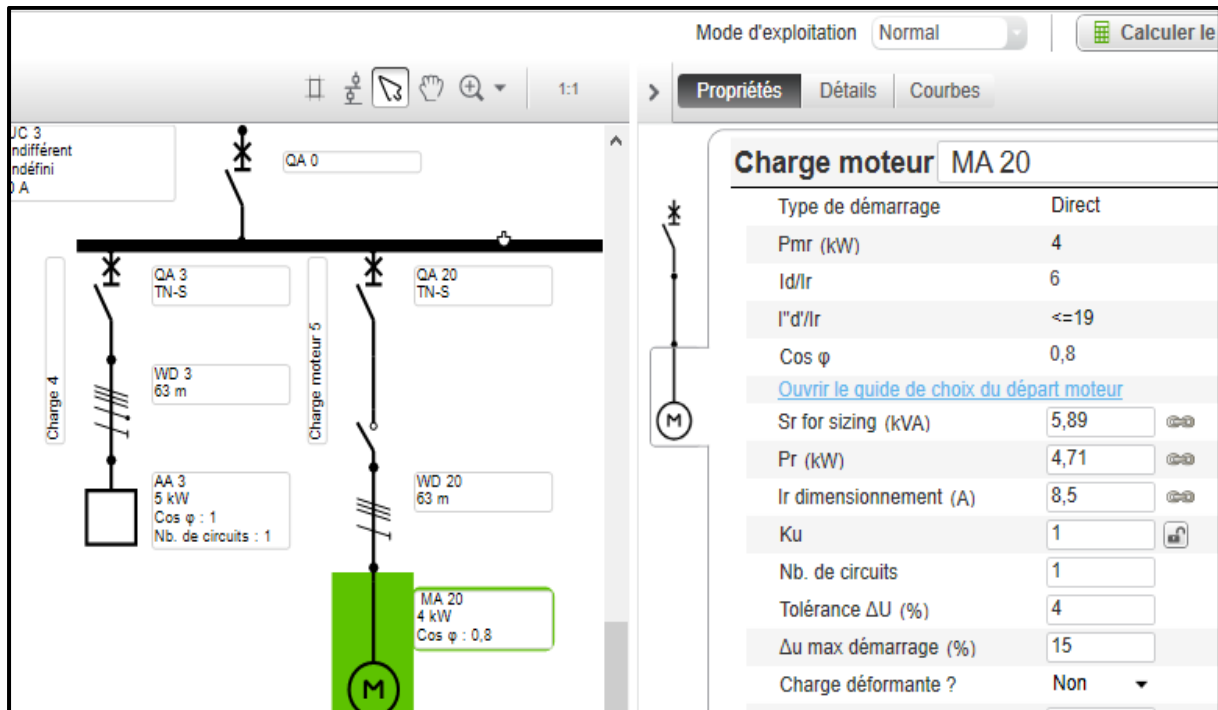
➤ Étape n°7 : introduction des paramètres de câble WD 20

The screenshot shows the ECODIAL software interface. On the left, a circuit diagram for 'Charge 4' is visible, featuring a 'Micrologie 5.2 A' (250 A / 4P4d) circuit breaker, a cable (WD 3, 63 m), and a motor (MA 20, 4 kW, Cos φ : 0,8). The cable (WD 20) is highlighted in green. On the right, the 'Propriétés' panel for 'Câble BT WD 20' is open, showing the following parameters:

Paramètre	Valeur
Dimensionné avec l'actuel	Ir
Type	Câble BT
Longueur câble (m)	63
Métal phase(s)	Aluminium
Métal PE	Aluminium
Isolant	PR
Conducteurs actifs	Multiconducteur
PE	PE séparé
Mode de pose	31 / E

Additional information at the bottom of the panel: Câbles multiconducteurs sur des chemins de câbles perforés disposés horizontalement. [Modifier le mode de pose](#)

- Étape n°8 : introduction des paramètres de Moteur MA 20



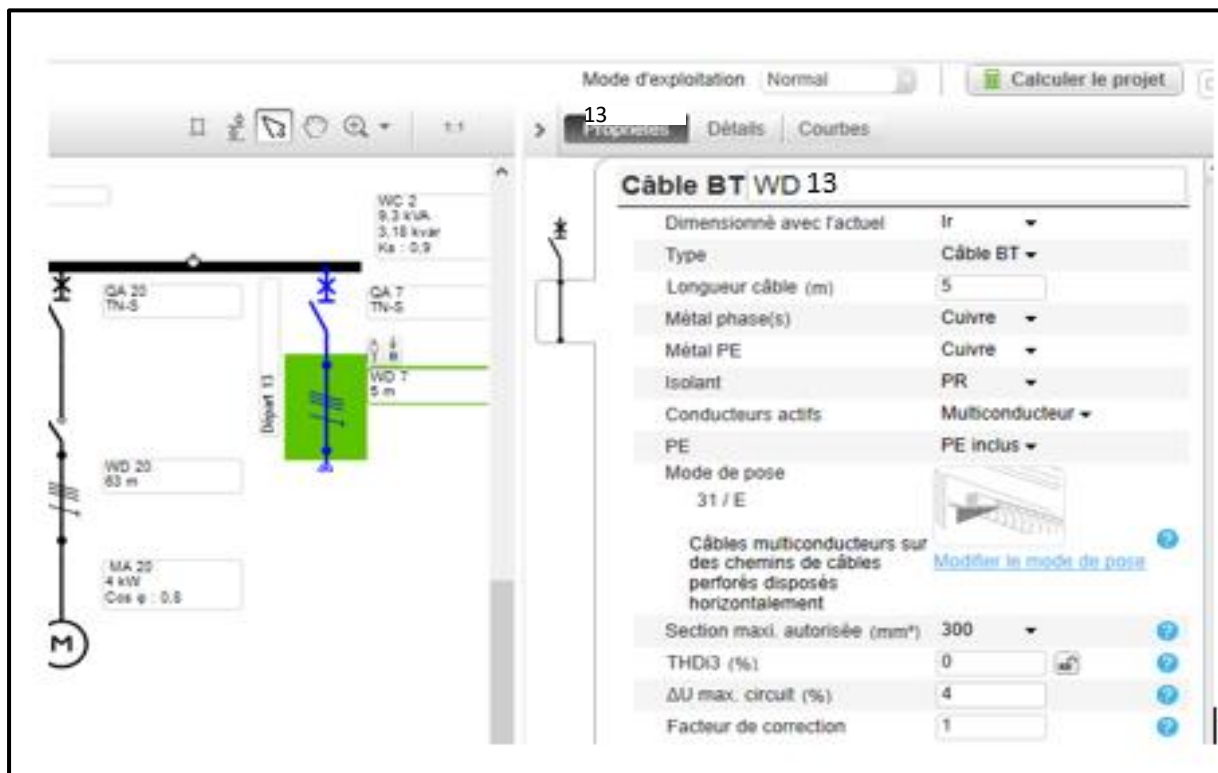
Mode d'exploitation Normal Calculer le

Propriétés Détails Courbes

Charge moteur MA 20

Type de démarrage	Direct
Pmr (kW)	4
Id/Ir	6
l'd/Ir	<=19
Cos φ	0,8
Ouvrir le guide de choix du départ moteur	
Sr for sizing (kVA)	5,89
Pr (kW)	4,71
Ir dimensionnement (A)	8,5
Ku	1
Nb. de circuits	1
Tolérance ΔU (%)	4
Δu max démarrage (%)	15
Charge déformante ?	Non

- Étape n°9 : introduction des paramètres de câble WD 13



Mode d'exploitation Normal Calculer le projet

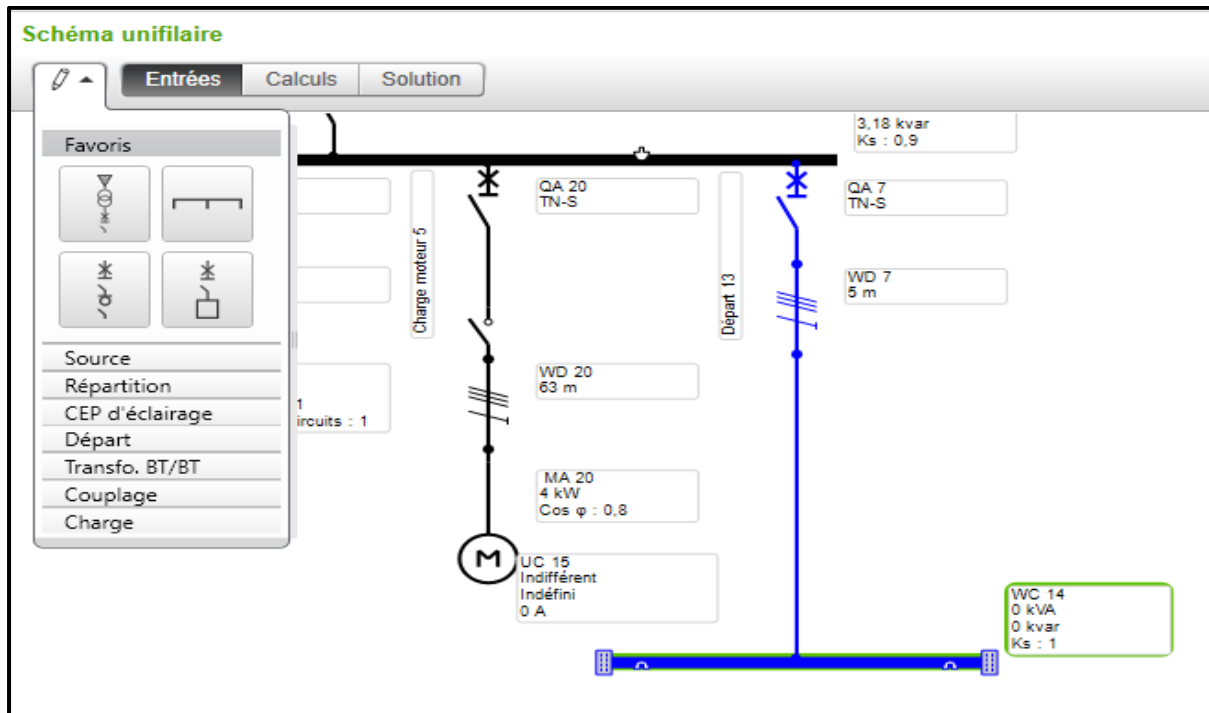
13

Propriétés Détails Courbes

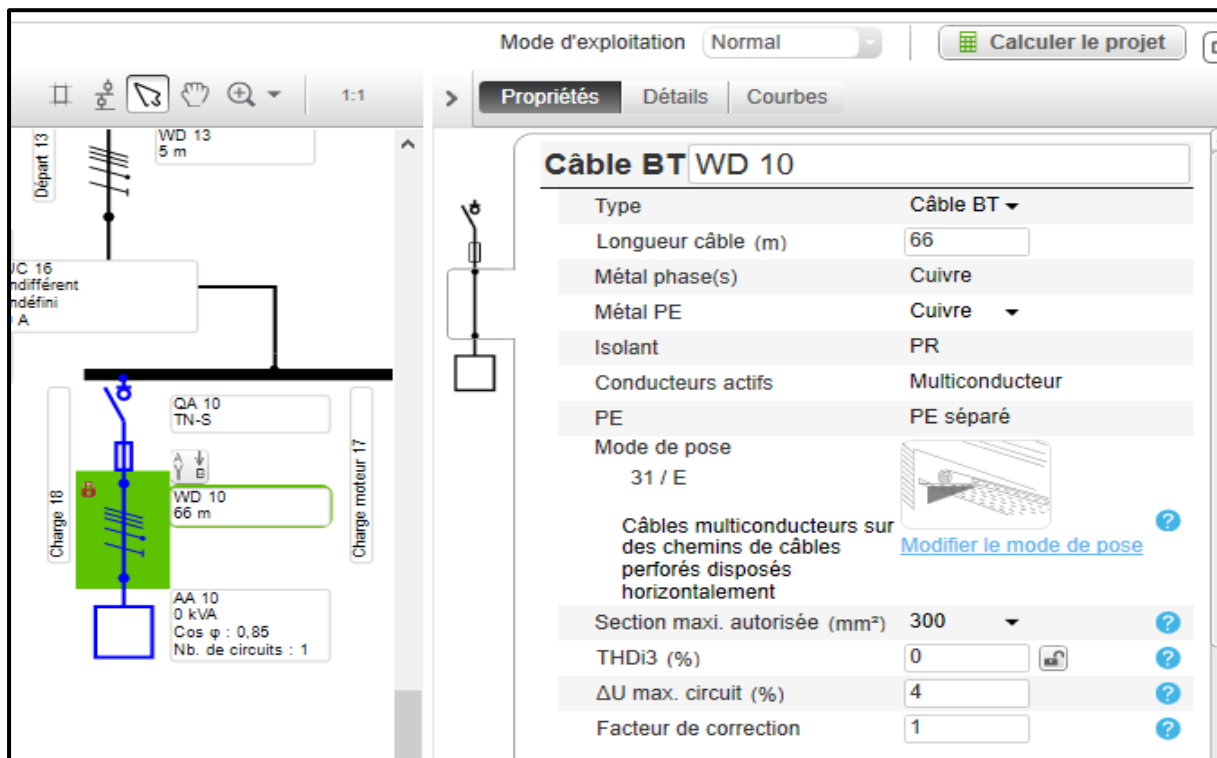
Câble BT WD 13

Dimensionné avec l'actuel	Ir
Type	Câble BT
Longueur câble (m)	5
Métal phase(s)	Cuivre
Métal PE	Cuivre
Isolant	PR
Conducteurs actifs	Multiconducteur
PE	PE inclus
Mode de pose	31 / E
Câbles multiconducteurs sur des chemins de câbles perforés disposés horizontalement Modifier le mode de pose	
Section maxi. autorisée (mm²)	300
THDI3 (%)	0
ΔU max. circuit (%)	4
Facteur de correction	1

- Étape n°10 : choisir de deuxième jeu de barre



- Étape n°11 Introduction des paramètres de câble WD 10



➤ Étape n° 12 Introduction les paramètres de four AA 10

Mode d'exploitation Normal Calculer le projet

Propriétés Détails Courbes

Charge AA 10

Sr (kVA)	5	
Pr (kW)	5	
Ir (A)	7,22	
Cos φ	1	
Ku	1	
Nb. de circuits	1	
Polarité	3Ph+N	
Tolérance ΔU (%)	4	?
Charge terminale	Oui	
Force motrice	Non	?
Charge déformante ?	Non	
THDi3 (%)	0	?

➤ Étape n° 13 Introduction des paramètres de câble WD 11

Mode d'exploitation Normal Calculer le projet

Propriétés Détails Courbes

Câble BT WD 11

Type	Câble BT	
Longueur câble (m)	58	
Métal phase(s)	Cuivre	
Métal PE	Cuivre	
Isolant	PR	
Conducteurs actifs	Multiconducteur	
PE	PE séparé	
Mode de pose	31 / E	
Câbles multiconducteurs sur des chemins de câbles perforés disposés horizontalement Modifier le mode de pose		
Section maxi. autorisée (mm²)	300	?
THDi3 (%)	0	?
ΔU max. circuit (%)	4	?
Facteur de correction	1	?

[Résultats](#)

[Choisir un produit dans le catalogue](#)

➤ Étape n°14 Introduction des paramètres de câble MA 11

The screenshot displays the ECODIAL software interface. On the left, a cable layout diagram shows a main busbar with two vertical cable runs labeled 'Charge 16' and 'Charge moteur 17'. The 'Charge 16' run includes components QA 16 (TN-S), WD 10 (66 m), and AA 10 (7,22 A, Cos φ : 1, Nb. de circuits : 1). The 'Charge moteur 17' run includes components WC 14 (17,7 kVA, 7 kvar, Ks : 0,9), QA 17 (TN-S), WD 11 (58 m), and MA 11 (11 kW, Cos φ : 0,86). The MA 11 motor is highlighted in green. On the right, the 'Propriétés' panel is open, showing the configuration for 'Charge moteur MA 11'.

Type de démarrage	Direct
Pmr (kW)	11
Id/Ir	7,2
I'd/Ir	<=19
Cos φ	0,86
Ouvrir le guide de choix du départ moteur	
Sr for sizing (kVA)	15,2
Pr (kW)	13,1
Ir dimensionnement (A)	22
Ku	1
Nb. de circuits	1
Tolérance ΔU (%)	4
Δu max démarrage (%)	15
Charge déformante ?	Non
THDi3 (%)	0

Résultats

VI.4. Calcul avec l'ECODIAL (bilan de puissance)

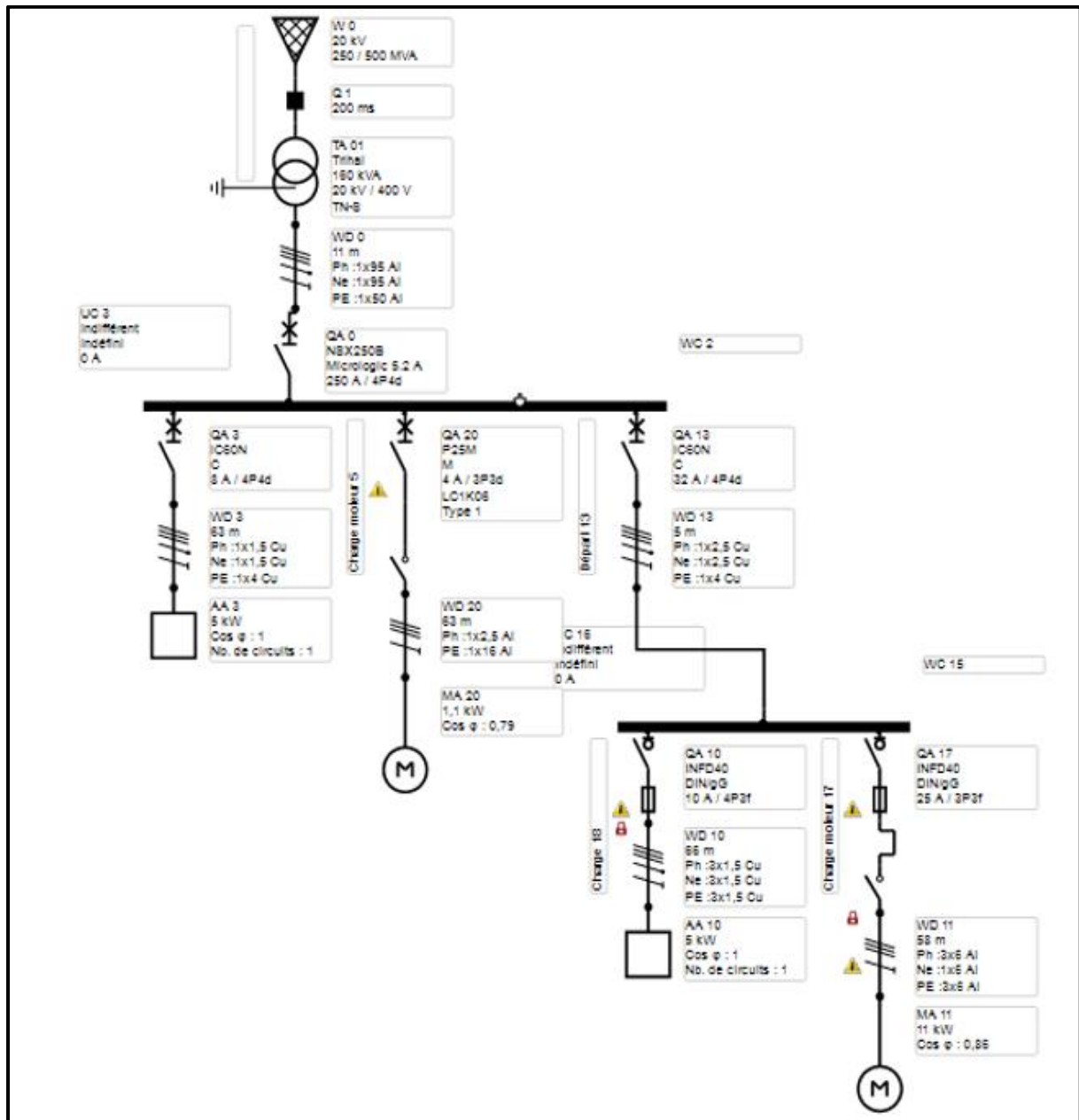


Figure VI.2. Bilan de puissance

VI.5. Rapport selon ECODIL

1 Description du projet

Paramètres généraux du projet

Norme d'installation	NF C 15-100
Norme de calcul	Guide UTE C 15-500 (2003)
Norme Disjoncteur	CEI 60947-2
Fréquence du réseau	50 Hz

Paramètres pour le calcul des câbles BT

Section maximale autorisée	300 mm ²
Tolérance section	5%

Liste des récepteurs

Charges génériques

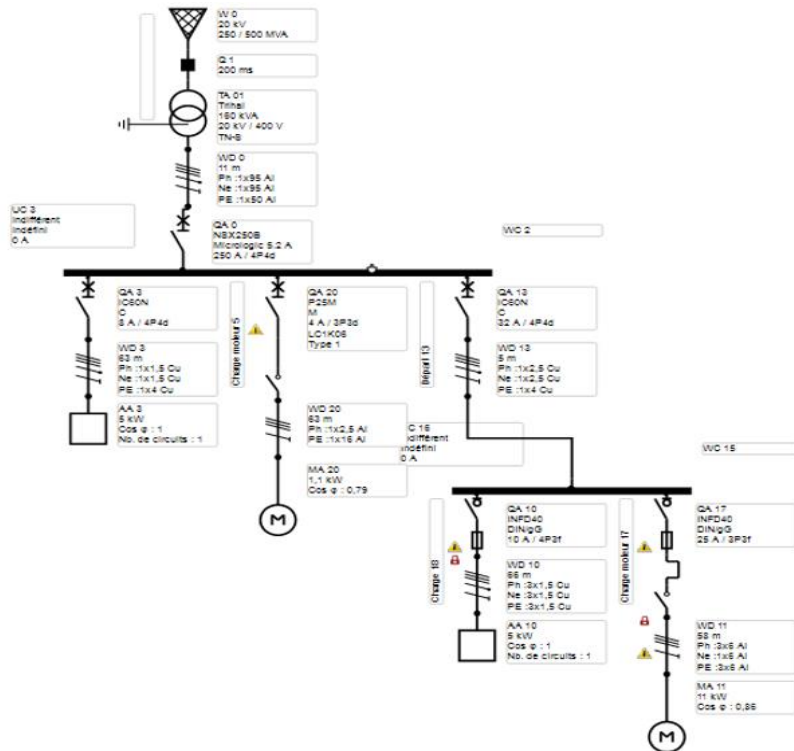
Nom	Sr (kVA)	Pr (kW)	Ir (A)	Cosφ	Nbre	Polarité	Générateur d'harmonique	THDi 3 (%)
AA 3	5	5	7,22	1	1	3Ph+N	Non	0
AA 10	5	5	7,22	1	1	3Ph+N	Non	0

Charge moteur

Nom	Sr (kVA)	Pr (kW)	Ir (A)	Cosφ	Nbr	Polarité	Charge non linéaire	THDi 3 (%)
MA 20	1,87	1,48	2,7	0,79	1	3Ph	Non	0
MA 11	15,2	13,1	22	0,86	1	3Ph	Non	0

2 Conception de l'installation

Schéma unifilaire de l'installation



Liste des équipements

Transformateurs MT/BT

Nom	Nbr	Gamme	Isolant	Sr (kVA)	ukrT (%)	Couplage	Ur (V)	SLT	Rb (mΩ)
TA 01	1	Trihal	Sec	160	6	WC/yn	420	TN-S	10000

Tableaux BT et jeux de barres

Nom du tableau	Gamme	Calibre (A)	IP
UC 3	Indifférent	0,00	Indéfini
UC 16	Indifférent	0,00	Indéfini

Nom du jeu de barres	Nom du tableau	Ks	Polarité	SLT	Liaison équipotentielle
WC 2	UC 3	1	3Ph+N	TN-S	Avec
WC 15	UC 16	1	3Ph+N	TN-S	Sans

Disjoncteurs

Nom	Nbr	Gamme	Calibre (A)	Pôles	Déclencheur/courbe	Protection différentielle	Classe prot. différentielle
QA 0	1	Compact NSX - NSX250B	250	4P4d	Micrologic 5.2 A		

QA 3	1	Acti9 iC60 - iC60N	8	4P4d	C
QA 20	1	Multi 9 P25M - P25M	4	3P3d	M
QA 13	1	Acti9 iC60 - iC60N	32	4P4d	C

Porte fusible

Nom	Nbr	Gamme	Pôles	Calibre cartouche (A)	Techno. cartouche DDR	Classe DDR
QA 17	1	Fupact	3P3f	25	DIN/gG	
QA 10	1	Fupact	4P3f	10	DIN/gG	

Carnet de câbles

Nom	Nbr	Tenant	Aboutissant	Type	Isolant	L (m)	L1/L2/L3	N	PE/PEN
WD 10	1	QA 10	AA 10	Multiconducteur	PR	66	3x0 Cuivre	3x0 Cuivre	3x0 Cuivre
WD 20	1	QA 20	MA 20	Multiconducteur	PR	63	1x2,5 Aluminium		1x16 Aluminium
WD 3	1	QA 3	AA 3	Multiconducteur	PR	63	1x1,5 Cuivre	1x1,5 Cuivre	1x4 Cuivre
WD 11	1	QA 17	MA 11	Isolé	PR	58	3x0 Aluminium	1x0 Aluminium	3x0 Aluminium
WD 0	1	TA 01	QA 0	Monoconducteur	PR	11	1x95 Aluminium	1x95 Aluminium	1x47,5 Aluminium
WD 13	1	QA 13	WC 15	Multiconducteur	PR	5	1x2,5 Cuivre	1x2,5 Cuivre	1x4 Cuivre

Notes de calcul

Circuit(s) source d'alimentation MT

Circuit

Arrivée MT	W 0
Puissance de court-circuit Max.	500 MVA
Puissance de court-circuit Min.	250 MVA
Transformateur MT/BT	TA 01
Gamme	Trihal
Technologie	Sec
SrT	160 kVA

U _{krT}	6 %
Type de pertes	Normal
P _{krT}	2350 W
Schéma de liaisons à la terre (BT)	TN-S
Couplage MT	WC
Couplage BT	Yn
U _{rTO} BT	420V
U _r BT	400V
R _b (mise à la terre du neutre)	NA
R _a (mise à la terre des masses)	NA
Informations de dimensionnement	U _{krT} et P _{krT} calculés automatiquement
Câble	WD 0
Paramètres	
Longueur	11 m
Longueur maximum	NA
Mode de pose	31 F Câbles monoconducteurs sur des chemins de câbles perforés disposés horizontalement
Type de câble	Monoconducteur
Nb de circuits jointifs supplémentaires	0
Isolant	PR
Température ambiante	30 °C
THDI de rang 3 dans le neutre	0 %
I _b	231 A
Contrainte de dimensionnement	I _z
Information de dimensionnement	Dimensionné avec I _r
Facteurs de correction	
Facteur de mode de pose	SchneiderElectric.CustomerSoftware.Kernel.ElectricalEquipment.EuropeCenelec.Cable

Tableau de référence normatif	52G
Facteur de température	1
Tableau de référence normatif	A-52-14
Facteur de résistivité thermique du sol	1
Tableau de référence normatif	A-52-16
Facteur de neutre chargé	1
Tableau de référence normatif	D-52-1
Facteur de groupement	0,98
Tableau de référence normatif	A-52-21
Facteur de coefficient fusible	1
Facteur de correction	1
Facteur global	0,98

Phase choisie

Section	1x95 mm ²
Ame	Aluminium
Iz	259 A

Neutre choisi

Section	1x95 mm ²
Ame	Aluminium
Iz	264 A

PE choisi

Section	1x50 mm ²
Ame	Aluminium

Courants de court-circuit

I _{k3max}	I _{k2max}	I _{k1max}	I _{k2min}	I _{k1min}	I _{ef}	I _{ef2min}
--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	-----------------	---------------------

Mode d'exploitation Normal

(kA)	3,82	3,31	3,82	2,75	3,08	0,00	0,00
------	------	------	------	------	------	------	------

Synthèse pour tous les modes d'exploitation						
(kA)	3,82	3,31	3,82	2,75	3,08	0,00 0,00

Résultats de calcul conformes au guide UTE C 15-500 (2003).
 Avis technique UTE 15L-602.
 Hypothèses et choix de l'appareillage à la responsabilité de l'utilisateur.
 Version du logiciel: Ecodial Advance 4.25.

Disjoncteur	QA 0
Ib	231 A
Informations de dimensionnement	Dimensionné par le système
Gamme	Compact NSX
Désignation	NSX250B
Calibre disjoncteur	250 A
Pouvoir de coupure	25 kA
Pouvoir de coupure unipolaire TNS	NA
Pouvoir de coupure unipolaire IT	NA
Pouvoir de coupure renforcé	NA
Pôles & pôles protégés	4P4d
Déclencheur	Micrologic 5.2 A
Calibre déclencheur	250 A
Réglages long retard	
Ir	231 A
Tr	16 s
Réglages court retard	
Isd	2310 A
Tsd	0 s
Réglages instantané	
Ii	3000 A

Courants d'emploi				
	IL1	IL2	IL3	IN

Mode d'exploitation Normal				
(A)	32,591	32,591	32,591	0

Synthèse pour tous les modes d'exploitation				
(A)	32,591	32,591	32,591	0

Chutes de tension		
	Cumulées depuis l'amont	Circuit

Mode d'exploitation Normal		
ΔU_{3L} (%)	0,444	0,444
ΔU_{L1L2} (%)	0,512	0,512
ΔU_{L2L3} (%)	0,512	0,512
ΔU_{L3L1} (%)	0,512	0,512
ΔU_{L1N} (%)	0,444	0,444
ΔU_{L2N} (%)	0,444	0,444
ΔU_{L3N} (%)	0,444	0,444

Circuit(s) départ

Circuit Départ 13

Disjoncteur	QA 13
Ib	26,3 A
Informations de dimensionnement	Dimensionné par le système
Gamme	Acti9 iC60
Désignation	iC60N
Calibre disjoncteur	32 A
Pouvoir de coupure	10 kA
Pouvoir de coupure unipolaire TNS	NA
Pouvoir de coupure unipolaire IT	NA
Pouvoir de coupure renforcé	NA
Pôles & pôles protégés	4P4d
Déclencheur	C
Calibre déclencheur	32 A
Réglages long retard	
Ir	32 A
Tr	NA
Réglages court retard	
I _{sd}	272 A
T _{sd}	NA
Réglages instantané	
Ii	NA
Câble	WD 13
Paramètres	
Longueur	5 m
Longueur maximum	NA
Mode de pose	31 E

Type de câble	Câbles multiconducteurs sur des chemins de câbles perforés disposés horizontalement Multiconducteur
Nb de circuits jointifs supplémentaires	0
Isolant	PR
Température ambiante	30 °C
THDI de rang 3 dans le neutre	0 %
I _b	26 A
Contrainte de dimensionnement	I _z
Information de dimensionnement	Dimensionné avec I _r
Facteurs de correction	
Facteur de mode de pose	SchneiderElectric.CustomerSoftware.Kernel.ElectricalEquipment.EuropeCenelec.Cable
Tableau de référence normatif	52G
Facteur de température	1
Tableau de référence normatif	A-52-14
Facteur de résistivité thermique du sol	1
Tableau de référence normatif	A-52-16
Facteur de neutre chargé	1
Tableau de référence normatif	D-52-1
Facteur de groupement	1
Tableau de référence normatif	A-52-20
Facteur de coefficient fusible	1
Facteur de correction	1
Facteur global	1

Phase choisie

Section 1x2,5 mm²

Ame Cuivre

Iz 32 A

Neutre choisi

Section 1x2,5 mm²

Ame Cuivre

Iz 32 A

PE choisi

Section 1x4 mm²

Ame Cuivre

Courants de court-circuit

Ik3max Ik2max Ik1max Ik2min Ik1min Ief Ief2min

Mode d'exploitation Normal

(kA) 3,72 3,22 3,61 2,00 1,60 1,86 0,00

Synthèse pour tous les modes d'exploitation

(kA) 3,72 3,22 3,61 2,00 1,60 1,86 0,00

Résultats de calcul conformes au guide UTE C 15-500 (2003).

Avis technique UTE 15L-602.

Hypothèses et choix de l'appareillage à la responsabilité de l'utilisateur.

Version du logiciel: Ecodial Advance 4.25.

Courants d'emploi

IL1 IL2 IL3 IN

Mode d'exploitation Normal

(A) 26,295 26,295 26,295 0

Synthèse pour tous les modes d'exploitation

(A) 26,295 26,295 26,295 0

Chutes de tension

	Cumulées depuis l'amont	Circuit
Mode d'exploitation Normal		
ΔU_{3L} (%)	0,941	0,498
ΔU_{L1L2} (%)	1,087	0,575
ΔU_{L2L3} (%)	1,087	0,575
ΔU_{L3L1} (%)	1,087	0,575
ΔU_{L1N} (%)	0,941	0,498
ΔU_{L2N} (%)	0,941	0,498
ΔU_{L3N} (%)	0,941	0,498

Circuit(s) charge générique

Circuit Charge 4

Disjoncteur	QA 3
Ib	7,22 A
Informations de dimensionnement	Dimensionné par le système
Gamme	Acti9 iC60
Désignation	iC60N
Calibre disjoncteur	8 A
Pouvoir de coupure	10 kA
Pouvoir de coupure unipolaire TNS	NA
Pouvoir de coupure unipolaire IT	NA
Pouvoir de coupure renforcé	NA
Pôles & pôles protégés	4P4d
Déclencheur	C

Calibre déclencheur	8 A
Réglages long retard	
I _r	8 A
T _r	NA
Réglages court retard	
I _{sd}	68 A
T _{sd}	NA
Réglages instantané	
I _i	NA
Câble	
	WD 3
Paramètres	
Longueur	63 m
Longueur maximum	85,8 m
Mode de pose	31 E Câbles multiconducteurs sur des chemins de câbles perforés disposés horizontalement
Type de câble	Multiconducteur
Nb de circuits jointifs supplémentaires	0
Isolant	PR
Température ambiante	30 °C
THDI de rang 3 dans le neutre	0 %
I _b	7 A
Contrainte de dimensionnement	I _z
Information de dimensionnement	Dimensionné avec I _r
Facteurs de correction	
Facteur de mode de pose	SchneiderElectric.CustomerSoftware.Kernel.ElectricalEquipment.EuropeCenelec.Cable

Tableau de référence normatif	52G
Facteur de température	1
Tableau de référence normatif	A-52-14
Facteur de résistivité thermique du sol	1
Tableau de référence normatif	A-52-16
Facteur de neutre chargé	1
Tableau de référence normatif	D-52-1
Facteur de groupement	1
Tableau de référence normatif	A-52-20
Facteur de coefficient fusible	1
Facteur de correction	1
Facteur global	1

Phase choisie

Section	1x1,5 mm ²
Ame	Cuivre
Iz	23 A

Neutre choisi

Section	1x1,5 mm ²
Ame	Cuivre
Iz	23 A

PE choisi

Section	1x4 mm ²
Ame	Cuivre

Courants de court-circuit						
Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min	Ief	Ief2min

Mode d'exploitation Normal

(kA) 3,72 3,22 3,61 0,19 0,11 0,16 0,00

Synthèse pour tous les modes d'exploitation

(kA) 3,72 3,22 3,61 0,19 0,11 0,16 0,00

Résultats de calcul conformes au guide UTE C 15-500 (2003).
 Avis technique UTE 15L-602.
 Hypothèses et choix de l'appareillage à la responsabilité de l'utilisateur.
 Version du logiciel: Ecodial Advance 4.25.

Charge	AA 3
U	400 V
S	5 kVA
P	5 kW
I	7,22 A
cosφ	1
Polarité	3Ph+N
Phase(s) d'alimentation	
Nombre de circuits	1
Ku (mode Normal)	1
Générateur d'harmoniques	Non
THDI3 de rang 3 généré	0 %

Courants d'emploi

	IL1	IL2	IL3	IN
--	-----	-----	-----	----

Mode d'exploitation Normal

(A) 7,217 7,217 7,217 0

Synthèse pour tous les modes d'exploitation

(A) 7,217 7,217 7,217 0

Chutes de tension

Cumulées depuis l'amont	Circuit
-------------------------	---------

Mode d'exploitation Normal		
ΔU_{3L} (%)	3,553	3,110
ΔU_{L1L2} (%)	4,103	3,591
ΔU_{L2L3} (%)	4,103	3,591
ΔU_{L3L1} (%)	4,103	3,591
ΔU_{L1N} (%)	3,553	3,110
ΔU_{L2N} (%)	3,553	3,110
ΔU_{L3N} (%)	3,553	3,110

Synthèse pour tous les modes d'exploitation	
ΔU_{3L} (%)	3,553
ΔU_{L1L2} (%)	4,103
ΔU_{L2L3} (%)	4,103
ΔU_{L3L1} (%)	4,103
ΔU_{L1N} (%)	3,553
ΔU_{L2N} (%)	3,553
ΔU_{L3N} (%)	3,553

Circuit Charge 18

Porte fusible et cartouches	QA 10
Ib	7,22 A
Informations de dimensionnement	Dimensionné par le système
Gamme	Fupact
Désignation	INFD40
Icm (Pouvoir de fermeture)	176 kA.
Pôles & pôles protégés	4P3f

Porte fusible	Fusible interrupteur	</IF>
Cartouches fusibles		
Technologie	DIN/gG	
Taille	NH000	
Calibre phase	10 A	
Pouvoir de coupure phase	100 kA	
Calibre neutre		
Pouvoir de coupure neutre		
Temps de fusion Ief/Ief2min	0,1 s	
Temps de fusion Ikmin	0,1 s	
Câble	WD 10	
Paramètres		
Longueur	66 m	
Longueur maximum	165 m	
Mode de pose	31 E Câbles multiconducteurs sur des chemins de câbles perforés disposés horizontalement	
Type de câble	Multiconducteur	
Nb de circuits jointifs supplémentaires	0	
Isolant	PR	
Température ambiante	30 °C	
THDI de rang 3 dans le neutre	0 %	
Ib	7 A	
Contrainte de dimensionnement	Iz	
Information de dimensionnement	Dimensionné avec Ir	
Facteurs de correction		
Facteur de mode de pose	SchneiderElectric.CustomerSoftware.Kernel.ElectricalEquipment.EuropeCenelec.Cable	

Tableau de référence normatif	52G
Facteur de température	1
Tableau de référence normatif	A-52-14
Facteur de résistivité thermique du sol	1
Tableau de référence normatif	A-52-16
Facteur de neutre chargé	1
Tableau de référence normatif	D-52-1
Facteur de groupement	0,82
Tableau de référence normatif	A-52-20
Facteur de coefficient fusible	1,31
Facteur de correction	1
Facteur global	0,82

Phase choisie

Section	3x1,5 mm ²
Ame	Cuivre
Iz	43,2 A

Neutre choisi

Section	3x1,5 mm ²
Ame	Cuivre
Iz	69 A

PE choisi

Section	3x1,5 mm ²
Ame	Cuivre

Courants de court-circuit						
Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min	Ief	Ief2min

Mode d'exploitation Normal

(kA) 2,92 2,53 2,15 0,37 0,22 0,23 0,00

Synthèse pour tous les modes d'exploitation

(kA) 2,92 2,53 2,15 0,37 0,22 0,23 0,00

Résultats de calcul conformes au guide UTE C 15-500 (2003).

Avis technique UTE 15L-602.

Hypothèses et choix de l'appareillage à la responsabilité de l'utilisateur.

Version du logiciel: Ecodial Advance 4.25.

Charge	AA 10
U	400 V
S	5 kVA
P	5 kW
I	7,22 A
cosφ	1
Polarité	3Ph+N
Phase(s) d'alimentation	
Nombre de circuits	1
Ku (mode Normal)	1
Générateur d'harmoniques	Non
THDI3 de rang 3 généré	0 %

Courants d'emploi				
	IL1	IL2	IL3	IN

Mode d'exploitation Normal				
(A)	7,217	7,217	7,217	0

Synthèse pour tous les modes d'exploitation				
(A)	7,217	7,217	7,217	0

Chutes de tension	
Cumulées depuis l'amont	Circuit

Mode d'exploitation Normal		
ΔU_{3L} (%)	2,027	1,086
ΔU_{L1L2} (%)	2,341	1,254
ΔU_{L2L3} (%)	2,341	1,254
ΔU_{L3L1} (%)	2,341	1,254
ΔU_{L1N} (%)	2,027	1,086
ΔU_{L2N} (%)	2,027	1,086
ΔU_{L3N} (%)	2,027	1,086

Synthèse pour tous les modes d'exploitation		
ΔU_{3L} (%)	2,027	
ΔU_{L1L2} (%)	2,341	
ΔU_{L2L3} (%)	2,341	
ΔU_{L3L1} (%)	2,341	
ΔU_{L1N} (%)	2,027	
ΔU_{L2N} (%)	2,027	
ΔU_{L3N} (%)	2,027	

Départ(s) moteur

Circuit Charge moteur 5

Disjoncteur	QA 20
Ib	2,7 A
Informations de dimensionnement	Dimensionné par le système
Gamme	Multi 9 P25M
Désignation	P25M
Calibre disjoncteur	4 A
Pouvoir de coupure	150 kA

Pouvoir de coupure unipolaire TNS	NA
Pouvoir de coupure unipolaire IT	NA
Pouvoir de coupure renforcé	NA
Pôles & pôles protégés	3P3d
Déclencheur	M
Calibre déclencheur	4 A
Réglages long retard	
I _r	3 A
T _r	NA
Réglages court retard	
I _{sd}	51 A
T _{sd}	NA
Réglages instantané	
I _i	NA
Contacteur	
Désignation	LC1K06
Type de coordination	T1
Câble	
Paramètres	
Longueur	63 m
Longueur maximum	205 m
Mode de pose	31 E Câbles multiconducteurs sur des chemins de câbles perforés disposés horizontalement
Type de câble	Multiconducteur
Nb de circuits jointifs supplémentaires	0

Isolant	PR
Température ambiante	30 °C
THDI de rang 3 dans le neutre	0 %
Ib	3 A
Contrainte de dimensionnement	Iz
Information de dimensionnement	Dimensionné avec Ir
Facteurs de correction	
Facteur de mode de pose	SchneiderElectric.CustomerSoftware.Kernel.ElectricalEquipment.EuropeCenelec.Cable
Tableau de référence normatif	52G
Facteur de température	1
Tableau de référence normatif	A-52-14
Facteur de résistivité thermique du sol	1
Tableau de référence normatif	A-52-16
Facteur de neutre chargé	1
Tableau de référence normatif	D-52-1
Facteur de groupement	1
Tableau de référence normatif	A-52-20
Facteur de coefficient fusible	1
Facteur de correction	1
Facteur global	1
Phase choisie	
Section	1x2,5 mm ²
Ame	Aluminium
Iz	24 A
PE choisi	

Section 1x16 mm²

Ame Aluminium

Courants de court-circuit

Ik3max Ik2max Ik1max Ik2min Ik1min Ief Ief2min

Mode d'exploitation Normal

(kA) 3,72 3,22 0,00 0,20 0,00 0,20 0,00

Synthèse pour tous les modes d'exploitation

(kA) 3,72 3,22 0,00 0,20 0,00 0,20 0,00

Résultats de calcul conformes au guide UTE C 15-500 (2003).

Avis technique UTE 15L-602.

Hypothèses et choix de l'appareillage à la responsabilité de l'utilisateur.

Version du logiciel: Ecodial Advance 4.25.

Moteur asynchrone BT MA 20

Type de départ Direct

U 400 V

Puissance mécanique 1,1 kW

Courant de démarrage Id/Ir 5,5

Courant subtransitoire I''d/Ir <=19

Ir de dimensionnement 2,7 A

Sr de dimensionnement 1,87 kVA

Pr de dimensionnement 1,48 kW

cosφ 0,79

Polarité 3Ph

Nombre de circuits 1

Ku (mode Normal) 1

Générateur d'harmoniques Non

THDI3 de rang 3 généré 0 %

Courants d'emploi

	IL1	IL2	IL3	IN
--	-----	-----	-----	----

Mode d'exploitation Normal				
(A)	2,700	2,700	2,700	0

Synthèse pour tous les modes d'exploitation				
(A)	2,700	2,700	2,700	0

Chutes de tension

	Cumulées depuis l'amont	Circuit
--	-------------------------	---------

Mode d'exploitation Normal		
ΔU_{3L} (%)	1,324	0,880
ΔU_{L1L2} (%)	1,528	1,016
ΔU_{L2L3} (%)	1,528	1,016
ΔU_{L3L1} (%)	1,528	1,016
ΔU_{L1N} (%)	0,444	0,000
ΔU_{L2N} (%)	0,444	0,000
ΔU_{L3N} (%)	0,444	0,000

Chute de tension cumulée au démarrage (*)	
ΔU_{Dem} (%)	2,477
	(*) Chaque moteur démarre séparément

Circuit Charge moteur 17

Porte fusible et cartouches	QA 17
Ib	22 A
Informations de dimensionnement	Dimensionné par le système
Gamme	Fupact
Désignation	INFD40

Icm (Pouvoir de fermeture)	176 kA.
Pôles & pôles protégés	3P3f
Porte fusible	Fusible interrupteur
Cartouches fusibles	
Technologie	DIN/gG
Taille	NH000
Calibre phase	25 A
Pouvoir de coupure phase	100 kA
Calibre neutre	
Pouvoir de coupure neutre	
Temps de fusion Ief/Ief2min	0,1 s
Temps de fusion Ikmin	0,1 s
Contacteur	LC1D32
Désignation	LC1D32
Type de coordination	T2

<IF cond="NetComponentElectrical.DisplayedResult.IsUpstreamProtectionSeparated" >

Relais thermique	LTMR27
Désignation	LTMR27
Ir	22

</IF>

Câble	WD 11
Paramètres	
Longueur	58 m
Longueur maximum	214 m
Mode de pose	1 A1 Conducteurs isolés dans des conduits encastrés dans des parois thermiquement isolantes
Type de câble	Isolé
Nb de circuits jointifs supplémentaires	0

Isolant	PR
Température ambiante	30 °C
THDI de rang 3 dans le neutre	0 %
Ib	22 A
Contrainte de dimensionnement	Iz
Information de dimensionnement	Dimensionné avec Ir
Facteurs de correction	
Facteur de mode de pose	SchneiderElectric.CustomerSoftware.Kernel.ElectricalEquipment.EuropeCenelec.Cable
Tableau de référence normatif	52G
Facteur de température	1
Tableau de référence normatif	A-52-14
Facteur de résistivité thermique du sol	1
Tableau de référence normatif	A-52-16
Facteur de neutre chargé	1
Tableau de référence normatif	D-52-1
Facteur de groupement	0,7
Tableau de référence normatif	A-52-17
Facteur de coefficient fusible	1,1
Facteur de correction	1
Facteur global	0,7
Phase choisie	
Section	3x6 mm ²
Ame	Aluminium
Iz	61,1 A
Neutre choisi	
Section	1x6 mm ²

Ame	
-----	--

Iz	0 A
----	-----

PE choisi

Section	3x6 mm ²
---------	---------------------

Ame	Aluminium
-----	-----------

Courants de court-circuit

	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min	Ief	Ief2min
--	--------	--------	--------	--------	--------	-----	---------

Mode d'exploitation Normal

(kA)	2,92	2,53	0,00	0,83	0,00	0,63	0,00
------	------	------	------	------	------	------	------

Synthèse pour tous les modes d'exploitation

(kA)	2,92	2,53	0,00	0,83	0,00	0,63	0,00
------	------	------	------	------	------	------	------

Résultats de calcul conformes au guide UTE C 15-500 (2003).
 Avis technique UTE 15L-602.
 Hypothèses et choix de l'appareillage à la responsabilité de l'utilisateur.
 Version du logiciel: Ecodial Advance 4.25.

Moteur asynchrone BT MA 11

Type de départ	Direct
----------------	--------

U	400 V
---	-------

Puissance mécanique	11 kW
---------------------	-------

Courant de démarrage Id/Ir	7,2
----------------------------	-----

Courant subtransitoire I''d/Ir	<=19
--------------------------------	------

Ir de dimensionnement	22 A
-----------------------	------

Sr de dimensionnement	15,2 kVA
-----------------------	----------

Pr de dimensionnement	13,1 kW
-----------------------	---------

cosφ	0,86
------	------

Polarité	3Ph
----------	-----

Nombre de circuits	1
--------------------	---

Ku (mode Normal)	1
------------------	---

Générateur d'harmoniques	Non
--------------------------	-----

THDI3 de rang 3 généré	0 %
------------------------	-----

Courants d'emploi

IL1	IL2	IL3	IN
-----	-----	-----	----

Mode d'exploitation Normal

(A)	22,000	22,000	22,000	0
-----	--------	--------	--------	---

Synthèse pour tous les modes d'exploitation

(A)	22,000	22,000	22,000	0
-----	--------	--------	--------	---

Chutes de tension

Cumulées depuis l'amont

Circuit

Mode d'exploitation Normal

ΔU_{3L} (%)	1,944	1,002
---------------------	-------	-------

ΔU_{L1L2} (%)	2,244	1,157
-----------------------	-------	-------

ΔU_{L2L3} (%)	2,244	1,157
-----------------------	-------	-------

ΔU_{L3L1} (%)	2,244	1,157
-----------------------	-------	-------

ΔU_{L1N} (%)	0,941	0,000
----------------------	-------	-------

ΔU_{L2N} (%)	0,941	0,000
----------------------	-------	-------

ΔU_{L3N} (%)	0,941	0,000
----------------------	-------	-------

Chute de tension cumulée au démarrage (*)

ΔU_{Dem} (%)	5,300
----------------------	-------

(*) Chaque moteur démarre séparément

Jeux de barres

Circuit WC 2

Jeu de barres

WC 2

Paramètres

Nom du tableau	UC 3
----------------	------

Gamme du tableau	Indifférent
------------------	-------------

Calibre	0 A
---------	-----

IP	Indéfini
----	----------

Départs

Circuit	Protection	Type de protection
---------	------------	--------------------

Charge 4	QA 3	iC60N
----------	------	-------

Charge moteur 5	QA 20	P25M
-----------------	-------	------

Départ 13	QA 13	iC60N
-----------	-------	-------

Courants de court-circuit						
Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min	Ief	Ief2min

Mode d'exploitation Normal						
(kA)	3,72	3,22	3,61	2,75	3,08	3,18 0,00

Synthèse pour tous les modes d'exploitation						
(kA)	3,72	3,22	3,61	2,75	3,08	3,18 0,00

Résultats de calcul conformes au guide UTE C 15-500 (2003).
 Avis technique UTE 15L-602.
 Hypothèses et choix de l'appareillage à la responsabilité de l'utilisateur.
 Version du logiciel: Ecodial Advance 4.25.

Circuit WC 15

Jeu de barres		WC 15
Paramètres		
Nom du tableau	UC 16	
Gamme du tableau	Indifférent	
Calibre	0 A	
IP	Indéfini	
Départs		
Circuit	Protection	Type de protection
Charge moteur 17	QA 17	INFD40
Charge 18	QA 10	INFD40

Courants de court-circuit						
Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min	Ief	Ief2min

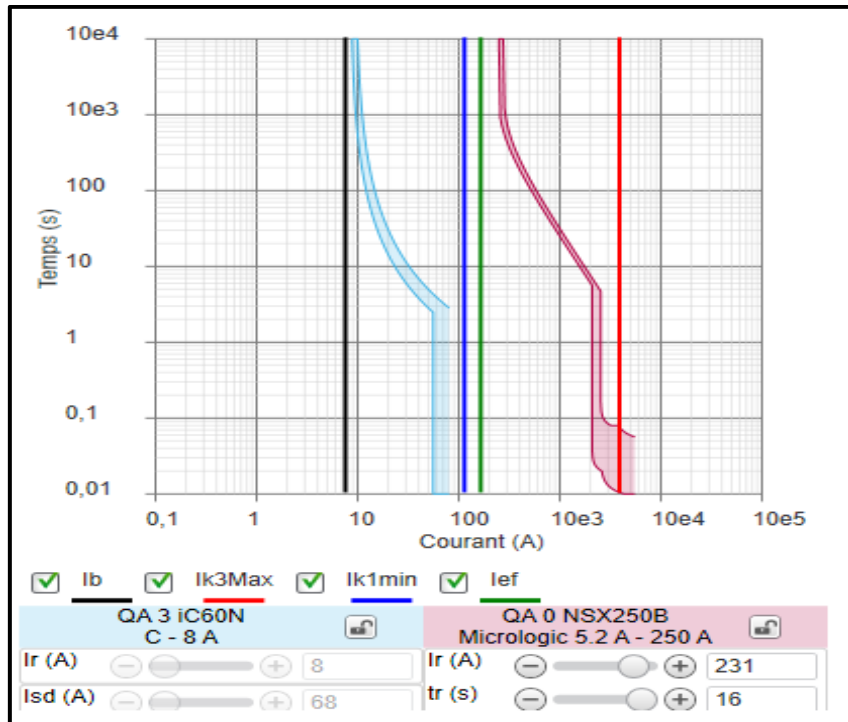
Mode d'exploitation Normal						
(kA)	2,92	2,53	2,15	2,00	1,60	1,86 0,00

Synthèse pour tous les modes d'exploitation						
(kA)	2,92	2,53	2,15	2,00	1,60	1,86 0,00

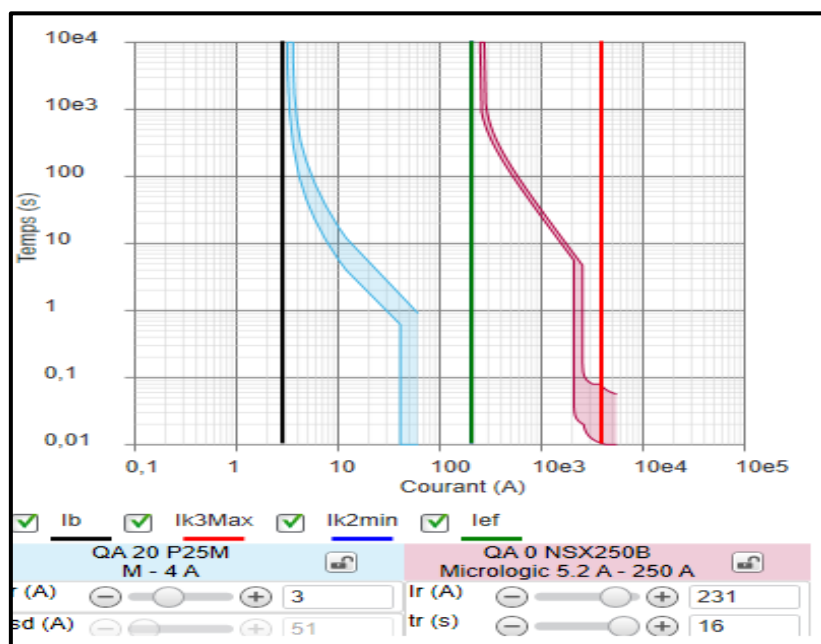
Résultats de calcul conformes au guide UTE C 15-500 (2003).
 Avis technique UTE 15L-602.
 Hypothèses et choix de l'appareillage à la responsabilité de l'utilisateur.
 Version du logiciel: Ecodial Advance 4.25.

VI.6. Plan de sélectivité

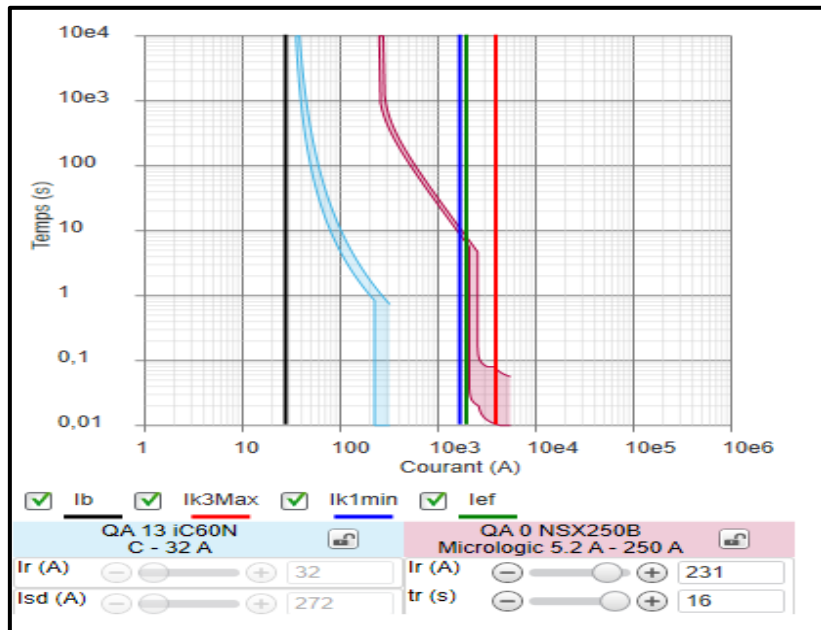
- La sélectivité entre les protections QA 3 et QA 0 est totale comme l'indique la courbe suivante



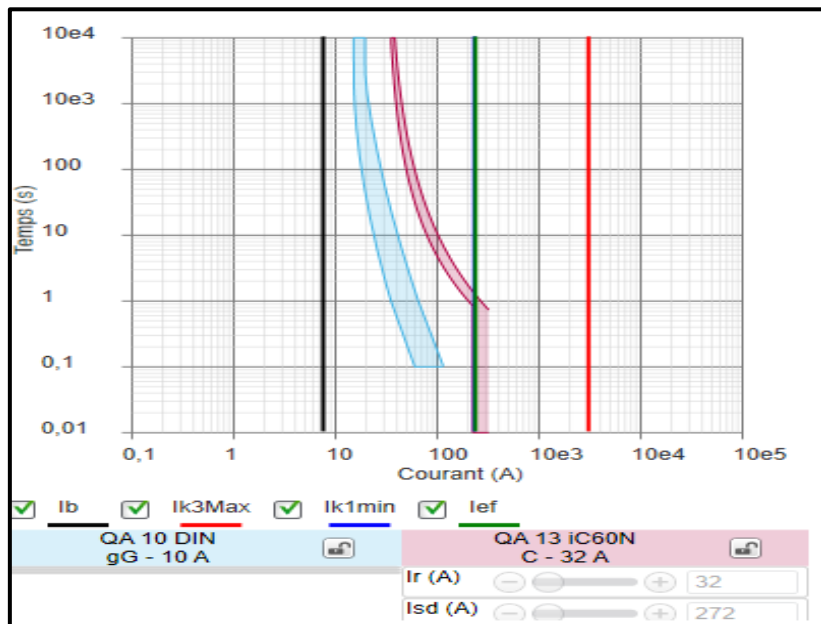
- La sélectivité entre les protections QA 20 et QA 0 est totale comme l'indique la courbe suivante



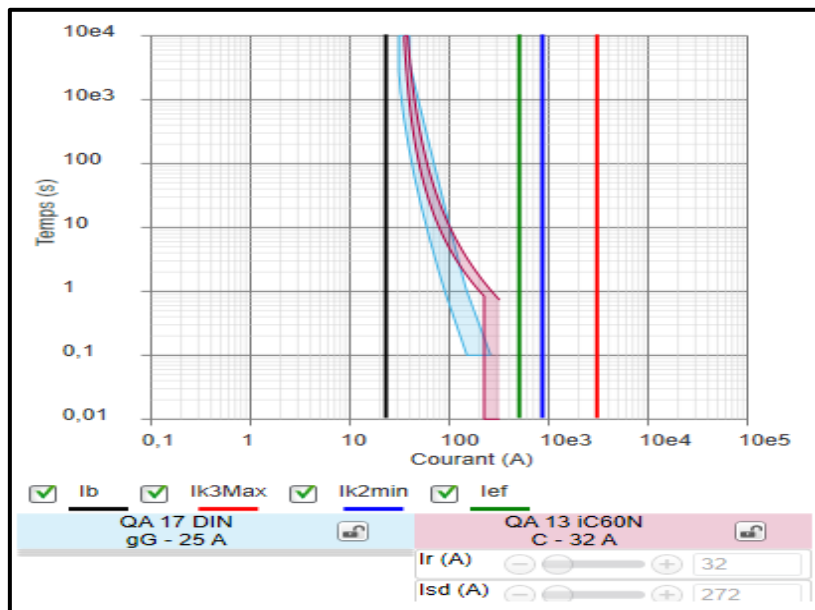
- La sélectivité entre les protections QA 13 et QA 0 est partiel comme l'indique la courbe suivante







- La sélectivité entre les protections QA 10 et QA 13 est partiel comme l'indique la courbe suivante





- La sélectivité entre les protections QA 17 et QA 13 est partiel comme l'indique la courbe suivante



L'appareillage de protection choisit:

Les disjoncteurs			
QA 0	QA 3	QA 20	QA 13
NSX250B	IC60N	P25M	IC60N
Mircologic 5.2A 250A	C-8A	M-4A	C-32A
 <p>Pouvoir de coupure : 25KA Pôles : 4 Calibre déclencheur : 250A</p>	 <p>Pouvoir de coupure : 8KA Pôles : 4 Calibre déclencheur 8A</p>	 <p>Pouvoir de coupure : 150KA Pôles : 3 Calibre déclencheur 4A</p>	 <p>Pouvoir de coupure : 10KA Pôles : 4 Calibre déclencheur 32A</p>

Les fusibles	
QA 10	QA 17
DIN	DIN
Gg-10A	Gg-25A
 <p>Pouvoir de coupure phase : 100kA Pôles : 4 Calibre phase : 10 A</p>	 <p>Pouvoir de coupure phase : 100kA Pôles : 3 Calibre phase : 25 A</p>

VI.7. Conclusion

La réalisation de l'installation électrique basse tension à l'aide du logiciel ECODIAL a démontré l'importance de l'outil dans la conception et la mise en œuvre de systèmes électriques sûrs et efficaces.

Grâce à ECODIAL, nous avons pu sélectionner les dispositifs de protection nécessaires et optimiser le temps de réalisation du projet, tout en assurant une conformité rigoureuse aux normes de sécurité.

Le rapport généré par ECODIAL a fourni une validation essentielle de notre approche, confirmant la précision des calculs et la pertinence des choix techniques effectués.

Ce chapitre illustre donc non seulement l'application pratique des connaissances acquises, mais également l'importance des outils logiciels dans le domaine de l'ingénierie électrique.

En somme, l'expérience acquise à travers ce projet met en lumière les compétences nécessaires pour concevoir et réaliser des installations électriques modernes et sûres, prêtes à répondre aux défis actuels et futurs du secteur.

Conclusion générale

Conclusion générale

Au terme de cette étude, il est clair que la conception et la réalisation des installations électriques basse tension nécessitent non seulement une compréhension approfondie des principes théoriques et des compétences pratiques, mais aussi une attention particulière à la protection de ces installations. L'importance de la protection dans les installations électriques ne peut être sous-estimée, car elle garantit la sécurité des personnes, la fiabilité des équipements et la continuité du service.

L'application des méthodes de calcul précises et l'utilisation des logiciels spécialisés comme **ECODIAL** ont permis de sélectionner les dispositifs de protection les plus appropriés, optimisant ainsi la sécurité des installations électriques. L'analyse des différentes fautes potentielles et la mise en place de solutions de protection adéquates sont des étapes cruciales pour prévenir les incidents et minimiser les risques.

Cette étude met en lumière l'importance d'une approche méthodique et de l'utilisation d'outils technologiques avancés pour concevoir des systèmes électriques sûrs et efficaces. Les connaissances et compétences acquises, ainsi que l'accent mis sur la protection, serviront de base solide pour relever les défis futurs dans le domaine de l'ingénierie électrique. En résumé, la protection des installations électriques est un élément fondamental pour assurer leur bon fonctionnement et leur durabilité. Cette étude souligne la nécessité d'intégrer des solutions de protection robustes dès la phase de conception pour garantir des installations électriques fiables et sécurisé.

"Recommandation : Pour les travaux futurs, nous proposons une étude sur la sélectivité pour surmonter les recommandations de l'Ecodial et assurer une sélectivité totale concernant les dispositifs de protection."

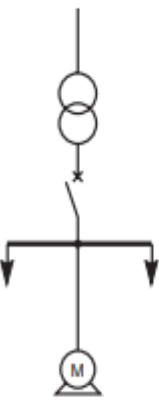
Références bibliographiques

- [1] : **Marie-Cécile Alvarez-Hérault Victor Gouin Trinidad Chardin-Segui Alain Malot** "planification des réseaux électriques de distribution", Avril 2022
- [2] : **Dr. BELILA Hassen**, "Réseaux électriques", POLYCOPIE DE COURS, UNIVERSITE LARBI BEN M'HIDI OUM EL BOUAGHI, Département De Génie Électrique, 2021/2022
- [3] : **Dr. Djemai Naimi**, "classification des réseaux électriques », UNIVERSITE MOHAMED KHIDER BISKRA, Département de Génie Électrique, 2020/2021 Semestre 1
- [4] : **Pierre Larousse**, « La norme », Dictionnaire Larousse Français-Français, 1851-1852
- [5] : **Etienne TISON**, "Guide de l'installation électrique - Normes international CEI et national française NF" 2010
- [6] : **Mademoiselle Lilia BENARAB**, " Détermination de seuils de Reglage des protections des departs moyenne tension au complexe de L'ENIEM ", projet de fin d'étude en vue de l'obtention d'ingénieur d'état en électrotechnique, université Mouloud Maameri, Tizi-Ouzou, 2010
- [7] : **ZITOUNI Abderrahmene BOUGUERRA Bouzide** "Analyse des défauts dans un réseaux électrique", thème de master en électrotechnique, université Saad Dahlab, Blida, 2013
- [8] : **I. Van Dam** "les surtensions dans les distributions d'énergie électrique et les moyens d'en prévenir les inconvénients" Paris, 1913
- [9] : **Julian Reynaud** "Les différents types de défaut électrique", site internet www.choisir.com, 14/06/2023
- [10] : **Mr. Hadad Salim** "Gestion de la qualité d'énergie électrique dans un réseau de transmission ", thèse de doctorat, université Badji Mokhtar, Annaba, 2010
- [11] : **Rudy Van den Bergh** "L'électricité comme cause d'incendie"
- [12] : **Jean P. Mercier Gérald Zambelli Wilfried Kurz** "Introduction à la science des matériaux", 1999
- [13] : **Benbrahim Sabrina Habarek Mounira** " Amélioration d'un Réseau Aérien BT du village IGHIL BOUDJIMAA TIGZIRT ", mémoire de master, université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou
- [14] : « Article 8-102 Chute de tension du code de construction du Québec, Chapitre V », Électricité Québec, Juillet – aout 2014
- [15] : **Stuart A Russell** « Câbles d'éclairage électrique et distribution de l'électricité », 1893
- [16] : **Michel Lambert** " Les régimes de neutre et les schémas des liaisons à la terre-2e éd ", 2018

- [17] : Guillaume ” Rupture du neutre : explications et dangers sur l’installation électrique », site internet : [www. Installation rénovation électrique.com](http://www.Installation rénovation électrique.com), 22 Avril 2024
- [18] : **Dr. Guentri Hocine** “ Réseau électrique industriel ”, cour d’université Abdelhafid Boussouf, Mila, 16/05/2020
- [19] : **Berramdane Yasser et Himoura CHems-eddine** “ Etude expérimentale du régime de neutre TT ”, mémoire de master académique, université 08 Mai 1945, Guelma, 2022-2023
- [20] : **Sidamine Yakoub abdelwedoud Boubacar Ahmed Sid-Ahmed** “Prévention contre les risques électriques des lignes « électriques avec un system mise à la terre », mémoire master, université Amar Teldji, Laghouat, 2022
- [21] : **Adjabi Fadia et Mergag Besma** « Contribution à l’étude des schémas de liaison à la terre étude du cas IT », mémoire de master académique, université 8 Mai 1945, Guelma, 2020-2021
- [22] : **Philippe MARSEILLE** “ LES REGIMES DE NEUTRE en Basse Tension Principes », Février 2015
- [23] : **Schneider électrique Industriels** « Protection des réseaux électriques : Guide de la protection, ART.065191, France, première édition, 2008 Site internet : www.schneider electric.com
- [24] : **Dr. Mohamed Haithem LAZREG** « Schémas et appareillage électrique », université Tlemcen, Février 2021
- [25] : **le choix**
- [26] : **C.PREVE et R. JEANOTE** `` Guide de conception des réseaux électriques industriels``, Rapport technique, Schneider Electric N°68883 427/A, Février 1997
- [27] : **Legrand** « Coordination entre les dispositifs de protection``, Rapport technique, Janvier 2015.
- [28] : **Schneider électrique Industriels** “ Guide de Coordination des protections BT », Site internet : www.wiki installation electric.com
- [29] : **Mancer Nabil** « Contribution à l’amélioration de l’Efficacité de la sélectivité du système de protection des réseaux électriques par les méthodes métaheuristiques », thèse doctorat en électrotechnique, université Mohammed kheider, Biskra, 17-01-2017
- [30] : **Schneider Electric**, `` Guide de la distribution BT et HTA``, Rapport technique, 2012.
- [31] : **Benoît de METZ-NOBLAT, Frédéric DUMAS, Schneider Electric** Calcul des courants de court-circuit, Cahier technique n° 158.

Annexe 1

Méthode des impédances selon
la norme CEI

Eléments considérés	Résistance R	Réactance X
 Réseau amont Figure G34	$\frac{R_a}{X_a} = 0,1$ R peut donc être négligé par rapport à X	$X_a = 0,995 Z_a$; $Z_a = \frac{U_{20}^2}{P_{sc}}$
Transformateur Figure G35	$R_{tr} = \frac{P_{cu} \times 10^3}{3 I_n^2}$ R_{tr} = peut souvent être négligée devant X_{TR} pour transformateur de puissance > 100 kVA	$\sqrt{Z_{tr}^2 - R_{tr}^2}$ avec $Z_{tr} = \frac{U_{20}^2}{P_n} \times \frac{U_{sc}}{100}$
Disjoncteur	Négligeable	$X_D = 0,15 \text{ m}\Omega/\text{pole}$
Jeu de barres	Négligeable pour $S > 200 \text{ mm}^2$ en dessous : $R = \rho \frac{L}{S}^{(1)}$	$X_B = 0,15 \text{ m}\Omega/\text{m}$
Canalisations ⁽²⁾	$R = \rho \frac{L}{S}^{(1)}$	Câbles : $X_c = 0,08 \text{ m}\Omega/\text{m}$
Moteurs	Voir § "moteurs" (souvent négligeable en BT)	
Courant de court-circuit triphasé	$I_{cc} = \frac{U_{20}}{\sqrt{3} \sqrt{R_T^2 + X_T^2}}$	

U_{20} : Tension entre phases à vide au secondaire du transformateur MT/BT (en volts).

P_{cc} : puissance de court-circuit triphasée aux bornes MT du transformateur (en kVA),

P_{cu} : Pertes triphasées totales du transformateur MT/BT (en watt),

P_n : Puissance nominale du transformateur MT/BT (en kVA),

U_{cc} : Tension de court-circuit en %.

R_T : résistance totale, X_T : impédance totale.

(1) ρ = résistivité à la température normale des conducteurs en service

■ $\rho = 22,5 \text{ m}\Omega \times \text{mm}^2/\text{m}$ pour le cuivre

■ $\rho = 36 \text{ m}\Omega \times \text{mm}^2/\text{m}$ pour l'aluminium

(2) S'il y a plusieurs conducteurs en parallèle par phase, diviser la résistance d'un conducteur par le nombre de conducteurs. La réactance n'est pratiquement pas modifiée.

Annexe 2

Vérification de la longueur
protégée

TABLEAUX DES LONGUEURS MAXIMALES PROTEGEES CONTRE LES CC (CIRCUIT PROTEGE PAR DES FUSIBLES)

TABLEAU IV

Fusibles aM

Section nominale des conducteurs (mm ²)	Courant assigné des coupe-circuits à fusibles aM (en ampères)											
	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200
1,5	55/64	37/45	25/30	15/20								
2,5	116	84/94	58/68	40/49	26/32	17/20						
4	181	147	118	84/95	58/68	42/48	28/33	18/23				
6	273	223	178	139	105/117	79/89	55/64	37/42	26/31	14/20		
10				227	181	147	113/125	80/94	57/69	40/47	27/32	15/19
16						236	189	151	120	83/97	59/67	40/49
25								231	185	147	113	80/92
35									262	210	160	130
50											217	174
70												257
95												257
120												
150												
185												

TABLEAU V

Fusibles gI (gG)

Section nominale des conducteurs (mm ²)	Courant assigné des coupe-circuits à fusibles gI (en ampères)											
	16	20	25	32	40	50	63	80	100	125	160	200
99/113	86/87	40/59	21/29	13/18	7/9							
	134	110/122	67/84	41/51	25/33	13/20	8/11					
		183	139	106/119	67/84	46/58	24/32	14/17	7.3/10			
			214	185	139	94/113	55/70	33/41	20/27	10/14		
				275	226	172	130	90/118	57/70	30/41	17.5/23	
						283	217	168	128	86/95	53/65	
							336	257	197	155	118	
								367	283	220	172	
									379	299	229	
										441	336	
											472	

Lorsque 2 valeurs sont indiquées pour une même section et un même courant assigné, la 1^{ère} concerne les conducteurs isolés au PCV, la 2^{ème} concerne les conducteurs isolés au PR ou EPR.

TABLEAUX DES LONGUEURS MAXIMALES PROTEGEES CONTRE LES CC (CIRCUIT PROTEGE PAR DES DISJONCTEURS)

TABLEAU VI

Disjoncteurs courbe type B

Section nominale des conducteurs (mm ²)	Courant assigné des disjoncteur type B (en ampères)												
	6	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	110	125
1,5	296	178	137	111	89	71	56	44	36	28	22	18	14
2,5	494	296	228	185	148	119	93	74	59	47	37	30	24
4	790	474	385	296	237	190	148	119	95	75	59	47	38
6		711	547	444	356	284	222	178	142	113	89	71	57
10			912	741	593	474	370	296	237	188	148	119	95
16					948	759	593	474	379	301	237	190	152
25							926	741	593	470	370	296	237
35									830	658	519	415	331
50										894	704	563	450

TABLEAU VII

Disjoncteurs courbe type C

Section nominale des conducteurs (mm ²)	Courant assigné des disjoncteur type C (en ampères)														
	6	10	13	16	20	25	32	40	50	63	80	110	125		
1,5	148	89	68	56	44	36	28	22	18	14	11	9	7		
2,5	247	148	114	93	74	59	46	37	30	24	19	15	12		
4	395	237	182	148	119	95	74	59	47	38	30	24	19		
6	593	356	274	222	178	142	111	89	71	56	44	36	28		
10	988	593	456	370	296	237	185	148	119	94	74	59	47		
16		948	729	593	474	379	296	237	190	150	119	95	76		
25				926	741	593	463	370	296	235	185	148	119		
35						830	648	519	415	329	259	207	166		
50									880	704	583	446	351	281	225

TABLEAU IIX

Disjoncteurs d'usage général

Section nominale des conducteurs (mm ²)	Courant de fonctionnement instantané I _n (en ampères)																															
	50	60	80	100	125	160	200	250	320	400	500	560	630	700	800	875	1000	1120	1250	1600	2000	2500	3200	4000	5000	6300	8000	10000	12500			
1,5	148	117	92	74	59	46	37	30	23	18	15	13	17	11	9	8	7	6	8													
2,5	246	195	164	123	99	77	62	49	38	31	25	22	19	18	19	14	12	11	10	7	6											
4	394	313	246	197	158	123	99	79	82	49	39	35	31	28	26	22	20	17	16	12	10	8	6									
6		470	370	296	237	185	148	118	92	74	59	53	47	42	37	34	30	26	24	18	15	12	8	7	6							
10				493	395	308	247	197	154	123	99	86	78	70	61	56	49	44	38	31	24	20	15	12	10	8	6					
16						494	395	316	247	197	158	141	125	113	98	90	79	70	63	49	39	31	25	20	18	12	10	8	6			
25								494	386	308	247	220	196	178	154	141	123	110	99	77	62	49	38	31	26	20	15	12	10			
35										432	345	308	274	247	215	197	173	154	138	108	88	69	54	43	34	27	21	17	14			
50											470	419	372	335	293	268	235	209	187	146	117	94	73	69	47	37	29	24	19			
70														494	432	385	345	308	276	216	173	138	108	86	69	55	43	35	29			
95																	469	469	375	293	234	188	146	117	94	74	59	47	37			
120																				474	370	296	237	185	148	118	94	74	59	47		
185																					403	322	257	201	151	129	102	80	64	61		

Annexe 3

Prise en main du logiciel ECODIAL

Prise en main du logiciel ECODIAL V3.37

Durée : 2 H

1. Fonctions d'ECODIAL

ECODIAL est un logiciel d'aide à la conception de réseaux électriques Basse Tension, il permet de:

- dessiner le schéma unifilaire d'un réseau électrique ;
- définir les différents éléments constituant ce réseau, c'est à dire:
 - calculer les sections des conducteurs pour les câbles;
 - déterminer les disjoncteurs à installer, en prenant en compte I_n , I_{cc} , la température, la sélectivité et la filiation;
 - vérifier la protection des personnes;
- calculer, en tout point du réseau, les valeurs de R , X , I_{cc} et ΔU .

2. Présentation de ce document

La prise en main de ce logiciel va se faire en traitant un exemple guidé.


Cette étude va permettre de mettre en œuvre les principales fonctions du logiciel (excepté les parties concernant l'impression et les courbes de sélectivité).

La réalisation de cette étude est décomposée en 4 phases:

- Description de l'interface graphique
- Réalisation du schéma électrique unifilaire du réseau.
- Bilan de puissance.
- Calcul du réseau.

Cette activité va vous montrer la méthodologie à suivre lors de la création de projets. Cette réalisation est orchestrée par une succession de problèmes posés et de réponses guidées pas à pas.


Les énoncés des problèmes et les consignes sont précédés du sigle 

Le travail à effectuer est précédé du sigle 


Remarques :

- Plusieurs techniques de saisie existent; dans cette application seule la méthode utilisant la souris sera présentée.
- Le logiciel fonctionnant sous Windows, pour connaître la fonction d'une icône, il suffit d'immobiliser 2 à 3 secondes le curseur de la souris sur l'icône (texte noir sur fond jaune).

3. Lancement de l'application

 Pour démarrer le logiciel : dans le dossier « **Ecodial337** », cliquer sur « **Ecodial3.37 R1** » du menu « **Démarrer** ». Après quelques instants la fenêtre principale de l'application apparaît.

4. Définition des caractéristiques électriques générales du réseau

 Avant de commencer la réalisation du schéma, il faut saisir les caractéristiques générales de l'installation. La boîte de dialogue **Caractéristiques globales** est automatiquement affichée lors du lancement du logiciel et chaque fois que l'on crée un nouveau projet.

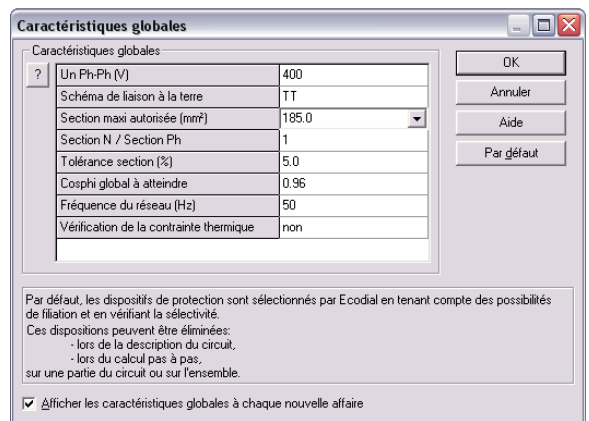
Des valeurs par défaut sont proposées.

Pour modifier les valeurs

- ☞ Cliquer à droite de la cellule du champ à modifier.
- ☞ Cliquer sur la flèche et sélectionner la nouvelle valeur
OU
- saisir la nouvelle valeur avec le clavier

Après avoir modifié les valeurs conformément aux indications ci-contre :

- ☞ Cliquer **OK** pour enregistrer les informations saisies.



La fenêtre principale apparaît.

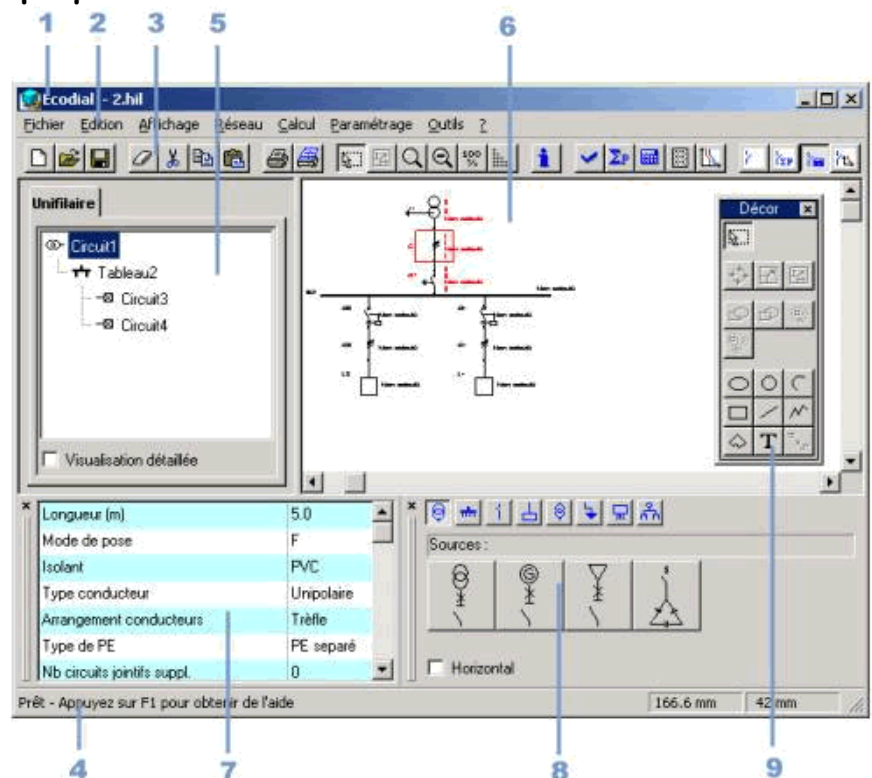
5. Description de l'interface graphique

1 : Barre de titre : elle indique le nom du logiciel et le nom de l'affaire en cours.

2 : Barre de menus

3 : Barre d'outils : les boutons de la barre d'outils offrent un accès rapide aux commandes les plus fréquemment utilisées. Une bulle d'aide est associée à chaque bouton. Elle apparaît lorsque vous laissez le pointeur de la souris quelques secondes sur ce bouton.

4 : Barre d'état : elle indique la description de la commande sélectionnée dans la barre de menus ou dans la barre d'outils ainsi que les coordonnées de la position du curseur de la souris dans l'espace de dessin



5 : Arborescence du réseau : il est possible de choisir entre deux niveaux de vue :

- la **vue simplifiée** (case Visualisation détaillée non cochée) dans laquelle des circuits sont masqués et les éléments sont identifiés seulement par leur nom ;
- La **vue détaillée** (case Visualisation détaillée cochée) présente les sources, les équipements, les circuits et les composants des circuits.

6 : Espace de dessin : c'est dans cet espace que vous dessinez le schéma du réseau.

7. Palette des Propriétés : cette palette présente les caractéristiques du composant sélectionné sur le schéma ou dans l'arborescence du réseau.

8. Palette des Macro-composants : cette palette présente les circuits électriques pré-dessinés qui permettront de réaliser rapidement les schémas.

9. Palette Décor : cette palette regroupe les outils permettant de dessiner des formes géométriques et de manipuler les graphismes. Par défaut, cette palette est masquée ; elle est accessible par l'intermédiaire du menu **Affichage**.

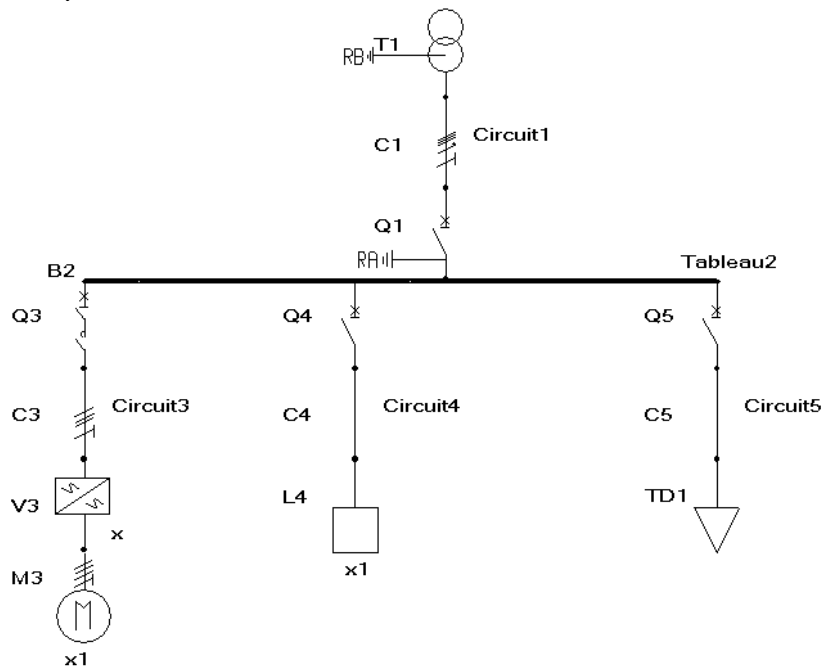
6. Réalisation du schéma unifilaire

6.1. Mise en place des symboles électriques

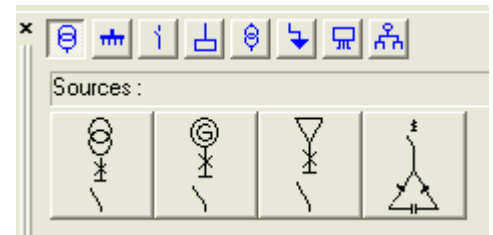
Le réseau à construire comportera 6 éléments :

- T1, C1, Q1.
- B2.
- Q3, K3, C3, V3, M3.
- Q4, C4, L4.
- Q5, C5.
- Renvoi sortant (TD1).

Il aura l'aspect ci-contre :



Pour réaliser ce schéma il faut utiliser la palette de symboles électriques qui est affichée automatiquement (en bas de l'écran) lors du lancement de l'application. Par défaut, c'est la palette des symboles « **Sources** » qui est affichée.



Pour placer la source (T1, C1 et Q1) de notre application il faut :

Pointer le symbole « **Transformateur-Conducteur-Protection** » dans la bibliothèque des symboles « **Sources** ».

Pour vous aider à distinguer les symboles, restez quelques secondes sur chaque symbole. Une bulle d'aide vous indique le circuit représenté par ce bouton.

Par ailleurs, en cas d'erreur, il suffit d'appuyer sur la touche « Echap » pour annuler la sélection.

Cliquer sur le symbole qui apparaît alors accroché au pointeur de la souris.

Amener le symbole en haut de l'espace de dessin, puis cliquer de nouveau. Le symbole est placé.

Le symbole reste sélectionné (il est en rouge). Cliquer à côté du symbole, il passe en noir il est donc désélectionné.

Le symbole suivant est un jeu de barres. Il faut afficher la bibliothèque **Jeu de barres** dans la palette de symboles puis placer le jeu de barres sous la source.

Cliquer le bouton « **Jeu de barres** » dans la barre d'outils de la palette des symboles .

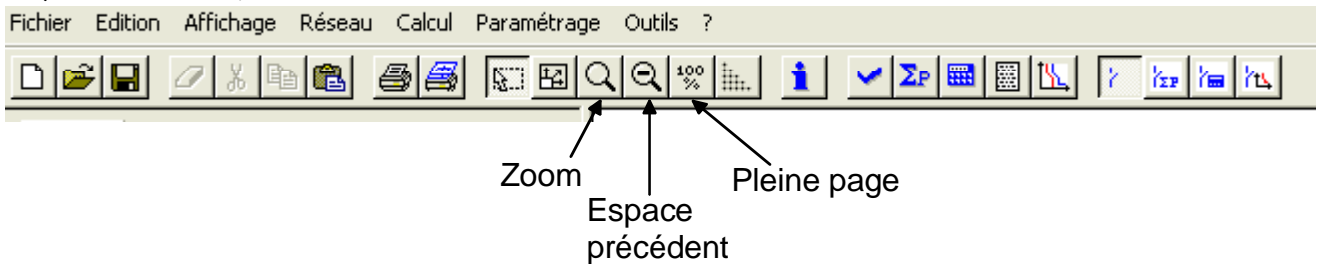


Jeu de barres

Le symbole reste sélectionné. Cliquer à côté du symbole pour le désélectionner.

6.2. Utilisation du Zoom

Le schéma est actuellement difficile à lire. Il faut agrandir l'espace de travail afin de mieux voir les différents circuits.

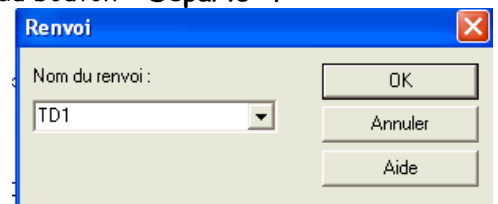


- ☞ Cliquer sur le bouton « **Zoom** » dans la barre d'outils. Le curseur prend la forme d'une loupe. Il faut encadrer par un rectangle la partie de la page que l'on veut voir de façon détaillée.
- ☞ Placer le curseur à un des angles de la zone à grossir, puis enfoncer le bouton gauche de la souris sans le relâcher.
- ☞ Faire glisser la souris, un rectangle en pointillé se dessine.
- ☞ Agrandir ce rectangle jusqu'à ce qu'il entoure complètement la zone à grossir, puis relâcher le bouton de la souris. La partie du schéma sélectionnée apparaît en gros plan.
- ☞ Il est possible de revenir en arrière en utilisant les boutons « **Espace précédent** » ou « **Pleine page** ».

6.3. Construction du schéma complet

Lire complètement ce chapitre avant de poursuivre

- Les départs Q3, K3, C3, V3, M3 et Q4, C4, L4 sont accessibles par l'intermédiaire du bouton « **Charges** ». Le départ Q5, C5 est accessible par l'intermédiaire du bouton « **Départs** ». Le renvoi TD1 est accessible par l'intermédiaire du bouton « **Divers** ». Lors de son implantation, une fenêtre apparaît pour effectuer la saisie du nom de renvoi « TD1 » (Tableau Divisionnaire 1).



Remarques :

- La numérotation des éléments se fait automatiquement. Si, suite à des erreurs, la numérotation n'est pas conforme à celle du schéma, il sera possible de la modifier ultérieurement en utilisant la méthode décrite dans le chapitre suivant.

- En cas d'erreur, il est possible de supprimer et de déplacer un élément lorsqu'il est sélectionné

Méthode à utiliser pour sélectionner un ou plusieurs éléments :

- 1) Cliquer sur la zone de dessin et, tout en maintenant enfoncé le bouton de la souris, entourer tous les dessins à sélectionner dans le rectangle de sélection qui se développe.
- 2) Relâcher le bouton de la souris

Méthode à utiliser pour supprimer un ou plusieurs éléments :

- 1) Sélectionner le ou les éléments à supprimer.
- 2) Appuyer sur la touche « **Suppr** » ou « **Del** ».

Méthode à utiliser pour déplacer un ou plusieurs éléments :

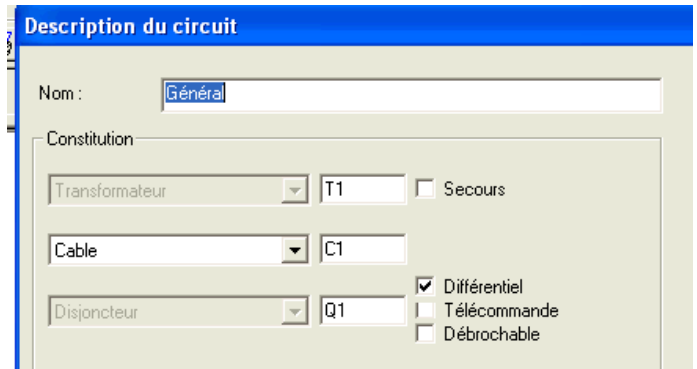
- 1) Sélectionner le ou les éléments à déplacer.
- 2) Cliquer sur la sélection et maintenir enfoncé le bouton de la souris.
- 3) Amener le curseur de la souris à l'endroit voulu, puis relâcher le bouton.

- ☞ Terminer le schéma conformément à celui du chapitre 6.1 de la page 3.

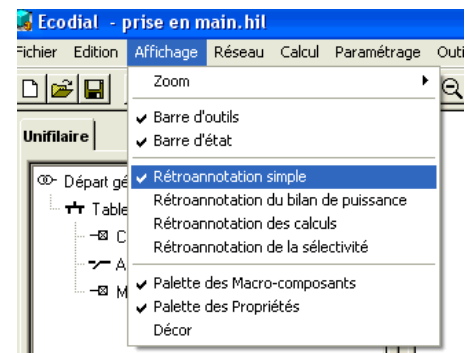
7. Saisie des caractéristiques des éléments du schéma

Pour faciliter l'exploitation ultérieure du schéma, il est préférable de donner un nom à chaque départ du schéma. La méthode suivante est donnée pour le circuit qui va s'appeler « **Général** »

- ☞ Double-cliquer sur le symbole représentant la source du réseau, la boîte de dialogue « **Description du circuit** » s'ouvre.
- ☞ Saisir « **Général** » dans le champ **Nom**,
- ☞ Profitons de cette boîte de dialogue pour préciser que le disjoncteur est différentiel puisque le schéma des liaisons à la terre est du type TT.
- ☞ Il suffit de cocher la case « **Différentiel** » à côté de Q1.
- ☞ Cliquer sur **OK**.
- ☞ Sélectionner « **Rétroannotation simple** » dans le menu « **Affichage** »



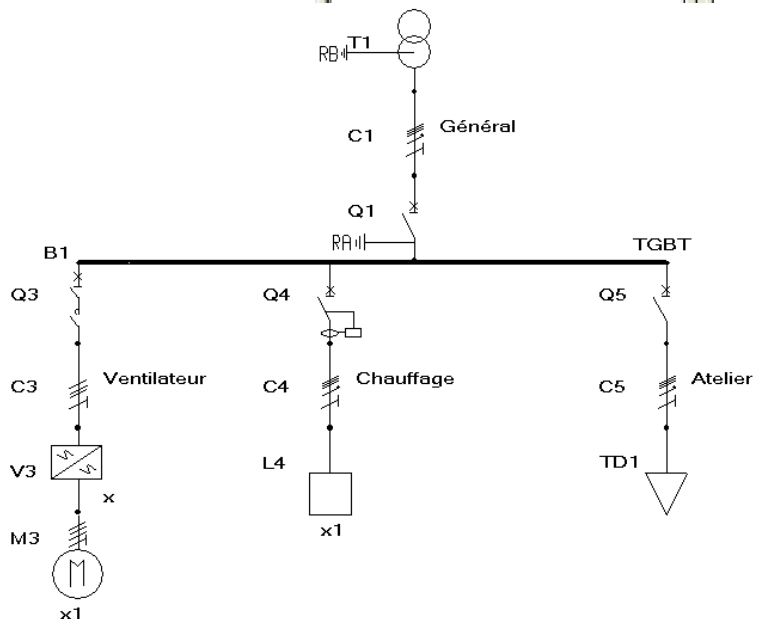
Observer le schéma. La modification du nom est effective mais le symbole du différentiel de Q1 n'apparaît pas (car c'est le disjoncteur de tête) ; il apparaîtra au moment des calculs.



Pour le reste des éléments et selon la même méthode, compléter le schéma conformément au schéma proposé ci-contre.

Remarque :

Q3 et Q5 ne sont pas équipés d'un différentiel.



8. Enregistrement du projet

- ☞ Il est indispensable de réaliser la sauvegarde du travail régulièrement (toutes les 10 minutes).
- ☞ Cliquer sur le menu « **Fichier** » puis sélectionner « **Enregistrer sous** »
- ☞ Dans le champ **Enregistrer dans...**, sélectionner le chemin **p:\serhugo\Votre login\$\Mes documents**
- ☞ Dans le champ **Nom de fichier** Saisir « **TP1_Ecodial** »
- ☞ Cliquer le bouton **OK**.

Le fichier est enregistré, son nom apparaît dans la barre de titre de la fenêtre.

9. Saisie des caractéristiques des récepteurs

☞ Pour les récepteurs qui sont caractérisés par leur puissance utile (par exemple, le moteur asynchrone), il faut saisir la valeur normalisée de la puissance utile du moteur. A partir de cette valeur et des autres caractéristiques (rendement, $\cos \varphi$), le logiciel calculera la puissance absorbée par le moteur qui sera la valeur utilisée pour déterminer la puissance de la source d'alimentation.

Remarque: il est possible de renseigner le logiciel sur les caractéristiques des récepteurs au moment du bilan de puissance (cet exemple sera traité au paragraphe 10).

Pour saisir la puissance utile du moteur M3 (Ventilateur)

☞ Double-cliquer sur le départ moteur Q3, C3, V3, M3.

La fenêtre ci-contre s'ouvre :

☞ Cliquer le bouton à droite du champ « Puissance mécanique utile du moteur (kW) »

Caractéristiques	
Longueur (m) - C3	5.0
Nb circuits identiques	1
Puissance mécanique utile du moteur (kW)	1.10
Sur-couple transitoire admissible - V3	Fort couple
Type de démarrage	Variateur
Rendement moteur	0.79
Ib du moteur (A)	2.51

La fenêtre ci-contre apparaît :

☞ Sélectionner **5,5 kW** dans la fenêtre « Pméca (kW) ».

☞ Cocher « Démarrage direct ».

On conserve les autres valeurs proposées par défaut.

☞ Valider les caractéristiques du moteur en cliquant sur **OK**.

☞ Cliquer sur « **OK** » pour revenir à la fenêtre d'édition du schéma.

Remarque : Sur le schéma du départ moteur, le variateur a disparu.

Définition du moteur	
Puissance mécanique utile du moteur (kW)	5.5
Rendement moteur	0.84
Cos phi en charge du moteur	0.83
Puissance électrique du moteur (kW)	6.55

Contrainte: Type de coordination: Type 2

Définition du type de démarrage:

- Démarrage direct
- Démarrage étoile triangle
- Démarrage progressif (Id/In: 7.2)
- Variateur (Paramètres: Polarité, Sur-couple transitoire)

10. Bilan de puissance

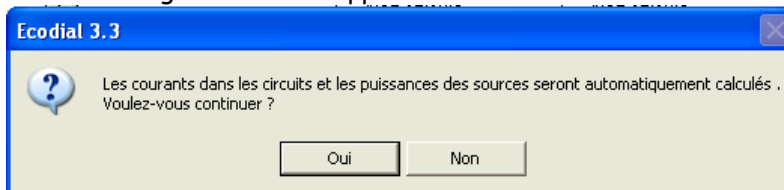
☞ Afin de dimensionner correctement la source de l'installation, il faut réaliser le bilan de puissance.

☞ Cliquer le bouton « bilan de puissance » dans la barre d'outils



Bilan de puissance

☞ Le message ci-dessous apparaît



☞ Cliquer « OUI ». La fenêtre « Bilan des puissances » apparaît :

☞ La tension de la source, définie dans les caractéristiques globales, est indiquée dans la zone **Sources (400v)** en haut à gauche.

La **puissance absorbée** ainsi que le courant **Ib** du moteur du ventilateur apparaissent.

Afin de permettre au logiciel de réaliser le bilan complet des puissances, il faut saisir soit le courant, soit la puissance des autres récepteurs.

Le logiciel en déduira la puissance de la source et proposera un choix dans le champ **P choisie par source**

L'arborescence du réseau apparaît à droite dans le cadre réseau.

Bilan de puissance

Sources (400 V)

Normal

Nombre de sources : 1

P calculée par source : 132.62 kVA

P choisie par source : 630 kVA

Puissance surdimensionnée

Secours

Nombre de sources : 0

P calculée par source : 0 kVA

P choisie par source : kVA

Cosphi avant compensation : 0.90

Equipement courant

I charge (A) x Ks = I Total (A)

182.33 x 1.00 = 182.3

Charges de l'équipement courant

Equilibrage automatique des phases

	Ventilateur	Chauffage	Atelier
Ib (A)	11.39	50.94	120
Polarité du circuit	Tri	Mono	Tri + N
Puissance (kW)	6.55	10	77.32
Cos phi	0.83	0.85	0.93
Ku	1.00	1.0	1.00
Répartition	-	Phase1 / Neutre	-
Nb circuits identiques	1	1	1
Autres caractéristiques	Définir...	Définir...	Définir...

Réseau

Général

TGBT

Modifier équipement courant...

☞ Compléter la colonne **Chauffage** en remplissant le champ **polarité du circuit (mono)**

Méthode : ▪ Cliquer sur la **polarité du circuit chauffage** : une flèche apparaît dans la cellule.

- Cliquer sur la flèche, une liste comportant plusieurs options se déroule.
- Sélectionner **Mono**.

Procéder de même pour modifier la **puissance** (10 kW).

☞ Modifier les valeurs **Ib** et **cos phi** de la colonne **Atelier** : Ib=120 A et cos phi =0,93.

☞ En fonction des informations qui viennent d'être saisies, le logiciel a calculé le courant total et la puissance que doit fournir la source.

Il convient de choisir une puissance **supérieure ou égale à celle calculée** :

- ☞ Cliquer le champ **P choisie par source**
- ☞ Cliquer dans la liste la valeur adaptée (**160 kVA**)
- ☞ Cliquer **OK** pour valider le bilan de puissance

Bilan de puissance

Sources (400 V)

Normal

Nombre de sources : 1

P calculée par source : 132.62 kVA

P choisie par source : 160 kVA

Secours

Nombre de sources : 0

P calculée par source : 0 kVA

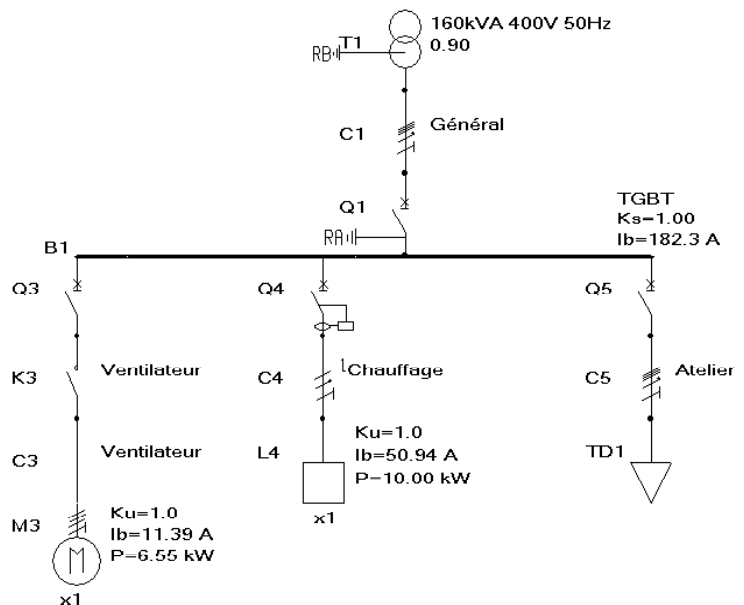
P choisie par source : kVA


Un message d'alerte apparaît. Nous n'en tiendrons pas compte pour cette première application

☞ Cliquer OK



La fenêtre bilan de puissance se ferme et les valeurs du bilan de puissance s'affichent automatiquement sur le schéma (voir ci-contre).




☞ Cliquer sur le bouton  dans la barre d'outils pour sauvegarder le travail réalisé.

11. Calcul du réseau : méthode « pas à pas »

Le logiciel ECODIAL offre deux modes de calcul selon les besoins de l'utilisateur :

- **Pré-dimensionnement** : évaluation rapide du dimensionnement de l'installation.
- **Calcul pas à pas** : étude détaillée en fonction des contraintes et des caractéristiques définies.

En formation, seule la méthode utilisant le calcul pas à pas sera utilisée.

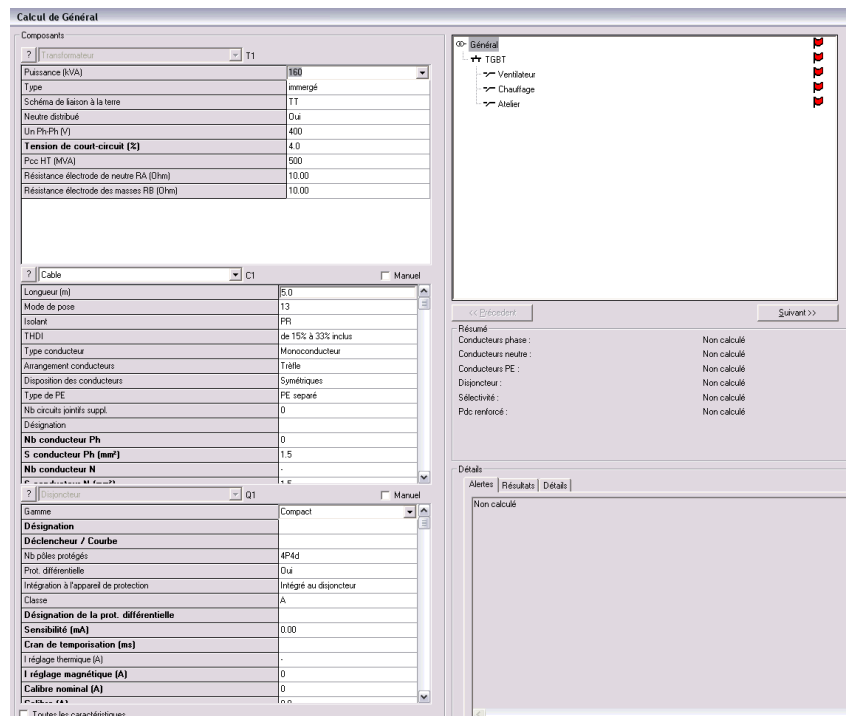
☞ Cliquer sur le bouton  Lance le calcul pas à pas de la barre d'outils

☞ La fenêtre suivante s'ouvre

☞ Les drapeaux rouges dans l'arborescence du réseau indiquent qu'aucun élément n'est calculé.

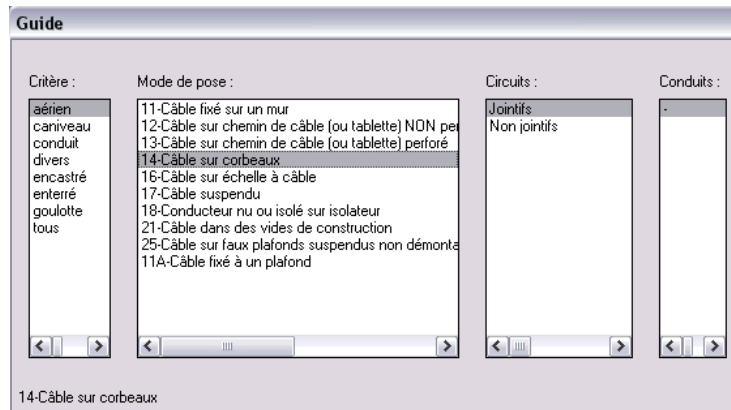
Le premier élément à calculer, « **Général** », est sélectionné dans l'arborescence et ses caractéristiques sont affichées dans la zone **Composants**.

Les résultats du bilan de puissance ont été reportés dans cette boîte de dialogue, notamment la puissance 160 kVA qui avait été choisie pour le transformateur.



11.1. Calcul de la source

- ☞ Dans la liste des paramètres du câble, cliquer le champ **Mode pose**. Un bouton apparaît dans ce champ.
- ☞ Cliquer ce bouton. La boîte de dialogue ci-contre s'affiche :



Sélectionner : **Aérien, Câble sur corbeaux, jointifs** puis cliquer **OK**

Nota : les autres caractéristiques du câble **C1** proposées par défaut sont conservées

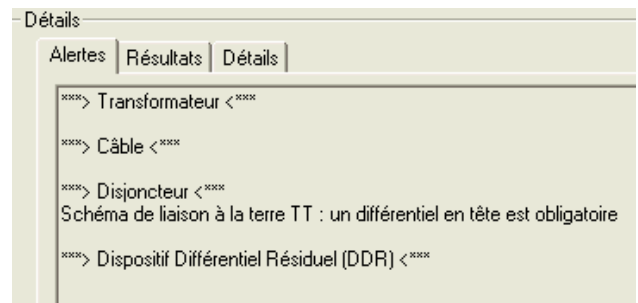
- ☞ Cliquer le bouton **Calculer**.
- ☞ A la fin des calculs les résultats apparaissent à l'écran. Le drapeau de l'élément **Général** est devenu vert, indiquant que cet élément est calculé.



Un résumé des valeurs calculées est affiché dans le cadre **Résumé**.

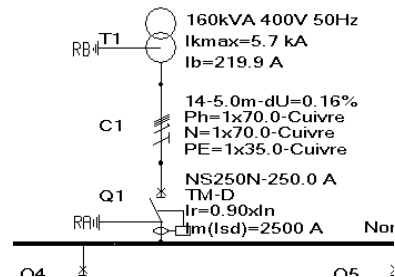
La zone **Détails**, en bas à droite de l'écran, permet d'accéder par l'intermédiaire d'onglets aux messages d'alertes, aux résultats et aux détails des caractéristiques des composants.

On remarque un message d'alerte qui indique qu'en schéma TT un différentiel en tête est obligatoire. Le logiciel l'a donc ajouté automatiquement.




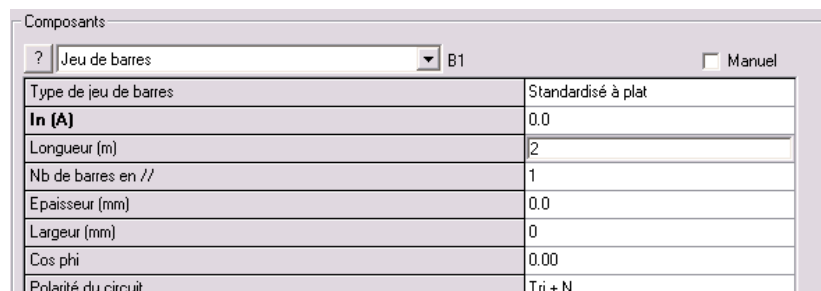
- ☞ Pour le vérifier, fermer cette fenêtre puis observer le symbole du dispositif différentiel associé à Q1.

- ☞ Cliquer sur le bouton  dans la barre d'outils pour sauvegarder le travail réalisé.



11.2. Calcul du jeu de barres B1 :

- ☞ Cliquer sur le bouton .
- ☞ Sélectionner le **Jeu de barres TGBT**. Les caractéristiques du jeu de barres apparaissent dans la zone **Composants**
- ☞ Choisir un jeu de barres **standardisé à plat** d'une longueur de **2 m**.
- ☞ Cliquer sur le bouton **Calculer**



11.3. Calcul du circuit « Ventilateur »

☞ Sélectionner le circuit **Ventilateur** dans l'arborescence du réseau.

☞ On observe que les caractéristiques du moteur sont celles saisies au chapitre 9.

☞ Saisir les informations relatives au câble **C3** :

Longueur : **35 m**

Mode de pose : **aérien, câble posé sur chemin de câbles perforé, circuits jointifs**

Isolant : **PR**

Conducteur : **multiconducteur, âme en cuivre PE inclus.**

Arrangements des conducteurs : **Trèfle**

The screenshot shows two windows. The top window is titled 'Cable' and contains the following data:

Longueur (m)	35.0
Mode de pose	13
Isolant	PR
Type conducteur	Multiconducteur
Arrangement conducteurs	Trèfle
Type de PE	PE inclus
Nb circuits jointifs suppl.	0
Désignation	
Nb conducteur Ph	0
S conducteur Ph (mm²)	0.0

The bottom window is titled 'Moteur' and contains the following data:

Nb circuits identiques	1
Puissance mécanique utile du moteur (kW)	5.50
Type de démarrage	Direct
Rendement moteur	0.84
Ib du moteur (A)	11.39
cos phi en charge du moteur	0.83
Polarité du circuit	Tri
Schéma de liaison à la terre	TT
Puissance électrique du moteur (kW)	6.55
Type de coordination	Type 2

At the bottom of the 'Moteur' window, there is a checkbox labeled 'Toutes les caractéristiques' which is checked.

Remarque : pour accéder aux autres paramètres du câble, **cocher** la case «**Toutes les caractéristiques**» située en bas à gauche de l'écran. L'accès aux autres paramètres du câble s'effectue alors en utilisant l'ascenseur de la fenêtre.

☞ Conserver les valeurs par défaut sauf pour température ambiante (40°C).

☞ Cliquer sur le bouton **Calculer**.

☞ En cliquant sur le bouton ? à gauche du mot câble on obtient l'aide en ligne puis en sélectionnant la rubrique « [Les paramètres d'entrée](#) », on obtient les tableaux suivants :

Le nombre de champs à saisir pour un câble est important ; ci après figurent les informations complémentaires sur le contenu de chaque champ.

Paramètres d'entrée de premier niveau

Libellé	Contenu
Longueur (m)	Longueur du câble en mètre
Mode de pose	Mode de pose des câbles conformément à la norme d'installation. L'accès au guide de choix s'effectue par double-clic sur la cellule de saisie.
Isolant	Nature de la famille de l'isolant du conducteur : <ul style="list-style-type: none"> ■ famille PR : câbles isolés aux élastomères ■ famille PVC : câbles isolés au polychlorure de vinyle ■ famille caoutchouc : câbles isolés au caoutchouc
Type de conducteur	Type de conducteur : Multipolaire - Unipolaire - Conducteur isolé
THDI (%)	Taux d'harmonique de distorsion en courant. En savoir plus
Arrangement conducteur	Arrangement des conducteurs : <ul style="list-style-type: none"> ■ Trèfle ■ A plat jointifs ■ A plat espacés (espacement > à 1 diamètre de câble) <p>Cette caractéristique permet de fixer la valeur de la réactance linéique (entre 0.08 et 0.13).</p>
Type de PE	Type de conducteur de protection PE séparé - PE inclus - PE nu
Résistivité thermique du sol (K.m/W)	Résistivité thermique du sol. Cette caractéristique n'est visualisée qu'avec les modes de pose enterrés. Les valeurs proposées sont celles de la norme d'installation.

Nb circuits jointifs suppl.	Nombre de circuits jointifs supplémentaires (sans compter le circuit en cours de calcul)
Désignation	Désignation du câble utilisé
Nb. conducteur Ph	Nombre de conducteurs par phase
S. conducteur Ph (mm ²)	Section normalisée d'un conducteur de phase en mm ²
Nb. conducteur N	Nombre de conducteur de neutre (N)
S. conducteur N (mm ²)	Section normalisée du conducteur de neutre en mm ²
Nb. conducteur PE	Nombre de conducteur de protection (PE)
S. conducteur PE (mm ²)	Section normalisée du conducteur de protection en mm ²
Métal conducteur Ph	Métal de l'âme du conducteur de phase Cuivre - Aluminium
Métal conducteur N	Métal de l'âme du conducteur de neutre Cuivre - Aluminium
Métal conducteur PE	Métal de l'âme du conducteur de PE Cuivre - Aluminium
Tension limite (V)	Valeur limite de la tension de contact en V : 50 V ou 25 V

Paramètres d'entrée de deuxième niveau

Libellé	Contenu
Nombre de couches	Nombre de couches
K utilisateur	Coefficient utilisateur, compris entre 0.01 et 1
Température ambiante	Température ambiante
Delta U max. ligne	Chute de tension maximum autorisé pour le circuit en cours de calcul
Delta U max. au démarrage	Chute de tension maximum autorisé lors du démarrage du moteur. Cette caractéristique n'est visualisée que pour les câbles en amont d'un moteur avec démure autre que variateur de vitesse (direct, étoile triangle, progressif).

11.4. Calcul des circuits « Chauffage » et « Atelier »

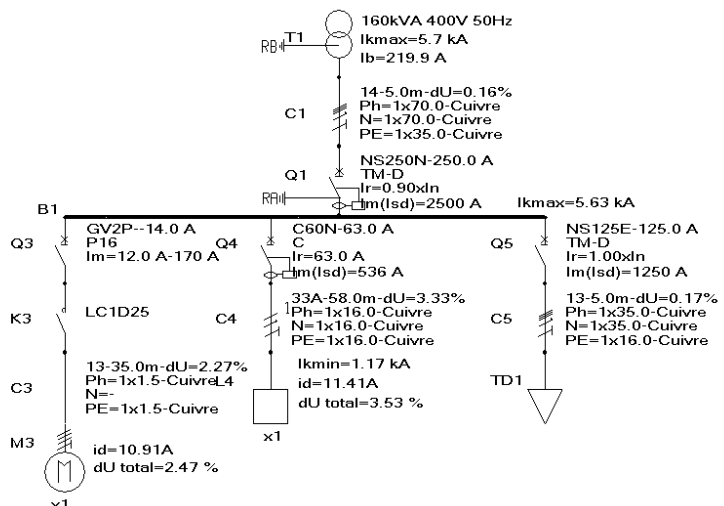
La méthode ayant été détaillée précédemment, il faut travailler par analogie pour réaliser les calculs de ces deux circuits.

- Circuit « Chauffage »** : caractéristiques du câble **C4** à prendre en compte
 Longueur : **58 m**, mode de pose : **câble en goulotte encastrée dans le plancher, 1 circuit par conduit, conduits non jointifs, câble multiconducteur disposé en trèfle incluant le conducteur de protection, en cuivre, isolé au PR, température ambiante : 30°C.**
- Circuit « Atelier »** : caractéristiques du câble **C5** à prendre en compte
 Longueur : **5 m**, mode de pose : **câble sur chemin de câble perforé, circuits non jointifs, câble mono-conducteur disposé à plat jointif avec le conducteur de protection séparé, en cuivre, isolé au PR, température ambiante : 30°C.**

🔒 les calculs étant terminés, cliquer le bouton **Fermer**

Le schéma ci-contre s'affiche à l'écran.

🔒 Sauvegarder le travail réalisé



12. Affichage des résultats

les résultats obtenus peuvent être consultés à l'écran :

Cliquer le bouton



Affiche les résultats du calcul dans la barre d'outils

La fenêtre ci-contre s'ouvre.

Cliquer dans l'arborescence du réseau pour visualiser les résultats des différents éléments.

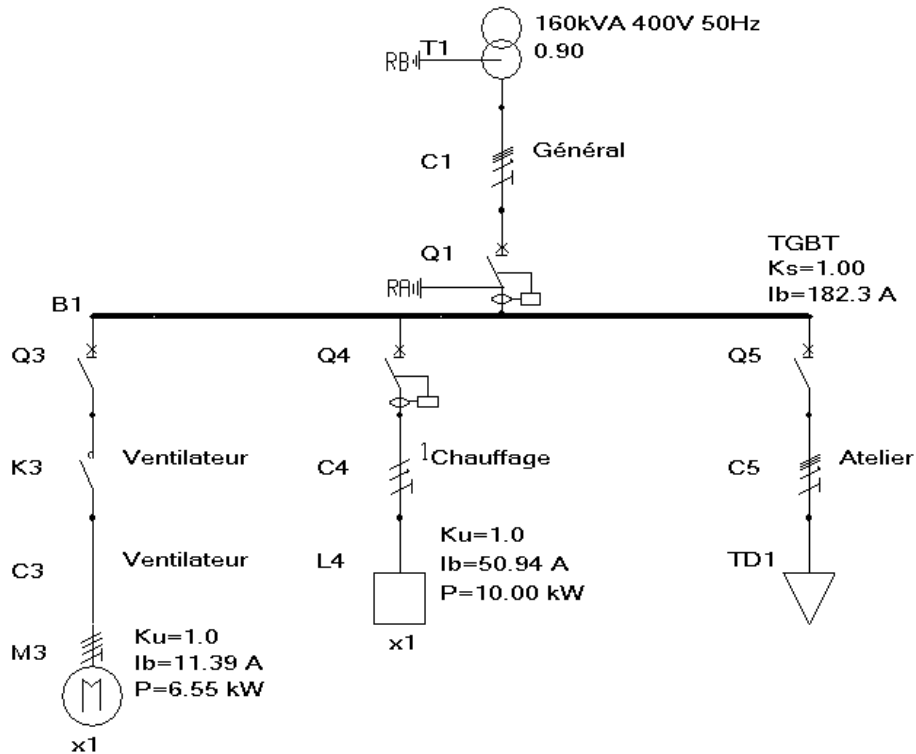
Pour sortir de cette consultation des résultats cliquer sur **Fermer**.

Circuit :	Général (T1-C1-Q1) - Calculé						
Aval :	TGBT						
Tension :	400						
Source :	T1						
Reseau amont							
Puissance de court-circuit amont :	500 MVA						
Impédances du circuit amont :	Résistance Rt :	0.0351 mOhm					
	Inductance Xt :	0.3510 mOhm					
Transformateur :							
Type :	immergé						
Nombre de transformateurs :	1						
Puissance globale :	160 kVA						
Couplage :	Triangle-Etoile						
Impédances de la source :	Résistance Rt :	13.7000 mOhm					
	Inductance Xt :	41.9000 mOhm					
Ib:	219.94 A						
Cable :	C1						
Longueur :	5.0 m						
Mode de pose :	14-Câble sur corbeaux						
	Jointifs						
Type de câble :	Monoconducteur		Nb de couches :	1			
Isolant :	PR		Nb de circuits jointifs supplémentaires :	0			
Arrangement des conducteurs :	Tréfle						
Température ambiante :	30 °C		Niveau de THDI:	de 15% à			
33% inclus							
Courant admissible par le câble (Iz):							
Iz dans les conditions normales d'utilisation:	269.0 A						
Iz x facteurs de correction (conditions réelles d'utilisation):	226.0 A						
Contrainte de dimensionnement : surcharges							
Facteurs de correction :	Température	: 1.00	(52F + 52K)				
	x Résistivité thermique du sol	: 1.00	(52M)				
	x Mode de pose	: 1.00	(52G)				
	x Neutre chargé	: 0.84	(§523.5.2)				
	x groupement	: 1.00					
	x symétrie	: 1.00	(§523.6)				
	x Nb Couches	: 1.00	(52N/52O/52R/52S/52T)				
	x Utilisateur	: 1.00					
	/ Protection)	: 1.00					
				0.84			
Sections (mm ²)	théoriques	choisies	désignation	matériau			
Par phase	1 x 67.2	1 x 70.0		Cuivre			
Neutre	1 x 67.2	1 x 70.0		Cuivre			
PE	1 x 35.0	1 x 35.0		Cuivre			
Chutes de tension	amont	circuit	aval				
ΔU (%)	0.00	0.1618	0.16				
Résultats de calcul :							
	Icc amont	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min	I défaut
(kA)		5.6292	4.8750	5.5276	4.3986	4.9722	0.0115
R (mΩ)		15.0572	30.1145	16.3794	30.8549	17.1198	18.8121
X (mΩ)		42.6510	85.3021	43.0510	85.3021	43.0510	43.0510
Z (mΩ)		45.2308	90.4618	46.0616	90.7109	46.3301	46.9817

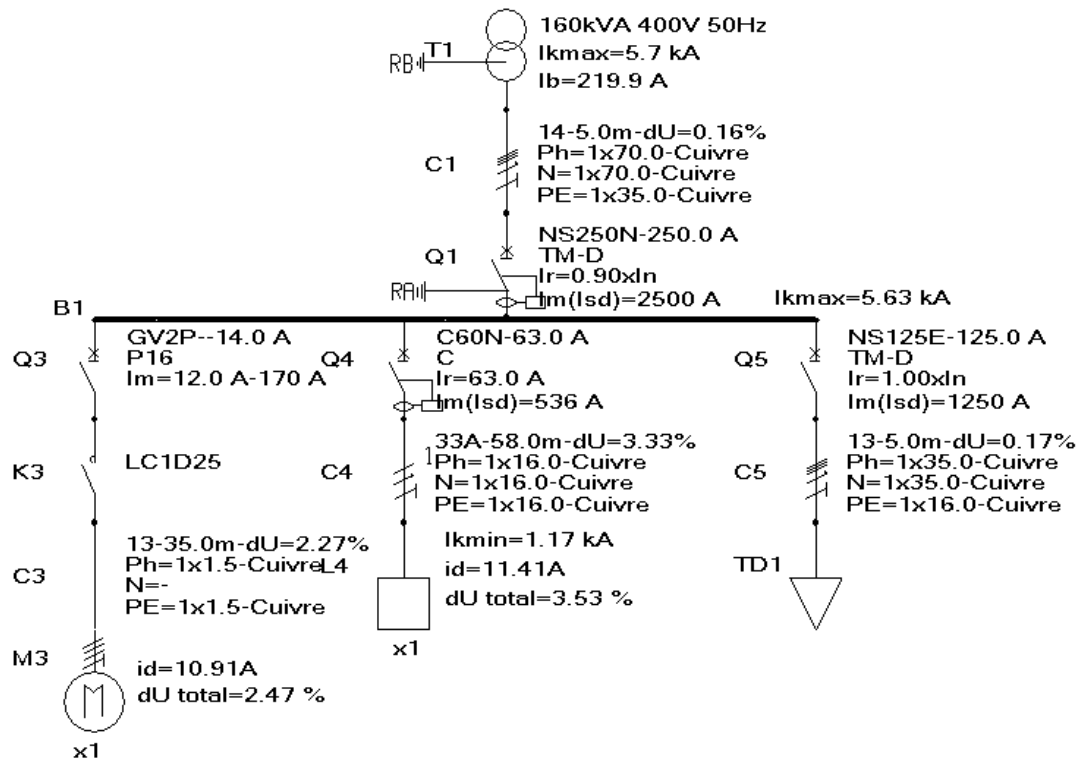
Comparez l'ensemble de vos résultats à ceux du chapitre suivant. S'il existe des différences que vous n'arrivez pas à résoudre appeler votre professeur pour obtenir de l'aide.

13. Résultats de l'application

13.1. Schéma avec rétro annotation du bilan de puissance



13.2. Schéma avec rétro annotation des calculs



Circuit : Général (T1-C1-Q1) - Calculé

Amont :
Aval : TGBT
Tension : 400

Source : T1

Reseau amont
Puissance de court-circuit amont : 500 MVA
Impédances du circuit amont : Résistance Rt : 0.0351 mOhm
Inductance Xt : 0.3510 mOhm

Transformateur :

Type: immergé
Nombre de transformateurs : 1 Schéma des liaisons à la terre : TT
Puissance globale : 160 kVA Puissance unitaire : 160
Couplage : Triangle-Etoile Tension de court-circuit : 4.0
Impédances de la source : Résistance Rt : 13.7000 mOhm
Inductance Xt : 41.9000 mOhm
Ib: 219.94 A

Cable : C1

Longueur : 5.0 m
Mode de pose : 14-Câble sur corbeaux
Jointifs
Type de câble : Monoconducteur Nb de couches :
Isolant : PR Nb de circuits jointifs supplémentaires:
Arrangement des conducteurs : Trèfle
Température ambiante : 30 °C Niveau de THDI:
33% inclus

Courant admissible par le câble (Iz):

Iz dans les conditions normales d'utilisation: 269.0 A
Iz x facteurs de correction (conditions réelles d'utilisation): 226.0 A

Contrainte de dimensionnement : surcharges

Facteurs de correction :
Température : 1.00 (52F + 52K)
x Résistivité thermique du sol : 1.00 (52M)
x Mode de pose : 1.00 (52G)
x Neutre chargé : 0.84 (§523.5.2)
x groupement : 1.00
x symétrie : 1.00 (§523.6)
x Nb Couches : 1.00 (52N/52O/52R/52)
x Utilisateur : 1.00
/ Protection) : 1.00

0.84

Sections (mm²)	théoriques	choisies	désignation	métal
Par phase	1 x 67.2	1 x 70.0		Cuivre
Neutre	1 x 67.2	1 x 70.0		Cuivre
PE	1 x 35.0	1 x 35.0		Cuivre

Chutes de tension	amont	circuit	aval
ΔU (%)	0.00	0.1618	0.16

Résultats de calcul :

	Icc amont	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min	I défaut
(kA)		5.6292	4.8750	5.5276	4.3986	4.9722	0.0115
R (mΩ)		15.0572	30.1145	16.3794	30.8549	17.1198	18.8121
X (mΩ)		42.6510	85.3021	43.0510	85.3021	43.0510	43.0510
Z (mΩ)		45.2308	90.4618	46.0616	90.7109	46.3301	46.9817

Résultats de calcul conformes au guide UTE C15-500 (rapport CENELEC R064-003).

Avis technique UTE 15L-602.

Hypothèses et choix de l'appareillage à la responsabilité de l'utilisateur.

Disjoncteur : Q1

Nom : NS250N-36.0 kA Calibre nominal : 250 A
Calibre de la protection (In) : 250.0 A Déclencheur : TM-D

Nombre de pôles : 4P4d

Sélectivité :

Pdc renforcé par filiation :

Protection différentielle : Oui

Désignation de la protection différentielle : Vigi MH

Sensibilité : 3000.00 mA

Cran de temporisation : 310 ms

Réglages :

Surcharge : Ir = 0.90 In = 225.00 A

Magnétique : Im(Isd) = 10.0 x In = 2500.00 A

Circuit :

Amont :

Aval :

Tension :

TGBT (B1) - Calculé

Général

Ventilateur

400

Jeu de barres :

Référence :

Type :

Température ambiante :

Température sur court-circuit:

Ks :

Chute de tension:

B1

STANDARD

Standardisé à plat

30 °C

145 °C

1.00

0.0365 %

Dimensions :

Métal :

I disponible :

Icc max :

Icc crête (kA) :

2.0 m-1// 5.0 mmx32 mm

Cuivre

400 A

5.63 kA

9.57 kA

Circuit : Ventilateur (Q3-C3-K3-M3) - Calculé

Amont : TGBT
 Aval :
 Tension : 400

Disjoncteur : Q3

Nom : GV2P-150.0 kA Calibre nominal : 32 A
 Calibre de la protection (In) : 14.0 A Déclencheur : P16
 Nombre de pôles : 3P3d
 Sélectivité : T
 Pdc renforcé par filiation :
 Protection différentielle : Non
 Désignation de la protection différentielle : -
 Sensibilité : -
 Cran de temporisation : -

Réglages :
 Surcharge : Ir = 12.0 A
 Magnétique : Im(Isd) = 170 A

Contacteur : LC1D25 Coordination : Type 2
 Relais thermique :
 Démarreur électronique :

Cable : C3

Longueur : 35.0 m
 Mode de pose : 13-Câble sur chemin de câble (ou tablette) perforé
 Jointifs
 Type de câble : Multiconducteur Nb de couches : 1
 Isolant : PR Nb de circuits jointifs supplémentaires: 0
 Arrangement des conducteurs : Trèfle
 Température ambiante : 40 °C Niveau de THDI: -

Courant admissible par le câble (Iz):
 Iz dans les conditions normales d'utilisation: 22.9 A
 Iz x facteurs de correction (conditions réelles d'utilisation): 20.8 A

Contrainte de dimensionnement : surcharges

Facteurs de correction :
 Température : 0.91 (52F + 52K)
 x Résistivité thermique du sol : 1.00 (52M)
 x Mode de pose : 1.00 (52G)
 x Neutre chargé : 1.00 (§523.5.2)
 x groupement : 1.00
 x symétrie : 1.00 (§523.6)
 x Nb Couches : 1.00 (52N/52O/52R/52S)
 x Utilisateur : 1.00
 / Protection) : 1.00
 0.91

Sections (mm ²)	théoriques	choisies	désignation	métal
Par phase	1 x 0.6	1 x 1.5		Cuivre
Neutre	-	-	-	-
PE	1 x 0.0	1 x 1.5		Cuivre

Chutes de tension	amont	circuit	aval
ΔU (%)	0.20	2.2708	2.47

Chute de tension au démarrage du moteur : 9.16

Résultats de calcul :

	Icc amont	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min	I défaut
I (kA)	5.6292	0.5664	0.4905		0.3498		0.0109
R (mΩ)	15.2770	447.1770	894.3539		1137.0462		1121.6188
X (mΩ)	42.9510	45.7510	91.5021		91.5021		48.8510
Z (mΩ)	45.5870	449.5113	899.0225		1140.7220		1122.6821

Résultats de calcul conformes au guide UTE C15-500 (rapport CENELEC R064-003).

Avis technique UTE 15L-602.

Hypothèses et choix de l'appareillage à la responsabilité de l'utilisateur.

Charge I : 11.39 A Polarité du circuit : Tri
 P : 6.55 kW Schéma des liaisons à la terre : TT
 cosφ : 0.83 Répartition: -
 Ku : 1.0
 Nombre de circuit identiques 1

Circuit : Chauffage (Q4-C4-L4) - Calculé

Amont : TGBT
 Aval :
 Tension : 400

Disjoncteur :**Q4**

Nom : C60N-20.0 kA Calibre nominal : 63 A
 Calibre de la protection (In) : 63.0 A Déclencheur : C
 Nombre de pôles : 2P2d
 Sélectivité : T
 Pdc renforcé par filiation : 40.0 kA
 Protection différentielle : Oui
 Désignation de la protection différentielle : Vigi C60 si
 Sensibilité : 1000.00 mA
 Cran de temporisation : S ms

Réglages :

Surcharge : Ir = 63.0 A
 Magnétique : Im(Isd) = -

Cable :**C4**

Longueur : 58.0 m
 Mode de pose : 33-Conducteur isolé en goulotte encastrée dans le plancher
 1 circuit / conduit - Non jointifs
 Type de câble : Multiconducteur Nb de couches : 1
 Isolant : PR Nb de circuits jointifs supplémentaires: 0
 Arrangement des conducteurs : Trèfle
 Température ambiante : 30 °C Niveau de THDI: -

Courant admissible par le câble (Iz):

Iz dans les conditions normales d'utilisation: 100.1 A
 Iz x facteurs de correction (conditions réelles d'utilisation): 90.1 A

Contrainte de dimensionnement : chute de tension

Facteurs de correction :

Température	: 1.00	(52F + 52K)
x Résistivité thermique du sol	: 1.00	(52M)
x Mode de pose	: 0.90	(52G)
x Neutre chargé	: 1.00	(§523.5.2)
x groupement	: 1.00	
x symétrie	: 1.00	(§523.6)
x Nb Couches	: 1.00	(52N/52O/52R/52S/!
x Utilisateur	: 1.00	
/ Protection)	: 1.00	
		0.90

Sections (mm ²)	théoriques	choisies	désignation	métal
Par phase	1 x 9.0	1 x 16.0		Cuivre
Neutre	1 x 9.0	1 x 16.0		Cuivre
PE	1 x 0.0	1 x 16.0		Cuivre

Chutes de tension	amont	circuit	aval
ΔU (%)	0.20	3.3286	3.53

Résultats de calcul :

	Icc amont	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min	I défaut
(kA)	5.6292			1.5891		1.1713	0.0114
R (mΩ)	15.2770			151.0163		189.4199	187.7276
X (mΩ)	42.9510			53.5310		52.9310	52.5310
Z (mΩ)	45.5870			160.2233		196.6764	194.9389

Résultats de calcul conformes au guide UTE C15-500 (rapport CENELEC R064-003).

Avis technique UTE 15L-602.

Hypothèses et choix de l'appareillage à la responsabilité de l'utilisateur.

Charge

I :	50.94 A	Polarité du circuit :	Mono
P :	10.00 kW	Schéma des liaisons à la terre :	TT
cosφ :	0.85	Répartition:	Phase1 / Neutre
		Ku :	1.0
Nombre de circuit identiques			1

Circuit : Atelier (Q5-C5) - Calculé

Amont : TGBT
 Aval :
 Tension : 400

Disjoncteur : Q5
 Nom : NS125E-16.0 kA Calibre nominal : 125 A
 Calibre de la protection (In) : 125.0 A Déclencheur : TM-D
 Nombre de pôles : 4P4d
 Sélectivité : 5 kA
 Pdc renforcé par filiation : 25.0 kA
 Protection différentielle : Non
 Désignation de la protection différentielle : -
 Sensibilité : -
 Cran de temporisation : -

Réglages :
 Surcharge : Ir = 1.00 In = 125.00 A
 Magnétique : Im(Isd) = 1250 A

Cable : C5
 Longueur : 5.0 m
 Mode de pose : 13-Câble sur chemin de câble (ou tablette) perforé
 Non jointifs
 Type de câble : Monoconducteur Nb de couches : 1
 Isolant : PR Nb de circuits jointifs supplémentaires: 0
 Arrangement des conducteurs : A plat jointifs
 Température ambiante : 30 °C Niveau de THDI: de
 33% inclus

Courant admissible par le câble (Iz):
 Iz dans les conditions normales d'utilisation: 171.4 A
 Iz x facteurs de correction (conditions réelles d'utilisation): 144.0 A

Contrainte de dimensionnement : surcharges

Facteurs de correction :

x Température	: 1.00	(52F + 52K)
x Résistivité thermique du sol	: 1.00	(52M)
x Mode de pose	: 1.00	(52G)
x Neutre chargé	: 0.84	(§523.5.2)
x groupement	: 1.00	
x symétrie	: 1.00	(§523.6)
x Nb Couches	: 1.00	(52N/52O/52R/52S/)
x Utilisateur	: 1.00	
/ Protection)	: 1.00	

0.84

Sections (mm²)	théoriques	choisies	désignation	métal
Par phase	1 x 28.2	1 x 35.0		Cuivre
Neutre	1 x 28.2	1 x 35.0		Cuivre
PE	1 x 0.0	1 x 16.0		Cuivre

Chutes de tension	amont	circuit	aval
ΔU (%)	0.20	0.1722	0.37

Résultats de calcul :

	Icc amont	Ik3max	Ik2max	Ik1max	Ik2min	Ik1min	I défaut
(kA)	5.6292	5.4224	4.6959	5.0646	4.2081	4.5344	0.0115
R (mΩ)	15.2770	17.9213	35.8425	22.1074	38.1516	24.4165	26.7435
X (mΩ)	42.9510	43.4010	86.8021	45.1510	86.8021	44.5510	44.1510
Z (mΩ)	45.5870	46.9555	93.9111	50.2728	94.8164	50.8031	51.6190

Résultats de calcul conformes au guide UTE C15-500 (rapport CENELEC R064-003).

Avis technique UTE 15L-602.

Hypothèses et choix de l'appareillage à la responsabilité de l'utilisateur.

Charge	I :	120.00 A	Polarité du circuit :	Tri + N
	P :	77.32 kW	Schéma des liaisons à la terre :	TT
	cosφ :	0.93	Répartition:	-
			Ku :	1.0
	Nombre de circuit identiques		1	